

IEEESTEC

8th Student projects conference

Organized By:
EESTEC LC Niš
IEEE Student Branch Niš
Faculty of Electronic Engineering Niš

With the cooperation of:
IEEE Serbia and Montenegro section
IEEE Electron Devices/Solid-State Circuits Chapter
IEEE Microwave Theory and Techniques Chapter



IEEE

eeStec
LC Niš

ISBN: 978-86-6125-150-4

Publisher:

Faculty of Electronic Engineering, Niš
P.O.Box 73, 18000 Niš
<http://www.elfak.ni.ac.rs>

Chairman:

Danijel Danković

Vice Chairman:

Dušan Vučković
Miloš Marjanović

Editors of Proceedings:

Ninoslav Stojadinović
Vera Marković
Danijel Danković

Secretary:

Damir Nešić
Saša Dević
Sandra Ilijin
Miroslav Božić
Željko Kalezić
Nikola Simić
Dragana Dimitrijević
Đorđe Veličković
Miloš Mitić
Neda Dinić
Nikola Krstić
Stefan Milošević

Technical Editors:

Miloš Marjanović
Miloš Mitić
Đorđe Veličković

CIP - Каталогизacija у публикацији -
Народна библиотека Србије, Београд

621.3(082)
004(082)

IEEESTEC Student Project Conference (8th ; 2015 ; Niš)
IEEESTEC 8th Student Project Conference, [Niš, 2015] / organized by
EESTEC LC, Niš ... [et al.] ; [editors of proceedings Ninoslav
Stojadinović, Vera Marković, Danijel Danković]. - Niš : Faculty of
Electronic Engineering, 2015 (Niš : Unigraf). - 274 str. : ilustr. ; 30 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst štampan dvostubačno. - Tiraž 100. -
Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-6125-150-4

1. Stojadinović, Ninoslav, 1950- [уредник] 2. Institute of Electrical and
Electronics Engineers. Student Branch (Niš)
a) Електротехника - Зборници b) Рачунарство - Зборници

COBISS.SR-ID 219042828

Printed by: „Unigraf“, Niš

Circulation: 100 copies

Reviewers:

1. Marko Anđelković
2. Borisav Jovanović
3. Goran Nikolić
4. Miloš Stošić
5. Milena Frtunić
6. Ana Vučković
7. Nenad Milošević
8. Bojana Nikolić
9. Milić Pejović
10. Vesna Paunović
11. Emilija Živanović
12. Dušan Gajić
13. Dejan Mirković
14. Aleksandar Ilić
15. Milan Savić
16. Zlatica Marinković
17. Ivica Marković
18. Aleksandar Milenković
19. Aleksandra Đorić
20. Aleksandar Vulović
21. Saša Nikolić
22. Miloš Mitić
23. Igor Jovanović
24. Aleksandra Cvetković
25. Sanja Aleksić
26. Milica Rašić
27. Tatjana Nikolić
28. Mirjana Perić
29. Vojkan Davidović
30. Branislav Randelović
31. Vladimir Ćirić
32. Milica Petković
33. Miloš Bogdanović
34. Miloš Đorđević
35. Miloš Marjanović
36. Dragana Živaljević
37. Stevica Cvetković
38. Miona Andrejević-Stošović
39. Željko Hederić
40. Sandra Došić
41. Aleksandra Panajotović
42. Miljana Milić
43. Danijel Danković
44. Uglješa Jovanović
45. Biljana Stošić
46. Đorđe Veličković
47. Nikola Simić
48. Dejan Stevanović

Table of contents:

Sistem elektronske brave realizovan pomoću mikrokontrolera PIC16F877	1
Android aplikacija koja u sebi objedinjuje više pojedinačnih najčešće korišćenih aplikacija	5
Eksperimentalna ocena primene konvolucionog koda u bežičnim primopredajnicima male snage	9
Projektovanje elektronske kocke za igru	13
Život i studije u Bukureštu	17
Upravljanje multimedijalnim sistemom pomoću algoritma za detekciju lica na Raspberry PI arhitekturi u realnom vremenu	21
Realizacija uređaja za detekciju LPG gasa korišćenjem senzora MQ-2	25
Automat za garažno svetlo	27
Estimation of Response Constraints in Testability and Tolerance Design with Singular Spectrum Analysis and Modified Nodal Analysis	29
Arduino daljinski upravljač	33
MathBee – HTML5 Canvas matematička video igra	39
Challenges in the design of RF power amplifiers for 40.68 MHz	43
Optimization of distributed energy source and power grid using Fuzzy logic controllers for distribution Network	47
Hardverska realizacija merača pulsa korišćenjem fotodiode kao senzora	51
Solarne ćelije sa fotoosetljivim pigmentom	55
Multimedijalni projekcioni sistem sa detekcijom pokreta	59
Heart Electrical Activity Recording and Transmission using Bluetooth	65
Uvažavanje regulacionih transformatora kod proračuna tokova snaga	69
Induction Motor Control using CANopen Network	75
Similarity between two songs (Finding the most similar songs)	81
Processing and Classification of Fingerprints	85
Indikator toka časova i odmora u školi	91
Realizacija generatora signala korišćenjem mikrokontrolera PIC16F1939	95
Usporedba rešavanja problema rutiranja vozila heurističkim i egzaktnim metodama	101
The ECG Monitor with Memory Card Data Storage	105
Realizacija društvene igre “Potapanje brodova” u programskom jeziku C	109
Indikator napona akumulatora	115
Sistem za daljinsko upravljanje sistema za grejanje (Smart heating – Pamentno grejanje)	117
Sistem za kontrolu igara pomoću pokreta glave igrača	121
Princip rada i primena GPS sistema	125
Eksperimentalna postavka za karakterizaciju solarnih ćelija	129
FM predajnik za mobilne uređaje	133
PC-Based Pulse Signal and Blood Oxygen Level Monitor	139
SmartAlarm - Sistem za monitoring zvuka	143
Come And Build Me – lokaciono zasnovana igra sa real-time komunikacijom	149
Projektovanje pojačavača sa maksimalnim pojačanjem na frekvenciji od 500 MHz	153
Light show	157
Rekurentna formula za izračunavanje permanenta binarnih matrica iz klasa $Q(n,3)$ i $Q(n,4)$	159
Primena specijalnih klasa matrica u zaštiti podataka	163
Projektovanje i realizacija detektora optičke snage sa automatskom promenom opsega	167
Realizacija množača frekvencija	171
Merenje osnovnih karakteristika fedinga u zatvorenom prostoru	175
Digitalni optički prijemnik sa ekstrakcijom takta	179
Ulazni stepen optičkog prijemnika sa niskim nivoom šuma	183
Realization of Band-stop Butterworth Filter for 50 Hz	187
Sistem za kontrolu režima rada plinskog šporeta	191
Uključivanje i isključivanje svetla pomoću Arduina i IR Dioda	195
Sistem za merenje temperature realizovan na Raspberry Pi mikroračunaru	197
Mikrokontrolerski upravljano programabilno prekidačko napajanje	201
An Overview of the Current Mode Ionizing Radiation Dosimeters	205
Laboratorijska maketa za proučavanje kretanja tela po strmoj ravni	211
Zaštita od požara	217
Realizacija 3D efekata LED kockom	221
WiFi web multisenzorski sistem u energetske efikasnim objektima	225
Solarni pratilac (Solar tracker)	229
Robot BoB	233
Realizacija senzorske donatorske kutije	237

Koncept „Pametne kuće“ kontrolisane pametnim satom.....	241
Uređaj za merenje raspodele vremenskog džitera.....	247
Korišćenje baza podataka u Android aplikacijama.....	251
Digitalna obrada grayscale slike.....	255
Realizacija sistema za merenje verovatnoće greške.....	261
Android mobilna aplikacija za glasanje autora radova na IEEEESTEC konferenciji.....	265
Projektovanje merača temperature i merača osvetljenosti pomoću DAQ kartice i softverskog paketa LabVIEW.....	269

Sistem elektronske brave realizovan pomoću mikrokontrolera PIC16F877

Miloš Đorđević, Milan Savić, Aleksandar Vulović

Sadržaj – Sve više je primera u kojima se može videti potreba za elektronskim bravama. U ovom radu je prikazan sistem elektronske brave, koja je bazirana na mikrokontroleru PIC16F877. Elektronska brava poseduje tastaturu za unos šifre za otključavanje. Tastatura na osnovu koje se vrši unos šifre izvedena je na osnovu tastera vezanih u matricu 4x3.

I. UVOD

Poslednjih godina elektronske brave postale su svakodnevnim deo života (slika 1.). Sve češće se pribegava elektronskim sistemima za otključavanje od onih konvencionalnih brava. U ovom radu je predloženo jedno od rešenja za izradu elektronske brave, tj. elektronskog sistema za otključavanje. Celokupni sklop elektronske brave pored tastature i mikrokontrolera PIC16F877 [1], poseduje još i LCD ekran (16x2 karaktera) [2], 4 zelene i 4 crvene LED diode, koje služe za signalizaciju stanja brave (otključano/greška pri unosu). Na ekranu će se u trenutku otključane brave, tj. nakon unosa ispravne šifre, pojaviti poruka da je brava otključana. U slučaju greške, izaći će obaveštenje da je greška i nakon par sekundi poruka o mogućem ponovnom pokušaju. U simulaciji koja je korišćena u ovom radu, postavljen je i DC motor, koji predstavlja bravu koju treba otključati.



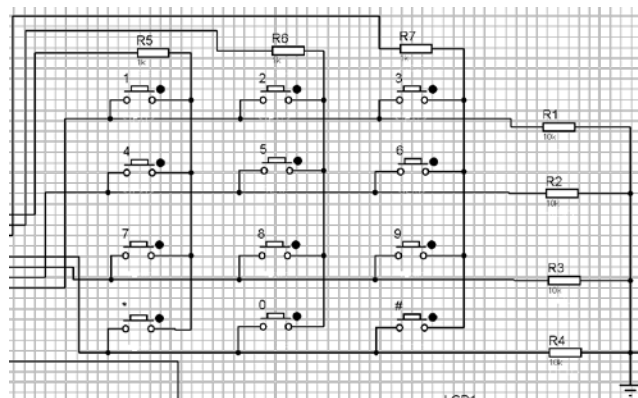
Slika 1. Elektronska brava.

Miloš Đorđević, Milan Savić i Aleksandar Vulović, su studenti doktorskih studija na modulu Nanotehnologije i mikrosistemi, Elektronski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija. E-mail: djordjevicpoljak@gmail.com, mafia_jovac@hotmail.com i aca_vulovic@hotmail.com

II. PRINCIP RADA

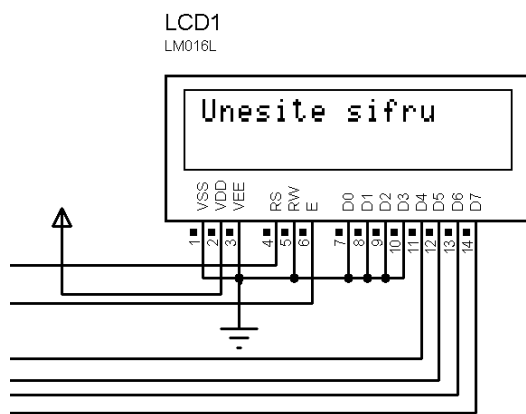
Sistem elektronske brave poseduje još i dugme za proveru unete šifre, ukoliko pre provere kontroler ne prepozna peti uneti karakter (četiri moguća karaktera). Ukoliko se unese peti karakter, kontroler će prijaviti grešku i na ekranu će se pojaviti poruka o pogrešnoj šifri. Takođe, ukoliko je uneto četiri pogrešnih karaktera i nakon toga pritisne dugme za proveru, kontroler će prijaviti grešku. U slučaju unošenja četiri karaktera koji odgovaraju šifri u ispravnom redosledu, pritiskom na dugme, kontroler prepoznaje odgovarajuću šifru i nakon toga na ekranu se pojavljuje poruka o ispravnoj šifri, upaliće se zelene LED diode i na kraju otvoriti brava (u ovom slučaju će se pokrenuti DC motor).

Tastatura je realizovana pomoću 15 tastera koji su vezani u matricu 4x3. Tako su realizovana 4 reda tastera sa po 3 tastera (slika 2.). Svaki red tastera je povezan tako da jedan kraj vezan za mikrokontroler, dok je na drugom kraju vezan *pull-down* otpornik. Kod kolone je jedan kraj takođe na kontroler, dok je na drugom vezan *pull-down* otpornik. Dakle, pre pritiska na taster, isti je na logičkoj jedinici i svaka promena stanja na logičku nulu detektuje se kao pritisak i predstavlja jedan karakter.



Slika 2. Električna šema tastature.

Prilikom otključavanja brave, tj. kada je uneta ispravna šifra, brava se otključava i sve dok se ponovo ne zatvori nije moguć unos šifre ili bilo koja aktivnost sa bravom. Kada se zatvore vrata, brava se resetuje i vrati na početno stanje, a na ekranu se pojavljuje poruka sa tekстом „Unesite šifru“ (slika 3.).



Slika 3. Poruka pre unosa šifre.

Pritiskom na neki od tastera na tastaturi, na ekranu se pojavljuje poruka „Unošenje šifre“, koja stoji na ekranu sve vreme tokom unosa šifre. Ukoliko dodje do greške ili unosa više od četiri karaktera, na ekranu će se pojaviti poruka „Pogrešna šifra“, koja će se nakon pet sekundi ukloniti, a pojavice se poruka „Pokušajte ponovo“ (slika 4.). Nakon ove poruke brava se resetuje i moguće je ponovno unošenje šifre.



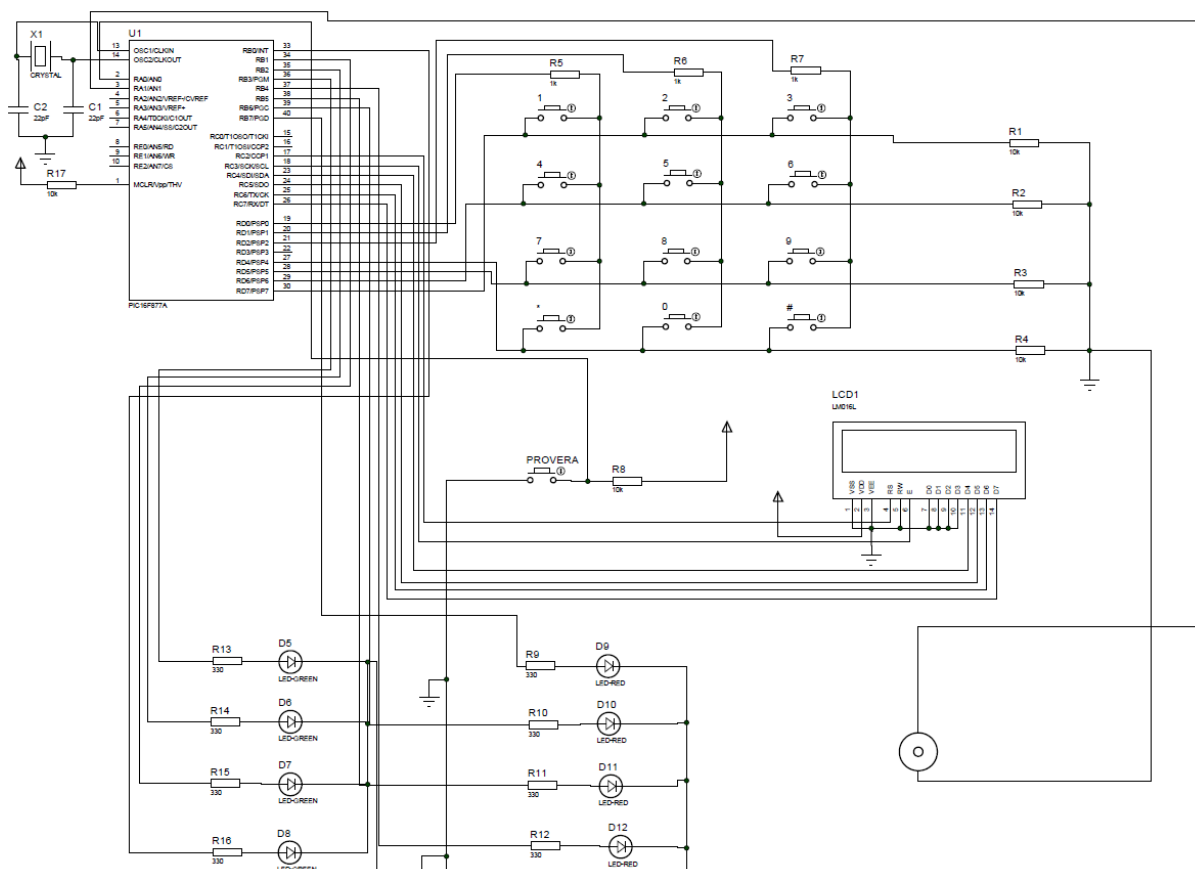
a)



b)

Slika 4. a) poruka kada se detektuje pogrešna šifra; b) poruka o mogućem ponovnom pokušaju.

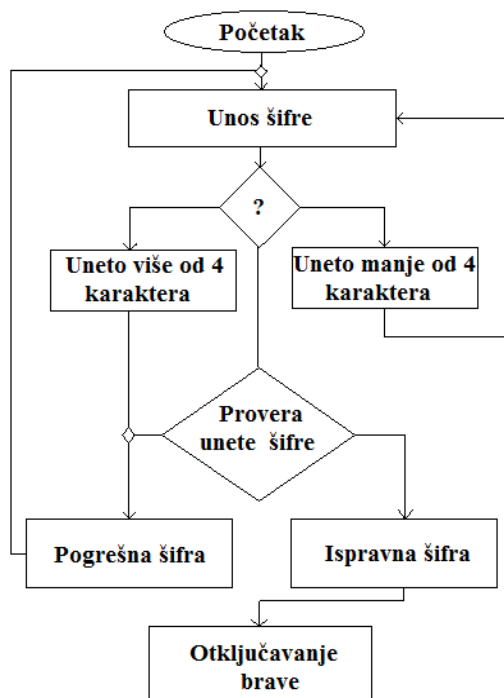
Električna šema celokupnog sistema je data na slici 5.



Slika 5. Električna šema elektronske brave.

Kako mikrokontroler koji je korišćen, nema mogućnost korišćenja internog oscilatora, korišćen je eksterni kvarcni oscilator od 8 MHz.

Algoritam izvršenja koda elektronske brave je dat na slici 6.

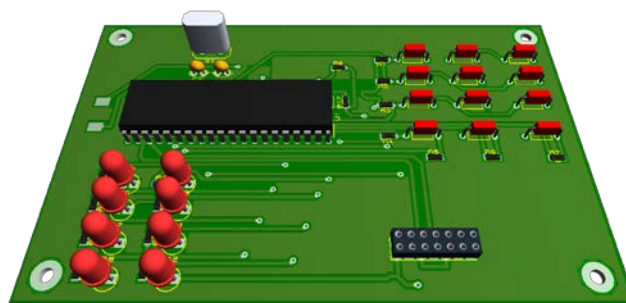


Slika 6. Algoritam izvršenja koda elektronske brave.

Prethodno je navedeno u tekstu da umesto brave je u simulaciji ovog rada korišćen DC motor. Tako da u slučaju ispravno unete šifre, pin mikrokontrolera koji je zadužen za kontrolu brave (DC motora), biće u stanju logičke jedinice, čime će se pokrenuti DC motor u trajanju od 3 sekunde. Nakon toga mikrokontroler čeka ponovno zatvaranje vrata,

tj. brave, kako bi se vratio na početno stanje i čekao unos šifre.

3D model PCB-a sistema elektronske brave može se videti na slici 7.



Slika 7. 3D model PCB-a celokupnog sistema.

IV. ZAKLJUČAK

Sistem elektronske brave moguće je realizovati na više načina. U ovom radu šifra za otključavanje se unosi uspomoc tastera koji su realizovani u obliku matrice 4x3 i tastera za ispitivanje ispravnosti unete šifre. Neko od sledećih rešenja kretace se u smeru spoja elektronske brave i upotrebu Androida za realizaciju iste.

ZAHVALINICA

Autori se zahvaljuju finansijskoj podršci Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja. Ovaj rad je deo projekta TR-33035.

LITERATURA

- [1] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41241D.pdf>
- [2] <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/ADM1602K-NSA-FBS-3.3v.pdf>

Android aplikacija koja u sebi objedinjuje više pojedinačnih najčešće korišćenih aplikacija

Miloš Đorđević

Sadržaj – Poslednjih godina sve više je korisnika mobilnih uređaja koji se zasnivaju na Android operativnom sistemu, pa je samim tim i spektar Android aplikacija različitiji. U ovom radu će biti predstavljena jedna aplikacija koja u sebi objedinjuje više pojedinačnih najčešće korišćenih aplikacija.

I. UVOD

Kako je u upotrebi sve više zastupljena Android platforma [1], tako zajedno sa njom raste broj različitih aplikacija razvijenih za tu platformu. U okviru samog Android operativnog sistema mogu se naći aplikacije koje omogućavaju slanje poruka, upućivanje poziva, slanja mejlova, ali ne i često aplikacije kao što su upotreba blica u vidu baterijske lampe, kompas i štoperica (hronometar). Ako se želi poslati poruka, a krećete se ne tako dobro poznatim terenom, još ne tako dobro osvetljenim, neophodno je da znate gde se nalazite, tj. u kom se pravcu krećete, ali i takođe da vidite kuda idete. U slučaju da ne posedujete aplikacije koje Vam omogućavaju lakše snalaženje u prostoru, neophodno ih instalirati, ali bez pristupa internetu, to je nemoguće. Aplikacija koja će biti opisana u ovom radu poseduje osim mogućnosti slanja poruka i mogućnosti pozivanja i aplikaciju kompasu i baterijsku lampu.

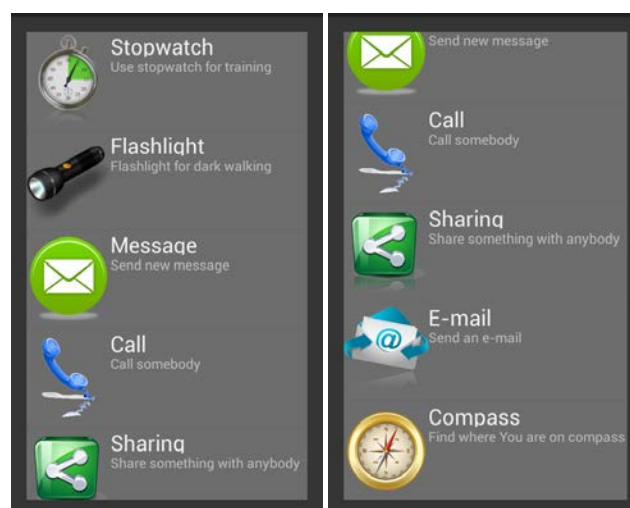


Slika 1. Logo Android platforme.

Miloš Đorđević je student doktorskih studija na modulu Nanotehnologije i mikrosistemi, Elektronski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija. E-mail: djordjevicpoljak@gmail.com

II. PRINCIP RADA

Aplikacija se zasniva na listi, koja se sastoji od nekoliko segmenta (*itema*), u koji je smeštena ikonica za svaku od aplikacija. Ova aplikacija rađena je za softverske pakete u rasponu softverskih paketa počevši od 4.0 (IS – Ice Cream Sandwich), iz razloga što je taj softverski paket najzastupljeniji među korisnicima Android platforme, pa sve do 5.0 (Lollipop) [2,3]. Izgled aplikacije se može videti na slici 2.



Slika 2. Izgleda glavne aktivnosti (Main activity) aplikacije.

Klikom na bilo koji od *itema* iz liste, otvara se nova aktivnost, čiji se sadržaj razlikuje zavisno od toga šta je izabrano. U trenutku otvaranja nove aktivnosti, poziva se *OnStop()* funkcija, glavna aktivnost se ne zatvara, već se poziva ova funkcija samo kad određena aktivnost nije vidljiva korisniku. Svaka aktivnost predstavlja zasebnu aplikaciju. Tako, ako je izabrana aplikacija koja se koristi kao baterijska lampa (Flashlight), otvoriće se izgled aktivnosti (*layout*) kao na slici 3. Inače pored aktivnosti, srž android aplikacije čine i *layout* fajlovi sa ekstenzijom *.xml*. Njihova uloga je da funkcionalnost aplikacije, definisanu u aktivnosti, povežu sa izgledom aplikacije i komponentama definisanim unutar *layout-a*.



Slika 3. Izgled (layout) aplikacije „Flashlight“.

U ovoj aktivnosti se klikom na sam ekran, na čijoj se pozadini vidi baterijska lampa, aktivira se blic. Aktiviranje blica vrši se softverskom naredbom, koja osim u samom kodu zaduženom za ovu aktivnost, mora biti odobrena i u *Android Manifestu*, gde se traže odobrenja (*permission*) za svaku hardversku komponentu [4]. Nakon toga, ponovnim klikom na ekran ugasiće se blic. Iz ove aplikacije, tj. aktivnosti se izlazi klikom na *back* dugme na telefonu.

Izlaskom iz aplikacije ponovo se pojavljuje lista sa aplikacijama, tako da je moguće sada izabrati drugu aplikaciju. U slučaju biranja aplikacije za slanje poruka, ulazi se u novu aktivnost (slika 4.).



Slika 4. Izgled aktivnosti aplikacije za slanje poruka („Message“).

U ovoj aktivnosti postoje dva polja (*edit text* polja), koja u svojoj pozadini prikazuju tekst koji kazuje za šta su predviđena ta dva polja. Kod ovakvih polja, pošto je to *edit* polje, vrši se prebacivanje iz tekstualnih karaktera u

string, kako bi se to kasnije prepoznalo kao niz karaktera. Kod Androida se tip podatka kao što je String je jedan od najčešće korišćenih tipova podataka. Tako polje pri vrhu ekrana u kome piše „Phone number“ služi za upis broja telefona primaoca poruke, ali format broja koji se unosi je u obliku +3816*****(*), zavisno da li je 6-o cifreni ili 7-mo cifreni broj telefona. Prilikom unosa broja, pojaviće se samo numerička tastatura. Sledeće takvo polje, ali sa razlikom da je to *multiline* edit polje, tj. polje koje se prostire u više redova, zavisno od poruke koja je uneta. Zatim postoji i dugme koje je predviđeno za slanje poruke. Takođe, prilikom slanja poruke, na ekranu u vidu „toast message“ kratke poruke, pojaviće se obaveštenje o uspešno poslatoj poruci (slika 5.). Za ovu aktivnost slanja tekstualne poruke, takođe je neophodno odobrenje iz *Android Manifesta*, jer slanje poruke iziskuje potrošnju „kredita“ sa SIM kartice.



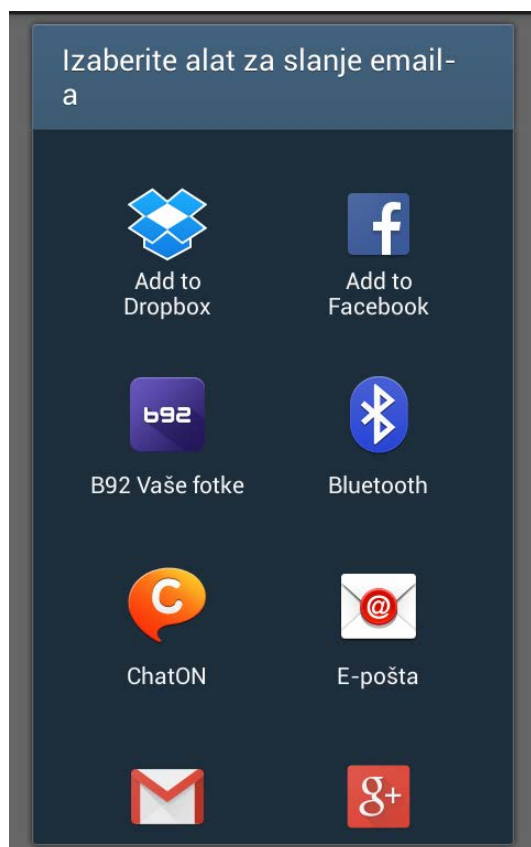
Slika 5. Izgled aktivnosti tokom slanja poruke.

Izlaskom iz ove aplikacije, ponovo se pojavljuje lista aplikacija. Ulaskom u aplikaciju za slanje elektronske pošte „E-mail“, otvara se aktivnost, koja izgleda kao na slici 6.



Slika 6. Izgled aktivnosti za slanje elektronske pošte („E-mail“).

U ovoj aktivnosti takođe postoje edit polja, slična onima iz aktivnosti za slanje poruka. Tako imamo polje za unos adrese primaoca elektronske pošte, zatim polje za unos naslova poruke i naravno *multiline* polje za unos teksta same poruke. Sve aktivnosti vezane za slanje elektronske pošte odvijaju se uz pomoć *Intenta* – namere. Intent omogućava da više različitih aktivnosti neprimetno funkcionišu zajedno, omogućavajući da se zadaci mogu izvršavati kao da su realizovani u jedinstvenoj aplikaciji. Intenti se najčešće koriste kao sredstvo komunikacije između dve aktivnosti. Takođe, imaju veliku upotrebnu vrednost prilikom prenošenja vrednosti nekih promenljivih između dve aktivnosti. Ovde je vršen prenos parametara unutar jedne aktivnosti. U okviru ove aktivnosti postoji i dugme u donjem desnom uglu layout-a koje služi za dodavanje neke datoteke u vidu slike (podržan je *.jpg* format). Na kraju tu je i dugme za slanje elektronske pošte, gde se pritiskom na to dugme otvara novi prozor u vidu obeveštenja da treba izabrati čime se želi poslati poruka (slika 7.). Tako da postoje mogućnosti ili preko pretraživača, preko aplikacije predviđene za slanje elektronske pošte (ukoliko je ista prethodno instalirana) i drugo. Za slanje elektronske pošte je neophodno odobrenje za korišćenje interneta.



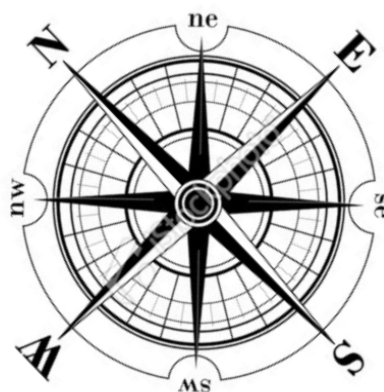
Slika 7. Obaveštenje o biranju načina slanja elektronske pošte.

Vraćanjem u listu aplikacija, moguće je izabrati novu aplikaciju. U slučaju izbora aplikacije za deljenje podataka „Share“, mogu se deliti slike, a pored slike i tekst u opisu

slike, a sama aplikacija nudi nekoliko mesta gde se to može deliti, neka od njih su *Facebook*, *E-mail* i drugo. Takođe i kod ove aplikacije neophodno je odobrenje za korišćenje interneta, ali i za pristup memoriji uređaja. Zavisno da li je slika koja se deli u memoriji uređaja ili je ista smeštena na memorijskoj kartici, moraju se navesti odobrenja i za pristup memoriji telefona i pristup memorijskoj kartici.

Kada je izabrana aplikacija kompasa „Compass“, otvoriće se aktivnost sa layout-om kao na slici 8.

Heading: 44.0 degrees



Slika 8. Layout aplikacije „Compass“.

Ova aplikacija u odnosu na ostale koje su do sada opisane se razlikuje po tome što u sebi poseduje animaciju koja zavisno od položaja telefona pokazuje položaj Severnog pola, u odnosu na koji se najčešće vrši orijentacija. Naravno, klasa zadužena za ovu aktivnost kompasa, mora naslediti osobine *SensorEventListener*-a, kako bi sama animacija imala svrhu. Osobine koje nasleđuje kontrolišu promene na senzoru koji je zadužen za rad kompasa. Tu je i prikaz stepeni, koji se menja sa svakom promenom položaja telefona.

IV. ZAKLJUČAK

Svrha ove aplikacije je da olakša svakodnevne potrebe korisnika, a da pri tome ne mora da instalira svaku od gore navedenih aplikacija posebno, već da ih sve ima na jednom mestu. Takođe, tu i manja zauzetost memorije, što je jedna od prednosti ove aplikacije.

ZAHVALINICA

Autor se zahvaljuje finansiskoj podršci Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja. Ovaj rad je deo projekta TR-33035.

LITERATURA

- [1] http://ids.snu.ac.kr/w/images/9/9a/Android_platform_091091.pdf
- [2] http://static.pcworld.com/superguides/IceCreamSandSG_preview.pdf
- [3] https://static.googleusercontent.com/media/www.google.co/en/us/help/hc/images/android/android_ug_50/Android-Lollipop-Quick-Start-Guide.pdf
- [4] <http://lyle.smu.edu/~coyle/cse7392mobile/handouts/s01.The%20AndroidManifest.pdf>

Eksperimentalna ocena primene konvolucionog koda u bežičnim primopredajnicima male snage

Margareta Milosavljević, Ivana Milošević

Sadržaj — U ovom radu analiziran je uticaj konvolucionog koda u prenosu podataka bežičnim primopredajnikom CC2500. Realizovan je sklop za prenos podataka pomoću dva primopredajnika, računara i potrebnog softvera. Dobijeni rezultati pokazuju očekivano poboljšanje performansi, i ukazuju na to da se posebna pažnja mora posvetiti manipulaciji primljenim podacima.

I. UVOD

U telekomunikacijama, konvolucionni kod je vrsta koda za ispravljanje grešaka koji generiše simbole parnosti pomoću Bulove polinomijalne funkcije primenjene na niz podataka. Ova primena obezbeđuje konvoluciju enkodera nad podacima, što dovodi do termina „konvoluciono kodovanje“. Priroda konvolucionih kodova omogućava trelis dekodovanje uz pomoć vremenski invarijantnog trelis-grafa. Ovakvo procesiranje obezbeđuje dekodovanje konvolucionih kodova metodom maksimalne verodostojnosti sa mekim odlučivanjem, uz razuman stepen složenosti. Mogućnost ekonomičnog dekodovanja sa maksimalnom verodostojnošću predstavlja najvažniju osobinu konvolucionih kodova. Za razliku od njih, blok kodovi se obično mogu predstaviti uz pomoć vremenski promenljivih trelis grafova i kao takvi zahtevaju tvrdo dekodovanje.

Konvolucionni kodovi se najčešće karakterizuju osnovnom bitskom brzinom i dubinom (ili memorijom) koda $[n, k, K]$. Osnovna bitska brzina r je obično data kao n/k , gde je n bitska brzina ulaznih podataka, a k bitska brzina izlaznih podataka. Dubina se često naziva i „dužina ograničenja“ K , zato što je izlaz funkcija prethodnih $K - 1$ ulaza. Dubina se može zadati i kao broj memorijskih elemenata v u polinomskoj funkciji, ili kao najveći mogući broj stanja koda 2^v .

II. SMARTRF STUDIO 7

SmartRF Studio 7 je alat za evaluaciju TI LPRF IC i generisanje vrednosti registara uređaja. Program se takođe može koristiti i za testiranje RF performansi, i podešavanje određenih hardverskih solucija. Ovaj program pomaže dizajnerima radio sistema da lako procene RF-IC (Radio

Frequency Integrated Circuit) u ranoj fazi procesa. Pruža jednostavan interfejs za sve konfiguracione registre radio čipova, i vrlo je koristan za brzo testiranje i nalaženje neophodnih porešavanja. Glavna karakteristika SmartRF Studio 7 programa je kontrolni panel za direktan pristup RF-IC registrima čipa. Pruža pregled mnogih specifikacija uređaja i daje potpuni piši-briši pristup registrima čipa.

III. CC2500

CC2500 je primopredajnik koji radi u opsegu frekvencija na 2.4 GHz, dizajniran za bežične aplikacije male snage. Kolo je namenjeno za opseg od 2400 do 2483,5 MHz ISM (Industrial, Scientific and Medical) i SRD (Short Range Device). RF primopredajnik ima integrisan podesivi modem, koji podržava različite oblike modulacija. CC2500 pruža široku hardversku podršku za upravljanje paketima, baferovanje podataka, nalet transmisije, jasnu procenu kanala, i indikaciju kvaliteta veza. Glavni operativni parametri i 64-bajtni primopredajnik, FIFO CC2500, mogu se kontrolisati pomoću SPI interfejsa. CC2500 se koristi zajedno sa mikrokontrolerom i par dodatnih pasivnih komponenti.



Slika 1. Izgled CC2500EMK primopredajnog modula bez antene.

Osnovne karakteristike CC2500 jesu:

- Osetljivost (-104 dBm na 2.4 kBaud)
- Mala potrošnja struje
- Programabilna izlazna snaga, do +1 dBm
- Odlične performanse selektivnosti i potiskivanja
- Programabilna brzina podataka (1.2 – 500 kBaud)
- Frekvencijski opseg od 2400 - 2483.5 MHz
- Male dimenzije i mali broj eksternih komponenti
- Opcionalno ispravljanje greške (FEC)

M. Milosavljević i I. Milošević su apsolvanti na Elektronskom fakultetu. (e-mail: Maggie.17.12@gmail.com, ikili89@gmail.com)

- Pogodan je za sisteme sa frekvencijskim skakanjem
- Integrirani analogni temperaturni sistem
- Podržava 2-FSK, GFSK i MSK

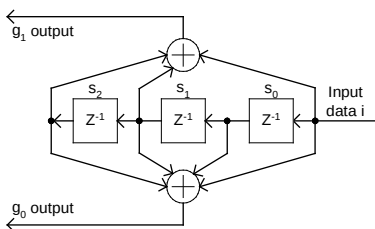


Slika 2. Izgled razvojne ploče SmartRF04EB.

IV. FEC – FORWARD ERROR CORRECTION

FEC je tehnika koja se koristi u telekomunikacijama za kontrolisanje grešaka kod prenosa podataka preko komunikacionih kanala koji su nepouzdati ili sadrže šum. Osnovna ideja je da pošiljalac redundantno kodira poruku. Američki matematičar Ričard Hamming izumeo je prvi kod za ispravljanje grešaka.

Redundantnost omogućava primaocu da detektuje ograničen broj grešaka do kojih može da dođe bilo gde u poruci, i često da ispravi ove greške bez ponovnog slanja poruke. FEC pruža mogućnost da ispravi greške bez potrebe za povratnim kanalom kojim se zahteva ponovno slanje poruke. FEC se upotrebljava u situacijama kada je ponovno slanje skupo ili nemoguće, u jednosmernim komunikacijama.



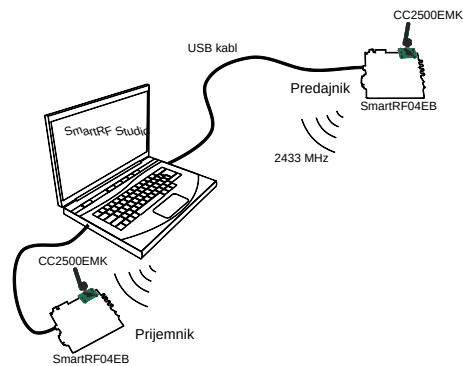
Slika 3. Implementacija konvolucionog koda u CC2500.

CC2500 ima ugrađenu podršku za Forward Error Correction (FEC). Za omogućavanje ove opcije, potrebno je podesiti konfiguracioni bit MDMCFG1.FEC_EN na vrednost 1. Redundantnost je dodata u prenosu podataka na takav način da je primalac u mogućnosti da povрати originalne podatke u prisustvu grešaka. Integrirana kola CC2500 za zaštitno kodovanje koriste nerekurzivni konvolucionni koder sa brzinom $r = 1/2$ sa dužinom ograničenja $K = 4$, odnosno sa tri memorijska elementa, kao što je prikazano na slici 3 [2]. Naravno, pomenuti MDMCFG1.FEC_EN bit mora biti setovan i na prijemniku jer on u režimu prijema signalizira

korišćenje Viterbijevog algoritma za dekodovanje primljenog signala koji je kodovan kovolucionim kodom.

V. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Dva primopredajnika CC2500 postavljena su na udaljenosti od aproksimativno 3 metra. Od jednog ka drugom poslato je tačno 1000 paketa. Stanje poslatih i primljenih paketa se očitava na računaru koji putem SmartRF studija kontroliše rad oba primopredajnika povezanih sa njim preko USB kablova, što je šematski prikazano na slici 4.



Slika 4. Šema postavke sistema za eksperiment.

Posebna pažnja je posvećena eliminaciji efekata fedinga i interferencije. Radna frekvencija je izabrana tako da na njoj nije detektovana značajna aktivnost uređaja koji rade u istom frekvencijskom opsegu. Ovo je jednostavno postignuto tako što je uključen samo prijemnik i noseća frekvencija podešena tako da ne bude detektovanog signala iznad nivoa osetljivosti prijemnika. Da bi se izbegao feding i efekat senke, eksperiment je postavljen u prostoriji u kojoj nije bilo pomeranja predmeta, kao ni prisustva osoba. Kada su primopredajnici postavljeni na svoja mesta, sve operacije obavljane su daljinski preko LAN mreže na Elektronskom fakultetu, korišćenjem daljinskog pristupa (*Remote Desktop*). Na ovaj način je obezbeđeno da dominantni negativni uticaj bude beli šum (AWGN), koji je dobro proučen u kontekstu konvolucionih kodova.

Procedura merenja je veoma jednostavna. Najpre se prijemnik podesi na odgovarajući format modulacije, bitsku brzinu i radnu frekvenciju, bez dekodovanja konvolucionog koda. Zatim se prijemnik prebaci u operativni mod u kome počinje da prati eventualni emitovani signal. Nakon toga se podesi predajnik da funkcioniše sa identičnim parametrima, a takođe treba podesiti izlaznu snagu predajnika, što je moguće u koracima od 2 dB uz pomoć SmartRF studija. Zatim se predajnik takođe prebaci u operativni mod u kome šalje 1000 paketa identične sadržine u pravilnim vremenskim intervalima. Po završetku slanja svih paketa, pročitaju se

potrebni parametri detektovani na prijemniku, i procedura se može ponoviti sa promenjenom izlaznom snagom predajnika.

TABELA I

IZMERENE VREDNOSTI PARAMETARA PRENOSA ZA
SLUČAJ BEZ ZAŠTITNOG KODOVANJA I POSLATIH 1000 PAKETA

Snaga predajnika [dBm]	Broj primljenih paketa	Paketi sa greškom	Verovatnoća greške u paketu [%]	RSSI [dBm]	BER
0	1000	0	0	-100.9	/
-2	998	0	0	-103.0	/
-4	999	1	0.1	-104.1	$4.2 \cdot 10^{-6}$
-6	963	34	3.4	-105.4	$1.4 \cdot 10^{-4}$
-8	169	776	81.1	-106.3	$6.9 \cdot 10^{-3}$
-10	0	355	100	-107.2	1

TABELA II

IZMERENE VREDNOSTI PARAMETARA
PRENOSA KADA SE KORISTI KONVOLUCIONI KOD
ZA ISPRAVLJANJE GREŠAKA. BROJ POSLATIH PAKETA JE 1000.

Snaga predajnika [dBm]	Broj primljenih paketa	Paketi sa greškom	Verovatnoća greške u paketu [%]	RSSI [dBm]	BER
0	706	0	0	-100.9	/
-2	703	0	0	-102.7	/
-4	708	0	0	-104.0	/
-6	675	0	0	-105.5	/
-8	599	6	1	-106.5	$4.2 \cdot 10^{-5}$
-10	348	30	7.9	-107.2	$3.4 \cdot 10^{-4}$
-12	83	65	43.9	-107.7	$2.4 \cdot 10^{-3}$
-14	1	31	96.9	-108.0	$1.4 \cdot 10^{-1}$

U tabeli I je prikazan odnos procenta greške i RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) kada je ispravljanje grešaka isključeno. Može se uočiti da je osetljivost prijemnika pri verovatnoći greške paketa od 1% negde između -104 i -105 dBm, što je u skladu sa ranije navedenim specifikacijama. Eksperiment je zatim ponovljen sa identičnim parametrima i jedinom razlikom što je uključeno zaštitno kodovanje. U tabeli II je prikazan odnos procenata greške i RSSI kada je ispravljanje grešaka aktivno. Može se uočiti da se sa uključenim ispravljanjem grešaka informacije prenose uspešno i kod vrlo malih snaga signala. Podaci o verovatnoći greške paketa iz tabela I i II su i grafički prikazani na slici 5.

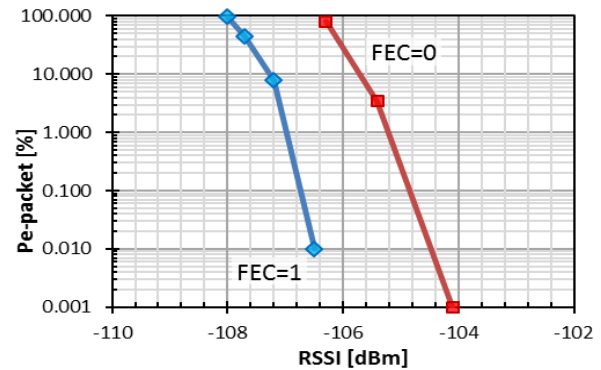
Ako je poznata verovatnoća greške paketa, verovatnoća greške po bitu se može izračunati kao [1]:

$$P_e = 1 - (1 - \text{PER})^{\frac{1}{8(N+3)}} \quad (1)$$

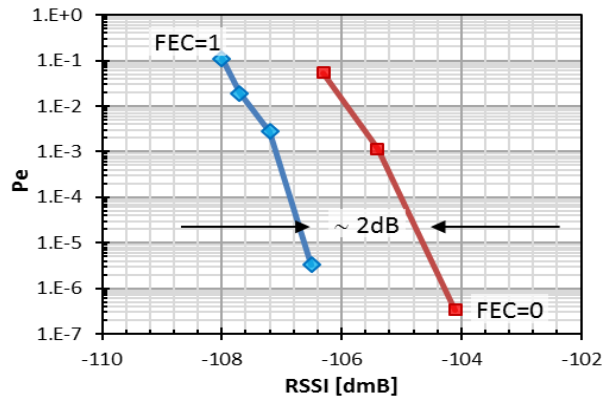
gde je P_e verovatnoća greške po bitu, PER verovatnoća greške paketa i N broj bajtova sadržanih u paketu. Dodatna dva bajta u jednačini se odnose na CRC, a još jedan bajt nosi informaciju o adresi uređaja kome su podaci namenjeni, tako da je ukupna dužina sekvence za tri bajta veća od dužine

korisnih podataka. U našem konkretnom slučaju korisna dužina podataka bila je postavljena na $N = 30$.

Slika 6 prikazuje verovatnoću greške u funkciji snage signala. Plava linija odnosi se na prenos sa onemogućenim ispravljanjem grešaka, dok crvena linija prikazuje prenos kada je FEC=1. Verovatnoća greške se znatno smanjuje aktiviranjem Forward Error Correction opcije. Teoretski, za konkretni konvolucioni kod, asimptotski dobitak kodovanja iznosi 4.8 dB [2]. Međutim, u konkretnim praktičnim okolnostima i sa realističnim verovatnoćama greške ovaj dobitak je manji i iznosi nešto više od 2 dB.



Slika 5. Procenat primljenih paketa sa greškom u zavisnosti od procenjenog nivoa signala na prijemu.



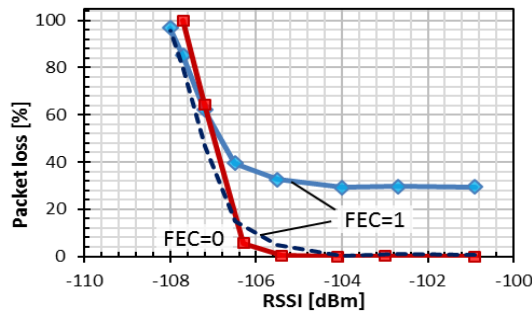
Slika 6. Verovatnoća greške po bitu u zavisnosti od procenjenog nivoa signala na prijemu.

Sa druge strane, kada je ispravljanje grešaka aktivno, javlja se nezanemarljiv broj nedospelih paketa. Odnos broja tih paketa i snage signala prikazan je u tabeli III. Slika 7 prikazuje odnos nedospelih paketa i snage signala. Kao i u prethodnom grafiku, plava linija prikazuje nedospеле pakete za kada je ispravljanje grešaka deaktivirano (FEC=0), a crvena kada je ispravljanje grešaka aktivirano (FEC=1). Na

prethodnim slikama 5 i 6 se može videti koliko zapravo ispravljanje grešaka utiče na prenos podataka. Aktiviranjem algoritma za ispravljanje grešaka smanjio se broj grešaka u paketu, a negativna promena snage signala ne utiče na prenos paketa u toj meri u kojoj je uticala kada ispravljanje grešaka nije aktivirano. Međutim, aktiviranje algoritma dovelo je do značajnog povećanja nedospelih paketa. Aktivaciju algoritma određujemo po sopstvenom nađenju, u zavisnosti od kvaliteta prenosa.

TABELA III
BROJ IZGUBLJENIH PAKETA ZA RAZLIČITE SNAGE
PREDAJNIKA, ZA SLUČAJ ISKLJUČENOG I UKLJUČENOG
ZAŠTITNOG KODOVANJA. BROJ POSLATIH PAKETA JE 1000.

Snaga predajnika [dBm]	FEC=0		FEC=1	
	Broj izgubljenih paketa	RSSI [dBm]	Broj izgubljenih paketa	RSSI [dBm]
0	0	-100.9	294	-100.9
-2	2	-103.0	297	-102.7
-4	0	-104.1	292	-104.0
-6	3	-105.4	325	-105.5
-8	55	-106.3	395	-106.5
-10	645	-107.2	622	-107.2
-12			852	-107.7
-14			968	-108.0



Slika 7. Procenat izgubljenih paketa.

Naša pretpostavka je da uzrok ovog neočekivanog rezultata treba tražiti u komunikaciji između CC2500, SmartRF04EB i SmartRF studija, jer je izvesno da ukupni broj primljenih paketa nije dobro izbrojan kada je uključeno ispravljanje grešaka [5]. Ovakav zaključak podržava i činjenica da pri većim snagama procenat nedospelih paketa ostaje isti. Pod pretpostavkom da je ova greška sistematska, i da na svakih 10 primljenih paketa 3 ostaje neizbrojano (prema dobijenim eksperimentalnim rezultatima), možemo modifikovati broj izgubljenih paketa da bi smo isključili ovu grešku, korišćenjem sledećeg izraza:

$$n_m = r n_0 - M(1 - r) \quad (2)$$

U gornjoj jednačini, n_m je modifikovani broj izgubljenih paketa, r je sistematski odnos broja primljenih i izbrojanih

paketa (u konkretnom slučaju $r \approx 10/7$), n_0 je broj izgubljenih paketa pročitani iz SmartRF studija, a M je ukupan broj poslanih paketa koji u ovom slučaju iznosi 1000. Kada se ovako modifikovani broj izgubljenih paketa uporedi sa prethodnim rezultatima, dobija se isprekidana kriva na slici 7, koja se veoma bliska sa situacijom bez uključenog ispravljanja grešaka. Ovo je logičan rezultat jer je potrebn minimum za prijem paketa (bilo da on sadrži grešku ili ne) da prijemnik može da detektuje preambulu i sihro grupu koja nije obuhvaćena kodovanjem.

VI. ZAKLJUČAK

Nakon izvršene analize eksperimentalnih podataka može se zaključiti da primena konvolucionih kodova u bežičnom prenosu može biti od značajne koristi. Dobijeno poboljšanje u praktičnim uslovima od oko 2 dB jeste manje od teorijske granice, ali se može efikasno upotrebiti za povećanje pouzdanosti sistema, povećanje dometa, ili dalje smanjenje emitovane snage kada su u pitanju mala rastojanja. Sa druge strane, kompleksnost sistema i obrade podataka značajno raste, tako da je potrebno posvetiti posebnu pažnju da bi se izbegle sistematske greške prilikom internog transfera podataka u sistemu.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je deo timskog projekta na smeru Telekomunikacije Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu. Projekat je realizovan pri laboratoriji za telekomunikacione sisteme, pod mentorstvom prof. dr Dejana Milića.

LITERATURA

- [1] „CC2500 Low-Cost Low-Power 2.4 GHz RF Transceiver“, kataloški podaci, Texas Instruments, 2015. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc2500.pdf>
- [2] Robin Hoel, „FEC Implementation“, Design Note DN504, Texas Instruments, 2007, dostupno onlajn na: <http://www.ti.com/lit/an/swra113a/swra113a.pdf>
- [3] Siri Johnsrud, Robin Hoel, „FEC Decoding“, Design Note DN507, Texas Instruments, 2010, dostupno onlajn na: <http://www.ti.com/lit/an/swra313/swra313.pdf>
- [4] Suyash Jain, „Continuous Data Streaming Applications – Using Serial Synchronous Mode in CC110x and CC2500 Devices“, Application Note AN095, Texas Instruments, 2011, dostupno putem interneta na: <http://www.ti.com/lit/an/swra359a/swra359a.pdf>
- [5] „CC2500 Errata Notes“, kataloški podaci, Texas Instruments, 2015. <http://www.ti.com/lit/er/swrz002e/swrz002e.pdf>

Projektovanje elektronske kocke za igru

Ivica Jovanović

Sadržaj – U ovom radu prikazan je primer projektovanja elektronske kocke za igru sa efektom usporavanja brojeva. Osnovu uređaja čini kolo digitalnog brojača. Uređaj je testiran na protoploči krišćenjem komercijalnih integrisanih kola i LED dioda.

I. UVOD

Tradicionalna kocka za jamb (slika 1) je u svetu poznata više od 2000 godina i do danas nije izgubila svoje čari. Ovim projektom čuvena kocka biće predstavljena na nov način. Efekat usporavanja dok se ne uspostavi broj podseća na čekanje dok se bačena kocka ne zaustavi. Pritiskom na taster okida se astabilni multivibrator, a on okida brojač. Izlaz brojača se vodi do LED-ova koji ispisuju cifru. Suštinu uređaja čini CMOS kolo 4017– brojač sa dekodiranim izlazima, Diodnu logiku čini sedam LED dioda i tranzistori koji upravljaju diodama. Osim kod jedinice („1“) sve ostale diode su vezane redno po dve u paru i to dijagonalno. Ulaz kola je visokoomski jer se kocka aktivira senzorskim tasterom. U ovom radu biće opisan tok projektovanja električne šeme elektronske kocke sa efektom usporavanja, kao i teorijski pregled pojedinih delova uređaja.



Slika 1. Tradicionalna kocka za jamb.

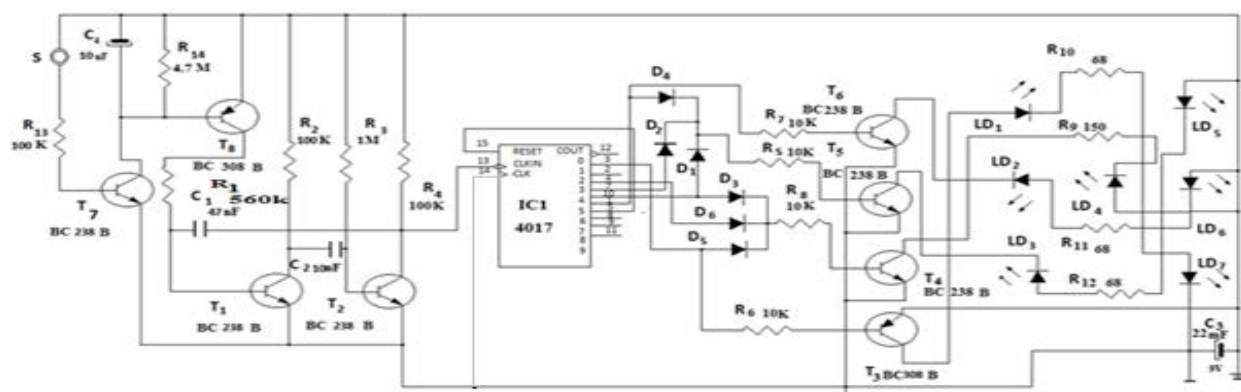
Ivica Jovanović je student na modulu Elektronske komponente i mikrosistemi (EKM), Elektronski fakultet, Katedra za mikroelektroniku, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija. E-mail: alonsole82@gmail.com

II. PRINCIP RADA

Principijalna električna šema elektronske kocke za igru sa efektom usporavanja prikazana je na slici 2 [1]. Ova šema predstavlja sklop analogne i digitalne mikroelektronike i laserske elektronike i sastoji se od napajanja (analogni deo), multivibratora (analogni deo, sklop tranzistora sa kondezatorima), digitalnog dela - integrisano kolo IC1 4017 sa dekodiranim izlazima (digitalni deo), i kontrolne logike koja pali svetleće LED diode (laserska elektronika).

Uređaj se napaja sa 9V DC. Za napajanje elektronske kocke moguće je koristiti bateriju od 9V. Ova vrednost napona napajanja je potrebna više radi napajanja LED dioda, nego što je to potrebno za CMOS kolo CD4017 kao i zbog toga što se u prodaji mogu naći kutije u kojima bi se mogli zajedno ugraditi štampana pločica kocke i baterija od 9V. U principu uređaj može da se napaja naponom od 4.5V, ali tada treba promeniti vrednost otpornika u kolu LED dioda da bi se ograničila struja.

Pri dodiru senzora „S“ tranzistor T7 provede i puni kondenzator C4. Kada se C4 napuni provešće tranzistor T8, a samim tim multivibrator, koji je načinjen od T1, T2 počinje brzo da osciluje. Ako se prst skloni sa senzora, C4 će se prazniti preko R14, multivibrator će početi da radi sve sporije i sporije, oscilovaće čak sa učestanošću od 1Hz, a onda će i prestati da radi. Tada će se prikazati stanje na LED diodama koje su postavljene tako da se lako može očitati uspostavljeni broj. Astabilni multivibrator okida brojač CD4017 kod koga su poslednja četiri brojačka mesta ugašena premošćivanjem pinova 5 i 15, tako da se ispisuje jedna od šest cifara. Preko diodne logike i bipolarnih tranzistora kao prekidača kontroliše se uključivanje/isključivanje LED dioda. Integrisano kolo praktično u svakom trenutku na jednom od svojih izlaza daje kratkotrajan impuls čije je vreme trajanja nedovoljno da LED diode budu upaljene (a ono je određeno frekvencijom multivibratora), dok prilikom otpuštanja tastera frekvencija multivibratora postaje sve manja, trajanje impulsa na izlazu integrisanog kola sve duže koje postaje dovoljno da LED diode budu upaljene, a kontrolna logika pali određene diode u zavisnosti od pozicije na izlazu integrisanog kola. Na slici 2 je data električna šema elektronske kocke sa efektom usporavanja.



Slika 2. Električna šema elektronske kocke s efektom usporavanja.

III. KOMPONENTE ZA PRAKTIČNU REALIZACIJU

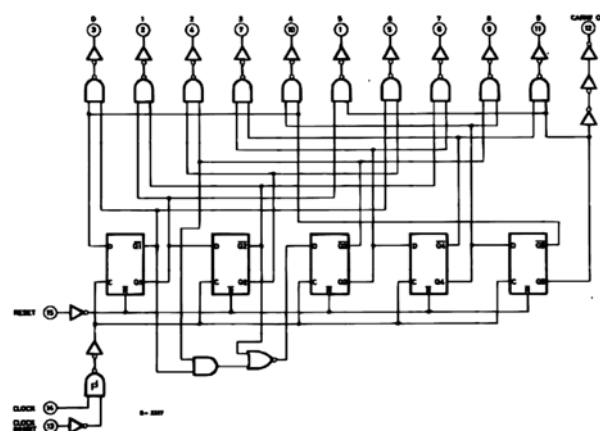
Elektronska kocka za igru sa efektom usporavanja realizovana je na proto-ploči. Zbog velike primene u svakodnevnom zivotu mi ćemo dati pregled komponenti pa zainteresovani mogu preći na praktičnu realizaciju. Komponente neophodne za realizaciju kocke date su u tabeli I.

TABELA I
KOMPONENTE NEOPHODNE ZA REALIZACIJU

R ₁	560 kΩ	C ₄	10μF
R ₂ , R ₄ , R ₁₃	100 kΩ	IC ₁	4017
R ₃	1 MΩ	T ₁ , T ₂ , T ₄	BC238
R ₅ , R ₆ , R ₇ , R ₈	10 kΩ	T ₅ , T ₆ , T ₇	BC238
R ₉	150 Ω	T ₃ , T ₈	BC308
R ₁₀ , R ₁₁ , R ₁₂	68 Ω	D ₁ , D ₂ , D ₃	1N4148
R ₁₄	4,7 MΩ	D ₄ , D ₅ , D ₆	1N4148
C ₁	47 nF	LD ₁ , LD ₂ , LD ₃	LED diode
C ₂	10 nF	LD ₄ , LD ₅ , LD ₆	LED diode
C ₃	22 uF		

Integrisano kolo IC1 4017, korišćeno u ovom radu, je sinhroni dekadni brojač sa dekodiranim izlazima sa pina 10. Kolo se napaja sa 3-18V. Kada se na pin RESET dovede napon logičke jedinice dolazi do resetovanja brojača. U našem slučaju se signal vraća na pin 15 (RESET) i na taj način vraća ciklus u početno stanje, onemogućavajući da se na izlazu pojave nedozvoljena stanja. Blok šema kola prikazana je na slici 3. Unutrašnjost kola čine D-Flip-flopi i određeni broj logičkih kola konfigurisanih da rade kao brojač. Vremenski dijagram signala na pojedinim izlazima

brojača dat je na slici 4. Na svaku rastuću ivicu taktnog signala dolazi do promene stanja brojača.



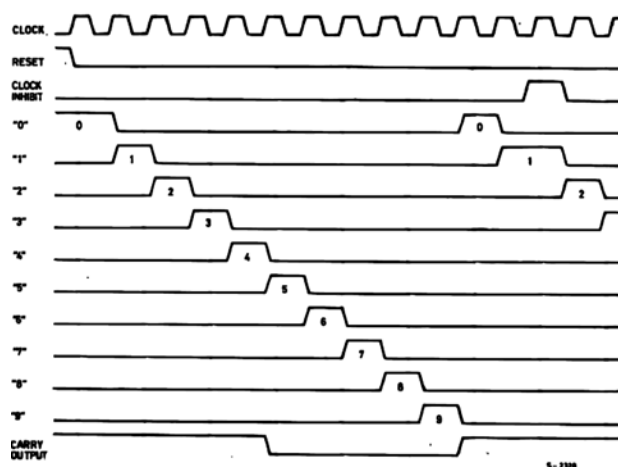
Slika 3. Blok šema unutrašnjosti kola CD 4017.

Sastavni deo ovog integrisanog kola kao što vidimo sa slike je i dekodirani izlazi sa brojača i omogućava da u zavisnosti od njegovog stanja prosledi impuls određenom frekvencijom astabilnog multivibratora na jedan od svojih izlaza. Kako se frekvencija astabilnog multivibratora smanjuje sa otpustanjem tastera tako se i vreme trajanja impulsa na izlazu dekodera produžava u obrnutoj proporciji sa frekvencijom i sa smanjenjem frekvencije postaje dovoljno dugo da preko pull-up otpornika pobudi određene tranzistore.

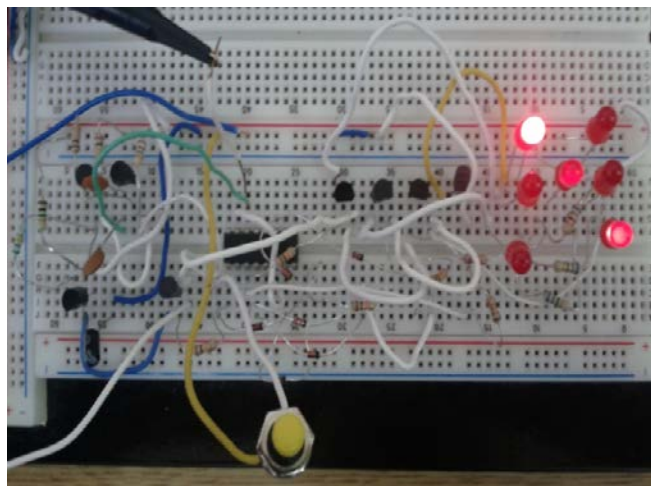
IV. PRAKTIČNA REALIZACIJA NA PROTOPLOČI

Na slikama 5 i 6 prikazana je realizacija elektronske kocke sa efektom usporavanja na proto-ploči. Slika 5 prikazuje da su uključene LED diode tako da formiraju broj „3“, dok slika 6 pokazuje da LED diode formiraju broj „5“. Na slici 7 dat je izgled signala koji se iz astabilnog multivibratora dovodi kao taktni signal brojača, sa slike se jasno vidi da nakon puštanja tastera, frekvencija astabilnog multivibratora se

manjuje, te kada prestane oscilovanje, „zamrzava“ stanje LED-ova tako da ispisuje određenu cifru na kocki za igru.



Slika 4. Vremenski dijagram stanja brojača CD 4017.

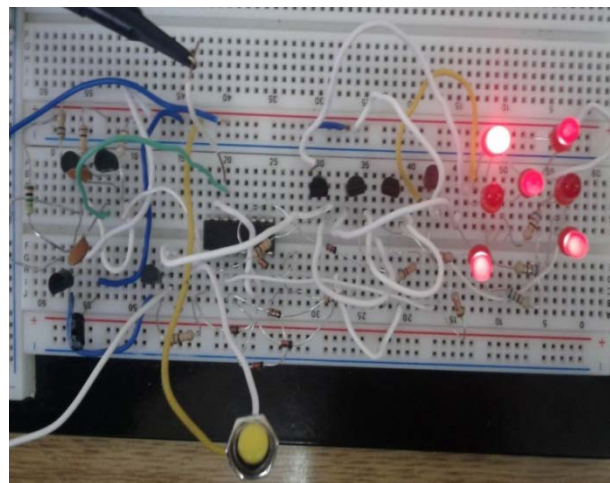


Slika 5. Uređaj realizovan na proto-ploči kada se ispisuje cifra 3.

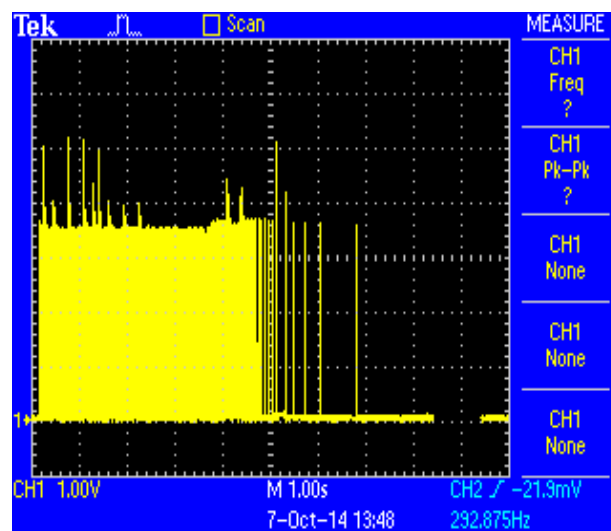
V. ZAKLJUČAK

U radu je dat osvrt na princip projektovanja elektronske kocke za igru sa efektom usporavanja. Detaljno su opisani pojedini blokovi uređaja i dat je teorijski pregled različitih rešenja blokova koji su korišćeni u realizaciji uređaja. Uređaj je i praktično realizovan na proto-ploči pri čemu je blok astabilnog multivibratora realizovan korišćenjem bipolarnih tranzistora, otpornika i kondenzatora. Blok brojača realizovan je korišćenjem integrisanog kola brojača, čiji su izlazi preko diodne logike vođeni na bipolarnne tranzistore u konfiguraciji prekidača da bi se kontrolisale LED diode koje pokazuju cifru. Na osnovu

predstavljenih rešenja mogu se realizovati laboratorijski prototipovi, ali i finalni uređaji. Mogućnosti za nadogradnju su velike, od korišćenje drugih komponenti za realizaciju uređaja do projektovanja štampane ploče finalnog uređaja, što će biti predmet daljeg rada.



Slika 6. Uređaj realizovan na proto-ploči kada se ispisuje cifra 5.



Slika 7. Signal sa izlaza astabilnog multivibratora.

LITERATURA

- [1] J. Bubala, R. Ilić, V. Veljković, Optoelektronika, InterHIT Niš, 1999.
- [2] Z. Prijić, Analogna mikroelektronika, Skripta, Elektronski fakultet u Nišu, 2014.
- [3] http://people.vts.su.ac.rs/~bnandor/DIELE/SKRIPTA/DE_Skripta20110228.pdf
- [4] <http://www.ftn.kg.ac.rs/docs/elektronika/impulsna%20i%20digitalna-skripta.pdf>
- [5] http://www.np.ac.rs/downloads/nm/nm_hemteh/oekp.pdf

Život i studije u Bukureštu

Aleksandar Stamenkovski

Sadržaj - U ovom radu biće opisan način studiranja u Rumuniji na Politehničkom univerzitetu u Bukureštu (The University POLITEHNICA of Bucharest). Iskustvo je stečeno na osnovu jednogodišnjeg boravka u Bukureštu pod pokroviteljstvom EUROWEB projekta. Biće opisane studentske aktivnosti, predispitne i ispitne obaveze, studentski život kao i mogućnost za stručnu praksu i zapošljavanje.

I. UVOD

Univerzitet POLITEHNICA u Bukureštu (UPB) je najvažniji tehnički univerzitet u Rumuniji. Njegova tradicija je povezana sa osnivanjem prve Više tehničke škole 1818. Džordž Lazar, rođen u Avrighu, studirao u Sibiu, Klužu i Beču 1817-1818 je nastojao da ubedi lokalne plemiće da ga podrže u osnivanju moderne nacionalne škole na rumunskom jeziku.



Slika 1. Zgrada Univerziteta.

Tako su 24. marta 1818., od strane kraljevskog edikta, prostorije Svetog Save u Abbei pretvorene u novu školu. Ona se bavi egzaktnim naukama uključujući kurseve, kao što su primenjena trigonometrija, geodezija, mineralogija, inženjerska grafika, nacrtna geometrija, principi izgradnje puteva i mostova, elementi arhitekture, itd. Diplomci su bili u obavezi da rade tri godine za državu ili da vrate dobijena sredstva.

Važna figura u "Školi mostova, puteva i rudnika" je Džordž Duca. Već 1887. godine, je analizirao sadržaj kurseva, identifikovao slabosti u školi, kao i najbolja rešenja da se poboljša akademski nivo. U to vreme,

Aleksandar Stamenkovski je sa katedre za mikroelektroniku, na smeru Elektronske komponente i mikosistemi na Elektroskom fakultetu u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: stama_89@hotmail.com

značajan uslov je bio ozbiljnost ponašanja učenika u školi. Studenti bez zadovoljavajućih rezultata, ili koji imaju neuredno prisustvo kursevima, brzo su uklonjeni iz škole.

Džordž Duca je pokušao i uspeo da dovede najbolje profesore u "Nacionalnu školu mostova i puteva" među njima, treba pomenuti David Emanuela (Osnovna matematika), Spiru Haret (Viša algebra i Analitička geometrija), Mironescu (Statistika i Inženjerska grafika), Konstantin Istrati (Fizika) ili Anghel Saligni (Mostovi i putevi).

Između 1938. i 1948. godine Univerzitet u Bukureštu imao je sedam fakulteta: Civil Engineering, Electromechanics, Metallurgy, Industrial Chemistry, Silviculture, Agronomy and Architecture.

Još jedna važna transformacija odigrala se 1948. godine, kada je nekoliko fakulteta postalo nezavisno, ili čak preseljeno u druge gradove. Dakle, mnogi univerziteti i instituti imaju svoje korene u starom "Univerzitetu Politehnika u Bukureštu".

Ime škole bilo je "Politehnički institut u Bukureštu". Danas, u skladu sa rezolucijom Senata (novembar 1992), Politehnički institut u Bukureštu preimenovan je u Univerzitet Politehnika u Bukureštu, a očuvanje imena "Politehnika" ponosno koriste generacije studenata.



Slika 2. Zvanični grb Univerziteta.

Sa preko 190 godina postojanja, UPB predstavlja jednu od osnovnih i prestižnih institucija rumunskog visokog obrazovanja, kao glavni izvor tehničkih stručnjaka u Rumuniji.

II. VODIČ KROZ BUKUREŠT

Bukurešt je veličanstven grad parkova, velikih avenija i lepe arhitekture koju su mahom izgradile francuske i

italijanske arhitekta. Čak ima i svoju Trijumfalnu kapiju, nešto manju nego što je ona u Parizu, ali podjednako lepu. Ne može se pričati o Bukureštu a da se ne pomene zgrada Parlamenta, veličanstvena građevina, posle Pentagona druga po veličini na svetu. Zgrada ima oko 1100 soba, a koliko je velika iznad zemlje toliko ima i podzemnih spratova. Zbog njene izgradnje srušen je ceo jedan kvart sa kućama, crkvama i drugim objektima da bi na tom mestu 1983. počela izgradnja Palace.



Slika 3. Zgrada Parlamenta.

Pored zgrade Parlamenta zanimljivi su još i tuneli ispod celog grada koji datiraju još iz doba Turaka a kojima se može doći i do 50 km van grada, deo starog grada u centru kao i najstarija ulica u Bukureštu, Calea Victoriei. Studentima je život u Bukureštu dosta olakšan, na prevoz, stan, posete muzejima i drugim objektima imaju i do 50% popusta pa bi bilo šteta propustiti sve lepote koje grad nudi.

Na dva sata vožnje vozom nalaze se dvorac u Sinaji kao i Drakulin zamak u Branu, objekti koje bi obavezno trebalo posetiti.



Slika 4. Dvorac u Sinaji.

Provod je kao i u svakom velikom evropskom gradu, ima ga uvek. Tematske žurke, poznati izvođači i veliki koncerti su svakodnevnica.



Slika 5. Polazak na Flag party.

U blizini kampusa gde smo bili smešteni ima dosta sportskih terena teretana, kuglana tako da nam je dan bio maksimalno ispunjen.

III. AKADEMSKE AKTIVNOSTI

Kao i prilikom prijave za slične programe i ovde je bilo potrebno navesti spisak predmeta koje bih želeo da slušam tokom boravka tamo. Lista predmeta sa šiframa može se naći na sajtovima fakulteta. Na Elektronskom fakultetu u Nišu studiram na smeru Mikroelektronika i elektronske komponente pa sam mogao da biram predmete sa dva fakulteta, FILS (Facultatea de Inginerie cu predare in limbi straine) i ETTI (Facultatea de Electronica, Telecomunicatii și Tehnologie). Zgrade dva fakulteta udaljene su 15 minuta hoda pa je bez problema moguće pratiti predavanja na oba pod uslovom da se ne preklapaju. Medjutim, samo na FILSu predavanja su na engleskom, francuskom ili nemačkom jeziku. Bez obzira na to što su profesori sa ETTI bili spremni da dostave materijal za učenje na engleskom jeziku i bili dostupni za svaki dogovor ipak sam se odlučio za ispite samo sa FILS-a. Spisak ispita koji se slušaju, i koji se popunjavaju na learning agreement-u moguće je promeniti u prve dve nedelje predavanja, tako da ako student nije zadovoljan programom nekog predmeta može ga promeniti.

A. Predavanja

Uglavnom sva predavanja se održavaju usmeno, uz pomoć projektor. Za svaki kurs materijal postoji u elektronskom obliku i predavači ga rado podele sa vama. Iz samo jednog predmeta, Robotika i virtuelna realnost, profesor je insistirao da hvatamo beleške i ujedno su nam te beleške bile jedini materijal za učenje.



Slika 6. Predavanje u amfiteatru.

B. Vežbe

Iz samo jednog predmeta bilo je pravih računskih vežbi na kakve smo navikli. Iz ostalih to je svodilo na provodjenje dosta vremena u laboratorijama koje su odlično opremljene i u radu sa instrumentima ili aplikacijama relevantnim za taj predmet. Iako su na predavanjima svi studenti zajedno, na vežbama su podeljeni u grupe tako da u laboratorijama uopšte nema gužve, svaki student ima svoj računar ali ako želi može da ponese svoj laptop, onda dobija link za preuzimanje potrebnih alata za rad. Svaki rad u laboratorijama se ocenjuje i nosi veliki deo ocene. Bez obzira što je prisustvo predavanjima i razumevanje teorije neophodno za rad u laboratoriji, nije obavezno.

C. Ispiti

Tu su stvari malo drugačije nego što smo navikli. Bilo je ispita gde pod uslovom da ste bili redovni na predavanjima i računskim vežbama bilo je neophodno da se samo pojavite da bi prošli.

Bez obzira što je sistem ocenjivanja sličan kao kod nas, sa ocenama do 10, prolazak iz određenih predmeta se ostvaruje čak i sa ocenom 4.5. Ja sam uglavnom pohađao ispite gde je sistem ocenjivanja bio sličan kao kod nas, predavanja, vežbe ili projekat nose određeni deo ocene dok je za prolazak potrebno položiti ili test ili usmeno kod profesora.

IV. STRUČNA PRAKSA I POSAO

Prilikom popunjavanja learning agreement-a medju ispitima na sajtu nalazila se stručna praksa koja je nosila određeni broj bodova, međutim po dolasku u na Univerzitet rečeno mi je da ja kao student na razmeni ne mogu da učestvujem u tome pošto se stručna praksa održava posle završetka letnjeg semestra koji je ujedno i meni bio završni.

Kolege koje su tamo na redovnom studijama kažu da većina studenata bez problema nalazi posao u struci pošto je potraznja za IT stručnjacima i inženjerima elektronike velika.

V. ZAKLJUČAK

Dosta ljudi ima predrasude o Rumuniji i studiranju tamo, čak šta više i ja nisam znao šta da očekujem dok nisam otišao tamo, ali posle godinu dana tamo provedenih mislim da je odlazak bio pun pogodak. Druženje sa ljudima različitih nacionalnosti, učenje po sistemu malo drugačijem od našeg, na drugom jeziku i znanje koje sam stekao predstallaju za mene neprocenljivo iskustvo.

LITERATURA

- [1] <http://www.upb.ro/en/> - Oficijalni web sajt univerziteta u Bukureštu
- [2] <http://www.pmb.ro/> - Oficijalni web sajt Bukurešta
- [3] <http://ing.pub.ro/en/> - Web stranica Fakulteta
- [4] <http://www.esn.org/> - Internacionalna mreža za razmenu studenata (ERASMUS)
- [5] <http://www.mrtc.mdh.se/euroweb/> - EUROWEB stranica sa informacijama o stipendiji

Upravljanje multimedijalnim sistemom pomoću algoritma za detekciju lica na Raspberry PI arhitekturi u realnom vremenu

Nenad Petrović

Sadržaj – U ovom radu je prikazana realizacija (hardverska i softverska) sistema za multimedijalne projekcije čiji je rad kontrolisan algoritmom za detekciju lica u realnom vremenu, korišćenjem dva sinhronizovana Raspberry PI 2B single-board računara i CSI kamere. Računari su međusobno povezani preko GPIO pinova. Za detekciju lica se koristi implementacija Viola-Jones algoritma iz biblioteke OpenCV za programski jezik Python, a i protokol za sinhronizaciju računara je implementiran u programskom jeziku Python, korišćenjem GPIO biblioteke za rad sa pinovima.

I. UVOD

Poznato je da sistemi za prepoznavanje uzoraka u realnom vremenu, pogotovu na osnovu ulaza sa kamere, zahtevaju veliku procesorsku moć i brz odziv. Godinama su za takve primene korišćeni računari slični klasičnim PC računarima (varijante x86 arhitekture), koji su poprilično skupi i ne baš malih dimenzija. Međutim, u zadnjih 5 godina, računari zasnovani na ARM arhitekturi (u koje spadaju i savremeni pametni telefoni), doživljavaju značajnu evoluciju, tako da su performansama sve bliži konvencionalnim računarima. Osim toga, ovakvi računari dostižu sve manje dimenzije, i tržište polako počinju da preplavljaju takozvani single-board računari, koji kombinuju koncept razvojnih ploča sa konceptom multimedijalnih računara, a ujedno su minijaturih dimenzija i pristupačne cene. Raspberry PI je jedno od ovakvih rešenja, spada u pionire na ovom polju i ima kvalitetnu podršku zajednice. Zamišljen je da radi pod Linux-baziranim operativnim sistemima, a veliki broj biblioteka za prepoznavanje uzoraka je prilagođen za rad na ovoj platformi (sa akcentom na verzije biblioteke za programski jezik Python), što je bilo vrlo značajno u izboru hardverske arhitekture sistema.

Cilj ovog rada upravo je realizacija sistema za multimedijalne projekcije, koji je kontrolisan algoritmom za detekciju lica u realnom vremenu. Osim toga, težnja je projektovati jedan ovakav sistem koji je isplativ. Upravo je zbog toga razmatran Raspberry PI kao pristupačno rešenje, a pri tome poseduje sve što je neophodno za ovaj sistem.

II. PRINCIP RADA I REALIZACIJA SISTEMA

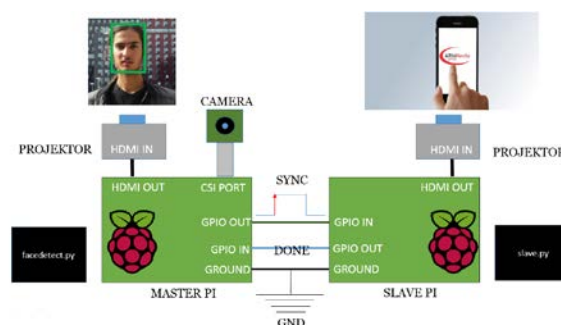
Sistem funkcioniše tako što jedan od računara (gospodar) detektuje lice osobe, a zatim pošalje

sinhronizacioni signal drugom računaru (slugi), koji, kada primi signal, reprodukuje video material. Istovremeno i gospodar reprodukuje video material. Dužine trajanja video materijala ne moraju biti jednake. U okviru protokola sinhronizacije pokriveni su slučajevi:

1. ista dužina video fajla na gospodaru i slugi
2. duži video fajl na gospodaru
3. duži video fajl na slugi

Sinhronizacija je takva, da oba računara reprodukuju video material istovremeno nakon detekcije lica, a ponovna detekcija lica je moguća tek nakon završetka dužeg video fajla.

Realizaciju ovog rada čine dve osnovne celine, a to su hardverski i softverski deo.



Slika 1. Ilustracija hardverske realizacije, načina povezivanja i rasporeda softverskih komponenti sistema

A. Hardverska realizacija sistema

Hardverski deo čine dva Raspberry PI single-board računara (model 2B), tri female-to-female kratkospojnika (ženski konektor na oba kraja) kojima se međusobno povezuju ovi računari preko GPIO pinova, jedna CSI kamera koja služi kao ulazni uređaj jednom od računara, na osnovu čijih se informacija iz spoljašnje sredine vrši detekcija lica. Raspberry PI računari su preko HDMI izlaza povezani na uređaj za prikazivanje sadržaja, kao što je projektor, monitor ili televizor. Jedan Raspberry ima ulogu gospodara koji inicira sinhronizaciju, jer poseduje kameru, a drugi ulogu slugu, jer se na njemu reprodukcija materijala inicira sinhronizacionim signalom, koji dobija od gospodara preko ulaznog GPIO pina.

Raspberry PI je single-board računar veličine kreditne kartice, pristupačne cene. Rapsberry Fondacija iz Engleske je njegov tvorac, i prvenstveno je osmišljen kao pomoćno sredstvo u edukaciji dece po pitanju nastave informatike. Međutim, vremenom je postao deo mnogih ugrađenih sistema, poput automata za video igre, kockarskih aparata, kućnih robota, pametnih domova itd. Model 2B poseduje quad-core ARM Cortex A7 processor takta 900 MHz, 1GB RAM memorije i hardverske dekodere za H264 video rezolucije 1920 x 1080, kao i HDMI izlaz, što su bitne karakteristike kada su multimedijalne primene u pitanju.

Jedna od najbitnijih karakteristika ove platforme jesu GPIO pinovi. Oni omogućavaju fizičko povezivanje sa uređajima iz spoljnog sveta, što daje veliki broj potencijalnih primena u raznim vrstama ugrađenih sistema, koji vrše obradu podataka prikupljenih iz spoljašnjosti i sinhronizaciju sa drugim uređajima (drugi Raspberry PI), po principu serijske komunikacije. Jedan pin može biti ulazni ili izlazni, a može se naći u stanju logičke jedinice ili nule [1]. Za povezivanje Raspberry PI računara, u ovom slučaju dva, korišćen je protokol koji koristi dva kratkospojnika, s tim da je još jedan kratkospojnik neophodan, da bi se pravilna zatvorilo električno kolo (veza preko ground pinova).

Osim toga, bitno je pomenuti da ovaj računar poseduje i CSI (Camera Serial Interface) port, na koji je moguće povezati digitalnu kameru visokih performansi, znatno većih od standardnih univerzalnih web kamera povezanih na USB port. Korišćenjem USB kamere nije moguće dobiti dovoljan odziv sistema (nizak frame rate), pa je korišćena specijalizovana kamera, namenjena isključivo za Raspberry PI, koja se povezuje na CSI port. U pitanju je Raspberry PI Camera (revizija 1.3), koja poseduje senzor rezolucije 5 megapiksela, a ima mogućnost da snima video u Full HD rezoluciji (1920x1080), sa 30 frejmova u sekundi. Glavna prednost ovakve kamere upravo proizilazi iz povezivanja, jer je CSI port znatno brži od USB 2.0 porta, jer poseduje brzinu prenosa podataka do 4Gbit/s.

Za prikazivanje multimedijalnih sadržaja, koristi se uređaj povezan preko HDMI (High Definition Media Interface) izlaza Raspberry PI računara. To može biti monitor, televizor, projektor ili neki drugi uređaj koji poseduje HDMI ulaz. U ovom slučaju korišćen je projektor.

B. Softverska realizacija sistema

Softverski deo čine dva Python programa, od kojih se jedan izvršava na gospodaru, a drugi na računaru koji ima ulogu slugu.

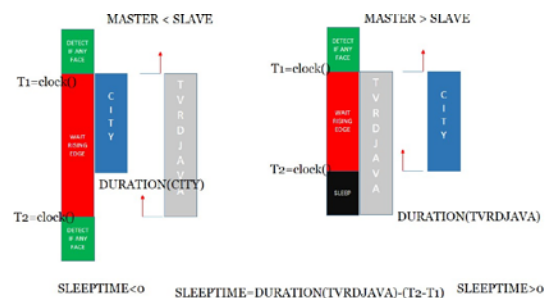
Na strani gospodara, izvršava se program koji vrši detekciju lica na osnovu ulaznog signala sa CSI kamere u realnom vremenu (koristi se implementacija Viola-Jones algoritma iz OpenCV biblioteke) i nakon uspešne detekcije lica šalje sinhronizacioni signal slugi (promena sa logičke nule na jedinicu) preko GPIO izlaznog pina, a posle toga

reprodukuje multimedijalni fajl (video sa mp4 ekstenzijom).

Na strani slugu, izvršava se program koji čeka sinhronizacioni signal, odnosno rastuću ivicu na GPIO ulaznog pina. Kada se detektuje sinhronizacioni signal, počinje reprodukcija video fajla.

U okviru protokola, rešen je i problem različitog trajanja video fajla na strani gospodara i na strani slugu, dodavanjem još jednog kratkospojnika, koji služi kao potvrda slugu da je završio reprodukciju video materijala, tako što na toj liniji, u slučaju da je na strani slugu duži video klip, menja stanje sa nule na jedinicu, što gospodar (koji nakon završetka reprodukcije svog video materijala) registruje kao rastuću ivicu, koju je čekao.

U nastavku će biti izveden protokol i data njegova implementacija u programskom jeziku Python.



Slika 2. Ilustracija situacije kada je duži video na slugi (levo) i na gospodaru (desno)

Recimo, imamo dva video klipa: jedan se zove tvrdjava.mp4, traje 38 sekundi i označen je na ilustraciji sivom bojom, a drugi se zove city.mp4, traje 30 sekundi i označen je plavom bojom.

Kao što je malopre navedeno, treći kratkospojnik služi da sluga obavesti gospodara da je završio reprodukciju video materijala. Kada imamo situaciju da je duži video ili video iste dužine na slugi, onda ovakva sinhronizacija radi besprekorno. Međutim, ako imamo situaciju da je kraći video materijal na strani slugu, dolazi do problema. Ako gospodar ponovo uđe u režim za detekciju lica, a još nije završio reprodukciju svog video materijala, dolazi do nepotrebnog rasipanja resursa. Zato je neophodno da se na neki način spreči detektovanje lica dok se video reprodukuje. To je ostvareno na sledeći način: process detekcije lica gospodara se uspava dok se na njemu ne završi rerprodukcija. Još jedan problem je izračunavanje dužine trajanja spavanja procesa detekcije na gospodaru. U nastavku je dat kod protokola.

```
#master
GPIO.setup(21,GPIO.OUT)
GPIO.setup(19,GPIO.IN,GPIO.PUD_DOWN)
for (x,y,w,h) in rects:
    from subprocess import Popen
    snd_bit(21,GPIO.HIGH)
    snd_bit(21,GPIO.LOW)
    omxp = Popen(['omxplayer', movie])
    t1=clock()
    GPIO.wait_for_edge(19,GPIO.RISING)
    t2=clock()
    dif=(t2-t1)
    tosleep=duration-dif
    if(tosleep>0):
        sleep(tosleep)
    sleep(3)
    rects= None
    ret, img = cam.read()

#slave
GPIO.setup(17,GPIO.IN,GPIO.PUD_DOWN)
GPIO.setup(19,GPIO.OUT)
def videoplay(channel):
    from subprocess import Popen
    omxp = Popen(['omxplayer', path])
    sleep(duration)
    snd_bit(19,GPIO.HIGH)
    snd_bit(19,GPIO.LOW)
    GPIO.add_event_detect(17,GPIO.RISING,
        callback=videoplay)
    while True:
        pass
```

Listing koda 1:

Kao što se može videti, gospodar beleži vreme (t1) nakon slanja sinhronizacionog signala preko izlaznog pina. Nakon toga, čeka rastuću ivicu kojom ga sluga obaveštava o završetku reprodukcije svog video materijala. Kao što je već rečeno, najzahtevniji je slučaj kada je duži video materijal na strani gospodara. U tom slučaju, gospodar prima signal pre završetka reprodukcije svog materijala. Međutim, odmah nakon toga beleži podatak o vremenu (t2). Vreme trajanja spavanja procesa se računa kao:

$$\text{sleeptime} = \text{duration} - \text{difference} \quad (1)$$

pri čemu je:

$$\text{difference} = \text{t2} - \text{t1} \quad (2)$$

dok je duration dužina trajanja video materijala na strani gospodara.

Informaciju o trajanju video klipa proces dobija od pomoćnog programa mediainfo, pri čemu se ovaj program poziva kao podproces, a njegov rezultat preuzima glavni proces, kao što je dato u Listingu koda 2. Listing koda 2:

```
def video_length(path):
    output = subprocess.check_output('mediainfo --Inform="Video;%Duration%" '+path, shell=True)
    return float(output)/1000.000
```

Mediainfo pronalazi i preuzima iz zaglavlja video fajla informaciju o trajanju u hiljaditim delovima sekunde. Zbog toga što sleep funkcija kao argument ima broj koji je zadat u sekundama, rezultat programa mediainfo se deli sa 1000, kao što se može videti u Listingu koda 2.

U slučaju da je sleeptime pozitivan, sleep će imati efekta, dok u slučaju da je sleeptime negativan (a to je u slučaju da je duži video na strani sluga) neće doći do izvršenja sleep funkcije.

U slučaju da je ista dužina video materijala, ova vrednost je 0, pa će se funkcija sleep pozvati sa argumentom 0 (ne dolazi do spavanja procesa).

III. PERFORMANSE SISTEMA I OGRANIČENJA

Kao što je u uvodu rečeno, ovaj sistem je zamišljen da radi u realnom vremenu, pa je broj obrađenih slika u sekundi (frame rate) pokazatelj performansi ovog sistema, po pitanju odziva. Za rad u realnom vremenu, uzima se kao prihvatljiva vrednost od 25 obrađenih slika u sekundi ili više. Generalno, što je veći broj obrađenih slika u sekundi, verovatnoća da neki događaj promakne je manja.

Jedan od parametara funkcije za detekciju lica iz biblioteke OpenCV je minSize [2]. To je broj koji predstavlja najmanju veličinu prozora koja se uzima u obzir prilikom ispitivanja da li je objekat sa slike lice ili nije. Što

je ovaj parameter veći, onda je odziv sistema bolji (veći frame rate), jer se slika obrađuje sa većim korakom.

Međutim, onda je preciznost detekcije lica na daljinu manja, jer se sitniji objekti ne mogu detektovati. Što je minSize veći, bolji je odziv sistema, ali je rastojanje sa kojeg se lice može detektovati manje. Zbog toga se i maksimalno rastojanje sa kojeg se može detektovati lice uzima kao još jedan pokazatelj performansi. Zavisnost navedenih parametara performansi (frame rate i maksimalno rastojanje sa kojeg se može detektovati lice) data je u Tabeli 1.

TABELA I

ZAVISNOST PERFORMANSI SISTEMA OD PARAMETRA MINSIZE

minSize	Trajanje jednog frejma [ms]	Framerate [fps]	Maksimalno rastojanje [cm]
(100,100)	35	25.000	40
(90,90)	60	16.667	100
(80,80)	65	15.384	120
(70,70)	120	8.333	145
(60,60)	125	8.000	155
(50,50)	235	4.255	175

Na osnovu podataka iz tabele se može zaključiti da je sistem upotrebljiv za rad u realnom vremenu za manja rastojanja, dok je za veća rastojanja velika verovatnoća da će događaj da promakne. Međutim, sistem je moguće koristiti i u ovom slučaju u realnom vremenu, što najviše zavisi od ciljane primene. Recimo, za multimedijalne sprave koje projektuju video prezentaciju nakon detekcije lica, ovo nije veliki problem, jer se očekuje da osoba stane ispred projekcione sprave, čija kamera će detektovati lice i da se zadrži ispred ove sprave neko vreme, koje će sigurno biti reda veličine sekunde. U suštini, promenom parametra minSize, ovaj sistem se može prilagoditi za različite primene, kao što su bankomati, kapije "pametnih" kuća itd.

Promena svetla i rotacija objekta utiču na kvalitet detekcije lica ovog sistema, kao što se moglo predvideti na osnovu načina rada sistema, ali i teoretske postavke algoritma. Ovaj sistem ne bi mogao da funkcioniše u mračnim prostorijama, što predstavlja jedno od ograničenja, jer se koristi kamera kao ulazni uređaj. Osim toga, Viola-Jones algoritam za detekciju lica ne izlazi na kraj sa rotacijama objekata [3], tako da se nameće ograničenje da lice osobe može biti detektovano samo ako je pozicionirano uzdužno u odnosu na vidno polje kamere.

IV. ZAKLJUČAK

Realizacija sistema za reprodukciju multimedijalnih prezentacija kontrolisanog algoritmom za detekciju lica u realnom vremenu na Raspberry PI arhitekturi, pokazuje soldine performanse uz upotrebu specijalizovane CSI kamere.

Odziv sistema je veći kada su ciljana rastojanja lica u odnosu na kameru manja, dok je za detekciju lica sa većeg rastojanja odziv sistema manji. Ograničenja

funkcionisanja sistema proizilaze iz same teorijske postavke Viola-Jones algoritma za detekciju lica, koji u svom izvornom obliku ne izlazi na kraj sa rotacijom objekata, osim toga, s obzirom da se koristi kamera kao ulazni uređaj, neophodno je osvetljenje da bi sistem mogao da bude upotrebljiv.

Raspberry PI je perspektivna i isplativa platforma za realizaciju jednog ovakvog sistema, ali i druge slične sisteme, koji koriste kontrolu zasnovanu na algoritmima za prepoznavanje uzoraka iz spoljašnjeg sveta u realnom vremenu, i očekuje se da povoljna single-board rešenja u ovakvim primenama zamene konvencionalne personalne računare.

ZAHVALNICA

Istraživanja su izvršena prilikom izrade završnog rada autora na osnovnim studijama Elektronskog fakulteta (smer

Računarstvo i informatika). Autor se zahvaljuje svim nastavnicima i saradnicima Katedre za računarstvo, a posebno profesoru dr Radomiru Stankoviću i asistentu dr Dušanu Gajiću na stručnim savetima, sugestijama i podršci.

LITERATURA

- [1]An introduction to GPIO and physical computing on the Raspberry Pi, [On Line]. Dostupno na:
<https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio/>
- [2] Face Detection Using Haar Cascades, [On Line]. Dostupno na:
http://docs.opencv.org/master/d7/d8b/tutorial_py_face_detection.html
- [3]Viola, P., Jones, M., „*Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features*”, in Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on (Volume:1) *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp 511-518, Cambridge, MA, USA, December 2001.

Realizacija uređaja za detekciju LPG gasa korišćenjem senzora MQ-2

Nikola Petković

Sadržaj –U ovom radu je opisana funkcija senzora za gas koji u realnom vremenu detektuje curenje gasa u automobilu, domaćinstvu ili nekom servisu (garaža). Korišćenjem senzora za detekciju gasa MQ-2 šalje se signal sistemu koji prilikom registrovanja curenja gasa daje alarmne zvučne signale i uključuje mere predostrožnosti (ventilacione sisteme).

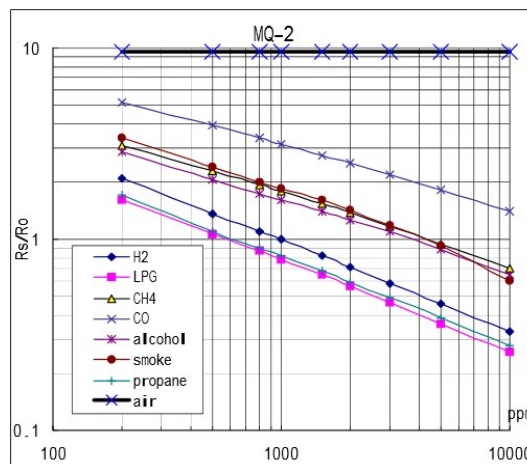
I. UVOD

Ljudi imaju potrebu za informacijom o koncentraciji opasnih-zapaljivih gasova kako bi na osnovu iste preduzeli određene mere predostrožnosti. Na tržištu postoje mnogi urđjaji za detekciju, prevenciju i odklanjanje gasova. Sami uređaji variraju u složenosti i pouzdanosti. Uređj koji se obrađuje u radu je jednostavni detector gasa koji radi pomoću senzora MQ-2 i prateće električne logike. Tng je bezbojan, veoma zapaljiv i eksplozivan gas. Pošto je 1,9x teži od vazduha zadržava se na najnižim mestima, sa kojih svojim prisustvom istiskuje kiseonik, zato je ovaj uređaj našo primenu u auto servisu za ugradnju sistema na alternativna goriva.

II. OPIS SISTEMA

Kao i svaki električni uređjaj ovaj i ovaj uređj mora da ima stabilan izvor napajanja pa se pre preko adaptera napon iz mrež smanjuje na 12 voliti dc, ispravlja i dovodi na ulaz naponskog regulatora 7805 koji daje konstantnih 5V dc. Ovih 5V zaduženo je za napajanje ostatka kola neuključujući ventilator koji je preko releja povezan na mrežni napon. sam sensor daje analogni i digitalni tip signala u ovom slucaju korišćen je analogni snignal koji u zavisnosti od koncentracije gasa na izlazu daje određene naponske nivoe koj se mogu utvrditi na osnovu proračuna sa slike 1. Sam signa se upoređuje na komparator napona sa referentnim naponskoim nivom koji određuje tačnu koncentraciju gasa. Ukoliko je napon na senzoru veći od referentnog na izlazu dobijamo signal pobude. Zatim se taj naponski signal preko otpornika konvertuje u strujni signal i dovodi na bazu bipolarnog tranzistora 2N3055 koji ima funkciju prekidača. Na izlazu emitorskog kola postavljeni su svetlosni i zvučni indikatori kao i releji koji je zadužen za uključivanje ventilatora u slucaju detektovanja podešene referente koncentracije gasa.

Nikola Petković je student na modulu Elektronske komponente i mikrosistemi, Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu, Aleksandra Medvedeva, 18000 Niš, Srbija



Slika 1. Detektovanje gasova.

Na grafikonu na slici 1 data dete su krive očitavanja gasova ovakvim tipom senzora. Vrednosti koje su ovde predstavljene njihove vrednosti izražene su u PPM (parts per million). Kako se mogu uočiti minimalna očitavanja krive koja za TNG inosi 200 ppm, a maksimalana očitavanja idu do 10000 ppm.



Slika 2. Izgled senzora.

Automat za garažno svetlo

Stefan Samardžić

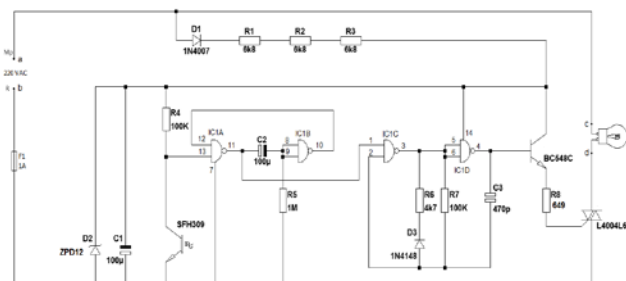
Sadržaj – U ovom radu prikazano je projektovanje automata za garažno svetlo.

I. UVOD

U ovom radu opisan je automat za garažno svetlo. Zamislamo situaciju: dolazimo kući, uvozimo automobil u garažu, isključujemo farove automobila i nalazimo se u potpunom mraku. Takva situacija se može prevazići korišćenjem elektronskog uređaja koji pomoću foto tranzistora registruje farove automobila i automatski uključuje garažno osvetljenje. Osvetljenje ostaje uključeno oko jednog minuta što je sasvim dovoljno vreme da vozač izađe iz automobila i napusti garažu. Uređaj se smešta u plastičnu kutiju i postavlja na zid garaže u visini farova automobila.

II. PROJEKTOVANJE AUTOMATA ZA GARAŽNO SVETLO

Principijalna električna šema automata za garažno svetlo prikazana je na slici 1. Ova šema predstavlja sklop analogne i digitalne mikroelektronike kao i laserske elektronike i sastoji se iz napajanja, senzora, monovibratora, generatora impulsa kao i dela za uključivanje osvetljenja.

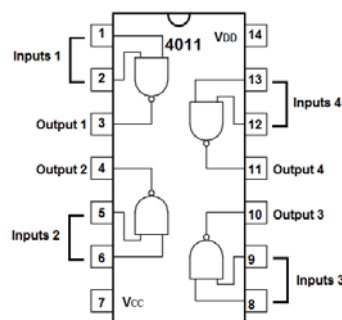


Slika 1. El. šema automata za garažno svetlo.

IC1, CD4011 [1] je integrisano kolo koje u sebi sadrži četiri NI (NAND) kola koja su iskorišćena u bloku monovibratora i generatora impulsa.

Integrisano kolo CD4011 smešteno je u DIP14 pakovanju, sa dvanaest pinova NI kola i pinovima V_{DD} i V_{CC} . Raspored pinova integrisanog kola CD4011 dat je na slici 2.

Stefan Samardžić je diplomirani inženjer na modulu EKM, Katedra za mikroelektroniku, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 13, 1800 Niš, Srbija, E-mail: kgstefan@elfak.rs



Slika 2. Raspored pinova integrisanog kola CD4011.

A. Blokovi uređaja

Uređaj se priključuje na 220V efektivne vrednosti mrežnog naizmeničnog napona, ali za rad komponenti unutar samog uređaja potreban je jednosmerni napon. Mrežni naizmenični napon ispravlja se diodom D1, a zatim preko otpornika R1. R2 i R3 vodi na zener diodu D2 (12V) i filtrira elektrolitskim kondenzatorom C1.

U kolektorskom kolu fototranzistora [2], otpornik R4 je dimenzionisan tako da potencijal na pinu 13 integrisanog kola CD4011 bude visok u odsustvu pobudnog svetlosnog signala. Pri direktnom osvetljavanju fototranzistora dovoljno jakim svetlom kolektorska struja se povećava, tako da se potencijal na pinu 13 NI kola IC1A smanjuje i prelazi na nizak logički nivo.

Logička kola IC1A i IC1B zajedno sa C2 i R5 čine monovibrator čiji pobudni signal predstavlja nizak potencijal na pinu 13 IC1A, koji prouzrokuje visok potencijal na pinu 11 IC1A. Pomoću C2, R5 i IC1B omogućeno je samoodržanje za vreme od oko jednog minuta (vreme samoodržanja podešava se sa C2 i R5).

Na osnovu sledeće jednačine može se izračunati vreme samoodržanja:

$$t = \ln(2) \cdot R_5 \cdot C_2 \quad (1)$$

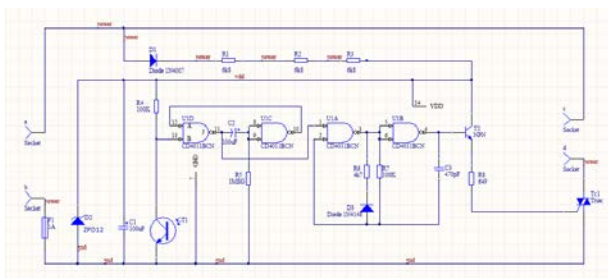
Generator pobudnih impulsa realizovan sa IC1C, IC1D, D3, C3 kao i R6, R7, je blokiran sve dok je pin 1 na niskom logičkom nivou. Da bi se generator pobudnih impulsa odblokirao neophodno je da na pinu 1 logičkog kola IC1C imamo visok potencijal, odnosno da se monostabilni multivibrator pobudi padom napona na pinu 13 usled osvetljenja fototranzistora.

Uključivanje garažnog osvetljenja realizovano je pomoću bipolarnog tranzistora (BC548), otpornika R8 i trijaka (L4004L6). Struja emitora bipolarnog tranzistora se

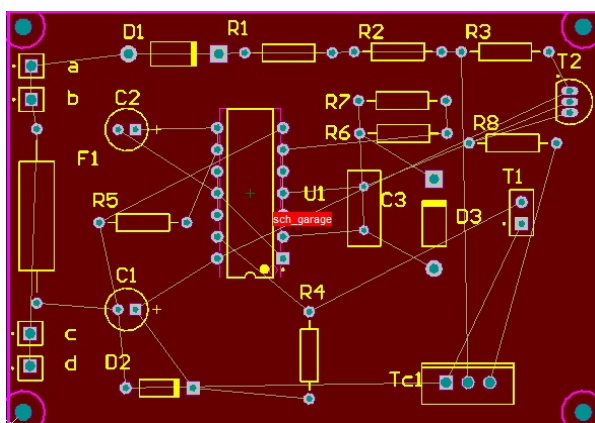
preko otpornika R8 prosleđuje na gejt trijaka L4004L6, čiji je direktni blokirajući napon 400V na terminalima i čija je struja aktiviranja 5mA [3]. Zatim se preko trijaka uključuje priključeni izvor svetlosti.

B. Projektovanje štampane ploče uređaja

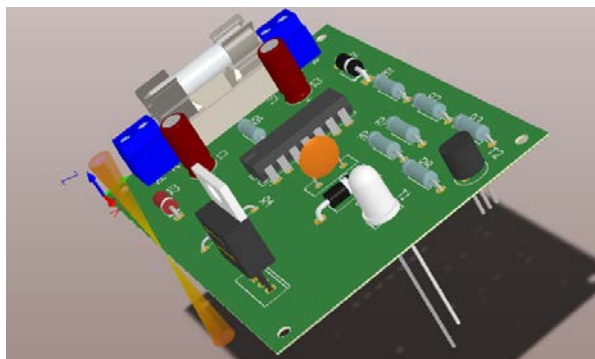
Projekat za štampanu ploču urađen je u softverskom paketu Altium Designer [4]. Korišćene su komponente iz standardne biblioteke kao i komponente preuzete sa interneta [5]. 3D modeli komponenti preuzeti su sa interneta. Korišćenjem komande Auto Route sve komponente su međusobno povezane. Šema je prikazana na slici 3, a layout štampane ploče na slici 4, 3D prikaz dat je na slici 5.



Slika 3. Šema realizovanog uređaja u Altium Designer-u.



Slika 4. PCB layout projektovanog uređaja.



Slika 5. 3D prikaz štampane ploče uređaja.

Spisak komponenti neophodnih za realizaciju uređaja:

R_1, R_2, R_3	6.8K Ω
R_4, R_7	100K Ω
R_5	1M Ω
R_6	4.7K Ω
R_8	649K Ω
C_1, C_2	100 μ F/16V
C_3	470pF
D_1	1N4007
D_2	ZPD12
D_3	1N4148
IC1	CD4011
Tc1	L4004L6
T_1	SFH309
T_2	BC548
Osigurač 5x20mm	1 kom.
Nosač osigurača	2 kom.
Priključna klema	2 kom.
Kutija	1 kom.
Odstojnik	1 kom.

III. ZAKLJUČAK

Primena ovog uređaja olakšava svakodnevni život, a osim što se može koristiti za kontrolu garažnog osvetljenja, njegova funkcija se vrlo lako može proširiti. Mogućnosti za nadogradnju su velike, od korišćenja drugih komponenti za realizaciju uređaja do proširenja funkcija koje uređaj može da obavlja.

ZAHVALNICA

Ovaj projekat realizovan je kao završni rad, na modulu Elektronske komponente i mikrosistemi. Autor se zahvaljuje dr Vesni Paunović i dr Danijelu Dankoviću na stručnoj pomoći i sugestijama u izradi ovog rada.

LITERATURA

- [1]<http://www.fairchildsemi.com/datasheets/CD/CD4011BC.pdf>
- [2]S.Ristić, Elektronske komponente, Predavanja, Elektronski fakultet u Nišu, 2011
- [3]<http://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/472/L4004L6.php>
- [4] D. Danković, Projektovanje štampanih ploča, Prateći materijal za predavanja i vežbe.
Dostupno na: http://mikroelektronika.elfak.ni.ac.rs/lit_sr.php
- [5]3D model komponenti.
Preuzeto sa: <http://www.3dcontentcentral.com/>

Estimation of Response Constraints in Testability and Tolerance Design with Singular Spectrum Analysis and Modified Nodal Analysis

Miljan Petrović

Abstract – Circuit design comprises multiple engineering techniques responsible for providing significant level of device reliability. Such techniques include DFT (Design for Testability), DFM (Design for Manufacturability), tolerance design, etc. The aim of this paper is to elaborate on a novel approach to finding circuit response constraints which can further be used in both tolerance design and circuit testing. The approach relies on two powerful algorithms, SSA (Singular Spectrum Analysis) and MNA (Modified Nodal Analysis). The method was implemented in MATLAB[®] software environment and its usage and efficiency was demonstrated on a high-pass analog filter realization with operational amplifier.

I. INTRODUCTION

Nowadays, much attention can be focused to economic aspect of the engineering process. The aim is usually to design circuits with wide-tolerance components since tight tolerance means high cost [1]. In addition, testing within system-level design requires more time than any other design step [2]. Hence, there is a need for a robust way to access circuit properties in order to check its appropriateness for set engineering goals.

The method presented in this paper gives output circuit response constraints for a given netlist. These constraints can be further used as input for several algorithms. Tolerance design methods aim to find components tolerances so that the output relies inside the region of acceptability [3]. Approaches used for this are mathematically demanding and complex [4]-[5]. The method proposed in this paper gives an approximation of response constraints used for region of acceptability calculation. Even though any work conditions have not been taken in consideration, calculated tolerances remain valid because of interpretation of SVD (Singular Value Decomposition) and SSA (Singular Spectrum Analysis) algorithms as denoising methods. Also, testing techniques for analog circuits are usually specification-driven and require considerable amount of time [6]. They are based on recognizing defects by observing output response. For this we need a valid response range which can stand for „healthy” circuits. Comprising SSA and MNA (Modified

Nodal Analysis [4]) leads to calculation of the range as a relative error from nominal value.

This paper is structured as following. First, the algorithm for calculating response constraints is described. Then, its usage is exemplified on a high-pass filter structure, with some information given on how the method was implemented in MATLAB. Finally, conclusion includes suggestions for further work.

II. ALGORITHM DESCRIPTION

The algorithm presented consists of four major steps:

1. *MNA*
2. *SSAs*
3. *Noise estimation*
4. *Tolerance calculation*

The first step is standardized modified nodal analysis of the given circuit [4], [7]. The analysis produces matrix of circuit elements contributions and solves the system of equations written in matrix form

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{z}, \quad (1)$$

where $\mathbf{A}$ is the matrix of contributions, $\mathbf{x}$ is the vector of unknown node voltages and branch currents (equations variables), and $\mathbf{z}$ is the vector of known voltage and current sources. As a result of the first step only the $\mathbf{A}$ matrix is taken, whereas solving the system is not necessary.

Next, an operation almost identical to singular spectrum analysis is performed. The only difference is that there is no embedding [8]-[9]. This is because there is no original one-dimensional signal. Matrix $\mathbf{A}$ is considered as the embedded two-dimensional transform of a fictional signal. After performing the analysis looking for the number of components which is equal to the number of columns of $\mathbf{A}$ (and number of rows, since the matrix is square), and consequent summation of the resulting components, a fictional one-dimensional signal s of length N is derived,

$$N = 2m - 1, \quad (2)$$

Miljan Petrović is with the Department of Electronics and microprocessor technology, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: miljanpet93@gmail.com

where matrix $\mathbf{A}$ is of size $m \times m$. The equation (2) can be derived from rules of embedding [8]. Consequently, the first two steps of SSA are performed on the signal s , and those are embedding to matrix of the same size as $\mathbf{A}$, and singular value decomposition of it. Decomposition produces orthonormal basis vectors and singular values.

$$\mathbf{M} = \mathbf{U}\mathbf{\Sigma}\mathbf{V}^* \quad (3)$$

The principle of SVD is shown in (3). $\mathbf{M}$ is the decomposing matrix, $\mathbf{U}$ and $\mathbf{V}^*$ matrices whose columns represent basis vectors, and $\mathbf{\Sigma}$ is a diagonal matrix with real non-zero values called singular values. Vectors $\mathbf{U}$ and $\mathbf{V}^*$ are not of importance for the next step: only singular values are used. (This is not true for the first part of the second step where basis vectors are used in principal component extraction in SVD during calculation of s .)

Singular values are ordered in descending way and each one corresponds to a fictional principal component of s , and also to a two-dimensional matrix it is derived from by Hankelization step of SSA [8]-[10]. These matrices are considered to be principal components of $\mathbf{A}$. (However, these matrices usually can not be converted back to a certain circuit topology since their entries do not follow the rules of matrix contributions of each circuit element [4].) There are numerous methods to estimate which of extracted components are random noise or computational error and which are significant components. Some of them are white noisiness testing, minimum description length (MDL), Akaike information criterion (AIC), etc [11]. Most widely accepted one is MDL presented in [12], e.g. used on EEG signals in [13].

MDL algorithm gives a number of non-noise signal components found in all the extracted SSA components. In the example of high-pass filter in this paper, matrix $\mathbf{A}$ of size 6×6 is used and consequently, 6 SSA components are derived, which is too small for MDL to make sense (it tells that only one – the first – component is significant and that could produce the result of up to 70% response tolerance, which is inconsistent with common engineering practice). This is why in this case a simplified version of noise estimate is applied. Components that have contributions (ratio of its corresponding singular value and the sum of all singular values) less than 0.01 (1%) are considered as computational noise (simulation error). All the components with greater contribution represent significant components.

A question emerges on why not using singular values derived from SVD of $\mathbf{A}$ matrix and thus avoiding half of the second step. Through the process of the proposed algorithm design, singular values of $\mathbf{A}$ were checked and appeared to have strange features. Namely, several consequent values corresponding to significant components differ with very low order of magnitude. This is not usual for non-noise signal components. Hence, the second part of the algorithm transforms $\mathbf{A}$ matrix into a matrix $\mathbf{M}$ (embedding transform of s) suitable for SVD, which would

produce sound singular values for the next step of the algorithm.

The final step is calculating the tolerance, i.e. the response constraints out of singular values. Contributions are already calculated in order to differentiate computational noise from signal. Now, from all the significant components, contributions that are less than 0.1 (10%) are summed, thus the final result T is calculated,

$$T = \sum_{0.1 \geq c_i \geq 0.01} c_i, \quad (4)$$

where c_i stands for the contribution of the i -th SSA component. If there are no components that satisfy the condition for summation, the smallest non-noise component contribution is taken as T . The calculated sum is the final result of our algorithm and can be used as output tolerance for a certain node voltage or some other circuit parameter, e.g. 3 dB cutoff frequency as in high-pass filter. Also, while testing the circuit if it is observed that the test variable differs from nominal value with more than T as relative error, it can be concluded that the circuit in test has a defect.

III. APPLICATION TO HIGH-PASS FILTER

A. Circuit Description

Usage of the proposed algorithm is exemplified on a second order high-pass analog filter circuit shown in Fig. 1. The realization is the structure with operational amplifier (with unit gain because of the direct negative feedback) with positive feedback called Sallen-Key topology [14]. V_{in} and V_{out} stand for input and output voltages.

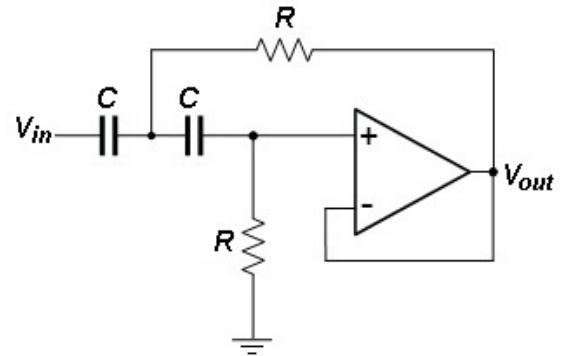


Fig. 1. Schematic of second order high-pass analog circuit with operational amplifier with positive feedback.

Considering the circuit topology it can be derived that the 3dB cutoff frequency f_c is

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}, \quad (5)$$

where R and C are values of the resistors and capacitors, respectively. This is circuit's only relevant output since operational amplifier is seen as ideal, and passive circuit elements only affect the value of f_c . Modified nodal analysis was performed in AC domain so that the frequency response can be examined. The values of R and C are 10 k Ω and 220 nF, respectively, and according to (5) the cutoff frequency (nominal in the sense of tolerance design and testing) is $f_c = 72.3432$ Hz.

B. Implementation of the Algorithm

Described algorithm was implemented in MATLAB® R2013b. Some efforts have been made on the problem of converting netlist to MNA matrix [15]-[16], and the tool chosen in this paper is called SCAM (Symbolic Circuit Analysis in Matlab [17]). It was downloaded and modified with specific code for SSA and additional calculations.

The script can only recognize resistors, capacitors, inductors, voltage and current sources and ideal operational amplifiers. In the case of high-pass filter in Fig. 1, $\mathbf{A}$ matrix of size 6 x 6 is derived. Since AC analysis is performed, an AC voltage source is placed on V_{in} , so 6 variables are node voltages in operation amplifier pins, node voltage between the two capacitors, node voltage at V_{in} , current through the input source, and output current of the operational amplifier. The input netlist is following,

```
O1 2 1 1
R1 1 3 10000
R2 0 2 10000
C1 3 2 0.00000022
C2 4 3 0.00000022
V1 4 0 1
```

where the only differences from SPICE notation are incompatibility with prefixes, e.g. we had to write 0.00000022 instead of 220n, and the character marking operational amplifier is O instead of X , which is actually a character for any subcircuit in general.

Before following the steps of the method, working frequency was set so that symbolic variables would be eliminated from $\mathbf{A}$. Naturally, 72.3432 Hz was taken.

C. Results

After running the algorithm calculated response constraints are 17.24% of the nominal value, which means cutoff frequency should remain in range 59.8712 Hz to 84.8152 Hz.

For better visualization of the method the constraints for wider frequency ranges were found, from 1 Hz to 1 kHz displayed in Fig. 2, and from 1 Hz to 1 MHz in Fig. 3. It can be concluded that in lower range the tolerance does not deviate considerably (from 17.18% to 17.24%), but it does in wider frequency range.

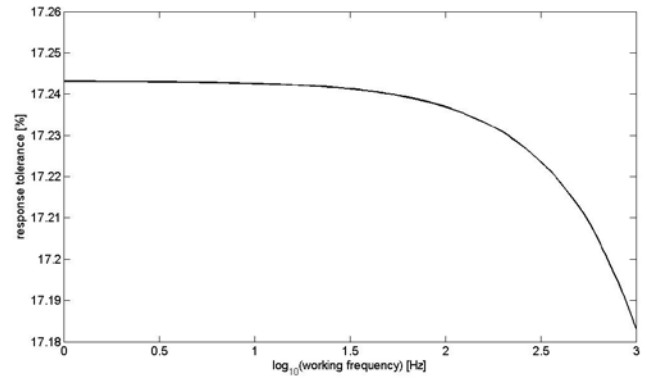


Fig. 2. Response constraints for frequency range from 1 Hz to 1 kHz in semi-logarithmic plot.

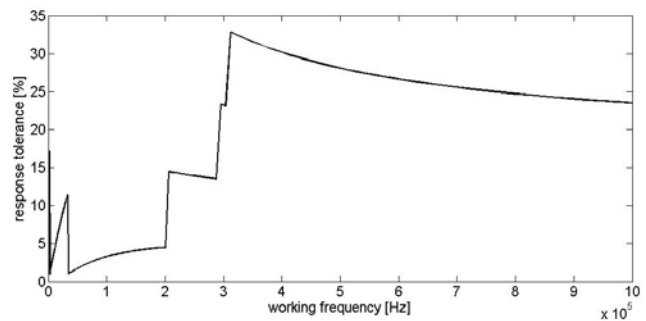


Fig. 3. Response constraints for frequency range from 1 Hz to 1 MHz in linear plot.

It can be seen from Fig. 3 that the tolerance varies from 1.01% to 32.85%, and has higher values as working frequency gets more distant from the nominal cutoff frequency. This can be explained by circuit sensitivities and the fact that passive elements set the cutoff frequency, but with less intensity affect other points of the amplitude and phase characteristic, which can be proven and visualized with a simple Monte Carlo analysis.

IV. CONCLUSION

A novel approach to response constraints calculation that relies on well accepted mathematical methods of SSA and MNA has been presented. Further study should deal with more complex circuits with greater number of nodes and variables so that reliable techniques of noise estimation can be applied.

Example of high-pass filter shown in this paper illustrates the application of the algorithm on finding the limits of cutoff frequency. However, the same circuit can be used in searching for defects inside the operational amplifier. This would require using a detailed model for the amplifier and also modifying the script for netlist-to-matrix conversion so that other components could be interpreted, such as controlled sources, transistors, etc.

REFERENCES

- [1] D. M. Anderson, *Design for Manufacturability: How to Use Concurrent Engineering to Rapidly Develop Low-Cost, High-Quality Products for Lean Production*, Productivity Press, Taylor & Francis Group, New York, NY, 2014.
- [2] S. Mourad, *Principles of Testing Electronic Systems*, Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2000.
- [3] O. V. Abramov, D. A. Nazarov, "Regions of Acceptability Approximation in Reliability Design", *Reliability: Theory & Applications*, 2012, vol. 7, pp. 43-49.
- [4] V. Litovski, *Projektovanje elektronskih kola*, DIGP – Nova Jugoslavija, Nis, 2000.
- [5] S. W. Foo, Y. Lin, "Hybrid method of tolerance design", in *Proc. 6th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems ICECS 1999*, Singapore, 1999, pp. 557-560.
- [6] H. Albustani, "Modeling Methods for Testability Analysis of Analog Integrated Circuits Based on Pole-Zero Analysis", Doktor-Ingenieur Dissertation zur Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Universität Duisburg-Essen, 2004.
- [7] C. W. Ho, A. E. Ruehli, and P. A. Brennan, "The Modified Nodal Approach to Network Analysis", *IEEE Trans. Circuits and Systems*, vol. 22, pp. 504-509, 1975.
- [8] H. Hassani, "Singular Spectrum Analysis: Methodology and Comparison", *Journal of Data Science*, 2007, vol. 5, pp. 239-257.
- [9] N. K. Myung, "Singular Spectrum Analysis", Master of Science in Statistics Thesis, University of California, Los Angeles, 2009.
- [10] R. Mahmoudvand, and M. Zokaei, "On the singular values of the Hankel matrix with application in singular spectrum analysis", *Chilean Journal of Statistics*, 2012, vol. 3, pp. 43-56.
- [11] M. H. Hayes, *Statistical Digital Signal Processing and Modeling*, John Wiley & Sons, New York, 1996.
- [12] R. Vetter, N. Virag, J.-M. Vesin, P. Celka, and U. Scherrer, "Observer of Autonomic Cardiac Outflow Based on Blind Source Separation of ECG Parameters", *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, vol. 47, pp. 578-582, 2000.
- [13] P. Celka, and P. Colditz, "A Computer-Aided Detection of EEG Seizures in Infants: A Singular-Spectrum Approach and Performance Comparison", *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, vol. 49, pp. 455-462, 2002.
- [14] V. S. Stojanovic, *Analogna elektronika*, DIGP – Prosveta, Nis, 1994.
- [15] O. Lahiouel, H. Aridhi, M. H. Zaki, and S. Tahar, "A Tool for Modeling and Analysis of Electronic Circuits and Systems", Concordia University, Montreal, Canada, Tech. Rep. TMAAC-TR12, Oct. 2011.
- [16] Z. Erdel, L. A. Disco, L. Neamt, and O. Chiver, "Symbolic equation using Modified Nodal Analysis for linear electrical circuit using Matlab", in *Proc. 4th European Computing Conference ECC 2010*, Romania, 2010, pp. 73-75.
- [17] E. Cheever, *SCAM Documentation*, www.swarthmore.edu/NatSci/echeeve1/Ref/mna/MNA1.html
- [18] MATLAB® R2013b, www.mathworks.com

Arduino daljinski upravljač

Marko Nikolić, Aleksandar Rajić, Ivica Stanimirović, Milan Sindelić

Sadržaj – U ovom radu biće opisan sistem daljinskog upravljača za upravljanje RC uređajima, realizovan korišćenjem savremenih hardverskih i softverskih komponenti i tehnologija, kao što su Qt razvojno okruženje i Arduino razvojna platforma. Cilj projekta je proširenje originalnog sistema uvođenjem računara i kreiranje univerzalnog upravljača, kao i dodavanje novih funkcionalnosti i poboljšanje karakteristika sistema.

I. UVOD

Uređaji na daljinsko upravljanje vrlo su popularni, zbog svojih karakteristika, koje vrlo često omogućavaju izuzetno složene manevre. Svaki ovakav proizvod sadrži sopstveni kontroler, koji je u zavisnosti od tipa, često vrlo precizan, ali takođe poseduje ograničeni skup funkcionalnosti. Projekat *Arduino daljinski upravljač* prevazilazi navedena ograničenja i u sistem uvodi nove funkcionalnosti.

Korišćene su dobro poznate tehnologije, kao što su Arduino razvojna platforma [1] i savremeni programski jezici C++ u Qt [2] razvojnom okruženju i dijalekt programskog jezika C za mikrokontrolere u razvojnom okruženju Arduino IDE. Svaka od komponenata sistema biće detaljnije objašnjena u nastavku ovog rada.

Sekcija II ovog rada odnosi se na opis problema koji je rešavan u ovom projektu. Sekcija III opisuje Arduino razvojnu platformu, dok sekcija IV opisuje električno kolo upravljača, kreirano korišćenjem mikrokontrolera i ostalih hardverskih komponenti.

Sekcije V i VI odnose se na softverski deo sistema i opisuju program, koji se izvršava na mikrokontroleru i desktop aplikaciju, koja je u direktnom kontaktu sa korisnikom. Sekcije VII i VIII opisuju helikopter, korišćen u projektu i komunikaciju između komponenti sistema, respektivno.

Na kraju, u zaključku, dati su eksperimentalni rezultati sistema, kao i poređenje sa originalnim sistemom.

II. OPIS PROBLEMA

Projektovani sistem treba da zameni originalni upravljač, uvodeći nove komponente i funkcionalnosti. Dodatna komponenta u odnosu na originalan sistem je računar. U skladu sa time, kreirana je aplikacija, koja predstavlja interfejs ka sistemu i poseduje intuitivan i jednostavan dizajn, prilagođen početnicima. Između računara i mikrokontrolera uspostavljena je jednosmerna serijska komunikacija, u smeru od računara ka mikrokontroleru. Zadržana je komunikacija infra-crvenim

Marko Nikolić, Aleksandar Rajić, Ivica Stanimirović, Milan Sindelić su studenti na modulu Računarstvo i informatika, Elektronski fakultet Niš, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Srbija.

signalom između mikrokontrolera i helikoptera.

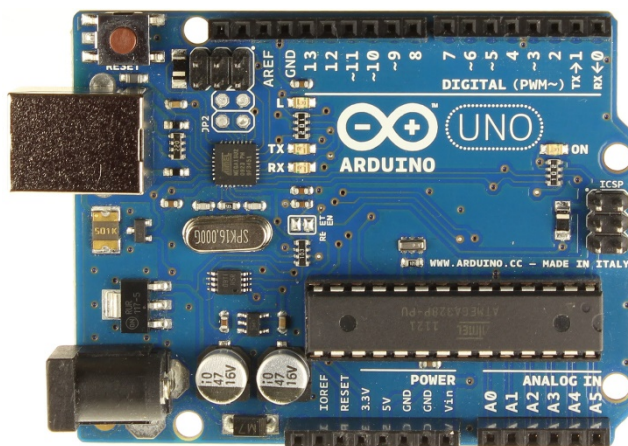
Za realizaciju projekta korišćen je model RC helikoptera SYMA S107G[3], koji dolazi u paketu sa fabričkim upravljačem. Originalni sistem ima sledeće karakteristike:

- vreme leta helikoptera je 8 minuta,
- neophodan je neprekidan vizuelni kontakt kontrolera i infra-crvenog prijemnika na helikopteru,
- komande se prenose infra-crvenim signalom,
- komandni signal ima do metar 6 - 8 metara,
- može se koristiti samo u zatvorenim prostorijama, zbog interferencije komandnog signala sa sunčevom svetlošću i uticaja vetra na stabilnost helikoptera.

Kao razvojna platforma korišćen je Arduino Uno, zbog svoje jednostavnosti, ali istovremeno dovoljno velike procesorske moći, kao i dobre prateće dokumentacije. Za kompletiranje električnog kola kontrolera korišćene su visokonaponske infra-crvene diode GaAlAs TSAL6200 [4], kao i otpornici otpornosti 50 Ω .

III. ARDUINO RAZVOJNA PLATFORMA

Arduino predstavlja razvojni sistem otvorenog koda zasnovan na 8-bitnom Atmel AVR ili 32-bitnom Atmel ARM mikroprocesoru. Arduino Uno zasniva se na Atmelovom ATmega328 mikrokontroleru. Poseduje 14 digitalnih ulazno-izlaznih pinova, 6 analognih pinova i 8 specijalnih pinova, od kojih možemo izdvojiti naponske regulatore vrednosti 5V i 3,3V i GND. Takođe poseduje i USB port, AC/DC džek, keramički rezonator na 16 MHz i reset dugme. Osim eksternog napajanja može se napajati i preko USB porta. Napajanje neophodno za funkcionisanje mora biti u granicama između 7V i maksimalnih 20V.



Slika 1. Arduino Uno.

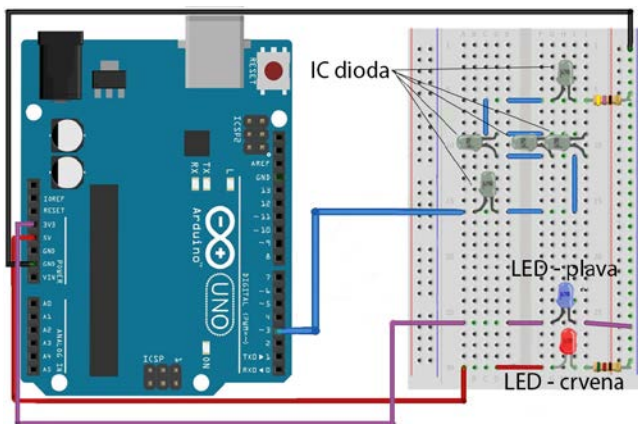
Softversko razvojno okruženje Arduino IDE je potpuno besplatno, otvorenog je koda i može se preuzeti za Mac OS X, Windows i Linux operativni sistem.

U okviru projekta Arduino daljinski upravljač mikrokontroler ima nekoliko različitih uloga:

- prijem i interpretacija komandi sa računara,
- formiranje komandnih digitalnih signala,
- slanje komandnih signala IC prijemniku preko IC dioda.

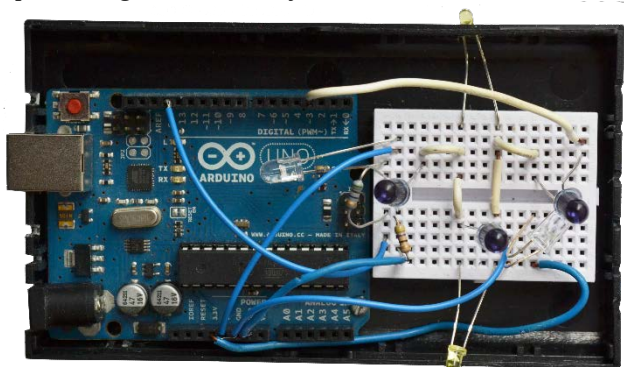
IV. ELEKTRIČNO KOLO UPRAVLJAČA

Osnova sistema predstavlja mikrokontroler Arduino Uno, na čije pinove su povezane dodatne komponente. Sprega infra-crvenih dioda GaAlAs TSAL6200 povezana je na izlazni digitalni pin sa rednim brojem 3 i preko njih se emituju komandni signali. Ostatak električnog kola, koje čine crvena i plava LED dioda, čine pozadinsko osvetljenje. Na slici 2 predstavljeno je električno kolo upravljača.



Slika 2. Električna šema.

Na slici 3 prikazan je konačan izgled upravljača upakovanog u zaštitnu kutiju.



Slika 3. Daljinski upravljač.

V. ARDUINO PROGRAM

Program koji se izvršava na mikrokontroleru, napisan je na mikro C-u, dijalektu programskog jezika C, korišćenjem razvojnog okruženja Arduino IDE [5] [6].

Za prijem i obradu informacija poslatih kroz serijski port napisali smo Arduino program, koji se zasniva na TimerOne biblioteci. Ova biblioteka se koristi za konfigurisanje i rad sa jednim od tri ugrađena tajmera. U našem slučaju radili smo sa 16-bitnim tajmerom, koristeći ga za slanje komandi helikopteru u regularnim vremenskim intervalima, na svakih 180 ms. Tajmeru je registrovana funkcija timerISR(), koja poziva odgovarajuće funkcije za obradu poslatih podataka. Funkcija readFromSerial(), čita bajt podataka sa serijskog porta i smešta ih u globalnu promenljivu Command. U zavisnosti od sadržaja promenljive Command, funkcije UpdateThrottle(), UpdateFwdBack() i UpdateLeftRight() ažuriraju vrednosti globalnih promenljivih Throttle, LeftRight i FwdBack. Ove promenljive se koriste za formiranje komande, koja se sastoji iz četiri bajta. Prvi bajt kontroliše rotaciju helikoptera oko svoje ose. Stacionarni položaj je na vrednosti 60, dok se ova vrednost sabira sa vrednošću promenljive LeftRight da bi se obezbedila rotacija. Drugi bajt kontroliše rad motora i zavisi samo od promenljive Throttle. Nula predstavlja isključen motor, dok 255 predstavlja maksimalnu rotaciju rotora. Treći bajt kontroliše kretanje helikoptera napred-nazad, pri čemu je stacionarni položaj na vrednosti 63. Ova vrednost se sabira sa vrednošću promenljive FwdBack, pri čemu vrednost 1 označava napred, dok 126 označava nazad. Konačno poslednji bajt sadrži kalibracione informacije i fiksiran je na vrednost 52. On obezbeđuje da se helikopter ne okreće nekontrolisano oko svoje ose, kada je aktivan motor bez drugih komandi. Konačno, kada su sve vrednosti globalnih promenljivih ažurirane šalje se komanda uz pomoć funkcije sendCommand(), koja kao argumente ima promenljive Throttle, LeftRight i FwdBack. Ova funkcija poziva funkciju sendHeader(), koja šalje zaglavlje signala, a zatim funkcije sendOne() i sendZero(), koje šalju digitalnu jedinicu, odnosno digitalnu nulu, na navedeni digitalni pin. Primer koda programa:

```
void sendCommand(int throttle, int leftRight, int forwardBackward)
{
    byte b;
    sendHeader();
    for (int i = 7; i >= 0; i--)
    {
        b = ((ROTATION_STATIONARY + leftRight) & (1 << i)) >> i;
        if (b > 0) sendOne(); else sendZero();
    }
    for (int i = 7; i >= 0; i--)
    {
        b = ((63 + forwardBackward) & (1 << i)) >> i;
        if (b > 0) sendOne(); else sendZero();
    }
    for (int i = 7; i >= 0; i--)
```

```

{
    b = (throttle & (1 << i)) >> i;
    if (b > 0) sendOne(); else sendZero();
}
for (int i = 7; i >=0; i--)
{
    b = (CAL_BYTE & (1 << i)) >> i;
    if (b > 0) sendOne(); else sendZero();
}
}

void setup()
{
    pinMode(IR_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(IR_PIN, LOW);
    Serial.begin(9600);
    //postavljanje interrupt intervala: 180ms
    Timer1.initialize(DURATION);
    Timer1.attachInterrupt(timerISR);
    //postavljanje PWM: f=38Khz PWM=0.5
    byte v = 8000 / 38;
    TCCR2A = _BV(WGM20);
    TCCR2B = _BV(WGM22) | _BV(CS20);
    OCR2A = v;
    OCR2B = v / 2;
}

void timerISR()
{
    readFromSerial();
    UpdateThrottle(komanda);
    UpdateLeftRight(komanda);
    UpdateFwdBack(komanda);
    sendCommand(Throttle, LeftRight, FwdBack);
}

void readFromSerial()
{
    if(Serial.available()>0)
    {
        komanda = Serial.read();
        ctr = true;
    }
    else
        ctr = false;
}

```

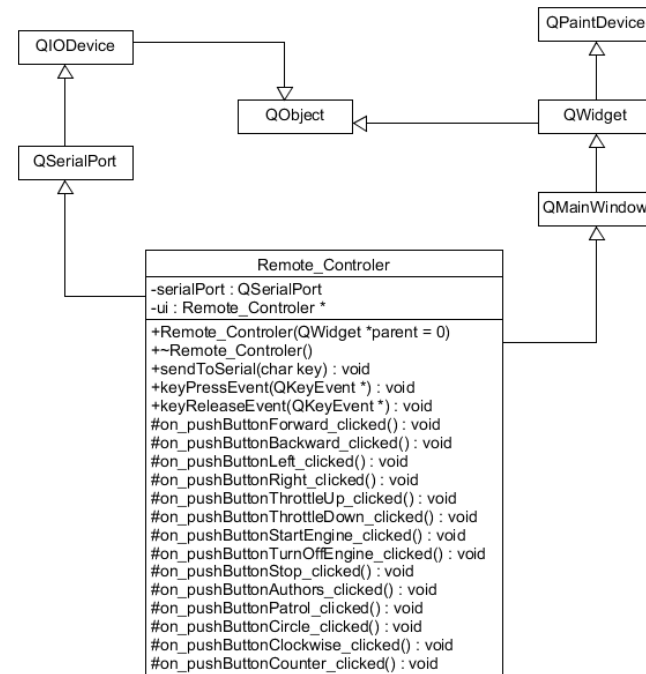
VI. DESKTOP APLIKACIJA UPRAVLJAČA

Desktop aplikacija razvijena je u razvojnom okruženju Qt kao QWidget aplikacija. Osnovna klasa je QMainWindow iz koje se izvodi klasa Remote_Controller, koja obezbeđuje funkcionalnost aplikacije. Sadrži četiri dugmeta, koja kontrolišu kretanje helikoptera napred-nazad i rotaciju oko svoje ose. Takođe sadrži četiri dugmeta koja kontrolišu rad motora. Stop dugme koristi se za prekid kretanja, ukoliko se ne koristi tastatura. Dugmeta „Patrol“, „Circle“, „Clockwise“ i „Counter clockwise“ koriste se za iniciranje kretanja po zadatim trajektorijama. „Patrol“ dugme inicira pravolinijsko kretanje, koje je praćeno rotacijama oko svoje ose, na kraju pravolinijske putanje. „Circle“ dugme inicira kružno kretanje, dok preostala dva dugmeta iniciraju rotaciju oko svoje ose bez translacionog kretanja, u smeru kazaljke na satu, odnosno u smeru suprotnom od smera kazaljke na satu. Dugme „Authors“

prikazuje detalje o autorima. Svakom dugmetu registrovana je slot funkcija on_pushButton_clicked(), koja se izvršava na svaki klik određenog dugmeta i koja šalje komandu. Pored toga podržano je i upravljanje preko tastature, uz pomoć funkcija keyPressEvent() i keyReleaseEvent(), koje registruju pritisnuti taster i šalju komandu. Komande se šalju pozivom funkcije sendToSerial(), koja komandu prosleđuje Arduino preko serijskog porta.



Slika 4. Desktop aplikacija.



Slika 5. Dijagram klasa.

VII. SYMA S107G

Helikopter koji smo koristili pri izradi ovog projekta je SYMA S107G i na njemu je baziran ceo projekat tj. na njegovom upravljanju.



Slika 6. SYMA S107G.

U osnovi helikoptera su 3 motora, infra-crveni prijemnik i žiroskop, koji se zajedno sa dodatnim elektronskim komponentama nalaze na matičnoj ploči. Sam helikopter je dizajniran tako da ima malu masu, da bude jednostavan za upravljanje i da ima što duže vreme letenja.

Svakako jedan od najvažnijih delova samog helikoptera jeste sistem motora koji ga pokreću. Taj sistem sadrži 3 motora. Jedan kontroliše kretanje po visini (gore i dole), drugi omogućava promenu pravca (levo i desno) i treći kontroliše kretanje napred-nazad. Dva glavna motora su trajno povezana na izvor napajanja i njihov rad se kontroliše preko dva tranzistora. Kada su isključeni njihov napon je 0V. Kada dođe do njihovog uključivanja napon se povećava do određene granice, koja je poznata kao VCC. Pri uspostavljanju tog napona uz pomoć otpornika se ograničava struja da ne bi došlo do probijanja gornje granice njene jačine. Mikrokontroleri helikoptera su iskorišćeni da na vrlo jednostavan i lak način iskontrolišu snage motora, preko tehnike koja se naziva prebacivanje (eng. switching). Ova tehnika se zasniva na brzom zameni motora tj. njihovo uključivanje i isključivanje se obavlja u malim vremenskim kvantovima. Motor koji kontroliše kretanje napred-nazad radi to pomoću H-Bridge kola i ovaj motor je poznat kao repni motor (eng. tail motor). Repni motor je, takođe, kontrolisan tehnikom zamene.



Slika 7. Izgled jednog od motora helikoptera.

A. Infra-crveni prijemnik i dekodir

Signal kojim se upravlja helikopterom je infra-crveni i šalje se uz pomoć IC dioda, koje se nalaze na upravljaču.

Te diode (ili samo jedna dovoljno jaka dioda) šalju niz svetlosnih impulsa do samog helikoptera. Te signale na helikopteru treba da primi neko i obradi ih. Taj posao obavljaju infra-crveni detektor i dekodir koji se nalaze na samoj ploči. Značenje impulsa se kodira u vremenu u odnosu na druge impulse. Ova tehnika komunikacije je slična onoj koja se uspostavlja između TV daljinskog upravljača i njegovog televizora. Ovaj helikopter ima infra-crveni detektor preko koga se vrši prijem signala. Taj signal se preko infra-crvenog dekodera prebacuje u električni signal koji pokazuje trenutnu situaciju vezanu za pravac kretanja, položaj helikoptera gledano po vertikalnoj osi i druge detalje. Za čitanje signala obrađenih ovim dekoderom potrebno je imati osciloskop ili logički analizator. Helikopter pruža mogućnost lakog upravljanja, čak iako se radi o početnicima. To mu omogućava postojanje nekoliko sistema za kontrolu stabilnosti i kretanja.

B. Kontrola stabilnosti

B1. Neelektronska stabilizacija - Koristi dve mehaničke karakteristike koje obezbeđuju stabilnost helikoptera bez uključivanja elektronske kontrole. Prvi način se naziva koaksijalni ili kontra-rotirajući rotori, a drugi nosi ime balans bar (eng. flybar). Helikopteri sa koaksijalnim, kontra-rotirajućim rotorima imaju dva slična seta rotora na istoj osovinu, koji rotiraju u suprotnim pravcima. Ovo pomaže u očuvanju helikoptera od uvijanja nastalog zbog dva glavna rotora. U klasičnim helikopterima repni motor radi ovaj posao. Balans bar je veoma koristan mehanički sistem koji koristi par malih tegova da odgovori na efekte vetra i turbulencije koji se javljaju u samom helikopteru. Ovaj princip pomaže umnogome stabilnosti pri promeni visine kretanja.

B2. Elektronska kontrola stabilnosti - Ova vrsta helikoptera ima i ovu kontrolu stabilnosti i na taj način je čini još više sigurnom pri letenju. Elektronska kontrola se obavlja uz pomoć uređaja, koji se naziva žiroskop. Ova kontrola daje sigurnost da helikopter neće slučajno i iznenadno menjati pravac i smer kretanja pri normalnom radu. Helikopter koristi povratne informacije od žiroskopa da prati i utvrdi trenutno kretanje. Ukoliko to kretanje nije izazvano upravljačem, onda on koristi glavne motore da se suprostavi tom kretanju. Informacije od žiroskopa predstavljaju količinu kretanja i izražavaju se u stepenima po sekundi. Žiroskop signal je običan analogni napon i lako se može izmeriti njegova vrednost.

C. Kontrole kretanja

SYMA S107G podržava kontrolu tri vrste kretanja, pa se može reći da ima tri stepena slobode ili tri kanala kontrole. Ta kretanja su: kretanje po vertikalnoj osi (gore-dole), po horizontalnoj osi (napred-nazad) i kretanje u jednu od strana (levo-desno) koje se može nazvati i rotaciono. Kretanje po vertikalnoj osi predstavlja ravnotežu

između gravitacione sile, koja vuče letelicu dole i kod ovog helikoptera, dva glavna motora koji rade protiv toga. Dok helikopteri u prirodnoj veličini koriste druge metode, dva glavna motora na SYMA S107G moraju raditi brže i teže da bi savladali gravitaciju i postigli veći potisak vazduha.

Kretanje po horizontalnoj osi je omogućeno preko repnog rotora. Repni rotor gura rep helikoptera nagore i tako izaziva promenu potiska i kretanje celog helikoptera napred. Pri prestanku guranja nagore helikopter se vraća u ravnotežni položaj. Za kretanje unazad repni rotor izaziva guranje repa nadole. Izazivanje skretanja kod ovog helikoptera radi se podešavanjem obrtnog momenta dva glavna motora. Pri pravom kretanju oni se nalaze u ravnoteži tj. suprotni su i jednaki. Da bi došlo do skretanja na jednu stranu potrebno je narušiti uspostavljenu ravnotežu smanjivanjem snage jednog od rotora. Posle toga rotor će isto biti suprotni, ali ne i jednaki. Ponovnim prilagođavanjem motora doći će do uspostavljanja ravnoteže ali sa novim pravcem kretanja.

VIII. KOMUNIKACIJA

Sistem za obradu signala i generisanje komandi se sastoji iz dve komponente, računar i mikrokontroler. Računar je povezan sa mikrokontrolerom i celokupnu komunikaciju obavlja preko USB-a. Na računaru se izvršava aplikacija, koja prihvata instrukcije korisnika i šalje ih preko serijskog porta. Mikrokontroler izvršava program za obradu primljenih signala i generisanje komandi i šalje ih helikopteru preko infra-crvenih dioda, povezanih na digitalni pin. Nema povratnih veza. Na slici 8 prikazana je komunikacija između komponenta sistema.



Slika 8. Sistem daljinskog upravljača.

U tabeli 1 prikazane su vrednosti komandi [7], koje mikrokontroler šalje helikopteru.

Od linije 01 do 04, menjana je pozicija potencijometra za potisak, dok je kontrola pravca ostavljena na sredini. Iz dekodirane talasne forme se jasno može videti da je jedini bajt koji se menja treći bajt i očigledno da je ova vrednost proporcionalna brzini rotora. Vrednost kontrole potiska ne počinje od nule iz praktičnih razloga (linija 13), jer samo viši opseg obrtaja može generisati dovoljan potisak za uzletanje.

U linijama 05 i 06, kontrola potiska je stavljena na 100%, dok je kontrola pravca iz potpuno leve pozicije premeštena u potpuno desnu poziciju. Ovo je rezultiralo promenom prvog bajta (od 106 do 8). Na osnovu ovog zaključujemo da 60 odgovara poziciji centra.

Linije 07 i 08 su rezultati pomeranja kontrole pravca iz potpuno leve pozicije u potpuno desnu poziciju, ostavljajući kontrolu potiska na 100%. Kao što se može

videti iz navedenih podataka, drugi bajt se pri tome menja od 1 do 126. Dakle, kontrole napred i nazad su kodirane u drugom bajtu.

Linije 09 do 12 su u osnovi ponavljanja linija 05 do 09, osim što je potisak postavljen na 0. Usled toga što se potencijometri koriste za sve kontrole, digitalizovane vrednosti se razlikuju od teorijskih vrednosti čak i kada su kontrole postavljene na iste pozicije svaki put.

Bajt koji nije do sada pomenut je poslednji. Ovaj bajt čuva informacije za kalibraciju i dobijene su na osnovu kalibracionog potencijometra na daljinskom upravljaču. Kalibracioni potencijometar se koristi da omogući lebdjenje helikoptera bez rotiranja, kada se primenjuje samo potisak. Kada je kalibracioni potencijometar okrenut u nekom pravcu helikopter će rotirati u tom pravcu bez korišćenja kontrole pravca. Kada se kalibraciono dugme okreće udesno broj u 4. bajtu će se povećavati, dok će se za okretanje ulevo smanjivati. Vrednost 52 predstavlja ravnotežni položaj.

TABELA 1.

VREDNOSTI KOMANDNIH SIGNALA

	Throttle	Direction	Binary	Dec(Hex)
01	~25%	Middle	00111100 00111111 10100111 00110100	60(3C) 63(3F) 167(A7) 52(34)
02	~50%	Middle	00111100 00111111 11001000 00110100	60(3C) 63(3F) 200(C8) 52(34)
03	~75%	Middle	00111100 00111111 11100110 00110100	60(3C) 63(3F) 230(E6) 52(34)
04	~100%	Middle	00111100 00111111 11111101 00110100	60(3C) 63(3F) 253(FD) 52(34)
05	100%	Left	01101010 00111111 11111101 00110100	106(6A) 63(3F) 253(FD) 52(34)
06	100%	Right	00001000 00111111 11111101 00110100	8(8) 63(3F) 253(FD) 52(34)
07	100%	Forward	01000000 00000001 11111101 00110100	64(40) 1(1) 253(FD) 52(34)
08	100%	Backward	00111100 01111110 11111111 00110100	60(3C) 126(7E) 255(FF) 52(34)
09	~0%	Left	01101010 00111111 10001101 00110100	106(6A) 63(3F) 141(8D) 52(34)
10	~0%	Right	00001000 00111111 10001101 00110100	8(8) 63(3F) 141(8D) 52(34)
11	~0%	Forward	01000000 00000001 10001101 00110100	64(40) 1(1) 141(8D) 52(34)
12	~0%	Backward	00111100 01111101 10010001 00110100	60(3C) 125(7D) 145(91) 52(34)

13	~0%	Middle	00111100 00111111 10001011 00110100	60(3C) 63(3F) 139(8B) 52(34)
----	-----	--------	--	---------------------------------------

Dakle svaka komanda sastoji se iz zaglavlja i četiri bajta koji kodiraju rotacioni pravac (levo / desno, napred / nazad pokrete, potisak, podaci o kalibrisanju).

IX. ZAKLJUČAK

Realizujući ovaj projekat primenili smo nekoliko različitih tehnika. Korišćenjem Qt razvojnog okruženja napisana je aplikacija za Windows platformu sa jednostavnim i intuitivnim interfejsom i program za Arduino mikrokontroler, koji predstavlja sponu između desktop aplikacije na jednom kraju i helikoptera na drugom. Po završetku projekta dobili smo sistem, koji je uporediv sa originalnim kontrolerom, sa sledećim karakteristikama:

- vreme leta iznosi 10 minuta,
- maksimalni domet je 8 - 10 metara,
- napajanje mikrokontrolera je 15 V,
- ugao polu intenziteta je +/- 17 stepeni,
- mogućnost kretanja po navedenim trajektorijama.

U odnosu na originalni kontroler, vreme leta i domet signala povećani su za 25%. Takođe omogućeno je autonomno kretanje helikoptera po unapred definisanim trajektorijama, što nije bio slučaj sa originalnim kontrolerom.

Kreirani sistem predstavlja dobru osnovu za dalja unapređenja i u budućnosti biće izvršena analiza mogućih rešenja, u smislu dometa, vremena leta i brzine odziva, sa ciljem optimizacije realizovanog rešenja.

ZAHVALNICA

Potreban materijal obezbedila je ciITlab laboratorija pri Elektronskom fakultetu. Posebnu zahvalnost želimo da izrazimo prof. dr Radomiru Stankoviću i dr Dušanu Gajiću, za permanentnu pomoć i podršku.

LITERATURA

- [1] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>, zvanična Arduino specifikacija, 2015.
- [2] <http://doc.qt.io/qt-4.8/>, zvanična Qt dokumentacija, 2015.
- [3] <http://hitoys.org/symatoys/i-copter.pdf>, korisničko uputstvo, Shantou Syma Toy Co. Ltd., 2015.
- [4] <http://www.vishay.com/docs/81010/tsal6200.pdf>, dokumentacija visokonaponske infra-crvene diode TSAL6200, 2015.
- [5] <https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>, zvanična Arduino dokumentacija, 2015.
- [6] John Baichtal, *Arduino for Beginners: Essential Skills Every Maker Needs*, Amazon, 2013.
- [7] <http://www.kerrywong.com/2012/08/27/reverse-engineering-the-syma-s107g-ir-protocol>, inverzni inženjering protokola za komunikaciju helikoptera SYMA S107G, 2012.

MathBee – HTML5 Canvas matematička video igra

Marko Vučković

Sadržaj – U ovom radu predstavljena je HTML5[1] Canvas matematička video igra edukativnog karaktera. U prvom delu teksta je opisana namena i korisnički interfejs aplikacije, dok je u nastavku teksta opisan način funkcionisanja i postupak kreiranja same aplikacije.

I. UVOD

Video igre su u današnje vreme veoma prisutne i predstavljaju jednu od svakodnevnih aktivnosti današnje dece. Međutim, istraživanje koje je sprovedla Susan Tortolero sa univerziteta u Teksasu je pokazalo da 90% današnjih video igara sadrži elemente nasilja i dijaloge neprikladnog sadržaja koji mogu negativno da utiču na razvoj deteta. Ova aplikacija je razvijena sa ciljem da se deci omogući da na zanimljiv i interaktivan način povećaju svoje matematičke i perceptivne sposobnosti.

Postoji mnogo video igara edukativnog karaktera, ali ova je specifična po tome što od igrača pored matematičkog znanja zahteva i izuzetno dobre sposobnosti opažanja (percepcije), jer dok igrač računa broj koji mu računar zada, istovremeno mora da izbegava prepreke i da prati druga dešavanja.

Igra je napravljena po ugledu na igru „Moj broj“ u televizijskom kvizu „Slagalica“, ali je mnogo dinamičnija.

II. OPIS IGRE I NAČIN BODOVANJA

MathBee je realizovana kao web aplikacija i njena prednost je u tome što joj se može pristupiti sa bilo kog računara povezanog na Internet bez obzira na to koji operativni sistem je prisutan na tom računaru. Aplikacija nije namenjena mobilnim uređajima jer zahteva korišćenje tastature.

Cilj igre je da igrač korišćenjem računarski generisanih brojeva i operacija sabiranja, oduzimanja, množenja i deljenja dobije broj koji se od njega traži, taj broj takođe generiše računar. Igra ima tri nivoa, svaki se od prethodnog razlikuje po težini (u svakom sledećem nivou igrač ima manje brojeva na raspolaganju), po raspoloživom vremenu (u prvom nivou igrač ima 90 sekundi, u drugom 75 i u trećem 60) i prepreke (u ovom slučaju su to bubamare, ose, leptiri) se kreću sve brže, tako da se od igrača zahteva da brže donosi odluke.

Ukoliko igrač dobije tačan broj, poeni će mu se uvećati za 250 i raspoloživo vreme će se uvećati za 20 sekundi, ukoliko je broj koji je igrač dobio u opsegu ± 1 u odnosu na traženi, poeni igrača će se uvećati za 200 i raspoloživo

vreme će se uvećati za 15 sekundi, ako je broj u opsegu ± 10 poeni će se uvećati za 120 i raspoloživo vreme će se uvećati za 7 sekundi. Takođe, igrač će brže preći na naredni nivo ukoliko više puta dobije tačan broj. Broj koji igrač dobije ne može biti negativan ili veći od 1000. Igrač ne može imati više od 99 sekundi raspoloživog vremena. U nastavku teksta biće opisan korisnički interfejs (UI) igre, kao i komande koje zadaje korisnik.

A. Korisnički interfejs (UI)

Glavni meni igre sadrži 4 opcije: Nova igra, uputstvo, i dve opcije za odabir jezika (srpski i engleski).



Slika 1. Glavni meni igre.



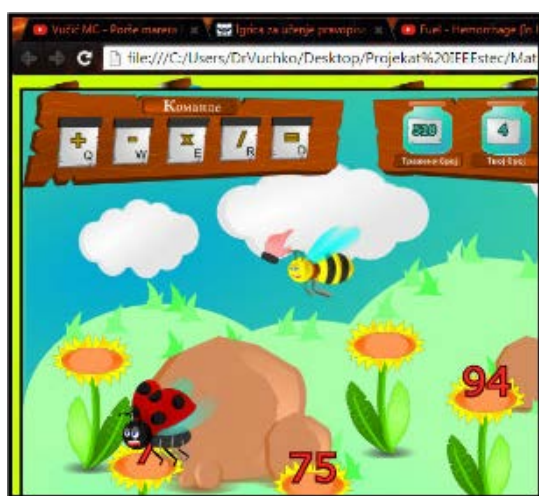
Slika 2. UI na Engleskom.

Marko Vučković je student druge godine na smeru Računarstvo i informatika na Elektronskom fakultetu u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14 18000 Niš, Srbija, E-mail: marvuchko@gmail.com

Pri pokretanju selektovani jezik je srpski, a ukoliko korisnik odabere engleski jezik, svi tekstualni elementi igre će promeniti svoj sadržaj na engleski. Nije predviđena mogućnost dodavanja nekog novog jezika u UI aplikacije.

B. Kontrole

Igrač računске operacije zadaje pomoću tastera na tastaturi. Tasterima Q, W, E, R se zadaju operacije +, -, *, /, a pritiskom na taster D ispituje se jednakost zadatog broja i trenutnog broja koji korisnik ima. Upravljanje pčelom se vrši pomoću miša, a broj se sa cveta selektuje klikom miša, pod uslovom da se pčela nalazi ispred tog broja. Moguće je selektovati više brojeva, ali će samo onaj koji je poslednji selektovan će biti iskorišćen za računsku operaciju. Ukoliko korisnik nađe traženi broj, nakon upoređivanja i računanja poena trenutni broj koji igrač ima postaje 0, pa prvi broj koji nakon toga bude selektovan postaje trenutni broj. Taster P pauzira igru.



Slika 3. Komande koje se zadaju sa tastature.



Slika 4. Drugi nivo igre.

III. IMPLEMENTACIJA

U ovom delu teksta detaljnije je opisan Canvas [2] element HTML5-a, animacija grafike i implementacija osluškivača i rukovodioca događaja za tastaturu i miša u samoj igri.

A. Canvas

Igra se izvršava na klijentskoj strani i skripte za igru su pisane u skriptnom jeziku JavaScript [3]. Za iscrtavanje grafike koristi se Canvas element HTML5-a. Ovaj element ne podržavaju svi web pretraživači tako da Internet Explorer 8 ili starije verzije ne mogu da pokrenu ovu igru. Igru je moguće pokrenuti na svim novijim web pretraživačima (Google Chrome, Opera, Mozilla Firefox, Microsoft Edge...), kao i na Internet Explorer-u 9 ili nekoj novijoj verziji istog.

Grafika za ovu igru je iscrtana u programu Inkscape [4]. Taj program omogućava rad sa vektorskom grafikom i prednost ovakvog načina iscrtavanja grafike je u tome što slike u vektorskom formatu mogu vrlo lako da se konvertuju u bit-mape odgovarajuće veličine, tako da se jedna slika može više puta upotrebiti u različitim veličinama, a kvalitet je približno jednak.

Da bi se pristupilo Canvas elementu, jedan od načina je dodeliti mu „id“. Pomoću JavaScript-a se može pristupiti Canvas elementu na osnovu „id-a“.

```
<body>
  <center>
    <canvas id="platno"></canvas>
  </center>
  <script type="text/javascript" src="
</body>
```

```
//Canvas
var canvas = document.getElementById("platno");
canvas.width = 640;
canvas.height = 640;
var ctx = canvas.getContext("2d");
```

Slika 5. Pristupanje Canvas-u na osnovu „id-a“.

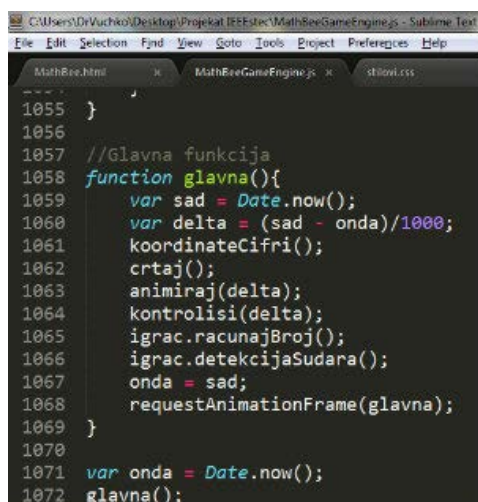
Kad se pristupi „2d context-u“ Canvas-a moguće je iscrtavati grafiku po njemu. Na slici 5. prikazan je primer pristupanja „2d context-u“. Objekat „ctx“ ima posebne metode kao što su : „fillText(text, x, y)“, „drawImage(image, x, y)“, itd. kojima se crta željeni sadržaj po Canvas-u.

B. Animacija grafike

Za animaciju grafike standardno se koriste dve funkcije. Jedna kojom se iscrtava grafika po Canvas-u i druga kojom se ažuriraju koordinate elemenata koji se crtaju po Canvas-u.

Te dve funkcije se pozivaju beskonačno mnogo puta (dokle god se skripta izvršava) da bi se postigao efekat animacije. Obično se izvrše 60 puta u sekundi (broj izvršenja zavisi od refresh rate-a displeja), ali u zavisnosti od performansi računara broj izvršenja može biti veći ili manji.

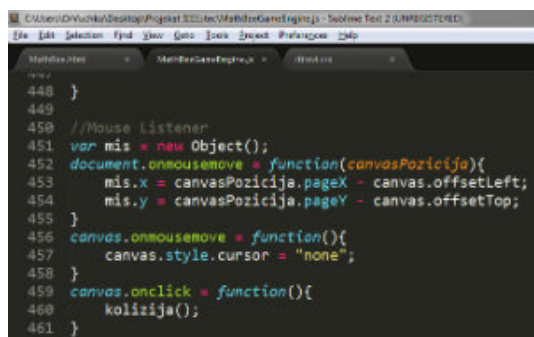
Sve ovo je moguće zahvaljujući funkciji „requestAnimationFrame(function(e){});“. Pozivanjem ove funkcije računar zna da treba da se izvrši animacija. Ovoj funkciji se kao parametar prosleđuje funkcija koja treba stalno da se izvršava i računar je izvršava čim se ukaže mogućnost za to.



Slika 6. Primer requestAnimationFrame funkcije.

C. Osluškiivač događaja za miša

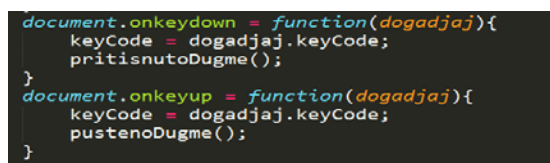
Pošto igrač mišem pomera pčelu po Canvas-u, od velike je važnosti znati u svakom trenutku x i y koordinate miša i u zavisnosti od položaja miša izvršavati određene naredbe. Pošto u JavaScript-u ne postoji funkcija (metod) kojim se računaju lokalne koordinate kursora miša u odnosu na Canvas neophodno je naći alternativno rešenje. Jedno od rešenja je prikazano na slici 7. Od koordinata miša u odnosu na koordinatni početak web strane se oduzima offsetTop i offsetLeft Canvas-a. Dobijene vrednosti predstavljaju lokalne koordinate miša u odnosu na Canvas.



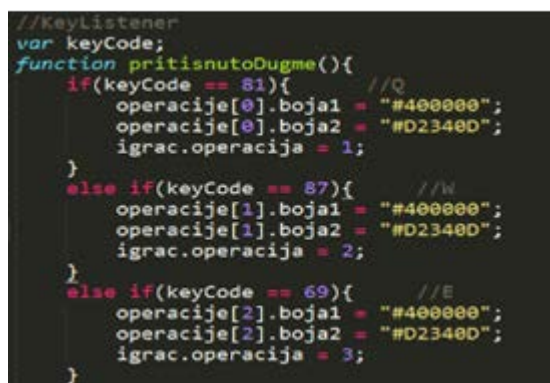
Slika 6. Primer requestAnimationFrame funkcije.

D. Rukovodilac događaja za tastaturu

Svaki taster na tastaturi je kodiran nekim brojem. Kada pritisnemo neki taster dok nam je web pretraživač aktivan, informacija o pritisnutom tasteru se čuva u event.keyCode. Npr. za taster Q kod je 81, za W je 87, za E je 69, itd. Korišćenjem dva event handler-a onkeydown i onkeyup može se realizovati rukovodilac događaja za tastaturu. Realizacija je prikazana na slikama 8 i 9.



Slika 8. Event handler-i onkeydown i onkeyup.



Slika 9. Primer osluškivača događaja za tastaturu.

IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana web aplikacija „MathBee“ kao i njena funkcionalnost i način realizacije. Aplikacija je namenjena korisnicima uzrasta od 7 do 15 godina, a za korisnike starije od 15 godina ova aplikacija je isključivo zabavnog karaktera. Zbog velike zastupljenosti video igara kao i zbog velikog interesovanja dece za video igre, neophodno ih je učiniti edukativnim. Ova aplikacija služi da decu na zabavan način zainteresuje za matematiku.

LITERATURA

- [1] Christopher Schmitt, Kyle Simpson, *HTML5 Cookbook*, O'Reilly Media 2011.
- [2] Steve Fulton, Jeff Fulton, *HTML5 Canvas*, O'Reilly Media 2011.
- [3] Jeremy McPeak, *JavaScript programming language*, Wiley 2011
- [4] Tutorijali za JavaScript, dostupno na <http://www.w3schools.com/js/>
- [5] Program za rad sa vektorskom grafikom, dostupno na <https://inkscape.org/en/>

Challenges in the design of RF power amplifiers for 40.68 MHz

Dušan Petrović

Abstract - The paper deals with the basic challenges that are related to the design of RF power amplifier at 40.68 MHz. The amplifier represents the output stage in the device for welding plastic tubes in blood separators. Firstly the mechanism of dielectric welding of materials is described together with the role of the RF generator in that process. Then the basic requirements that the generator should meet are set. The central part of the paper describes a design of RF generator based on MOS transistors. In order to find more efficient solution we have considered realization of power amplifier operating in Class E. Finally, simulations verified a design that provides more than 50 W on 50 Ω load with efficiency of over 80 %.

I. INTRODUCTION

For more than a half of century, medical devices are using welded plastic tubes for sealing bags that storage samples of bodily fluids. These devices operate on the following principle: The tube is exposed to high temperature for a certain amount of time which melts plastic; under a pressure tube walls joint together and prevent the flow of the liquid. Commonly, the heating is based on using RF signals. The power encountered in welding machines range from a few dozen to several hundred watts [1]. In this paper, we consider an RF generator that should provide output power of at least 50 W on 50 Ω load.

The second section will describe the principle of RF welding. Thereafter an overview and a short description of the main blocks in the device for welding plastic tubes will be presented. The fourth chapter deals with the design of the output amplifier of the RF generator. Simulations verified that the offered solution of the Class E amplifier provides required output power with efficiency better than 80 %.

II. RF WELDING

Temperature is a major parameter that turns one material in a liquid phase and thus provides the condition to carry out welding. The heating is caused by friction of molecules during their movements. One way to elicit the moving of molecules is getting them into the alternating electrical field.

Depending on the AC signal frequency there are several basic types of heating. The most commonly used are RF or HF heating, microwave heating and induction heating. Fig. 1 illustrates the frequency range for each of these types of heating [1].

D. Petrović is with the Department of Electronics, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: dusanpet90@gmail.com

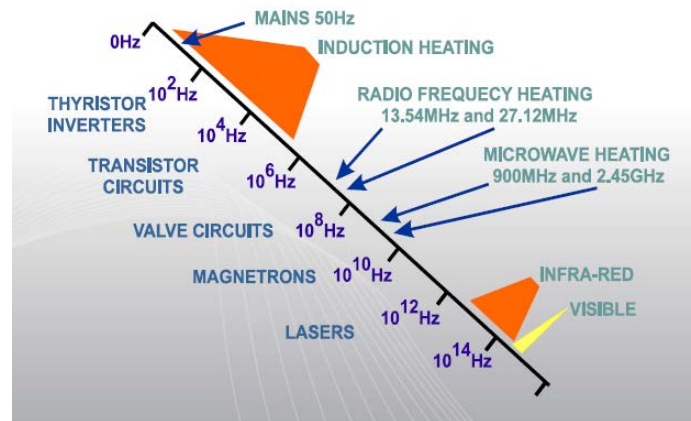


Fig. 1. Frequency ranges that are used for different types of heating materials, reprinted from [1].

RF signals ranged from 1 MHz to 200 MHz are suitable for heating of insulators and materials that are poor conductors, such as rubber, plastic and wood. To avoid interferences between different pieces of equipment, the allowed RF frequencies for application in medicine are 13.54 MHz, 27.12 MHz and 40.68 MHz.

When a dielectric is brought into alternating electric field, the heating process starts due to the friction of molecules within the material. The power that is converted into heat can be described with the following formula:

$$P = 0.555 * f * E^2 * \epsilon * (\tan \delta * 10^{-6}). \quad (1)$$

P - heat generated per unit of volume [W/cm³]

f - frequency of electromagnetic field [MHz]

E - electric field [V/m]

ϵ - dielectric constant of material [F/m]

$\tan \delta$ - tangent of the angle of losses [2].

According to (1) it is obvious that the material with higher losses or higher dielectric constant heats more. When the amount of generated heat is sufficient to cause melting of the material, then the principle of RF heating can be used for welding. Except the temperature the proper welding depends on time and pressure. The both should be appropriate to ensure that the heat stays in the material until reaching the melting point.

One of common application of RF energy in medicine is welding of plastic materials. Namely most of liquids needed in hospitals are stored in plastic bags (blood, blood derivate, infusion,). These bags end with plastic tubes that should be

sealed to preserve a sample of fluid. Commonly the sealing process should be finished in less than few seconds.

The following section describes a device for plastic tube sealing that is used in blood donation.

II. DEVICE FOR PLASTIC TUBE WELDING

Fig. 2 illustrates a block diagram of a device for plastic tubes welding.

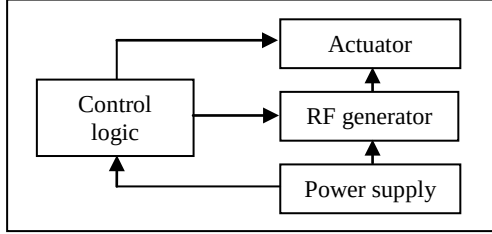


Fig. 1. Block diagram of the device for plastic tubes welding.

Basic blocks of the device are:

- RF generator
- Actuator (the welding unit)
- Control logic
- Power supply

RF generator is used to provide 40.68 MHz signal with stability better than ± 5 KHz that delivers 50 W to the welding unit. The control logic block manages the process of welding. The RF generator and control logic are powered from DC power supply.

The welding process occurs in the actuator. Namely it consists of two massive electrodes. One is fixed while the other is movable. Plastic tube is settled between them so acting as a capacitor. When the movable electrode press the tube RF signal applied to electrodes heats the plastic tube until it is welded.

In order to obtain the field sufficient to cause melting temperature it is necessary to provide high voltage on the electrodes. This is accomplished by using the property of serial resonant circuit to provide extremely high voltage between capacitor plates at resonant frequency. Therefore

an appropriate inductor is integral part of the actuator. Besides it consists of an electromagnet that attracts the movable electrode providing required pressure to the plastic tube.

III. RF GENERATOR

The role of the RF generator is to offer the proper signal capable to excite the actuator with sufficient output power. Therefore it consists of an oscillator, preamplifier, and power amplifier. The oscillator generates a sinewave at 40.68 MHz. The preamplifier increases the signal and prepares it for the output stage: power amplifier. The power amplifier provides desirable output power. In our case it is 50 W. In order to design sealing device that could be supplied from a battery it is very important to make it as efficient as possible. Fortunately, in our case the load is serial resonant circuit so that linearity is not the crucial issue. Therefore class C, D or E amplifiers seem to be good choice. In the particular case we started with a solution of the class C power amplifier presented in Fig. 3.

That is a classical solution based on push-pull configuration of two bipolar transistors Q1 and Q2. Being both the same polarity type they are excited with anti-phase signals via coupling transformer T1. The stimulus signals come from preamplifier which is not shown on the chart. Selective resonant circuit made of L1 and C4 in parallel to output capacitance of the transistor is set to the operating frequency of 40.68 MHz. Balun transformer T2 (with 6 composite coils) adjusts the output impedance of the amplifier to the impedance of the actuator. The actuator is modelled with serial resonant circuit LA-CA. Inductance LA is adjusted for resonance at 40.68 MHz with capacitance of electrodes CA. Additional adjustment of output impedance of the transformer and actuator was performed by Π filter that consists of L2, C7 and C8. The role of capacitors C5 and C6 is to decouple DC component from the actuator. This solution provides 50 W at 50 Ω load and operates with efficiency of less than 70 % when powered from 15 V DC.

Our goal is to replace bipolar with MOS transistors and to enhance efficiency of the output stage. Therefore in the following section we will describe the design of class E power amplifier.

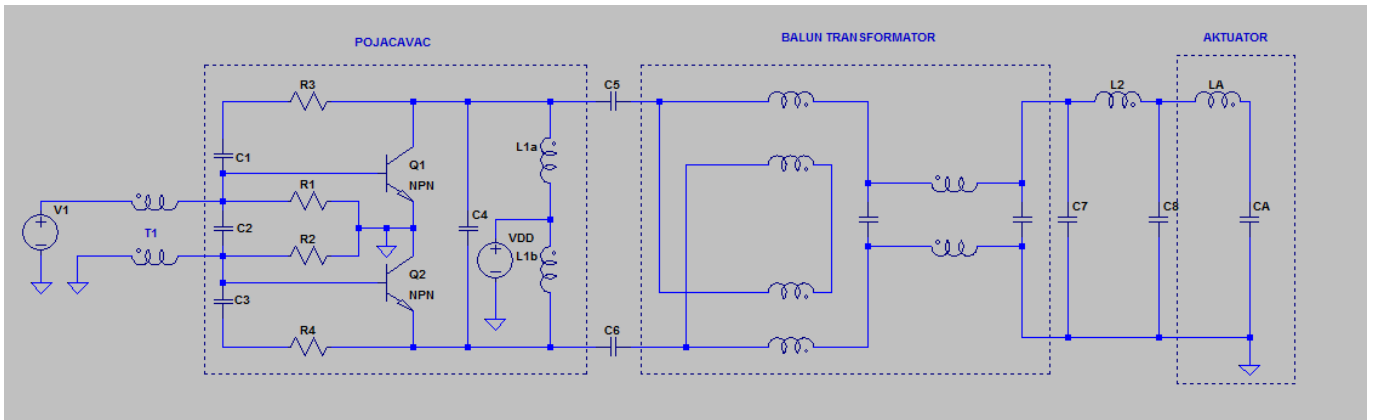


Fig. 3. Electrical scheme of output stage of RF generator.

IV. OUTPUT STAGE OF RF GENERATOR - CLASS E

Power amplifier operating in class E is characterized by a very high degree of efficiency [4]-[7]. In the ideal case, it is 100 %, while in the practical applications it can go up to 96%. Fig. 4 shows general schematics of a class E amplifier realized with a single transistor that works as a switch. Therefore its drain voltage switches from VDD to zero. The drain is loaded with a parallel capacitance C, and a resonant circuit made of LA=L+L0 in series with CA. The transistor is powered through the RF choke inductor LF. L0 and CA make the serial resonant circuit that is adjusted to the operating frequency. Due to the different circuit configuration when transistor is on and off, two equivalent circuits alternates for each half of the cycle. When the transistor is on, C is shorted and only LA in series with CA exists. During the other half-period transistor is off and C is added in series to LA and CA. Practically, transistor's parasitic output capacitance, CDS, is added to C. The inductance L is added to adjust for optimum operating regime. More details on how the amplifier in class E works can be found in [4, 5].

The goal is to achieve the highest possible efficiency (η). The efficiency is defined as the ratio of the output power (at the load) and the power provided through DC supply. The output power is defined as:

$$P_{OUT} = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_{OUT}^2}{R_A}, \quad (2)$$

where V_{OUT} denotes amplitude (peak) of the load voltage. The power from DC supply is:

$$P_{DD} = V_{DD} \cdot I_{DD}, \quad (3)$$

where V_{DD} and I_{DD} stands for DC power supply voltage and current, respectively. Accordingly, the efficiency is:

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{DD}} \cdot 100\%. \quad (4)$$

The values of CA and RA are predefined as well as the frequency. This restricts the possibilities of trading for efficiency. In order to meet design specifications we chose transistor LK701 as active device [3].

Other parameters of schematics in Fig. 4 are: supply voltage of $V_{DD} = 24$ V, and stimulus signal from the pulse generator V1 with amplitude 10 V and frequency 40.68 MHz. The result of simulation is shown in Fig. 5. The picture shows the waveforms of the output voltage V(Vout) and the drain voltage V(Vd). DC current through the power source is 450mA.

Accordingly, implementing (2), (3), (4) the output power, the DC supplied power and efficiency are: $P_{OUT} = 9$ W, $P_{DD} = 10.8$ W, and $\eta = 0.83$, respectively.

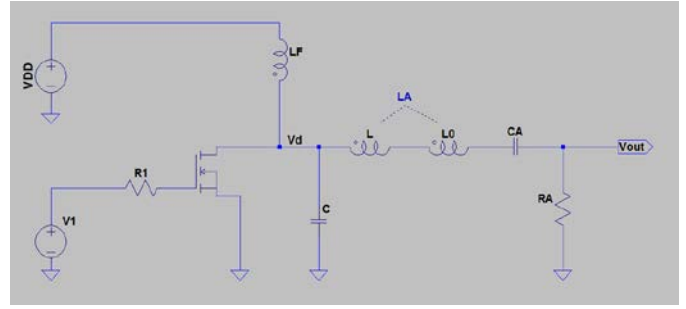


Fig. 4. Class E amplifier.

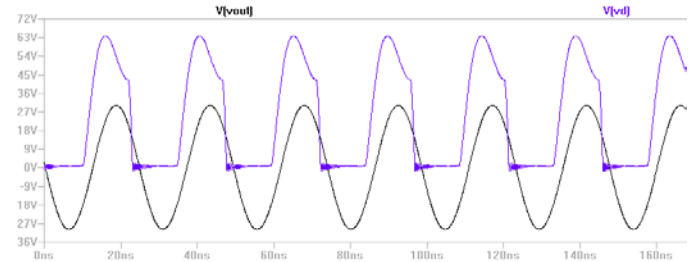


Fig. 5. Simulation results of class E amplifier.

Obviously the obtained values are far below desired specifications. Increasing the supply voltage in this case cannot be used for scaling up the power because it would lead to over ranged VDS voltage on drain. Increasing the output voltage is possible by inserting a transformer T as illustrated in Fig. 6. The transformer has two roles. The first is to generate larger output signal. Namely, the transmission ratio of 1:3 was used. The second is to match the impedances of the actuator and the primary circuit. Fig. 7 presents the simulation results.

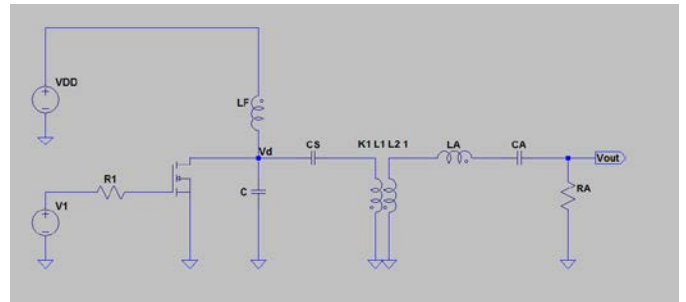


Fig. 6. Modified class E amplifier.

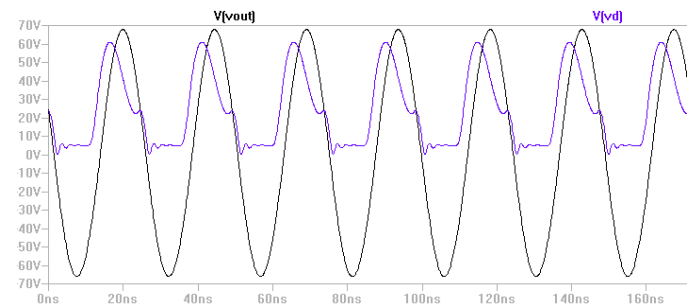


Fig. 7. Simulation results of modified class E amplifier from Fig. 6.

Efficiency of $\eta = 0.73$ is provided with the output power $POUT = 45$ W, supplying with $PDD = 61$ W. As expected, there is a decline of efficiency because of the finite transistor output resistance when it conducts maximum current. In order to diminish this effect we modified schematics by using two transistors connected in parallel as Fig. 8 illustrates. When talking about the optimization regarding the number of circuit components (and hence the price), it should be noted that LF choke can be removed by feeding transistor through the primary winding of transformer T when it is connected as in Fig. 8.

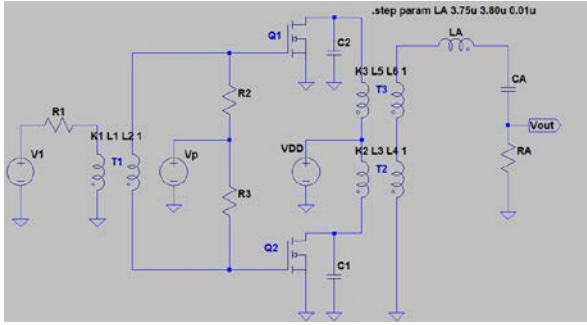


Fig. 8. Class E amplifier after second modification.

The output stage consists of two identical transistors Q1 and Q2. Transistors are excited with antiphase signals via transformer T1. DC voltage $V_p = 4$ V is used to bias MOS transistors through resistors R2 and R3. The amplifier is supplied from $V_{DD} = 24$ V. Output transformers T2 and T3 have independent cores and they are connected so that the signals in the secondary are summed up. Transmission ratio of the transformer is 1:1.41. Since the values of resistance RA, capacitance CA and the frequency of the input sine signal V1 are predefined, we can only adjust parameter LA to achieve the resonance of this circuit and thus get the maximum output voltage and therefore the highest output power. The inductance LA also affects the current through the source so it does not necessarily mean that the higher output power provides better efficiency. Therefore a parametric analysis is used with LA changed from $3.75 \mu\text{H}$ to $3.80 \mu\text{H}$. Table 1 shows the output voltage (VOUT), current through the source (IDD), output power (POUT), DC supply power (PDD), and the efficiency (η) for each value of LA.

TABLE I
EFFICIENCY REGARDING LA

LA (H)	VOUT (V)	IDD (A)	POUT (W)	PDD (W)	η (%)
3.75μ	73.0	2.87	53.29	68.88	77.00
3.76μ	72.5	2.80	52.56	67.20	78.20
3.77μ	72.0	2.74	51.84	65.76	78.80
3.78μ	71.5	2.66	51.12	63.84	80.07
3.79μ	71.0	2.59	50.41	62.16	81.09
3.80μ	70.0	2.51	49.00	60.24	81.30

As we can see, output power ($POUT = 53.29$ W) is the highest for $LA = 3.75 \mu\text{H}$. However, it is obvious that better

efficiency can be obtained for lower but still sufficient output power. Using $LA = 3.79 \mu\text{H}$ provides maximum efficiency of 81.09 % with $POUT = 50.41$ W which is just above the specified minimum of 50 W. The efficiency is lower than theoretical because the predefined impedance of actuator and the operating frequency do not make room for better optimisation.

V. CONCLUSION

This paper represents an attempt to design an optimal output level of the RF generator that provides a signal required for sealing the plastic tubes. The design is restricted with specified requirements imposed by physical processes related to welding of tubes. They define the operation frequency of 40.68 MHz, and output power of 50 W at 50 $\square$ load.

Two solutions of Class E output stage has been considered. The single MOS transistor configuration provides at most 10W, with efficiency of 83 %. The improved solution utilises two transistors operating in push-pull configuration provided output power of 50.46 W with efficiency of 81.09 %. The power is increased because the composite signal is summed at the output transformer.

Finally, it should be emphasized that the presented solutions are verified by simulation. Further work in this area would be a development of a functional model of the RF generator. On this model, it should be checked whether the simulation results agree with the practical, and which of the proposed solutions is optimal for implementation.

ACKNOWLEDGEMENT

The results presented in this paper have been realized within the project TR 32004 whose implementation is funded by the Ministry of Education, Science and Technological Development of Republic of Serbia and innovation project 451-03-2802/2013-16/104, which is jointly funded by the Ministry of Education, Science and Technological Development of Republic of Serbia and company LMBSOft. The author would like to thank prof. Dr. Predrag Petkovic for helpful advices and suggestions during the writing of this paper.

REFERENCES

- [1] R. James, "Radio Frequency for Rapid, Energy Efficient Heating of Polymers and Composites", C-Tech Innovation, Oct. 2014.
- [2] M. Isgrigg, "RF Sealing Theory", Thermex-Thermatron.
- [3] <http://www.polyfet.com/dsheet/lk701.pdf>
- [4] D. Krstić, "Radiotehnika, radiokomunikaciona elektronika i sistemi", Niš, izdavačka jedinica Univerziteta, 1999.
- [5] Al-Shahrani, S. M., Design of Class-E Radio Frequency Power Amplifier, PhD thesis, 2000., URN:etd-07152001-172453 <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-07152001-172453/> (September 2015)
- [6] Hebert L. Krauss at all, "Solid State Radioengineering", John Wiley & Sons, 1976.
- [7] Sokal, A.D. Sokal: "Class E a New Class of High Efficiency Tuned Single-ended Switching Power Amplifier", EIII Journal of Solid-State Circuit, vol. SC-10, pp. 168-176. 1975.

Optimization of distributed energy source and power grid using Fuzzy logic controllers for distribution Network

Ankur Arohi

Abstract - The distributed generation systems involves fuel cells, photovoltaic cells and on the consumption side it does include the power grid and also the terminals used for DC charging solutions specifically for the case of electric vehicles. The concept here is to develop a strategic distribution unit to have a DC power line from these DC sources directly to charge these DC power units. We need fuzzy logic controllers to develop a continuous supply and optimize the various sources towards the output terminals because these resources are not always available and depend on a lot of external factors. Furthermore we need a system to push in AC and convert it back to DC to power these loads if the DC renewable resource is not enough and here we use the fuzzy logic to manage these.

I. INTRODUCTION

The use of electric cars and rechargeable batteries is growing exponentially in the recent years and it is well known that when we want to re-charge these we convert the AC input in our houses to DC wasting a considerable amount of power as heat, transmission loss etc. At the same time if we devise a technique to eliminate conversion and optimize the DC-DC converter topologies with varying DC input and also when required have a back up to convert AC to DC but these circumstances would have to be abated as much as possible. So, by this method we save a whole lot of energy and also make the transmission and the domestic distribution much more efficient. Moreover the conversion of AC to DC can be reduced as much as possible at the distribution end. Hence, rather than converting the DC generated at the user end to AC and supply it back to the grid it is more logical to use it at the own premise in the above stated way to make the system efficient and also to push it on the DC transmission lines (very short distance) in the immediate neighborhood if the production is much higher than the requirement this work is headed towards devising the control strategies to determine the above stated situations using a fuzzy logic controller and some algorithms to determine which load phases need/don't need immediate assistance. The use of solar panels, wind farms, fuel cells are increasing manifold at the distribution end and with the advent of this high penetration rate we sooner would need a local distribution, optimizing and controlling

systems to understand and analyze the load patterns, determine the peak hours, devise strategies to provide the phases with the exact requirement of power and then at the times of erratic supply firstly check if any neighboring units could supply the DC and if that seems impossible then go for the conversion of AC to DC from the power grid but this is the last resort. This way we can save a lot of energy not only at the user end but also in transmission line. The distributed energy sources are environmental friendly, reduces transmission and distribution losses, peak load shaving, can be used as backup sources etc. Fuel cell is a promising device as it is efficient, modular and can be placed at any site for improving system efficiency [2] but it has slow start-up response. Solar energy is an important renewable energy source [3] but the intermittent nature of the panels is a major issue. The availability of energy is driven by external conditions and cell temperature but not on the loads of the systems. Hence it can be labelled as intermittent and normally PV array uses a Maximum Power Point Tracking (MPPT) technique to continuously deliver the highest power to the load when there are variations in irradiation and temperature [4] which is not in our control and because of the intermittent nature of PV array it is an uncontrollable source.

In order to overcome the drawbacks with the slow start-up of fuel cells and intermittent nature of the PV systems we have to use Fuzzy logic controllers here to devise the technology which will make the output more reliable even with the distributed energy resource.

II. SYSTEM MODELLING

The grid connected to this hybrid system consists of a PV/PEMFC/Battery hybrid source with the main grid connecting loads at the Point of Common Coupling (PCC) as shown in Figure.1. The PV/PEMFC/Battery and the DC-DC converters are connected on the common DC bus. The layout is having three sources to strategically charge the battery for the full DC socket output, the distributed energy source, The DC local line and the power grid. The priority sequence of the control signal at the control units would be programmed in the same way by the fuzzy logic algorithms. The output of the control circuit would be connected to the relays which would eventually drive up the actuators to close/open the circuit breakers. The local DC bus is bidirectional and hence the transmission length is

Ankur Arohi with the department of Electrical and Electronics Engineering, MIT Manipal, Manipal University, Karnataka, India

determined to be small enough just connecting two houses which would share power on a mutual basis.

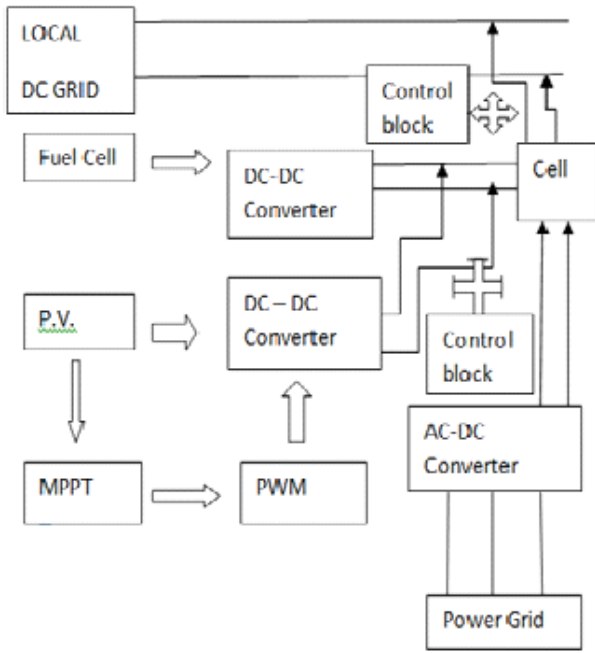


Figure 1. Diagram of system.

A. Proton Exchange Membrane Fuel cell model

A fuel cell operates like a battery by converting the chemical energy into electrical energy, but it differs from a battery in the way that as long as the hydrogen and oxygen is supplied it will produce DC electricity continuously. Fuel cells play a vital role in distributed generation because of their advantages such as high efficiency, no pollutant gases and modular structure flexibility.

$$E = E_{Nerst} - V_{ACT} - V_{ohm} - V_{conc} \quad (1)$$

where E_{Nerst} is the “thermodynamic potential” of Nernst, which represents the reversible (or open-circuit) voltage of the fuel cell. The performance of the fuel cell is affected by many parameters and one of them is reactant utilization U_f and is given by:

$$U_f = 1 - \frac{q_{H_2}^{out}}{q_{H_2}} = \frac{q_{H_2}^r}{q_{H_2}} = 2K_r I \quad (2)$$

And hence the output voltage is determined by the Nernst equation and the Ohm’s law:

$$V_{fc} = N_0 \left(E_0 + \frac{RT}{2F} \ln \left(\frac{P_{H_2} P_{O_2}^{0.5}}{P_{H_2O}} \right) \right) - I I_{fc} \quad (3)$$

where N_0 is the number of fuel cells connected in series, E_0 is the reaction free energy voltage, R is the universal gas constant and I_{fc} is the fuel cell stack current.

B. Solar P.V.

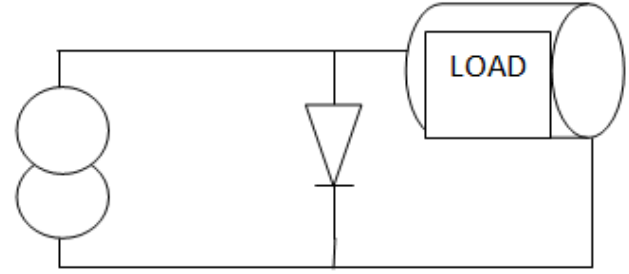


Figure 2. Electrical circuit.

The mathematical model [3] of PV cell can be expressed as:

$$I_{pv} = I_{ph} - I_0 \left[\exp q \left(\frac{V_{pv} + I_{pv} R_s}{AKT} \right) - 1 \right] \quad (4)$$

since photovoltaic current is proportional to solar radiation:

$$I_G = I_{sc} \cdot (G / G_{ref}) \quad (5)$$

In literature there are numerous MPPT techniques available such as incremental conductance (INC), constant voltage (CV), and perturbation and observation (P&O), this method has been popularly used because of its simple and highly efficient nature with less measured values. Panel voltage is deliberately perturbed then the power is compared to the power obtained before the perturbation. Specifically, if the power in the panel is increased due to the disturbance, the following disturbance will be made in the same direction and if the power decreases the new perturbation will be made in opposite direction. There is a disadvantage with this P&O method in the terms of profound oscillations of the power. This is the primary reason for choosing Fuzzy MPPT technique to deliver maximum power and to eliminate perturbations in the output power.

C. Fuzzy MPPT control

The inputs to the fuzzy MPPT control can be measured or computed from the voltage and current of solar panel. The control rules are indicated in [4] with “Ppv and “Vpv as inputs and “Vpvref as the output. The membership functions of input and output Variables in which membership functions of input variables “Ppv and “Vpv are triangular and has seven fuzzy subsets. Seven fuzzy subsets are considered for membership functions of the output variable “Vpvref. These input and output

variables are expressed in terms of linguistic variables (such as BN (big negative), MN (Medium negative), SN (small negative), Z (zero), SP (small positive), MP (medium positive), and BP (big positive)).

D. DC-DC booster circuit

This power electronic circuit is just after the MPPT unit gives the best possible output of the PV unit, the basic function of this circuit is to boost up the DC voltage at the output and send it across the terminals of the battery pack. The boost converter has to be operated on the basis of duty cycle and this is monitored by the switch whose gate terminal is controlled by the fuzzy logic block hence we can say that according to our algorithms we can control the output of the PV array and hence make the system.

E. Battery modelling

The battery is a device which stores energy in electrochemical form. Battery is used as energy storage device in wide range of applications like hybrid electric vehicles and hybrid power systems. In this paper, the battery energy storage is combined with hybrid PV/PEMFC distributed generation system. The battery model considered in this paper is shown in fig.3. The battery model used is based on voltage model.

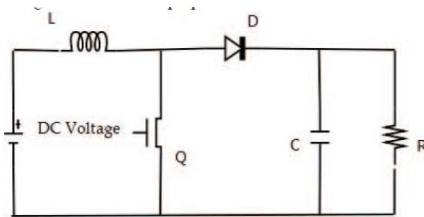


Figure 3. Battery model.

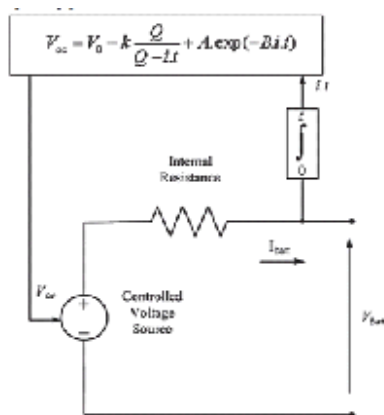


Figure 4. Schematic.

F. Simulation results

The fuzzy logic controller is simulated in Matlab using the fuzzy application and then the results are as seen

below. All the conditions as presented above are parameterized as inputs to the program and after the inputs are taken the program is executed, we find the graphs as shown. The voltage across the battery is also plotted and then the conditions for the case of using power grid and DC supply line is also checked with the same procedure. So, the simulated outputs are as shown.

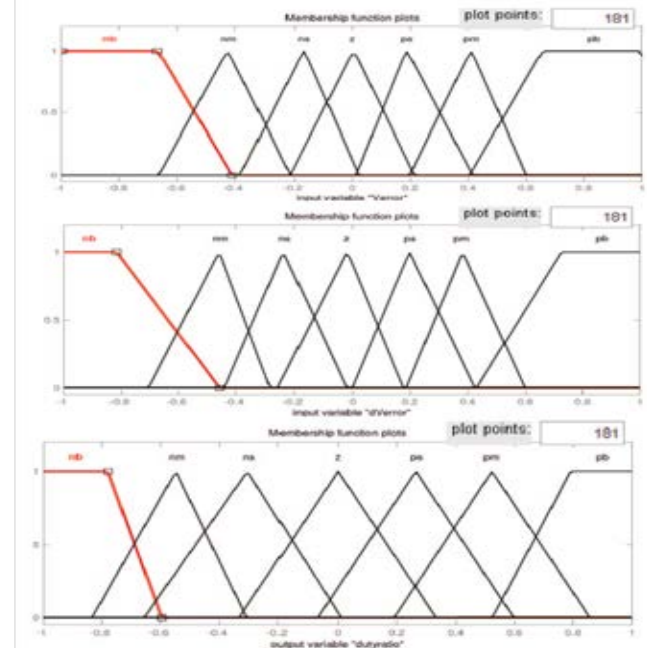


Figure 5. I/O Membership functions for DC/DC Converter.

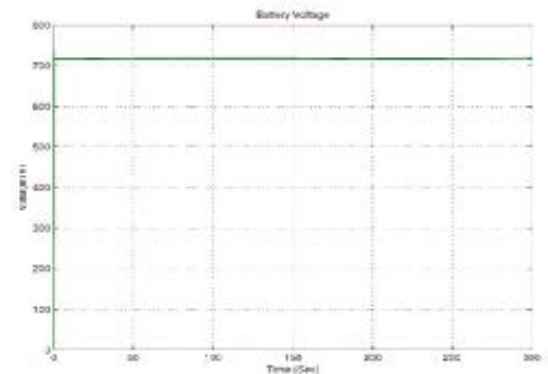


Figure 6 Simulation Results of Battery Voltage.

III. CONCLUSION

Here we can see that by the above mentioned architecture we are able to construct a fool proof and efficient energy management system with a lot of energy saving potentials. Here we also see that the use of convertors for DC to AC has totally been neglected and hence we can deduce that transmission losses and metering at the user end is eliminated. After all, we are able to have a direct access to the DC power at the premises resulting in

a lot of cost cutting and continuous supply of power even when the power grid isn't functional. This basically degrades the use of inverters at our houses and the battery could be well utilized in case of power cuts and shortages.

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my special thanks and reverence to my father and my constant source of motivation Dr. P.C. Thakur, Phd and Head of department of Botany, Chas College Chas, for his support and research orientation that has an immense effect on me since my childhood. I also thank Dr. Ciji Pearl Kurian, professor dept. of Electrical and Electronics, MIT Manipal for making IEEE xplorer accessible to the students and making it easy to refer various papers.

REFERENCES

- [1] Kumar, T.P.; Chandrashekar, Y.; Subrahmanyam, N.; Sydulu, M. "Controlled Strategies of a fuzzy controlled grid connected hybrid PV distributed generation system" proceedings of IEEE year 2014.
- [2] Jesus Gomez; "Smart meter privacy in presence of alternative source" proceedings of IEEE year 2013.
- [3] E. Koutroulis and Kalaitzakis "Novel battery charging regulation system for photovoltaic applications" proceedings of IEEE 2003.
- [4] S. Dimitrijevic, *Understanding the Semiconductor Devices*, New York, Oxford: Oxford University Press, 2000.
- [5] Hicham Fakham , Di Lu, Brunu Francois,"Power Control Design of a battery charger in a Hybrid Active PV generator for load-following applications".IEEE proceedings 2009.

Hardverska realizacija merača pulsa korišćenjem fotodiode kao senzora

Ivan S. Lončar, Milan B. Petrović

Sadržaj – U radu je opisana realizacija uređaja za merenje pulsa, tj. broja otkucaja srca kod čoveka pomoću fotodiode kao senzora na principu osvetljavanja prstiju šake (najčešće kažiprsta).

I. UVOD

Ljudi imaju potrebu za informacijom o broju otkucaja srca kako bi na osnovu iste mogli da preduzmu određene mere predostrožnosti u slučaju srčanih bolesti. Takođe jednostavno mogu pratiti rad srca u stanju mirovanja ili pri fizičkim naporima i na taj način voditi računa o svom zdravlju.

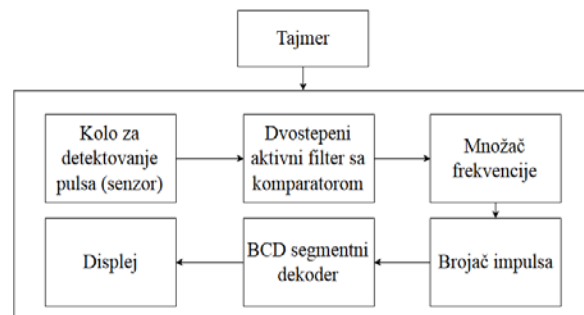
Trenutno postoje razni načini i uređaji za merenje pulsa. Neki od metoda jesu putem dodira značajnih tačaka na telu, pomoću nekih od uređaja kao što su merači pritiska koji imaju ugrađene funkcije merenja pulsa; mobilnim telefonima sa kamerama putem specijalizovanog softvera za detekciju promene količine krvi u dnu uha ili prsta; ili pak uređaji poput ovog opisanog u radu koji ima samo jednu primenu. Ovaj uređaj radi na principu merenja pulsa na prstu šake na osnovu količine krvi u prstima prilikom pumpanja (kucanja) srca što dovodi do promene same količine krvi i to dozvoljava fotosenzoru da na osvetljenom prstu sa lakoćom nakon kalibracije detektuje otkucaj srca.

II. PRINCIP RADA

Na slici 1. prikazana je blok šema merača za puls koji se sastoji iz dva osnovna bloka:

- Tajmer
- Blok za detekciju, obradu i prikaz, koji se sastoji iz šest manjih segmenata:
 - Kolo za detektovanje pulsa
 - Dvostepeni aktivni niskopropusni RC filter sa komparatorom
 - Množač frekvencije
 - Brojač impulsa
 - BCD segmentni dekodler
 - Displej

Ivan Lončar i Milan Petrović, student na modulu elektronske komponente i mikrosistemi, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 1800 Niš, Serbia, E-mail: panterlokibor94@gmail.com



Slika 1. Blok šema merača pulsa.

Sa slike 3. Koja predstavlja električnu šemu merača pulsa mogu se uočiti delovi uređaja po blokovima na osnovu datog opisa:

A. Tajmer

Tajmer jer deo kola koji se sastoji od integrisanog kola NE555 koje radi u monostabilnoj konfiguraciji sa vremenom konstantom od 15s, što će po pritisku tastera za aktivaciju ostatka kola uključiti drugi blok uređaja koji je zadužen samo za merenje. Iako je jedinica mere pulsa broj otkucaja po minuti, ovo kolo radi četvrtinu tog vremena kako bi se skratio sam proces merenja.

B. Kolo za detektovanje pulsa

Kolo za detekciju pulsa sadrži IR diodu i fotodiodu kao senzor. Prilikom stavljanja prsta preko IR i fotodiode, infra crvena svetlost se reflektuje o sam prst. Reflektovana svetlost u zavisnosti od inteziteta osvetljenja (koji se menja usled cirkulacije krvi, prilikom kucanja srca) na fotodiodi generiše fotostruju, srazmernu intezitetu svetlosti. Sama fotodioda je inverzno polarisana i vezana na bazu tranzistora (sa pojačanjem od 100) koji se nalazi u konfiguraciji sa zajedničkim emitorom. Iz razloga što ostatak kola manipuliše naponom, samu struju kroz razdelnik napona u kolo emitora pretvaramo u napon. U kolu razdelnika napona nalazi se višebrotni trimmer potencijometar kojim se kalibriše rad senzora.

C. Dvostepeni aktivni niskopropusni RC filter sa komparatorom

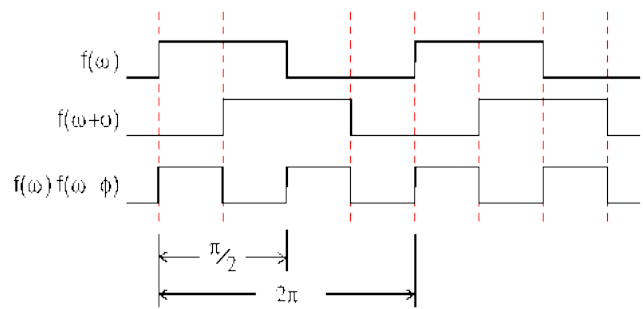
Broj otkucaja srca kod čoveka ima granicu iznad koje srce ne izdržava napore i prestaje sa radom, pa je maksimalna gornja granica 300 otkucaja u minuti. Ovaj uređaj je napravljen sa takvom vrstom filtra da sa pouzdanošću meri otkucaje do 203 otkucaja u minutu što je određeno na osnovu krive zavisnosti niskopropusnog RC filtra, gde je frekvencija odsecanja 3,38Hz na osnovu formule 1. Gde je $R_f = 470\text{k}\Omega$, a $C_f = 100\text{nF}$. Filtar je napravljen u dva stepena (operaciona pojačavača) na čije je ulaze postavljen dekapling kondenzator sa pojačanjem signala jednog stepena u vrednosti od 3,13, samim tim dva stepena 9,8, a zatim se signal šalje na komparator napona kod koga se takođe može odraditi kalibracija tj. Postavljanje referentnog napona pomoću trimmer potencijometra, koji ulazni signal pretvara u digitalni. U ostalim stepenima vrši se manipulacija digitalnog signala. Svaki pik predstavlja jedan otkucaj srca, što se prilikom merenja može videti na LED za indikaciju.

$$f_{\text{cutoff}} = \frac{1}{2\pi R_f C_f} \quad (1)$$

D. Množač frekvencije

Množač frekvencije ima ulogu da, sa svoja dva stepena koji dupliraju ulaznu frekvenciju digitalnog signala, učtverostruči ulaznu frekvenciju i da interval od 15s koliko traje sam proces merenja svede na $15\text{s} \cdot 4$ - što predstavlja 1min, koliko je i potrebno jedinica mere otkucaja srca, samim tim ovom metodom umanjeno je potrebno vreme za merenje, a izmerena je tačna vrednost broja otkucaja u vreme merenje od 15s. Radi po principu XOR logike tako što se jedan ulazni signal vodi nepromenjen na jedan od ulaza XOR kola, a drugi sa pomerajem od devedeset stepeni, tj. sa kašnjenjem, što na izlazu XOR kola daje duplo veću frekvenciju od ulazne, a je prikazano na slici 2. Između oba kola za udvostručavanje frekvencije postavljen je dodatni pojačavač signala kako bi se otklonile smetnje i pad napona iz izlaza prvog množača. Očekivana srednja frekvencija na izlazu prvog množača je 6Hz, a na izlazu drugog 12Hz, pa stoga su postavljene i odgovarajuće komponente u skladu sa jednačinom 2. Za fiksne vrednosti kapacitivnosti kondenzatora od 2.2 nF izračunate su redom otpornosti od 75 k Ω i 25 k Ω .

$$f_{\text{double}} = \frac{3}{2R C} \quad (2)$$



Slika 2. Grafik principa rada množača frekvencije.

E. Brojač impulsa

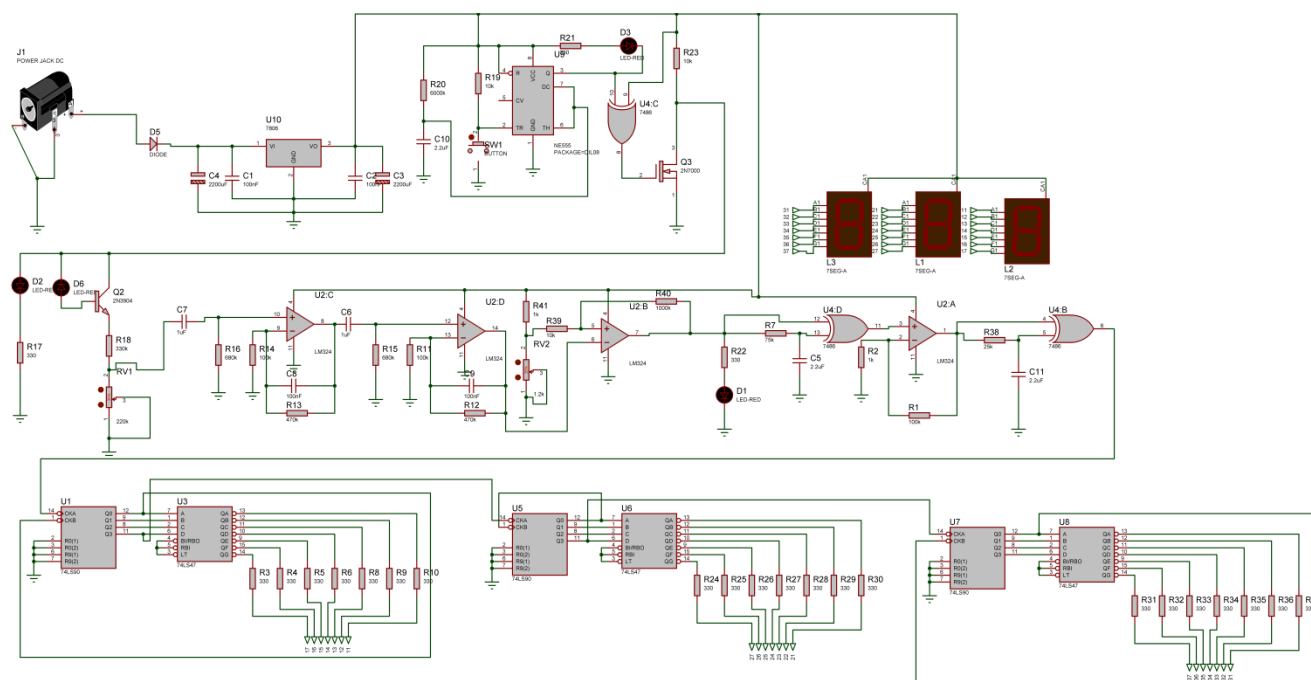
Brojač impulsa predstavlja integrisano kolo 74LS90 koje se sastoji od četiri JK flip-flopa koja imaju funkciju da podele frekvenciju ulaznog signala na polovinu ulazne, i sa četiri novoformirana izlaza sa resetom na desetoj cifri (jer bi četiri flip-flopa brojali do $2^4 = 16$, a ljudi koriste bazu od deset cifara pa je potrebno brojati do 9 sa sledećom cifrom vratiti na 0-nulu). Prilikom reseta aktivira se naredno 74LS90 kolo, koje ponovo vrši prebrojavanje impulsa i konvertuje u binarne brojeve sa četiri izlaza, što dozvoljava maksimalno brojanje od 999 impulsa. Nakon toga se brojač resetuje na vrednost 000. Izlazi ovih integrisanih kola predstavljaju ulaz za naredni blok u binarno-dekadni dekodek.

F. BCD segment dekodek

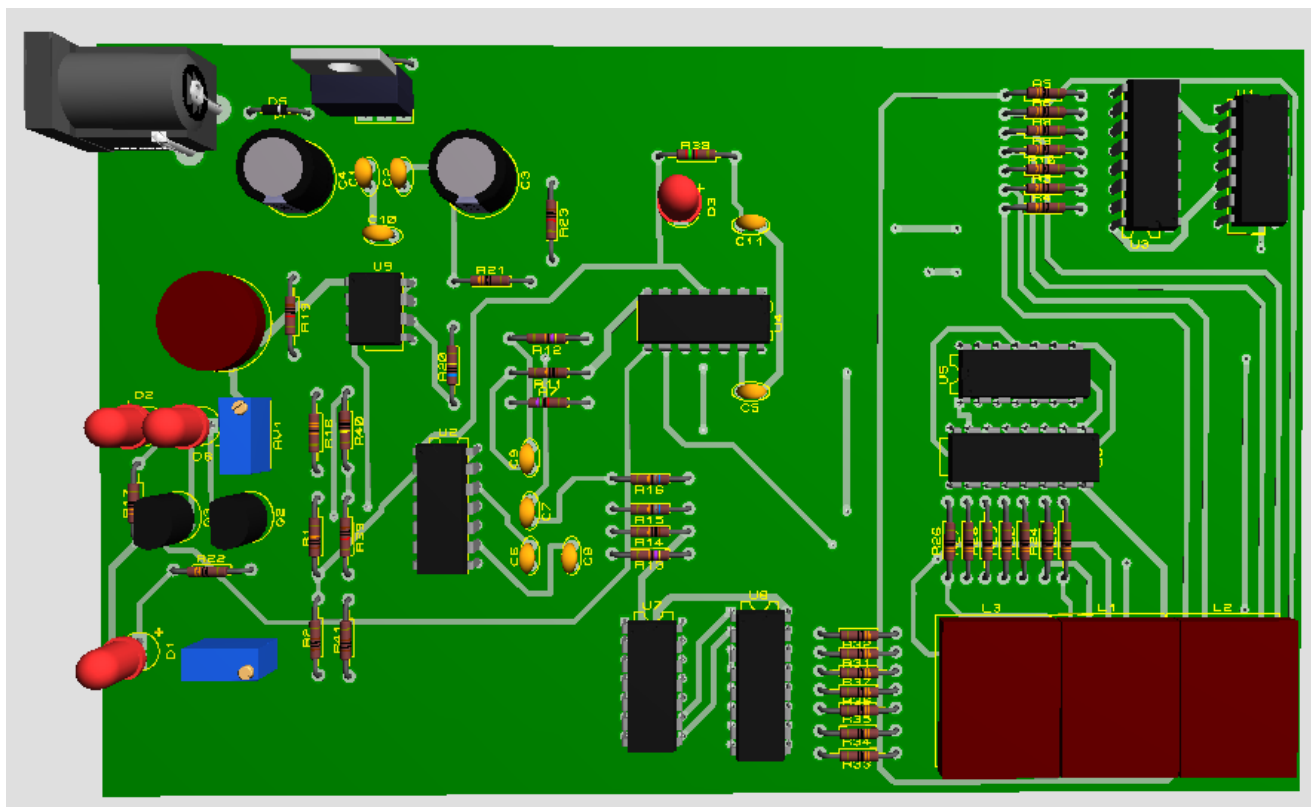
Binarno kodirani decimalni broj u segmentni dekodek, za koji se koristi integrisano kolo 74LS47, služi da binarno kodirani broj prebojanih impulsa iz brojača pretvori u kod za prikaz dekadnih brojeva na sedmosegmentnom displeju.

G. Displej

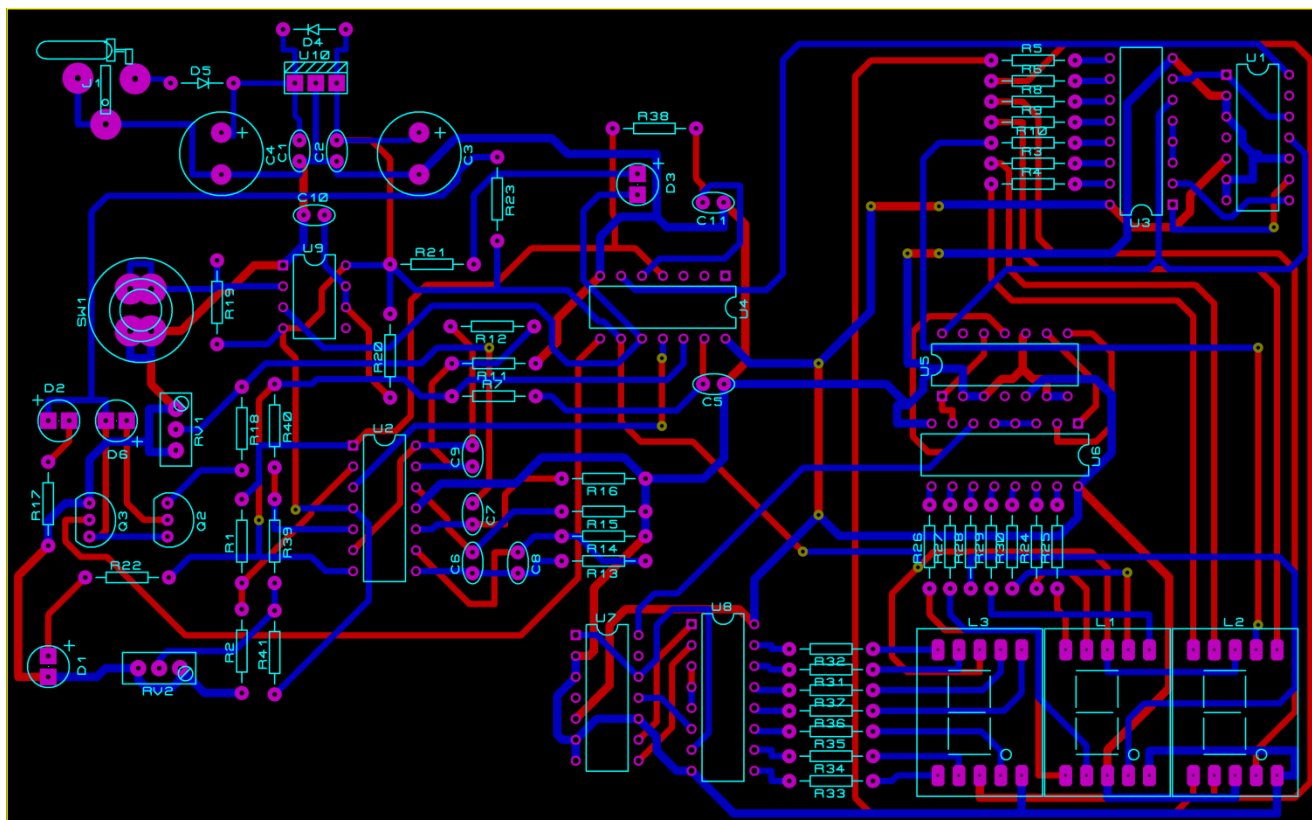
Displej je sačinjen od 3 manja sedmosegmentna displeja za prikaz dekadnih brojeva na osnovu odgovarajućih binarnih kombinacija na njihovom ulazu. Ispred svih ulaza displeja postavljen je po jedan otpornik za ograničavanje struje kroz diode koje čine displej.



Slika 3. Električna šema merača pulsa.



Slika 4. 3D model štampane ploče.



Slika 5. PCB Layout projekta.

III. ZAKLJUČAK

Projekat je kompletno realizovan hardverski i zauzima dosta prostora. Implementacijom mikrokontrolera može se optimizovati rešenje projekta, počevši od cene, veličine, složenosti i pouzdanosti sistema. Ovako hardverski realizovan merač pulsa ima nedostatke pri detekciji pulsa, jer zavisi od strukture kože prsta osobe koja meri puls pa zahteva čestu kalibraciju, kao i nedostatke prilikom promene ritma otkucaja srca jer može doći do pogrešnog merenja zbog nedostataka kod množača frekvencije realizovanog pomoću XOR logičkih kola.

ZAHVALNICA

Autor se zahvaljuje asistentima sa katedre za elektronske komponente i mikrosisteme Elektronskog fakulteta u Nišu, Milošu Marjanoviću, Milošu Đorđeviću, na ideji, sugestijama i pomoći pri izradi rada, kao i profesoru doc. Danijelu Dankoviću i Katedri za finansiranje projekta.

LITERATURA

- [1] 74LS90 Datasheet [On Line]
- [2] 74LS47 Datasheet [On Line]
- [3] Ideja za projekat preuzeta sa:
<http://embedded-lab.com/blog/?p=1671>

Solarne ćelije sa fotoosetljivim pigmentom

Stefan Ilić, Dejan Aleksić

Sadržaj - Solarne ćelije sa fotoosetljivim pigmentom (dye-sensitized solar cells) privlače veliko interesovanje još od svog nastanka 1991. godine, jer one nude visoku efikasnost po maloj ceni. Pigmenti koji imaju ulogu fotoosetljivog sloja apsorbuju fotone iz vidljivog dela spektra elektromagnetnog zračenja i pretvaraju ih u električnu energiju. Kako pigment ili boja (dye) ima važnu ulogu u postizanju visoke efikasnosti mnogi radovi se fokusiraju na potragu za novim pigmentima.

I. UVOD

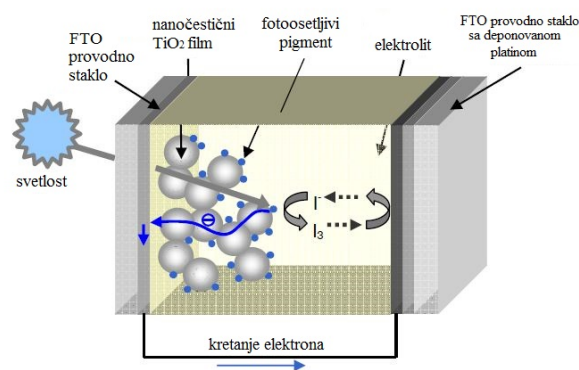
Solarne ćelije vrše konverziju sunčeve svetlosti tj. energije elektromagnetnog zračenja koja dolazi sa Sunca u električnu energiju. Pri izlaganju svetlosti solarna ćelija postaje izvor jednosmerne struje. Princip rada solarnih ćelija zasnovan je na fotoelektričnom efektu. Solarne ćelije se mogu podeliti na: solarne ćelije prve, druge i treće generacije. Prva generacija predstavlja ćelije od monokristalnog silicijuma (24%) i polikristalnog silicijuma (20%). Drugo-generacijske solarne ćelije pripadaju tankoslojnim tehnologijama. Tu spadaju: solarne ćelije od amornog silicijuma (10%), kadmijum-telurida (16%) itd. Solarne ćelije treće generacije takođe pripadaju tankoslojnim tehnologijama, ali su one u ranoj fazi istraživanja ili su ograničene komercijalnom dostupnošću. U ovu grupu spadaju: višespojne (tandem) solarne ćelije (39%), organske solarne ćelije (6%), solarne ćelije sa fotoosetljivim pigmentom (11%) itd.

II. PRINCIP RADA

Solarne ćelije sa fotoosetljivim pigmentom su najbliže sistemu fotosinteze koji je do sada čovečanstvo postiglo. Sastoje se od fotoaktivne anode, elektrolita i pomoćne platinske elektrode. Fotoaktivnu elektrodu čini porozni sloj titan(IV)-oksida, visoke specifične površine, koji je deponovan na transparentno provodno staklo, i na kojem su adsorbovani molekuli fotoosetljive boje. Provodljivosti stakla doprinosi tanak sloj fluorom dopiranog kalaj-oksida (FTO glass), čija debljina od oko 220 μm omogućava transport fotogenerisanih nosilaca naelektrisanja. Prostor između elektroda ispunjen je elektrolitom na bazi joda.

Pri prodoru zračenja u ćeliju kroz transparentno provodno staklo, molekuli boje bivaju pobuđeni i preko

provodne zone poluprovodničkog TiO_2 dolaze do spoljnog električnog kola. Gubitak elektrona molekuli boje kompenzuju preko elektrolita (jod se oksiduje), dok elektrolit nadoknađuje izgubljene elektrone na pomoćnoj elektrodi (slika 1). Dakle, operativni mehanizam solarnih ćelija sa fotoosetljivom bojom omogućava generisanje električne energije bez ireverzibilne hemijske promene u ćeliji.



Slika 1. Šematski prikaz solarne ćelije sa fotoosetljivim pigmentom.

Kao što se može pretpostaviti iz opisanog mehanizma, molekuli boje igraju ključnu ulogu u proizvodnji električne energije. Njihova uloga je da apsorbuju fotone, tj. da prevaziđu malu apsorpcionu moć titan(IV)-oksida, i samim tim povećaju efikasnost solarne ćelije. Prema tome, što je veća apsorpciona moć boje, time je i ćelija efikasnija. Ćelije najveće efikasnosti koriste metalne komplekse na bazi rutenijuma kao fotoosetljivu komponentu, ali njihova visoka cena predstavlja prepreku značajnijoj komercijalizaciji. Alternativno rešenje mogu predstavljati lako dostupni prirodni pigmenti kao što su antocijani i kurkuminoidi.

III. FOTOSETLJIVE BOJE

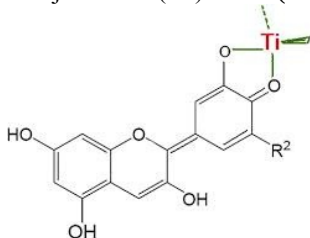
Fotoosetljivi pigmenti ili boje (dye sensitizers) imaju ulogu apsorbera energije u solarnoj ćeliji i njihove karakteristike gotovo određuju efikasnost ćelije. Boje koje se trenutno koriste za solarne ćelije ove vrste se mogu podeliti prema strukturi u dve velike grupe na organske i neorganske. Neorganske imaju u sebi metalne komplekse, kao recimo polipiridilne komplekse rutenijuma i osmijuma. Dok se organske boje mogu podeliti na prirodne i sintetičke boje. Prirodne boje su pigmenti koji se mogu naći u prirodi. Do danas, solarna ćelija sa rutenijumskim (Ru) bi-piridilnim kompleksom (N719) i rutenijumskom crnom

S. Ilić, student I godine Elektronskog fakulteta, Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: stefan.ilic@yahoo.com

dr D. Aleksić, docent na Prirodno matematičkom fakultetu u Nišu, Višegradska 33, 18000 Niš, Srbija, E-mail: dejan_aleksic@yahoo.com

bojom su postigli kao fotoosetljive komponente efikasnost od 11,2% i 10,4% respektivno. Međutim, plemenit metal Ru je ograničeni resurs, veoma je skup i zagađuje okolinu. Zbog toga su poželjni organski pigmenti koji su ekološki, jeftini i lako dostupni. Sintetisani pigmenti mogu postići efikasnost i do 5-9%, dok prirodni pigmenti imaju efikasnost ispod jednog procenta. Veliki problem prirodnih pigmenta je degradacija prilikom dužeg izlaganja sunčevoj svetlosti.

Antocijani su biljni pigmenti koji se mogu javljati u različitim bojama (crvenoj, plavoj ili ljubičastoj) u zavisnosti od pH vrednosti. U najvećoj koncentraciji javljaju se u plodovima i cvetovima. Novu primenu su našli u solarnim ćelijama jer imaju značajnu apsorpciju u vidljivom delu spektra, s tim da samo antocijani sa prisutnim -O i -OH vezama (npr. cijanidin koji se nalazi u malini) mogu da služe kao fotoosetljive komponente, zbog mogućnosti vezivanja za titan(IV)-oksid (slika 2) [1].



Slika 2. Vezivanje antocijana za TiO_2 .

Kurkumin je glavni predstavnik kurkuminoida koji se nalazi u indijskom začinu kurkuma. Kurkuminoidi, kao i antocijani spadaju u fenole, s tim da kurkuminoidi daju izrazito žutu boju, zbog koje se koriste za bojenje hrane, sa prehrambenom oznakom E100 [2].

IV. PROCES IZRADE

Konstrukcija solarne ćelije zahteva pripremu titan(IV)-oksid filmova, ekstrakciju pigmenta, pripremu elektrolita i na kraju sklapanje ćelije.

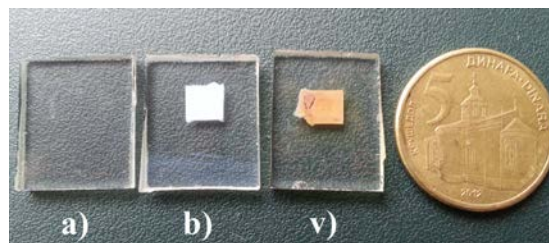
A. Priprema TiO_2 filmova

Za pripremu filmova korišćen je nanočestični prah TiO_2 (P25 Degussa). Voda i sirćetna kiselina su dodate zbog doprinosa mehaničkim svojstvima filmova, tj. dobroj adheziji za supstrat i sprečavanju nastanka pukotina. Terpeneol je dodat radi sprečavanja rasta čestica, a etil-celuloza radi postizanja poroznosti filmova, usled dekompozicije tokom termičkog tretmana. Filmovi su deponovani doctor-blade tehnikom na provodna FTO stakla. Doktor blejd tehniku (doctor-blade) čini premazivanje provodnog stakla slojem TiO_2 paste pomoću žileta, dok se skoč traka (scotch tape) koristi kao maska koja daje oblik nanesenom sloju (obično oblik kvadrata) i uniformnu debljinu filma od oko 40 μm . Pravljeni su filmovi kvadratnog oblika, dimenzija 5×5mm, početne debljine 40 μm , odnosno finalne debljine 10-11 μm , nakon

sušenja i termičkog tretmana. Filmovi su nakon depozicije ostavljeni na sobnoj temperaturi nekoliko minuta, da bi potom svaki film zbog kalcinacije bio tretiran postupkom: 120°C/10 min, na 250°C/10min, na 400°C/10, na 450°C/5 min, i konačno na 500°C/15 min.

B. Priprema TiO_2 filmova

Antocijani su ekstraktovani iz zamrznute maline po uzoru na uputstvo iz Solaroniksa (Solaronix [3]). Maline su izdrobljene u avanu pomoću tučka. Rastvor kurkumina napravljen je upotrebom komercijalnog začina kurkume. Postupak pripreme uključivao je rastvaranje 5 grama mase sirovine u etanolu zapremine 6.34 cm^3 . Pripremljeni rastvori skladišteni su na sobnoj temperaturi i mračnom mestu, da bi se sprečila njihova fotodegradacija. Filmovi su potom prebačeni u rastvore pigmenta i ostavljeni 1 sat na 25°C i mračnom mestu, ali su prilikom bojenja prethodno zagrejani na 80°C da bi se sprečilo neželjeno vezivanje vlage iz vazduha za TiO_2 . Na slici 3 je prikazan izgled fotoaktivne anode nakon svakog postupka, hronološki.



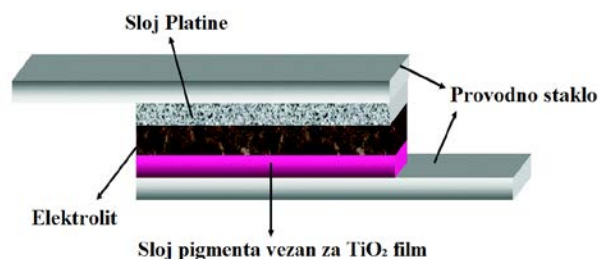
Slika 3. Provodno staklo (a), provodno staklo sa deponovanim TiO_2 filmom nakon kalcinacije (b), formirana fotoaktivna elektroda (v).

C. Priprema elektrolita

Elektrolit je pripremljen tako što je u 20 mL etilen glikola rastvoreno 1.66g litijum jodida (0.5M LiI) i 0.254g joda (0.05M I_2) na temperaturi 50°C uz mešanje.

D. Sklapanje ćelija

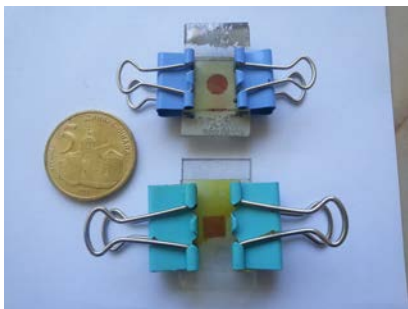
Nakon bojenja, filmovi su pažljivo isprani etanolom i destilovanom vodom, a nakon sušenja toplim vazduhom spojeni sa pomoćnom platinskom elektrodom i pričvršćeni pomoću štipaljki.



Slika 4. Presek ćelije po slojevima.

Platinska transparentna elektroda pripremljena je doctor-blade depozicijom komercijalno dostupne platinske paste (Platisol T/SP, Solaronix) na FTO staklu i daljim termičkim tretmanom na 450°C tokom 30 minuta. Na slici 4 dat je šematski prikaz preseka ćelije po slojevima.

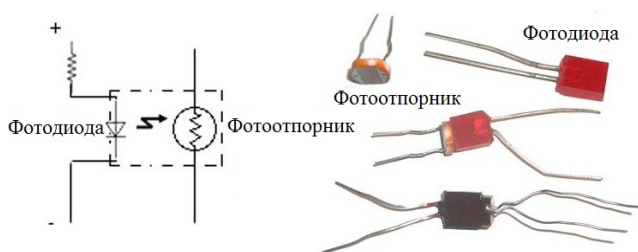
Nakon spajanja elektroda, pritisak štipaljki je neznatno popušten i omogućen je dodatak elektrolita u međuprostor između elektroda iglom i špricem, čime je završen proces sklapanja ćelije (slika 5).



Slika 5. Finalni izgled ćelije sa bojom N719 (gore) i sa kurkumom (dole).

V. MERENJE STRUJNO-NAPONSKIH KARAK.

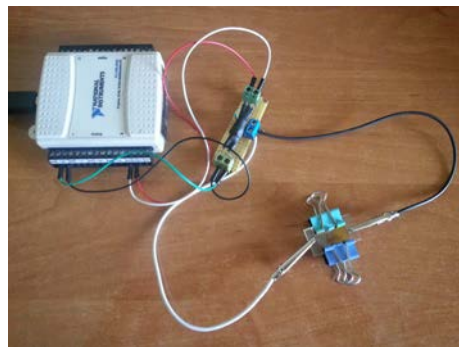
Prilikom merenja strujno-naponske karakteristike solarne ćelije potrebno je meriti napon na ćeliji i struju koja prolazi kroz ćeliju kada je ona izložena sunčevom zračenju za različite vrednosti otpora u kolu. Kasnije se na osnovu tih rezultata crta grafik strujno-naponske karakteristike. Pošto solarne ćelije sa prirodnim pigmentima daju jako slabe struje reda veličine mikro ampera, struja u kolu nije merena direktno pomoću ampermetra, jer bi on dosta poremetio rezultate. Umesto toga, struja je određivana indirektno, na osnovu poznavanja otpora i napona u kolu. To je izvedeno pomoću fotodiode i fotootpornika koji se nalaze okrenuti jedan prema drugom u mračnom i zatvorenom sistemu. Dakle, koristi se tzv. otpor kontrolisan naponom, jer zadajući različite napone na fotodiodi dobijamo različite otpore na fotootporniku (slika 6).



Slika 6. Šema elek. komp. koja je sastavljena od fotodiode i fotootpornika (levo) i njen izgled (desno).

Kako ne bismo menjali napon ručno na fotodiodi i merili napon na ćeliji, a zatim preračunavali struju u kolu, korišćen je kontroler NI USB-6008 (National Instruments USB-6008). On je za poznate 1136 vrednosti otpora na

fotootporniku, koji ima opseg od 367-250000Ω, zadavao vrednosti napona na fotodiodi, a zatim nakon 10 milisekundi merio napon na solarnoj ćeliji koja je pritom bila izložena sunčevom zračenju (slika 7).

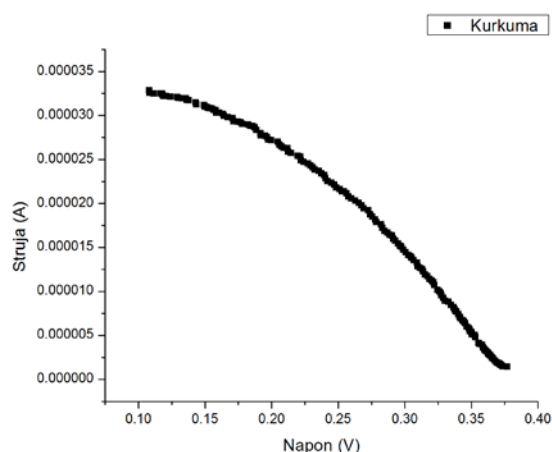


Slika 7. Prikaz aparature koja je korišćena za merenje strujno-naponske karakteristike solarne ćelije.

Na osnovu poznatog otpora i napona u kolu izračunata je struja, a zatim ispisivana tabela sa vrednostima struje i napona. Na osnovu rezultata koji su dobijeni ovakvim merenjem iscrtavana je strujno-naponska karakteristika.

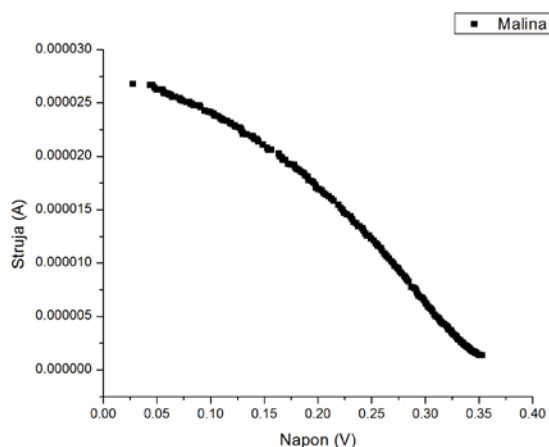
VI. REZULTATI

Na osnovu merenja strujno-naponskih karakteristika solarnih ćelija sa fotoosetljivim pigmentom, dobijeni su rezultati za prirodne pigmente tj. za cijanidin (ekstraktovan iz maline) i kurkumin (ekstraktovan iz začina kurkume), kao i za rutenijumsku boju N719. Sve karakteristike snimane su pri intenzitetu sunčevog zračenja od 790W/m². Na slici 8 može se videti strujno-naponska karakteristika solarne ćelije sa kurkumom. Solarna ćelija na bazi kurkume ima izračunatu efikasnost i fill faktor od 0.028% i 45%, respektivno.



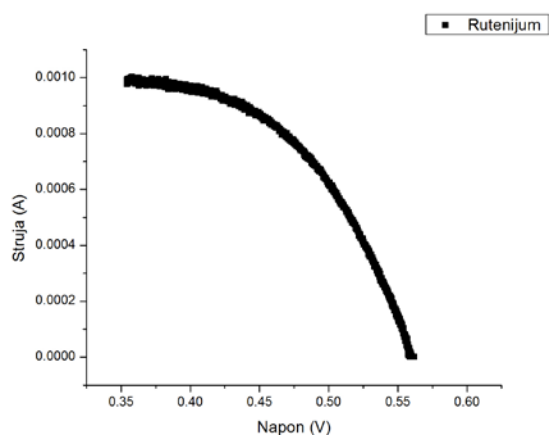
Slika 8. Strujno-naponska karakteristika solarne ćelije sa kurkumom.

Strujno-naponska karakteristika solarne ćelije sa malinom (slika 9), pokazuje da malina za iste uslove kao i kurkuma daje slabije rezultate, naime, ova ćelija ima efikasnost od 0.017% i fill faktor vrednosti 36%.



Slika 9. Strujno-naponska karakteristika solarne ćelije sa malinom.

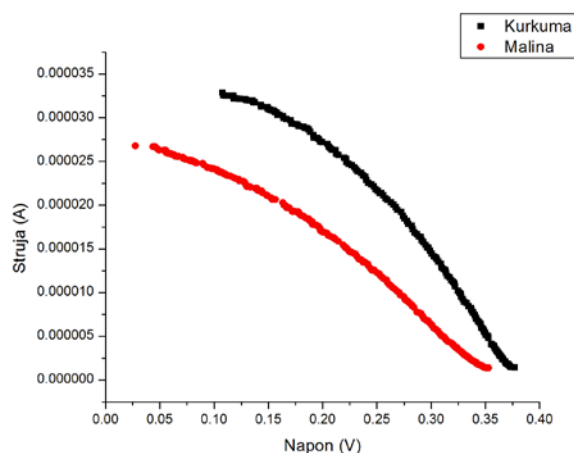
Najbolje rezultate daje solarna ćelija sa rutenijumskom bojom N719 (slika 10), koja pri istim uslovima ima efikasnost 2.27% i fill faktor 69%.



Slika 10. Strujno-naponska karakteristika solarne ćelije sa N719.

Upoređivanjem strujno-naponskih karakteristika ćelija sa malinom i kurkumom (slika 11), možemo utvrditi da solarne ćelije na bazi kurkume daju veće struje. Rezultate sa grafika možemo objasniti apsorpcionim spektrima maline i začina kurkume. Kurkuma poseduje širok pik u vidljivoj oblasti koji pokriva oblast 400-500nm, dok se kod maline primećuje aktivnost u UV oblasti i veoma blagi pik oko 550nm što je i karakteristika antocijana [4].

Do sada je dosta istraženo ponašanje antocijana u ulozi fotoosetljivih pigmentata, dok je o kurkuminoidima objavljen veoma mali broj radova [5].



Slika 11. Strujno-naponske karakteristike kurkume i maline.

VII. ZAKLJUČAK

Solarne ćelije sa fotoosetljivim pigmentom su predmet veoma intenzivnog eksperimentalnog i teorijskog istraživanja što je dovelo do pojave novih tipova solarnih ćelija sa većom efikasnošću.

Na osnovu rezultata merenja može se zaključiti da kurkuma predstavlja bolji izvor fotoosetljivog pigmenta nego malina, tj. da kurkumin bolje apsorbuje fotone nego cijanidin. Kurkuma kao izvor fotoosetljivog pigmenta ima velike potencijale u primeni kod solarnih ćelija i treba nastaviti sa istraživanjima u ovoj oblasti.

ZAHVALNICA

Zahvaljujem se dr Dejanu Aleksiću, Nikoli Tasiću i Istraživačkoj stanici Petnica na pruženoj pomoći i saradnji.

LITERATURA

- [1] M. Alhamed, A. Issa, W. A. Doubal, "Studying Of Natural Dyes Properties As Photo-Sensitizer For Dye Sensitized Solar Cells (Dssc)", *Journal of Electron Devices*, Vol. 16, Pp. 1370-138, 2012.
- [2] A. Souad, I. Alaei, I. Sopyan, "Natural Photosensitizers for Dye Sensitized Solar Cells", *International Journal of Renewable Energy Research*, Vol.3, No.1, 2013.
- [3] Sa zvaničnog sajta Solaronix-a [On Line]. Dostupno na: http://www.solaronix.com/documents/dye_solar_cells_for_rea1.pdf
- [4] I. Đorđević, S. Ilić, N. Tasić, "Primena različitih prirodnih pigmenata kao fotoosetljive komponente u solarnim ćelijama", *Petničke sveske 73, u štampi, Istraživačka Stanica Petnica*, 2015.
- [5] H. Kim, D. Kim, S.N. Karthick, K.V. Hemalatha, C. Justin Raj, Sunseong ok, Youngson choe, "Curcumin Dye Extracted from Curcuma longa L. Used as Sensitizers for Efficient Dye-Sensitized Solar Cells", *International Journal of Electrochemical Science*, 8(2013) 8320-8328, 2013.

Multimedijalni projekcioni sistem sa detekcijom pokreta

Aleksandar Zdravković, Nikola Vitanović

Sadržaj – Sistem opisan u ovom radu omogućava projekciju multimedijalnog sadržaja kada se u njegovoj blizini nađu korisnici. Mogućnosti praktične primene sistema su široke, a inicijalno je zamišljen kao tehnologija za prikaz eksponata u muzejskim postavkama. Osnovu sistema čine Raspberry Pi mikroračunar, ultrazvučni senzor i IR modul za kontrolu projektor. U radu je data arhitektura sistema, blok dijagram kao i detaljan opis njegove implementacije.

I. UVOD

Muzeji su kulturne ustanove od nacionalnog značaja i igraju važnu ulogu u društvu. Promene koje je u društvu doneo brzi razvoj informacionih tehnologija, stvorio je i sasvim nove mogućnosti za bolji prikaz muzejskih sadržaja. Naime, u klasičnim postavkama posetioci mogu pogledati eksponat ali ne i čuti neki tekst o njemu, pogledati video ili čak interagovati sa njim. Sa razvojem mikroračunara i razvojnih ploča poput Raspberry Pi, Arduino i drugih, pojavile su se nove mogućnosti za razvoj multimedijalnih sistema koji bi promenili način na koji se prikazuju sadržaji u muzejima. Ovakvi sistemi su karakteristični po tome što troše vrlo malo struje, malih su dimenzija, (samim tim mogu biti ugrađeni bilo gde), i koriste softver otvorenog koda, koji omogućava projektantu sistema da sistem koji projektuje potpuno prilagodi problemu koji rešava. Idealni su za projekcije u muzejima, ali i na otvorenom, kada problem to zahteva. U ovom radu opisan je jedan takav sistem koji se prvenstveno koristi u muzejima, obrazovnim i kulturnim ustanovama, ali se može nadograditi za projekcije na otvorenom i predstavlja nadogradnju sistema opisanog u radu [1]. Sastoji se od dva Raspberry Pi mikroračunara, jednog ultrazvučnog senzora HC-SR04, jednog IR modula za kontrolu projektor, jednog LCD monitora i jednog LED projektor.

Sistem vrši projekciju digitalnog sadržaja sa USB fleš memorije kada detektuje osobu ispred sebe i može projektovati do 7 video snimaka. U ovom radu su detaljno opisane komponente sistema: Raspberry Pi, ultrazvučni

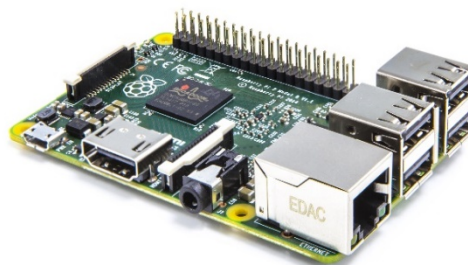
senzor HC-SR04, IR modul, kao i princip rada sistema, funkcionisanje skripti koje se izvršavaju na Raspberry Pi mikroračunarima i blok dijagram sistema.

II. ELEMENTI SISTEMA

Sistem sadrži jedan glavni i jedan pomoćni Raspberry Pi 2 model B mikroračunar, jedan ultrazvučni senzor tipa HC-SR04, IR modul za uključivanje i isključivanje projektor, LG PA1000 LED projektor, LCD monitor Fujitsu L-22T4, dijagonale 22 inča i bežičnu tastaturu Corto Mini WKB-01.

A. Raspberry pi 2 model b

Raspberry Pi 2 jedan je od najpoznatijih razvojnih mikroračunara veličine današnje kreditne kartice. Dolazi sa Broadcom BCM2836 ARMv7 4-jezgranim procesorom koji radi na 900MHz, 1GB DDR3 RAM memorije i Broadcom Video Core IV video memorije što čini ovaj mikroračunar veoma pogodnim za skoro bilo kakvu upotrebu u embedded sistemima. Pristupačna cena, dostupnost na tržištu, kao i mogućnost korišćenja popularnih distribucija Linux operativnih sistema koji podržavaju ovu arhitekturu su imali značajan uticaj u izboru ovog uređaja. Takođe BCM2836 ima mogućnost reprodukcije full HD 1080p video sadržaja, zbog hardverskog dekodiranja H.264 enkodiranog video materijala. Od konektora poseduje četiri USB 2.0 porta, Ethernet port, HDMI port, 3.5mm audio konektor i 46 pinski konektor sa I/O pinovima [2]. Na slici 1 prikazan je izgled Raspberry Pi 2 model B mikroračunara.



Slika 1. Raspberry Pi 2 model B mikroračunar. [3]

Aleksandar Zdravković i Nikola Vitanović su studenti osnovnih akademskih studija na modulu računarstvo i informatika na Elektronskom fakultetu u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš. E-mail: alexzed993@gmail.com, n.vitanovic@gmail.com.

B. Ultrazvučni senzor hc-sr04

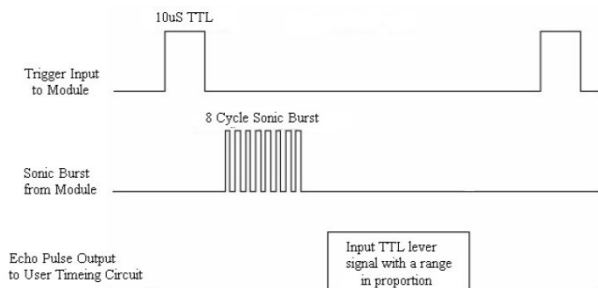
Ultrazvučni senzor HC-SR04 koristi sonar za određivanje udaljenosti do objekta. Jedan je od najčešće korišćenih senzora za beskontaktno merenje daljine sa visokom tačnošću merenja. Meri daljinu od 2cm do 400cm sa preciznošću i do 3mm [4]. Sastoji se od ultrazvučnog predajnika i ultrazvučnog prijemnika i kontrolne elektronike. Karakteristike senzora date su u tabeli I.

TABELA I
KARAKTERISTIKE HC-SR04 SENZORA

Radni napon	DC 5V
Radna struja	15mA
Radna frekvencija	40kHz
Maksimalni domet	4m
Minimalni domet	2cm
Ugao merenja	15°
Ulazni signal okidanja	10μs TTL
Izlazni signal eha	Ulazni signal TTL nivoa u zavisnosti od udaljenosti
Dimenzije	45x20x15mm

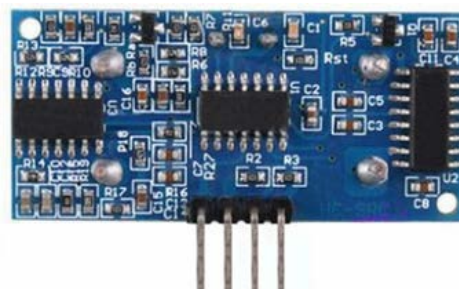
Princip rada senzora je sledeći. Za početak merenja najpre je potrebno dovesti 5V u trajanju od 10us na Trig pin senzora, nakon čega će senzor putem ultrazvučnog predajnika poslati 8 ultrazvučnih implusa frekvencije 40kHz i sačekati da se reflektovani impulsi vrte do senzora. Kada senzor detektuje ultrazvučni impuls na ultrazvučnom prijemniku postavlja Echo pin na nivo logičke jedinice u vremenskom periodu koji je proporcionalan rastojanju. Nakon isteka vremenskog perioda koji je proporcionalan rastojanju postavlja Echo pin na nivo logičke nule. Rastojanje se može izračunati formulom 1. Vremenski dijagram rada senzora dat je na slici 2.

$$d = \frac{t_{echo} \cdot 340 \frac{m}{s}}{2} [cm] \quad (1)$$



Slika 2. Vremenski dijagram ultrazvučnog senzora HCSR04. [4]

Izgled HC-SR04 ultrazvučnog senzora prikazan je na slikama 3 i 4.

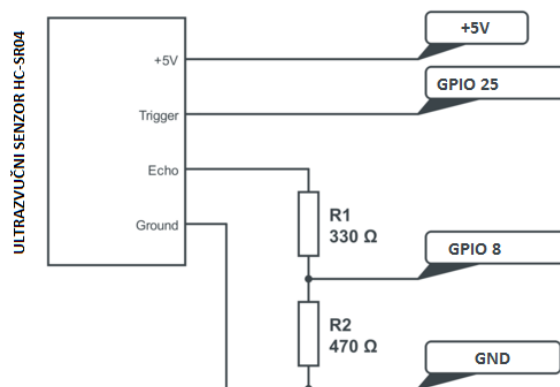


Slika 3. HCSR04 sa zadnje strane. [5]



Slika 4. HCSR04 sa prednje strane. [5]

Za povezivanje ultrazvučnog senzora HC-SR04 na Raspberry Pi mikroračunar iskorišćen je naponski razdelnik sačinjen od dva otpornika nazivnih vrednosti otpora 330Ω i 470Ω na pinu GPIO 8 u cilju zaštite mikroračunara od prenapona. Šema povezivanja ultrazvučnog senzora data je na slici 5.

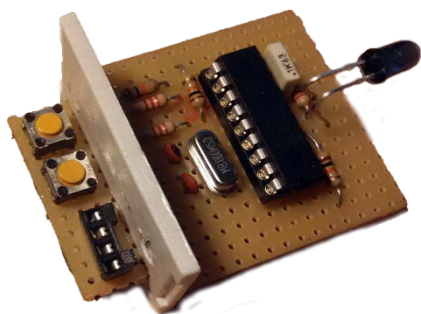


Slika 5. Blok šema povezivanja ultrazvučnog senzora HC-SR04 na Raspberry Pi mikroračunar.

C. Ir modul

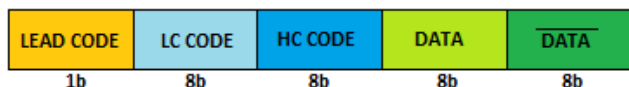
Jedan od ključnih delova ovog sistema je IR modul, koji omogućava da sistem radi duže i produžuje životni vek

projektor. IR modul za upravljanje projektor je jednostavan modul koji omogućava korisniku da poveže svoj uređaj i uključi ili isključi projektor bez korišćenja daljinskog upravljača projektor. Osnovne komponente koje čine modul su mikrokontroler PIC16F648A i IR LE dioda. Modul je realizovan da se ponaša kao klasični daljinski upravljač. Kontrolise se putem dva ulazna pina ili tastera. Dovođenjem logičke jedinice na ulazne pinove modula šalje se IR modulisan signal projektoru i time ga pokreće, gasi ili bira ulaz za projektor. Izgled IR modula dat je na slici 6.



Slika 6. IR modul za kontrolu projektor.

Da bi se vršila kontrola projektor IR signal mora biti modulisan. Time se znatno otežava proces očitavanja i slanja podataka, pa je jedan od većih problema prilikom izrade projekta bio snimanje, odnosno dekodiranje IR signala za daljinski upravljač LG projektor. Šema NEC (LG) protokola za IR prikazan je na slici 7.



Slika 7. NEC(LG) IR protokol za komunikaciju. [6]

Lead code - Startni signal; predstavlja početak IR rama. Vremenski dijagram startnog signala dat je na slici 8. Nakon startnog signala sledi sekvenca od 16 bitova koji su zapravo podeljeni na dva dela:

- “Low custom code”, prvih 8 bitova.
- “High custom code”, narednih 8 bitova.

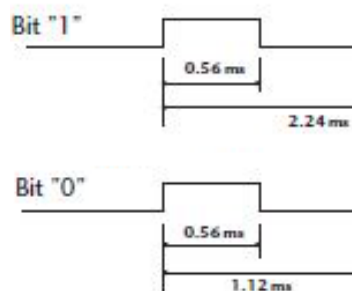
Sledećih 16 bitova su takođe grupisani u dve grupe i predstavljaju naredbe:

- Kod naredbe/tastera “Data”, 8 bitova.
- Komplement koda naredbe “Data complement”.

Ceo IR ram se sastoji iz navedene tri komponente dok su podaci koje sam uređaj čita 32-bitni, od toga prva grupa od 16 bitova je identifikacioni kod za uređaj a poslednja 16 bitova predstavljaju podatak koji taj uređaj tumači. Svaki bit u kodu je modulisan i traje tačno 1.12ms, ukoliko je logička 0 u pitanju, ili 2.24ms ako se prenosi logička 1. Ova trajanja prikazana su vremenskim dijagramom na slici 8 i 9.



Slika 8. Vremenski dijagram startnog signala. [6]



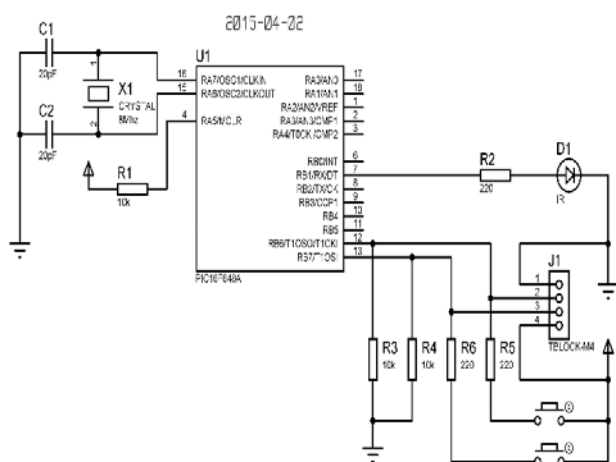
Slika 9. Vremenski dijagram bitova u kodu. [6]

Takođe, postoji i kod za ponovljenu komandu, -“repeat code”. On se šalje u slučaju da se dugme na daljinskom upravljaču zadrži duže. U tabeli II prikazan je tok događaja slanja IR komande LG projektoru.

TABELA II
SLANJE IR KOMANDE LG PROJEKTORU

R.b.	IR LE dioda	Trajanje [μs]	Operacija
1	High	9000	START
2	Low	4500	START
3	High	560	0
4	Low	560	0
5	High	560	1
6	Low	1680	1
7	Low	30000	PAUZA
8	High	9000	PAUZA
9	Low	2250	PAUZA
10	High	550	PAUZA

Električna šema IR modula prikazana je na slici 10.



Slika 10. Električna šema IR modula.

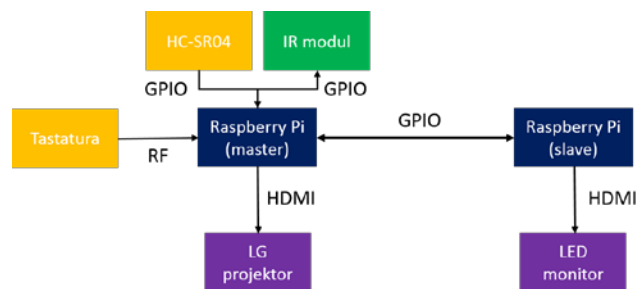
Programiranje mikrokontrolera PIC16F648A je odrađeno korišćenjem programskog paketa MikroC. Sam IR signal je veoma kritičan zbog modulacije, i zbog toga program mora raditi tačno. Izbegnuto je korišćenje dodatnih funkcija i procedura da bi kod bio što linearniji i jednostavniji za mikrokontroler. Kod se sastoji iz dve funkcije, koje po pozivu šalju željenu IR komandu. To je, ujedno, i najsloženiji deo koda. MikroC sam po sebi nema gotovu funkciju koja će na osnovu vrednosti promenljive pauzirati program željeni broj mikro sekundi. Zbog toga je napravljen poseban kod koji koristi funkciju *Delay_us(const)* i omogućava da se vreme čekanja pročita iz promenljive. Promena između logičke 1 i logičke 0 na IR diodi vršena je simulacijom pulсно širinske modulacije na pinu RB1 mikrokontrolera.

III. PRINCIP RADA SISTEMA

Multimedijalni sistem opisan u ovom radu organizovan je kao master-slave sistem. Master Raspberry Pi mikroračunar kontroliše uključivanje/isključivanje LED projektora, vrši merenje rastojanja uz pomoć ultrazvučnog senzora HC-SR04, kontroliše projekciju čitajući komande sa bežične tastature i prikazuje video preko projektora, dok slave Raspberry Pi mikroračunar samo vrši projekciju videa na monitoru. Između master i slave Raspberry Pi mikroračunara obezbeđena je sinhronizacija putem GPIO pinova, o kojoj će više reči biti u narednom odeljku, i koja je opisana u radu [7]. Komunikacija između komponenti sistema prikazana je blok dijagramom na slici 11.

Pri pokretanju master Raspberry Pi mikroračunara pokreću se i masterScript.sh, syncScript.sh BASH skripte kao i measure.py Python skripta [8]. Skripta masterScript.sh čita komande sa tastature, proverava ultrazvučni senzor HC-SR04 pozivanjem Python skripte measure.py na svake pola sekunde

i pokreće/prekida projekcije. Python skripta `measure.py` komunicira sa ultrazvučnim senzorom HC-SR04 putem GPIO pinova, upotrebom *WiringPi* biblioteke [9]. Najpre se postavi GPIO 25 na nivo logičke jedinice, zatim napravi pauza u trajanju od 10 μ s, nakon čega se GPIO 25 postavlja na logičku nulu, a zatim se meri vreme koje protekne od promene stanja na GPIO 8 pinu, nakon čega se računa rastojanje prema formuli 1. Ultrazvučni senzor HC-SR04. Eksperimentalno je ustanovljeno da kada se posetilac muzeja približi sistemu na rastojanje ispod 50cm, skripta `masterScript.sh` uključuje LG projektor postavljanjem GPIO pina 26 koji upravlja radom IR modula na nivo logičke jedinice držeći ga tako 1s, nakon čega ga ponovo postavlja na nivo logičke nule. Postupak je isti u slučaju da se korisnik udaljio više od 50cm od sistema. Kada je projektor uključen na ekranu ispred posetilaca muzeja, prikazuje se meni sa izborom video projekcije. Posetilac muzeja može birati projekciju strelicama gore - dole na tastaturi i pokretati željenu projekciju pritiskom tastera enter na tastaturi. Prekidanje projekcije vrši se, takođe, tasterom enter dok je projekcija u toku i tada slave Raspberry Pi mikroračunar izvršava `slaveScript.sh` BASH skriptu [8]. Skripta `slaveScript.sh` takođe se pokreće pri pokretanju slave Raspberry Pi mikroračunara. Njene funkcije su pokretanje video projekcije i komunikacija sa master Raspberry Pi mikroračunaram u cilju sinhronizacije sistema [6]. U slučaju da jedan od Raspberry Pi mikroračunara nije pokrenut, nije moguće vršiti projekcije. Zbog ograničenja Linux operativnog sistema da se sistemsko stablo može videti samo na Linux OS i vršiti kopiranje projekcija sa računara na memorijsku karticu Raspberry Pi mikroračunara u cilju projektovanja, sistem je modifikovan tako da pusta sadržaj sa USB Flash memorija. Na master i slave Raspberry Pi mikroračunar povezuje se USB Flash memorija koja sadrži projekcije i jednu tekstualnu datoteku sa nazivima projekcija koje se mogu prikazati. Izgled multimedijalnog sistema u toku testiranja i rada prikazan je na slikama 12 i 13, respektivno.



Slika 11. Blok dijagram sistema.



Slika 12. Sistem u toku testiranja.

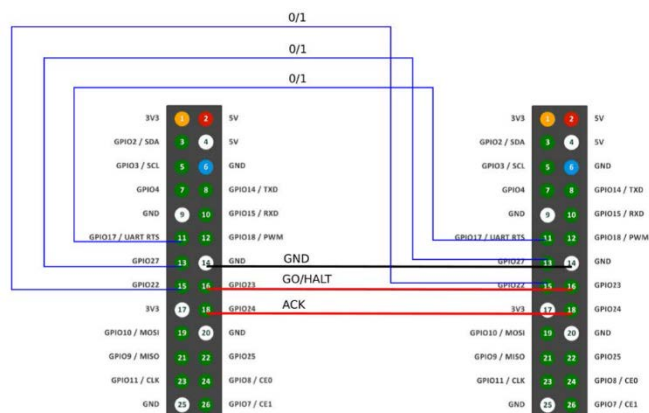


Slika 13. Sistem u toku rada u digitalnom mini muzeju grada [10].

IV. SINHRONIZACIJA PROJEKCIJA

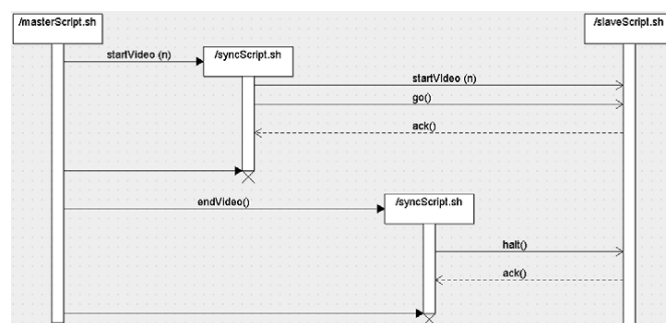
Multimedijalni sistem opisan u ovom radu za izvor audio i video signala koristi dva Raspberry Pi mikroracunara u cilju obezbeđivanja detaljnog i temeljnog uvida u informacije koje sistem pruža posetiocima muzeja [1] [7]. Da bi se postiglo željeno vizuelno iskustvo, obezbeđena je prostorna i vremenska sinhronizacija projekcija. Sinhronizacija sistema realizovana je organizacijom Raspberry Pi mikroracunara u master-slave sistem preko ručno izradene serijske

komunikacije na GPIO pinovima. Serijska komunikacija između mikroracunara prikazana je na slici 14.



Slika 14. Blok šema serijske komunikacije između mikroracunara.

Komunikacija između uređaja realizovana je putem pinova 14, 16, 18, 11, 13 i 15. GPIO pin 14 služi za masu dok preostali pinovi služe kao GPIO pinovi [2]. Sinhronizacija se vrši putem GPIO pinova 23 i 24 (GO/HAULT i ACK), dok se podaci o izabranoj projekciji prenose putem GPIO pinova 17, 22 i 27 (D0, D1, D2). Sinhronizacijom projekcija upravljaju BASH skripte na master i slave mikroracunarima, skripte masterScript.sh, syncScript.sh na master uređaju i skripta slaveScript.sh na slave uređaju. Sinhronizacija je detaljno opisana u radu [7]. Dijagram sekvence između master-slave uređaja prikazan je na slici 15.



Slika 15. Sekvencni dijagram komunikacije [7].

V. ZAKLJUČAK

Multimedijalni sistem opisan u ovom radu prikazuje kako se uz pomoć tehnologija, koje svakim danom napreduju, i znanja stečenom na Elektronskom fakultetu u Nišu, može promeniti način na koji muzeji današnjice pružaju

informacije posetiocima. Planovi za budući rad uključuju povezivanje Microsoft XBOX 360 Kinect-a u cilju interakcije posetioca muzeja sa multimedijalnim sistemom kao i poboljšanje protokola za sinhronizaciju, kako bi multimedijalni sistem koji je trenutno ograničen brojem projekcija na 7 mogao da pušta multimedijalni sadržaj ograničen samo kapacitetom USB Flash memorije ili drugog prenosnog medijuma.

ZAHVALNICA

Multimedijalni sistem opisan u ovom radu je podržan od strane Ministarstva nauke i obrazovanja Republike Srbije, pod brojem III44006 (2011-2015) i ON174026 (2011-2015). Uz pomoć ARhimedia grupe na čelu sa prof. dr Radomirom Stankovićem, profesorom Elektronskog fakulteta u Nišu, asistentima dr. Dušanom Gajićem i dr. Dušanom Tatićem realizovani sistem postavljen je u Digitalnom muzeju grada Niša, gde se može videti kako radi. Zahvaljujemo se profesoru Radomiru kao i asistentima Dušanu Gajiću i Dušanu Tatiću što su nam omogućili da se uključimo u realizaciju projekcionog sistema ARhimedia grupe, unapredimo sistem i doprinesemo razvoju muzeja Srbije.

LITERATURA

[1] Stanković, R. S., Tatić D., Gajić D. B., Gajić, N. B., Tatić, D., Ivanović, S., "System for multimedia presentations – An Inclined Projection Plane" (in Serbian), Technical Solution, Report No.

07/05-007/14-001, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Serbia, January, 2014.

[2] Informacije preuzete sa zvanične Raspberry Pi wikipedia strane na adresi: https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi, poslednji put pristupano 27. sept. 15.

[3] Slika preuzeta sa zvanične Raspberry Pi adrese: <https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-2-on-sale/>, poslednji put pristupano 27. sept. 15.

[4] Informacije preuzete iz zvanične dokumentacije ultrazvučnog senzora HCSR-04, dostupne na adresi: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>, poslednji put pristupano 27. sept. 15.

[5] Fotografija preuzeta sa web strane "United 7 technologies" na adresi <http://www.united77.com/Ultra.html>, poslednji put pristupano 27. sept. 15.

[6] LG 47LD650 Owners Manual strana 182, <http://www.lg.com/us/support-product/lg-47LD650>, poslednji put pristupano 28.09.2015

[7] Savić, N. D., Gajić, D. B., Stanković, R. S., "An Approach to Raspberry Pi Synchronization in a Multimedia Projection System for Applications in Presentation of Historical and Cultural Heritage", paper accepted for presentation at DIPP 2015, Veliko Tarnovo, Bulgaria, September 28 -30, 2015.

Link (conference website): <http://dipp2015.math.bas.bg/>

[8] Monk, S., *Raspberry Pi Cookbook: Software and Hardware Problems and Solutions*, O'Reilly, USA, 2014

[9] *wiringPi* - GPIO interfejs biblioteka za Raspberry Pi, dostupna na adresi: <http://www.wiringpi.com/>

[10] Fotografija preuzeta sa ARhimedia group facebook strane, dostupne na adresi:

<https://www.facebook.com/336500189783866/photos/pcb.651008801666335/651008778333004/?type=3&theater>, poslednji put pristupano 27. sept. 15.

Heart Electrical Activity Recording and Transmission using Bluetooth

Marjan Tričković, Nemanja Mišić, Borisav Jovanović

Abstract - Basic information about electrocardiography (ECG) is described in the paper, as well as a simple ECG monitoring system. This proposed system takes bio-potential signals using electrodes placed on the skin on arms and legs of the patient. The ECG system is comprised of bio-potential amplifiers, active filters, AD converter and block for digital signal processing. After being processed, digital signals are sent via Bluetooth communication to other devices for representation on and further analysis.

I. ELECTROCARDIOGRAPHY (ECG)

An electrocardiogram (ECG) is a recording of the heart electrical activity, which is monitored over a period of time. This is a common diagnostic method for heart activity examination, which quickly gives the accurate information about a patient's heart condition. The Fig. 1. presents a typical ECG recording.

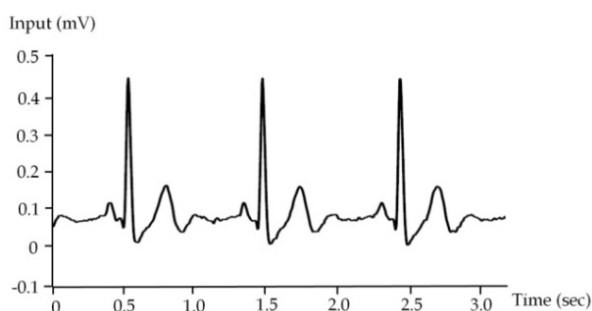


Fig. 1. Typical ECG waveform. [1]

An ECG is able to show every part of heart electrical activity. The heart muscles are controlled by electrical pulses, which are generated by SA node within heart. These pulses move across a heart, forcing heart to beat. The direction and amplitude of pulses are monitored using electrocardiogram [1].

ECG signals are acquired through a number of conductive electrodes, which are placed on the skin surface

Marjan Tričković and Nemanja Mišić are students of Electronics at Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: trickovic.m@gmail.com

Borisav Jovanović is with the Department of Electronics, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: borisav.jovanovic@elfak.ni.ac.rs

on both arms and legs. The standard ECG leads D1, D2, D3, aVR, aVL and aVF are obtained using limb electrodes. For precordial ECG leads (V1- V6) the electrodes are placed in specific positions on the patients' chest [1]. Namely, ten electrodes are used for a 12-lead standard ECG recording. In our less complex system only three 3 electrodes are used, producing a single ECG lead- the lead D1. The lead D1 amplifies the potential difference between left and right arm electrodes. The positions where electrodes are placed are shown in Figure 2 [1].

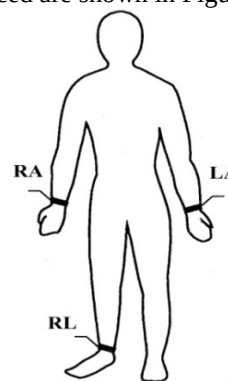


Fig. 2. Positioning of the electrodes.

The electrocardiogram contains several waves (shown in Figure 3) which are used to measure the rate and regularity of heartbeats, the size and position of the heart's chambers, the presence of any damage of the heart. The signals reveal various heart conditions such as heart attacks, heart rhythm problems, and heart failure. The ECG waveform consists of following components: P wave, T wave, QRS complex and ST segment (shown in Figure 3). The P wave occurs during atrium depolarization. QRS complex occurs during ventricular depolarization and T wave during ventricular re-polarization [2].

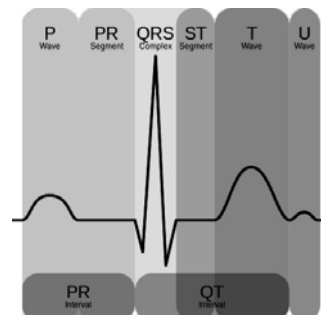


Fig. 3. Waves in typical ECG signal. [3]

The ECG signal intervals, which are significant for ECG diagnostics, are following:

- PR - indicates the time of onset of atrium contraction to the beginning of ventricular contraction,
- RT intervals showed muscle contraction (systole ventricle),
- TR interval showed muscle relaxation (diastole ventricle),
- QT interval, the time of ventricular activity including both polarization and depolarization,
- QRS width, complex occurs due to ventricular depolarization process [4].

The ECG lead D1 detects potential difference between left arm electrode ϕ_L and right arm electrode ϕ_R :

$$D_1 = \phi_L - \phi_R \quad (1)$$

The ECG lead D2 detects potential difference between left leg electrode ϕ_F and right arm electrode ϕ_R :

$$D_2 = \phi_F - \phi_R \quad (2)$$

The ECG lead D3 detects potential difference between left leg electrode ϕ_F and left arm electrode ϕ_R :

$$D_3 = \phi_L - \phi_F = D_2 - D_1 \quad (3)$$

Leads aVR, aVL and aVF are the augmented limb leads. Lead *Augmented vector right* (aVR) has the positive electrode on the right arm - ϕ_R . The negative pole is a combination of the left arm electrode ϕ_L and the left leg electrode ϕ_F :

$$aVR = \phi_R - \frac{1}{2}(\phi_L + \phi_F) \quad (4)$$

The Lead *Augmented vector left* (aVL) has the positive electrode on the left arm ϕ_L . The negative pole is a combination of the right arm electrode ϕ_R and the left leg electrode ϕ_F :

$$aVL = \phi_L - \frac{1}{2}(\phi_R + \phi_F) \quad (5)$$

The Lead *augmented vector foot* (aVF) has the positive electrode on the left leg ϕ_F . The negative pole is a combination of the right arm electrode ϕ_R and the left arm electrode ϕ_L :

$$aVF = \phi_F - \frac{1}{2}(\phi_R + \phi_L) \quad (6)$$

II. HARDWARE ARCHITECTURE AND DESIGN

This ECG device, which is shown in Figure 4, consists of following main blocks:

- hardware for analog signal's amplification and filtering,
- block for digital processing, within the microcontroller
- hardware driving the LED diode, which is turned on in the rhythm of heart rate
- the communication module for ECG signal transmission to external mobile devices
- software application which is installed on Android smart phone, displaying the ECG waveforms.

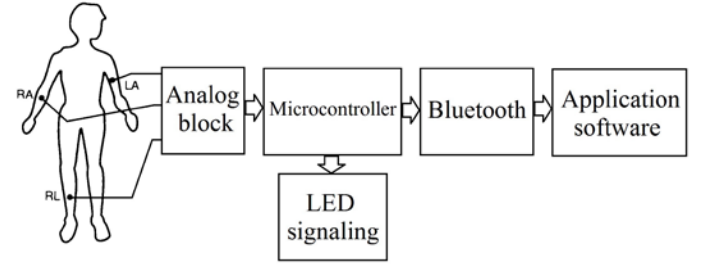


Fig. 4. General diagram of the ECG system.

A. Analog block (amplifiers and filters)

Biopotential ECG amplifier (shown in Figure 5.) is first processing circuit, which amplifies small ECG input signals having amplitudes less than 1 mV.

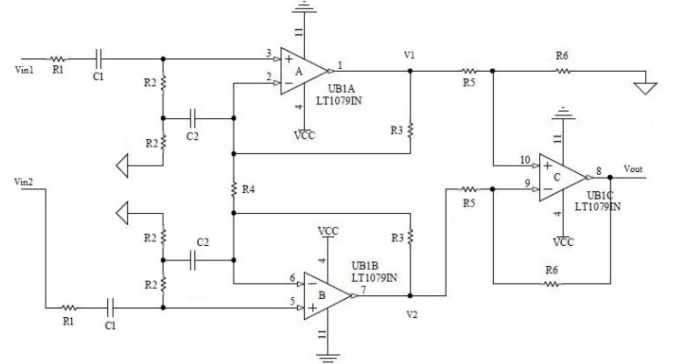


Fig. 5. Schematic of instrumentation amplifier.

Two things elect output value of the instrumentation amplifier [5]. First is careful selection of resistors in the circuit because they define amplification and second, subtraction of two input signals V_{in1} and V_{in2} . The first stage of ECG amplifier circuit is high pass filter and it is comprised of resistors R1, R2 and R3 and capacitors C1 and C2. The following stage is instrumentation amplifier consisting of operational amplifiers UB1A and UB1B, resistors R3, R4, R5 and R6. The high pass filter removes the DC offset in ECG signal, which is several hundred times greater than amplitudes of ECG signals.

Input signals in this system are amplified 550 times by inverting operational amplifiers UB1A and UB1B, so signals have enough large amplitude to be read by digital part of system.

Amplifier used for realization of instrumentation amplifier in this system is LT1079. Because of good characteristics such as high CMRR, high input resistance and very high amplification, this amplifier is appropriate for this system.

Once the signal is amplified, it needs to be filtered from power line signal noise. The Notch filter presented in Figure 6 is used for this purpose and has cut-off frequency equal to 50 Hz.

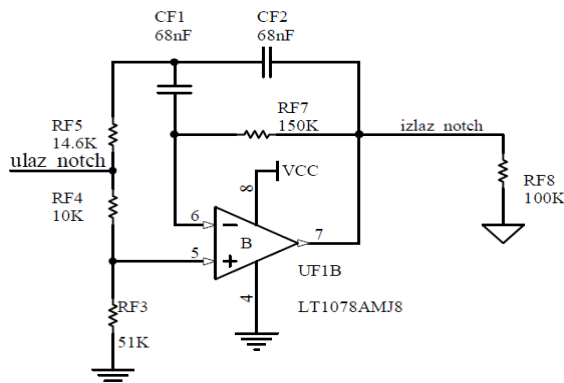


Fig. 6. Notch filter implementation.

The amplitude characteristic of Notch filter is given in Figure 7.

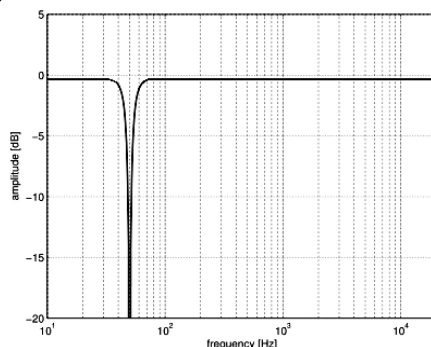


Fig. 7. Notch filter amplitude characteristic.

B. Microcontroller

The main processing block of proposed system is Microchip's microcontroller (μ C) 18F2520. The microcontroller is 8-bit processor with 28-pin housing of which 24 lines are I/O. The μ C makes conversion of an analog input signal to a corresponding 10-bit digital number, which allows us to use ECG digital values further in the system.

C. Bluetooth communication

The microcontroller gets analog signals from bio-potential amplifiers and converts them into digital domain

at sample rate, which is greater than the frequency maximum of ECG signal spectrum. Since the ECG signal upper cut-off frequency is equal to 40Hz, we have chosen the sampling rate of 250 Hz. The digital data have resolution of 10 bits.

After A/D conversion is completed, each 10-bit ECG sample is put into 6-byte package for Bluetooth data transmission. The package format is given in Figure 8.

Actually, the printed circuit board provides two methods of ECG signal transmission:

- Bluetooth
- USB

The communication between μ C and PC is possible through USB port, but in our project, we used only the Bluetooth to send data to Android smart phone device.

The Android smart phone takes ECG signals using the same 6-byte package format. From 6-byte package, the software extracts 10-bit ECG sample and displays the ECG waveform on the screen.

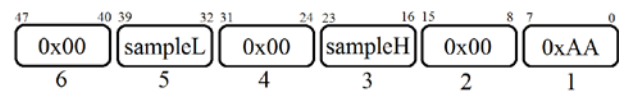


Fig. 8. Method of data packaging

The first byte of the package is the Start byte equal to hexadecimal value 0xAA. Since the AD converter has 10-bit resolution, 10 bits can not be written in 8-bit memory space. Therefore, the 10-bit ECG sample is divided into two bytes: 3 and 5 of the package. Eight most significant bits of ECG sample (the bit positions from 9 to 2) are put into Byte 3 of the package. The bits 1 and 0 are embedded into two most significant bits of the Byte 5 (shown in Figure 8).

D. QRS complex detection for LED blinking

The LED diode on the printed circuit board blinks in the rhythm of the heart. The diode is controlled by microcontroller's software.

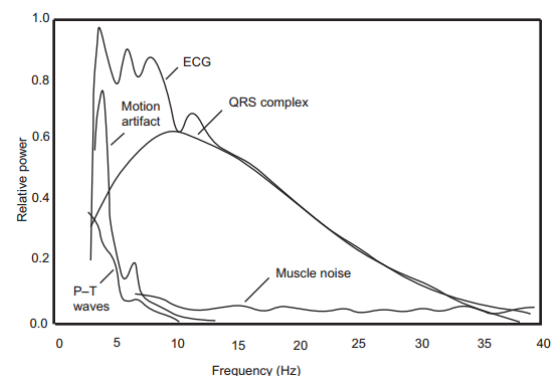


Fig. 9. Power spectra of QRS complex, P and T waves, muscle noise and motion artifacts based on an average of 150 beats.

The operations performed by microcontroller can be divided into following parts:

- digital filtering operations
- QRS complex detection algorithm
- LED diode driving

All these operations are executed using digital ECG signal samples.

At the very beginning, QRS signal needs to be separated from noise, because it contains very important information of heartbeat. We used algorithm proposed in [6]. The improvements of algorithm are described in [7]. Fig. 9 shows the power spectra of the ECG, QRS complexes, P and T waves, motion artifact, and muscle noise.

Based on our previous research, block diagram of signal filtering is shown in Figure 10.

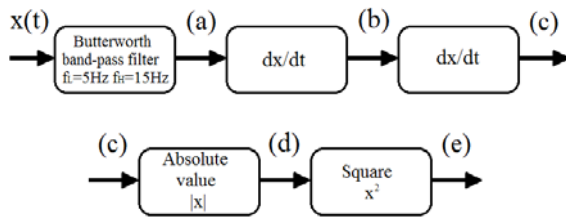


Fig. 10. Process of filtration of QRS complex.

First, we used Butterworth band-pass filter with cut-off frequencies of 5 Hz and 15 Hz, to extract QRS complex signal from noise. The output of filter is shown in Figure 11 a)). After filtration operation, the signal passes through two differentiator processing blocks (shown in Figures 11 b) and c)). The differentiators have to detect the part of the ECG signal with the maximum slope, which is present only in R waves. The absolute value is calculated (Figure 11 d)) and then, the signal is squared. The output signal is presented in Fig. 11 e).

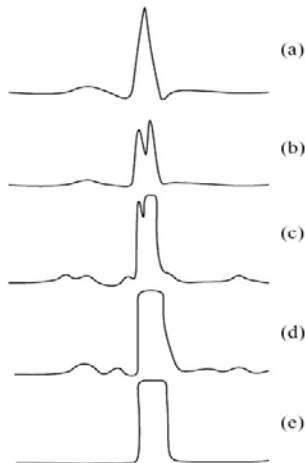


Fig.11. Various signals obtained during QRS interval filtration.

Each time a knoll appears in the ECG signal, the LED diode is turned on. The knoll is detected by comparing the signal with the threshold value SPKI, that is continuously updated. Within the interval of consecutive 250 samples, the maximum value PEAKI is determined, and the threshold SPKI is updated according to following equation:

$$SPKI = 0.25 * PEAKI + 0.75 * SPKI \quad (7)$$

The LED is turned on if the value of the output is higher than SPKI, and turned off if it is lower than SPKI.

III. CONCLUSION

An ECG monitoring system has been implemented, which consists of ECG amplifier circuit assembled on Printed circuit board, the microcontroller performing the digital signal processing and Android application running on smart phone. The ECG signals are acquired and shown at the phone display. The realization of the system is described in the paper. The system works well and it's very reliable. Also, it is safe for use, both for the patient and for medical professional. In applications where simple, portable and reliable ECG system is preferred, the proposed ECG monitoring system is an excellent solution.

REFERENCES

- [1] R. M. Rangayyan, Biomedical Signal Analysis – A Case-Study Approach, New York, Wiley-IEEE Press, 2002.
- [2] Z. Amin, S. Ilias, Z. Mohamad, "ECG monitoring system using bluetooth technology", Journal of Department of Electrical Engineering, Malaysia, 2012
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Electrocardiography>
- [4] G. Clifford, F. Azuaje and P. McSharry, Advanced Methods and Tools for ECG Data Analysis, MA, 2006, Artech House, Inc. Norwood.
- [5] J. H. Nagel, Biopotential Amplifiers, the Biomedical Engineering Handbook: Second Edition, 2000, CRC Press LLC.
- [6] J. Pan and W. J. Tompkins 1985 "A real-time QRS detection algorithm", IEEE Trans. Biomed. Eng., 1985, vol. 32, pp. 30–36.
- [7] B. Jovanović, V. Litovski, I. Manic, M. Pavlović, "QRS Complex Detection Based Ecg Signal Artefact Discrimination", FACTA UNIVERSITATIS, Series: Electronics and Energetics, 2015, vol. 28, pp. 571 – 584.

Uvažavanje regulacionih transformatora kod proračuna tokova snaga

Miloš Stevanović

Sadržaj - Rad se bavi proračunom tokova snaga u elektroenergetskom sistemu Srbije 400 kV i 220 kV, pri čemu su regulacioni transformatori u mreži modelovani II zamenskom šemom.

I. UVOD

Regulacioni transformatori vrše regulaciju napona i tokova reaktivnih snaga u prenosnim i distributivnim mrežama. Regulacija napona se može vršiti bez opterećenja i pod opterećenjem. U prvom slučaju jednostavnije je tehničko rešenje, jer se promena broja navojaka vrši u beznaponskom stanju, odnosno transformator se izvodi iz pogona. Kod regulacije napona pod opterećenjem, podrazumeva se promena broja navojaka višenaponskog namotaja. Regulacija napona je diskontinualna i relativno spora, a sprovodi se korak po korak uz pomoć automatskih regulatora napona.

Regulacioni transformatori se u elektroenergetskim mrežama susreću kao dvonamotajni i tronamotajni. Kod tronamotajnih regulacionih transformatora, u nekim slučajevima tercijar napaja potrošnju ili sopstvenu potrošnju transformatorske stanice, dok je u nekim slučajevima tercijar u praznom hodu. Tipičan regulacioni transformator koji se susreće u našim distributivnim mrežama je $110 \pm 11 \times 1,5\% / 36,75/10,5 \text{ kV/kV/kV}$ sprege $Y_N y_n 0d5$. Takođe, regulacionih transformatora ima na svim naponskim nivoima. U našim mrežama kod transformatora $10/0,4 \text{ kV/kV}$ regulacija napona se vrši bez opterećenja, dok kod ostalih transformatora ($400/220 \text{ kV/kV}$, $400/110 \text{ kV/kV}$, $110/35 \text{ kV/kV}$, $35/10 \text{ kV/kV}$), regulacija se vrši pod opterećenjem (ne isključuje se potrošnja).

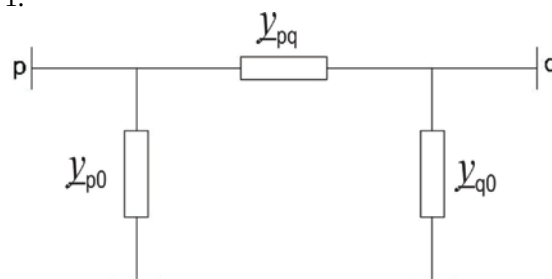
Regulacioni transformatori mogu izazvati naponsku nestabilnost, zbog povećanih reaktivnih snaga u mreži [1-3]. Reaktivne snage dovode do povećanja struje, a samim tim i do većih padova napona.

U ovom radu je regulacioni transformator predstavljen II zamenskom šemom. II zamenska šema je pogodna za modelovanje elemenata elektroenergetskog sistema, jer ne unosi dodatne čvorove u zamenskoj šemi sistema koji se analizira.

Miloš Stevanović, Katedra za energetiku Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: inzmisa@gmail.com

II. II ZAMENSKA ŠEMA REGULACIONOG TRANSFORMATORA

Regulacioni transformator kao element EES-a ponaša se kao promenljiva impedansa. On se može modelovati II zamenskom šemom, kao što je prikazano na slici 1.



Sl. 1. Zamenska II šema regulacionog transformatora.

Odgovarajući parametri II zameske šeme sa slike 1 su:

$$y_{pq} = tY_T \quad (1)$$

$$y_{p0} = (1 - t)Y_T \quad (2)$$

$$y_{q0} = t(t - 1)Y_T \quad (3)$$

gde je:

Y_T – admitansa (provodnost) transformatora (recipročna vrednost impedanse transformatora Z_T) pri nominalnom odnosu transformacije;

t - nenominalni odnos transformacije regulacionog transformatora.

$$t = 1 + n\Delta t \quad (4)$$

U relaciji (4), n je pozitivan ili negativan ceo broj koji određuje položaj regulacione sklopke. Obično je $n = \pm(10 \div 12)$ za regulacione transformatore pod opterećenjem, dok je $n = \pm(1 \div 2)$ za regulaciju u beznaponskom stanju. Znak *minus* ispred n ukazuje na smanjenje broja navojaka, a znak *plus* na povećanje. Sa Δt je označen diskretni stepen u relativnom sistemu jedinica. Kod naših transformatora je obično $\Delta t = 0,015$ ili $\Delta t = 0,0125$ (što za $n = 10$ daje regulacioni opseg od 15% ili 12,5%).

III. NEWTON – RAPHSONOV ITERATIVNI POSTUPAK ZA PRORAČUN TOKOVA SNAGA PRI UVAŽAVANJU REGULACIONOG TRANSFORMATORA

Newton – Raphsonov metod je veoma efikasan metod za rešavanje nelinearnih jednačina, pri čemu se jednačina svodi na oblik $f(x) = 0$.

Primena Newton – Raphsonovog postupka za proračun tokova snaga bazira se na izrazima za aktivnu i reaktivnu snagu injektiranja u hibridnom obliku:

$$P_i(\vec{X}) = U_i^2 G_{ii} + U_i \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^N U_k (G_{ik} \cos(\theta_i - \theta_k) + B_{ik} \sin(\theta_i - \theta_k)) \quad (5)$$

$$Q_i(\vec{X}) = -U_i^2 B_{ii} + U_i \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^N U_k (G_{ik} \sin(\theta_i - \theta_k) - B_{ik} \cos(\theta_i - \theta_k)) \quad (6)$$

U_i , U_k , θ_i , θ_k – moduli i uglovi fazora napona u čvorovima i i k , respektivno.

$$Y_{ik} = G_{ik} + jB_{ik} \quad (7)$$

Y_{ik} – admitansa na mestu ik u matrici admitansi (bus matrici)

Matrica admitansi daje vezu između vektora injektiranih struja u čvorove mreže i vektora napona čvorova. Matrica admitansi čvorova je kvadratna matrica. Njeni dijagonalni elementi Y_{ii} se određuju kao suma svih admitansi koje se susreću u tom čvoru, uključujući i otočne admitanse, dok su vandijagonalni elementi Y_{ik} negativne vrednosti admitanse grane koja povezuje čvorove i i k ($Y_{ik} = -y_{ik}$). Ako nema fizičke veze između dva čvora onda su ovi elementi nula.

Oznake koje će na dalje biti korišćene:

SL – balansno – referentni čvor;

PU – generatorski (naponsko – kontrolisani) čvor – poznata je aktivna snaga injektiranja P i moduo napona U , a nepoznata je reaktivna snaga Q i fazni stav fazora napona θ ;

PQ – potrošački čvor – poznate su aktivna i reaktivna snaga injektiranja P i Q , a nepoznate moduo napona U i fazni stav fazora napona θ ;

N_{PU} – broj generatorskih čvorova;

N_{PQ} – broj potrošačkih čvorova;

N_{rt} – broj regulacionih transformatora.

Na osnovu jednačina (5) i (6) i činjenice da je aktivna snaga injektiranja poznata u svim PU i PQ čvorovima, a reaktivna snaga injektiranja u svim PQ čvorovima dolazi se do sistema $N - 1 + N_{PQ}$ jednačina, koji je u matričnoj formi dat sledećom relacijom:

$$\vec{f}(\vec{X}) = \begin{bmatrix} P_i^{sp} - P_i(\vec{X}) \\ - - - - \\ Q_i^{sp} - Q_i(\vec{X}) \end{bmatrix} = \vec{0} \quad (8)$$

$\vec{P}^{sp} = [P_2^{sp} \ P_3^{sp} \ \dots \ P_N^{sp}]^T$ – vektor (poznatih) specificiranih aktivnih snaga injektiranih u čvorovima mreže,

$\vec{P}(\vec{X}) = [P_2(\vec{X}) \ P_3(\vec{X}) \ \dots \ P_N(\vec{X})]^T$ – vektor aktivnih snaga injektiranih u čvorovima mreže kao funkcija vektora nepoznatih promenljivih $\vec{X}$,

$\vec{Q}^{sp} = [Q_{N-N_{PQ}+1}^{sp} \ Q_{N-N_{PQ}+2}^{sp} \ \dots \ Q_N^{sp}]^T$ – vektor (poznatih) specificiranih aktivnih snaga injektiranih u čvorovima mreže,

$\vec{Q}(\vec{X}) =$

$[Q_{N-N_{PQ}+1}(\vec{X}) \ Q_{N-N_{PQ}+2}(\vec{X}) \ \dots \ Q_N(\vec{X})]^T$ – vektor aktivnih snaga injektiranih u čvorovima mreže kao funkcija vektora nepoznatih promenljivih $\vec{X}$.

Na osnovu Π šeme regulacionog transformatora sa slike 1, zaključuje se da se promenom prenosnog odnosa menjaju vrednosti elemenata u matrici admitansi čvorova $[Y_{\vec{c}v}]$ koji odgovaraju čvorovima p i q , odnosno na pozicijama pp , pq , qp , qq . Samim tim, konsatuje se da odgovarajući elementi matrice admitansi čvorova zavise od nenominalnog odnosa transformacije t . Snage injektiranja zavise od elemenata matrice admitansi čvorova, pa se može zaključiti da zavise i od nenominalnog odnosa transformacije t . Zbog toga se uvodi vektor prenosnih odnosa regulacionih transformatora $\vec{t}$ čija je dimenzija jednaka broju regulacionih transformatora. Za vektor nepoznatih promenljivih $\vec{X}$ se dobija sledeće:

$$\vec{X} = \begin{bmatrix} \vec{\theta} \\ \vec{U} \\ \vec{t} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$\vec{\theta} = [\theta_2 \ \theta_3 \ \dots \ \theta_N]^T$ – vektor nepoznatih uglova fazora napona čvorova,

$\vec{U} = [U_{N-N_{PQ}+1} \ U_{N-N_{PQ}+2} \ \dots \ U_N]^T$ – vektor nepoznatih modula fazora napona čvorova,

$\vec{t} = [t_1 \ t_2 \ \dots \ t_{N_{rt}}]^T$ – vektor nepoznatih prenosnih odnosa regulacionih transformatora.

Za ovako definisan vektor nepoznatih promenljivih $\vec{X}$ Jakobijeva matrica je:

$$[J] = - \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \theta} & | & \frac{\partial P}{\partial U} & | & \frac{\partial P}{\partial t} \\ - & & - & & - \\ \frac{\partial Q}{\partial \theta} & | & \frac{\partial Q}{\partial U} & | & \frac{\partial Q}{\partial t} \end{bmatrix} \quad (10)$$

a priraštaj nepoznatih promenljivih je:

$$\begin{bmatrix} \Delta \vec{\theta} \\ \Delta \vec{U} \\ \Delta \vec{t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \theta} & | & \frac{\partial P}{\partial U} & | & \frac{\partial P}{\partial t} \\ - & & - & & - \\ \frac{\partial Q}{\partial \theta} & | & \frac{\partial Q}{\partial U} & | & \frac{\partial Q}{\partial t} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta \vec{P} \\ \Delta \vec{Q} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Ukoliko regulator napona u nekoj iteraciji dostigne svoj granični položaj, izvodi aktivnih i reaktivnih snaga po promenljivoj t u tom čvoru su jednaki nuli, pa se u narednoj iteraciji izuzima treća kolona u Jakobijevoj matrici za taj čvor.

$$\vec{X}^{(v+1)} = \vec{X}^{(v)} + \Delta \vec{X}^{(v)}, \quad (12)$$

gde je:

$$\Delta \vec{X}^{(v)} = -[J(\vec{X}^{(v)})]^{-1} \vec{f}(\vec{X}^{(v)}) \quad (13)$$

U relacijama (12) i (13) je:

$\vec{X}^{(v)}$ - vektor nepoznatih promenljivih stanja u v - oj iteraciji;

$J(\vec{X}^{(v)})$ - Jakobijeva matrica prvih izvoda u v - oj iteraciji;

$\Delta \vec{X}^{(v)}$ - vektor priraštaja nepoznatih promenljivih stanja u v - oj iteraciji;

$\vec{X}^{(v+1)}$ - vektor nepoznatih promenljivih stanja u $v + 1$ - oj iteraciji;

Iterativni postupak se prekida kada su ispunjeni sledeći uslovi:

$$|P_i^{sp} - P_i(\vec{X})| \leq \varepsilon, \quad i = 2, \dots, N \quad (14)$$

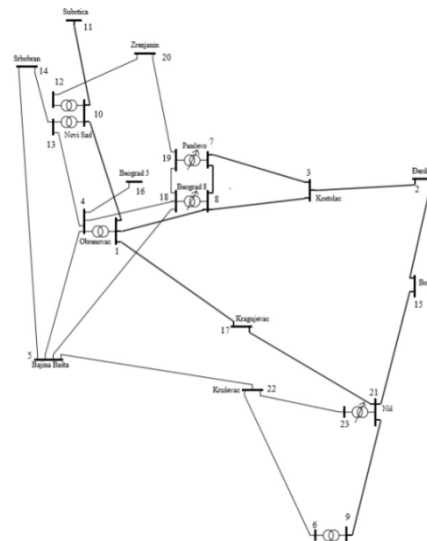
i

$$|Q_i^{sp} - Q_i(\vec{X})| \leq \varepsilon, \quad i = N + N_{PQ} - 1, \dots, N \quad (15)$$

IV. PRIMENA PRORAČUNA TOKOVA SNAGA

Newton – Raphsonov metod za proračun tokova snaga sa uvažavanjem regulacionih transformatora, primenjen je na uprošćeni elektroenergetski sistem 400 kV i 220 kV EPS-a, koji je šematski prikazan na slici 2. Regulacioni transformatori su modelovani II zamenskom šemom.

Ovim sistemom su obuhvaćeni svi 400 kV čvorovi (ukupno 11) i 12 čvorova 220 kV realnog sistema EPS-a, dok su svi čvorovi nižih naponskih nivoa zanemareni, kao i svi spojni vodovi sa susednim elektroenergetskim sistemima.



Sl. 2. Šematski prikaz uprošćenog elektroenergetskog sistema 400 kV i 220 kV EPS-a.

Snage generisanja u čvorovima razmatrane mreže odgovaraju generisanjima ekvivalentnih generatora, formiranih na osnovu podataka svih generatora vezanih u tim čvorovima, kao i generatora priključenih na čvorove odgovarajućeg dela niženaponske mreže, čime su u razmatranje uzeti svi generatori sistema EPS-a. Snage potrošnje u čvorovima niženaponske mreže pridružene su snagama potrošnje čvorova razmatranog dela sistema. Veze sistema sa susednim sistemima su modelovane konstantnim aktivnim i reaktivnim injektiranjima u graničnim čvorovima sistema EPS-a. Svi podaci o snagama generisanja i potrošnje u pojedinim čvorovima razmatranog uprošćenog sistema, proračunati na osnovu realnog stanja na dan 18.03.1997. god. u 16 časova, kao i odgovarajući podaci o specificiranim naponima i željenim naponima iza regulacionih transformatora dati su u tabeli 2.15a. ([10], 169. strana). Željeni naponi iza regulacionih transformatora su čvorovi Beograd 8 (220), Pančevo 220 i Niš.

Podaci za vodove i transformatore, izraženi su u relativnim jedinicama i prikazani u tabelama 2.15b i 2.15c, respektivno, ([10], 170. strana). Bazna snaga je SB=100 MVA, a bazni napon UB = 400 kV. Ovi parametri elektroenergetskog sistema EPS-a, predstavljaju realne parametre postojećih elemenata. Regulacioni transformatori su prenosnog odnosa transformacije $400 \pm 12 \times 1,25\% / 220 \text{ kV/kV}$ odnosno prenosni odnos transformacije u relativnim jedinicama se kreće u intervalu (0,85 – 1,15).

Potrebno je odrediti napone pojedinih čvorova, prenosne odnose transformacije regulacionih transformatora, snage generatora, kao i tokove snaga po pojedinim vodovima i transformatorima za dato stacionarno stanje sistema iz Tabele II.

Primenom Newton – Raphsonovog metoda za proračun tokova snaga pri uvažavanju regulacionih transformatora, na EES Srbije dobijena su rešenja posle 31 iteracije, sa zadatom tačnošću 10^{-4} . Kriterijum izlaska iz iteracije je da apsolutne vrednosti razlika injektiranih aktivnih snaga svih generatorskih i potrošačkih čvorova, kao i apsolutne vrednosti razlika injektiranih reaktivnih snaga svih potrošačkih čvorova, budu manje od zadate tačnosti ((14) i (15)). Izvršenjem programskog koda dobijaju se računski prenosni odnosi regulacionih transformatora koji su dati u Tabeli I.

Na osnovu računskih prenosnih odnosa regulacionih transformatora određuju se stvarni prenosni odnosi regulacionih transformatora, tako što se izabere odgovarajući položaj regulatora napona za koji je stvarni prenosni odnos regulacionog transformatora najbliži računskom prenosnom odnosu. S obzirom da jedan diskretan korak ovih regulacionih transformatora 1,25 % (0,0125 relativnih jedinica, skraćeno r.j.) dobijaju se stvarni prenosni odnosi koji su dati u Tabeli I.

$$\text{Niš: } 1 - K\Delta t = 1 - 1 \cdot 0,0125 = 0,9875$$

$$\text{Pančevo: } 1 - K\Delta t = 1 - 4 \cdot 0,0125 = 0,95$$

$$\text{Beograd 8: } 1 - K\Delta t = 1 - 8 \cdot 0,0125 = 0,9$$

TABELA I

PRORAČUNATE VREDNOSTI PRENOSNIH
ODNOSA REGULACIONIH TRANSFORMATORA SA ZADATOM
TAČNOŠĆU 10^{-4}

Regulacioni transformatori					
Čvor <i>p</i>	Čvor <i>q</i>	Naziv TS	Računski prenosni odnos	Stvarni prenosni odnos	Položaj regulatora napona
21	23	Niš	0,9842	0,9875	-1
7	19	Pančevo	0,9447	0,95	-4
8	18	Beograd 8	0,894	0,9	-8

Na osnovu stvarnih prenosnih odnosa regulacionih transformatora izvršenjem računarskog koda dobijaju se vrednosti napona, aktivnih i reaktivnih snaga injektiranja. Proračunate vrednosti napona čvorova, snaga generisanja i potrošnje Newton – Raphsonovim metodom za proračun tokova snaga pri uvažavanju regulacionih transformatora data su u Tabeli II.

TABELA II

PRORAČUNATE VREDNOSTI NAPONA ČVOROVA, SNAGA GENERISANJA U SL ČVORU I REAKTIVNIH SNAGA U PU ČVOROVIMA
NEWTON-RAPHSONOVIM POSTUPKOM SA ZADATOM TAČNOŠĆU 10^{-4}

Broj čvora	Naziv čvora	$U_{\text{željeno}} [\text{r.j.}]$	$U_{\text{stvarno}} [\text{r.j.}]$	$\theta [^\circ]$	$P_G [\text{r.j.}]$	$Q_G [\text{r.j.}]$	$P_p [\text{r.j.}]$	$Q_p [\text{r.j.}]$
1	Obrenovac 400	1,0075	1,0075	0	12,0483	5,8759	0,000	0,000
2	Đerdap	1,05	1,05	3,352	6,75	1,8737	1,000	0,300
3	Kostolac	1,005	1,005	-0,3373	3,49	2,4808	2,398	0,980
4	Obrenovac 220	0,975	0,975	-2,5453	5,53	0,3919	2,735	1,210
5	Bajina Bašta	0,97	0,97	1,4647	11,11	-0,2303	4,760	1,570
6	Kosovo 220	0,975	0,975	-4,4673	4,36	0,8742	4,330	1,690
7	Pančevo 400	-	0,9822	-1,5147	0	0	0,240	0,070
8	Beograd 8 (400)	-	0,9779	-1,4428	0	0	0,000	0,000
9	Kosovo 400	-	0,9891	-4,238	0	0	1,080	0,120
10	Novi Sad 400	-	0,9824	-2,6803	0	0	0,910	0,310
11	Subotica	-	0,9727	-4,5122	0	0	1,825	0,565
12	Novi Sad 220A	-	0,9719	-5,438	0	0	0,783	0,277
13	Novi Sad 220B	-	0,9341	-3,9466	0	0	1,242	0,490
14	Srbobran	-	0,8923	-3,1385	0	0	2,400	0,766
15	Bor	-	1,0304	0,1028	0	0	1,377	0,500
16	Beograd 5	-	0,9631	-4,171	0	0	5,586	1,430
17	Kragujevac	-	1,0148	-1,7814	0	0	1,080	0,100
18	Beograd 8 (220)	1	0,9969	-5,0056	0	0	5,400	3,320
19	Pančevo 220	1	0,9965	-5,3389	0	0	1,670	0,650
20	Zrenjanin	-	0,9668	-7,0438	0	0	1,305	0,470
21	Niš 400	-	1,0119	-2,3352	0	0	0,468	0,290
22	Kruševac	-	0,9532	-5,9773	0	0	2,140	0,905
23	Niš 220	1	0,9979	-3,9796	0	0	0,000	0,000

Iz Tabele II se vidi da se stvarni naponi iza regulacionih transformatora neznatno razlikuju od željenih napona iza regulacionih transformatora. Ta razlika je reda veličine 10^{-3} u relativnim jedinicama. To je posledica činjenice da se stvarni prenosni odnosi regulacionih transformatora neznatno razlikuju od računskih prenosnih odnosa (Tabela I).

Iz Tabele II se vidi da se u velikoj meri postigla regulacija napona u čvorovima iza regulacionih transformatora (Beograd 8 (220), Pančevo 220 i Niš 220). Ukoliko se u ovim čvorovima ne bi vršila regulacija, izvršenjem programskog koda se dobijaju naponi u ovim čvorovima bez regulacionih transformatora. Ovi naponi su dati u Tabeli III.

TABELA III

VREDNOSTI NAPONA ČVOROVA IZA REGULACIONIH TRANSFORMATORA SA I BEZ REGULACIJE NAPONA

Broj čvora	Naziv čvora	$U_{sa RT}$	$U_{bez RT}$
18	Beograd 8 (220)	1	0,9489
19	Pančevo 220	1	0,9563
23	Niš 220	1	0,9899

Tokovi snaga po vodovima i transformatorima proračunati na osnovu kompleksnih vrednosti napona čvorova (modula fazora napona i uglova fazora napona iz Tabele II) dati su u Tabelama IV, V, VI i VII, redom.

TABELA IV

VREDNOSTI TOKOVA SNAGA PO 400 kV VODOVIMA SISTEMA DOBIJENE NA OSNOVU VREDNOSTI FAZORA NAPONA ČVOROVA IZ TABELA II

Čvor i	Čvor j	P_{ij} [r.j.]	Q_{ij} [r.j.]	S_{ij} [r.j.]
400 kV				
15	2	-3,5485	-0,9793	3,6812
2	15	3,5675	0,7134	3,6381
2	3	2,1825	0,8602	2,3459
3	2	-2,1659	-1,544	2,6599
3	7	2,0962	1,881	2,8164
7	3	-2,0887	-2,0501	2,9267
3	8	1,1616	1,1639	1,6444
8	3	-1,1564	-1,5644	1,9454
7	8	-0,1691	0,8183	0,8356
8	7	0,1695	-0,9283	0,9436
1	8	2,6194	2,5424	3,6503
8	1	-2,6071	-2,6578	3,723
17	21	0,3555	-0,311	0,4723
21	17	-0,3552	-0,443	0,5678
1	17	1,4397	-0,7199	1,6097
17	1	-1,4355	0,211	1,4509
21	9	1,3569	0,4482	1,429
9	21	-1,3513	-1,0565	1,7153
21	15	-2,1625	-0,9299	2,354
15	21	2,1715	0,4793	2,2238
1	10	5,0179	1,8112	5,3348
10	1	-4,9926	-2,4855	5,5771
10	11	1,8306	0,2129	1,8429
11	10	-1,825	-0,565	1,9105

TABELA V

VREDNOSTI TOKOVA SNAGA PO 220 kV VODOVIMA SISTEMA DOBIJENE NA OSNOVU VREDNOSTI FAZORA NAPONA ČVOROVA IZ TABELA II

Čvor i	Čvor j	P_{ij} [r.j.]	Q_{ij} [r.j.]	S_{ij} [r.j.]
220 kV				
13	14	-0,1664	1,5035	1,5127
14	13	0,1795	-1,4747	1,4856
13	4	-0,3756	-0,4899	0,6173
4	13	0,3808	0,3997	0,5521
12	20	0,767	0,0103	0,7671
20	12	-0,7638	-0,0511	0,7655
19	20	0,5462	0,3458	0,6465
20	19	-0,5412	-0,4189	0,6844
18	19	0,2011	-0,0414	0,2053
19	18	-0,2009	-0,0081	0,2011
4	18	1,1902	-0,9043	1,4948
18	4	-1,1777	0,9016	1,4832
4	5	-1,4212	0,2807	1,4487
5	4	1,4399	-0,462	1,5122
14	5	-2,5795	0,7087	2,6751
5	14	2,8669	-0,8033	2,9773
5	18	0,8583	-0,4196	0,9554
18	5	-0,8389	0,331	0,9018
4	16	5,6141	1,4459	5,7973
16	4	-5,586	-1,43	5,7661
5	22	1,1848	-0,1154	1,1904
22	5	-1,1588	-0,0255	1,1591
22	23	-0,6823	-0,6406	0,9359
23	22	0,6921	0,5985	0,9150
6	22	0,3011	0,1064	0,3193
22	6	-0,2989	-0,2389	0,3826

TABELA VI

VREDNOSTI TOKOVA SNAGA KROZ TRANSFORMATORE SISTEMA DOBIJENE NA OSNOVU VREDNOSTI FAZORA NAPONA ČVOROVA IZ TABELA II

Čvor i	Čvor j	P_{ij} [r.j.]	Q_{ij} [r.j.]	S_{ij} [r.j.]
10	12	1,5509	0,3654	1,5934
12	10	-1,55	-0,2873	1,5764
10	13	0,7011	1,5973	1,7444
13	10	-0,7	-1,5036	1,6586
1	4	2,9713	2,2423	3,7224
4	1	-2,969	-2,0401	3,6024
9	6	0,2713	0,9365	0,9750
6	9	-0,2711	-0,9221	0,9611

TABELA VII

VREDNOSTI TOKOVA SNAGA KROZ REGULACIONE TRANSFORMATORE SISTEMA DOBIJENE NA OSNOVU VREDNOSTI FAZORA NAPONA ČVOROVA IZ TABELA II

Čvor i	Čvor j	P_{ij} [r.j.]	Q_{ij} [r.j.]	S_{ij} [r.j.]
Regulacioni transformatori				
21	23	0,6928	0,6347	0,9396
23	21	-0,6921	-0,5985	0,915
7	19	2,0179	1,1619	2,3285
19	7	-2,0153	-0,9877	2,2443
8	18	3,594	5,1505	6,2805
18	8	-3,5845	-4,5112	5,7619

U ovom radu je regulacioni transformator predstavljen Π zamenskom šemom. Ovo unosi određene izmene u Newton – Raphsonovom iterativnom postupku za proračun tokova snaga jer snage injektiranja u čvorove mreže između regulacionih transformatora zavise od nenominalnog odnosa transformacije t . Zbog toga se uvodi vektor prenosnih odnosa regulacionih transformatora $\vec{t}$. Takođe i elementi u matrici admitansi čvorova $[Y_{\vec{v}}]$ koji odgovaraju čvorovima između kojih su regulacioni transformatori, zavise od prenosnih odnosa odgovarajućih regulacionih transformatora.

Gubici snage u mreži iz poglavlja IV za stacionarno stanje iz Tabele II su (0,5593 – j4,7463) p.j., što znači da su gubici aktivne snage 0,5593 p.j., odnosno 55,93 MW, a gubici reaktivne snage -4, 7463 p.j., odnosno -474,63 MVar. Znak minus kod reaktivne snage znači da je u mreži generisano 474,63 MVar reaktivne snage. Ovo generisanje reaktivne snage u mreži je posledica slabo opterećenih vodova, t.j. vodovi su uglavnom opterećeni ispod prirodne snage prenosa.

VI. DODATAK

Deo programskog koda koji je korišćen za proračun tokova snaga je dat u nastavku.

```
%Formiranje Ybus matrice
for k=1:n
    for l=k+1:n
        if Zgr(k,l)~=0
            Ygr(k,l)=1/(Zgr(k,l));
            Bot(k,l)=0.5*bot(k,l);
        end
    end
end
for k=1:n
    for l=1:n
        if k~=l
            Ygr(l,k)=Ygr(k,l);
            Bot(l,k)=Bot(k,l);
        else
            Ygr(k,l)=0;
            Bot(k,l)=0;
        end
    end
end
for k=1:n
    for l=1:n
        if k~=l
            Ybus(k,l)=-Ygr(k,l);
        else
            Ypom(k,l)=0;
            for m=1:n
                Ybus(k,l)=Ypom(k,l)+Ygr(k,m)+Bot(k,m);
            end
            Ypom(k,l)=Ybus(k,l);
        end
    end
end
Ybus_bez_RT=Ybus;
for k=1:nrt
    Ybus(p(k),p(k))=Ybus_bez_RT(p(k),p(k))+Yt(k);
    Ybus(p(k),q(k))=Ybus_bez_RT(p(k),q(k))-t(k)*Yt(k);
    Ybus(q(k),p(k))=Ybus_bez_RT(p(k),q(k));
    Ybus(q(k),q(k))=Ybus_bez_RT(q(k),q(k))+t(k)*t(k)*Yt(k);
end
Ybus
```

Ovaj rad je deo master rada “Uvažavanje regulacionih transformatora kod proračuna tokova snaga” napisanog pod mentorstvom prof. dr Dragana Tasića kome se autor posebno zahvaljuje na korisnim savetima.

LITERATURA

- [1] M. S. Čalović, A. T. Sarić, Osnovi analize elektroenergetskih mreža i sistema, Akademski misao, Beograd, Tehnički fakultet, Čačak, 2004.
- [2] M. S. Čalović, Regulacija elektroenergetskih sistema; Tom 2 - Regulacija napona i reaktivnih snaga, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1997.
- [3] D. Tasić, N. Rajaković, Uticaj potrošnje na naponsku nestabilnost elektroenergetskog sistema, Edicija Monografije, Elektronski fakultet, Niš, 2000.
- [4] Antonio Gomez – Exposito, Antonio J. Conejo, Claudio Canizares, Electric energy systems Analysis and operation, CRC Press 2009.
- [5] N. Rajaković, Analiza elektroenergetskih sistema I, Elektrotehnički fakultet i Akademski misao, Beograd, 2002.
- [6] N. Rajaković, Analiza elektroenergetskih sistema II, Akademski misao, Beograd, 2008.
- [7] D. Tasić, Analiza elektroenergetskih mreža i sistema, Edicija Osnovni udžbenici, Elektronski fakultet, Niš, 2010.
- [8] R. L. Sullivan, Power System Planning, Mc Graw-Hill, New-York, 1977.
- [9] J. Arrillaga, C. P. Arnold, Computer analysis of power systems, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, John Wiley and Sons 1990.
- [10] N. Rajaković, M. Čalović, P. Stefanov, A. Savić, 100 rešenih zadataka iz analize elektroenergetskih sistema, Akademski misao, Beograd, 2002.

Induction Motor Control using CANopen Network

Dženita Seferović, Jasmina Memić

Abstract — Induction motor is more than a century the most important engine driver in the industry and other applications in constant speed drives. Also, the development of power electronics increases its application in variable speed drives. Today in the automated process industry drives commonly used frequency converters for rotational speed of those engine management. Therefore, the objective of this work is based on the modular Twido PLC with CANopen module TWDLMDA20DRT to manage Altivar 71 motorcycle over frequency converters. The speed, as well as start/stop commands are determined by digital inputs of Twido PLC.

I. INTRODUCTION

As well as in all other spheres of life and in industrial systems, the need for communication is growing. Programmable controllers led to drastic changes in the mode of production. They enable a simple and flexible automation of production processes. There are a large number of types of communication network of custom specific requirements of industrial systems. In our case, it's not for a complex industrial system, but is used for asynchronous motor, that is used everywhere in the industry for the most diverse tasks. The best management of an induction motor is achieved by frequency converter which on the other hand has the capability of networking, so it can be connected to the device driver or a programmable controller.

Therefore, the aim of this paper is to achieve communication of programmable logical controller (PLC) with frequency converter based on the received information, which manages the asynchronous motor. Communication between PLC and frequency converter is accomplished by using the CANopen communication network. CANopen communication offers very great opportunities in terms of the reliability of the data as well as transfer possibilities of communicating a lot of large number of devices. To transfer the information from controller to inverter, you need to program the controller in the appropriate manner, depending on what kind of information we receive on their digital inputs.

For forwarding information to the digital inputs, we have achieved the control logic that consists of a few switches, which performs engine management: running of motor, speed selection and etc. Software support for programming PLCs and configure the above communication is TwidoSuite. Principled system scheme is shown in Figure 1.

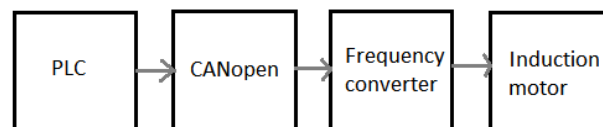


Fig 1. The principle scheme of system.

II. THE HARDWER STRUCTURE OF THE SYSTEM

Hardware components used for this investigation are:

- Modular Twido PLC-TWDLMDA20DRT
- TWDNC01M CANopen communication module
- Frequency converter Schneider Electric Altivar 71 ATV71HU15M3
- 3-phase induction motor with the sliding rounded rotor.

A. Twido Modular TWDLMDA20DRT

With regard to this PLC belongs to the group of modular consists of several modules which are located inside the chassis, which is the call of the rex. In the rex there are slots for storing modules that consist of elements for mounting modules and connectors on the back panel through which the rex connected to a common bus modules.

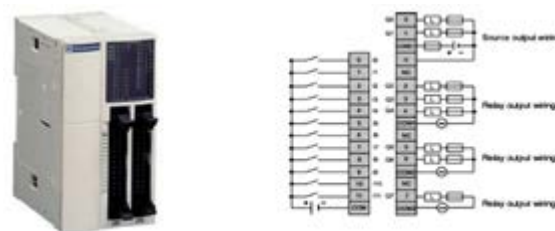


Fig 2. The appearance of TWDLMDA20DRT and mode controller make.

Some of main characteristics of this PLC are [1]: power supply 24 V DC, 12 digital inputs, 8 digital outputs, can be added up to 7 extension modules (including analog and communications). Programming is possible to perform in 3 kinds of programming languages: ladder language (LD), the initialization list (IL), sequential function chart (SFC). The controller and the wiring are shown in Figure 2.

B. Communication module TWDNC01M

CANopen communication module TWDNC01M represents a " master CANopen " who controls the main bus on which is possible to bind a 16 " slave " device. The specificity of this module is that it requires a power supply of 24 V externally, so it doesn't use the power supply that is

Dženita Seferović is with the Department of Automation and Control, Faculty of Electrical Engineering, University of Sarajevo, Zmaja od Bosne b.b, 71 000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, E-mail: dseferovic1@etf.unsa.ba

Jasmina Memić is with the Department of Automation and Control, Faculty of Electrical Engineering, University of Sarajevo, Zmaja od Bosne b.b, 71 000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, E-mail: imemic1@etf.unsa.ba

plugged in to a common bus of modular PLC [2]. To connect to the glory of CD-ROMs used port labeled 3 in Figure 3. This port is adapted to CAN standard. Meaning of individual CAN pins is given in Table I.

TABLE I
THE MEANING OF EACH PIN OF THE COMMUNICATION CONNECTOR
TWDNC01M

Label	Signal	Description
1	Unused	Reserved
2	CAN_L	CAN low line
3	CAN_GND	Ground
4	Neiskorišten	Reserved
5	CAN_SHLD	Optional CAN protection
6	GND	Optional ground
7	CAN_H	CAN high line
8	Neiskorišten	Reserved
9	CAN_V+	Not connected

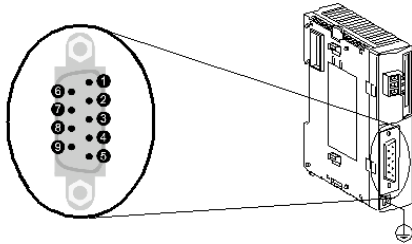


Fig 3. Communication connector Pins TWDNC01M.

C. Altivar 71

Altivar 71 (ATV71HU15M3) represents a frequency converter produced by Schneider Electric, Altivar series ATVxx, whose strengths range from 0.35 kW to 45kW for power supply and from one phase 0.75 kW up to 500kW for three-phase power supply [3]. It is a high-voltage converter of excellent performance, open to all communication protocols (Modbus, CAN, Ethernet, Profibus, etc.). The device itself has a large number of built-in functions that provide great features of speed and torque to the management of textile machinery, packaging and etc. In Figure 4 we see the Altivar 71 has a corresponding interface that allows easy use of the device. With a couple of buttons it is possible to navigate through the menus of devices, make the settings of certain parameters or perform certain functions.



Fig 4. Altivar 71 and its GUI.

To manage the inverter using the PLC over some of the network must be offered in settings to choose which network is active and the channels through which is passed a command and reference value. For easier operation and use there is a status line at the top of the display where current information can always be read for example: active network, default and current speed, the status of the inverter.

D. Induction motor

Asynchronous or induction (electro) engine has a rotating part (the rotor) to which the electrical power is transmitted contactless (induction) by action of rotary magnetic field created of a system of multiphase current in stator. Rotational speed of the rotor is different from the speed of rotation of the stator field from which is derived the name asynchronous. The difference, the so-called speed slip, is the key size in theory of action and the transfer of energy in the machine [4].

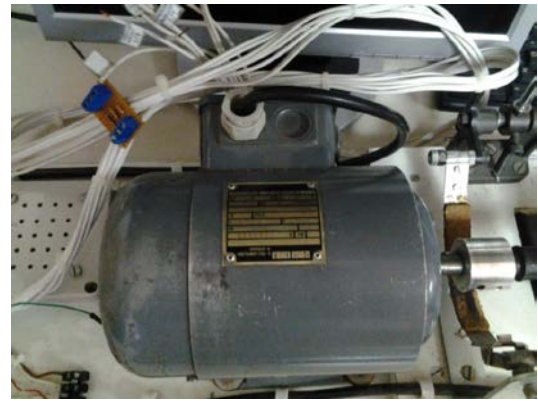


Fig 5. Induction motor used in the implementation of the project.

Motor slip is asynchronous occurrence that the rotor spins at the speed of rotation, which is always less than the synchronous, i.e. is less than the speed of the spin of the magnetic field. Asynchronous motor used for this project is shown in Figure 5. Nominal data of this engine are given in Table II.

TABLE II
BASIC INFORMATION ABOUT THE USED ENGINE

Producer	Georgh Kobold, Germany
Type	3-phase induction motor with slip ring rotor
Voltage	220/380 V
Power	0.37 kW
Nominal current	1.05 A
Nominal peak current	1.85 A
Nominal rotation speed	1400 rev/min
Insulation class	B - maximum allowed temperature of rated load is 130 °C

III. SOFTWARE SUPPORT

The functionality of the whole system is based on software that manages the operation of the PLC, and thus the other devices in the system. The Twidosuite software version 2.2 is used for the programming of the controller. It is a graphical, development environment for creating, configuring, and maintaining applications for Twido Telemecanique controllers. It allows programming with different types of languages and transferring application from a computer to the controller.

IV. CANOPEN COMMUNICATION NETWORK

CAN (Controller Area Network) is a communication protocol that is most commonly encountered in industrial networks. It was developed in the early eighties of the last century for management of applications in the automotive industry [4]. With regard to this protocol only includes the first two layers of the OSI reference model (physical layer and data link), it requires a higher level protocol that would have leaned on it to allow full communication with devices on the network. In the 1990s CANopen protocol was developed for the embedded systems management in automatic control. Communication profiles are given in the CANopen CiA 301 specification, issued by CAN in Automation, the International Association of users and manufacturers [5]. This protocol implements the layers above the network layer and lower layers most commonly used the CAN. One of the main features of CANopen networks is the existence of Object dictionary which actually represents a table where configuration and process data are stored. All devices in the CANopen network must implement this dictionary. There are two communication mechanism for access the data in the object dictionary PDO and SDO. The mechanism of the direct access to the object dictionary is a Service Data Object (SDO). Node whose dictionary access is allowed is called a SDO server, and node that access the object dictionary to get data is SDO client and he is the one who initiates the data transfer.

The second type of data that supports the CANopen Protocol is Process Data Object (PDO). The PDO represents the data that is exchanged in time as they get in, for example signal from a sensor or controller. With regard to SDO communication allows access only to the one dictionary index at one point, access to the data that are constantly changing would very soon brought to the congestion and waiting times. Because of this, the CANopen protocol supports principle in which node can send data without the approval of the master node. So, for the transfer of process data another method is used, which is called a PDO Transfer Protocol [6].

Considering the fact that in our work CANopen communication takes place between Altivar 71 and controller, and that data coming from controller to the frequency inverter can be changed in the time, PDO objects were used. Considering the fact that we were using advanced functions-macros, not directly write PDO messages, those are automatic

generated. The appearance of these messages shown in TwidoSuite is shown in Figure 6.

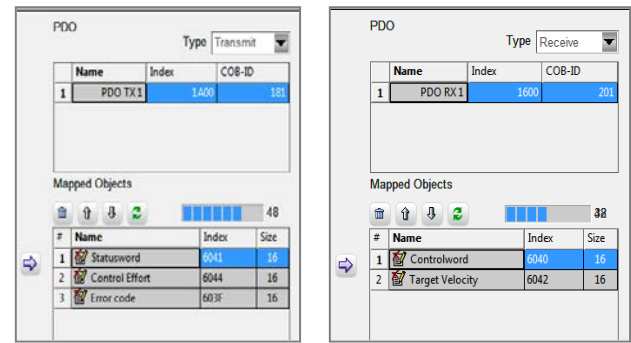


Fig 6. PDO message that sends and receives Altivar 71 in TwidoSuite program.

V. SYSTEM REALIZATION

The realization of this study consists of three phases:

- **Phase 1** – making a program in the programming environment and its switching on the PLC
- **Phase 2** – the setup of frequency inverter Altivar 71
- **Phase 3** – physical connecting device.

A. Development of the program in TwidoSuite programming environment

After initial steps that include creating a project and its appointment, you need to add all the elements of the system in Describe tab of program:

Bases-Compact – TWDLMDA20DRT

Expansion Modules – Communication Expansion – CANopen – TWDNCO1M

Network Elements – Elements – Drives and CANopen Motor Control-ATV71_V 1.1 – BASIC_ATV71

The appearance of tab Describe after adding necessary elements is shown in Figure 7.

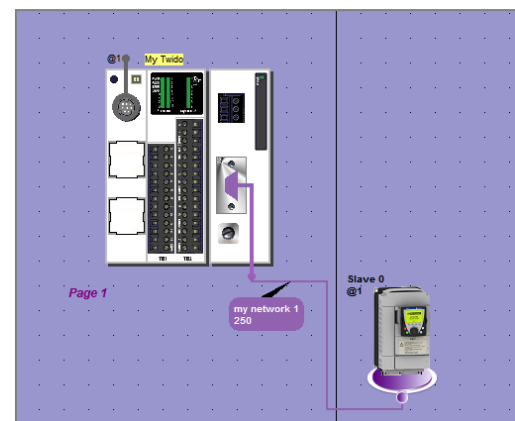


Fig 7. Added elements in the TwidoSuite Describe tab.

After adding the elements, their connection and network parameters configuration should be provided. Particular attention should be paid to the parameter transmission speed, considering that this value should be set to the frequency converter. Now, we consider tab Program. Before writing, it is necessary to include macros that will help achieve control of induction motor.

It is necessary to mark one drive that we use (of your own choice), enter the appropriate network address of Altivar71 in the CANopen network and mark the box next to the tool D_MANAGER.

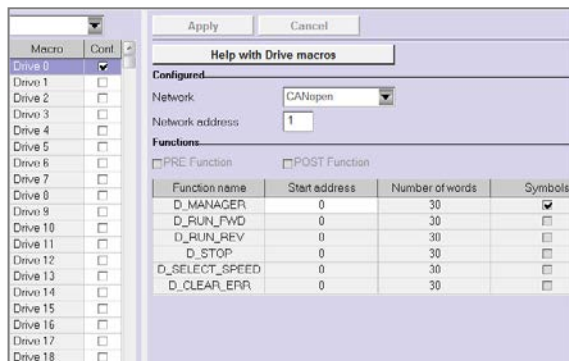


Fig 8. Marking the use of appropriate Macros.

In the practical implementation we used five digital inputs of PLC in order to achieve the proper behavior of the engine. Used values and their meaning are given in Table III.

TABLE III
THE MEANING OF USED DIGITAL INPUT

Input	Value	Meaning
3	log „1“	Communication established
4	log“1“	Speed 1350 rev/min
5	log“1“	Stopping the motor
6	log „1“	Speed 850 rev/min
7	log „1“	Inverse direction of motor rotation

For all of entrances in Table III except the defined speed opposite meaning is specified. For example, if the signal was brought log "0" on the entry which means stop of the engine – engine will not be stopped. If it is brought signal log "0" to the input that indicates the inverse direction of rotation of the engine, engine will be spinning in a direct way. On the right side of the program that is reserved for the exits, they are usually used relay outputs, we will use a special Macros and functions. Macros defined function (MDF) is a group of instruction which aims to facilitate the process of programming. In the Macro drive there are the following functions [7]:

- D_MANAGER – is the main function of this macro that allows the work of Altivar and controls its status.

This function controls and manages the following statuses:

- D_STATE – provides information about the existence of errors and the direction of rotation of the engine
- D_CANSTATE – provides information about the state of the CANopen network
- D_ERROR – returns information about the last error that occurred
- D_SETPOINT_MODE – indicates the method that is used to set the speed
 - D_SETPOINT_MODE 0 – rotational speed is giving over the variables D_SETPOINT
 - D_SETPOINT_MODE (1-7) - selects one of seven entered in advance in the converter speed
- D_SETPOINT — sets the value of the speed
- D_SELECT_SPEED – returns the order of rotation speed that has been set up with the D_SETPOINT
- D_RUN_FWD - indicates the order of rotation of the motor in direct direction
- D_RUN_REV – indicates the order of rotation of the engine in an inverse direction
- D_STOP – sets the stop mode of Altivar 71
- D_CLEAR_ERR - the delete function errors

After explanation of all these functions, writing a program in the form of Ladder Diagram is provided.

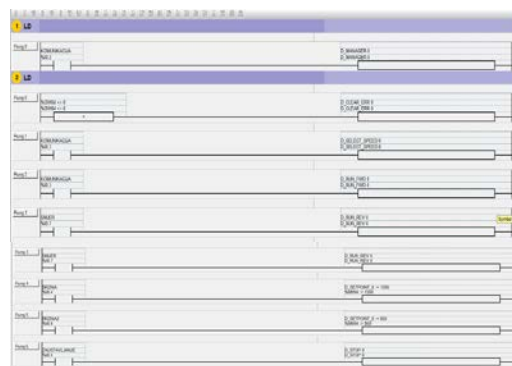


Fig 9. Ladder Diagram of realized program.

The Program starts with establishing communication, or by enabling the work of Altivar 71 using the functions D_MANAGER. Zero indicates the selected Macro Drive.

Then, there is usual deletion of possible errors made previously. In the third rung, default direction of rotation of the engine is set. So, if communication is established, the default direction of rotation will be direct. In the next step sets up inverse the direction of rotation of the engine if it is on the input 7 brought the value of the log "1". If this is not the case, it will remain the default direct direction of rotation. In the following two rungs, engine speed is set by assigning the D_SETPOINT_0 value of speed at which engine will be spinning when you run the function D_SELECT_SPEED 0. In the last step, stopping of motor is done, if it is on the entry 5 brought the value of log "1", otherwise the engine will continue spinning speed at direction that are the default in the previous steps.

B. Altivar 71 Setup

For the realization of this task, it is necessary to set certain parameters of this inverter. Special attention should be paid to the settings that correlate to the choice of referential channels, ways of communication as well as the parameters of the engine. Here are listed the appropriate settings in the submenu of the main menu the frequency inverter Altivar 71.

TABLE IV
APPROPRIATE SETTINGS OF ALTIVAR

Command	
Ref. 1 channel	CANopen
RV Inhibition	No
Stop key priority	Yes
Profile	Not separated
Ref. 2 switching	Ch2 active
Ref. 2 channel	CANopen
Copy channel 1 - 2	No
F1 – F4 key assignment	No
HMI cmd	Stop

Motor control	
Standard motor freq.	50 Hz IEC
Rated motor power	0.40 kW
Rated motor voltage	230 A
Rated motor current	2.0 A
Rated motor freq.	50.0 Hz
Rpm increment	X1 rpm
Rated motor speed	1420 rpm
Max. frequency	60.0 Hz
Auto tuning	No
Automatic autotune	No
Auto tuning state	Not done
Output phase rotation	ABC
Motor control type	SVC V
Vector control 2pt	No
IR compensation	100 %
Slip compensation	100 %
ENA system	No
Sinus filter	No
Switching frequency	4.0 KHz

C. Physical device connection

For program's implementation and describing of its functionality it is necessary to connect the devices in the appropriate manner, using the appropriate cables.



Fig 10. Connection your computer and PLC-TWDLMDA20DRT.

The computer and the PLC are connected by a multifunctional cable TSXPCX1031 with physical interface RS232 and RS485. Modular Twido TWDLMDA20DRT and CANopen communication module are connected via expansion connectors, which are located on the side of the module.



Fig 11. Connection of TWDNC01M and TAP VW3CANTAP.

For connection of CANopen and Altivar 71 TWDNC01M adapter VW3VANTAP on the TAP is used, that plugs the cable that connects the CANopen module TSXCANCD50 with adapter and VW3CANCARR03 cable that connecting the Altivar with adapter.



Fig 12. Connection the TAP VW3CANTAP and Altivar 71.

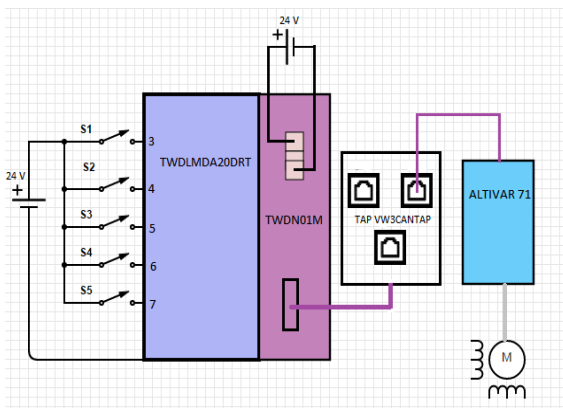


Fig 13. Connecting scheme of entire system.

In addition to connection of main units, switches also must be connected to the appropriate inputs of PLC. The simplified layout of the whole system is shown in Figure 13. After this stage, performing and bringing power to all devices, the program loaded into the controller can be run and the system is ready to perform the task.

VI. CONCLUSION

The aim of this work was to manage asynchronous motor with frequency converter and the PLC using the CANopen communication protocol. Based on the realized system, we

have seen that with the help of the mentioned components this management can be done in a very simple way, regardless of all the difficulties encountered once in managing such a complex machine. In the realization of software applications a macro functions that are used to set some of the more complex functions, such as setting the operation mode and error handling, helped a lot. Further extension work could be focused on giving commands in some other way, for example with the HMI, it would be easier and more intuitive, but it would be necessary to realize one more type of communication.

REFERENCES

- [1] Twido programmable controllers, Schneider electric, Telemehanique department 2005.
- [2] Canopen_basics Schneider electric, Telemehanique department 2005.
- [3] Documentation of Altivar71 „Altivar71“, Schneider electric, Telemehanique department 2005.
- [4] Krešimir Miklošević, „Asinhroni stroj – uvod“, Faculty of Electrical Engineering Osijek
- [5] http://canopen-solutions.com/canopen_ed3_en.html
- [6] <http://www.nikhef.nl/pub/departments/ct/po/doc/CANopen30.pdf>
- [7] "Twido_and_Altivar_with_CANopen_EN" System User Guide Schneider electric 2005.

Similarity between two songs (Finding the most similar songs)

Dženita Seferović

Abstract - This document serves to introduce the reader in to the field of similarities between two signals (songs), specifically finding the most similar songs as will be mentioned in this paper. The main method described herein will revolve around the well known matched filter which is a logical choice since the main goal is to detect a certain template within the input signal.

I. INTRODUCTION

Measuring the similarity of two musical pieces is difficult. Most importantly, two songs that are similar to two lovers of jazz, might be very different to somebody that doesn't listen to jazz. It is inherently an ill-posed problem. Still, the task is important. Listeners want to find songs or just melody that are related to a song they like.

Matched filtering involves the projection of an unknown wave form onto a known template; cross correlation is used to determine the translation (in time or space) required to bring one wave form into alignment with another.

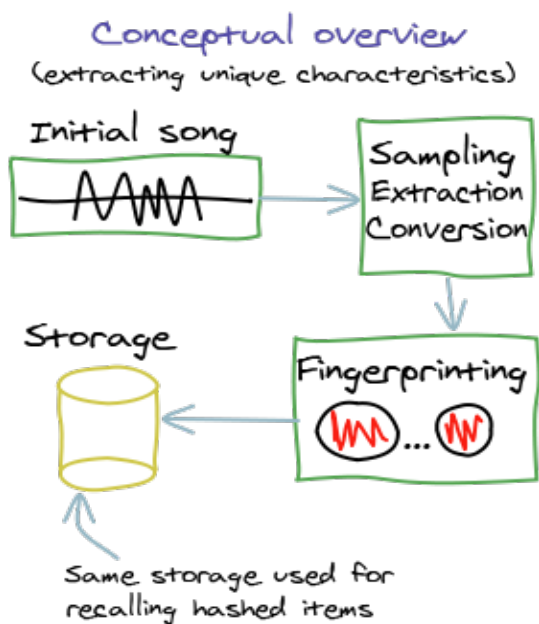


Fig 1. Conceptual overview.

Dženita Seferović [dseferovic1@etf.unsa.ba] is with the Department of Automation and Control, Faculty of Electrical Engineering, University of Sarajevo, Zmaja od Bosne b.b, 71 000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, E-mail:[dseferovic1@etf.unsa.ba]

Cross correlation is typically implemented using detect-then-localise and process an output function in either the time or frequency domain. Peaks in these function are used to identify the most likely lag. The wrong lag may be selected in the presence of multiple sources, background noise etc.

In our experiment we will see that similarity between song and the template which is part of that song is the highest possible, also the template extracted from another song gives us the lowest similarity.

Also, we tested our experiment by adding a noise and it gave us the results we expected.

II. SONG RECOGNITION

A. History

As we all know, the Shazam Entertainment, Ltd. was started in 2000 with the idea of providing a service that could connect people to music by recognizing music in the environment by using their mobile phones to recognize the music directly. The algorithm had to be able to recognize a short audio sample of music that had been broadcast, mixed with heavy ambient noise, subject to reverb and other processing, captured by a little cellphone microphone, subjected to voice codec compression, and network dropouts, all before arriving at servers.

The algorithm also had to perform the recognition quickly over a large database of music with nearly 2M tracks, and furthermore have a low number of false positives while having a high recognition rate. [1]



Fig 2. Shazam simbol.

B. Basic principle of operation

First we generate a spectrogram for the song. The spectrogram is a 3 dimensions graph: the horizontal (X) axis shows us the time dimension, the vertical (Y) axis is

the frequency and the third dimension is represented by color intensity and it represents the amplitude of a certain frequency. So basically, a dot on the graph will represent the volume of a certain sound at a certain time in the song. A darker point means that the specific sound (frequency) is louder than a lighter point.

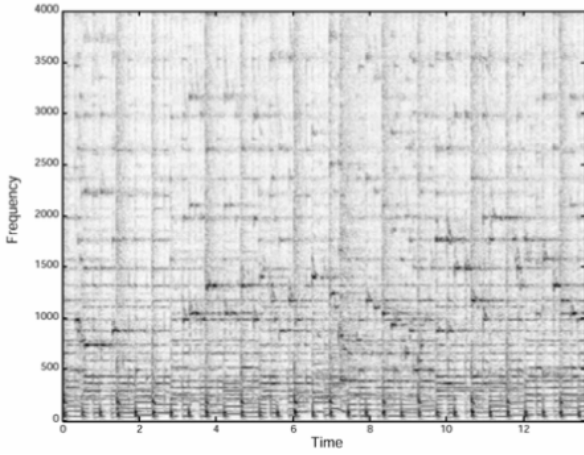


Fig 3. Spectrogram.

Storing the full song in the database will occupy an enormous amount of space, considering that the Shazam database has more than 8 million songs. So instead, they store only the intense sounds in the song, the time when they appear in the song and at which frequency.

Notice that the darker spots in the first image (the spectrogram) match the crosses in the second image.

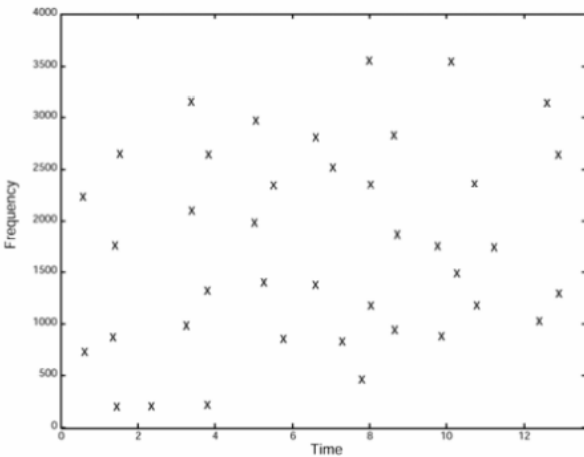


Fig 4. Constellation Map.

To store this in the database in a way in which is efficient to search for a match (easy to index), they choose some of the points from within the simplified spectrogram (called “anchor points”) and zones in the vicinity of them (called “target zone”).

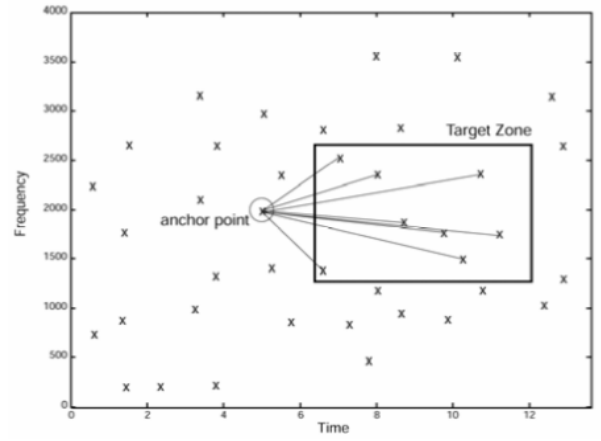


Fig 5. Combinatorial Hash Generation.

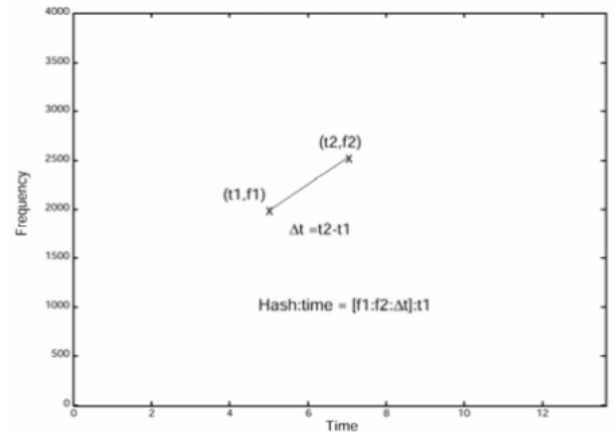


Fig 6. Hash Details.

If a match is found you will have the time of the hash from the sample ($th1$), the time of the hash from the song in the database ($th2$) and implicitly the ID of the song for which the hash matched. Basically, $th1$ is the time since the beginning of the sample until the time of the sample hash and $th2$ is the time since the beginning of the song and the time of the song hash.

$$hash = (f_1 + f_2 + (t_2 - t_1)) + t_1 \quad (1)$$

III. THE MATCHED FILTER

Instead of using any of the models depicted earlier due to their complexity, we will use a much simpler version without any acoustic or language models. This is a brute force approach where the input signal will be scanned for matching templates in a database of signals - commands in our case. The work horse for this approach is the **matched filter**.

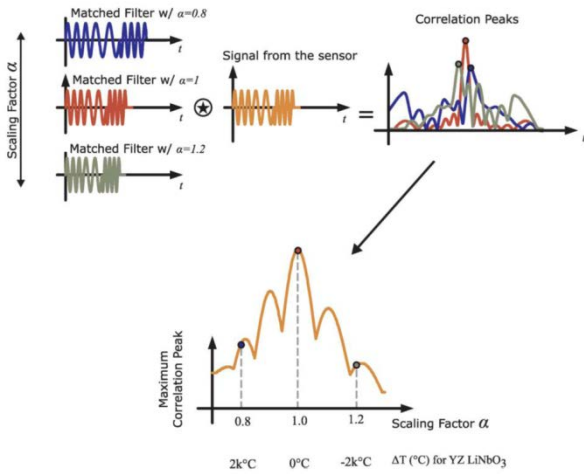


Fig 7. Template Detection Using Matched Filter. [3]

The matched filter is the optimal linear filter for maximizing signal to noise ratio (SNR) in the presence of additive stochastic noise. Matched filters are commonly used in radar. Also, two dimensional matched filters are commonly used in image processing. [4]

The matched filters works like the following:

- Vectorize all data (templates and input data)
- Find their dot product
- Examine calculated values

In mathematical terms these steps translate to:

$$\mathbf{x}^T \cdot \mathbf{y} = 1 - \varepsilon \quad (2)$$

Where $\mathbf{x}$ is the template and $\mathbf{y}$ represents the search set. As $\mathbf{x}$ and $\mathbf{y}$ become more and more similar ε tends to decrease to zero. This is a good approach if we want to detect the presence of a signal in a database.

If we wish to find a template with an input signal larger than the template then we can do all possible dot products of the template and cut outs of the input signal. Therefore, we get:

$$d(k) = [x(1) \cdots x(n)] \cdot \begin{bmatrix} y(k+1) \\ \cdots \\ y(k+n) \end{bmatrix} \quad (3)$$

IV. THE EXPERIMENT DATA

The results will be presented by several experiment. Experiments will be conducted using reference data. The input signals will be loaded and the templates will be extracted from the input signals themselves to check the validity of the algorithm.

As the first experiment we will load song 'MODJO' and its template (Fig 8, Fig 9). Fig 10. shows us similarity.

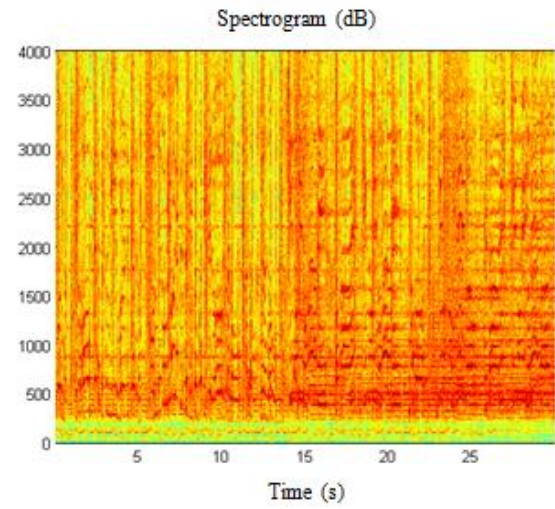


Fig 8. Original song- spectrum.

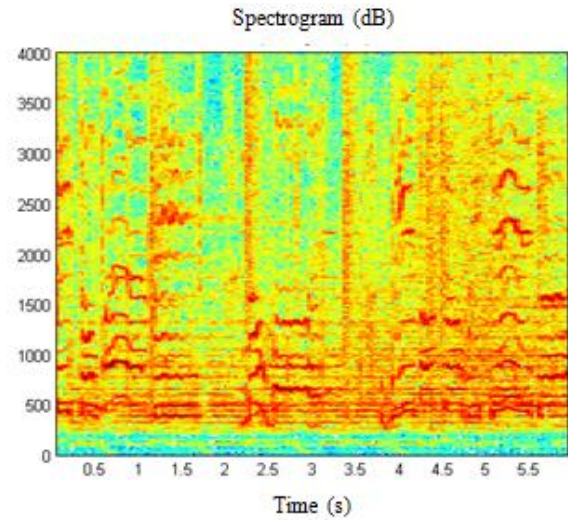


Fig 9. Template- spectrum.

As the second experiment we will load song 'MODJO' and template from different song ('JESS').

The results are given in the Fig 11, Fig 12 and Fig 13.

TABLE I
SIMILARITY BETWEEN SONGS

1.00	0.19	0.11	0.06	0.12	0.08	0.11
0.18	0.99	0.08	0.04	0.11	0.06	0.06
0.11	0.99	1.00	0.04	0.07	0.06	0.09
0.06	0.05	0.06	1.00	0.05	0.04	0.06
0.12	0.12	0.09	0.04	1.00	0.06	0.07

How we can see, on the main diagonal are 1.0 (template and the song are similar) and side are far less, mostly below 0.1.

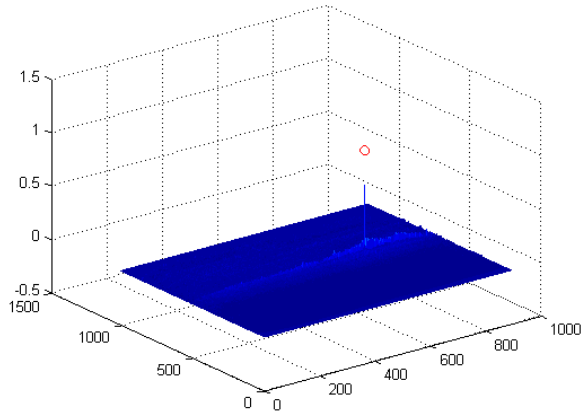


Fig 10. Highest peak-similarity=1.

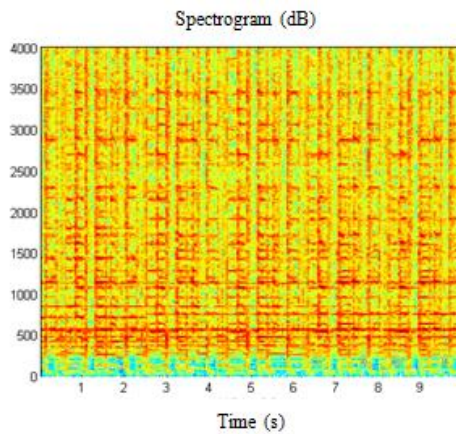


Fig 11. Original song-spectrum.

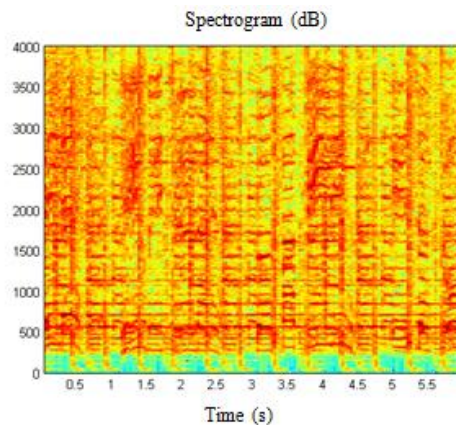


Fig 12. Template- spectrum.

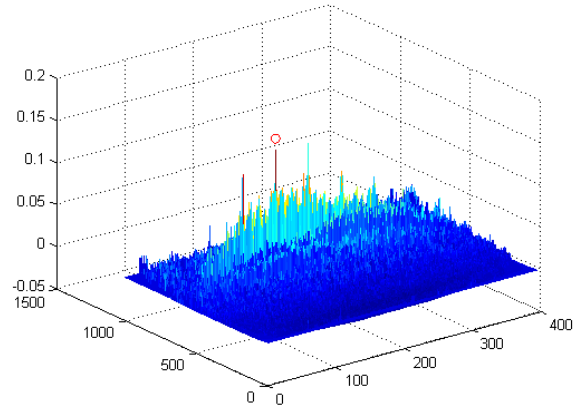


Fig 13. Highest peak-similarity=0.1824.

On this figure, we will show the influence of noise signals on the accuracy of the algorithm.

V. CONCLUSION

This is primarily a 'time' filter. When we would work with real spectrogram, without fingerprint, computation time and memory would be a requirement.

Therefore, not fully utilized the advantage to maximize the signal - noise in this mode of implementation, or some combination of these approaches might give good results even though the process was quite complicated and so unlike Shazam.

REFERENCES

- [1] Avery Li-Chun Wang, Shazam Entertainment, Ltd.
- [2] http://courses.engr.illinois.edu/cs598ps/CS598PS/Topics_and_Materials_files/Lecture%208%20-%20Detection%20and%20matched%20filters.pdf
- [3], [4], [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Matched_filter

Processing and Classification of Fingerprints

Jasmina Memić

Abstract – A fingerprint represents the oldest biometric parameter under which a unique identification of people can be performed. In this paper we present a classification method based on the registered fingerprint singular points. Classification of fingerprints into three basic types have been used. Previously, image processing was performed, through the different types of balancing, filtering, because fingerprint images are often of poor quality. Classification of fingerprints is a very important step in the construction of automatic system of fingerprint recognition, because a comparison of fingerprints is done only within those classes which have been found to print belongs to.

I. INTRODUCTION

With physiological aspects, fingerprint represents the configuration of bulges and dents. The lines that form the bulges are called the papillary lines [1]. Their uniqueness and immutability are the basis for the recognition of people based on a fingerprint. Classification of prints is done on the basis of their global properties – forms, while for the identification local properties – the characteristic details are used. The classification system that we have developed in this paper consists of three phases: image processing, feature extraction and classification.

Image processing phase consists of several procedures that apply to the image to achieve better quality of image and that fingerprint lines would be better allocated. First, the image histogram equalization is carried out in order to achieve a better contrast and greater utilization of the dynamic range of the histogram. Next, up on the resulting image Gabor filter is applied respectively more filters with different orientations to separate components of image by multiple routes and directions. After applying a filter, smoothing and thinning images is done in order to better stand out of the characteristics of image.

The characteristics that are required for classification are singular points, and for their detection, there are a number of ways: analysis of texture, using histogram of directional field image, edge detectors. In this paper identification of singular points on the basis of Poincare index is used. Poincare index is determined using the orientation of the vectors at each point. It is necessary to determine those vectors respectively to form an orientation field image.

Based on the number and type of detected singular points classification of fingerprints is done into three basic

types: loop, arch and whorl, which are shown in Figure 1.

The highest representation have fingerprints type of the loop-60%. Representation of spiral types is around 30%, while only 5% belongs to the arch type prints [1]. The remaining 5% are mixed or random print types that do not have the characteristics of any of the above types. A more detailed division advert two more types of prints which represent the subtypes of the specified categories (tented arch and double loop). Singular points that we detect are the type of the delta and the type of the center.

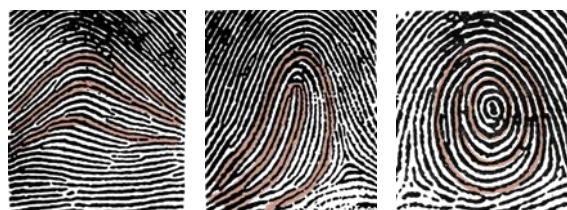


Fig 1. Basic types of fingerprints: arch, loop and whorl.

II. GABOR FILTER

A. Theoretical background

In the image processing, Gabor filter is typically used for analyze texture, edge detection, feature extraction, etc. This is a special kind of bandpass filter whose impulse response represents the product of the sinus and the Gaussian function.

$$g(x, y, \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = e^{-\left(\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right)} \cdot e^{i(2\pi\frac{x'}{\lambda} + \psi)} \quad (1)$$

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (2)$$

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (3)$$

σ – the standard deviation of the Gaussian function

θ – orientation from normal to parallel line of Gabor function

λ – wave length of sinus factor

γ – the spatial ratio that regulates the curvature of the Gaussian braid

ϕ – the initial phase

Display of frequency and orientation of the Gabor filter is similar to the view of the visual system of the human kind. The cells of the visual part of the cortex of the human brain can be modeled using the Gabor function. Because of that, analysis of the image based on the

Jasmina Memić is with the Department of Automation and Control, Faculty of Electrical Engineering, University of Sarajevo, Zmaja od Bosne b.b, 71 000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, E-mail: jmemic1@etf.unsa.ba

application of the Gabor filter is similar to the visual perception of human [2]. Another advantage of this filter is that it has optimal localization of properties in the time domain, as well as in frequency domain. That is reason why Gabor filter is so often used in the texture analysis.

B. Applying the filter on the fingerprint image

The filter implemented in the software package MATLAB R2014a is a group of filters or masks with different orientations, frequencies and the size of the filter mask. The size of the filter mask has no great influence on the result of applying the filter to an image, unlike the orientation that represents one of the key parameters of the Gabor filter. E.g. if the orientation is equal to zero the filter will extract just the horizontal characteristics of the image. To extract the characteristics in different directions is used adaptive Gabor filter with varying frequencies and orientations (Figure 2). The phase a range of 0 to 180 is divided into a number of equal intervals and the sigma parameter is also linearly changing.

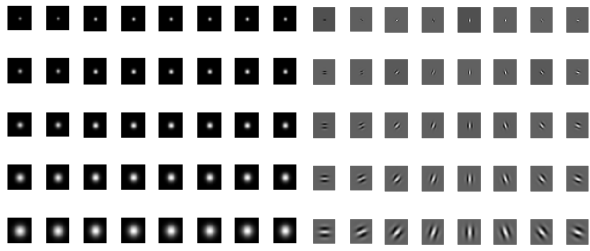


Fig 2. Amplitude characteristic and real part of created masks with different frequencies and orientations.

Each of the filters from the resulting set is applied to input image i.e. the operation of convolution of the input images and created masks is performed. The sum of these images is incurred resulting image that is a consequence of application of Gabor filter on the input image i.e. the image on which previously the histogram equalization was executed. The resulting images for arbitrarily chosen a print from the base is shown in Figure 3.



Fig 3. Result of applying Gabor filter on input fingerprint image.

III. SINGULAR POINTS EXTRACTION

Singular point represent the most important feature of a global picture of fingerprint. They can be defined as the region in which the curvature of papillary line is higher than normal, and their direction is changing rapidly. To extract the singular points it is necessary to create a orientation field image that represents an important feature of the fingerprint, because it keeps its global structure. Singular point on such a picture can be recognized by the sudden change of orientation in the region of these points. After the formation of these pictures, for further processing, it is necessary to make one more step of processing – thinning, because in this way we are reducing the number of pixels that need to be considered.

A. Orientation field image

For obtaining orientation field image there are several methods, such as methods of a set of filters, wave projection, spectral estimation, etc. [3]. However, the greatest accuracy does give gradient method, even though it is very sensitive to noise. Application of gradient method justifies the fact that shows the direction of the gradient vector of the biggest changes the intensity of the picture that is perpendicular to the edge of the characteristic lines of the fingerprint.

- In order to get a better assessment of the orientation, we do not determine gradient directly on the original image, but gradient of image that represents convolution of the original image and the Gaussian filter, whose impulse response is given by:

$$g_1(x, y) = e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (4)$$

The standard deviation of this filter defines the scale in which the gradient is obtained for every single pixel, thus achieving a more precise determination of gradient vector.

- In the gradient method, first it is necessary to calculate the partial derivations of intensity image of each pixel by the x and y axes. These vectors we will mark with g_x , g_y . With respect to the characteristic lines have two edges, if we count the mean values obtained with gradient vectors, they will be undone because of its contradictions. To avoid this we use double gradient angles before a definite in accordance with trigonometric identities.

$$\begin{aligned} g_{sx} &= g^2 \cos 2\varphi = g^2 (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi) = g_x^2 - g_y^2 \\ g_{sy} &= g^2 \sin 2\varphi = g^2 (2 \sin \varphi \cos \varphi) = 2g_x g_y \end{aligned} \quad (5)$$

Orientation is not determined for each pixel individually, but the image is divided into equal blocks, dimension NxN and orientation are determined for the whole block on the basis of the following expression [3].

$$\theta_N = \frac{\pi}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{atan}\left(\frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N 2g_x(i,j)g_y(i,j)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N g_x(i,j)^2 - g_y(i,j)^2}\right) \quad (6)$$

- To display the approximate image, we used the quiver function that displays the appropriate vectors with components and the speed v in points x and y , which represent the input parameters of the function

$$\operatorname{quiver}(x, y, u, v) \quad (7)$$

Orientation image that is obtained for the previously filtered fingerprint image is presented in Figure 4.



Fig 4. Example of fingerprint and its orientation field image.

A. Poincare index

After the getting orientation field images we can access calculating Poincare indexes. By using the Poincare index we can perform classification of the singular points. This index is defined for each point of orientation field image observing its surroundings, i.e. a number of adjacent points. Let's look at one element of previously obtained orientation field image $\theta(i, j)$. Also, previously valuation of this image had been performed, so that every point has a value that meets condition $0 < \theta(i, j) < 2\pi$. We will consider eight neighboring points of selected element, that is presented in Figure 5. [4].

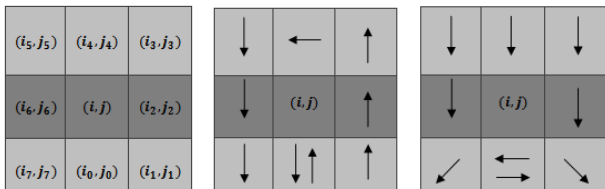


Fig 5. Neighboring points that are used for calculating Poincare index of center point, center and delta.

For the corresponding element in position (i, j) is:

$$(i_0, j_0) = (i, j + 1), (i_1, j_1) = (i + 1, j + 1),$$

$$(i_2, j_2) = (i + 1, j), (i_3, j_3) = (i + 1, j - 1),$$

$$(i_4, j_4) = (i, j - 1), (i_5, j_5) = (i - 1, j - 1),$$

$$(i_6, j_6) = (i - 1, j), (i_7, j_7) = (i - 1, j + 1) \quad (8)$$

It also can be written in this format:

$$\delta_k(i, j) = \theta(i_{k+1}, j_{k+1}) - \theta(i_k, j_k), \quad 0 \leq k \leq 6$$

$$\delta_7 = \theta(i_0, j_0) - \theta(i_7, j_7) \quad (9)$$

Now, Poincare index of element (i, j) can be defined as:

$$P(i, j) = \frac{1}{2\pi} \sum_{k=0}^7 \Delta_k(i, j) \quad (10)$$

where $\Delta_k(i, j)$ is equal to:

$$\Delta_k(i, j) = \begin{cases} \delta_k(i, j), & \text{za } |\delta_k(i, j)| < \frac{\pi}{2} \\ \pi + \delta_k(i, j), & \text{za } \delta_k(i, j) \leq -\frac{\pi}{2} \\ \pi - \delta_k(i, j), & \text{inače} \end{cases} \quad (11)$$

Poincare index can have the values: -0.5, 0, 0.5, and 1, and from its definition we see that its value is invariant to the rotation of the image.

B. Singular points

Two basic types of singular points we need to classify fingerprints are center and delta. The Center is the highest point on the internal line that is recursive, and the value of the Poincare index in this point is equal to 0.5 [5]. Delta is bifurcation point or branch orientation in orientation image, and the value of Poincare index at this point is -0.5. These amounts allow us to simply by searching previously created images we determine how much each picture has a singular points and which type are that points. Figure 6 shows the corresponding singular points.

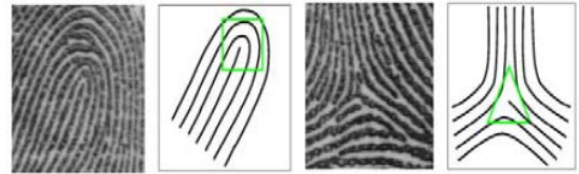


Fig 6. Singular points of fingerprint: center, delta.

IV. CLASSIFICATION OF FINGERPRINTS

Classification of fingerprints is done after determination singular points using their number and the mutual position. In Figure 8 it is visible that the fingerprints of type arch have no singular points. There is one subtype of this type, tented arch that contains one point-type center and one point-type delta, but we will in this case be regarded only three basic types of prints. Loop type fingerprints, whether it is left or right, they have one pair of center-delta, while the spiral-type prints have two pairs of center-delta. Delta points usually are located near the edge of the image of the

imprint, and often are not even included in the image of the imprint (in the available databases of fingerprints), so in a system of classification the advantage is given to points type of center.

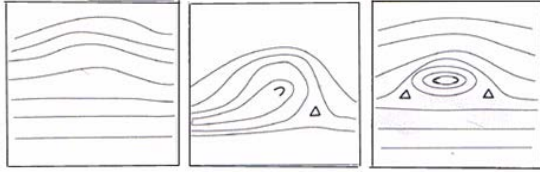


Fig 7. Singular points of different types of fingerprints: arch, loop and whorl.

A. The realization of algorithm

In this paper we used the fingerprint database that has a total of 126 prints [6]. For testing are not used those prints of the database that do not belong to the three basic types. System development, data processing, as well as results showing are implemented in the MATLAB R2014a program package. For results showing, as well as easier usage of realized system we also have created the corresponding graphical user interface which transparently shows the results of the classification. One example of the execution of the algorithm is shown in Figure 9.

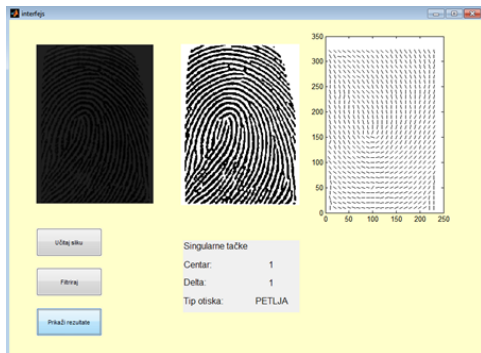


Fig 8. Example of algorithm execution, GUI.

B. Analysis of results

After the classification with realized algorithm by using the above mentioned database, the following results have been obtained.

TABLE I
RESULTS OF CLASSIFICATION BY TYPES OF FINGERPRINTS

	Loop	Arch	Whorl	M	%
Loop	24	1	8	6	61.5

Arch	3	5	2	3	38.46
Whorl	3	2	8	2	53.3

The total accuracy of the algorithm is the 37/67 or 55.22%. Also, we analyzed and the necessary time for classification. With respect to the input images belong to the same database, the same are the dimension, so the processing time is approximately the same for each image. In the Table II the processing time of individual functions that are necessary for the implementation of the algorithm for the first few samples are shown. Times are given in seconds. The results are obtained by using processor Inter (R) Core (TM) i5-2520M CPU @ 2.50 GHz.

TABLE II
PROCESSING TIME OF FUNCTIONS OF ALGORITHM

	Ulaz 1	Ulaz 2	Ulaz 3	Ulaz 4
filtriraj1	4.88	4.94	4.93	4.90
napravi_filter	0.14	0.16	0.14	0.14
orijentacija	0.08	0.07	0.07	0.08
pc_indeks	0.03	0.02	0.02	0.03
normiraj	0.01	0.01	0.01	0.01

We see that the total processing time is about 5 seconds per picture. Gained time may be a little too much, but it depends on the processor used, and also the time and it is not crucial for this application.

V. CONCLUSION

The aim of this work was the recognition of global characteristics of fingerprint images in order to make their classification and in this way realized one important part of the automatic system of fingerprint recognition. Based on the results, we see that the classification was performed successfully, in particular when it comes to the undamaged fingerprints and that only the execution of the algorithm does not take too much time. However, the performance of the system fall much when it comes to damaged, corrupted images. The reason for this is, above all, sensitivity of algorithm for creating the orientation field image, especially in the damaged areas where there is no information about the direction of the papillary lines. It is one of the basic problems in the recognition systems of fingerprints, because pictures of the prints are usually a lot of large noise, and often incomplete. The further continuation of work could move around in the construction of an appropriate system for the reconstruction of the prints, which would improve the quality of the prints and, therefore, the results of the classification.

REFERENCES

- [1] Nedjeljko Lekić, “Prepoznavanje otiska prsta”, *Identifikacioni sistemi*, 2013.
- [2] <https://www.wikipedia.org/>
- [3] Yi Wang, Jiankun Hu, Fengling Han, “Enhanced gradient-based algorithm for the estimation of fingerprint orientation fields”, *School of Computer Science and Information Technology*, Royal Melbourne Institute of Technology, Melbourne VIC 3001, Australia, 2006.
- [4] Ali Ismail Awad, Kensuke Baba, „Singular Point Detection for Efficient Fingerprint Classification“, *School of Information Science and Electrical Engineering*, Kyushu University Library, Japan
- [5] Jovana Jojić, Zdenka Babić, Željko Đurović, “Klasifikacija i prepoznavanje otisaka prstiju”, *Elektrotehnički fakultet*, Univerzitet u Beogradu, 2014.
- [6] UPEK Fingerprint Database 2012, <http://www.advancedsourcecode.com/PNGfingerprint.rar>
- [7] Raymond Thai, “Fingerprint Image Enhancement and Minutiae Extraction”, *School of Computer Science and Software Engineering*, The University of Western Australia, 2003.

Indikator toka časova i odmora u školi

Stefan Mihajlović, Dimitrije Janković, Danko Danković, Igor Arsić

Sadržaj - U ovom radu opisan je indikator toka časova i odmora u školi. Ovaj elektronski sklop pokazuje redni broj časa koji je u toku ili odmora i koliko je preostalo vremena do kraja časa ili odmora. Cilj rada je da uz pomoć ovog sklopa roditelji, nastavnici i učenici efikasnije planiraju i koriste svoje vreme.

I. UVOD

Kroz istoriju školstva, početak i kraj časova obeležavani su najpre ručnim mehaničkim zvonom, nakon toga električnim zvonom kojim je upravljao čovek, a onda, razvojem elektronskih kola, projektovano je i elektronsko zvono koje sasvim automatski označava početak i kraj časova. Povećanjem tempa života potrebno je efikasnije koristiti vreme. Zbog toga se javila potreba za razvojem uređaja koji će biti nadogradnja školskog elektronskog zvona i koji će pored toga što zvučnim signalom označava početak i kraj časa prikazivati i redni broj časa kao i preostalo vreme do kraja časa ili odmora. Ovako realizovan uređaj olakšaće organizaciju vremena u školi.

II. RAZVOJ UREĐAJA

A. Princip rada

Uređaj se sinhronizuje tako što se samo jednom u trenutku početka prvog časa pritisne taster. Nakon toga na displeju se vidi redni broj časa (cifre od 1 do 7) i preostalo vreme do kraja tog časa. Nakon završetka časa displej pokazuje da je odmor u toku (slovo O), i preostalo vreme trajanja odmora. Kod se izvršava do završetka nastave u prvoj smeni i, na isti način ali automatski, indikator kreće sa radom za drugu smenu. Nakon završetka druge smene pa sve do prvog časa narednog jutra zbog uštede energije indikator ne pokazuje ništa.

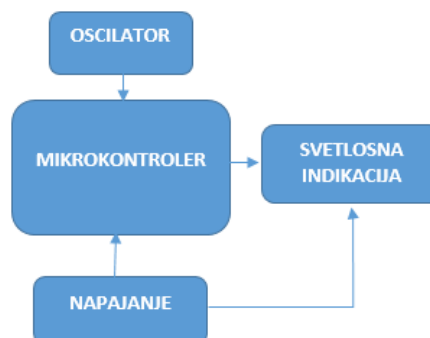
Narednog dana u trenutku početka prvog časa indikator automatski kreće rad iz početka.

Sve dok je preostalo vreme duže od deset sekundi prikazuje se vreme u minutima. Od desete sekunde sat odbrojava vreme u sekundama, pri čemu od pete sekunde cifre koje pokazuju preostalo vreme počinju da trepere.

Stefan Mihajlović, Dimitrije Janković, učenici Tehničke škole "Rade Metalac" iz Leskovca, Dimitrija Tucovića bb, 16000 Leskovac, Srbija, e-mail: stefan.mih1997@gmail.com, dimitrije.aleksandar@sbb.rs

Danko Danković, profesor elektrotehničke grupe predmeta i pomoćnik direktora u TŠ "Rade Metalac", Leskovac, ddanko@live.com

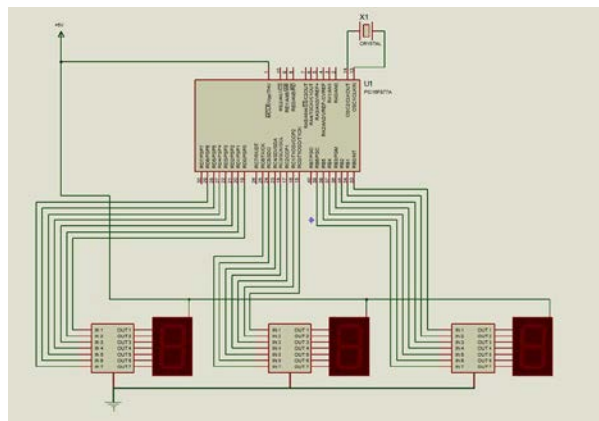
Igor Arsić, profesor elektrotehničke grupe predmeta u TŠ "Rade Metalac", Leskovac, igorarsic78@gmail.com



Slika 1. Blok šema indikatora toka časova.

B. Konstrukcija

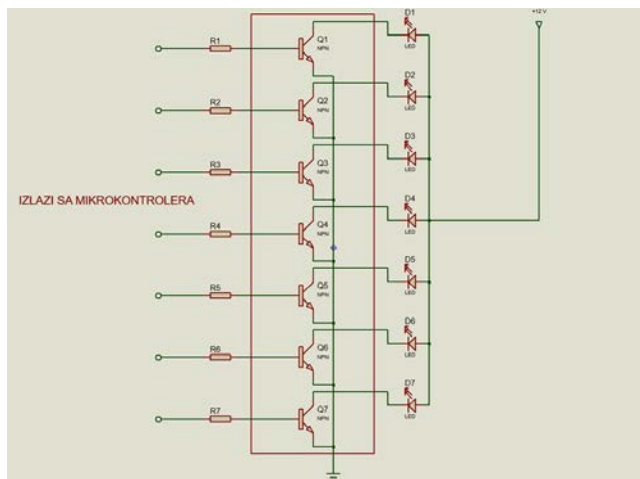
U osnovi konstrukcije indikatora toka časova je mikrokontroler PIC16F877A [1]. On kontroliše tri sedmosegmentna displeja od kojih prvi prikazuje redni broj tekućeg časa ili odmora a druga dva koliko je vremena u minutima (sekundama) preostalo do kraja.



Slika 2. Električna sema indikatora toka časova.

Na slici 2 se nalazi električna šema indikatora izrađena u Proteus Design Suite 8.0 [2]. U programu su korišćeni klasični sedmosegmentni displeji radi jednostavnosti šeme.

Sedmosegmentni displeji su u praksi izrađeni od RGB LED traka [3]. Svaki segment je dužine 10 cm. Anode LED traka su direktno povezane na +12V a katode su povezane na kolektore NPN tranzistora BD139 [4].



Slika 3. Električna šema sedmosegmentnog displeja sa LED trakama i tranzistorima.

U zavisnosti od vrednosti napona na bazama tranzistora, pojedini tranzistori će ući u zasićenje i katodu LED trake dovesti na masu što će prouzrokovati da taj segment svetli.

Da bi tranzistor ušao u zasićenje struja baze mora biti veća od određene vrednosti I_{Bmin} .

Povećanjem ove struje tranzistor samo dublje ulazi u zasićenje ali se kolektorska struja ne povećava. Da bi struja baze bila veća od minimalne otpornik R_b mora biti manji od maksimalne vrednosti kojase računa po formuli:

$$R_{Bmax} = (V_{iz} - V_{BE}) / I_{Bmin}$$

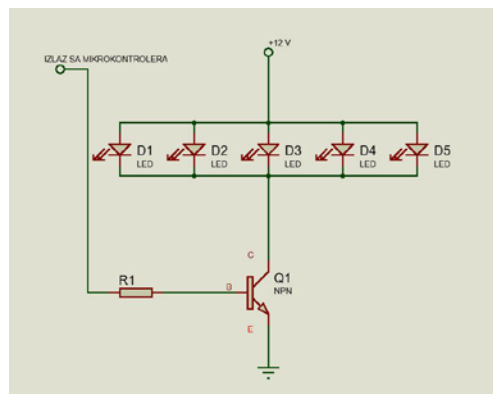
gde su:

- V_{iz} - napon na izlazu mikrokontrolera
- V_{BE} - napon od 0,7V kad tranzistor vodi
- I_{Bmin} - minimalna struja baze koja dovodi tranzistor u zasiceenje

Merenjem je ustanovljeno da struja segmenta LED trake od 10cm iznosi 40mA što je ujedno i struja I_C tranzistora u zasićenju. Na osnovu karakteristika korišćenih tranzistora BD139 dobijamo da je minimalna vrednost struje baze koja će dovesti tranzistor u zasićenje $I_{Bmin} = 1.6mA$.

Za maksimalnu vrednost otpornika R_B dobijamo da iznosi 2600 Ω pa smo mi uzeli manju vrednost od 2200 Ω .

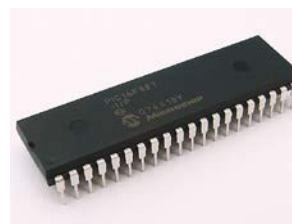
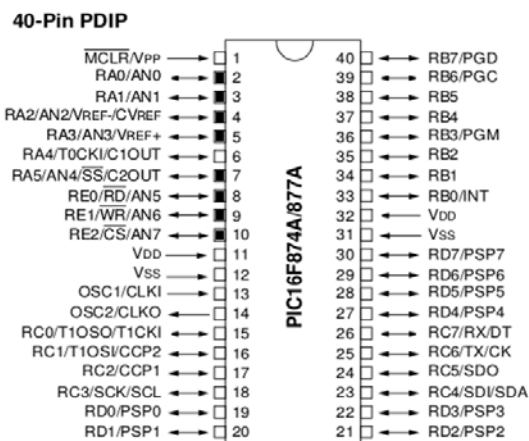
Za ovu vrednost otpornika vezanog za bazu tranzistora struja na izlazu mikrokontrolera je $I \approx 2mA$, što je višestruko manje od maksimalno dozvoljene vrednosti koja iznosi 25mA.



Slika 4. Električna šema jednog segmenta displeja.

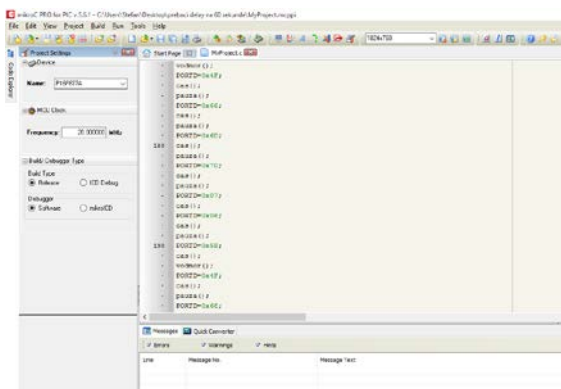
Napon koji dovodimo na baze tranzistora je napon sa izlaza mikrokontrolera. To znači da mikrokontrolerom možemo da upravljamo koji će tranzistor ući u zasićenje tj. koji će segment displeja svetleti.

Za realizaciju projekta i upravljanje displejima je korišćen 8-bitni 40-pinski mikrokontroler PIC16F877A koji raspolaže sa 368 bajta RAM memorije i 14 KB programske memorije.



Slika 5. Raspored nožica i izgled mikrokontrolera PIC 16F877A.

Za programiranje mikrokontrolera korišćen je program MikroC PRO for PIC [5].



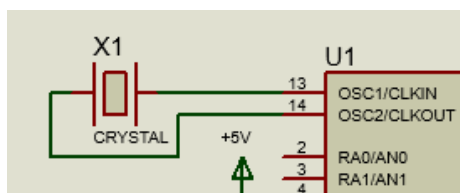
Slika 6. MikroC kod za PIC16F877A.

Kod se sastoji od 208 linija i sadrži funkcije kojima se definiše stanje na pojedinim izlaznim portovima mikrokontrolera.

Razvojno okruženje koje je korišćeno za programiranje kontrolera je **mikroElektronika EasyPIC v5** [6].

Slika 7. Razvojno okruženje **mikroElektronika EasyPIC v5**.

Pored kontrolera se nalazi kvarcni oscilator koji radi na 20MHz.



Slika 8. Kvarcni kristal i šema njegovog vezivanja.

Blok za napajanje sastoji se od ATX [7] napajanja za računar snage 350W. Potrebno je kratkospojiti provodnike zelene i crne boje kako bi napajane radilo. Napon od 12V iskorišćen je za napajanje LED traka od kojih su napravljeni displeji a napon od 5V za napajanje mikrokontrolera.

C. Izrada uređaja

Ceo uređaj je smešten u drvenu kutiju dimenzija 60x30x12cm. Sa gornje strane postavljena je ploča od laminata u kojoj su izrezani otvori za segmente. Preko ploče je nalepljena polutransparentna folija.



Slika 9. Izgled uređaja u fazi izrade.

Zbog sprečavanja rasipanja svetlosti na susedne segmente, led trake su smeštene u plastične kanalice koje su zalepljene sa donje strane ploče od laminata. Korišćene su RGB led trake.

Za prvi displej koji obeležava odmor ili redni broj časa iskoristili smo diode na LED traci koje daju svetlost zelene boje. Za ostala dva displeja koji označavaju preostale minute ili sekunde upotreбили smo diode koje daju svetlost plave boje.



Slika 10. Izgled izradenog indikatora toka časova.

Na slici 10 prikazana je prednja strana uređaja sa tri sedmosegmentna displeja. Displeji na indikatoru pokazuju da je u toku prvi čas i da je preostalo vreme do završetka prvog časa 17 minuta.

D. Korišćene komponente

Prilikom izrade uređaja birali smo tranzistore koji imaju dobre karakteristike a nisku cenu, pri čemu se na tržištu lako može naći njihova zamena.

Spisak komponenata:

- tranzistor BD 139 - 21
- otpornici 2K2 – 21
- mikrokontroler PIC 16F877A
- RGB LED trake -210cm
- ATX napajanje 350W
- kvarcni kristal 20 Mz

III. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan indikator toka časova/odmora u školi kao jedno korisno rešenje za informisanje roditelja, učenika i nastavnika o preostalom vremenu do kraja časa ili odmora kao i o tome koji je trenutno čas u toku.

Broj uređaja koje je potrebno postaviti u školi zavisi od spratnosti škole i plana rasporeda prostorija u školi. Takođe u zavisnosti od dinamike toka čsova u skoli, tj. rasporeda zvonjenja, za svaku školu je potrebno posebno programirati mikrokontroler. Preporučuje se postavljanje uređaja u holu na ulazu škole jer će na ovom mestu indikator najefikasnije obavljati svoju funkciju tj. biće od najveće koristi.

Prednost ovog uređaja ogleda se u tome što prisutne u školi u svakom trenutku vremena obaveštava o trenutnim aktivnostima u školi.

U daljem razvoju planira se uvođenje i zvučne signalizacije za početak i kraj časova čime će se objediniti funkcije sa klasičnim školskim zvonom a samim tim će u potpunosti zameniti postojeće zvono u školama.

ZAHVALNICA

Za finansijsku podršku u realizaciji ovog projekta se zahvaljujemo Tehničkoj školi "Rade Metalac" iz Leskovca, Dimitrija Tucovića bb, 16000 Leskovac, e-mail: rademetalac@ptt.rs, www.rademetalac.edu.rs, tel: 016234612.

LITERATURA

- [1] PIC16F877A, datasheet. [On Line]. Dostupno na: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/560054/MICROCHIP/PIC16F877A-E.html>
- [2] Proteus Design Suite 8.0 [On Line]. Dostupno na: <http://www.labcenter.com/index.cfm>
- [3] RGB LED trake, datasheet. [On Line]. Dostupno na: <http://www.ledlightsworld.com/datasheet/Specification-of-Flexible-LED-Strip-www.ledlightsworld.com.pdf>
- [4] BD 139, datasheet. [On Line]. Dostupno na: <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/BD/BD139.pdf>
- [5] MikroC PRO for PIC. [On Line]. Dostupno na: <http://www.mikroe.com/mikroc/pic/>
- [6] mikroElektronika Easypic v5. [On Line]. Dostupno na: <http://www.mikroe.com/easypic/v5/>
- [7] ATX napajanje. [On Line]. Dostupno na: <http://www.atxpowersupplies.com/200-watt-power-supply-FSP200-60SPV-D.php>

Realizacija generatora signala korištenjem mikrokontrolera PIC16F1939

Lamija Vuković, Amina Šljivo, Adha Hrsto

Sažetak- U ovome radu je dat opis razvojnog sistema koji pomoću mikrokontrolera PIC16F1939 realizira generator signala. Radi jednostavnijeg korištenja, razvijena je i aplikacija za računar a komunikacija je ostvarena pomoću RS-232 standarda.

I. UVOD

Na bazi razvojnog sistema sa kontrolerom PIC16F1939 realiziran je generator signala koji omogućava generisanje četvrtke, pilastog signala i sinusoide.

Projekat se sastoji iz četiri odvojene cjeline: realizacija zadanih signala, realizacija hardvera (D/A konvertor i kola za prilagođenje), realizacija aplikacije za PC, te konačno, implementacija komunikacije između aplikacije za PC i mikrokontrolera.

Aplikacija za PC sadrži tzv. *popup menu* koji omogućava korisniku izbor tipa signala. Moguće je izabrati jedan od tri ponuđena signala: četvrtke, pilasti signal ili sinusni signal. Pored toga, aplikacija sadrži *TextBox*-ove koji omogućuju korisniku unos perioda signala (u milisekundama) i unos željene amplitude signala (u voltima).

Ukoliko su svi navedeni podaci korektno uneseni u aplikaciji, program pristupa uzorkovanju željenog signala, što se realizira na osnovu unesenog perioda i amplitude. Vrijednosti uzoraka se spremaju u niz koji će biti poslan mikrokontroleru, a koji će mikrokontroler poslati na PORTD (izlaz). Slanje podataka se vrši korištenjem serijske komunikacije RS232. Na PORTD je spojen D/A konvertor koji će binarnu vrijednost sa PORTD pretvoriti u odgovarajući napon, te zadržati svaki uzorak do pristizanja narednog, dakle D/A konvertor se također ponaša i kao kolo zadržke nultog reda.

II. REALIZACIJA ODABRANIH SIGNALA

Odabran je rad sa tri različita tipa signala: četvrtka, pila i sinusoida. Period zadanog signala se može kretati od 1 ms do 250 ms. Ovo ograničenje je realizirano softverski. Amplituda je ograničena na opseg [0,10][V] zbog ograničenja napona na izlazu D/A konvertora. Principijelna shema spoja koja služi za samo generisanje signala prikazana je na slici 1.

Na PORTD [1] je priključen osmобitni D/A konvertor

koji na svom izlazu može dati napon od 0V do 10V. Svaki signal se softverski uzorkuje periodom uzorkovanja $T_s = T/250$.

U programu je kreirana funkcija koja opisuje željeni signal i generiše vektor koji ima 251 član. Pošto su ove vrijednosti, u općem slučaju, necjelobrojne, zgodno je ovaj niz preskalirati u Matlab-u na one vrijednosti koje se trebaju slati na PORTD mikrokontrolera kako bi se uštedila memorija samog mikrokontrolera, odnosno izbjeći računanja u samom mikrokontroleru. Na PORTD se šalju cjelobrojne vrijednosti koje odgovaraju vrijednostima signala u trenucima uzorkovanja a dobivene su prema relaciji (1)

$$PORTD = (int) \frac{255 \cdot U_i}{FSR} = (int) \frac{255 \cdot U_i}{10} \quad (1)$$

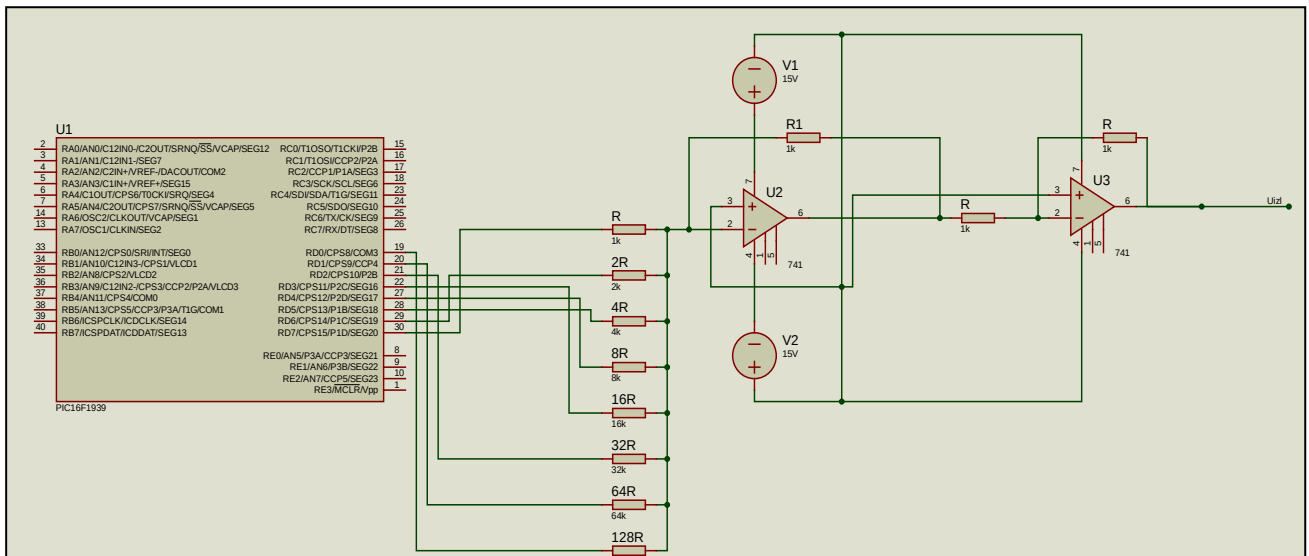
gdje je:

U_i - vrijednost signala u i -tom trenutku uzorkovanja
 FSR – Full Scale Range (naponski opseg)

Nakon što se niz preskaliranih vrijednosti signala na jednom periodu pošalje na mikrokontroler, na mikrokontroleru se ove vrijednosti šalju na PORTD svakih $(T \cdot 4)\mu s$ pri čemu se T tretira kao pozitivan cio broj, jedinica (ms) je uzeta u obzir pri programiranju koda. Za signal perioda $T = 1ms$ perioda uzorkovanja je $T_s = 1/250 ms = 0.004 ms = 4 \mu s$. Zbog ograničenja da period signala može biti samo cjelobrojni umnožak od 1ms slijedi da je perioda uzorkovanja ma kojeg signala $(T \cdot 4)\mu s$, te se zbog toga vremenski razmak između slanja dva uzastopna uzorka na PORTD određuje na navedeni način. Ovo vrijeme T_s je realizirano korištenjem modula Timer0 u prekidnoj rutini.

Obzirom da $4 \mu s$ odgovara 8 instrukcijskih ciklusa jer je frekvencija mikrokontrolera 8 MHz, a nakon postavljanja vrijednosti u TMR0 [1] njegovo stanje se neće mijenjati naredna dva instrukcijska ciklusa, vrijednost bita TMR0 je postavljena na 249. Dakle, maksimalna frekvencija generisanog signala iznosi 1kHz. Inače, maksimalna perioda uzorkovanja na mikrokontroleru frekvencije 8MHz iznosi $0.5 \mu s$ pa je zbog toga i minimalni period signala 0.125 ms. Odnosno, sa ovim tipom mikrokontrolera nije moguće generisati signale čija je frekvencija veća od 8 kHz. Dobivanje signala veće frekvencije podrazumijeva i korištenje mikrokontrolera sa frekvencijom većom od 8 MHz.

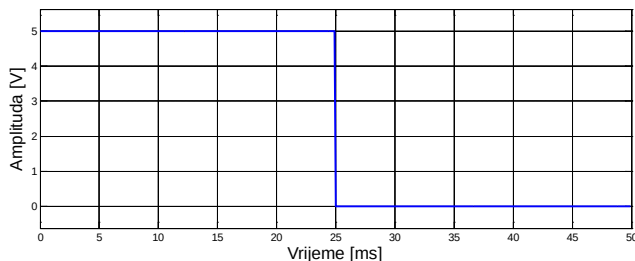
Lamija Vuković, Amina Šljivo, Adha Hrsto, su studenti Master studija na Odsjeku za Automatiku i elektroniku, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Zmaja od Bosne bb, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina, E-mail: lvukovic1@etf.unsa.ba



Slika 1. Principijelna shema sklopa za generisanje signala.

A. Generisanje četvrtki

U nastavku je dat primjer generisanja četvrtki tačno određenog perioda i amplitude. Posmatra se četvrtka perioda $T = 50 \text{ ms}$, i amplitude 5 V . Generišu se unipolarne četvrtke. Primjer signala na jednom periodu prikazan je na slici 2.



Slika 2. Četvrtka perioda $T = 50 \text{ ms}$, i amplitude 5 V .

Za signal predstavljen slikom 2. prva polovina vektora koji ima 251 član ima istu vrijednost koja iznosi $y = (\text{int}) \frac{255 \cdot 5}{10} = (\text{int}) 127.5 = 127$, dok je druga polovina članova vektora jednaka nuli. U mikrokontroleru, nakon primanja vektora i perioda signala, doći će do prekida svake $4 \mu\text{s}$. Globalna varijabla tick_count je inicijalno postavljena na nulu. U funkciji prekidne rutine se varijabla tick_count svaki put poveća za 1. Kada tick_count dostigne vrijednost perioda, u ovom slučaju 50, jedan član niza se šalje na PORTD. To se, dakle, dešava svakih $4 \mu\text{s} \cdot 50 = 200 \mu\text{s}$, što i odgovara vremenu semplanja ovog signala $T_s = \frac{50 \text{ ms}}{250} = 0.2 \text{ ms} = 200 \mu\text{s}$. Na PORTD će biti vrijednost $01111111_{(2)} = 127_{(10)}$. Na izlazu D/A konvertora će stoga biti $U_{izl1} = -4.9609375 \text{ V}$ na osnovu formule (2).

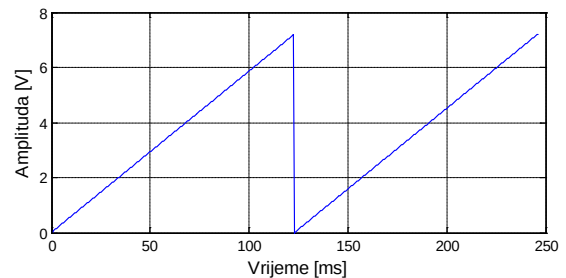
$$-\frac{U_{izl1}}{R_1} = \frac{5 \text{ V}}{R} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} \right) \quad (2)$$

Izlazni napon sa D/A konvertora se vodi na operaciono pojačalo u invertirajućem spoju koje ima pojačanje 1, te samo invertuje dobijeni napon, pa je na izlazu sklopa $U_{izl} = 4.9609375 \text{ V}$. Dobijena vrijednost napona je približno jednako 5 V što je trebalo i dobiti. Greška u ovom slučaju iznosi 0.78125% .

Konačno, demonstrirano je kako se svakih $T_s = 200 \mu\text{s}$ na PORTD šalje binarni ekvivalent približne vrijednosti željenog napona na izlazu. Na vremenskim intervalima između uzoraka ovaj napon zadržava konstantnu vrijednost jer je binarni ekvivalent prisutan na PORTD sve do narednog prekida, odnosno narednog uzorka.

B. Generisanje pilastog signala

Primjer ovog signala perioda $T = 123 \text{ ms}$, amplitude 7.2 V prikazan je na slici 3. na dva perioda.



Slika 3. Pilasti signal.

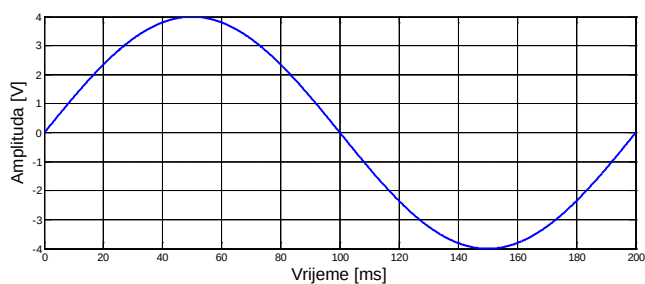
Jednom kada vektor stigne u mikrokontroler, generisanje signala se odvija analogno prethodnom slučaju. U ovom slučaju se svakih $T_s = \frac{123 \text{ ms}}{250} = 0.492 \text{ ms} \equiv 4 \mu\text{s}$ izvršava prekidna funkcija i na PORTD šalje binarni ekvivalent napona snimljenog u vektoru poslanom iz PC računara. Na primjer, za maksimalnu vrijednost napona, 7.2 V , broj koji će se ispisati na PORTD će biti $\text{round}(183.6) = 183_{(10)} = 10110111_{(2)}$ što prema formuli (3) odgovara naponu na izlazu D/A konvertora od 7.1484375 V .

$$U_{izl} = 5 \text{ V} \cdot \left(1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128}\right) \quad (3)$$

Greška u ovom slučaju iznosi 0.716% i smatra se prihvatljivom.

C. Generisanje sinusnog signala

Primjer ovog signala perioda $T = 200 \text{ ms}$, amplitude 4 V prikazan je na slici 4. na jednom periodu.



Slika 4. Sinusni signal.

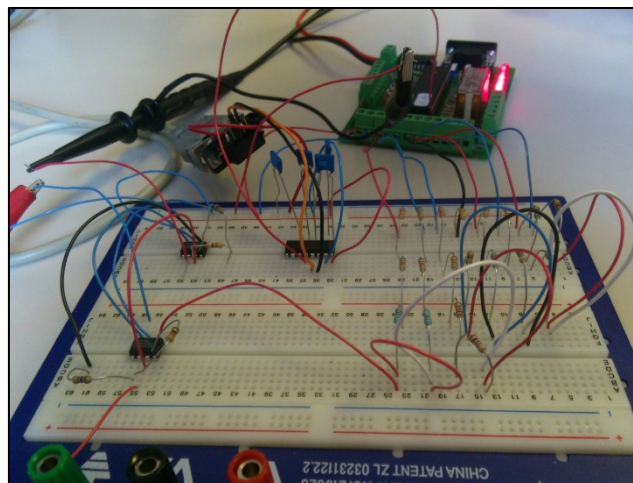
Jednom kada vektor koji sadrži 251 uzorak sinusnog signala stigne u mikrokontroler sa računara, generisanje signala se odvija analogno prethodno opisanim slučajevima, tako da neće biti detaljno opisano.

D. Periferni hardver

Za realizaciju generatora signala korištene su sljedeće komponente:

- Kolo za prilagođenje naponskih nivoa MAX232 [količina: 1][2];
- Operaciono pojačalo SN741 [količina: 2][3];
- Otpornik [količina: 23];
- Kondenzator [količina: 4; kapacitet: $1 \mu\text{F}$];
- Spojni vodiči;

Izgled cjelokupnog sklopa prikazan je na slici 5.



Slika 5. Izgled cjelokupnog sistema.

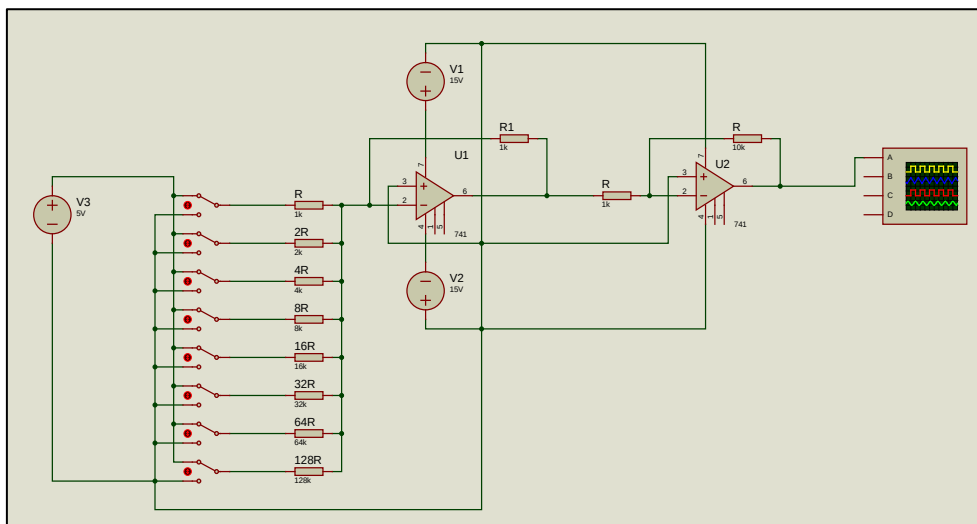
Za uspješnu realizaciju generatora signala bilo je potrebno projektovati i D/A konvertor čija je shema prikazana na slici 6.

Osmobitni D/A konvertor realiziran je od 2 operaciona pojačala u invertirajućem spoju. Referentni napon je napon logičke jedinice na pinu mikrokontrolera, odnosno 5 V . Na neinvertirajuće ulaze OP-a spojena je masa. D/A konvertor je proračunat tako da za ulaznu kombinaciju $<00000000>$ na izlazu spojenom na osciloskop daje 0 V , za ulaznu kombinaciju $<11111111>$ na izlazu daje maksimalnih 10 V . Dobivene su sljedeće vrijednosti otpornika:

$$R = R_1 = 1 \text{ k}\Omega.$$

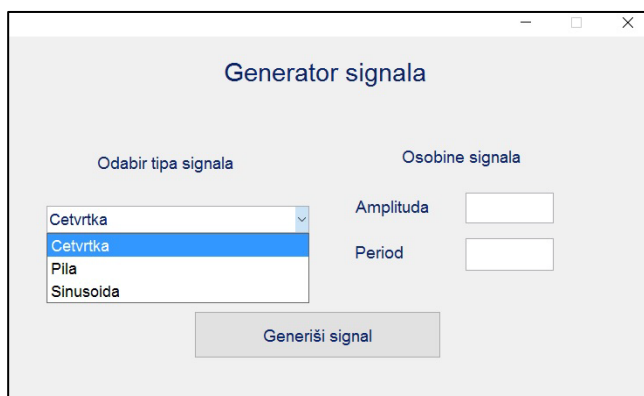
E. Realizacija programa

Nakon podešavanja hardvera potrebno je uspostaviti komunikaciju PC-a sa mikrokontrolerom putem serijske RS-232 veze. Najjednostavniji način za to je pomoću programskog paketa Matlab koji je vrlo jednostavan za ovu svrhu i dolazi sa ugrađenim funkcijama za serijsku komunikaciju. Prije početka komunikacije, potrebno je inicijalizirati serijski port, podesiti brzinu prenosa i broj bita koji se prenose te pokrenuti komunikaciju. Za realizaciju generatora korišten je port COM1 a brzina prenosa podataka je podešena na $9600 \text{ bita u sekundi}$.



Slika 6. Shema D/A konvertora.

Unos podataka vrši se preko grafičkog okruženja GUI datog na slici 7. Nakon što korisnik unutar GUI-a odabere jedan od ponuđenih signala i unese amplitudu i period, program pomoću zadatih podataka kreira signal te izvrši njegovo uzorkovanje i na taj način kreira vektor od 250 uzoraka koje zatim šalje mikrokontroleru.



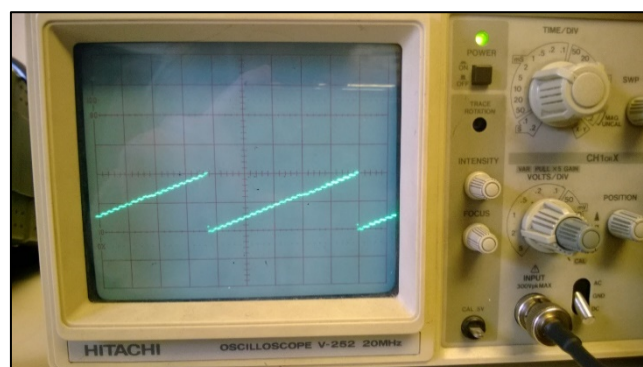
Slika 7. Izgled Gui-a.

U programskom jeziku C je napisan kôd čiji je hex fajl upisan u mikrokontroler PIC16F1939. Isti omogućava prihvatanje vektora koji se preko RS-232 komunikacije prenosi do mikrokontrolera te pravovremeno slanje njegovih članova na PORTD u cilju formiranja signala. Kako bi se formirala analogna vrijednost projektovan je 8-bitni D/A konvertor a rezultati su prikazani na osciloskopu.

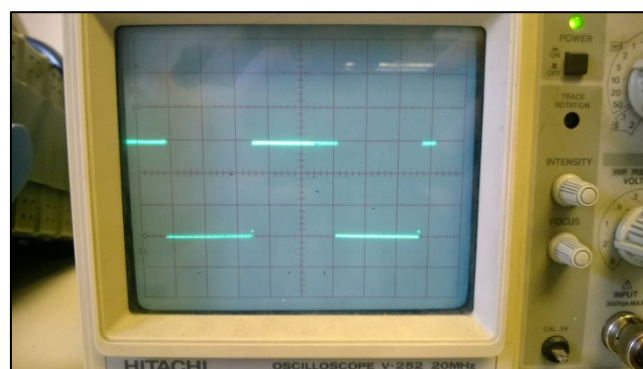
III. REZULTATI

Pokretanjem aplikacije i uzastopnim testiranjem više različitih vrijednosti amplituda i perioda za sve vrste signala,

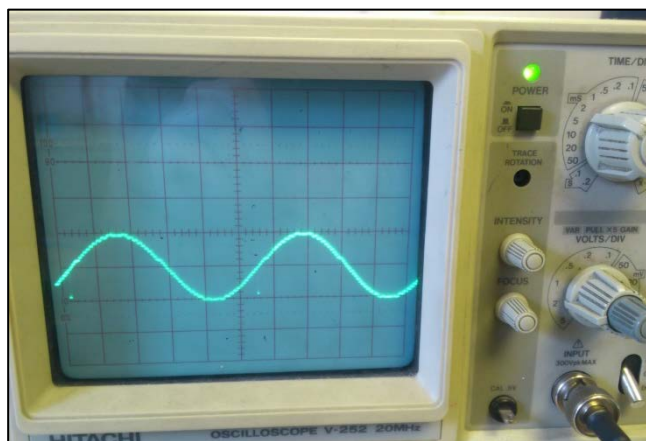
na osciloskopu su se prikazivali različiti signali. Uporedo je vršeno poređenje željenog i realiziranog signala, mjerenjem amplitude i perioda direktno na osciloskopu. Rezultati poređenja su pokazali da je odstupanje signala u opsegu $\pm 2\%$. Generisani signali su prikazani na slikama 8a, 8b i 8c.



Slika 8a. Generisani pilasti signal.



Slika 8b. Generisani signal četvrtki.



Slika 8c. Generisani sinusoidalni signal.

IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu je demonstriran način na koji je moguće napraviti generator signala bilo kojeg oblika pomoću mikrokontrolera i znanja iz osnova elektronike. Vrlo je

jednostavno kombinovati softver realiziran u Matlabu kao vrlo zgodnom alatu za generisanje i analizu signala sa hardverom, pritom fizikalno realizirajući softverski konstruisane signale ma kakvog oblika. Čak je jednostavno napraviti kompaktni generator signala bez korištenja aplikacije na računaru, koja je za ovu svrhu napravljena radi jednostavnog i intuitivnog korisničkog rukovanja.

D/A konvertor ima određenu grešku u konverziji koja je posljedica zaokruživanja vrijednosti u preračunavanjima, te zbog tolerancije korištenih otpornika. U konačnici, kada u obzir uzmemo i preciznost analognih osciloskopa, greška ne prelazi 2%, što realizirani generator signala čini vrlo tačnim i preciznim.

REFERENCE

- [1] Dokumentacija za mikrokontroler PIC16F1939.
- [2] Dokumentacija za integralno kolo MAX232.
- [3] Dokumentacija za operaciono pojačalo SN741.

Usporedba rješavanja problema rutiranja vozila heurističkim i egzaktnim metodama

Amina Šljivo, Lamija Vuković, Adha Hrusto

Sažetak - U ovom radu su predstavljene dvije metode rješavanja kapacitivnog problema rutiranja vozila: heuristička i egzaktna. Predstavljena su usporedna rješenja problema rutiranja vozila algoritmom konstruktivne heuristike, te algoritmom cjelobrojnog linearnog programiranja (simpleksnim algoritmom). Urađena je analiza efikasnosti oba algoritma i utvrđene granice veličine problema u kojima je jedna metoda efikasnija od druge.

I. UVOD

Problem rutiranja vozila [1] (engl. *vehicle routing problem* ili VRP) je problem kombinatorijske optimizacije i cjelobrojnog programiranja, a zadatak je određivanje skupa optimalnih ruta od nekog centralnog čvora (depoa) do niza čvorova (konzumenata). Problem je predložen 1959. od strane Dantzig i Ramsera a primjenjuje se u transportu, distribuciji i logistici. Za rješavanje VRP, u praksi se često koriste heurističke i determinističke metode.

VRP se sastoji u određivanju skupa optimalnih ruta od centralnog čvora (depoa) do niza čvorova (konzumenata). Rute se određuju tako da zadovoljavaju niz ograničenja poput kapaciteta vozila, dužine rute, vremenskih prozori, odnosa prednosti između čvorova konzumenata i sl. Problem rutiranja predstavlja presjek dva vrlo složena problema kombinatorijske optimizacije: problema trgovačkog putnika (TSP) i problema pakiranja (*Bin Packing*). Imajući u vidu da su oba pomenuta tipa problema vrlo kompleksni, i VRP predstavlja kompleksni problem, koji je čak dosta složeniji za rješavanje od TSP iste veličine. Tako je npr. danas TSP sa više hiljada čvorova moguće riješiti nizom algoritama, uz relativno skromne resurse. Istovremeno, najsofisticiraniji algoritmi za tačno rješavanje VRP su u stanju riješiti problem čiji se broj čvorova (konzumenata) kreće oko 100. Upravo ova činjenica objašnjava zašto se većina istraživanja algoritama za rješavanje VRP bavi heurističkim algoritmima.

II. DEFINICIJA PROBLEMA RUTIRANJA VOZILA

Klasični VRP se definira na usmjerenom ili neusmjerenom grafu $G(V, E)$, koji se sastoji od skupa čvorova $V = 0, 1, \dots, n$ i skupa grana $E = (i, j) | i, j \in V, i \neq j$. Polazni čvor ili depo je čvor 0. U polaznom čvoru se nalazi najviše m identičnih vozila identičnog kapaciteta Q . Svakom čvoru-konzumentu $i \in V \setminus \{0\}$ je pridružen nenegativni zahtjev za isporukom robe $q_i \leq Q$. Svako

grani koja povezuje čvor i i čvor j je pridružena cijena c_{ij} . Sve cijene se mogu izraziti pomoću matrice cijena (težina) C [3].

Problem se sastoji u određivanju skupa od m ruta za koje vrijedi:

- početni i krajnji čvor svake rute je čvor 0 (depo),
- svaki čvor osim čvora 0 (čvor konzument) je posjećen samo jednom,
- minimizira se ukupna cijena prolaska svim rutama.

A. VRP u standardnoj formi linearnog programiranja

Neka postoji skup od n konzumenata $\{1, \dots, n\}$ koje treba poslužiti, pri čemu je svakom konzumentu pridružen zahtjev za isporukom d_i , te neka postoji skup od m vozila jednakog kapaciteta Q koja se nalaze u istom depou označenom kao čvor 0. Poznata je udaljenost između svakog para konzumenata, kao i između depoa i svakog konzumenta ($c_{ij}, i, j = 0, \dots, n$). Problem se sastoji u dostavljanju dobara svim konzumentima minimizirajući ukupnu udaljenost koju pređu vozila, poštujući njihova ograničenja na kapacitet. Razmatra se potpun graf sa čvorovima koji odgovaraju konzumentima i depou. Ostvarljivo rješenje se sastoji od familije od k ($k \leq m$) ruta sa ishodištem u depou tako da svi konzumenti pripadaju jednoj od ruta.

Rješenje se može razložiti na dva nivoa [2]. Na prvom nivou dodijele se čvorovi konzumenti vozilima. Varijable koje služe toj svrsi su:

$$y_{ih} = \begin{cases} 1, & \text{ako čvor } i \text{ pripada ruti vozila } h, \\ 0, & \text{inače.} \end{cases}$$

Ograničenja koja se odnose na ove varijable su predstavljena relacijama (1)-(11). Jednakost (1) označava da svaki konzument mora pripadati tačno jednoj ruti, dok prema ograničenju (2) depo pripada svakoj od ruta. Jednakošću (3) je iskazano ograničenje na kapacitet vozila.

$$\sum_{h=1}^m y_{ih} = 1 \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$\sum_{h=1}^m y_{0h} = m \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^n d_i y_{ih} \leq Q \quad h = 1, \dots, m \quad (3)$$

Amina Šljivo, Lamija Vuković i Adha Hrusto su studenti Master studija na Odsjeku za Automatiku i elektroniku, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Zmaja od Bosne bb, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina, E-mail: lvukovic1@etf.unsa.ba

Potrebno je mjeriti udaljenost koju pređe svako od vozila, odnosno riješiti onoliko problema trgovačkog putnika koliko je vozila u upotrebi. Stoga se uvode varijable x_{ij}^h radi utvrđivanja rute vozila h kao

$$x_{ij}^h = \begin{cases} 1, & \text{ako vozilo } h \text{ ide od čvora } i \text{ ka čvoru } j, \\ 0, & \text{inače,} \end{cases} \quad i, j = 0, \dots, n, \quad h = 1, \dots, m$$

Da bi ruta bila prihvatljiva kao rješenje potrebno je da budu zadovoljena ograničenja za ulazni luk (4), izlazni luk (5) i uklanjanje petlji (6).

$$\sum_{j=0, j \neq i}^n x_{ij}^h = y_{ih} \quad \begin{matrix} i = 0, \dots, n, \\ h = 1, \dots, m \end{matrix} \quad (4)$$

$$\sum_{j=0, j \neq i}^n x_{ji}^h = y_{ih} \quad \begin{matrix} i = 0, \dots, n, \\ h = 1, \dots, m \end{matrix} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_{ij}^h = \sum_{i=1}^n y_i^h - 1 \quad h = 1, \dots, m \quad (6)$$

Potpuna formulacija problema rutiranja vozila postaje definirana funkcijom kriterija (7) i relacijama (8)-(11).

$$\min \sum_{h=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}^h \quad (7)$$

$$\sum_{j=0, j \neq i}^n x_{ij}^h = \sum_{j=0, j \neq i}^n x_{ji}^h \quad \begin{matrix} i = 0, \dots, n, \\ h = 1, \dots, m \end{matrix} \quad (8)$$

$$= y_{ih}$$

$$\sum_{h=1}^m \sum_{j=0}^n x_{ij}^h = 1 \quad i = 1, \dots, n \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^n d_i x_{ji}^h \leq Q \quad h = 1, \dots, m \quad (10)$$

$$x_{ij}^h \in \{0, 1\} \quad i, j = 0, \dots, n \quad (11)$$

III. RJEŠENJE PROBLEMA

Problem rutiranja vozila se tipično može riješiti na dva načina, egzaktnim i heurističkim metodama. Egzaktne metode se baziraju na linearnom programiranju, dinamičkom programiranju, cjelobrojnom programiranju i *branch-and-bound* pristupu. U ovom radu je za egzaktno rješavanje VRP korišten MILP (*Mixed Integer Linear Programming*), za heurističko rješavanje je korišten algoritam sa konstruktivnom heuristikom.

A. Algoritam linearnog programiranja

Problem linearnog programiranja (LP) je problem optimizacije u standardnoj formi iskazanoj sljedećim relacijama

$$\max \{ \mathbf{c}^T \mathbf{x} \mid \mathbf{A} \mathbf{x} \leq \mathbf{b}, \mathbf{x} \geq \mathbf{0} \} \quad (12)$$

gdje je poznata tehnološka matrica $\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{m,n}$, vektor resursa $\mathbf{b} \in \mathbb{R}^m$ i vektor cijena $\mathbf{c} \in \mathbb{R}^n$, dok je vektor nepoznatih $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$. Ako su neke ili sve varijable unutar vektora $\mathbf{x}$ cjelobrojne, problem se naziva problemom mješovitog cjelobrojnog linearnog programiranja (MILP – *Mixed Integer Linear Program*), gdje se uklapa i VRP.

VRP u standardnoj formi (12) je dat relacijama (1)-(11) i u tom obliku se može riješiti korištenjem bilo kojeg MILP solvera. Za potrebe ovog istraživanja implementirano je rješenje u Python/Sage-u i korišten je solver GLPK.

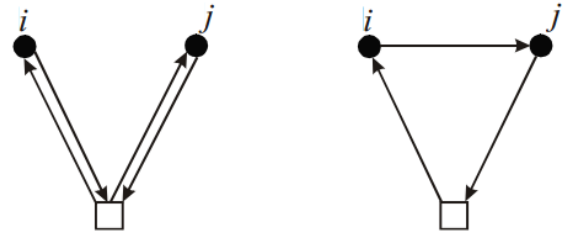
Ovaj algoritam zagaranovano pronalazi optimalno rješenje ili skup optimalnih rješenja linearnog problema.

B. Algoritam sa konstruktivnom heuristikom

Algoritmi sa konstruktivnom heuristikom sekvencijalno odabiru čvorove dok se ne kreira ostvarivo rješenje. Čvorovi se biraju tako da ostvare minimum unaprijed definisanog kriterija. Sekvencijalni algoritmi generišu rutu za svako vozilo, jedno za drugim. Ovi algoritmi u sebi sadrže funkciju selekcije kojom se određuje naredni korisnik koji će biti umetnut u rutu, ruta u kojoj će izabrani korisnik biti umetnut, kao i njegova pozicija u toj ruti.

Solomon (1986) je predložio takozvanu ruta-prvo klaster-drugo šemu koristeći Giant-Tour heuristiku.

Najpoznatiji algoritam sa konstruktivnom heuristikom je algoritam uštede, kojeg su definisali Clarke i Wright (1964). Algoritam započinje od inicijalnog rješenja, kojim se svakom konzumentu dodjeljuje pojedinačna ruta od depoa. Ruta započinje u depou, ide do i -tog čvora i vraća se nazad do depoa, kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Inicijalne rute (lijevo) i spajanje inicijalnih ruta (desno).

Vrijednost kriterija se može odrediti kao:

$$J = \sum_{i=1}^n (c_{0i} + c_{i0}) \quad (13)$$

Kombiniranjem ruta i i j se istovremeno opslužuju dva konzumenta i vrši se ušteda

$$s_{ij} = c_{i0} + c_{j0} - c_{ij} \quad (14)$$

Ukoliko vrijedi $s_{ij} > 0$, dolazi do smanjenja vrijednosti kriterija.

Clarke i White odabiru luk (i, j) sa maksimalnom uštedom s_{ij} , pod uslovom da je takva ruta izvediva. Ovaj postupak se primjenjuje iterativno. Kombinujući rute, simultano se kreiraju parcijalne rute za sva vozila ili se sekvencijalno dodaju konzumenti u rute dok se ne premaši kapacitet vozila.

Postoje tri slučaja kada se rute mogu objediniti:

- Ukoliko ni jedan od čvorova i i j nije uključen u rutu sa više čvorova, formira se ruta koja se sastoji od ova dva čvora i depoa.
- Ukoliko je samo jedan od čvorova i i j uključen u neku rutu, ali nije unutrašnji čvor rute (odnosno susjedni je depou), drugi čvor se dodaje toj ruti.
- Ukoliko su oba od čvorova i i j uključeni u različite rute, ali ni jedan od njih nije unutrašnji čvor rute, te dvije rute se povezuju u jednu. U svim ostalim slučajevima objedinjavanje ruta nije dozvoljeno.

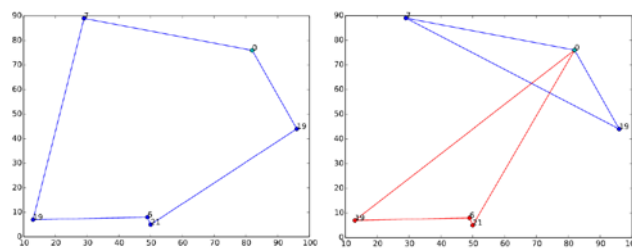
U opštem slučaju, heuristički algoritmi se zasnivaju na postepenom poboljšavanju rješenja i ne postoji garancija da će pronaći optimalno rješenje problema za razliku od algoritama linearnog programiranja, međutim pronađeno rješenje će s određenom vjerovatnoćom biti dovoljno blizu optimuma što se u praksi smatra zadovoljavajućim kompromisom između vremena izvršavanja algoritma i tačnosti rješenja problema [3].

IV. ANALIZA PERFORMANSI

Parametri algoritma su broj čvorova, broj vozila i kapacitet vozila. S promjenom ovih parametara se mijenja i dimenzionalnost problema, kao i vrijeme izvršavanja. Ove promjene su različite za egzaktno i heurističko rješenje.

A. Performanse rješenja linearnog programiranja

Rješenje trivijalnog problema prikazano na slici 2a sa 6 čvorova i jednim vozilom dovoljno velikog kapaciteta zahtijeva 7.61ms vremena i ima 42 problemske varijable. Za identičan raspored čvorova i dva vozila potrebno je 25.23ms i ima 84 problemske varijable, a rješenje je prikazano na slici 2b.



a. Q=200

b. Q=50

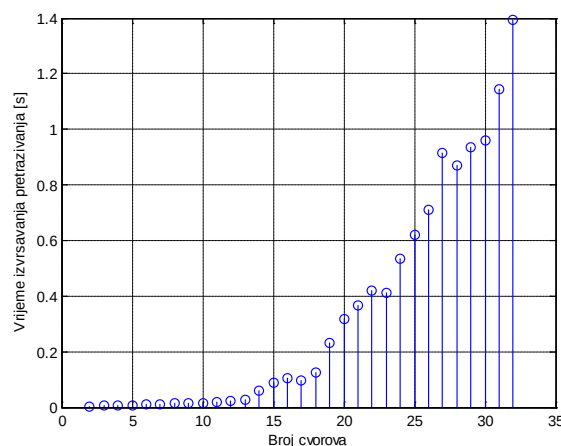
Slika 2. Rješenja VRP kao MILP za 6 čvorova sa jednim i sa dva vozila.

VRP sa 32 čvora i 5 vozila ima 5280 problemskih varijabli i potrebno je 12.98s za izračunavanje rješenja. Očigledan je rapidan porast vremena izvršavanja kao i problemskih varijabli sa povećanjem broja čvorova i broja vozila. Na slici 3 je prikazana ovisnost vremena izvršavanja algoritma o povećanju broja čvorova, a na slici 4 ovisnost broja problemskih varijabli o broju čvorova za $m=1$ vozila.

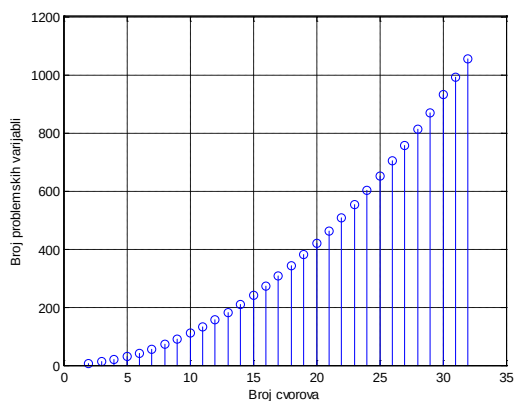
Sa slika 3 i 4 se vidi da se i vrijeme izvršavanja i broj problemskih varijabli povećavaju eksponencijalno sa brojem čvorova pri konstantnom broju ruta. Na slici 3 postoje određena odstupanja zbog kašnjenja koje unosi procesor na korištenom računar i sl. Analizom testova je dobijena funkcija povećanja broja problemskih varijabli sa brojem čvorova data relacijom (15).

$$Br\ varijabli \approx INT(1.208 (br\ cvorova)^{1.954}) \quad (15)$$

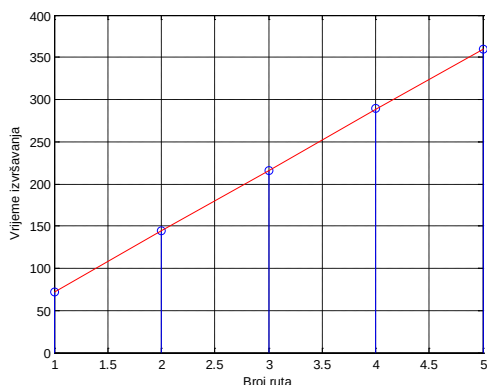
Na slici 5 je prikazana ovisnost povećanja broja problemskih varijabli o broju ruta pri konstantnom broju čvorova ($n=8$).



Slika 3. Ovisnost vremena izvršavanja MILP algoritma o broju čvorova pri $m=const=1$.



Slika 4. Dijagram povećanja problemskih varijabli kod MILP algoritma sa povećanjem broja čvorova pri $m=\text{const}=1$.



Slika 5. Dijagram povećanja problemskih varijabli sa povećanjem broja ruta pri $n=\text{const}=8$.

Na slici 5 je prikazana ovisnost broja problemskih varijabli o broju ruta. Empirijski dobijena ovisnost broja varijabli i o broju ruta i o broju čvorova je data jednačinom (16).

$$\begin{aligned} \text{Br varijabli} \\ \approx \text{br ruta} \cdot \text{INT}(1.208 (\text{br cvorova})^{1.954}) \end{aligned} \quad (16)$$

B. Performanse rješenja konstruktivne heuristike

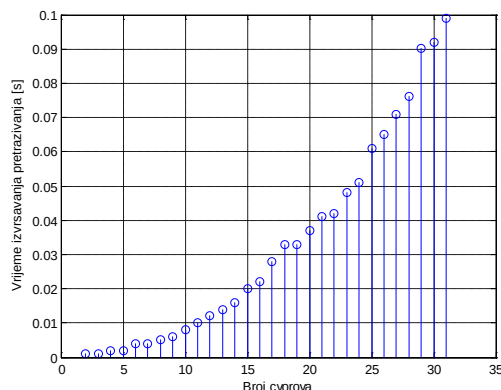
Rješenje trivijalnog problema sa 6 čvorova i jednim vozilom dovoljno velikog kapaciteta zahtijeva 3.00002ms vremena. Za identičan raspored čvorova i dva vozila potrebno je 3.00193ms.

VRP sa 32 čvora i 5 vozila zahtijeva 58.04ms vremena za izračunavanje rješenja. Na slici 6 je prikazana ovisnost vremena izvršavanja algoritma od broja čvorova.

C. Usporedba rješenja

Vremenska razlika između trivijalnih rješenja problema sa 6 čvorova i jednom rutom i problema sa 6

čvorova i dvije rute kod algoritma sa konstruktivnom heuristikom iznosi 1.91 μ s dok vremenska razlika između identičnih problema linearnog programiranja iznosi 17.62ms što je ogromna razlika. Rješavanje VRP problema sa 32 čvora i 5 vozila algoritmom konstruktivne heuristike je 223.6132 puta brže od rješavanja identičnog problema egzaktnim metodom. Usporedbom slike 3 i slike 6 se vidi koliko je algoritam sa konstruktivnom heuristikom brži i efikasniji od algoritma linearnog programiranja.



Slika 6. Ovisnost vremena izvršavanja algoritma sa konstruktivnom heuristikom o broju čvorova pri $m=\text{const}=1$.

V. ZAKLJUČAK

Linearnim programiranjem je moguće riješiti VRP problem međutim očigledan je problem dimenzionalnosti. Već za relativno mali broj čvorova $n=32$ i $m=5$ ruta, problem se definiše pomoću 5280 varijabli. Za probleme sa više od 100 čvorova rješavanje egzaktnim metodom je praktično besmisleno.

Zbog velikog povećanja dimenzionalnosti problema i posljedično dugotrajnijeg izvršavanja programa, pribjegava se alternativnim metodama pri rješavanju vrlo složenih problema poput VRP, odnosno koriste se heuristički algoritmi sa poboljšavanjem rješenja koji u mnogo kraćem vremenu daju vrlo dobre rezultate.

U ovom radu je implementirano rješavanje kapacitivnog problema rutiranja vozila pomoću egzaktnog algoritma linearnog programiranja. Pokazana je neefikasnost i kompleksnost ovakvog pristupa problemu što je i uzrok razvoja heurističkih metoda za rješavanje složenih problema, za koje je pokazana mnogo veća efikasnost.

LITERATURA

- [1] P. Toth, D. Vigo, *The Vehicle Routing Problem*, 2001, Philadelphia: Siam. ISBN 0-89871-579-2.
- [2] F. Malucelli, „Integer Linear Programming“, *Appunti di introduzione alla Ricerca Operativa*, Politecnico di Milano.
- [3] S. Konjicija, Predavanja za kurs *Optimalno upravljanje*, Elektrotehnički fakultet Sarajevo, 2015.

The ECG Monitor with Memory Card Data Storage

Nikola Stojanović, Milan Stefanović, Borisav Jovanović

Abstract - The paper presents a novel device that measures electrocardiogram (ECG) signals and heart rate. The ECG signals are acquired using electrodes placed on the patient's skin. The device has two operating modes. In the first operating mode, ECG signals are measured and stored temporarily in Flash memory card. After request (the taster button has been pressed), the signals are read from the card and sent to the personal computer (PC). In the second operating mode, the ECG signals are sent continuously to the computer via universal serial bus (USB) port.

I. ELECTROCARDIOGRAPHY

Electrocardiogram is a graphic representation of the voltage signals generated by heart during each heartbeat. It provides a very accurate assessment of heart functioning.

The heart produces tiny electrical impulse, which spreads through the heart muscle to make heart contract and relax in a timely order. The heart contraction and relaxation resulted from the depolarization and polarization of myocardial cells. [1]

The electrical conduction system of heart is shown in Fig. 1. The electrical sequence initiated by the sinoatrial node (SA), the main pacemaker of the heart. The pulses enter the ventricle through atrioventricular (AV), after that, the pulses reach to all parts of ventricle through His bundle and Purkinje fibers[2]. If the heart rate of SA is decreased or SA node is damaged the other parts of heart electrical system can take heart rate control. As a backup, the pulses can be generated within AV node or His bundle. The SA node has a faster rate of triggering than other specialized tissues, AV, His bundle and Purkinje fibers. [3]

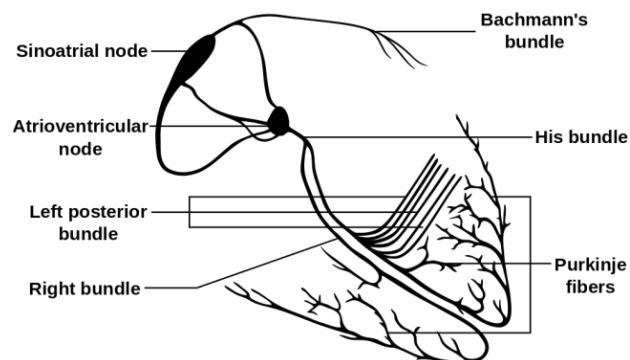


Fig. 1. The electrical conduction system of heart.

N. Stojanović and M. Stefanović are students of Electronics at Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: banicanac@gmail.com

B. Jovanović is with the Department of Electronic, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: borisav.jovanovic@elfak.ni.ac.rs

The graphic representation of heart operation is ECG signal. This signal is composed of P wave, QRS complex and T wave. P wave is reflection of depolarization of atria. Abnormalities of atria reflected on the duration, amplitude and morphology of this wave. Atria polarization occurs during ventricular depolarization. QRS complex represent a depolarization of ventricular. Since myocardial mass and thickness are considerably greater on left than right most of the QRS complex represents left ventricular depolarization. Three part of the complex are Q, R and S wave. Q wave is the first negative deflection, R wave is positive deflection and S wave is the second negative deflection. The main causes of QRS abnormalities are myocardial infarction, ventricular hypertrophy and infra nodal conduction abnormalities. T wave reflection ventricular polarization. [4-6]

The proposed ECG device measures the potential difference between two measurement sites on the patient's skin. First electrode (electrode R) is attached to the right arm. The second is attached to the left arm (electrode L). The third electrode is attached to the right leg (electrode N) and used for 50Hz noise cancelation. The other ECG devices utilize also additional electrode F, which is attached to the left leg.

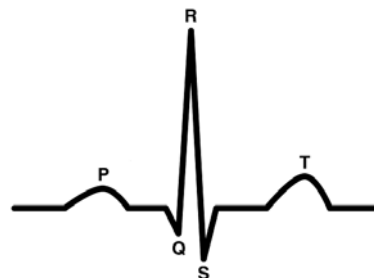


Fig. 2. An ECG waveform.

Graphical representation of voltage signal, measured between two measurement sites on patient's skin, is referred as an ECG lead. The most utilized leads are marked with Roman numerals, I, II and III. In 1901 Dutch physiologist Willem Einthoven defined the equations (1-3)[7]:

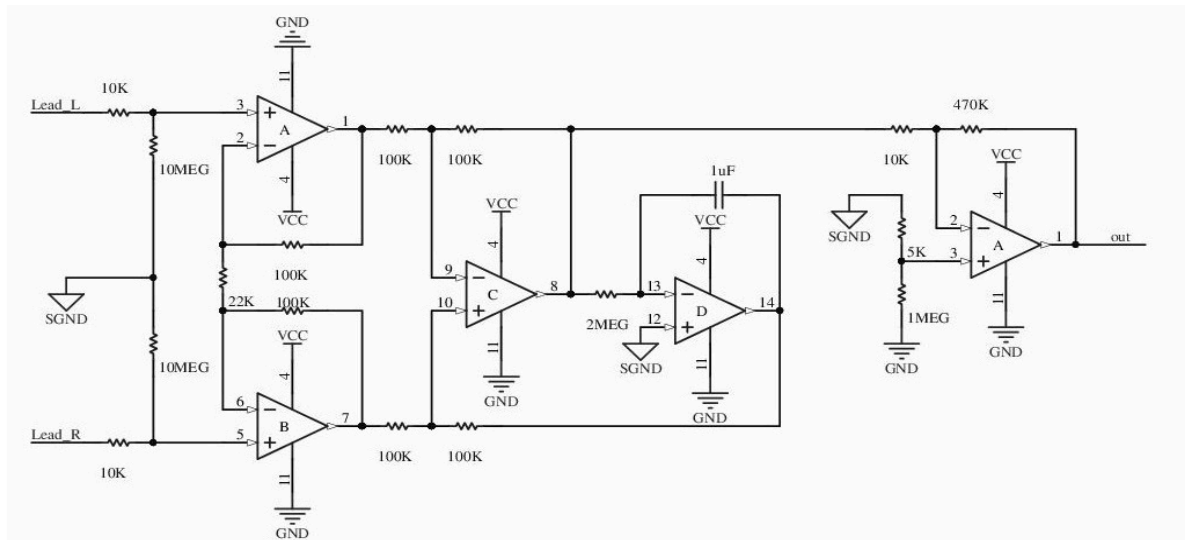
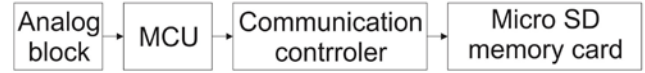
$$I = V_L - V_R \quad (1)$$

$$II = V_F - V_R \quad (2)$$

$$III = V_F - V_L \quad (3)$$

In addition to leads I-III, the cardiologists frequently use Goldberger's ECG leads, which are given by equations (4-6):[9]

$$aVf = V_F - \frac{1}{2}(V_L + V_R) \quad (6)$$



The simulation of amplifier is done using Altium Designer. The circuit implements the pass-band filter with low cut-off frequency is equal to 100 mHz. The upper cut-off frequency is equal to 4kHz. Lower cut-off frequency can be changed by changing resistor and capacitor values of High Pass filter. The high cut-off frequency is determined by Gain-Bandwidth characteristic of utilized operation amplifiers.

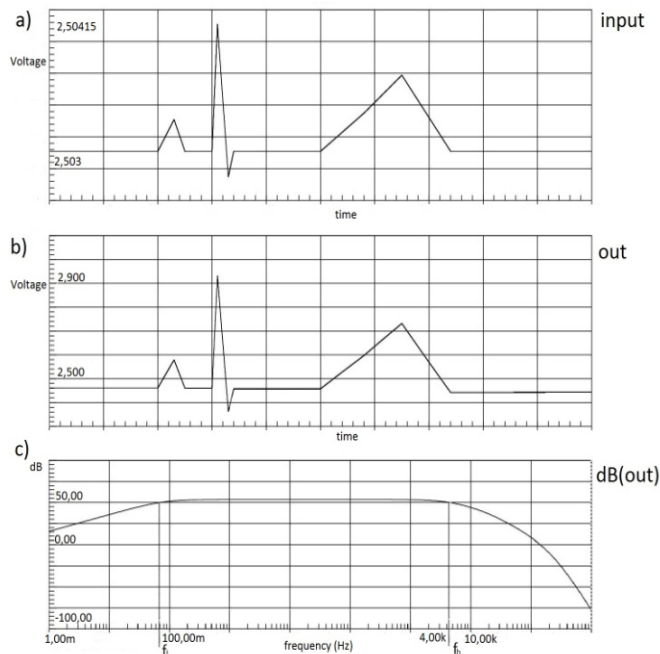


Fig. 6. The simulation of bipotential amplifier: top and middle panel present the simulation results in time domain, while bottom panel gives the circuit's frequency response.

After signal amplification the signal has been filtered. The notch filter removes 50 Hz noise. The notch filter frequency response is given in Fig. 7. The output of analog filter is fed to AD controller embedded in the microcontroller.

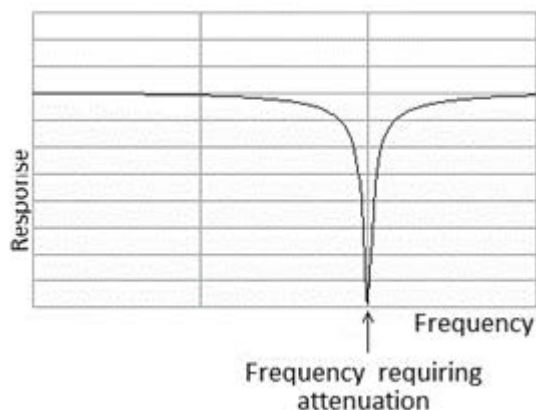


Fig. 7. Notch filter frequency response.

B. Digital signal processing

In the design we utilized the Microchip's PIC18F2520. The microcontroller has a 10-bit A/D converter, USART module, timers/counters and other useful peripheral units [10]. The ECG signals are sampled at data rate of 250 samples per second. The resolution of converted samples is 10 bits. After AD conversion, the ECG data is processed digitally. Several digital filters are implemented within the microprocessor's software. Also, the software executes the operations dedicated to heart beat detection, which are described in [11].

The ECG data is sent continuously to the personal computer (PC) through USART to USB communication controller [12]. The block diagram of UART to USB realization is given in the Fig. 8.

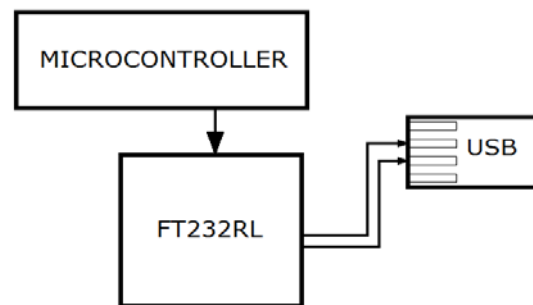


Fig. 8. Block diagram of USB communication.

The ECG data is temporarily stored into on-board Flash memory device. For this purpose, we utilized the Micro SD card. The data format which is used for data transmission will be explained in the next section.

III. SOFTWARE REALIZATION

The device has two operating modes. In the first operating mode, ECG signals are acquired and stored temporarily in Micro SD memory card.

The Micro SD card is connected to MCU over Serial Protocol Interface (SPI). After request (the on board taster button has been pressed), the signals are read from the Micro SD card and sent to the PC.

In the second operating mode, the ECG signals are sent continuously to the computer via USB port.

The MCU's program code is explained as follows.

The MCU utilizes the on-board oscillator of 25 MHz. At the beginning of the MCU's program code, the basic operating parameters are set. Among these parameters, the UART is set to the baud rate of 38400.

During initialization, the MCU's Timer 1 is set to convert ECG samples after every period equal to 4 ms. Actually, the Timer 1 generates interrupts after every 100 μ s. Additional counter is used to produce the sampling interval of 4ms. The sampling interval of 4ms corresponds to the sample rate of 250 samples per second. In the

interrupt routine, the program code performs AD conversion and some additional ECG signal processing.

The microcontroller has a 10-bit A/D converter. Because AD converter stores 10-bit result into two 8-bit special function registers, the 10-bit samples are packed into appropriate data formats for USB transmission, as well as for storing into Micro SD card.

The conversion of three 10-bit ECG samples Sample0, Sample 1 and Sample 2 into four data bytes Byte0, Byte1, Byte2 and Byte3 is illustrated in the Fig. 10. These four bytes are as a part of 512 byte package stored further into SD memory card.

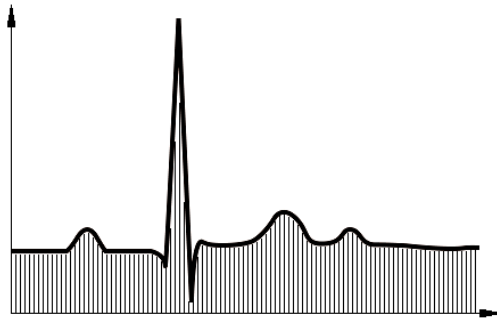


Fig. 9. A/D converter sampling of an ECG signal.

The byte arrays consisting of 512 bytes are stored in SD memory card. The process of SPI data transmission requires some amount of microcontroller's time. Since the MCU has to process ECG signals without any interruption, we had to use two arrays of 512 bytes. While one array was filled with ECG samples (produced by AD converter), the other was sent to Micro SD card.

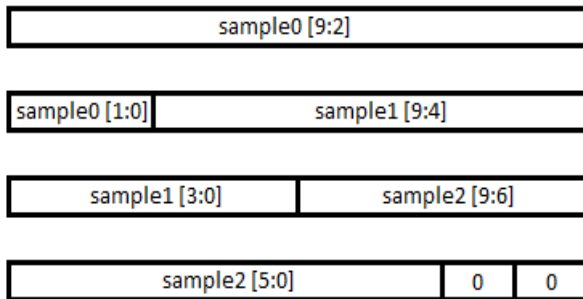


Fig. 10. The way of packing data for memory card

Data is read from Micro SD card using the same data format as for data storing. After every 512 bytes are read, 10-bit ECG signals are extracted, and then, the signals are sent to the PC.

The data format of USB data transmission consists of nine bytes. The data format is shown in Fig. 10. The 10-bit ECG signal sample is embedded into third and fifth byte of data package. The first byte indicates the transmission start

and is equal to hexadecimal value of 0xAA. The other bytes of packet are not used and they are set to 0x00.

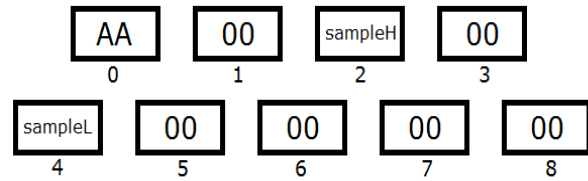


Fig. 10. The data package used for transmission.

IV. CONCLUSION

This paper describes the realization of a simple electrocardiograph device. The proposed device receives analog ECG signals from electrodes through conductive electrodes and cables, and transmits ECG data to personal computer. The connection to computer is achieved through USB port. The device is reliable and easy for use. It needs only three electrodes for a patient connection. Moreover, small size reduces the obtrusiveness of the recording process. The device has simple structure and it is very efficient in identifying cardiac disorders.

REFERENCES

- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/Electrocardiography>
- [2] S. Meek, F. Morris, "ABC of clinical electrocardiography", *British Medical Journal*, Volume 324, 2002.
- [3] M. K. Homoud, "Introduction to Electrocardiography", *M.D. Tufts-New England Medical Center*, spring 2008.
- [4] D. E. Becker, DDS, "Fundamentals of Electrocardiography Interpretation", *Miami Valley Hospital*, Dayton, Ohio 45409.
- [5] R. G. Mark, "Clinical Electrocardiography and Arrhythmias", *Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology*, 2004.
- [6] A. Bayés de Luna, "Basic Electrocardiography", *Blackwell Publishing*, Barcelona, Spain, 2007.
- [7] E. J. Berbari, "Principles of Electrocardiography", *Indiana University/Purdue University at Indianapolis*, 2000.
- [8] T. Kugelstadt, "Getting the most out of your instrumentation amplifier design", *Texas Instruments Incorporated*, 2005.
- [9] A. L. Goldberger, Z. D. Goldberger, A. Shvilkin, "Goldberger's Clinical Electrocardiography", *Elsevier Saunders*, Philadelphia, 2013.
- [10] PIC18F2420 Data Sheet, 28-Pin Enhanced Flash, Microcontroller with 10-Bit A/D and nano Watt Technology, *Microchip Technology Inc.*, 2008.
- [11] B. Jovanović, V. Litovski, M. Pavlović: "QRS Complex Detection Based ECG signal Artefact Discrimination" *FACTA UNIVERSITATIS, Series: Electronic and Energetics*, University of Niš, Vol. 28, No. 4, December 2015, pp. 571 – 584
- [12] FT232R USB UART IC Datasheet Version 2.11, *Future Technology Devices International Ltd.*

Realizacija društvene igre “Potapanje brodova” u programskom jeziku C

Petar Mijović

Sadržaj – U ovom radu opisana je programska realizacija društvene igre Potapanje brodova. Program je napravljen u okruženju *Microsoft Visual Studio*, a korišćen je programski jezik C.

I. UVOD

Odabir društvene igre “Potapanje brodova” opravdava njena struktura. Kompleksnost društvene igrice je idealna za projekat koji predstavlja sistematizaciju gradiva obuhvaćenog predmetom “Algoritmi i programiranje”.

Program se sastoji iz dva fajla, glavnog fajla *main.c* i biblioteke *pb.h* u kojoj se nalaze sve funkcije koje imaju ulogu u nekom aspektu izvršavanja ovog programa. Sve funkcije u ovoj biblioteci ne nalaze se u standardnim bibliotekama. U sledećem poglavlju ovog rada, pored objašnjenja realizacije samog programa, objašnjene su i funkcije koje predstavljaju rešenja najkompleksnijih problema koji su se javili pri stvaranju ovog programa [1]. Da bi program imao sve što ima i sama društvena igra bilo je potrebno napraviti po dve mape, omogućiti unos brodova na početku, obojci igrača, proces napada, kao i proveru porednika.

II. REALIZACIJA PROGRAMA

U ovom poglavlju predstavljene su funkcije čijim su kombinacijama omogućeni potrebni procesi (nabrojani u prethodnoj rečenici). Ukupan broj kreiranih mapa je četiri, za svakog igrača je bilo potrebno dve mape, *mapaI* i *mapa1* u slučaju prvog igrača, *mapaII* i *mapa2* u slučaju drugog igrača. Mape *mapaI* i *mapaII* predstavljaju mape koje popunjavaju oba igrača na samom početku izvršavanja programa, kao što bi ih i igrači društvene igre popunjavali (lokacije svojih brodova). Ovim mapama je pristup igračima dozvoljen samo na početku pri unosu brodova. Mape *mapa1* i *mapa2* predstavljaju mape koje su nakon unosa brodova prisutne do samog završetka izvršavanja programa i na njima su predstavljena polja koje igrači napadaju, gde je odgovarajućom bojom i karakterom predstavljeno pogodjeno polje na kome se ili nalazi ili ne nalazi protivnički brod. Pogodak je označen crvenim slovom “O”, a promašaj zelenim slovom “X”.

Petar Mijović je student na Elektronskom fakultetu, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: mijovic.petar@elfak.rs

Mape predstavljaju matrice tipa *char*, dimenzija 11x26. Ne popunjena mapa sastoji se iz 120 polja u kojima je moguće predstaviti brodiće, zatim slova “A”-“L” koja se uz blanko simbole nalaze u prvom redu matrice, brojeva od “1”-“10” koji se nalaze u prve dve kolone matrice (simbol 10 sastoji iz dva karaktera, te predstavlja string, s obzirom na to da je u pitanju matrica karaktera, string je podeljen na dva karaktera). Poslednja grupa elemenata ovih matrica je skup simbola “|” čija je uloga u razgraničavanju redova i kolona. Izgled kreirane mape predstavljen je na Sl. 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

Sl. 1. Kreirana mapa.

Funkcija koja kreira ovakve matrice koje predstavljaju mape je tipa *void* i nazvana je *mapapopunjavanjeprvo* ima jedan argument i to je matrica karaktera dimezija 11x26. Kod ove funkcije izgleda ovako:

```
void mapapopunjavanjeprvo(char mapa[11][26])
{
    int i,j;
    char x='A',y='1';
    for (i=0; i<11; i++)
        for (j=0; j<26; j++)
        {
            if (i==0 && (j!=0 && j>=3 && (j-3)%2==0))
            {
                mapa[i][j]=x;
                x++;
            }
            else if (j==1 && i>0 && i<10)
            {
                mapa[i][j]=y;
                y++;
            }
            else if (i==10 && j==0)
                mapa[i][j]='1';
            else if (i==10 && j==1)
                mapa[i][j]='0';
            else if (j>=2 && j%2==0 && i>0)
                mapa[i][j]='|';
            else
                mapa[i][j]=' ';
```

Dakle definisana su dva brojača oba tipa char, jedan počinje simbolom „1“, a drugi simbolom „A“. Prisutne su ugnježdene for petlje koje omogućavaju „šetanje“ po matrici. U bloku druge for petlje nalazi se nekoliko uslova čije ispunjavanje omogućava upisivanje odgovarajućeg simbola na odgovarajuće mesto. Uslovi su sledeći:

1. `if (i==0 && (j!=0 && j>=3 && (j-3)%2==0))`

Ispunjavanje ovog uslova omogućava upisivanje simbola koji predstavljaju redne brojeve, na odgovarajuća mesta. Posle upisivanja dolazi do inkrementiranja brojača na sledeći odgovarajući karakter.

2. `else if (j==1 && i>0 && i<10)`

Ispunjavanje ovog uslova omogućava upisivanje simbola koji predstavljaju velika slova(počev od „A“), na odgovarajuća mesta. Posle upisivanja dolazi do inkrementiranja brojača na sledeći odgovarajući karakter.

3. `else if (i==10 && j==0)`

4. `else if (i==10 && j==1)`

Uslovi pod rednim brojevima 3. i 4. omogućavaju upisivanje simbola „1“ i „0“ koji zajedno, na mapi, predstavljaju redni broj 10. Pošto u ASCII kodu ne postoji odgovarajući simbol za redni broj 10, prvi uslov ne bi mogao da obezbedi njegov unos, pa je zbog toga, za njegovo upisivanje napisano nova dva uslova, koji to omogućuju.

5. `else if (j>=2 && j%2==0 && i>0)`

Ispunjavanje ovog uslova omogućava upisivanje simbola „|“ čija je uloga u razgraničavanju redova i kolona, na odgovarajuća mesta.

Svaki element koji ne ispunjava ni jedan od ovih uslova popunjava se blanko simbolom.

Unos brodova svakom igraču omogućen je korišćenjem funkcije *unosbrodova*, zatim korišćenjem funkcije za štampanje, i bibliotetičke funkcije `system("cls");` iz biblioteke „Windows.h“.

Proces unosa brodova može se podeliti na nekoliko faza:

1. Štampanje kreirane matrice funkcijom *stampanje*.
2. Unos brodova element po element.
3. Brisanje ekrana [2] i štampanje promenjene matrice nako unosa svakog elementa.
4. Nakon završetka unosa svih brodova igraču se postavlja pitanje da li želi da ponovi svoj unos ili je zadovoljan postavkom svojih brodova.
5. Ponovljen isti proces za drugog igrača.

Da bi ovaj proces imao smisla, u nastavku je objašnjena definicija strukture podataka *brod*, funkcija za štampanje kao i funkcija *unosbrodova*.

Struktura brod:

```
struct brod
{
    char ime[20];
    int velicina;
    char lokacija[4][2];
```

```
int lokacija2[4][2];
int vrednost;
};
```

- `char ime[20];` predstavlja odvojen memorijski prostor za string u koji će biti upisano ime broda. Zavisno od veličine broda, ime broda može da bude:

- I. Za veličinu 1, podmornica, u matrici zauzima jedno polje.

1. Za veličinu 2, razarač, u matrici zauzima dva polja.

2. Za veličinu 3, krstarica, u matrici zauzima tri polja.

3. Za veličinu 4, borbeni brod, u matrici zauzima 4 polja.

- `int vrednost;` predstavlja broj neuništenih polja koja pripadaju jednom konkretnom brodu.

- `char lokacija[4][2];` Ova matrica karaktera predstavlja skup „koordinata“ jednog broda(primer: A4,A5,A6 za krstaricu koja na mapi vizuelno zauzima ta polja).

- `int lokacija2[4][2];` Ova matrica predstavlja realne koordinate elemenata u matrici (primer: polje koje vizuelno predstavlja A4 ima realne koordinate i=3, j=4 gde i predstavlja redni broj kolone, a j redni broj reda.).

Po pravilima društvene igre, svaki igrač na raspolaganju ima 4 podmornice, 3 razarača, 2 krstarice i jedan borbeni brod, veličina respektivno 1,2,3,4(int veličina). Iz tog razloga u glavnom fajlu deklarirana su dva niza strukture brod:

```
struct brod brodovi1[10], brodovi2[10];
```

Ova dva niza predstavljaju skupove brodova koji su igračima na raspolaganju. Brodovi se definišu iz fajla brodovi.txt na početku svakog izvršavanja programa funkcijom *DefinisaneBrodova*. Funkcija predstavlja klasično učitavanje podatka iz fajla, pa zbog svoje jednostavnosti ovde neće biti predstavljena.

Funkcija za unos brodova u mapu (matricu) je druga najkompleksnija funkcija koja ima ulogu u izvršavanju ovog programa (*unosbrodova*).

Funkcija je tipa void, a njeni parametri su niz struktura brod, brodovi[10] i matrica karaktera mapa[11][26], a ona je zadužena za obavljanje više zadataka. Opis njenog izvršavanja:

1. Na ekranu se ispisuje vrsta broda koga treba uneti, tj ime broda i broj kvadratića koji treba da se popuni.
2. Funkcija od korisnika traži unos stringa, koji opisuje vizualno mesto na mapi(primer: A4), koje će da ima deo broda ili ceo bord (u slučaju podmornica koje su veličine jednog elementa matrice).
3. Funkcija zatim vrši konverziju u podatke tipa integer koji predstavljaju realne koordinate unetog polja u matrici.
4. Sledeće je proveravanje validnosti unosa, gde se u slučaju lošeg unosa korisnik obaveštava da je napravio grešku, i tada se od njega zahteva novi unos. Greška može da bude nepostojeće polje ili

nemoguće polje. (primer: Unos razarača(veličina 2), prvo polje A4, drugo polje A7, program će javiti grešku jer svi elementi jednog broda moraju biti u istom redu ili koloni i njihovi elementi vizuelno moraju biti smešteni jedan za drugim).

5. Promena odgovarajuće matrice u slučaju validnog unosa, gde se za podmornice u odgovarajuće polje unosi karakter „P“, za razarač „R“, za krstaricu „K“, za borbeni brod „B“.
6. Slike ponašanja programa u ovim situacijama biće u sledećem poglavlju ovog rada.

Funkcija za štampanje (*stampanje*) je takođe tipa void, a njen jedini parametar je matrica 11x26 (mapa) koju štampa. Kod funkcije:

```
void stampanje (char mapa[11][26])
{
    HANDLE h= GetStdHandle (STD_OUTPUT_HANDLE);
    SetConsoleTextAttribute (h, FOREGROUND_GREEN |
    FOREGROUND_INTENSITY);
    int i,j;
    for (i=0; i<11; i++)
    {
        for (j=0; j<26; j++)
        {
            if (mapa[i][j]=='O')
            {
                SetConsoleTextAttribute
                (h, FOREGROUND_RED | FOREGROUND_INTENSITY);

                printf ("%c", mapa[i][j]);
                SetConsoleTextAttribute
                (h, FOREGROUND_GREEN | FOREGROUND_INTENSITY);
            }
            printf ("\n");
        }
    }
}
```

Izrazom sa početka bloka ove funkcije podešena je fabrička boja štampanja na zelenu [3], u principu ova funkcija predstavlja klasično štampanje matrice, osim što se u bloku ugnježdene for petlje nalazi uslov čije ispunjavanje omogućava menjanje boje štampanja u crvenu, u slučaju da je element karakter „O“. Ovo je relevantno kod štampanja matrica koje se koriste nakon unesenih brodova, tj matrica koje korisnicima pokazuju koja su polja gađali, gde se crvenim „O“ obeležava pogodak.

Naredna funkcija koja omogućava četvrtku stavku unosa broda igrača je funkcija koja ima zadatak da korisniku ponudi da ponovi celokupan unos, i ako je potrebno isti omogućiti. Ime funkcije je *NoviUnos*, ona je tipa int, i nema parametre. Kod funkcije:

```
int NoviUnos ()
{
    char up[10];
    gets (up);
    while (strcmp(up, "1")!=0 && strcmp(up, "0")!=0)
    {
        printf ("Unesite '0' ili '1' !\n");
        gets (up);
    }
}
```

```
if (strcmp(up, "1")==0)
{
    return 1;
}
else return 0;
}
```

Smisao ove funkcije biće objašnjen prostom prezentacijom njene pozicije u glavnom fajlu:

```
ponovo1:
    printf ("Vreme je da prvi igrac unese svoje
    brodove:\n");
    mapapopunjavanjeprovo(mapaI);
    unosbrodova(brodovi1, mapaI);
    printf("Ako ste završili sa unosom unesite
    '0', ako želite ponovo unesite '1':");
    if(NoviUnos())
        goto ponovo1;
```

Ova funkcija ponavlja se još jedanput gde je kod isti ali se sve odnosi na drugog igrača. Nakon uspešnog unosa prvog igrača, ekran se potpuno briše i tada počinje unos drugog igrača.

Nakon uspešnog unosa brodova oba igrača, više se početnim mapama ne može pristupiti, od tada se štampanju (u početku prazne) i koriste mape koje igračima pokazuju gde su do sada gađali, gde su pogodili, a gde promašili.

Samo srce programa predstavlja while petlja u kojoj su isprepletane funkcije koje omogućavaju međusobno napadanje, brisanje ekrana u pravim trenucima i provera koja se vrši kako bi se videlo da li je neki od igrača uspeo da savlada protivnika.

Kod:

```
while (!kraj)
{
    printf("\nPrvi igrac napada!\nUnesite polje
    koje gadjate: \n");
    m=1;
    napad(mapa1, mapaI, brodovi2, m);
    provera=proverakraj(mapa1);
    if (provera==1)
    {
        printf("\nPobedio je prvi
        igrac!\n");
        goto end;
    }

    printf("\nDrugi igrac napada!\nUnesite polje
    koje gadjate: \n");
    m=2;
    napad(mapa2, mapaI, brodovi1, m);
    provera=proverakraj(mapa2);
    if (provera==1)
    {
        printf("\nPobedio je drugi
        igrac!\n");
        goto end;
    }
}
```

Iz priloženog koda vidi se da se unutar while petlje, za oba igrača ponavljaju po 3 procesa:

1. Izvršenje funkcije *napad*.
2. Izvršenje funkcije *proverakraj*, čija se vrednost izvršavanja dodeljuje promenljivoj *promena*.
3. Ispitivanje promenljive *promena* od koje zavisi izlazak iz while petlje, tj kraj programa.

Funkcija *napad* predstavlja sam čin napada koji se svodi na sledeće akcije:

1. Obaveštava koji korisnik napada. Korisniku koji napada traži se da unese „vizuelne koordinate“, koje se potom transformišu u realne koordinate matrice, ako su prošle proveru validnosti (da li su realne, i da li to polje već nije gađano). U slučaju nevalidnosti, od korisnika se zahteva da ponovi unos.
2. Ako su koordinate validne, proverava se početna matrica suprotnog korisnika (u slučaju da prvi igrač napada to je matrica nazvana *mapaII*), kako bi se zaključilo da li je igrač pogodio ili promašio. U slučaju promašaja to isto polje njegove druge sopstvene matrice (ona kojom mu je pokazano šta je gađao do tada, ako je slučaj da prvi igrač napada to je *mapaI*) popunjava se karakterom „X“. U slučaju pogodaka to polje popunjava se karakterom „O“, a igraču se daje još jedan pokušaj, te se ovaj proces vraća na korak 1.
3. U svakom momentu su prisutne dve mape(matrice), gornja pokazuje prethodnom igraču šta je pogodio, a druga trenutnom. Ovo nije slučaj kada neki igrač ima više uzastopnih pogodaka, tada su mapama predstavljeni njegovi pogoci od prvog i tako je dok ne pogreši, a kada pogreši broj matrica prikazanih na ekranu je opet konstantan tj 2.

Kod funkcije *napad*:

```
void napad(char mapa1[11][26], char mapaII[11][26], struct
brod brodovi[10], int m)
{
    char koord[10];
    int x,y;
    int pr,provera;
ponovo:
    stampanje(mapa1);
    gets(koord);
    system("cls");
    if (m==1)
        printf("\nNapada prvi igrac!\n");
    if (m==2)
        printf("\nNapada drugi igrac!\n");
    novinapad:
    if (proverakoord(koord, &x, &y))
        goto ponovo;
    pr=proveranapad(brodovi, mapa1, mapaII, x, y);
    provera=proverakraj(brodovi);
    stampanje(mapa1);
    if (pr==1 && provera==0)
    {
        system("cls");
        stampanje(mapa1);
        printf("\nPogodio si, napadaj
ponovo!\n");
        gets(koord);
        goto novinapad;
    }
}
```

Funkcija *proverakoord* je ta koja proverava da li su unete koordinate realne, njen princip rada se svodi na

proveru postojanosti date koordinate, kao i da li se korisnik ne ponavlja. Njen kod nije prezentovan u daljem izlaganju, jer je zanemarljiv u odnosu na sledeću funkciju koja je prezentovana.

Naredna funkcija koja se poziva u funkciji *napad* jeste *proveranapad*. Ona je tipa int, i jedna je od funkcija koja predstavlja samu srž ovog programa, jer obaveštava o tome da li je korisnik pogodio ili promašio. Ovo je njen kod:

```
int proveranapad(struct brod brodovi[10],char
mapa1[11][26], char mapaII[11][26], int x, int y)
{
    int k,pr=0;
    int i;
    int j=0;
    if (mapaII[y][x]!='P' || mapaII[y][x]!='R' ||
mapaII[y][x]!='K' || mapaII[y][x]!='B')
    {
        mapa1[y][x]='O';
        pr=1;
        for(k=0; k<10; k++)
        {
            for (i=0;
i<brodovi[k].velicina; i++)
            {
                if
(brodovi[k].lokacija2[i][j]==x &&
brodovi[k].lokacija2[i][j+1]==y)
                {
                    if
(brodovi[k].vrednost>0)

                    brodovi[k].vrednost=brodovi[k].vrednost-1;

                    brodovi[k].lokacija2[i][j]=0;

                    brodovi[k].lokacija2[i][j+1]=0;
                }
            }
        }
        return pr;
    }
    else
        mapa1[y][x]='X';
}
```

Pored same provere validnosti pogotka, ona u odgovarajućoj matrici upisuje rezultat gađanja (primer: ako gađa prvi igrač u njegovu mapu tj matricu *mapaI*). Provera se zasniva na tome da se uporede realne koordinate polja koje se gađa i matrice koja predstavlja početnu mapu suprotnog igrača. Ako element na datim koordinatama ima vrednost „P“, „R“, „K“, „B“, element njegove matrice *mapaI* (i dalje razmatramo slučaj da prvi igrač napada) na tim koordinatama dobija vrednost „O“, u suprotnom vrednost „X“. U slučaju pogodaka, ispituje se koji je brod pogodjen, njegova vrednost (int vrednost u definiciji strukture) se smanjuje za 1, a u matrici realnih koordinata tog broda (pri definiciji int lokacija2[4][2]) te koordinate se brišu.

Funkcija *proverakraj* je funkcija tipa int, ima jedan argument, niz struktura brod, brodovi[10]. Poenta ove funkcije je da prodje kroz niz, ispita vrednost svakog broda

i ako je vrednost svakog elementa niza jednaka nuli (svaki brod je uništen), funkcija vraća vrednost 1. Ako to nije slučaj, funkcija vraća vrednost 0.

Kod funkcije:

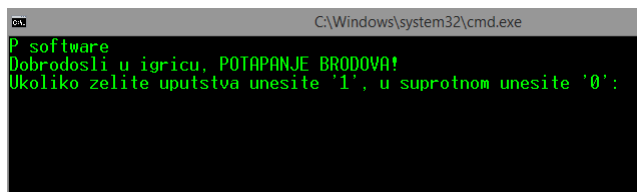
```
int proverakraj(struct brod brodovi[10])
{
    int i,j,pr=0;
    for(i=0; i<10; i++)
        if (brodovi[i].vrednost==0)
            pr++;

    if (pr==10)
        return 1;
    else return 0;
}
```

Ovim je okvirno završen opis i princip rada ovog programa. U narednom poglavlju prezentovan je rad programa.

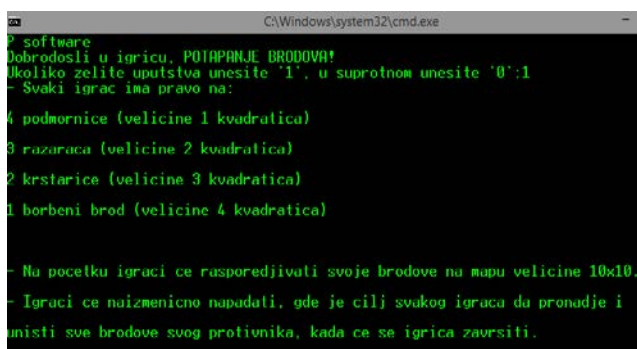
III. ZAKLJUČAK I PREZENTACIJA RADA PROGRAMA

Sam početak izvršenja programa predstavlja poruku dobrodošlice korisnicima (Sl. 2), a uz to je ponuđeno i ispisivanje pravila na ekranu.



Sl. 2. Ekran “Dobrodošlica korisnicima”.

U slučaju da korisnici odaberu da žele uputstva unošenjem karaktera “1” na ekranu se ispisuje tekst kao na Sl. 3.



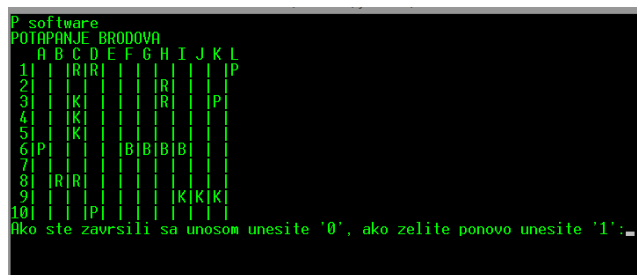
Sl. 3. Ekran “Pravila igre”.

Ispod ovog teksta nalazi se mapa koju popunjava prvi igrač, početak popunjavanja uslovljava brisanje pravila sa ekrana, delimično popunjena mapa prikazana je na Sl. 4.



Sl. 4. Delimično popunjena mapa.

Dakle, program ispod same mape ispisuje korisniku kakav brod treba da unese i njegovu veličinu na mapi (koju treba da ima). Potpuno popunjena mapa data je na Sl. 5.

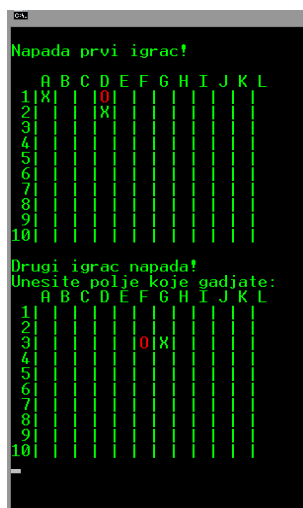


Sl. 5. Potpuno popunjena mapa.

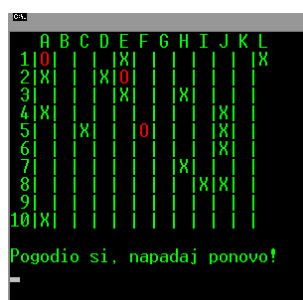
Odgovarajući brodovi obeleženi su odgovarajućim karakterima, ili grupom karaktera, na način opisan u prethodnom poglavlju ovog rada. Može se primetiti i da je korisniku ponuđeno da ponovi unos od početka. Bitno je reći da se od korisnika u više navrata očekuje unos karaktera „0“ ili „1“, u sklopu funkcija koje od korisnika zahtevaju ovakav unos nalazi se deo koda koji od korisnika zahteva ponovni unos u slučaju da upiše bilo koji drugi karakter. Ovim je sprečeno „pućanje“ programa zbog neodgovarajućeg unosa.

Nakon uspešnog unosa brodova oba korisnika, dolazi do štampanja mapa koje korisnicima pokazuju šta su gađali do sada, posle par poteza izgled ekrana je predstavljen na Sl. 6.

Mape su na ekranu pozicionirane tako da mapa igrača koji treba da napada uvek bude donja. Kao što je već napomenuto, pogoci su predstavljeni crvenim karakterom „O“ a promašaji zelenim karakterom „X“. Sl. 7. predstavlja izgled ekrana kada neki od korisnika dobije novo gađanje jer je pogodio u prethodnom pokušaju.

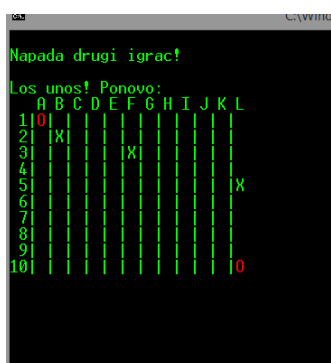


Sl. 6. Ekran "Posle par poteza".



Sl. 7. Ekran "Dodatno gađanje".

Sl. 8. predstavlja izgled ekrana pri lošem unosu koordinata za gađanje.



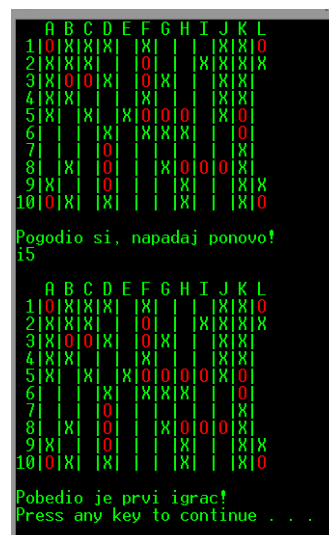
Sl. 8. Ekran "Loš unos".

Sl. 9. predstavlja situaciju ekrana neposredno pre kraja same igre.



Sl. 9. Ekran neposredno pre kraja igre.

Poslednja slika, Sl. 10. predstavlja stanje ekrana na kraju izvršenja programa, kada je neki od igrača uspeo da savlada protivnika:



Sl. 10. Ekran "Kraj igre".

Realizacija svih funkcija predstavlja sintezu matematičkih problema obrađivanih u sklopu predmeta "Algoritmi i programiranje".

LITERATURA

- [1] Doc. dr Vladimir Ćirić, "Uvod u programiranje i programski jezik C", Edicija: Osnovni udžbenici Niš 2014
- [2] Funkcija `system("cls")`. [Online] Dostupno na: <https://msdn.microsoft.com>
- [3] Video uputstvo za promenu boje u programskom jeziku C. [Online] Dostupno na: https://www.youtube.com/watch?v=K8dLM8kRE_o

Indikator napona akumulatora

Stefan Mihajlović, Dimitrije Janković, Danko Danković, Igor Arsić, Luka Marinković, Luka Petković

Sadržaj - U ovom radu opisan je indikator napona olovnih akumulatora koji ima zadatak da pokaže stanje napunjenosti akumulatora. Pokazaćemo dva načina realizacije: pomoću “integrisanog kola” i u “diskretnoj tehnici”. Cilj rada je da korisnici mogu na jednostavan način utvrditi “stanje” akumulatora. Stanje utvrđujemo indikacijom pomoću LED (Light-Emitting Diode) dioda.

I. UVOD

Veoma često se desi da je akumulator dotrajaao ili se nedovoljno puni, a to može predstavljati ozbiljan problem prilikom startovanja automobila. Ukoliko napon akumulatora padne ispod 10,8V, nije moguće startovati automobil. Pad napona ispod ove vrednosti je štetan i trajno oštećuje akumulator jer proces punjenja-pražnjenja nije reverzibilan i na ploče se izdvaja teško topivi sulfat. Da li je akumulator prazan možemo utvrditi merenjem napona i gustine elektrolita. Zbog jednostavnosti, napunjenost akumulatora pokazujemo indikacijom napona. Vrednost napona akumulatora pokazuju LED diode. Karakteristika ovakvih uređaja je da su veoma prosti za upotrebu, zato ih može koristiti široka populacija.

II. REALIZACIJA POMOĆU “INTEGRISANOG KOLA”

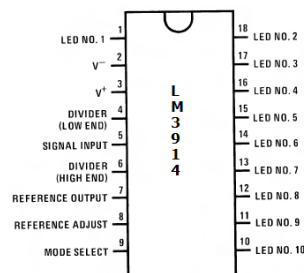
Prvi način konstrukcije indikatora napona akumulatora je pomoću integrisanog kola LM3914 (slika 1) koje predstavlja naponski komparator. Blok dijagram unutrašnjosti integrisanog kola prikazan je na slici 2. LM3914 se sastoji od 10 operacionih pojačavača (OPA-Operational Amplifier) u konfiguraciji komparatora. Promenljivi napon na ulazu dovodi do toga da se „okine“ određeni komparator u zavisnosti od napona akumulatora pa će svetleti određena dioda. Napon koji se dovede na ulaz Signal input (Pin 5) se preko bafera vodi na invertujuće ulaze (-) svih operacionih pojačavača. Na neinvertujuće ulaze povezan je razdelnik napona koga čine integrisani otpornici (vrednosti od po 1 kΩ). Kada napon na neinvertujućem ulazu postane veći od napona na invertujućem ulazu, OPA odlazi u zasićenje i tada je izlazni

Stefan Mihajlović, Dimitrije Janković, Luka Petković i Luka Marinković su učenici Tehničke škole "Rade Metalac" iz Leskovca, Dimitrija Tucovića bb, 16000 Leskovac, Srbija, E-mail: stefan.mih1997@gmail.com, dimitrije.aleksandar@sbb.rs, lukavucuje2000@gmail.com, lukamarinkovic2@gmail.com

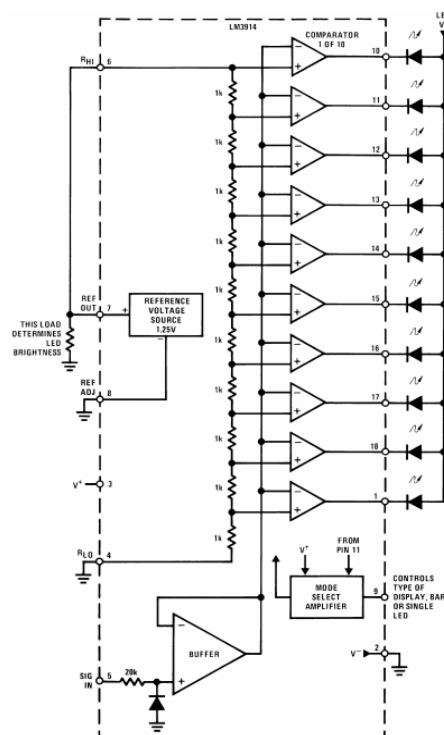
Danko Danković, profesor elektrotehničke grupe predmeta i pomoćnik direktora u TŠ "Rade Metalac", Leskovac, Srbija, E-mail: ddanko@live.com

Igor Arsić, profesor elektrotehničke grupe predmeta u TŠ "Rade Metalac", Leskovac, Srbija, E-mail: igorarsic78@gmail.com

napon jednak naponu napajanja. Dok je V^+ manje od V^- , napon na izlazu OPA je jednak nuli. Izlazi OPA kontrolišu stanje LED dioda, LED će svetleti kada je izlaz na nuli obzirom da su anode LED-ova vezane direktno na napajanje.

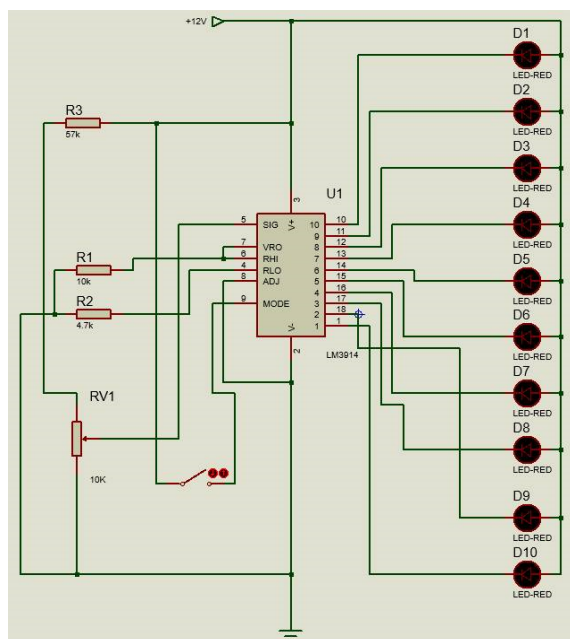


Slika 2. Izgled integrisanog kola.



Slika 2. Blok šema LM3914 sa LED diodama.

Otpornikom R1 sa slike 3 (4.7kΩ) ograničena je struja kroz LED diode i time određen intenzitet svetla na njima. Pored ovog otpornika i integrisanog kola za praktičnu realizaciju potrebne su još i LED diode, koje mogu biti grupisane u različitim bojama, otpornici R2 i R3 i potencijometar RV1.



Slika 3. Električna šema indikatora.

Indikacija se sastoji od 10 LED dioda različitih boja. Prve 4 diode su crvene boje, sledeće 3 žute, a zadnje 3 zelene. Priključivanjem akumulatora dovodi se napajanje za celo kolo, pa i za razdelnik napona koga čine fiksni otpornik R3 sa delom otpornosti potencijometra RV1. Pritiskom na taster preko pina Signal input (Pin 5) napon iz akumulatora vodi se na komparator, pa će se u zavisnosti od napona akumulatora, uključiti određene LED diode. Pri najnižem naponu, deaktiviraće se poslednji komparator u nizu, pa će na njegovom izlazu (1) napon biti jednak nuli i uključuje se prvi LED, zatim se isključuje OPA čiji je izlaz na pinu 18, pa se uključuje drugi LED i tako redom u zavisnosti od napona akumulatora.

Simulacija električnog kola sa slike 3 pokazuje da se LED dioda D1 uključuje kada je napon na akumulatoru 10,1V dok se poslednja D10 uključuje pri naponu od 13,1V. Naponi na kojima se uključuju ostale LED diode prikazani su u tabeli 1.

TABELA 1
PRIKAZ NAPONA UKLJUČIVANJA DIODA

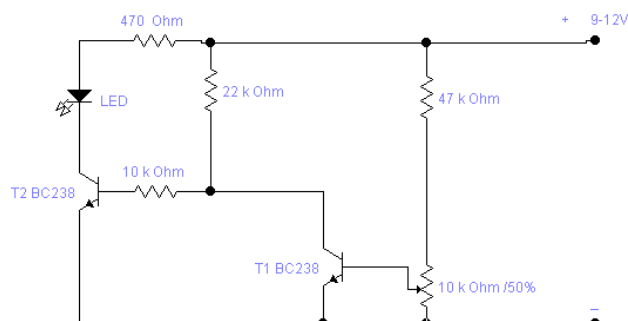
Diode	D1	D2	D3	D4	D5
Napon (V)	10.1	10.5	10.9	11.3	11.7
Diode	D6	D7	D8	D9	D10
Napon (V)	12	12.4	12.6	12.9	13.1

III. REALIZACIJA U "DISKRETNJOJ TEHNICI"

U diskretnoj tehnici uređaj se realizuje pomoću dva tranzistora BC 238, četiri otpornika, potencijometra i jedne LED diode kao indikatora. Električna šema ovog uređaja prikazana je na slici 4. Pomoću ovog indikatora može se

detektovati kada napon akumulatora padne ispod 10V tada LED dioda počinje da svetli.

Sve dok je napon iznad granične vrednosti (10,8V) tranzistor T1 provodi. Kada T1 provodi on blokira tranzistor T2 pa dioda ne svetli. Kada napon padne ispod granične vrednosti, pad napona na bazi T1 se smanji i on ne provodi, tada T2 provede i dioda počinje da svetli što daje indikaciju da je opao nivo napona akumulatora.



Slika 4. Električna šema indikatora.

IV. ZAKLJUČAK

U radu su prikazana dva rešenja za pokazivanje napona akumulatora, odnosno stanja akumultora, vizuelnim putem pomoću LED dioda. Oba rešenja su laka za realizaciju i što je najbitnije još lakša za upotrebu od strane korisnika. Pored ispitivanja stanja akumulatora u automobilu ovi uređaji pokazuju stanje akumulatora koji se koriste kao napajanja drugih uređaja. Primer su časovnici u domovima zdravlja koji se napajaju iz akumulatora pa je zgodno detektovati kad se akumulator ispraznio, pumpe za kotlove za grejanje čiji akumulatori nemaju automatiku i sl.

Nadogradnjom prvog rešenja može se dobiti uređaj koji će ispitivati ispravnost alternatora kod automobila.

ZAHVALNICA

Za finansijsku podršku u realizaciji ovog projekta zahvaljujemo se Tehničkoj školi "Rade Metalac" iz Leskovca Dimitrija Tucovića bb 16000 Leskovac. Email: rademetala@ptt.rs, Tel. 016 234 612.

LITERATURA

- [1] Z.Prijic, Analogna mikroeletronika, predavanja, 2014. http://mikroeletronika.elfak.ni.ac.rs/analogna/files/op_dif_all.pdf
- [2] <http://www.automatika.rs/projekti/svi-projekti/jednostavan-i-pouzdan-uredjaj-za-ispitivanje-napunjenosti-akumulatora.html>
- [3] <http://www.scribd.com/doc/192919711/Mala-Skola-Elektronike-5#scribd>
- [4] <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/nationalsemiconduc-tor/DS007970.PDF>

Sistem za daljinsko upravljanje sistema za grejanje

Smart heating – Pamentno grejanje

Miljan Džudović, Dušan Vučić, Milan Radosavljević, Vladimir Jocić

Sadržaj - Ovaj rad ima za cilj da predstavi jedan sistem za daljinsko upravljanje sistema za grejanje. Osnovu sistema čine: Raspberry Pi, relejni modul sa dva kanala, temperaturni senzor i programski kod napisan u programskom jeziku Python.

I. UVOD

Sistem za daljinsko upravljanje sistema za grejanje funkcioniše tako što korisnik preko uređaja sa pristupom na Internet uključuje i isključuje grejni sistem, takođe korisnik preko Interneta može podesiti i željenu temperaturu. Glavna kontrolna jedinica, Raspberry Pi, procesira podatke i u zavisnosti od trenutne temperature unutar objekta reguliše sistem grejanja. Konačni rezultat rada prikazan je na slici 1.



Slika 1. Smart heating - glavno kućište.

II. PRINCIP RADA I PRAKTIČNA REALIZACIJA

Sistem funkcioniše tako što korisnik preko Web pretraživača pristupi Web stranici koja se nalazi na Apache serveru, a on je prethodno instaliran na Raspberry Pi-u.

Miljan Džudović, Dušan Vučić, Milan Radosavljević i Vladimir Jocić su učenici Tehničke škole u Zaječaru, Knjeginje Ljubice 3-5, 19000 Zaječar. E-mail: miljandzudovic@gmail.com

Preko Web strane korisnik uključuje/isključuje sistem i šalje informacije o željenoj temperaturi. Raspberry Pi zatim procesira podatke i na osnovu trenutne temperature uključuje ili isključuje grejač u sistemu za grejanje. Ova funkcija se vrši pomoću relejnog modula sa dva kanala, jedan kanal releja se koristi za pumpu, dok je drugi kanal releja namenjen grejaču.

A. Predstavljanje komponenta i priprema za izradu

Raspberry Pi [1.] jedan je od najpoznatijih razvojnih mikroracunara današnjice veličine kreditne kartice. Posедуje Broadcom BCM2835 4-jezgarni procesor koji radi na 700MHz, 512MB DDR3 RAM memorije i Broadcom Video Core IV GPU-om. Zbog svojih specifikacija, veličine, a pre svega cene i pristupačnosti na tržištu ovaj mikroracunar je pogodan za razvoj učenickih i studenskih projekata kao što je Smart heating. Od konektora sadrži dva USB 2.0 porta, RJ-45 Ethernet port, HDMI port, 3.5mm audio konektor, 26 pinski glavni konektor sa U/I pinovima, pored glavne grupe U/I pinova, na ploči postoje i još dve grupe pomoćnih U/I namenjene za proširenje. Na slici 2. prikazan je Raspberry Pi model B mikroracunar koji je korišćen u razvoju ovog projekta.



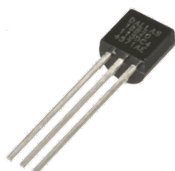
Slika 2. Raspberry Pi model B.

Relej [3] je komponenta koja se koristi kao prekidač u strujnom kolu, pomoću elektromagneta koji otvara ili zatvara strujne kontakte. U izradi projekta korišćena je ploča sa dva relej modula prikazana na slici 3.



Slika 3. Relejni modul sa dva kanala.

Senzor temperature DS18B20 [4] je jednobitni digitalni termometar koji meri temperaturu u opsegu od -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$ sa eventualnom greškom od $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Digitalni termometar prikazan je na slici 4.

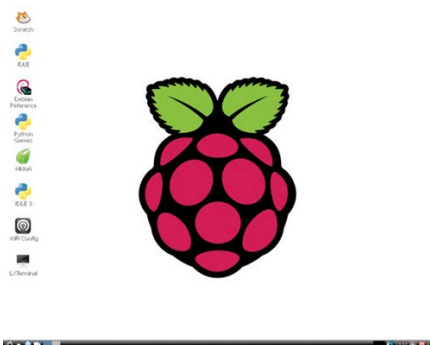


Slika 4. Digitalni termometar DS18B20.

Pre samog početka izrade projekta pomoću NOOBS-a [5] instaliran je operativni sistem Raspbian Debian Wheezy na Raspberry Pi-u, Boot meni i radna površina prikazani su na slikama 5.a. i 5.b.

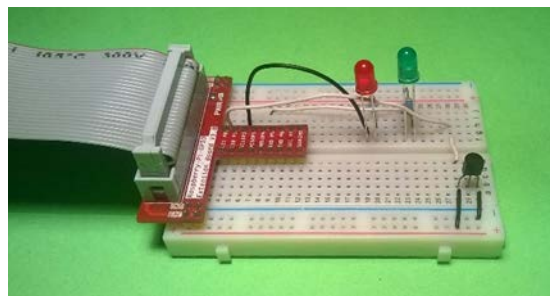


Slika 5a. BOOT meni NOOBS-a.



Slika 5b. Radna površina.

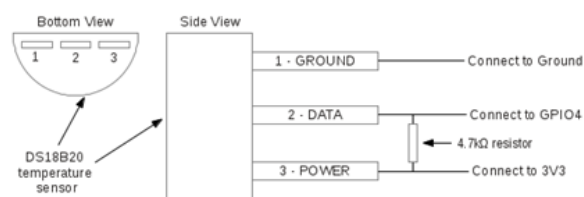
U fazi razvoja projekta korišćena je razvojna ploča (slika 6.) koja olakšava probno povezivanje elektronskih komponenti.



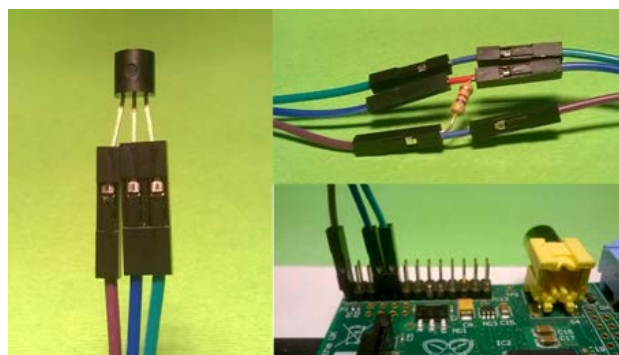
Slika 6. Razvojna ploča.

B. Izrada Sistema

Na početku je povezan digitalni termometar. Pin br. 1 kao i pin br. 3 namenjeni su napajanju senzora dok pin br. 2 obezbeđuje informaciju o temperaturi [6]. Šema i fotografija povezanog termometra na Raspberry Pi prikazane su na slikama 7.a. i 7.b.



Slika 7a. Šema za povezivanje termometra.



Slika 7b. Fotografija povezanog termometra.

Posle realizacije šeme, pomoću komande „modprobe w1-gpio“ i „modprobe w1-therm“ instalirani su drajver za senzor i oni će se automatski pokrenuti prilikom sledećeg uključivanja Raspberry Pi-a.

Sledeći korak u razvoju projekta je pisanje programa koji će služiti za obradu i kontrolu signala. Program je pisan u programskom jeziku Python 3, koji je istovremeno i osnovni programski jezik za razvoj Raspberry Pi projekata.

Najbitnije linije koda:

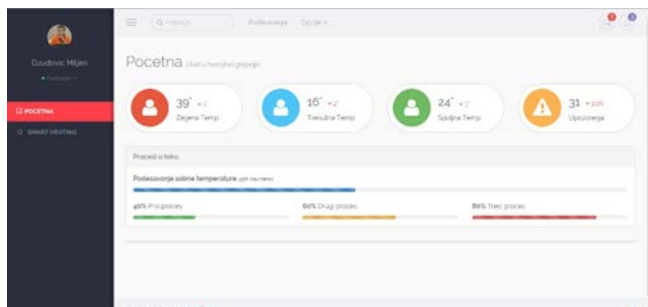
```
tfil = open("/sys/bus/w1/devices/10-000802824e58/w1_slave")
# učitavanje senzora
temperature = float(temperaturedata[2:]) # konvertovanje
vrednosti temperature u dekadni brojni sistem
if (temperature < trazena) # korak grananja algoritma
GPIO.output (10, True) # uključivanje grejača
```

Da bi sistem funkcionisao kao sistem za daljinsko upravljanje preko Interneta potrebno je kreirati Web server. Instaliran je Apache HTTP server. Kreiranje servera se izvršava iz terminala pomoću komandi za instaliranje [7].

Glavna komanda za instaliranje je:

```
sudo apt-get install apache2 php5 libapache2-mod-php5
```

Posle podešavanja Web servera kreiran je HTML dokument koji je smešten na server i zajedno sa njim integrisana je i PHP skripta za komunikaciju sa programom. Izgled korisničkog interfejsa za računare prikazan je na slici 8.a., dok je na slici 8.b. prikazan korisnički interfejs za mobilne uređaje.



Slika 8a. Korisnički interfejs.



Slika 8b. Korisnički interfejs za mobilne uređaje.

III. REZULTAT ISTRAŽIVANJA

Rezultat ovog rada je funkcionalni sistem koji omogućava regulaciju grejanja tj. uključuje/isključuje sistem grejanja i reguliše temperaturu. Sistem omogućava povećanje komfora ljudi i uštedu energije.

A. Problemi pri radu sistema

Jedini problem koji se nametnuo u realizaciji i primeni projekta je dinamička IP adresa, naime Internet provajderi dodeljuju novu IP adresu svaki put kada se uređaj konektuje na mrežu, pa samim tim svaki put kada se uključuje sistem potrebno ga je konfigurisati iznova. Ovaj problem je moguće rešiti dodavanjem punjive baterije između jedinice za napajanje i Raspberry Pi-a pa se slučajna restartovanja zbog nestabilnog napona ne bi događala.

IV. ZAKLJUČAK

Celokupan projekat je osmišljen od strane učenika, a realizovan uz pomoć profesora-mentora. Bilo je potrebno primeniti znanje ne samo iz informatike već i iz elektronike, elektrotehnike i praktičnog rada sa elektro materijalima. Autori rada zadovoljni su krajnjim proizvodom.

Ovaj projekat pruža i mogućnost za dalja istraživanja kao što je prilagođavanje za kontrolu gradskog sistema za grejanje, sistemima sa kotlovima na čvrsto gorivo, kao i kontrolu temperature po prostorijama.

ZAHVALNICA

Autori rada zahvaljuju se Tehničkoj školi u Zaječaru i profesorima elektro-informatičkog aktiva škole na pruženoj podršci, a posebno mentorima dipl. inž. elek. Dejanu Nikoliću i dipl. inž. elek. Draganu Miliću.

LITERATURA

- [1] Raspberry Pi official site (<http://www.raspberrypi.org/>) poslednji put pristupano 25. sept. 15.
- [2] T. Cox, Rasperry Pi kuvar za Pyton programere, Kompjuter biblioteka, Beograd, 2014
- [3] Vikipedija – Relej (<http://sr.wikipedia.org/sr/Relej>) poslednji put pristupano 28. sept. 15.
- [4] Katalog komponenti - M&G electronics (<http://www.mgelectronic.rs/komponente.php>) poslednji put pristupano 15. sept. 15.
- [5] NOOBS 1.4.0 (<http://www.raspberrypi.org/downloads/>) poslednji put pristupano 09. maj. 15.
- [6] University of Cambridge – Computer laboratory (<https://www.cl.cam.ac.uk/projects/raspberrypi/tutorials/temperature/>) poslednji put pristupano 28. sept. 15.
- [7] Wiki how (<http://www.wikihow.com/Make-a-Raspberry-Pi-Web-Server>) poslednji put pristupano 20. sept. 15.

Sistem za kontrolu igara pomoću pokreta glave igrača

Dimitrije Rašić, Ognjen Vidojković, Teodora Marković, Nikola Glišić

Sadržaj - Sistem opisan u ovom radu omogućava kontrolu igre pomoću pokreta glave igrača. Mogućnosti praktične primene sistema su konkretno prilikom igranja igara. Osnovu sistema čine LE diode, WEB kamera i besplatan softverski paket Free Track II. U radu je data arhitektura sistema za kontrolu kao i detaljan opis njegovog rada.

I. UVOD

Igre predstavljaju jednu od glavnih ineresovanja novih generacija. Brzi razvoj informacionih tehnologija, u oblasti igara otvorio je nove mogućnosti doživljaja virtualne realnosti igrača. Naime, u klasičnim igrama mogućnosti igrača bile su ograničene samo na hadverske dodatke: miševe, tastature i mikrofone. Sa razvojem i pojavom novih igara veštine i doživljaj virtualne realnosti [1] i interaktivnosti kod igrača je postao sve zahtevniji. Igrajući igre ustanovili smo da je moguće povećati doživljaj virtualne realnosti uz upotrebu sistema za kontrolu pokreta pomoću glave igrača. U ovom radu opisan je jedan sistem kojim se povećava doživljaj virtualne realnosti i interakciju igrača sa računarom. Sastoji se od tri LE diode [2] povezane paralelno sa jednosmernim izvorom napajanja i prekidačem, WEB kamera povezana na računar koja ima zadatak da detektuje izvore svetlosti (LE diode) prilikom pomeranja glave igrača i pomoću besplatnog softvera Free Track II [2]. koji prenosi na ekran preko radnog okruženja softvera. Rad je podeljen na elemente sistema, gde su opisane komponente LE diode, WEB kamera, softverski paket Free Track II [3] i princip rada sistema.

II. ELEMENTI SISTEMA

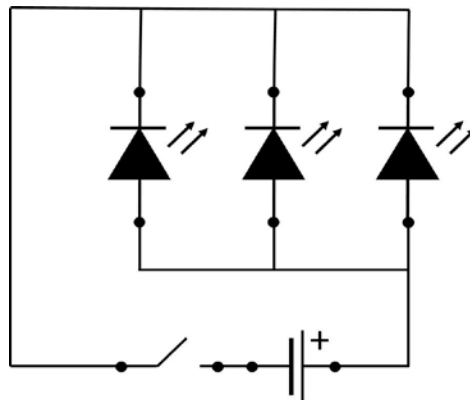
Sistem sadrži tri LE diode koje su izvor svetlosti, WEB kamera je detector svetlosti i softver Free Track II koji detektuje koordinate pokreta i pretvara u odgovarajuće položaje na ekranu.

A. LE DIODA

LE diode ili svetleća dioda (*Light-emiting diode*) je posebna vrsta poluprovodničke diode koja emituje svetlost

Dimitrije Rašić, Ognjen Vidojković, Teodora Marković i Nikola Glišić su učenici Tehničke škole u Zaječaru, Knjeginje Ljubice 3-5, 19000 Zaječar. E-mail: dimitrije2rasic@gmail.com, dit.zajecar.019@gmail.com

kada je propusno polarisana, tj. kada kroz nju teče struja. U radu smo koristili LE diode oznake OLEO3DCR koje su okrugle, poluprečnika 3 mm, emituju crvenu svetlost sa sledećim karakteristikama: 0,8mcd, 76° , 655nm, 1,7V, 10mA. Električna šema paralelne veze LE diode data je na slici 1.



Slika 1. Električna šema LE dioda.

Na slici 2 predstavljen je nacin postavljanja LE diode na kapu.



Slika 2. Postavljanje LE diode na kapu.

Koristili smo WEB kameru [4] sa karakteristikama: 1Mpix, rezolucije 1280 x 720 i HD video zapisom sa slici 3.



Slika 3. Web kamera Omega [4].

C. SOFTVER FREE TRACK II

Besplatna verzija softvera Free Track II koristi se za određivanje pozicije svetlosti koje emituju LE diode i pozicioniranje miša računara na te pozicije. Radno okruženje softvera Free Track II prikazano je na slici 4, ima dva panela. Prvi panel (levi panel na slici 4) prikazuje šta WEB kamera vidi, a drugi panel sastoji se od kartica za izbor informacija o poziciji LE diode, podešavanju softvera, izboru profila. Program nudi mogućnosti praćenja i promene većeg broja svetlosnih tačaka u interfejsu. Naime, moguće je pratiti jednu, tri ili šest LE diode. Kartica profil služi detaljnu konfiguraciju praćenja LE diode, moguće je podešavati senzitivitet promene vrednosti koordinata. Kartica "Output" služi za određivanje izlaznih uređaja kojima će biti upravljano putem pozicije LE diode. Moguće je upravljati mišem računara, džojstikom ili drugim uređajem. Kartica "Controls" služi za postavljanje skraćenica u programu, za lakše upravljanje radnim okruženjem Free Track II softvera. Kartica "Global" služi za podešavanje celokupnog softvera, moguće je konfigurisati način pokretanja programa, senzitivitet rada i jezik. Kartica "Model" služi za biranje broja svetla koji se koriste za praćenje i razdaljinje između njih. Kartica "About" pruža informacije o verziji softvera, autorima.

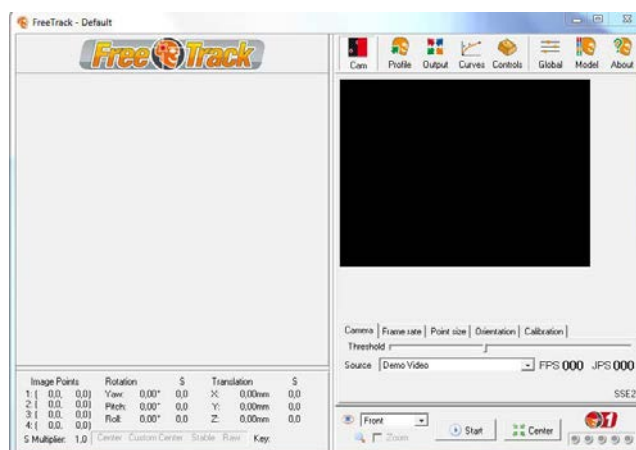
Prikaz kalibracije u programu prikazan je na slici 5. Kalibracija se vrši da bi se pronašla srednja tačka pozicije LE diode i da bi praćenje svetlosti koju emituju LE diode bilo preciznije.

III. PRINCIP RADA SISTEMA

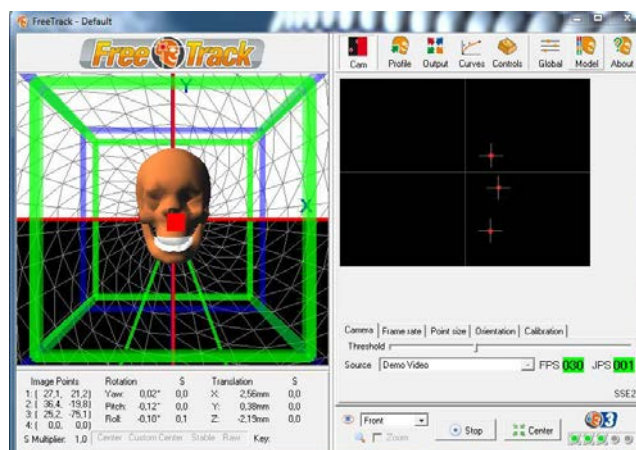
Kada uključimo prekidač, LE diode počinju da emituju svetlost koju detektuje WEB kamera. Kada se pokrene softver Free Track II, najpre se vrši kalibracija. Kalibracija se vrši u na sledeći način:

- 1) Biramo funkciju "Threshold" koja reguliše količinu svetlosti koju program prikuplja.
- 2) U kartici "Profile" biramo opcije po kojima program radi.
- 3) U kartici "Model" biramo raspored led svetla i rastojanje između njih.
- 4) Odaberemo funkciju Start gledajući direktno u WEB kameru.

Nakon kalibracije program je spreman za praćenje LE diode. Opcijom "Threshold" podešava se nivo svetlosti koji program detektuje. pomeranjem pozicije LE dioda, menjaju se i koordinate x, y u program koje se zatim šalju na izlazne uređaje.



Slika 4. Radno okruženje.



Slika 5. Kalibracija programa.

IV. PRINCIP PREPOZNAVANJA TAČAKA

Video sa kamere se najpre pretvori u crno belii izvrši binarizacija istog. Nakon toga prepoznaju se koordinate u videu [5], i proverava se broj tačaka za svaku koordinatu. Eksperimentalno je utvrđeno da je krug potrbno minimum 16 tačaka. Kada su svi krugovi prepoznati alat mapira njihove koordinate na koordinate ekrana i šalje na uređaje za podešavanje u kartici “Output”. Postupak se ponavlja za svaki frejm ponovo.

V. REZULTAT ISTRAŽIVANJA

Kada se igra igrice ovim sistemom, igra se jednostavnije a postignuti rezultati su bolji. Postojeći sistemi ne zahtevaju velika ulaganja u opremu igrača.

VI. ZAKLJUČAK

Sistem za kontrolu opisan u ovom radu prikazuje kako se uz pomoć tehnologija koje svakim danom napreduju i znanja stečenom u školi može promeniti način upravljanja kretanja kroz proširenu stvarnost. Planovi za budući rad daljim razvijanjem moguća je nadogradnja sistema upotrebom žiroskopa, IR kamere, IR LE dioda i konstrukcijom odgovarajućih 3D naočara.

ZAHVALNICA

Sistem opisan u ovom radu podržan je od strane Tehničke škole Zaječar , nastavnika elektro grupe predmeta i mentora dipl. inž. elek. Dejana Nikolića i dipl. inž. elek.. Dragana Manojlovića.

LITERATURA

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality poslednji put posećena 19. sep.2015.
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode poslednji put posećena 20. sep.2015.
- [3] http://www.freetrack.net/download.php?id=FreeTrack_V2.2 put posećena 1. sep.2015.
- [4] Slika web kamere preuzeta sa: <http://www.federalweb.com.ar/productos.php?id=529>, poslednji put posećena 1. okt. 15.
- [5] P. Viola, M. Jones “Rapid object detection using a boosted cascade of simple features “, Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 511–518 , 2001 poslednji put posećena 29. sep. 15.

Princip rada i primena GPS sistema

Anđela Jovanović, Nikola Stanojlović, Jovan Stanković, Pavle Marinković

Sadržaj – Ovim radom izučavan je princip rada i primena GPS (Globalni Pozicioni Sistem) sistema. Razvoj savremenih sistema koji služe za određivanje i pronalaženje raznih lokacija, uslovio je sve veću primenu navigacionih sistema. [5]

I. UVOD

GPS predstavlja tehnologiju koja može u realnom vremenu da odredi lokaciju ili bilo koju drugu tačku u svetu. Ona predstavlja kombinaciju računarskih sistema i satelita koji nam omogućavaju lakše snalaženje u prostoru. Danas, mnogi uređaji u sebi sadrže mogućnost određivanja lokacija kao npr. mobilni telefoni, laptopovi, navigacioni uređaji itd. Prilikom izrade ovog naučno-istraživačkog rada korišćena su dosadašnja istraživanja u oblasti navigacionih sistema koja su povezana sa navigacionim komponentama koje se nalaze u uređajima koje svakodnevno koristimo, bilo da su to mobilni telefoni ili neki drugi od uređaja.[1][2]

II. PRINCIP RADA GPS SISTEMA

Istraživanje se svodi na principu rada i načinu određivanja položaja u prostoru pomoću GPS uređaja. Osnovni princip rada GPS uređaja se svodi na pet koraka:

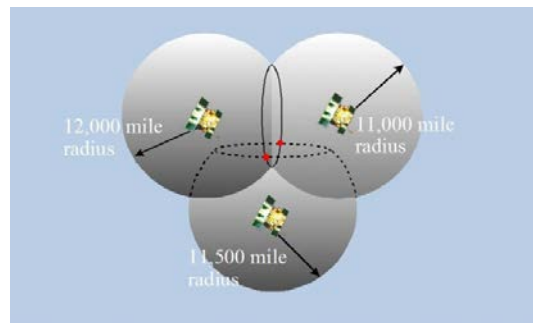
- Osnovni korak GPS-a je „triangulacija“ iz satelita. Triangulacija je trilateracija, a to je metod određivanja relativne pozicije objekata koristeći geometriju trouglova.
- Za triangulaciju GPS prijemnik meri udaljenost koristeći vreme putovanja radio signala.
- Za merenje vremena putovanja, GPS-u treba vrlo precizno vreme koje se postiže uz pomoć posebnih satova, koji nose naziv atomski satovi.
- Pored distance, morate znati tačno gde su sateliti u svemiru.
- Na kraju moraju da se isprave sva zakašnjenja signala kako oni putuju kroz atmosferu.

A. Triangulacija

Postupak triangulacije se sastoji u tome da se koriste GPS sateliti u svemiru kao referentne tačke za lokaciju na Zemlji. Za određivanje našeg rastojanja bilo gde na Zemlji

Anđela Jovanović, Nikola Stanojlović i Jovan Stanković su učenici III razreda Tehničke škole u Zaječaru - smer elektrotehničar računara, Kneginje Ljubice 3-5, 19000 Zaječar, Srbija, E-mail: andji_x3.1997@yahoo.com

moramo koristiti najmanje tri satelita i njihove triangulacije (Slika 1)[4].



Slika 1. Triangulacija.

Princip rada triangulacije se sastoji iz tri koraka:

- Prvi korak: Izmeri se udaljenost tačke od satelita koja npr. iznosi oko 17 700 km. Znamo da je tražena tačka na oko 17 700 km od određenog satelita. Na ovaj način sužava se mogućnost lokacije tačke u celom univerzumu na površini sfere na kojoj se nalazi satelit koji ima radijus od otprilike 17 700 km.
- Drugi korak: Izmerimo razdaljinu do drugog satelita, a drugi satelit je udaljen npr. oko 19 300 km. Na osnovu toga zahvataju se obe sfere ali smo takođe na sferi koja je oko 19 300 km od drugog satelita tj. tražena tačka je negde na krugu gde se ove dve sfere seku.
- Treći korak: Ako je npr. treći satelit udaljen oko 18 500 km, to nam omogućava da se tražena tačka na Zemlji još preciznije definiše tj. treći satelit svojom sferom seče kroz krug koji je presek sfera prvog i drugog satelita.

Postupkom triangulacije pomoću tri satelita određena je pozicija na samo dve tačke u prostoru. Da bi se odredila preciznija lokacija tražene tačke može da se izvrši i četvrto merenje. Ali obično se jedna od tačaka nalazi predaleko od Zemlje ili se kreće nemogućom brzinom, tako da se može odrediti pozicija tačke i bez četvrtog satelita.

B. Merenje udaljenosti

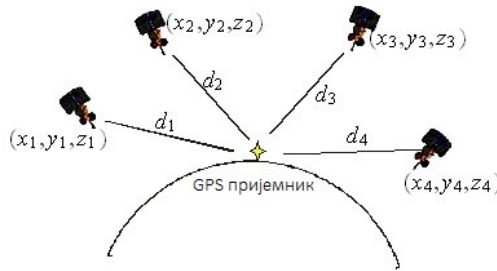
Udaljenost satelita možemo izmeriti pomoću formule (1):

$$v \cdot t = d \quad (1)$$

Radio signal u GPS-u se kreće brzinom svetlosti (oko 300.000 km/s). Glavni problem je što vreme može biti veoma zavaravajuće, a vreme putovanja je veoma kratko. Ako se sateliti nalaze pravo iznad naših glava vreme

putovanja radio signala je 0,06 sekundi, tako da su potrebni precizni merni uređaji za merenje vremena.

C. Matematičke formule za određivanje pozicije



Slika 2. Pozicije satelita u odnosu na GPS prijemnik.

GPS u prijemniku koristi četiri jednačine sa četiri nepoznate x , y , z , t_c , gde su x , y , z koordinate prijemnika, a t_c je korekcija vremena za sat u GPS prijemniku [3]. Četiri jednačine su:

$$d_1 = c(t_{t,1} - t_{r,1} + t_c) = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2} \quad (2)$$

$$d_2 = c(t_{t,2} - t_{r,2} + t_c) = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2} \quad (3)$$

$$d_3 = c(t_{t,3} - t_{r,3} + t_c) = \sqrt{(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 + (z_3 - z)^2} \quad (4)$$

$$d_4 = c(t_{t,4} - t_{r,4} + t_c) = \sqrt{(x_4 - x)^2 + (y_4 - y)^2 + (z_4 - z)^2} \quad (5)$$

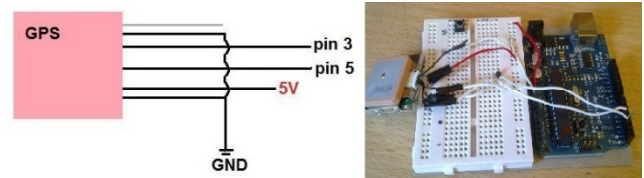
gde je:

- c - brzina svetlosti
- $t_{t,1}$, $t_{t,2}$, $t_{t,3}$, $t_{t,4}$ - vremena u kojima GPS sateliti 1, 2, 3 i 4 respektivno prenose svoje signale (ova vremena su obezbeđena prijemniku kao deo informacija koje se prenose)
- $t_{r,1}$, $t_{r,2}$, $t_{r,3}$, $t_{r,4}$ - vremena u kojima su signali iz GPS satelita 1, 2, 3 i 4 respektivno primljeni (prema nepreciznom satu GPS prijemnika).
- x_1 , y_1 , z_1 - koordinate GPS satelita 1 (ove koordinate su obezbeđene za prijemnik kao deo informacija koji se prenosi);
- x_2 , y_2 , z_2 - koordinate GPS satelita 2 (ove koordinate su obezbeđene za prijemnik kao deo informacija koji se prenosi);
- x_3 , y_3 , z_3 - koordinate GPS satelita 3 (ove koordinate su obezbeđene za prijemnik kao deo informacija koji se prenosi);
- x_4 , y_4 , z_4 - koordinate GPS satelita 4 (ove koordinate su obezbeđene za prijemnik kao deo informacija koji se prenosi);

Prijemnik rešava ove jednačine istovremeno da bi odredio x , y , z i t_c .

III. PRIMENA GPS KOD ARDUINO MIKROKONTROLERSKE PLATFORME

GPS uređaj povezujemo sa Arduino mikrokontrolerskom platformom tako što se žica pin 5 postavlja u priključak "TX" i žica pin 3 u priključak "RX" prema šemi (Slika 3) [6].



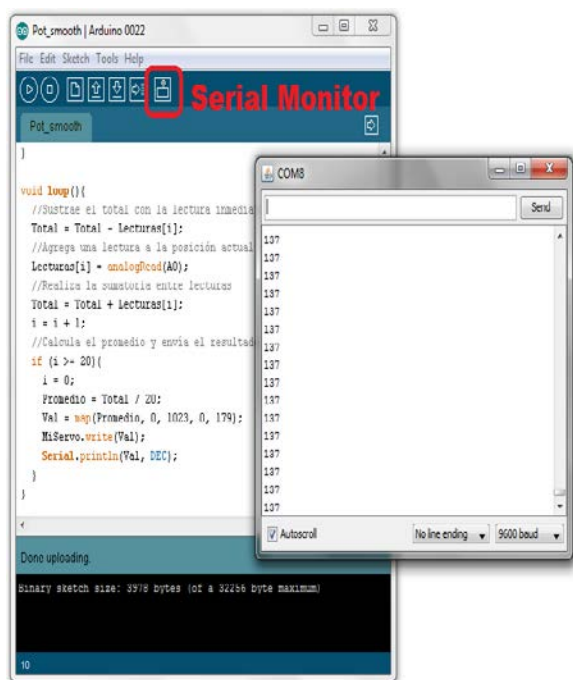
Slika 3. Povezivanje GPS uređaja sa Arduino mikrokontrolerskom platformom.

Nakon povezivanja potrebno je kodirati Arduino mikrokontrolersku platformu kako bi GPS uređaj radio, i to prema sledećem programskom kodu [7]:

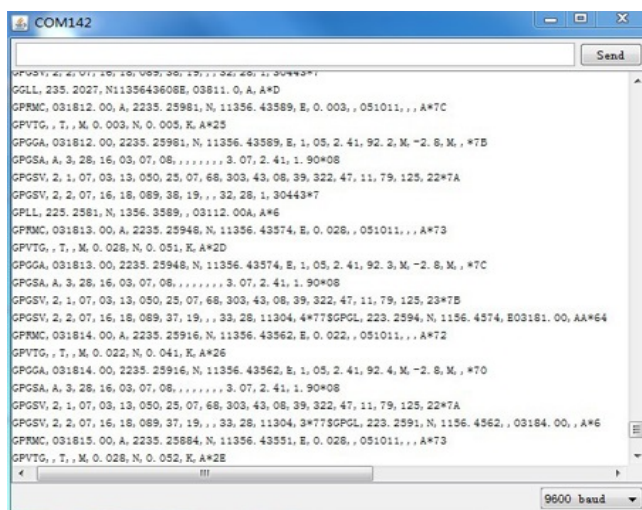
```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS.h>
long lat,lon;
//definišu se promenjive za dužinu i širinu objekta
SoftwareSerial gpsSerial(3,5);
//stvara se senzor za GPS vezu
TinyGPS gps;
//stvara se GPS objekat
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  //povezivanje serijski
  gpsSerial.begin(4800);
  //povezuje se GPS senzor
}
void loop()
{
  while(gpsSerial.available())
  //proveravaju se GPS podaci
  {
    if(gps.encode(gpsSerial.read()))
    //dekodiraju se GPS podaci
    {
      gps.get_position(&lat,&lon);
      //dobijaju se širina i dužina
      Serial.print("Position: ");
      //prikazivanje pozicije
      Serial.print("lat: "); Serial.print(lat);
      //štampa se širina
      Serial.print("lon: "); Serial.print(lon);
      //štampa se dužina
    }
  }
}
```

Testiranje se vrši tako što se Arduino mikrokontrolerska platforma i serijalni monitor (Slika 4) uključuju i čeka se poruka "Started" na monitoru. Ako je sve dobro povezano upaliće se crvena lampica i poruke će početi da se nizaju jedna ispod druge (Slika 5).

GPS će dati koordinate samo kada crvena lampica treperi. Kako bi se poruke koje se prikazuju na monitoru, vezane za koordinate, UTC (Coordinated Universal Time - Koordinisano Univerzalno Vreme) vreme, nadmorsku visinu itd., dekodirale koristi se GPS upustvo u kome se nalazi objašnjenje svih kodova.



Slika 4. Serijalni monitor.



Slika 5. Poruke koje prikazuju dobijene rezultate i koje treba dekodirati.

IV. ZAKLJUČAK

U današnje vreme upotreba GPS sistema je sve češća sa napretkom savremenih informacionih sistema. GPS sistemi i GPS prijemnici sve više imaju primenu u svakodnevnom životu poput telefona, radio prijemnika ili televizora. Arduino mikrokontroler i Arduino GPS Shield predstavlja sklop koji za rezultat daje podatke o dužini, širini i nadmorskoj visini u realnom vremenu.

ZAHVALNICA

Autori rada zahvaljuju se Tehničkoj školi u Zaječaru i profesorima elektro-informatičkog aktiva škole na pruženoj podršci, a posebno mentorima dip.inž.elek. Dejanu Nikoliću i dip.inž.elek. Draganu Pejoviću.

LITERATURA

- [1] Slideshare - <http://www.slideshare.net/nit65/gps-25078617>
- [2] Slideshare - <http://www.slideshare.net/ViPserbia/gpspojarn-i-prirna>
- [3] Trimble - http://www.trimble.com/gps_tutorial/
- [4] Courses - https://www.courses.psu.edu/aersp/aersp055_r81/satellites/gps_details.html
- [5] Wikipedia - https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
- [6] Letsmakerobots - <http://letsmakerobots.com/content/gps-complete-guide-arduino-global-positioning-system>
- [7] Instructables - <http://www.instructables.com/id/Connecting-GPS-module-to-Arduino/?ALLSTEPS>

Eksperimentalna postavka za karakterizaciju solarnih ćelija

Milan Stojanović, Aleksandar Ilić, Emilija Živanović

Sadržaj – U ovom radu ukratko su opisane solarne ćelije, parametri koji opisuju ekvivalentni model solarne ćelije, kao i parametri koji opisuju njenu efikasnost. Pored opšteg opisa prikazan je i eksperimentalni način za određivanje istih. Na kraju su dati rezultati karakterizacije ispitivanih ćelija.

I. UVOD

Sve veća potražnja za čistom energijom i u velikoj meri neiskorišćen potencijal Sunca kao izvora energije čini razvoj tehnologije energijske konverzije u solarnim ćelijama sve važnijim. Kao rezultat toga, potražnja za solarnim ćelijama, koje pretvaraju sunčevu svetlost direktno u električnu energiju, raste. Solarne ili fotonaponske ćelije se sastoje od poluprovodničkih materijala koji apsorbuju fotone iz sunčeve svetlosti i onda uz pomoć apsorbovane energije oslobađaju elektrone, uzrokujući protok električne struje kada se solarna ćelija koristi za napajanje potrošača. Različita merenja se koriste za karakterizaciju solarnih ćelija. Ova električna karakterizacija se izvodi u okviru istraživanja i razvoja fotonaponskih ćelija i materijala, kao i tokom procesa proizvodnje.

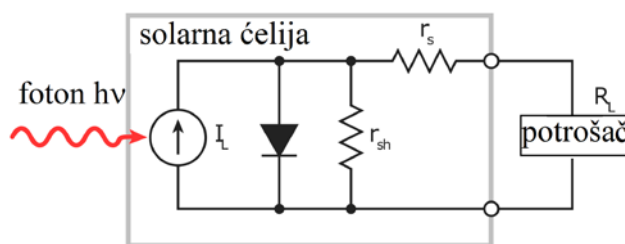
Neka od električnih merenja koja se obično izvode na solarnim ćelijama uključuju merenje struje i kapacitivnosti u funkciji od primenjenog jednosmernog napona. Rezultati merenja kapacitivnosti se ponekad izražavaju u funkciji frekvencije ili naizmeničnog napona. Neka istraživanja zahtevaju impulsna merenja struje i napona. Ova merenja se obično vrše za različite intenzitete svetlosti i pod različitim temperaturnim uslovima. Neki od važnih parametara uređaja koji se mogu izdvojiti iz jednosmerne i impulsne strujno-naponske (I - V) karakteristike uključuju izlazne struje, efikasnost konverzije, maksimalnu snagu, gustinu dopiranja, otpornost, itd [1]. Električna karakterizacija je važna u dobijanju efikasnijih solarnih ćelija sa što minimalnijim gubicima energije kako bi sam proces konverzije sunčeve energije u električnu bio što isplativiji.

Solarne ćelije imaju veoma široku primenu. Samo neke od njih su: izrada solarnih panela koji imaju ulogu generatora, punjači baterija itd.

Milan Stojanović, Aleksandar Ilić i Emilija Živanović sa Katedre za mikroelektroniku, Elektronskog fakulteta, Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: milanstojanovic@elfak.rs

II. PARAMETRI SOLARNE ĆELIJE

Solarna ćelija može biti prikazana modelom ekvivalentnog strujnog kola prikazanog na slici 1, koje se sastoji od strujnog izvora kontrolisanog intenzitetom upadne svetlosti (I_L), diode koja stvara saturacionu struju I_S , serijske otpornosti (r_s), i šant otpornosti (r_{sh}). Struja kroz diodu kada je direktno polarisana je $[I_S(e^{qV/kT} - 1)]$.



Slika 1. Idealizovano ekvivalentno kolo solarne ćelije.

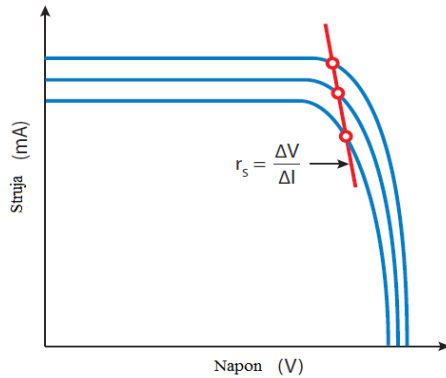
Ako je potrošač otpornosti (R_L) povezan na osvetljenu solarnu ćeliju, onda ukupna struja postaje [2]:

$$I = I_L - I_S(e^{qV/kT} - 1), \quad (1)$$

gde su I_S saturaciona struja diode i I_L struja usled svetlosne generacije.

Serijska otpornost je značajan parametar zbog smanjenja struje kratkog spoja i maksimalne izlazne snage [3]. Idealno, serijska otpornost bi trebala biti jednaka nuli. Vrednost serijske otpornosti određuje se grafički na specifičan način koji će na ovom mestu biti ukratko opisan. Naime, intenzitet struje kroz solarnu ćeliju kada ona nije u električnom kolu (nema napona) je određen samo fotostrujom. U ovom slučaju struja je veća pri većjoj osvetljenosti, a struje pri različitim osvetljenostima se razlikuju za neku vrednost ΔI . Međutim, za neku proizvoljnu vrednost napona razlika intenziteta dveju struja ne ostaje konstantna što je posledica postojanja serijske otpornosti. Najpre treba odabrati tačku na krivoj (koja odgovara najvećjoj osvetljenosti) pri naponu na kome se očigledno može videti smanjenje struje. Zatim, se nalazi tačka na karakteristici koja odgovara manjoj osvetljenosti tako da je razlika struja između već izračunate i nove tačke ΔI . Na slici 2 se može videti da je ta tačka pomerena udesno u odnosu na prvobitnu. Dalje, treba nastaviti sa pronalaženjem tačaka na svim karakteristikama vodeći računa da razlika u struji bude konstantna. Na kraju se kroz

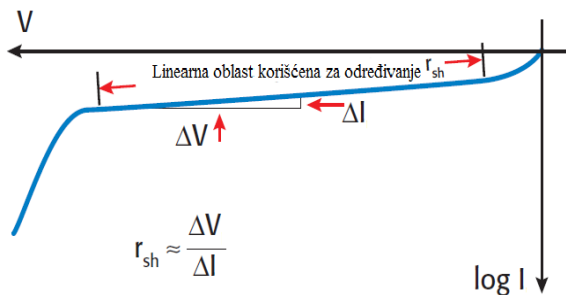
ovako dobijene tačke može povući prava. Nagib te prave je ustvari brojno jednak serijskoj otpornosti.



Slika 2. Grafičko određivanje serijske otpornosti solarne ćelije.

Šant otpornost predstavlja gubitke usled površinskog curenja duž granice ćelije ili kristalnih defekata. Idealno, šant otpornost treba biti beskonačna.

Otpornost šanta se takođe može odrediti grafički. U ovom slučaju od značaja je deo karakteristike koji je uslovno rečeno linearan. Posmatravši ovaj deo krive, kao na slici 3, otpornost šanta se može lako odrediti. Potrebno je odrediti količnik promene napona i promene struje što se uslovno rečeno može lako očitati sa grafika. Brojna vrednost ovog količnika je u stvari vrednost otpornosti šanta.



Slika 3. Grafičko određivanje otpornosti šanta.

Nekoliko parametara se koristi za karakterizaciju efikasnosti solarne ćelije, uključujući maksimalnu snagu (P_{max}) i faktor ispune (FF) koji će biti predmet istraživanja ovog rada. Ovi parametri su označeni na slici 4.

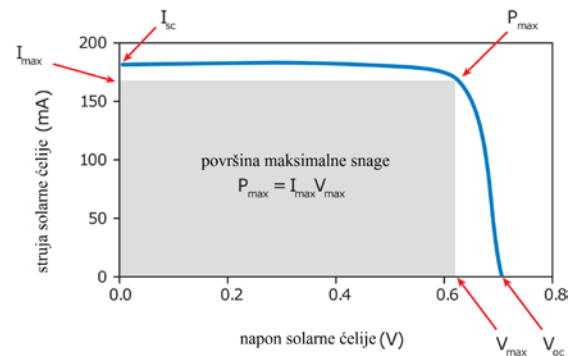
Maksimalna snaga (P_{max}) je proizvod maksimalne struje solarne ćelije (I_{max}) i napona (V_{max}) pri čemu je izlazna snaga solarne ćelije najveća. Ova vrednost predstavlja koleno prikazano na slici 4.

Faktor ispune (FF) pokazuje koliko I - V karakteristika testirane solarne ćelije odstupa od idealne i definiše se kao [1]:

$$FF = \frac{I_{max} V_{max}}{I_{sc} V_{oc}}, \quad (2)$$

gde su I_{max} struja koja odgovara maksimalnoj izlaznoj snazi, V_{max} napon koji odgovara maksimalnoj izlaznoj

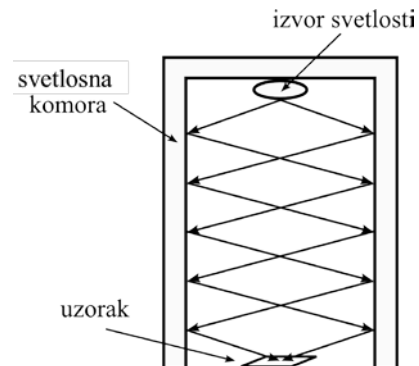
snazi, I_{sc} struja kratkog spoja i V_{oc} napon otvorenog kola. Po definiciji, faktor ispune je odnos maksimalne snage i proizvoda struje kratkog spoja i napona otvorenog kola. Idealna solarna ćelija ima faktor ispune jednak jedinici, ali gubici serijske i šant otpornosti smanjuju njenu efikasnost.



Slika 4. Tipična I - V karakteristika solarne ćelije pri direktnoj polarizaciji.

III. OPIS EKSPERIMENTA

Da bi solarna ćelija pravilno radila potrebno je obezbediti difuznu svetlost kojom će biti osvetljena. Difuzna svetlost se dobija kada se svetlost u prvobitnom izvornom obliku odbija od hrapavih površina. U ovom eksperimentu za dobijanje difuzne svetlosti korišćena je komora od reflektujućeg materijala (slika 5). Na vrhu komore je svetlosni izvor (sijalica), a na dnu komore solarna ćelija.

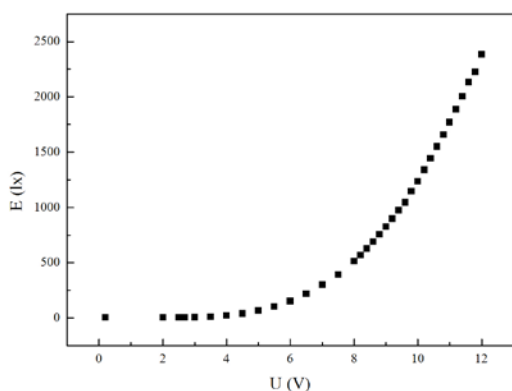


Slika 5. Komora za dobijanje difuzne svetlosti.

Da bi merenje bilo što preciznije izvršena je kalibracija komore. Posebnim postupkom izmerena je i snimljena zavisnost osvetljenosti od napona kojim se napaja izvor svetlosti. Intenzitet osvetljenosti je meren luxmetrom, a grafički prikaz rezultata je na slici 6. Na osnovu dobijenih tačaka i aproksimacijom krive kroz njih utvrđene su potrebne vrednosti napona da bi osvetljenost u komori bila odgovarajućeg intenziteta.

Na osnovu dobijenih rezultata sa grafika su određene sledeće vrednosti: da bi u komori osvetljenost iznosila 400 lx, 600 lx, odnosno 800 lx, potrebno je da napon

napajanja svetlosnog izvora ima vrednosti 7.6 V, 8.3 V i 8.9 V, redom.



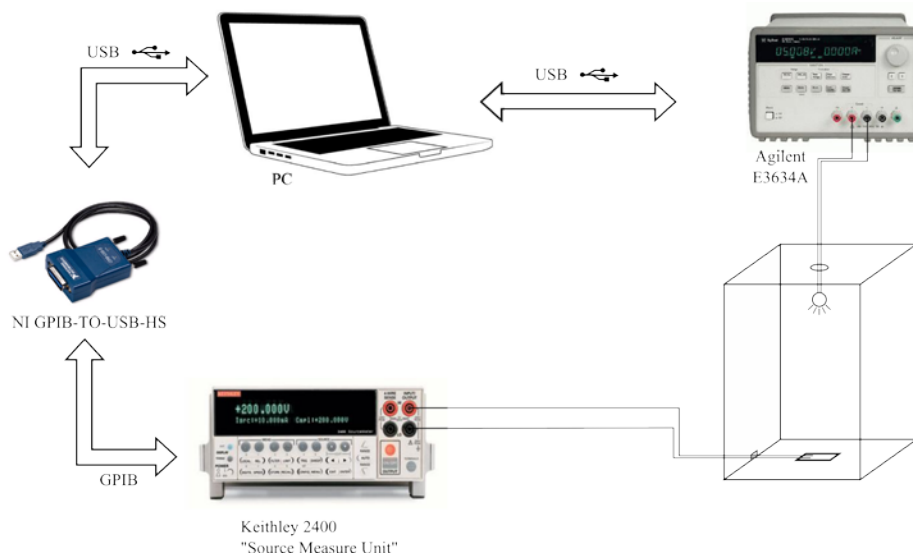
Slika 6. Zavisnost osvetljenosti od napona napajanja svetlosnog izvora.

Od suštinskog značaja za snimanje strujno-naponske karakteristike komponentata kao što su solarne ćelije, je korišćenje uređaja čija je prvobitna namena karakterizacija

poluprovodničkih komponentata. Na slici 7 je prikazan način povezivanja korišćenih uređaja.

Računar pruža softversku obradu podataka koje dobija iz uređaja Keithley 2400 sa kojim je povezan USB/GPIB portom. Računar je USB portom spojen sa uređajem Agilent E3634A koji predstavlja jednosmerni izvor napajanja. Ovim izvorom se napaja sijalica koja se nalazi u prethodno opisanoj komori.

Najvažniji uređaj u ovoj postavci je Keithley 2400. Na već navedeni način je spojen sa računarom kome šalje podatke. Ti podaci predstavljaju tačke čije su koordinate određene vrednošću napona i struje solarne ćelije koja je povezana na izlaz ovog aparata. Posebna karakteristika uređaja Keithley 2400 je što ima strujno ograničenje. Za određenu vrednost napona koja se šalje na izlaz, odnosno na solarnu ćeliju, može se podesiti maksimalna vrednost struje koja će proteći kroz istu. Na taj način je komponenta zaštićena od pregorevanja.

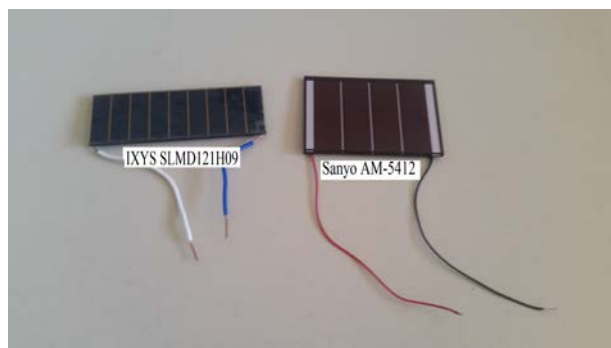


Slika 7. Blok dijagram predložene eksperimentalne postavke.

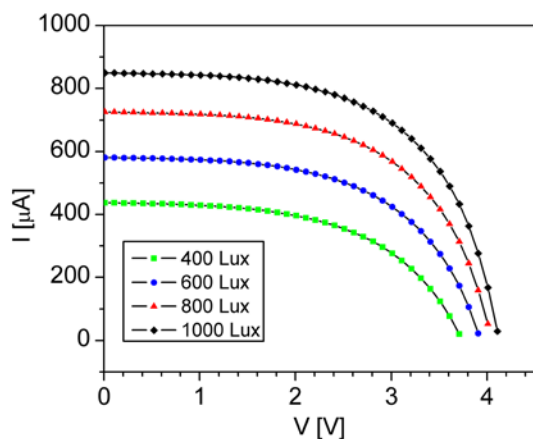
IV. REZULTATI MERENJA PARAMETARA SOLARNIH ĆELIJA

Za proveru eksperimentalne postavke korišćene su dve solarne ćelije, IXYS SLMD121H09 i SANYO AM-5412 prikazane na slici 8 [4]. Prva je izrađena od monokristalnog silicijuma, dok je druga polikristalna silicijumska solarna ćelija [5].

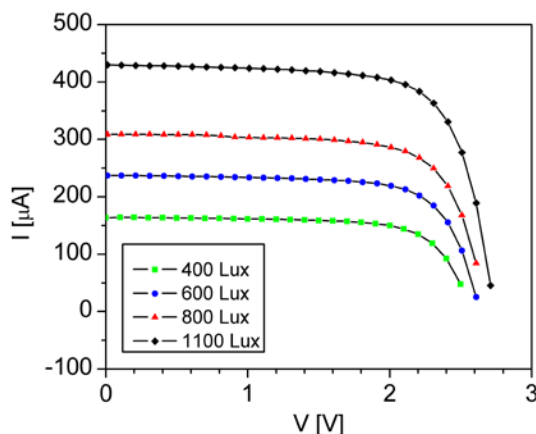
Pomoću predložene eksperimentalne postavke izmerene su strujno-naponske (I - V) karakteristike pomenutih ćelija za tri različite vrednosti osvetljenosti od 400 lx, 600 lx, 800 lx i 1100 lx. Dobijene karakteristike su prikazane na slikama 9 i 10.



Slika 8. Korišćene solarne ćelije.



Slika 9. I-V karakteristika ćelije IXYS SLMD121H09.



Slika 10. I-V karakteristika ćelije Sanyo AM-5412.

Na osnovu ovih karakteristika su, na ranije opisan način, izračunati parametri koji su od značaja za modelovanje i primenu solarnih ćelija. Treba napomenuti da je najkritičniji parametar serijska otpornost, čija je vrednost tipično niska, pa se za njeno određivanje strujno-naponska karakteristika mora snimiti upotrebom kelvinovih kontakata, i sa malim naponskim korakom, reda stotina mikrovolti.

Vrednosti ovih parametara korišćenih solarnih ćelija prikazani su u tabelama 1 i 2.

TABELA 1. PARAMETRI SOLARNE ĆELIJE
IXYS SLMD121H09

I_{SC}	810,528 μA
V_{OC}	4,03875 V
I_{MAX}	688,387 μA
V_{MAX}	3,05 V
P_{MAX}	0,0021 W
r_s	0,52 Ω
r_{sh}	85 038,5 Ω
FF	0,6413

Parametri su određeni pri osvetljenosti od 800 lx. Vidi se da polikristalna solarna ćelija, proizvođača SANYO [6],

ima znatno veću serijsku otpornost. Izuzetno velika vrednost ove serijske otpornosti se delom objašnjava i velikom otpornošću kontakata i leмова za slučaj korišćene ćelije. Takođe, solarna ćelija proizvođača IXYS daje veće struje pri istoj osvetljenosti bez obzira na manju vrednost faktora ispunе, što se objašnjava njenom većom površinom.

TABELA 2. PARAMETRI SOLARNE ĆELIJE
SANYO AM-5412

I_{SC}	248,404 μA
V_{OC}	2,6936 V
I_{MAX}	218,404 μA
V_{MAX}	2,15 V
P_{MAX}	0,00047 W
r_s	375.95 Ω
r_{sh}	110 933,5 Ω
FF	0,700

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu definisani su osnovni parametri solarnih ćelija i predložena je eksperimentalna postavka za njihovo određivanje u laboratorijskim uslovima. Eksperimentalna postavka je testirana određivanjem parametara solarnih ćelija Sanyo AM-5412 i IXYS SLMD121H09. Iz izmerenih karakteristika određeni su parametri koji se mogu koristiti za efekasniju upotrebu ovih solarnih ćelija. Dobijeni rezultati su uporedivi sa onima iz tehničke specifikacije što znači da je upotreba predložene eksperimentalne postavke opravdana.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja u okviru čijeg projekta TR1130 je izvršeno istraživanje prezentovano u ovom radu.

LITERATURA

- [1] Kiethley, application note, "Electrical Characterization of Photovoltaic Materials and Solar Cells with the Model 4200-SCS Semiconductor Characterization System", no. 3026, USA, 2010.
- [2] M. Wolf and H. Rauschenbach, "Series resistance effect on solar cell measurement", *Advanced Energy Conversion*, vol. 3, pp. 455-479, Pergamon press, Great Britain, 1963.
- [3] J. Cabestany, X. Castaner, "A simple solar cell series resistance measurement method", *Revue Phys. Appl.*, vol. 18, pp. 565-567, 1983.
- [4] IXYS Preliminary SLMD121H09 "IXOLAR™ High Efficiency SolarMD", IXYS Corporation 906-5 Iui-Dong, Yeongtong-Gu, Suwon, Gyeonggi-Do 1590 Buckeye Drive, Milpitas, CA 95035-7418, Korea, 2011.
- [5] D. K. Schroder "Semiconductor material and device characterization" third edition, Wiley-IEEE Press, 2006.
- [6] Datasheet "SANYO Amorphous Solar Cell" <http://docs-asia.electrocomponents.com>.

FM predajnik za mobilne uređaje

Milan Stojanović, Danilo Marković, Igor Arsić, Marko Ličanin, Danko Danković

Sadržaj – Ovaj rad predstavlja praktičnu realizaciju FM predajnika za mobilne uređaje koji se koristi za emitovanje muzičkih numera ili drugog audio sadržaja na obližnjim FM prijemnicima. Integracija postojećih tehnologija sa novim multimedijalnim sistemima jedna je od aktualnih tema u industriji pa stoga postoji širok spektar mogućnosti za unapređenje.

I. UVOD

Iako postoji decenijama, FM radio tehnologija se i danas uveliko koristi za bežičnu komunikaciju među ljudima, emitovanje informativnih i zabavnih sadržaja [1]. FM (frequency modulation) radio predajnik je elektronski uređaj koji stvara električne oscilacije visoke frekvencije reda desetine megaherca. Koristan signal na ulazu radio stepena se zatim moduliše visokofrekventnim signalom iz oscilatora i preko antene šalje u slobodan prostor (etar) [2]. Mane radio predajnika velikih snaga je skoro pa nepostojeća mobilnost, velika potrošnja struje i velike dimenzije, pa je samim tim nepraktičan za privatnu upotrebu (slika 1.)

Zbog takvih nedostataka koje imaju veliki FM predajnici, realizovan je kompaktni uređaj, koji može da se koristi u nekomercijalne radio amaterske svrhe [3].

II. KARAKTERISTIKE I NAMENA

FM predajnik realizovan ovde funkcioniše na već ustanovljenom principu radio transmisije. Ideja se zasniva na praktičnom sistemu koji može da se koristi na različitim lokacijama i da uz minimalna podešavanja funkcioniše. Kako se radi o uređaju male izračne snage i malog dometa, nema ometanja postojećih radio difuznih sistema i može se reći da je upotreba realizovanog uređaja u domenu privatnog korišćenja [3].

Na ulaze kola dovodi se signal informacije, koji je u

ovom slučaju audio sadržaj sa mobilnih uređaja. On se zatim preko audio pojačavača vodi do oscilatora [4]. Frekvencija ovog signala se menja modulišući signalom i rezultujući modulisani šalje do antene, odakle se vrši emitovanje. Odlike ovog FM predajnika jesu male dimenzije, kompaktnost, mobilnost, jednostavna upotreba kao i značajna primena u svakodnevnom životu. Uređaj nema potrebu za dodatnim napajanjem jer već poseduje svoje baterijsko napajanje.

Konekcijom mobilnog uređaja na kojem postoji neki audio sadržaj za reprodukovanje, korisniku se omogućava da taj sadržaj pusti na svom FM plejeru u automobilu ili u okviru kuće. Na taj način, korisnik je rasterećen svih medijuma (CompactDisc, USB flash drive idr.) koje realizovani FM transponder i mobilni uređaj menjaju.

Takođe, jedna od značajnijih primena uređaja je korišćenje predajnika kao „HandsFree“ modula prilikom vožnje. Na taj način će se poziv obavljati nesmetano preko plejera koji će reprodukovati glas sagovornika a mikrofona na uređaju zadržati svoju primenu.



Sl. 1. Primer profesionalnog FM predajnika.

III. KONSTRUKCIJA

U osnovi konstrukcije FM predajnika je pločica od pertineksa malih dimenzija. Od elektronskih elemenata kola korišćene su lako dostupne komponente, koje mogu da se nađu i u drugim starim uređajima. Komponente koje su korišćene za izradu predajnika su: blok kondenzatori ($C_1=100\text{nF}$, $C_2=100\text{nF}$, $C_3=1\text{nF}$, $C_4=33\text{pF}$, $C_5=10\text{pF}$, $C_6=10\text{pF}$, $C_7=100\text{nF}$), otpornici ($R_1=47\text{k}\Omega$, $R_2=1\text{M}\Omega$, $R_3=10\text{k}\Omega$, $R_4=47\text{k}\Omega$, $R_5=470\Omega$), tranzistori (T_1, T_2 -BC547C), trimmer kondenzator za podešavanje frekvencije ($5,2 - 30\text{pF}$), 3.5mm audio konektor, kalem (5 kruga na

Milan Stojanović, učenik trećeg razreda srednje tehničke škole “Rade Metalac”, Dimitrija Tucovića bb, 16000 Leskovac, Srbija. E-mail: dicko98@hotmail.rs

Danilo Marković, učenik trećeg razreda srednje tehničke škole “Rade Metalac”, Dimitrija Tucovića bb, 16000 Leskovac, Srbija. E-mail: danilom99@hotmail.co.uk

Igor Arsić, nastavnik u srednjoj tehničkoj školi “Rade Metalac”, Dimitrija Tucovića bb, 16000 Leskovac, Srbija. E-mail: icko78@hotmail.rs

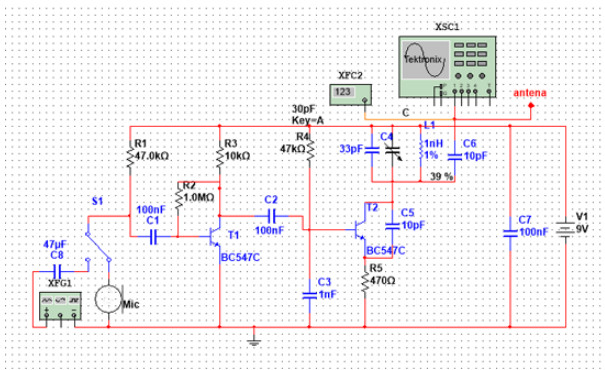
Marko Ličanin, nastavnik u srednjoj tehničkoj školi “Rade Metalac”, Dimitrija Tucovića bb, 16000 Leskovac, Srbija. E-mail: lichanin88@yahoo.com

Danko Danković, nastavnik u srednjoj tehničkoj školi “Rade Metalac”, Dimitrija Tucovića bb, 16000 Leskovac, Srbija. E-mail: ddankovic@live.com

telu poluprečnika 3mm) , kondenzatorski mikrofoni i provodnici [5],[6].

A. Električna šema FM predajnika

Električna šema je podeljena na dva dela. Prvi deo predstavlja pojačavač ulaznog signala sačinjenog od tranzistora T1 sa susednim otpornicima i kondenzatorom C1, koji ovde ima ulogu filtriranja ulaznog signala i zaštitu baze tranzistora T1. Otpornici R2 i R3 se koriste za podešavanje pojačanja tranzistora T1. Kondenzatori C2 i C3 služe za zaštitu baze tranzistora T2. Trimer kondenzator vrši odabir predajne frekvencije u radio opsegu podešavanjem vrednosti kapacitivnosti od 5.2pF do 30pF. Na taj način se traži slobodan radio opseg u kome uređaj ne bi vršio smetnju obližnjim radio prijemnicima koji slušaju prenos na određenim frekvencijama, odnosno radio stanicama. Tranzistor T2 zadužen je za pojačanje signala koji se skida sa kolektora tranzistora T1, i deo je kola za FM predaju (slika 2.).



Sl. 2. Principijalna šema realizovanog FM predajnika.

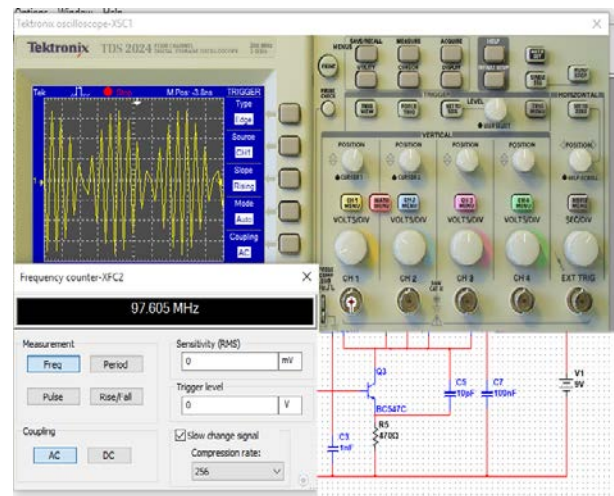
Kako je prvobitna namena električne šeme pojačanje ulaznog signala sa kondenzatorskog mikrofona a zatim preko oscilatorskog kola emitovanje signala u etar, otpornik R1 ima ulogu kontrole pretpolarizacionog napona za mikrofonski elemenat. Na ulaz kola se umesto mikrofona dovodi audio signal iz mobilnog uređaja, tako da bi korišćenje otpornika značilo dovođenje napona od približno 7 V na 3.5mm audio izlaz sa koga signal dolazi. Ako mobilni uređaj ne poseduje zaštitu na svom audio izlazu može doći do njegovog oštećenja. Zbog toga je između otpornika R1 i ulaza audio signala postavlja elektrolitski kondenzator čija je uloga blokiranje jednosmernog napona namenjenog za pretpolarizaciju mikrofona..

Oscilator je sačinjen od trimera, kondenzatora C4 i kalema. Kondenzator C7, imaj ulogu kompenzacije naglih pikova koji mogu da se jave kroz kolo usled promene napona pri kvaru na bateriji ili stabilisanom izvoru napajanja ukoliko se on koristi. C6 je filter kondenzator i vezan je na izlaz za antenu. Ostali otpornici u kolu generalno imaju ulogu regulacije napona.

Kao izvor napajanja izabrana je baterija zbog toga što kod nje ne postoje nagle promene napona, već je on zadovoljavajuće stabilan. Vrednost napona napajanja FM predajnika je 9V. Još jedan od bitnih razloga je praktičnost usled mobilnosti uređaja. Kao antena iskorišćena je bakarna žica, prečnika 1mm i dužine 20,6cm.

B. Simulacija rada električne šeme

Na osnovu principijalne šeme sa slike 2 izvršena je simulacija kola radi utvrđivanja noseće frekvencije signala. Za potrebe simulacije korišćen je softverski alat Multisim 13 koji u sebi ima editor električne šeme, biblioteke elektronskih komponenata kao i virtualne uređaje za merenje i analizu kola. Umesto ulaznog signala sa uređaja priključen je generator funkcije a frekvencija sinusnog signala podešena na 1 kHz. Na izlazu je između signala na anteni i mase priljučen softverski ugrađeni osciloskop i brojač frekvencije. Kako se pri motanju kalema ne zna tačna induktivnost, testirane su različite vrednosti komponente L1 menjajući kapacitivnost trimer kondenzatora C4 u opsegu 5.2pF-30pF. Frekvencija je praćena na brojaču frekvencije a talasni oblik modulanog signala posmatran na ekranu osciloskopa. Kada je promenom odgovarajućih vrednosti C4 i L1 dobijen signal čija se frekvencija nalazi u radio opsegu, utvrđeno je da predstavljena električna šema može ispuniti zadatu svrhu (slika 3). Izmerena frekvencija je 97.605MHz.



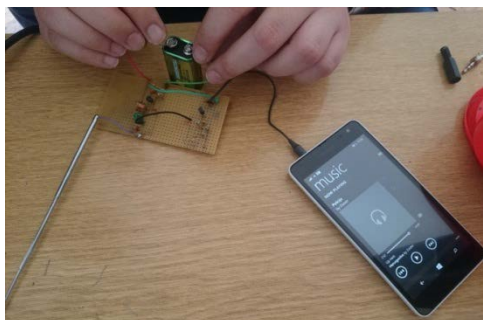
Sl. 3. Simulacija rada električne šeme FM predajnika.

Kako bi se proširila funkcionalnost kola, između C1 i R1 postavljen je preklopnik kojim se vrši odabir ulaznog signala u kolo. Ako se pri realizaciji uređaja ugradi kondenzatorski mikrofoni a preklopnik S1 postavi u odgovarajuću poziciju, preko otpornika R1 vrši se pretpolarizacija mikrofona od približno 7 V jednosmernog napona. U suprotnom smeru naizmenični signal sa njega se tada vodi na bazu tranzistora T1 preko C1. Kolo u tom slučaju radi kao FM predajnik govornog signala.

Kada se preklopnik S1 prebaci u drugu poziciju, odvaja se mikrofonski element a signal se dovodi sa mobilnog uređaja. Radi zaštite njegovog izlaza od jednosmernog napona postavljen je elektrolitski kondenzator C8 (47 μ F), koji za takav napon predstavlja prekid kola.

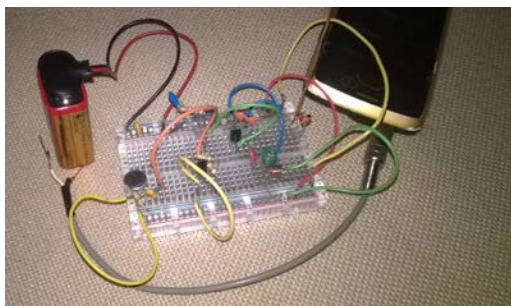
IV. PRAKTIČNA REALIZACIJA I TESTIRANJE KOLA

Za realizaciju električne šeme sa slike 2, prvo je iskorišćena prototip raster pločica na kojoj su zalemljene odgovarajuće komponente. Ona je zatim povezana sa mobilnim telefonom preko 3.5mm audio stereo konektora čiji su stereo kanali iz telefona pretvoreni u mono signal kratkospajanjem levog i desnog kanala. Sa mobilnog uređaja su puštane muzičke numere a rezultat FM prenosa testiran pomoću radio prijemnika u cilju provere funkcionalnosti ove ideje (slika 4). Prototip pločica iskorišćena je kao test električne šeme, odnosno testiranje koncepta rada i ispravnosti elektronskih komponenata.



Sl. 4. Testiranje rada uređaja korišćenjem test pločice signalom iz mobilnog telefona.

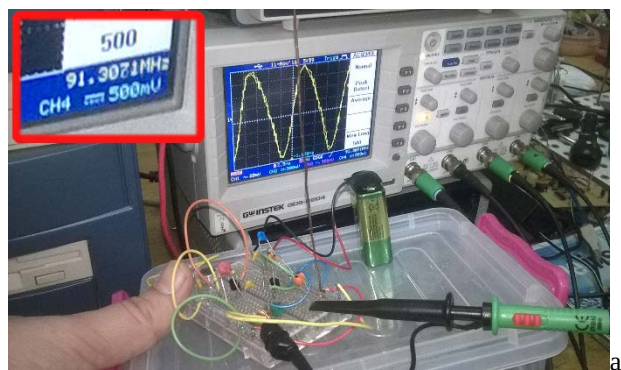
Da bi se proverio rad kola u slučaju kada se koristi mikrofonski, kao i radi testiranja različitih varijanti tranzistora i elemenata oscilatora, postupak je ponovljen koristeći breadboard (proto-pločica) pločicu. Odluka ovakvog tipa testiranja je povezivanje komponenata metodom od tačke do tačke. Metoda datira iz vremena prvih elektronskih uređaja koji su bili fiksirani na drvenoj ploči i povezivani bakarnom žicom.



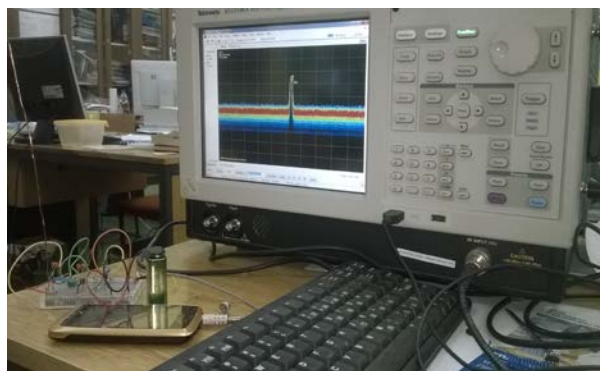
Sl. 5. Izgled povezanog uređaja na breadboard pločicu kada se koristi kondenzatorski mikrofonski.

Prednost modernih test pločica ovakvog tipa je mogućnost brzog i lakog testiranja elektronskih kola ubadanjem komponenata u ploču sastavljenu od brojnih konektora unutar nje, povezanih na određeni način. FM predajnik povezan na breadboard pločicu prikazan je na slici 5.

Kako bi se izvršila provera noseće frekvencije i rezultati uporedili sa simulacijom, breadboard pločica je povezana na osciloskop i posmatran talasni oblik signala sa antene. Sonda digitalnog osciloskopa priključena je između antene i negativnog polariteta napajanja. Testiran je rad FM predajnika u oba slučaja ulaznih signala a frekvencija modulisanog signala, kao i njegov spektar, praćena je na analizatoru spektra Tektronix RSA5106A. Izmerena noseća frekvencija prototip modela je 91.307MHz, što se i vidi sa slike 6.a na uveličanom delu u gornjem levom uglu. Analizator spektra je preko sonde povezan na prijemnu antenu koja prima signal FM predajnika. Posmatrani spektar FM signala vrlo je sličan spektrima komercijalnih radio stanica što daje potvrdu validnosti realizovanog uređaja (Slika 6.b). Razlika u nosećoj frekvenciji između simuliranog i realnog modela javlja se usled korišćenja konektora i kablova za realizaciju breadboard prototipa. Ove dodatni elementi stvaraju parazitne kapacitivnosti koje menjaju frekvenciju oscilatora.



a)



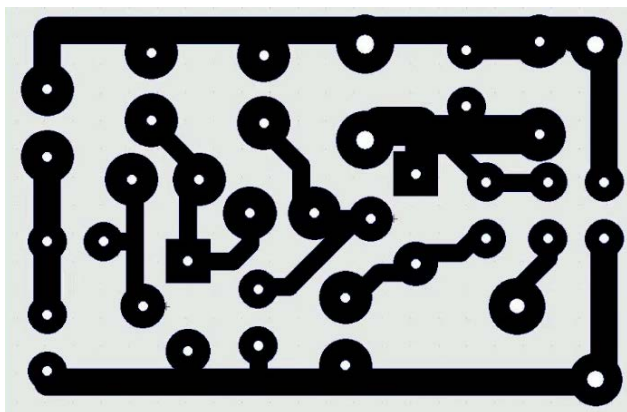
b)

Sl.6. Ispitivanje rada FM predajnika pomoću osciloskopa (a) i analizatora spektra (b).

Izrada pločice sačinjena je od više postupaka. Prvi je izrada štampane veze pomoću softverskog alata za analizu i

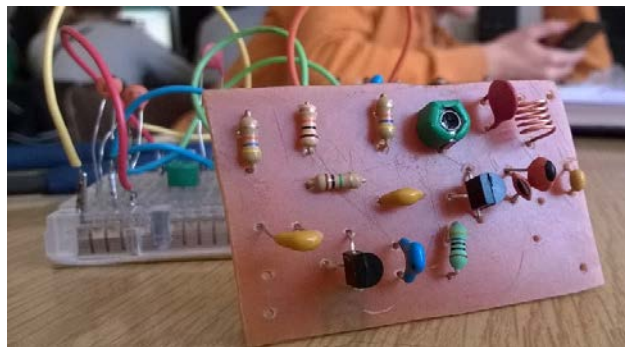
projektovanje kola EAGLE koji je korišćen zbog svoje jednostavnosti i efektivnosti. Električna šema je nacrtana u editoru programa, gde je za svaku od komponenata podešen tip kućišta odnosno tip podnožja. Analiza kola odnosi se na softversku proveru ispravnosti veza između komponenata od kojih je kolo sačinjeno. Na osnovu proverene principijalne šeme generiše se osnovni PCB fajl na kome su prikazane veze sa donje strane štampane pločice (PCB Bottom Layout). Korišćenjem metoda ručnog i auto-rutiranja veza između komponenata, dobijen je finalni izgled dizajna donjeg dela bakarne pločice (Slika 7.).

Pri dizajnu, pažnja je posvećena kvalitetu i debljini bakarnih veza, razmaku između njih, veličini lemnih mesta i otvora za bušenje. Veze pločice nisu postavljene pod pravim uglom zbog refleksije audio talasa koji mogu dovesti do šumova i nekvalitetnog prenosa zvuka.



Sl.7. Dizajn donjeg dela pločice.

Veza je štampana laserskim štampačem na termo foliji sa koje je zatim preslikana. Držanjem pegle dvadesetak sekundi (165°C - 170°C) preko pločice od pertineksa štampa se lepi na bakarnu pločicu koju je potrebno brzo ohladiti mlazom vode. Time se osigurava lako skidanje folije i dobar nanos negativna štampanog sloja. Naredni postupak predstavlja nagrivanje bakra. Kako su veze na pločici prethodnim postupkom zaštićene, potrebno je staviti pločice u plastičnu posudu, gde se nalazi smeša hidrogena (30%) i rastvora hlorovodonične kiseline u razmeri 3:1. Ovakva smeša je u određenoj meri toksična i treba izbegavati direktan kontakt s kožom i udisanje [6].



Sl.8. Finalna pločica u procesu izrade.

Bakar sa pločice je po završetku procesa nagrivanja uklonjen, posle čega sledi postupak bušenja pločice na mestima predviđenim za komponente.

Na kraju se vrši lemljenje komponenata štapnom lemilicom i kalajem. Akcenat je stavljen na stvaranje dobrih lemovi, odnosno isključivanje pojave hladnih lemovi korišćenjem paste za lemljenje i kalafonijuma. Izgled finalne pločice u fazi izrade prikazan je na slici 8. Nakon izrade kompletnog uređaja testiranje je izvršeno prema postavci sa slike 6 i pri tome su dobijeni zadovoljavajući rezultati.

V. ZAKLJUČAK

Na kraju se može zaključiti da je prikazani FM predajnik jedno korisno džepno izdanje kojim je moguće audio signale sa nekog uređaja čuti na drugom udaljenom uređaju, čiji se prijemnik nalazi na datoj frekvenciji.

U današnjoj sferi multimedijalnih mobilnih aparata, ovakav tip FM predajnika može biti dosta primenljiv kod razonode mladih osoba. Zbog svoje praktičnosti, efikasnosti, minijaturnih dimenzija i niske cene izrade, uređaj može imati vrlo pozitivne uticaje na razvoj i popularnost radio amaterizma, grane koja je u digitalnom dobu prilično zapostavljena. Dodavanjem stereo koda moguće je dalje unaprediti uređaj i umesto mono prenositi stereo radio signal.

Kao posednja, ali i veoma bitna prednost ovde realizovang FM predajnika su pozitivni ekološki efekti jer se ovakav uređaj može realizovati i od materijala (elektronskih komponenti) koji su dostupni i u starim aparatima tretiranim kao električni otpad, čime se štiti planeta Zemlja.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se laboratoriji za Akustiku i laboratoriji za Telekomunikacije Elektronskog Fakulteta u Nišu, posebno profesorima Dejanu Ćiriću i Dejanu Miliću na pomoći, savetima i ustupanju merne korišćene za validaciju rada ovde realizovanog FM predajnika.

REFERENCE

- [1] E. E. Butcher. " *Practical wireless telegraphy; a complete text book for students of radio communication*", Wireless Press, New York, 1921.
- [2] N. D. Tineo. " *FM Transmitter- Fm Broadcasting* ", California State University, Fresno, 1980.
- [3] C. Newton, Experimenting with Small FM Transmitters." *Poptronics* 2, no. 9 (September 2001): 41–46.
- [4] R. Opačić, " *Elektronika za II razred elektrotehničke škole*", in Zavod za izdavanje udžbenika , Zavod za nastavna sredstva, Novi Sad, 1991, pp. 31-80.
- [5] F. Miomir, " *Komponente i praktična realizacija elektronskih uređaja*", Mikro Elektronika – Mikro Knjiga, Belgrade, 2008.
- [6] S. Gibilisco, " *Teach Yourself Electricity and Electronics, Fifth Edition* ", McGraw-Hill, United States, July 8, 2011.

PC-Based Pulse Signal and Blood Oxygen Level Monitor

Nemanja Mišić, Marjan Tričković, Borisav Jovanović

Abstract – The paper describes the system consisting of electronic circuits and software application, which are used to measure photo-plethysmographic signals. The system is capable to find pulse signal waveforms and levels of oxygen saturation in blood (SpO_2). The pulse oximeter sensor is attached to the system through connector. Software application displays pulse signal waveforms in real time and performs complex calculations providing SpO_2 . The system can be very useful to doctors in making correct diagnosis of patient's health condition.

I. PULSE OXIMETRY FUNDAMENTALS

Pulse oximetry is a non-invasive method of determining the amount of oxygenated and deoxygenated hemoglobin in a person's blood. A pulse oximeter is a non-invasive medical electronic device that measures the oxygen saturation. The word non-invasive means that there is no direct contact between the patient's blood and measuring equipment. Instead, pulse oximeter sensors are placed on fingers or ears causing no discomfort to the patient. The device enables prompt recognition of hypoxemia.

The method is based on the principles of Beer-Lambert law which relates the amount of absorbed light when transmitted through the blood to the concentration of oxygen in blood [1]. The absorption of the light, transmitted through the blood, can be calculated as follows:

$$I_{OUT} = I_{IN} e^{-A} \quad (1)$$

where I_{OUT} is the intensity of the light transmitted through the blood, I_{IN} is the intensity of the light going into the blood, and A is the absorption factor of blood [2].

Different values of light absorption levels exist for oxygenated and deoxygenated hemoglobin at different wavelengths. This is because the two common forms of the molecule, oxidized hemoglobin (HbO_2) and reduced hemoglobin (Hb) have significantly different optical spectra in the wavelength range from 500nm to 1000nm, as shown in Figure 1.

Nemanja Mišić and Marjan Tričković are students of Electronics at Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: trickovic.m@gmail.com

Borisav Jovanović is with the Department of Electronics, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: borisav.jovanovic@elfak.ni.ac.rs

Traditionally, pulse oximeters utilize red ($\lambda=660nm$) and infrared light ($\lambda=940nm$) to determine oxygen saturation in blood. These two wavelengths are chosen because, at 660nm, deoxygenated hemoglobin has a higher absorption, whereas at 940nm, oxygenated hemoglobin has a higher absorption [3]. Therefore, pulse oximeter device utilizes sensor which has two LED diodes – one red and one infrared.

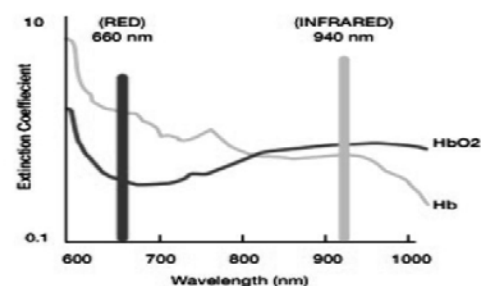


Fig. 1 Hemoglobin light absorption at different wavelengths.

A photo detector in the sensor detects the non-absorbed light from the LEDs. At each wavelength, the light detected by the photodiode consists of a cardiac synchronous AC signal arising from arterial blood volume pulsations, superimposed on a DC level. The DC level depends on LED intensity, tissue absorption, path length, and detector sensitivity. The AC component represents the variable arterial blood (Figure 2) which is useful for calculation of oxygen saturation in blood [1].

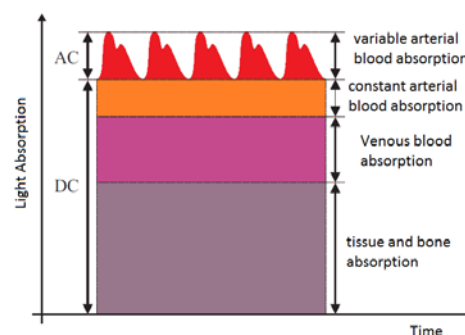


Fig. 2 Light absorption diagram.

Oxygen saturation, which is often referred as SpO_2 , is defined as the ratio of oxygenated hemoglobin (HbO_2) to the total concentration of hemoglobin present in the blood

(oxygenated hemoglobin + reduced hemoglobin). Under normal physiological conditions arterial blood is between 87% and 97% saturated.

The ratio of red and infrared signals after normalization is calculated and is related to oxygen saturation. The SpO_2 is finally calculated using the equation which is derived based on Beer Lambert law. To determine the SpO_2 , it is necessary to measure AC and DC components of the two wavelengths and to determine the following ratio (Eq. 2):

$$R = \frac{\log_{10} \frac{I_{\lambda 1}}{I_{DC\lambda 1}}}{\log_{10} \frac{I_{\lambda 2}}{I_{DC\lambda 2}}} \quad (2)$$

The calculation procedure is much easier if the DC component is maintained constant and can be omitted from the previous formula:

$$R' = \frac{\log_{10}(I_{AC})_{\lambda 1}}{\log_{10}(I_{AC})_{\lambda 2}} \quad (3)$$

Calculated value of R' which is equal to 1 corresponds to SpO_2 value of 85%. The ratio R' of 0.4 represents SpO_2 of 100%, and a ratio of 3.4 represents SpO_2 of 0 %. In order to be more reliable, the function SpO_2 of R' must be based on experimental measurements of healthy patients (Fig. 3).

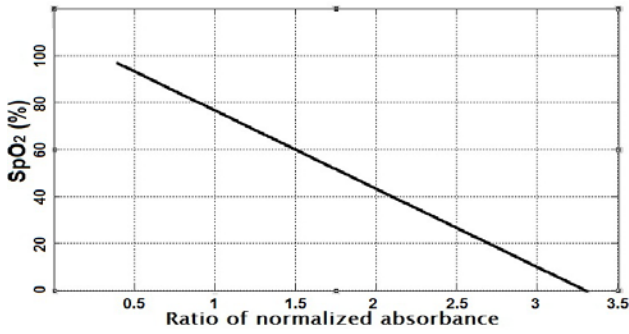


Fig. 3 The function SpO_2 (%) of ratio value R' .

II. SYSTEM IMPLEMENTATION

The hardware part of a system consists of analog circuits that are connected to the pulse sensor, microcontroller and USB communication controller.

A. Interfacing pulse oximeter sensor

The photo-plethysmographic sensor consists of three diodes. Two of them emit the light through the finger. These are the red and infrared diodes. For the signal reception an additional photo diode is used [4].

The diagram of sensor is given in Fig. 4. Red and infrared diodes emit the light through the nail of the finger, then the light passes through finger to the opposite side where the photo diode is positioned. The photodiode generates the current which is proportional to the received amount of light. The red and infrared diodes emit the light

alternately, when one emits the light, the other is turned off. We have used Nelcor-DS100a photo-plethysmographic probe which is attached to our system through DB9 connector. Principal schematic of sensor is shown in the Figure 4. The figure presents the method how the infrared, red and photo diodes are connected to the pins of DB9 connector.

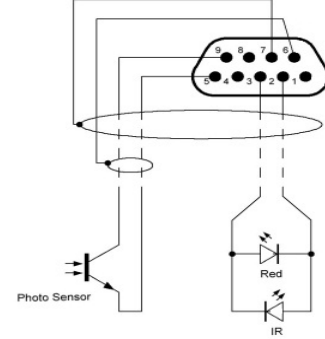


Fig. 4 Nelcor-DS100a sensor.

Photodiode detectors normally operate with reverse bias applied to the p-n junction and resulting light current is seen as a large increase in the reverse diode current. This current needs to be converted to appropriate voltage in order to be converted by AD converter. Therefore, both current to voltage converter and amplifier circuit are used, which operation is explained in the following sections.

B. Analog signal processing

The signals determined by two light emitting diodes are first separated in red and infrared pulse signals. Then, their AC components are amplified, and finally, used to calculate pulse rate and oxygen saturation level in blood [5]. Constant current feedback circuits are employed for driving the LEDs in a particular sequence. The photo-detector output is fed to sample-and-hold circuits for demultiplexing the red and infrared pulse signals.

The pulse oximeter analog circuit consists of two identical sections used for separate red and infrared pulse signals processing, and one section which is shared between both red and infrared signals processing blocks. The shared section is used for amplification of photo diode current, dependent on transmitted amount of light.

The light, detected by the photodiode, is amplified and converted to a voltage using an operational amplifier configured as current-to-voltage converter. At this point, in the circuit, the signal is fed to two identical analog signal processing sections, one for each of the transmitted wavelengths. Since the light is pulsed, a sample-and-hold circuit was needed to reconstitute the waveforms at each of two wavelengths: red and infrared. For the construction of sample-and-hold circuit IC4066 is used together with operational amplifier configured as unity-gain amplifier. The microcontroller which turns on and off the red and

infrared LED drivers is also used to provide the control pulses for the corresponding sample-and-hold circuits. The IC4066 control pins Sample_Red and Sample_Infrared are driven by microcontroller. The short pulse on the Sample_Red or Sample_infrared is generated during time interval when the corresponding diode is emitting the light. Because it is known that the bandwidth of pulse signals is in range from 0.5Hz to 5Hz, additional low pass filter with cut-off frequency of 5Hz is used to remove high frequency noise.

The outputs from sample-and hold circuit are filtered with a high-pass filter (with 0.5 Hz cut-off frequency) in order to remove the signal DC component. The resulting signals represent the red and infrared pulse signal waveforms and these are further amplified before they are converted by AD converter. The gain is set to the value of 50.

The output from each sample-and-hold is also passed to a Miller integrator circuit, composed of operational amplifier, resistor and capacitor. This circuit represents a part of an automatic LED current control circuit which adjusts the light intensity of LEDs so that the DC level of pulse signal always remains at the same invariantly of the thickness or skin characteristics of the finger.

Namely, the automatic LED current control is achieved by negative feedback which consists of: photo detector, current to voltage convertor, sample-and hold circuit, Miller integrator circuit, voltage to current convertor and LED diode and patient's finger. If the thickness of the patient's finger demands larger light intensity (and therefore large LED current), the output voltage of Miller integrator circuit is raised up. In the case of thinner finger, this voltage level is decreased.

At final stage, circuit comprised of operational amplifier, resistors, and bipolar transistor, represents the voltage-to-current converter circuit used to drive the LED diodes. The voltage at the output of Miller integrator circuit is attenuated by voltage divider circuit and converted to the current driving the red and infrared diodes.

C. Microcontroller (digital processing)

For conversion of signals from analog to digital domain we used the AD convertor which is the embedded into the microcontroller Microchip PIC18F2520 [6]. The AD converter converts analog input signal to a corresponding 10-bit digital number. After AD conversion is complete, the signals are processed digitally.

The microcontroller's firmware executes most of instructions in the infinite while loop. The timer of microcontroller is set to generate interrupts in time periods of 100 μ s. Additional counter is used to measure longer periods of 4ms which corresponds to sampling frequency of 250Hz. The system operates at 250Hz which is locked with power line frequency. In each 4ms time period a certain number of operations are performed which are

presented in the Figure 5. The operations include turning on and off the red and infrared diodes, sample commands to acquire new samples of red and infrared signals. The LED diodes of the sensor are turned on during the short period of 300 μ s. The diodes are turned on and off once in the time interval of 4ms.

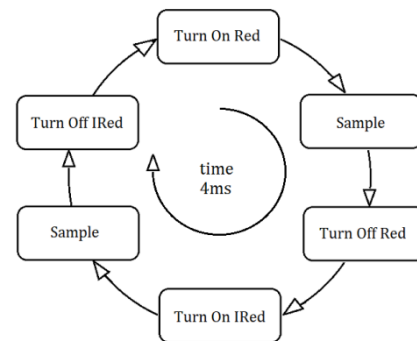


Fig. 5. Sampling process.

After samples are acquired, digital signals for red and infrared signals are stored in two 16-bit variables, the part of MCU RAM memory. The system contains two operating modes: Online and Event.

In Online mode digital values of red and infrared signals are sent continuously first to RS-232 to USB communication controller chip [7]. After that, the data is sent to PC through USB cable. The software application is used for displaying the red and infrared signals. The data bytes containing red and infrared signals are sent in the data packets. The content of the packet is given in the Fig. 6.

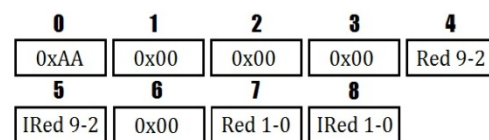


Fig 6. Data package format.

D. Pulse waveform storing on SD Card.

In the second operating mode, called Event, pulse signals are measured and stored temporarily in Micro SD memory card. The Micro SD card is connected to MCU over Serial Protocol Interface (SPI). After request (the on board taster button has been pressed), the signals are read from the Micro SD card and sent to the PC.

The digital conversion of three 10-bit pulse samples Sample 1, Sample 2 and Sample 3 is illustrated in the Fig. 7. The samples are converted into four data bytes Byte0, Byte1, Byte2 and Byte3. These four bytes are stored further into SD memory card.

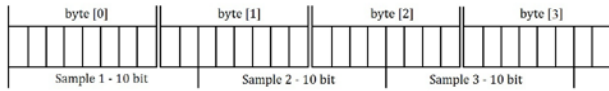


Fig 7. Packing samples.

The byte arrays consisting of 512 bytes are sent to SD memory card. The process of SPI data transmission requires some amount of microcontroller's time, depending on SPI communication speed and microcontroller's operating frequency. Since the MCU has to convert pulse waveform signals without any interruption, we have used two 512-byte arrays. While one array is filled with the pulse waveform samples produced by AD converter, the other is sent to Micro SD card.

E. Software application

The monitor software is comprehensive high-end application for monitoring of pulse signal waveforms. It runs under Windows operating system and has user-friendly graphical interface. The pulse signals are shown on PC monitor. The application provides plenty useful features for recording and analyzing pulse signals. Numerical values of heart rate derived from both pulse signals and SPO2 value are shown on the screen.

The software application provides high and low alarm settings of SpO2 and pulse rate setting from 30 BPM to 250 BPM. It also gives alarm conditions if the probe is accidentally disconnected from the finger. Besides the pulse waveforms, it is also used for displaying the ECG signals [8].



Fig 8. The vital signs monitor's software.

III. CONCLUSION

This paper describes the realization of a simple pulse oximeter device. The proposed device receives pulse signals from sensor which contains red, infrared diodes and photo diode. The connection to computer is achieved through USB port. The system is capable of finding pulse signal waveforms and levels of oxygen saturation in blood (SPO2). The device is reliable, easy for use and it is very efficient in identifying patient health condition.

REFERENCES

- [1] John G. Webster, Design of Pulse Oximeters, Taylor&Francis, 1997
- [2] Y. Mendelson, J.C. Kent, B.L. Yocum, and M.J. Birle, "Design and Evaluation of New Reflectance Pulse Oximeter Sensor," Medical Instrumentation, vol. 22, No. 4, 1988.
- [3] Mannheimer, P.D., J.R. Cascini, M.E. Fein, and S.L. Nierlich. "Wavelength selection for low-saturation pulse oximetry," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 44, March, pp. 148 - 158.
- [4] Warren, S., J. Yao, and G. E., Barnes. "Wearable Sensors and Component-Based Design for Home Health Care," presented at 2nd Joint EMBS-BMES Conf., Houston, TX, 2002.
- [5] Crilly, P.B., E.T. Arakawa, D.L. Hedden, and T.L. Ferrell. "An integrated pulse oximeter system for telemedicine applications," presented at Proceedings of the IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1997
- [6] PIC18F2520 Data Sheet, 28-Pin Enhanced Flash, Microcontroller with 10-Bit A/D and nano Watt Technology, Microchip Tehnology Inc., 2008.
- [7] FT232R USB UART IC Datasheet Version 2.11, Future Technology Devices International Ltd.
- [8] B. Jovanović, V. Litovski, M. Pavlović "QRS Complex Detection Based ECG signal Artefact Discrimination" FACTA UNIVERSITATIS, Series: Electronic and Energetics, University of Niš, Vol. 28, No. 4, December 2015, pp. 571 - 584.

SmartAlarm - Sistem za monitoring zvuka

Aleksa Ilić, Andrija Cvetković

Sadržaj - Rad prikazuje razvoj ideje, projektovanje, izgradnju i programiranje uređaja koji vrši monitoring zvuka i na osnovu analize trajanja njegove jačine, donosi odluku o promeni stanja, nakon čega preko servisa *PushBullet* obaveštava korisnika putem notifikacije na mobilnom telefonu ili desktop računaru. *PushBullet* podržava sve vodeće operativne sisteme, te je ovaj pristup multiplatformski. Ukoliko korisnik ne želi da koristi ovaj servis (za koji je neophodna besplatna apikacija), njemu će umesto notifikacije biti prosleđen mail. Uređaj je povezan sa centralnim web serverom koji pruža korisniku, kako direktnu kontrolu nad njim, tako i mogućnost analize poruka koje on odašilje. Svaki uređaj poseduje jedinstveni serijski broj, pa jedan korisnik može da poseduje više uređaja i da ih nesmetano koristi.

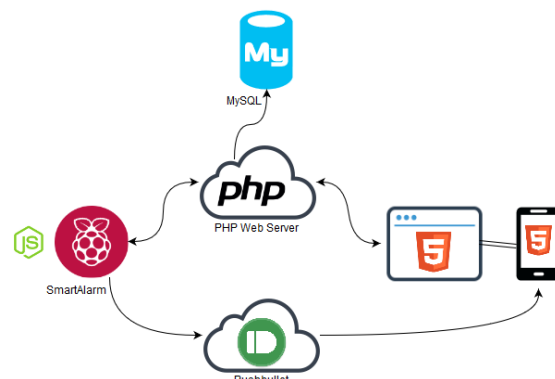
I. UVOD

Oblast mobilne telefonije i primenjene elektronike uopšte, proteklih godina je u naglom porastu i shodno tome sve je više aplikacija koje nam pružaju inteligentan vid automatizacije. Prativši te standarde došli smo do zaključka da nije bilo značajnih inovacija u oblasti opreme za bebe. SmartAlarm je pre svega koncipiran kao uređaj koji putem interneta obaveštava roditelje o zvucima u dečjoj sobi i analizom izmerenih podataka utvrđuje da li je beba budna, što im umnogome olakšava život, nudeći pametno i efikasno rešenje za nadzor. Shvativši da SmartAlarm uz manje modifikacije može da poprimi širok spektar funkcija, odlučili smo da ga ovde predstavimo kao univerzalno rešenje za monitoring zvuka.

II. PRINCIP RADA

Za izradu SmartAlarm sistema upotrebljen je mikroracunar Raspberry Pi 1 Model B [1]. Na isti je povezana generička USB PnP Audio Kartica koja je nadomestila nepostojanje audio inputa na osnovnom modelu. Centralni web server, napisan u PHP-u i povezan sa MySQL bazom podataka nudi svojevrsan API alarmu koji mu pristupa dok korisniku servira multiplatformsku i interaktivnu web stranicu koja omogućava direktnu kontrolu nad alarmom. Svakom SmartAlarm-u se dodeljuje jedinstveni serijski broj koji ujedno služi i kao glavni identifikator serveru. Kada SmartAlarm zaključi da je nivo zvuka kontinuirano viši od prosleđenog parametra, prosleđuje tu informaciju serveru i servisu *PushBullet* [2], koji potom istu prosleđuje u vidu notifikacije ili putem elektronske pošte svim korisnicima.

Aleksa Ilić i Andrija Cvetković su učenici Gimnazije, Koste Stamenkovića 15, 16000 Leskovac, Srbija, E-mail: aleksa.d.ilic@gmail.com, c.andrija@yahoo.com



Slika 1. Šema rada.

III. SERVER

Kod, napisan u PHP-u, usko je povezan sa MySQL bazom podataka i on korisnicima servira administratorski panel dok uređaju omogućava pristup bazi. Sastoji se od nekoliko skripti:

- **index.php** - Početna stranica koja pruža osnovne informacije o dejstvovanju servera
- **register.php** - Stranica za registraciju korisnika
- **login.php** - Stranica za logovanje korisnika
- **dashboard.php** - Administratorski panel
- **board_control.php** - Skripta koja upravlja uređajem i vraća JSON kao odgovor na upit
- **user_control.php** - Skripta koja omogućava dodavanje i izmenu uređaja
- **errors.inc.php** - Skripta koja omogućava upravljanje greškama i sastavni je deo svake skripte
- **connect.inc.php** - Most između servera i baze koji je sastavni deo svake skripte

Pojedine skripte i interfejsi su detaljno opisane u narednim podsekcijama.

A. Baza podataka

MySQL baza podataka sastoji se iz 3 tabele: “users”, “boards” i “logs”.

Tabela “users” sadrži osnovne podatke o korisniku koji pristupa serveru, a popunjava se registracionom formom. Takođe sadrži polje “serials” koje korisnik naknadno, kroz administratorski panel, popunjava serijskim brojevima svojih SmartAlarm-a.

Tabela registrovanih SmartAlarm-a (“boards”) je najznačajnija jer predstavlja most između korisničkog administratorskog panela i samog uređaja. Njena struktura

serial (TEXT)	status (TINYINT)	name (TEXT)	location (TEXT)	sensitivity (INT)
D8BS-L3V1-0915	1	Aleksin alarm	Aleksina soba	17

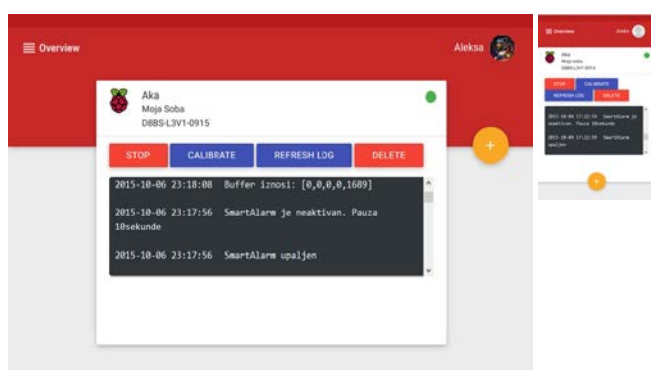
id (INT)	board (TEXT)	message (TEXT)	timestamp (TIMESTAMP)
2	D8BS-L3V1-0915	SmartAlarm skenira	2015-10-04 16:21:55
3	D8BS-L3V1-0915	Buffer iznosi: [24,2992,1999,59,79]	2015-10-04 16:22:00

TABELA I

je detaljno izložena u Tabeli 1. Primarni ključ je upravo serijski broj jer je jedinstven za svaki alarm.

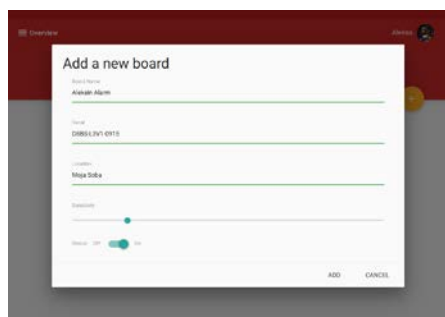
Tabela “logs” omogućava SmartAlarm-u da u realnom vremenu obavesti korisnika o njegovim deatnostima. Povezana je preko stranog ključa “board” sa tabelom “boards”, dok “id” predstavlja primarni ključ. Njena struktura takođe je detaljno izložena u Tabeli 1.

B. Dashboard



Slika 2. Dashboard na desktopu i mobilnom telefonu.

Administratorski panel, prikazan na Slici 2, u realnom vremenu, pruža korisniku direktan uvid u stanje uređaja, a pritom mu omogućava da njime i upravlja. Izrađen u stilu Google-ovog “Material” dizajna [3], pruža fluidan interfejs svim platformama, a pomoću servisa *PhoneGap* [4] izrađene su i aplikacije za Android, iOS, WindowsPhone i BlackBerry. Pritiskom na dugme plus, korisnik biva upoznat sa formom za upis novog uređaja, koja sadrži: polja za unos imena, serijskog broja i lokacije uređaja, slajder za kontrolu osetljivosti i prekidač za određivanje statusa uređaja. Nakon dodavanja uređaja, korisniku se pruža mogućnost promene statusa, kalibrisanja osetljivosti i prikaza poruka koje uređaj odašilje.



Slika 3. Dodavanje uređaja.

C. Server API

Na Listingu 1 data je skraćena verzija skripte *board_control.php*

```

1. <?php
2. require('includes/connect.inc.php');
3. header('Content-Type: application/json');
4. if( !check($_GET['serial']) || !check($_GET['action']) )
5.     terminate(ERR::SERVER_DATA);
6. $query_str = "SELECT * FROM `boards` WHERE `serial`='$_GET['serial']";
7. $query = $link->query($query_str) or terminate(ERR::QUERY_CODE);
8. $board = getObject($query, ERR::BOARD_SERIAL);
9. switch($_GET['action']){
10.     case 'getData':
11.         (...)
12.     case 'isActive':
13.         (...)
14.     case 'addLog':
15.         (...)
16.     case 'setStatus':
17.         (...)
18.     case 'setCalibration':
19.         (...)
20.     case 'getLog':
21.         (...)
22.     default:
23.         terminate(ERR::SERVER_DATA);
24. }
25. exit(json_encode($data));
26. ?>

```

Listing 1. *board_control.php*

API vraća JSON objekat, u zavisnosti od prosledene komande. U tabeli 2 prikazani su neki od mogućih zahteva. API je programski nezavisan u smislu da nije pisan za određenu jezičku platformu, te se vraćenim podacima može manipulisati u zavisnosti od zahteva programera, čime se povećava modularnost sistema.

IV. SMARTALARM KLIJENT

A. Hardver

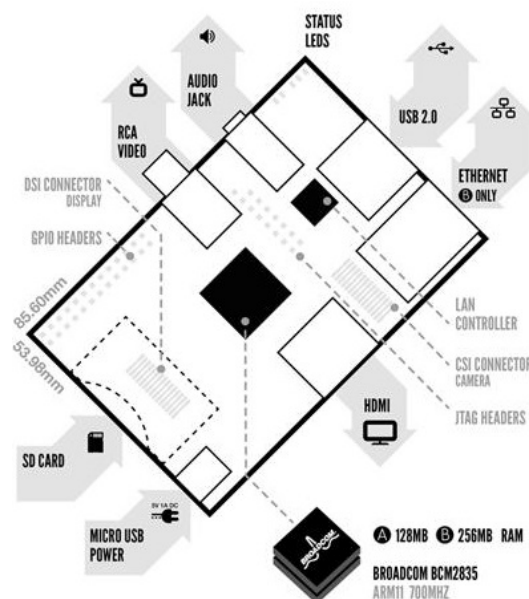
Za razvojnu platformu odabran je Raspberry Pi Model B [1] zbog svojih malih dimenzija, cene i modularnosti. Procesor je baziran na ARM arhitekturi i klokovan je na 700MHz. Internet je neophodan za funkcionisanje

HTTP request	JSON
<i>?action=getData</i>	<code>{"status": "0", "calibration": "0", "name": "Aka", "location": "Moja Soba", "sensitivity": "17", "users": [{"email": "aleksa.d.ilic@gmail.com", "name": "Aleksa", "surname": "Ilic"}]}</code>
<i>?action=addLog</i>	<code>{"status": false, "errors": [{"code": "ERR_SERVER_NODATA", "message": "Nedovoljno podataka prosledjeno"}]}</code>
<i>?action=addLog&value=newLog</i>	<code>{"status": true, "errors": []}</code>
<i>?action=setStatus&value=1</i>	<code>{"status": true, "errors": []}</code>
<i>?action=getLog</i>	<code>"status": true, "logs": [{"message": "Buffer iznosi: [123,1245,612,215,12]", "timestamp": "2015-10-07 12:32:50"}, ...]}</code>

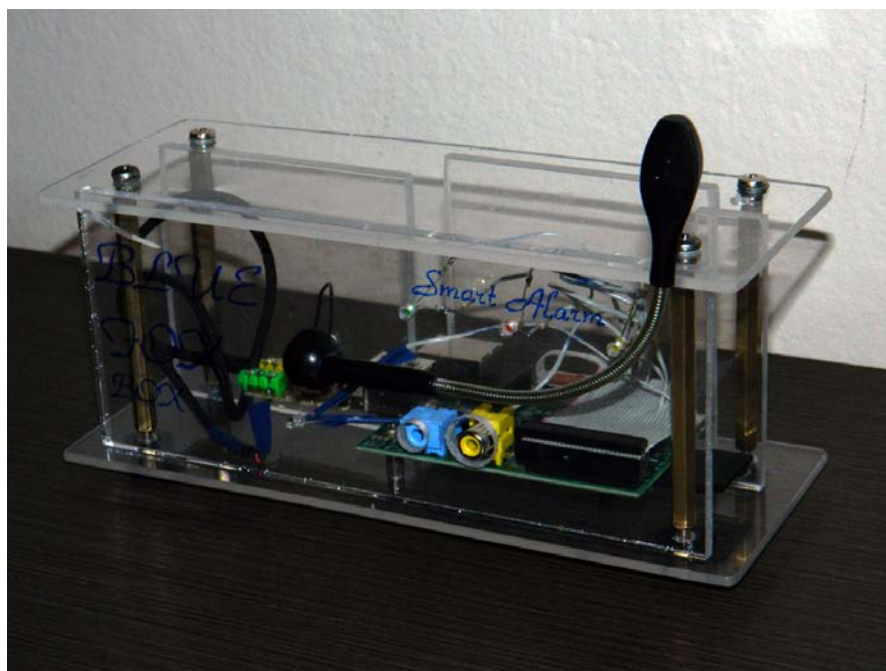
TABELA II

SmartAlarm-a, te postojanje integrisane mrežne kartice omogućava lako povezivanje na mrežu. Na SD karticu, koja čini osnovnu memoriju računara, instaliran je Raspbian OS, prilagođena verzija Linux distribucije Debian, koja sadrži sve neophodne drajvere i pakete. Na GPIO pinove zakačene su LED diode koje signaliziraju rad alarma. Crvena svetli kada je alarm neaktivan, zelena kada je aktivan, a žuta treperi dok god uređaj komunicira sa spoljnim serverom. Nedostatak ove platforme je nepostojanje audio inputa što smo nadomestili ugradnjom generičke USB PnP Audio Kartice, čija će konfiguracija biti objašnjena u narednom poglavlju, a na nju je priključen kapacitivni analogni mikrofoni.

Kućiste prototipa izrađeno je od pleksiglasa, a potom učvršćeno pomoću spejsera i u potpunosti je ručno napravljeno. Napravljeni su otvori za eventualne nadogradnje (audio, video, HDMI). Mikrofoni je postavljen tako da se može okretati za 360° u zavisnosti od potrebe. Kućiste je potpuno modularno tako da se veoma lako može skinuti jedna od strana i umetnuti druga po potrebi.



Slika 4. Raspberry Pi - blok šema i priključci.



Slika 5. Izgled prototipa.

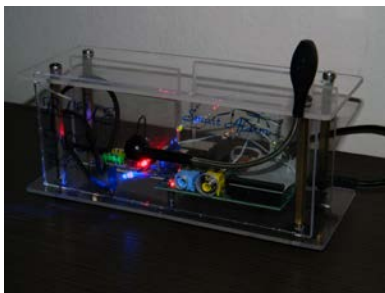
B. Softver

Za komunikaciju sa mikrofonom koji je povezan sa generičkom USB PnP Audio Karticom korišćeni su ALSA drajveri za zvuk koji su integrisani u Raspbian OS. Promenom indeksa podrazumevane zvučne kartice u konfiguracionom fajlu ALSA drajvera [5], omogućen je pristup mikrofону. Skripta za ekstrakciju trenutne jačine zvuka napisana je u pythonu i koristi ALSA API [6] (Listing 2).

```
1. #!/usr/bin/python
2. import alsaaudio, time, audioop
3.
4. inp=alsaaudio.PCM(alsaaudio.PCM_CAPTURE,
5.     alsaaudio.PCM_NONBLOCK)
6. inp.setchannels(1) #Mono
7. inp.setrate(8000) #8000Hz
8. inp.setformat(alsaaudio.PCM_FORMAT_S16_LE) #16bit
9. inp.setperiodsize(160)
10.
11. while True:
12.     l,data=inp.read()
13.     if l:
14.         print audioop.max(data, 2)
15.         break
```

Listing 2. *getdB.py*.

Pri svakom startu pokreće se bash skripta *startup.sh* koja otvara GPIO pinove, apdejtuje kod preko git-a i pokreće glavnu skriptu.



Slika 6. SmartAlarm aktivan.

Skripta *main.js* napisana je u javascriptu i izvršava se preko node.js-a, te je bilo neophodno kompajlirati izvorni kod te platforme za ARM procesore. Node.js je platforma izrađena na JavaScript izvršnom okruženju Google Chrome-a za jednostavnu izradu brzih, skalabilnih mrežnih aplikacija. Node.js koristi vođen-događajima, neblokirajući U/I model koji ga čini laganim i efikasnim, savršenim za aplikacije koje rade u realnom vremenu i iziskuju veće količine prenosa podataka i koje se izvršavaju preko

distribuiranih uređaja. Ova skripta čini okosnicu sistema i izrađena je po uzoru na razvojnu platformu *Wiring* [7] u smislu da se sastoji iz 2 glavne funkcije:

1. *setup()* - funkcija koja se pokreće jednom, samo na startu i koristi se za definisanje pojedinih početnih vrednosti.
2. *loop()* - funkcija koja se poziva u više navrata tj. dok god je klijent uključen.

Kod skripte može se grubo podeliti na nekoliko fragmenta:

1. Integracija spoljnih modula i deklarisanje promenljivih nužnih za rad.
2. Implementacija prototipnih funkcija radi lakšeg manipulisanja nizovima
3. Implementacija funkcija *setup* i *loop* koje su prethodno opisane

B.1. Integracija modula

Moduli, neophodni za funkcionisanje skripte, mogu se lako preuzeti preko *npm*-a koji predstavlja menadžer modula za node.js, a od verzije 0.6.3 je i u sastavu node softverskog paketa.

Modul *python-shell* omogućava pozivanje python skripti unutar node.js skripte. U našem slučaju, omogućava pozivanje skripte *getdB.py* koju smo opisali prethodno.

Modul *pi-gpio* omogućava kontrolu dioda povezanu na GPIO pinove uređaja.

Modul *urllib* omogućava asinhrono kreiranje HTTP zahteva tj. predstavlja vid komunikacije sa glavnim serverom.

Modul *pushbullet* pruža metode za slanje notifikacija svim uređajima koji su registrovani na mejl korisnika.

Za korišćenje servisa *PushBullet* neophodna je prethodna registracija radi dobijanja jedinstvenog API ključa, preko kojeg je moguće koristiti servis kroz kod.

B.2. Implementacija prototipnih funkcija

Funkcija *shiftpush* umeće novi element dok stari izbacuje.

Funkcija *check* proverava da li svi elementi buffer-a prelaze zadatu vrednost.

Funkcija *max* vraća najveći element niza.

Funkcija *isFull* proverava da li je niz popunjen ne nula vrednostima

B.3. Funkcije *setup* i *loop*

Funkcija *setup* otvara GPIO pinove za output i pali crvenu diodu. Nakon toga transmituje poruku serveru da je SmartAlarm aktiviran i pokrene funkciju *loop*.

Pored podešavanja osetljivosti uređaja parametrom *sensitivity*, promenom parametra *sleep* moguće je podesiti i njegovu inertnost što će sprečiti da uređaj promptno

reaguje na šum ili slučajni zvuk kratkog trajanja. Kod donosi odluku na bazi detektovanja 5 uzastopnih maksimalnih vrednosti iznad praga osetljivosti, u zavisnosti od 5 prethodno uzastopno uzorkovanih vrednosti pojedinačnog trajanja definisanog parametrom *sleep*. Ovo znači da minimanlno vreme neophodno za promenu stanja uređaja iznosi 25 *sleep* intervala.

Na listingu 3 data je skraćena glavna funkcija. Sa listinga je izbačeno definisanje promenljivih, pozivi serveru, kontrola GPIO pinova i paljenje dioda, logovanje koje se vraća serveru itd. Kompletan kod nalazi se na *github* stranici projekta [8]. Sledi kratka analiza iznetog koda:

Linija 2 proverava svojstvo *status* objekta *data* koji je definisan pozivom na serverski API koji vraća JSON.

Linija 3 vrši poziv python skripte za analizu jačine zvuka (Listing 1)

Kod u linijama 8-10 proverava poopunjenost *prebuffer*-a i ukoliko jeste unosi najveći element dok *prebuffer* resetuje.

Linija 13 proverava da li je svaki element niza *buffer* veći od broja definisanog parametrom *sensitivity* u administratorskom panelu.

Petlja na linijama 14-16 prosleđuje zahtev *PushBullet*-u da započne emitovanje notifikacija svim korisnicima koji poseduju SmartAlarm.

Linija 17 poziva funkciju koja prosleđuje serveru zahtev za promenu statusa i prosleđuje funkciju koja će biti pozvana nakon odgovora servera.

Linija 23 Izračunava vreme utrošeno za izvršavanje prethodnih komandi i na osnovu njega i parametra *sleep*, određenog u fragmentu 2, te odlaže poziv glavne funkcije za taj interval. Ovaj postupak omogućava konstantno uzorkovanje nezavisno od brzine hardvera.

```

1. (...)
2. if(data.status == 1){
3.     var getdB=new py('getdB.py',{mode:'text',scriptPath:"/home/pi/alarm/"});
4.     var startDate = new Date();
5.     getdB.on('message',function(dB){
6.         dB=parseInt(dB);
7.         prebuffer.shiftpush(dB);
8.         if(prebuffer.isFull()){
9.             buffer.shiftpush(prebuffer.max());
10.            prebuffer= new Array (0,0,0,0,0);
11.            trigger=true;
12.        }
13.        if(buffer.check(THRESHOLD)){
14.            for(var i=0;i<data.users.length;i++){
15.                PUSHER.note(data.users[i].email,'SmartAlarm','Beba je budna.');

```

Listing 3. *main.js*.

V. ZAKLJUČAK

Projekat je u potpunosti realizovan, alarm je ispunio sve prethodno zadate zahteve.

Ovim radom smo tek zagrevali površinu i ovo je samo dokaz valjanosti koncepta. Kao što smo već napomenuli, zahvaljujući svojoj modularnoj prirodi, SmartAlarm, uz manje modifikacije, može poprimiti širok spektar funkcija. Dodatnom analizom baferovanih vrednosti može se utvrditi da li nivo zvuka raste/opada, ili kolika je njegova srednja vrednost, što otvara vrata za korišćenje uređaja za složenije potrebe kao što su merenje Doplerovog efekta, merenje dolazećeg i odlazećeg zvuka, u ekološke svrhe u vidu detektora nivoa buke na ulicama, kao i u drugim prirodno i društveno korisnim situacijama.

ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju profesoru informatike, Andriji Tričkoviću, koji ih je uputio na zajednički rad i podržavao tokom razvojnog procesa, kao i dobrom prijatelju Bogdanu

Baljozoviću za pruženu moralnu podršku, onda kada im je ona bila neophodna.

LITERATURA

- [1] Specifikacija platforme Raspberry Pi 1 Model B. Dostupan na: <http://www.raspberrypi-projects.com/pi/pi-hardware/raspberrypi-model-b/hardware-general-specifications>
- [2] Dokumentacija servisa Pushbullet. Dostupna na: <https://docs.pushbullet.com/>
- [3] Specifikacija "Material" dizajna. Dostupna na: <https://www.google.com/design/spec/material-design/introduction.html>
- [4] PhoneGap servis. Dostupan na: <http://phonegap.com/>
- [5] Uputstvo za konfiguraciju ALSA drajvera. Dostupno na: <http://plugable.com/2014/11/06/how-to-switch-to-usb-audio-on-raspberry-pi>
- [6] Dokumentacija ALSA API-a za jezik python. Dostupna na: <http://larsimisch.github.io/pyalsaaudio/libalsaaudio.html>
- [7] Opis razvojne platforme Wiring. Dostupan na: https://en.wikipedia.org/wiki/Wiring_%28development_platform%29
- [8] Github stranica projekta. Dostupno na: <https://github.com/aleksailic/smart-alarm-client>
<https://github.com/aleksailic/smart-alarm-server>

Come And Build Me – lokaciono zasnovana igra sa *real-time* komunikacijom

Petra Antić, Petra Živanović, Milica Janković

Sadržaj - U ovom radu predstavljena je lokaciono zasnovana Android aplikacija sa *real-time* komunikacijom. U prvom delu rada opisana je namena aplikacije i prikazane su njene glavne funkcionalnosti, dok je u nastavku objašnjena njena arhitektura i korišćeni alati.

I. UVOD

Uporedo sa brzim napretkom tehnologije, razvijaju se i sposobnosti pametnih telefona. Svaka nova generacija sa sobom donosi sve više korisnih opcija, koje olakšavaju moderan život. Mobilni telefoni su danas zamenili mnoge uređaje, poput mp3 plejera, digitalnih foto-aparata, planera, navigacionih aparata i dr. Povezivanjem različitih mogućnosti koje telefoni nude, senzora i pristupa Internetu u skoro svakom trenutku, danas se mogu kreirati mnoge korisne aplikacije, kao i aplikacije zabavnog karaktera.

Jedna od mogućnosti koju nude današnji mobilni uređaji jeste lociranje u prostoru i povezivanje sa Google mapama. Ova privilegija omogućava kreiranje lokaciono zasnovanih aplikacija, koje mogu značajno poboljšati korisničko iskustvo. Među njima su i igre koje zahtevaju kretanje kroz prostor, samim tim zanimljivije i uzbudljivije.

Do sada je razvijeno nekoliko aplikacija koje zahtevaju što više kretanja korisnika do zadatih lokacija u cilju pobeđe u igri. Igra koja će biti opisana u ovom radu zasnovana je na takvom tipu aplikacije.

II. OPIS APLIKACIJE

Come And Build Me predstavlja Android aplikaciju čija je namena da se korisnik zabavi i opusti, ne samo iz svoje fotelje, već uz uzbudljivu šetnju gradom, tako što će istražiti mesta koja možda do tada nije posetio.

Naziv igre potiče od cilja aplikacije – izgradnje zadatog objekta uz pomoć sakupljenog materijala koji se nalazi na određenim lokacijama u gradu. Aplikacija je zamišljena tako da postoje dve suparničke frakcije, i svaki korisnik prilikom registracije bira jednu od njih.

Na početku svakog ciklusa igre slučajno se biraju dve lokacije u gradu na kojima ove frakcije treba da sgrade određeni objekat. Takođe, na slučajnim lokacijama po

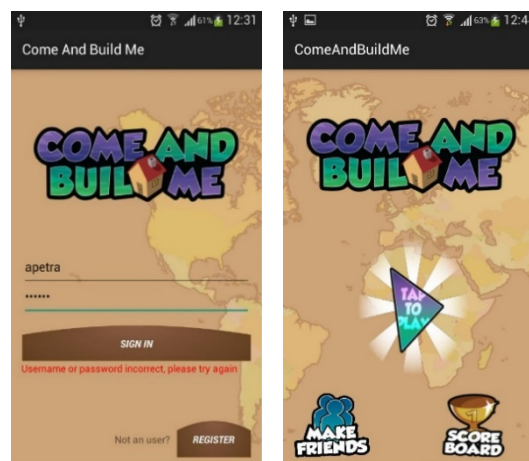
gradu raspoređuju se delovi potrebni za izgradnju tih objekata.

Zadatak igrača je da sakupe sve potrebne delove i odnesu ih na mesto gde se gradi objekat. Korisnik može da sakupi određeni materijal kada se nađe u određenom poluprečniku u odnosu na lokaciju tog materijala. Deo koji je pokupio može da ostavi na proizvoljnoj lokaciji (gde će moći da ga pokupi neki drugi korisnik, koji će ga brže odneti do mesta izgradnje) ili da ga odnese direktno na mesto na kome se nalazi objekat za izgradnju. Takođe, može uzeti i neki od delova suparničke frakcije, sa idejom da ga odnese što dalje od njihovog objekta. Broj delova koje korisnik može da nosi sa sobom je ograničen.

Korisnik se putem Bluetooth-a može sprijateljiti sa drugim korisnikom. Cilj prijateljstva je da korisnici u svakom trenutku mogu videti gde se njihovi prijatelji nalaze, i na osnovu toga mogu proceniti gde treba (ili ne treba) da ostave materijal koji poseduju.

Pobednik ciklusa je ekipa koja prva sagrađi objekat. Nakon toga, igra se resetuje, i ponovo se postavljaju objekti i materijali. Takođe, u okviru frakcije vrši se rangiranje po tome ko je najviše doprineo izgradnji.

U nastavku teksta biće prikazan izgled aplikacije i njene glavne funkcionalnosti.



Slika 1. Izgled ekrana za logovanje korisnika (levo) i izgled glavnog ekrana (desno).

Petra Antić, Petra Živanović i Milica Janković su studenti na smeru Računarstvo i informatika, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, e-mail: petra.antic92@gmail.com, 5ra.zivanovic@gmail.com, milica.jankovic787@gmail.com

A. Ekran za logovanje

Prilikom prvog pokretanja igre, otvara se ekran za logovanje korisnika (slika 1 – levo). Ukoliko korisnik već poseduje svoj nalog, može se uz pomoć korisničkog imena i lozinke ulogovati i započeti igru.

Ukoliko je prvi put pokrenuo igru, i nema svoj nalog, može se registrovati klikom na dugme za registraciju. Najbitnije stavke forme za registraciju su korisničko ime, lozinka, slika korisnika, i izbor frakcije za koju će se korisnik takmičiti.

B. Glavni ekran

Nakon registracije ili logovanja otvara se glavni ekran (slika 1 – desno), koji nudi tri mogućnosti: igranje igre (Play), povezivanje sa prijateljima (Make friends) i pregled dotadašnjih rezultata korisnika (Scoreboard).

D. Povezivanje sa prijateljima

Povezivanje sa prijateljima vrši se preko posebnog ekrana (slika 2 – levo). Da bi se korisnik povezo sa drugim korisnikom, mora prvo obezbediti da njegov uređaj bude vidljiv, klikom na prvo dugme, bilo da želi da pošalje ili primi zahtev za prijateljstvo. Nakon toga, klikom na drugo dugme može iz liste dostupnih uređaja izabrati uređaj sa kojim želi da se poveže. Konačno, klikom na dugme MAKE FRIEND oni postaju prijatelji u igri i mogu se međusobno locirati na mapi.

C. Rang lista

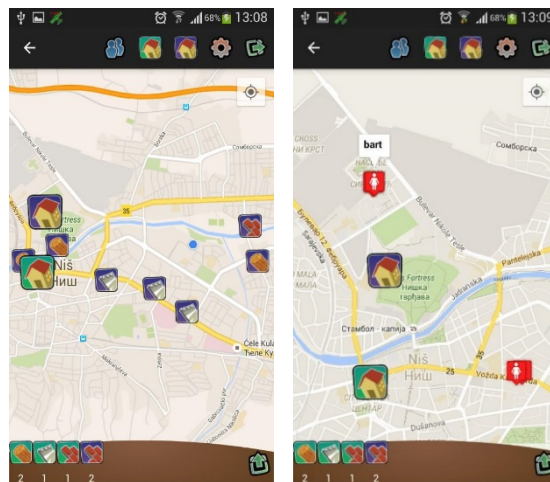
Ova opcija (slika 2 – desno) pruža korisniku uvid u postignute rezultate ostalih igrača iz njegove frakcije. Aktivira se klikom na dugme SCOREBOARD na glavnom ekranu.



Slika 2. Ekran za povezivanje sa prijateljima (levo) i ekran za prikaz rang liste (desno).

D. Ekran za igru

Najzad, klikom na dugme PLAY na glavnom ekranu, otvara se ekran za igru, čiji najveći deo zauzima Google mapa. Klikom na ikonice na glavnom meniju na vrhu ekrana možemo prikazati materijale sopstvene ili suparničke frakcije (slika 3 – levo), ili videti trenutne lokacije prijatelja (slika 3 – desno).

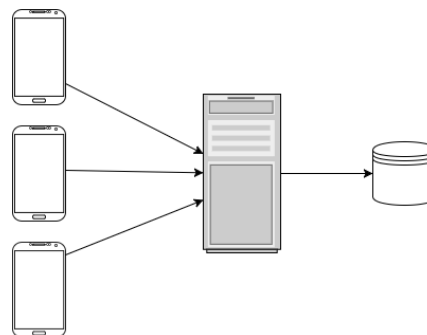


Slika 3. Prikaz materijala jedne frakcije (levo) i prikaz lokacija prijatelja u realnom vremenu (desno).

Ukoliko se nalazimo u zadatom poluprečniku, klikom na materijal na mapi, možemo ga pokupiti. Materijali koje posedujemo nalaze se na liniji u dnu ekrana. Klikom na neku od ikonica na toj liniji možemo ostaviti materijal na lokaciji na kojoj se trenutno nalazimo. Klikom na strelicu sa desne strane predajemo materijale objektu naše frakcije, naravno, ukoliko smo trenutno na lokaciji tog objekta.

III. IMPLEMENTACIJA

Aplikacija *Come And Build Me* zasnovana je na klijent-server arhitekturi, gde mobilni korisnici preko servera pristupaju podacima iz baze podataka i dobijaju asinhrono notifikacije o aktivnostima drugih korisnika (slika 3).



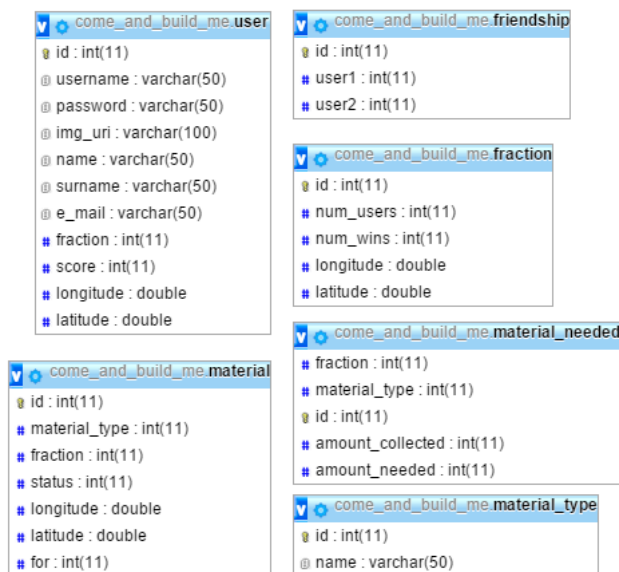
Slika 4. Arhitektura aplikacije Come And Build Me.

Mobilna, klijentska aplikacija razvijena je za Android uređaje, u *Android Studio* razvojnom okruženju. Podržana je na uređajima koji koriste verzije operativnog sistema nakon Android 3.0 verzije.

Serverski deo aplikacije razvijen je pomoću *Node.js framework-a*, uz korišćenje *MySQL* baze podataka.

A. Baza podataka

Detaljna šema baze podataka prikazana je na dijagramu (slika 5). Za korišćenje ove baze podataka u kombinaciji sa *Node.js* serverom, bilo je potrebno uključiti 'mysql' modul [1].



Slika 5. Šema baze podataka.

B. Serverski deo aplikacije

Serverski deo aplikacije je, za početak, zadužen za generisanje proizvoljnih lokacija objekata dveju frakcija, kao i proizvoljno raspoređivanje materijala na mapi. Nakon završetka jednog ciklusa (jedna od frakcija je sagradila objekat), server je zadužen za resetovanje igre.

Klijent sa serverom komunicira na dva načina – putem klasičnih HTTP zahteva, i putem soketa.

Za korišćenje HTTP zahteva na *Node.js* serveru potrebno je najpre zahtevati korišćenje 'http' modula, koji omogućava kreiranje http servera uz jednostavan, ali moćan API. Uz ovaj modul, korišćen je i *Express* framework, koji omogućava efikasnu obradu klijentskih zahteva [2].

Za zahteve poput onih za prikaz objekata i materijala svoje ili suprotne frakcije, logovanje ili registrovanje na sistem, dodavanje prijateljstva između dva korisnika, korišćeni su POST zahtevi. U nastavku (slika 6) dat je primer kreiranja http servera i definisanje funkcija koje se

pozivaju kao odgovor na određeni POST zahtev, putem tzv. *Express* sistema za rutiranje [3]:

```
var express = require('express');
var http = require('http');
var app = express();
app.post('/materials', getMaterials);
app.post('/login', login);
var server = http.createServer(app);
server.listen(8081);
```

Slika 6. Kreiranje servera i definisanje POST zahteva.

Soketi su korišćeni za funkcionalnosti koje zahtevaju *real-time* komunikaciju, poput asinhronog prikaza materijala koji je ostavljen na mapi, ili brisanja materijala koji je uzet, kao i obaveštenja o završetku igre. Za ove potrebe iskorišćen je *socket.io*, *framework* zasnovan na mehanizmu događaja (*event*) [4]. U nastavku (slika 7 i slika 8) je dat primer korišćenja ovog *framework-a*.

```
var io = require('socket.io')(server);

io.on('connection', function(socket){
  console.log('A user connected.');
```

Slika 7. Dodavanje *event listener-a*.

```
function takeMaterial(req, res)
{
  var id = req.body.id;
  connection.query('UPDATE material SET status = 1 WHERE id ='+ id,
    function(err, rows, fields){
      if (!err){
        res.end('done');
        io.sockets.emit('mat_taken', id);
      }
      else{
        res.end('err');
      }
    });
}
```

Slika 8. Emitovanje *event-a* povezanim soketima.

C. Komponente klijentske aplikacije

Klijentska aplikacija podeljena je na 4 paketa: Activities, Model, Bluetooth i Utils.

Paket **Activities** sadrži klase koje su odgovorne za prikaz ekrana i interakciju sa korisničkim interfejsom. Svaki Activity odgovoran je za jedan ekran aplikacije: *LoginActivity*, *RegisterActivity*, *MainActivity*, *PlayActivity*, *RankActivity*. U okviru *PlayActivity* klase realizovan je veći deo logike igre, i izvršena je integracija sa Google mapama, putem *Google Maps API*-ja [5].

Paket **Model** obuhvata klase koje odgovaraju entitetima baze podataka, i koriste se za čuvanje podataka pribavljenih sa servera: *User*, *Building*, *Material*.

Paket **Bluetooth** predstavlja zasebnu komponentu odgovornu za komunikaciju dva uređaja putem Bluetooth-a. On obuhvata kako aktivnosti, tako i pomoćne

klase: *BluetoothActivity*, *BluetoothFragment*, *BluetoothService*, *DeviceListActivity*.

Paket **Utils** sadrži ostale klase potrebne za realizaciju aplikacije, u ovom slučaju klasu odgovornu za komunikaciju sa serverom, i klase koje se koriste za praćenje lokacije korisnika: *HTTPHelper*, *MyLocation*, *MyLocationService*.

Kao funkcionalnosti specifične za datu aplikaciju, u nastavku će detaljnije biti opisani lokacioni servisi, kao i Bluetooth komunikacija.

D. Lokacioni servisi

Lociranje na mobilnom uređaju može se postići putem GPS-a (*Global Positioning System*) ili putem mobilne mreže. Pri razvoju aplikacije može se izabrati način koji je najpogodniji ukoliko postoje specijalni zahtevi – mala potrošnja baterije, velika preciznost i sl. U aplikaciji *Come And Build Me* korišćeno je GPS lociranje.

Sama Android platforma daje aplikaciji pristup podržanim lokacionim servisima kroz klase iz **android.location** paketa [6]. U nastavku je dat pregled najbitnijih klasa, korišćenih u ovom projektu:

- **LocationManager** klasa je centralna komponenta ovog paketa. Ona se ne instancira direktno, već se zahteva od sistema.
- **LocationListener** interfejs prima notifikacije od LocationManager klase kad dođe do promene lokacije. Implementacijom ovog interfejsa definiše se specifično ponašanje za svaku aplikaciju pri promeni lokacije. U aplikaciji *Come And Build Me* značajno je imati ažurnu aplikaciju u svakom trenutku da bi se proverila mogućnost uzimanja materijala sa mape. Takođe, zbog *real-time* prikaza prijatelja, svaki korisnik pri promeni lokacije emituje serveru svoju trenutnu lokaciju.

Redovna ažuriranja lokacije se od LocationManager-a zahtevaju na način prikazan na slici 9.

```
lm.requestLocationUpdates(//request GPS updates
    locationManager.GPS_PROVIDER,
    minTime,
    minDistance,
    myLocationListener);
```

Slika 9. Zahtev za ažuriranjem lokacije.

E. Bluetooth komunikacija

Bluetooth API dostupan je iz **android.bluetooth** paketa [7]. Najznačajnije klase korišćene u *Come And Build Me* projektu su sledeće:

- **BluetoothAdapter** – ovo je komponenta koja predstavlja ulazno mesto za svu Bluetooth intrakciju.

- **BluetoothDevice** – predstavlja udaljeni uređaj; koristi se za zahtevanje konekcije sa drugim uređajem.
- **BluetoothSocket** i **BluetoothServerSocket** – ove dve klase koriste se za međusobnu komunikaciju dva uređaja – jedan od uređaja mora da otvori server soket, koji će kreirati soket do uređaja koji zahteva konekciju.

IV. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan način rada i tehnologije korišćene pri implementaciji Android aplikacije *Come And Build Me*. Ova aplikacija je zabavnog karaktera. Cilj joj je da zabavi korisnika, naterajući ga da obiđe što više lokacija u gradu i druži se sa prijateljima. Aplikacija je razvijena tako da je mogu koristiti osobe gotovo svih uzrasta. Trenutno poseduje samo mogućnost sakupljanja poena, ali je ostavljena mogućnost nadogradnje u smislu dodavanja dodatnih privilegija i nivoa za određeni broj poena.

ZAHVALNICA

Aplikacija je razvijena u okviru predmeta Mobilni sistemi i servisi na katedri za Računarstvo i informatiku. Autori se zahvaljuju prof. dr Draganu Stojanoviću, dr Bratislavu Prediću i Nikoli Davidoviću na pomoći prilikom realizacije aplikacije.

LITERATURA

- [1] <https://www.codementor.io/nodejs/tutorial/node-js-mysql>
- [2] <http://expressjs.com/>
- [3] <http://expressjs.com/guide/routing.html>
- [4] <https://nodesource.com/blog/understanding-socketio>
- [5] <https://developers.google.com/maps/android/>
- [6] <https://developer.android.com/guide/topics/location/strategies.html>
- [7] <http://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth.html#TheBasics>

Projektovanje pojačavača sa maksimalnim pojačanjem na frekvenciji od 500 MHz

Ivan Danilov

Sažetak - U ovom radu prikazan je postupak projektovanja jednostepenog pojačavača sa maksimalnim pojačanjem na frekvenciji od 500 MHz. Pojačavač je realizovan u mikrostrip tehnici sa bipolarnim tranzistorom i izrađen je na substratu FR4. Merenje S-parametara realizovanog sklopa je izvršeno pomoću vektorskog analizatora mreže.

I. UVOD

Pojačavači na RF i mikrotalasnim frekvencijama predstavljaju veoma važan sklop u savremenom svetu elektronike i komunikacija. Oni su sastavni deo predajnika i prijemnika u sistemima za generisanje, prenos i prijem multimedijalnih sadržaja bežičnim i žičanim telekomunikacionim sistemima. Pored osnovne uloge pojačavača da pojača signal do određenih nivoa snage potrebnih za zahtevani kvalitet signala, zahtevi pri projektovanju se odnose i na nivo unetog šuma, frekvencijski opseg, snagu signala, nelinearnost i sl. [1].

U ovom radu biće opisan postupak projektovanja, realizacije i merenja S-parametara jednostepenog pojačavača sa bipolarnim tranzistorom. Pojačavač je projektovan sa ciljem ostavarenja maksimalnog pojačanja na frekvenciji od 500 MHz.

II. TEORIJSKA OSNOVA

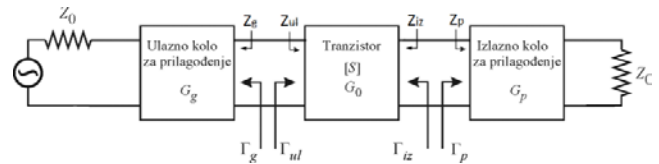
Za projektovanje pojačavača korišćen je Advance Design System-ADS [2], specijalizovani program za projektovanje, analizu i optimizaciju RF i mikrotalasnih kola i sklopova. Pre početka rada u softveru, određena je tačka napajanja i ispitana stabilnost bipolarnog tranzistora-BFR96 [3] koji je izabran za realizaciju pojačavača. Na osnovu karakteristika odabranog tranzistora i ispitanih vrednosti S-parametara, odabrana je tačka napajanja: $V_{ce}=10\text{ V}$, $I_c=50\text{ mA}$. Daljom analizom i proračunom pokazano je da je faktor stabilnosti $K>1$ i moduo determinante matrice rasejanja $|\Delta|<1$, pa je samim tim tranzistor bezuslovno stabilan.

$$K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2|S_{12}S_{21}|} \quad (1)$$

Ivan Danilov je student prve godine master akademskih studija na Elektronskom fakultetu Univerziteta u Nišu, A. Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija E-mail: danilov92nis@gmail.com

$$\Delta = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21} \quad (2)$$

Osnovna šema pojačavača koja uključuje tranzistor i kola za prilagođenje je prikazana na Slici 1. Pojačanje pojačavača je određeno izborom tranzistora, i može se kontrolisati pojačanjima G_g i G_p ulaznog i izlaznog kola za prilagođenje.



Sl. 1. Tranzistor sa ulaznim i izlaznim kolom za prilagođenje.

Pre bilo kakvog softverskog dizajna pojačavača, bilo je potrebno računskim putem, na osnovu katalogskih podataka [3] za S-parametre izabranog tranzistora odrediti elemente ulaznog i izlaznog kola za prilagođenje. Prvi korak bio je određivanje koeficijenata refleksije generatora Γ_g i potrošača Γ_p . Ovi koeficijenti se za slučaj konjugovano kompleksnog prilagođenja na ulazu i izlazu tranzistora određuju pomoću izraza, [1]:

$$\Gamma_g = \frac{B_1 \pm \sqrt{B_1^2 - 4|C_1|^2}}{2C_1} \quad (3)$$

$$\Gamma_p = \frac{B_2 \pm \sqrt{B_2^2 - 4|C_2|^2}}{2C_2} \quad (4)$$

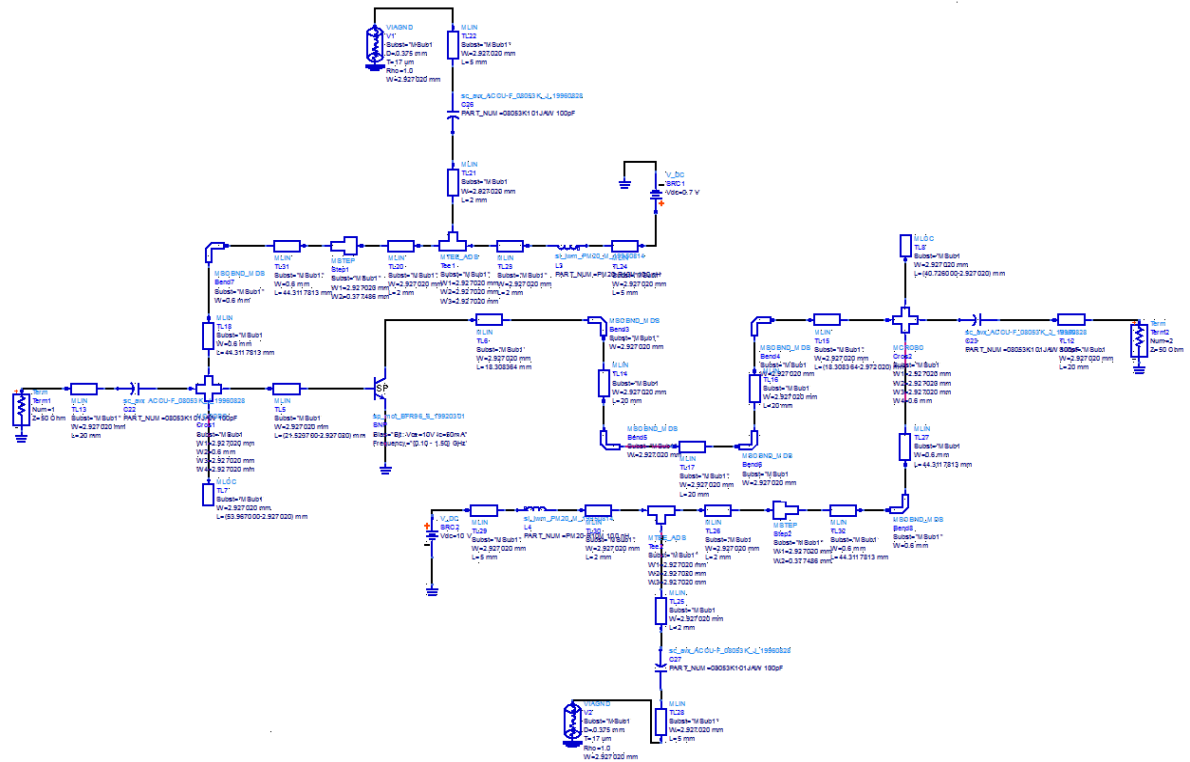
gde se parametri B_1 , B_2 , C_1 i C_2 dobijaju na sledeći način:

$$B_1 = 1 + |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 - |\Delta|^2 \quad (5)$$

$$B_2 = 1 + |S_{22}|^2 - |S_{11}|^2 - |\Delta|^2 \quad (6)$$

$$C_1 = S_{11} - \Delta S_{22}^* \quad (7)$$

$$C_2 = S_{22} - \Delta S_{11}^* \quad (8)$$



Sl. 2. Šema projektovanog pojačavača sa maksimalnim pojačanjem izrađena u ADS softveru.

Na osnovu izračunatih koeficijenata refleksije generatora i potrošača određene su pomoću Smith-ovog dijagrama dužine transmisionih linija izabrane topologije kola za prilagođenje sa jednim stabom.

Parametri kola za prilagođenje su određeni i na drugi način pomoću ADS programskog paketa koji sadrži alate za proračun električne dužine i karakteristične impedanse transmisionih linija na osnovu zadatih impedansi tranzistora prema generatoru i potrošaču Z_g i Z_p koje su označene na Slici 1. Na ovaj način su proverene vrednosti dobijene pomoću Smith-ovog dijagrama. Izrazima (9) i (10) [1] su date relacije koje povezuju koeficijente refleksije i odgovarajuće impedanse.

$$\Gamma_p = \frac{Z_p - Z_0}{Z_p + Z_0} \quad (9)$$

$$\Gamma_g = \frac{Z_g - Z_0}{Z_g + Z_0} \quad (10)$$

Z_0 je karakteristična impedansa mreže (50 Ω).

Maksimalno pojačanje dobija se kada se kola za prilagođenje projektuju da se ostvari konjugovano kompleksno prilagođenje na ulazu između impedanse generatora i ulazne impedanse tranzistora Z_{ul} , kao i na izlazu između impedanse potrošača i izlazne impedanse tranzistora, Z_{iz} . Sa slike 1 se vidi da je maksimalni transfer

snage od ulazne mreže za prilagođenje prema tranzistoru dobija kada je:

$$\Gamma_{ul} = \Gamma_g^* \quad (11)$$

a maksimalni transfer snage od tranzistora prema izlaznoj mreži za prilagođenje kada je ispunjen uslov:

$$\Gamma_{iz} = \Gamma_p^* \quad (12)$$

Pri ovim uslovima, i ako nema gubitaka u kolu za prilagođenje, prenosno pojačanje je maksimalno, G_{Tmax} . Ovo pojačanje se u slučaju unilateralnog tranzistora dobija iz izraza (13)-(16):

$$G_T = G_g G_0 G_p \quad (13)$$

$$G_g = \frac{1}{1 - |\Gamma_g|^2} \quad (14)$$

$$G_0 = |S_{21}|^2 \quad (15)$$

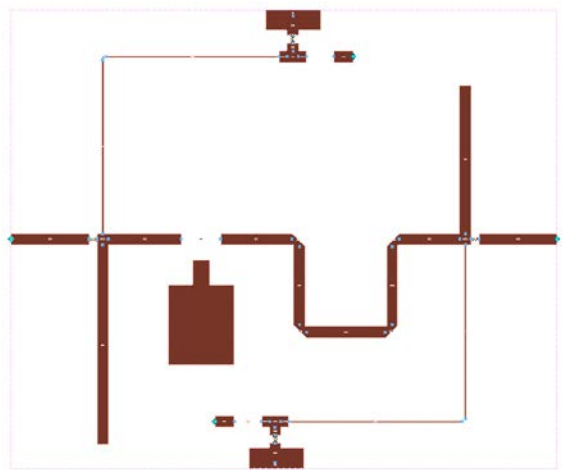
$$G_p = \frac{1 - |\Gamma_p|^2}{|1 - S_{22}\Gamma_p|^2} \quad (16)$$

Izračunato maksimalno pojačanje sa kojim bi trebao da radi projektovani pojačavač pri zadatoj frekvenciji je 14.40 dB.

III. PROJEKTOVANJE MIKROSTRIP POJAČAVAČA

Postupak projektovanja mikrostrip pojačavača je izvršen u softveru ADS na osnovu S-parametara BFR96 tranzistora i izračunatih parametara ulaznog i izlaznog kola za prilagođenje. Širine i dužine mikrostrip linija određene su proračunom u delu ADS softvera pod nazivom LineCalc za zadati supstrat FR4 sa sledećim karakteristikama $\epsilon_r=4.2$, $\tan\delta=0.02$, $H=1.5$ mm, $T=17$ μm . Kolo za napajanje na bazi i kolektoru konstruisano je pomoću $\lambda/4$ mikrostrip linije i kalema od 100 nH koji su dobijeni namotavanjem žice prečnika 0.6 mm na jezgro prečnika 5 mm. Broj namotaja kalema dobijen je proračunom i iznosi 5. Kondenzatori od 100 pF su korišćeni kao „blocking“ na ulazu i izlazu pojačavača i kao „bypass“ kondenzatori u kolu za napajanje za zaštitu DC izvora za napajanje od RF signala. U postupku simulacije i analize projektovanog pojačavača u ADS-u potrebni kalemovi i kondenzatori su uzeti iz raspoložive biblioteke ADS softvera.

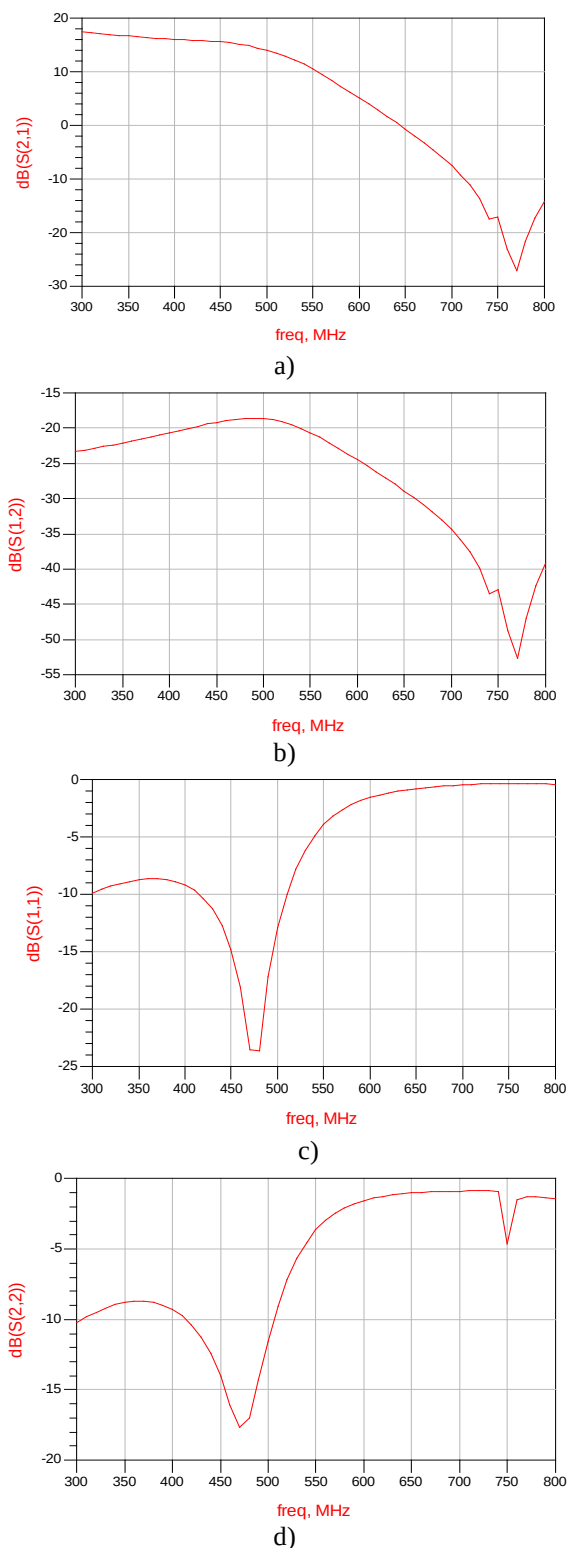
Bilo je potrebno dodati i određen broj kratkih mikrostrip linija koje bi služile kao površine za lemljenje realnih komponenata (kalema i kondenzatora), kao i „tee“ i „cross“ elemente na mestima gde se spajaju tri ili četiri linije. Ovi elementi predstavljaju diskontinuitete, tako da je nakon njihovog povezivanja u kolo izvršena odgovarajuća korekciju dužina mikrostrip linija.



Sl.3. Layout realizovanog pojačavača.

U cilju izrade layout-a pojačavača na osnovu koga će biti realizovano kolo u laboratoriji bilo je potrebno napraviti optimalan raspored linija i komponenata na raspoloživoj pločici FR4 supstrata. Izvršeno je savijanje ili meandriranje mikrostrip linija i određena korekcija dužina mikrostrip linija koju ovakav postupak zahteva. Projektovano kolo

pojačavača je prikazano na Slici 2, a njegov layout na Slici 3. S-parametri projektovanog pojačavača dobijeni simulacijom pomoću ADS-a prikazani su na Slici 4.

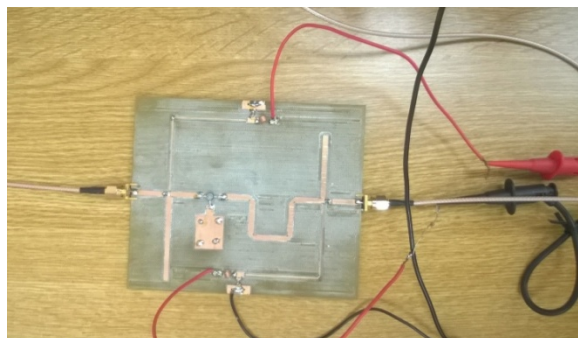


Sl. 4. Simulirani S-parametri projektovanog pojačavača u funkciji frekvencije: a) S_{21} , b) S_{12} , c) S_{11} i d) S_{22} .

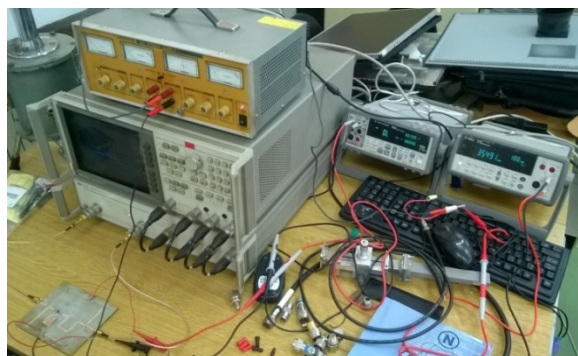
U procesu projektovanja uočeno je da se simulirani S-parametri kola pojačavača sa idealnim transmissionim linijama i kola analiziranog nakon uvođenja kola za napajanje i ubacivanja realnih komponenata u šemu, nisu bitnije promenile.

IV. TESTIRANJE PROTOTIPA

Projektovan sklop pojačavača je realizovan pomoću LPKF ProtoMat S100 Circuit board plotter-a u laboratoriji za Mikrotalasnu tehniku i bežične komunikacije. Izrađeni sklop i merni sistem su prikazani na Slikama 5 i 6, respektivno.



Sl. 5. Prikaz realizovanog pojačavača sa prednje strane.



Sl. 6. Pojačavač povezan na aparaturu za merenje.

Merenje karakteristika S-parametara je izvršeno pomoću Vektorskog analizatora mreža HP8753c. U tabeli I prikazane su merene vrednosti za parametre S_{11} , S_{12} , S_{21} i S_{22} sa korakom promene frekvencije od 40 MHz. Uočava se da mereni rezultati odstupaju od karakteristika za S-parametre dobijenih u procesu simulacije na frekvencijama od interesa oko 500 MHz, ali da imaju sličnu frekvencijsku zavisnost. Odstupanje merenih od simuliranih vrednosti se javlja usled nepreciznosti pri izradi i slabljenja unešenog zbog supstrata sa velikim gubicima.

TABELA I.
NUMERIČKI PRIKAZ DOBIJENIH VREDNOSTI

Freq [MHz]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{12} [dB]	S_{22} [dB]
340	-11.5	10.5	-21.3	-4.7
380	-9.4	9.3	-20.7	-4.2
420	-9.3	8.9	-19.7	-3.7
460	-10.2	8.7	-18.4	-5.1
500	-10.7	8.2	-17.7	-6.6
540	-8.1	6.6	-17.7	-4.6
580	-4.13	3.7	-19.4	-4.3
620	-2.7	-0.5	-22.2	-2.2
660	-2.15	-4.5	-25.2	-1.5
700	-1.7	-9.4	-28.2	-1.7
740	-1.3	-12.9	-31.3	-1.9
780	-1.15	-17.9	-35.3	-1.3
820	-1.3	-25.8	-43.2	-1.2
860	-1.6	-24.8	-41.6	-2.1

V. ZAKLJUČAK

Zadatak projekta bio je da se realizuje pojačavač sa maksimalnim pojačanjem na frekvenciji od 500 MHz. Izvršena je analiza zadatka i obavljeno je projektovanje prototipa čija je validnost ispitana korišćenjem simulatora. Prototip je zatim praktično realizovan korišćenjem pločice koja je izrađena na plotter-u ProtoMat S100 i diskretnih komponenti, i njegovo funkcionisanje je potvrđeno konkretnim merenjima uz pomoć Vektorskog analizatora mreže. Poređenjem talasnih oblika dobijenih merenjem i simulacijom može se zaključiti da je ostvareno pojačanje na 500 MHz, tj. S_{21} manje za oko 5 dB što je i očekivano ponašanje usled nepreciznosti izrade i slabljenja unešenog zbog supstrata sa velikim gubicima.

ZAHVALNICA

Ovaj rad napisan je kao deo studentskog projekta na ispitu Projektovanje RF i mikrotalasnih sklopova, na smeru Telekomunikacije, Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu. Ispit je na 1. semestru master akademskih studija. Hardverska realizacija projekta izvedena je pri laboratoriji za mikrotalasnu tehniku i bežične komunikacije, pod mentorstvom prof. dr Nataše Maleš-Ilić.

LITERATURA

- [1] Guillermo Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers_Analysis and Design, Prentice Hall, 1997.
- [2] Advanced Design System (ADS) 2009, softver za simulaciju mikrotalasnih kola.
- [3] Specifikacija tehničkih karakteristika tranzistor BFR96, <http://www.ee.siue.edu/~alozows/library/datasheets/BFR96.pdf>.

Light show

Milan Ivković

Sadržaj – U ovom radu će biti prikazana jednostavna šema light show-a koja reaguje na niske frekvencije, tj. BASS. Za filtraciju niskih frekvencija iskorišćen je Butterworth-ov filter [1], a za pojačanje signala operacioni pojačavač [2] i Darlingtonov spoj [3].

I. UVOD

Kao što je navedeno u sadržaju, glavna komponenta ovog rada je Butterworth-ov filter, i to u low-pass [4] konfiguraciji. Izabran je u takvoj konfiguraciji iz razloga što se opseg BASS-a kreće do 100Hz. Ulazni signal se detektuje preko mikrofona, koji se pojačava i šalje u filter. Nakon toga sledi još jedan pojačavač koji služi za regulaciju pojačanja, i na kraju sledi Darlingtonov spoj koji može propustiti potrebnu struju za osvetljenje.

II. PRINCIP RADA

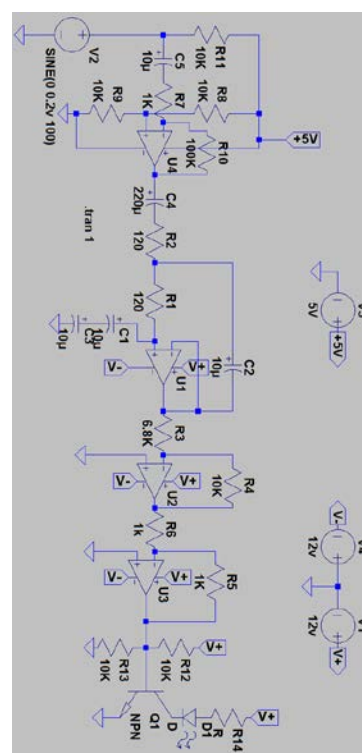
Ulazni signal se dovodi preko mikrofona koji je reda par mV. Da bi se radilo sa takvim signalom, on mora biti pojačan. Sa slike 1 se vidi da je za pojačanje upotrebljen LM741 [5] koji signal pojačava 100 puta. Neinvertovani deo pojačavača je privezan na naponski razdelnik koji čine R2 i R3. Tako je urađeno kako bi se obezbedio dovoljan offset da se napon pravilno pojača pošto se napaja samo sa naponom od 5V. Ispred i iza pojačavača su postavljeni elektrolitski kondenzatori kako bi otklonili jednosmernu komponentu napona.

Nakon pomenutog pojačavača sledi Butterworth-ov filter. Dati filter otklanja sve frekvencije iznad 100Hz i ostavlja samo niske da nesmetano prolaze. Frekvencija se računa prema formuli.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

Za računanje datih vrednosti će biti korišćen metod koji je rađen na laboratorijskim vežbama iz predmeta Komponente za telekomunikacije [6]. Prvo date podkorene vrednosti možemo predstaviti na sledeći način. R1 i R2 predstavljaju jednu vrednost i može se označiti sa jednim R, takođe C1 i C2 se može uzeti jednim C, i tako dobijamo samo R*C pod korenom što nam olakšava proračun. S obzirom da se dobijaju dve nepoznate vrednosti jedna

vrednost se može uzeti kao fiksna. U ovom slučaju je uzeta fiksna vrednost za kondenzator od 10uF. Daljim računanjem za frekvenciju od 100Hz je dobijena vrednost otpornika od 127Ω. Zbog standardnih vrednosti uzeta je vrednost od 120Ω. Sledeći korak je računanje vrednosti R1, R2, C1 i C2. R1 i R2 su jednaki tako da su vrednosti za oba otpornika 120Ω. Kondenzator C1 se uzima kao C(10uF)*1.41, a za C2 C*0.707. U ovom radu nije potrebna velika preciznost filtra pa s obzirom na to možemo jednostavno reći da je C1=2*C2, gde je C1=C. Time smo dobili približnu graničnu vrednost od 100Hz sa određenom greškom koja se može zanemariti.



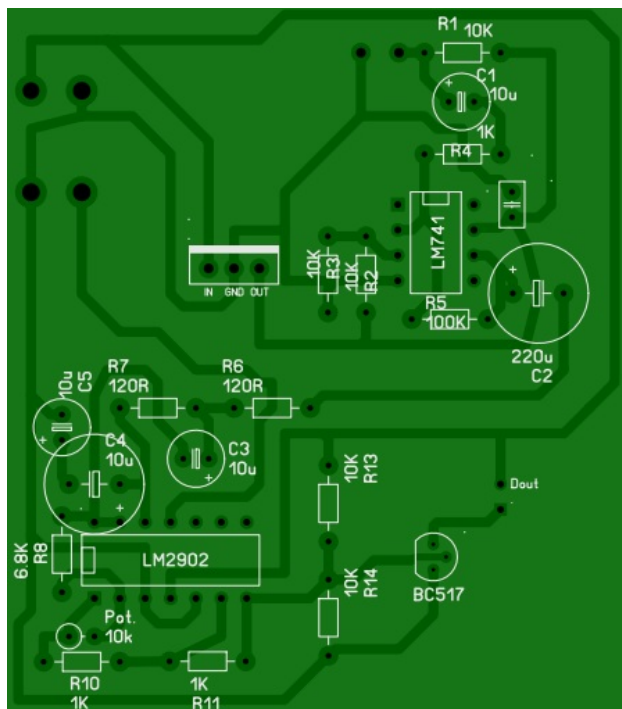
Slika 1. Električna šema.

Nakon filtra sledi pojačavač sa promenljivim pojačanjem. Razlog tome jeste kako bi jačina osvetljenja mogla da se kontroliše u zavisnosti od jačine zvuka. Na slici 1 otpornik R4 predstavlja potencijometar. Otpornik R3 je izabran tako da pojačavač bude što osetljiviji, čak da je odabran i upola manji otpornik od potencijometra ne bi bila greška. Ovakav signal se dalje pojačava sa Darlingtonovim spojem i to sa njegovom jednostavnom polarizacijom. Operacioni pojačavači filtra i promenljivi pojačavač su upakovani u posebno kućište, LM2902 [7]. Urađeno je iz

Milan Ivković, student treće godine smeru Elektronske komponente i mikrosistemi, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: milan.ivkovic@elfak.rs

razloga što se oba operaciona pojačavača napajaju iz istog napajanja, +/-12V.

III. PRAKTIČNA REALIZACIJA



Slika 2. PCB dizajn.

Data električna šema je rađena u Sprint-Layout[8], i na slici 2 je prikazan dizajn za PCB pločicu. U gornjem levom uglu se vide četiri kontakta koji su tu za dualno napajanje, a pored otpornika R1 su dva kontakta za mikrofona. Na slici 3 je prikazana praktična relacija uređaja.



Slika 3. Praktična realizacija.

IV. ZAKLJUČAK

Uređaj se dobro pokazao u praksi i lepo reaguje na niske frekvencije. Za osvetljenje je korišćena led traka od 5m i davalo je dovoljnu struju bez zagrevanja i bilo kakvih problema. Jedino na čemu je trebalo više pažnje da se posveti je polarizacija tranzistora. Jer u nekim trenucima se pokazala kao loša ideja ovako jednostavne polarizacije.

ZAHVALNOST

Zahvaljujem se katedri za mikroelektroniku koja je izašla u susret za korišćenje njihovih instrumenata tokom realizacije i testiranja uređaja.

LITERATURA

- [1] Butterworth-ov filter:
https://en.wikipedia.org/wiki/Butterworth_filter
- [2] Operacioni pojačavač:
https://sr.wikipedia.org/sr/Operacioni_poja%C4%8Dava%C4%8D
- [3] Darlingtonov spoj:
https://en.wikipedia.org/wiki/Darlington_transistor
- [4] Butterworth-ov low-pass filter:
<http://www.ece.uic.edu/~jmorisak/blpf.html>
- [5] LM741:
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm741.pdf>
- [6] Komponente za telekomunikacije:
<http://mikroelektronika.elfak.ni.ac.rs/komponente-za-telekomunikacije/komponente-za-telekomunikacije.pdf>
- [7] LM2902:
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm124-n.pdf>
- [8] Sprint-Layout:
<http://www.abacom-online.de/uk/html/sprint-layout.html>

Rekurentna formula za izračunavanje permanenta binarnih matrica iz klasa $Q(n,3)$ i $Q(n,4)$

Jovan Milojković

Sažetak - U ovom radu je data rekurentna formula za izračunavanje permanenta binarnih matrica iz klase $Q(n,k)$, za $k=3$ i $k=4$, kao i eksplicitna formula za izračunavanje permanenta matrica $Q(n,3)$.

I. UVOD

U ovom radu istražujemo osobine permanenta matrice, konkretno način njegovog izračunavanja. Rad se bavi novim načinom izračunavanja permanenta binarnih matrica iz klasa $Q(n,3)$ i $Q(n,4)$.

Najpre moramo definisati neke osnovne matrice i klase matrica koje ćemo koristiti dalje u radu.

Definicija 1. Permanent matrice A reda $m \times n$, gde je $m \leq n$ je broj koji je jednak:

$$\text{per}(A) = \sum a_{1,k_1} a_{2,k_2} \dots a_{m,k_m}, \quad (1)$$

pri čemu se sumiranje vrši po svim permutacijama $k_1, k_2, \dots, k_m$ brojeva od $1 \dots n$.

Definicija 2. Matrica $A = (a_{ij})$ naziva se binarnom ako i samo ako njeni elementi uzimaju vrednosti iz skupa $\{0,1\}$.

Definicija 3. Sa I_n označavaćemo kvadratnu matricu reda n čiji su elementi definisani na sledeći način:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}, \quad (2)$$

za $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, n$.

Definicija 4. Kvadratna binarna matrica se naziva permutacionom ako i samo ako u svakoj vrsti i svakoj koloni ima tačno jednu jedinicu.

Definicija 5. Kvadratna matrica $A = (a_{ij})$ reda n , je k -binarna ako i samo ako u svakoj vrsti i koloni ima tačno po k jedinica.

Definicija 6. Skup svih k -binarnih matrica, reda n , označavaćemo sa $Q(n,k)$.

Definicija 7. Sa P_n označimo matricu reda n koja ima jedinice na mestima $(1,2), (2,3), \dots, (n-1, n), (n,1)$, a na svim ostalim mestima 0.

Definicija 8. Matrica:

$$\sum_{i=0}^{n-1} c_i * P_n^i \quad (3)$$

gde je c_i nula ili jedan, a $P_n^0 = I_n$ naziva se $(0,1)$ cirkulator.

U ovom radu se bavimo jednim konkretnim $(0,1)$ cirkulatornim matricama.

Može se uočiti da i matrica I_n pripada cirkulatornim matricama.

Definicija 9. Binarna matrica $Q(n,k)$ jednaka je sumi permutacionih matrica

$$\sum_{i=0}^{k-1} P_n^i. \quad (4)$$

Može se uočiti da ova matrica pripada skupu cirkulatornih $(0,1)$ matrica. Takođe pripada i skupu matrica $P(n,k)$, jer u svakoj vrsti i koloni ima tačno po k jedinica. Kako govorimo o binarnim kvadratnim matricama, ovo sve važi za slučaj $k < n$.

Definicija 10. Sa skupom (klasom) $Q(n,k)$ označićemo skup svih matrica koje se dobijaju kada se matrica $Q(n,k)$ pomnoži bilo kojom permutacionom matricom.

Dodatne osobine i pravila koja važe za navedene matrice mogu se naći u literaturi [1], [2], [3].

II. GLAVNI REZULTATI

Kada je u pitanju permanent matrica iz skupa $Q(n,k)$, važe sledeća tvrdjenja.

Teorema 1. Za permanent bilo koje matrice iz skupa $Q(n,1)$ važi:

$$\text{per}(Q(n,1)) = 1. \quad (5)$$

Dokaz. Kako je matrica $Q(n,1)$ permutaciona, direktno sledi tvrdjenje teoreme.

Jovan Milojković je student Elektronskog fakulteta, Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: jovanmilojkovic94@gmail.com

Teorema 2. Za permanent bilo koje matrice iz skupa $Q(n, 2)$ važi

$$\text{per}(Q(n, 2)) = 2. \quad (6)$$

Dokaz. Koristeći razvoj permanenta po prvoj vrsti, dobijamo dve matrice. Jedna matrica je gornja trougaona, reda $n-1$, a pri tome na glavnoj dijagonali ima sve jedinice, a ispod glavne ima sve nule. Permanent takve matrice jednak je proizvodu dijagonalnih elemenata, dakle jednak je jedinici. Druga matrica u prvoj koloni ima jednu jedinicu na poslednjem mestu. Kako govorimo o kvadratnim matricama, smemo raditi i razvoj po koloni, a kada uradimo razvoj po toj koloni, dobijamo donju trougaonu matricu koja na glavnoj dijagonali ima samo jedinice reda $n-2$, pa je i njen permanent jednak 1. Dakle, permanent bilo koje matrice iz skupa $Q(n, 2)$ uvek je jednak 2.

Napomena 1. Tvrdjenja data ovde važe i ako bi se posmatrane matrice pomnožile bilo kojom permutacionom matricom.

Teorema 3. Ako je $k=n$, tada je

$$\text{per}(Q(n, k)) = \text{per}(J_n) = n!. \quad (7)$$

Dokaz. Kako matrica J_n ima za elemente sve jedinice, tada na osnovu razvoja po prvoj vrsti, dobijamo:

$$\text{per}(J_n) = \text{per}(J_{n-1}) + \text{per}(J_{n-1}) + \dots + \text{per}(J_{n-1}). \quad (8)$$

Odavde sledi da je: $\text{per}(J_n) = n * \text{per}(J_{n-1})$. Na sličan način, dalje je:

$$\text{per}(J_n) = n * \text{per}(J_{n-1}) = n * (n-1) * \text{per}(J_{n-2}). \quad (9)$$

Kako je $\text{per}(J_1) = 1$, sledi:

$$\text{per}(J_n) = n * \text{per}(J_{n-1}) = n * (n-1) * \dots * 1 = n!. \quad (10)$$

Što se je i trebalo dobiti.

U [1] je za $k=3$ data sledeća relacija:

$$\text{per}(Q(n, 3)) = \sum_{i=1}^2 \text{per}(Q(n-i, 3)) - 2, \quad (11)$$

takođe za $k=4$ dato je:

$$\text{per}(Q(n, 4)) = \sum_{i=1}^3 \text{per}(Q(n-i, 4)) - 4. \quad (12)$$

Ove dve relacije spajamo u jednu, na sledeći način:

Teorema 4. Za permanent matrice $Q(n, k)$, u slučajevima $k=3$ i $k=4$, pri čemu je $k+2 < n$ za $k=3$ i $k+3 < n$ za $k=4$, važi rekurentna relacija:

$$\text{per}(Q(n, k)) = 2 * \text{per}(Q(n-1, k)) - \text{per}(Q(n-k, k)). \quad (13)$$

Pre nego što krenemo sa dokazom definisaćemo operator Δ .

Definicija 11. Neka je $n \in \mathbb{N}$ i $a_n \in \mathbb{R}$, gde je a_n dat realan niz brojeva. Operator Δ definisan je sa:

$$\Delta(a_n) = a_n - a_{n-1}. \quad (14)$$

Sada kada je operator Δ definisan daću dokaz *Teoreme 4*.

Dokaz. Za slučaj $k=3$ kada bi operatorom Δ “prošli kroz” relaciju (11) dobili bi:

$$\begin{aligned} \text{per}(Q(n, 3)) - \text{per}(Q(n-1, 3)) &= \text{per}(Q(n-1, 3)) - \\ &\text{per}(Q(n-2, 3)) + \text{per}(Q(n-2, 3)) - \text{per}(Q(n-3, 3)) \\ &\quad + \Delta(2). \end{aligned} \quad (15)$$

Kako je $\Delta(2) = 0$, sledi:

$$\text{per}(Q(n, 3)) = 2 * \text{per}(Q(n-1, 3)) - \text{per}(Q(n-3, 3)). \quad (16)$$

što nam daje tvrdjenje teoreme za $k=3$.

Za $k=4$, ćemo uraditi isto, operatorom Δ ćemo proći kroz relaciju (12), čime se dobija:

$$\begin{aligned} \text{per}(Q(n, 4)) - \text{per}(Q(n-1, 4)) &= \text{per}(Q(n-1, 4)) - \\ &\text{per}(Q(n-2, 4)) + \text{per}(Q(n-2, 4)) - \text{per}(Q(n-3, 4)) \\ &\quad + \text{per}(Q(n-3, 4)) - \text{per}(Q(n-4, 4)) + \Delta(4). \end{aligned} \quad (17)$$

Kako je $\Delta(4) = 0$, sledi:

$$\text{per}(Q(n, 4)) = 2 * \text{per}(Q(n-1, 4)) - \text{per}(Q(n-4, 4)). \quad (18)$$

što je i trebalo dokazati.

Posledica 1. Za matricu $Q(n, 3)$ važi

$$\text{per}(Q(n, 3)) = 2 + (2^{-(n-1)}) \sum_{k=0}^{\lfloor n/2 \rfloor} \binom{n}{2k} 5^k. \quad (19)$$

Dokaz date posledice nije naveden zbog njegove obimnosti.

U sledećoj tabeli su date vrednosti permanenta matrice $Q(n, k)$ za $n=3 \dots 15$ i $k=3 \dots 7$ koje ilustruju tačnosti izvedenih relacija i formula.

TABELA I
REZULTATI ZA $N=3\dots 15$, $K=3\dots 7$

$n \downarrow, k \rightarrow$	3	4	5	6	7
3	6	/	/	/	/
4	9	24	/	/	/
5	13	44	120	/	/
6	20	80	265	720	/
7	31	144	579	1 854	5 040
8	49	264	1 265	4 738	14 833
9	78	484	2 783	12 072	43 387
10	125	888	6 208	30 818	126 565
11	201	1 632	13 909	79 118	369 321
12	324	3 000	31 337	204 448	1 081 313
13	523	5 516	70 985	528 950	3 182 225
14	845	10 144	161 545	1 370 674	9 411 840
15	1 366	18 656	369 024	3 557 408	27 888 139

III. ZAKLJUČAK

U ovom radu istražene su osobine permanenta matrice, i načini njegovog izračunavanja. Data je nova formula za računanje permanenta binarnih matrica iz skupa $Q(n, k)$, za $k=3$ i $k=4$, kao i eksplicitna formula za vrednost permanenta matrica $Q(n, 3)$.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se profesoru Branislavu Randjeloviću na svojoj ukazanoj pomoći, vremenu i razumevanju.

LITERATURA

- [1] Henryk Minc: Permanents, Press syndicate of the University of Cambridge, Cambridge University 1984.
- [2] I.Milovanović, E.Milovanović, R.Stanković, B.Randelović: *Elementi Diskretne Matematike*, Viša poslovna škola Blace, Blace 2008.
- [3] James Anderson: *Diskretna matematika sa kombinatorikom*, Računarski fakultet Beograd, Beograd 2005.

Primena specijalnih klasa matrica u zaštiti podataka

Milijana Bošković, Jovan Milojković

Sažetak - U ovom radu bavimo se specijalnim klasama matrica i njihovom primenom u kriptografiji. Posebna pažnja je posvećena procesima kodovanja i dekodovanja pomoću matrica cikličnog pomeraja i matrica r-tog pomeraja.

I. UVOD

Struktura određenih klasa specijalnih matrica i njihov učinak na vektor, pri množenju matrice i vektora, omogućavaju njihovo korišćenje u procesu zaštite podataka. Najpre treba definisati osnovne pojmove i matrice, koji će biti korišćeni u radu.

Definicija 1. Sa I_n označavaćemo kvadratnu matricu reda n koja za elemente glavne dijagonale ima jedinice, dok su ostali elementi jednaki nuli.

Definicija 2. Matricom cikličnog pomeraja reda k , nazivaćemo matricu koja se dobija od matrice I_n cikličnim pomeranjem njenih kolona za k mesta u desno ili levo stranu. Matricu cikličnog pomeraja u desno označavaćemo sa $I_n^{(k \rightarrow)}$, a u levo $I_n^{(\leftarrow k)}$.

Definicija 3. Neka su $A_{n \times m}$ i $B_{p \times q}$ dve date matrice. Pod Kronekerovim (tenzorskim) proizvodom ove dve matrice, u oznaci $A \otimes B$, podrazumeva se kvadratna matrica reda $(n * p) \times (m * q)$, čiji su elementi blok matrice $a_{ij}B$ za $i = 1, 2 \dots n$ i $j = 1, 2 \dots m$, tj. $C = A \otimes B = (a_{ij}B)$.

Definicija 4. Neka su r, k i m prirodni brojevi takvi da je $r \geq 2$ i $0 \leq k \leq r^m$. Tada prirodan broj k možemo napisati u obliku:

$$k = k_{m-1} * r^{m-1} + k_{m-2} * r^{m-2} + \dots + k_0 * r^0. \quad (1)$$

Definicija 5. Permutaciona matrica r-tog pomeraja za k pozicija u desno definisana je sa

$$S_{r,m}^{(k \rightarrow)r} = S_{r,m}^{((\sum_{i=0}^{m-1} k_i * r^i) \rightarrow)} = I_r^{(k_{m-1} \rightarrow)} \otimes I_r^{(k_{m-2} \rightarrow)} \otimes \dots \otimes I_r^{(k_0 \rightarrow)}. \quad (2)$$

Teorema 1. Neka je n prirodan broj. Mi broj n možemo zapisati kao $n = \prod_{i=0}^m r_i$, pri čemu $r_i \in \mathbb{N}$, $r_0 = 1$, $r_i \leq r_j$, $i \leq j$. Tada, svaki prirodan broj k , $k \leq n$, možemo na

Milijana Bošković i Jovan Milojković su studenti osnovnih akademskih studija Elektronskog fakulteta, Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: jovanmilojkovic94@gmail.com, alejna94@gmail.com

jedinstven način napisati kao:

$$k = \sum_{i=0}^{m-1} k_i (r_0 r_1 \dots r_i), \quad (3)$$

$$k_i \in \mathbb{N}, k_i < r_{i+1}, \text{ za } \forall i = 1, \dots, m-1.$$

Osnovne osobine ovih matrica, kao i osobine matrica $(r_0, r_1 \dots r_m)$ – tog pomeraja za k pozicija u desno opisane su detaljno u [1].

Definicija 6. Permutaciona matrica $(r_0, r_1 \dots r_m)$ – tog pomeraja za k pozicija u desno, u oznaci $S_{r_0 r_1 \dots r_m}^{(k \rightarrow)}$ definiše se sa:

$$S_{r_0 r_1 \dots r_m}^{(k \rightarrow)} = S_{r_0 r_1 \dots r_m}^{(\sum_{i=0}^{m-1} k_i (r_0 \dots r_i))} = I_{r_m}^{(k_{m-1} \rightarrow)} \otimes I_{r_{m-1}}^{(k_{m-2} \rightarrow)} \otimes \dots \otimes I_{r_1}^{(k_0 \rightarrow)}. \quad (4)$$

II. KODOVANJE PODATAKA POMOĆU SPECIJALNIH MATRICA

Mi smo u ovom radu prikazali kako se podaci mogu kodovati pomoću dve klase specijalnih matrica. Prvo ćemo obraditi ideju za kodiranje podataka pomoću matrica cikličnog pomeraja, pa onda pomoću matrica r-tog pomeraja, i na kraju ćemo pokazati kako se podaci mogu kodovati pomoću matrica $(r_0, r_1 \dots r_m)$ – tog pomeraja i hibridnog metoda.

A. Kodovanje pomoću matrica cikličnog pomeraja

Matrice cikličnog pomeraja se mogu koristiti za kodovanje podataka, a veoma je lako, u tom slučaju, i dekodovati dati podatak, naravno ukoliko se zna ključ, koji je u ovom slučaju dimenzija matrice i broj k .

Neka je dat vektor $\vec{x}_n = [x_1 x_2 \dots x_n]^T$, tada je:

$$\vec{x}_n^{(\leftarrow k)} = I_n^{(k \rightarrow)} * \vec{x}_n \quad (5)$$

$$(\vec{x}_n^{(k \rightarrow)})^T = \vec{x}_n^T * I_n^{(k \rightarrow)} \quad (6)$$

Odavde vidimo da kada se početni vektor pomnoži matricom cikličnog pomeraja, menja se redosled elemenata tog vektora. Drugim rečima, ako bi smo neki podatak predstavili pomoću vektora, mogli bi smo mu lako promeniti vrednost, i tako ga "sakriti". Na kraju, bez znanja o tome šta je urađeno tom podatku, ne može se znati ni njegova prvobitna vrednost sve dok se on ponovo ne konvertuje. Konverzija podatka je lak posao, vrši se

pomoću matrice cikličnog pomeraja, samo ovaj put transponovane. Odakle direktno sledi:

$$(I_n^{(k \rightarrow)})^T * I_n^{(k \rightarrow)} = I_n^{(k \rightarrow)} * (I_n^{(k \rightarrow)})^T = I_n \quad (7)$$

$$\vec{x}_n = (I_n^{(k \rightarrow)})^T * \vec{x}_n^{(\leftarrow k)} \quad (8)$$

$$(\vec{x}_n)^T = (\vec{x}_n^{(k \rightarrow)})^T * (I_n^{(k \rightarrow)})^T. \quad (9)$$

Analogno ovome će biti i za matrice cikličnog pomeraja u levo.

Još jedna zanimljiva stvar je ono što se dešava kada matricu $A_{n \times m}$ množimo matricom cikličnog pomeraja. Ako matricu $A_{n \times m}$ množimo matricom $I_n^{(k \rightarrow)}$ sa leve strane, elementi u kolonama matrice $A_{n \times m}$ će se ponašati kao vektor $\vec{x}_n$ u formuli (5). Sa druge strane, ako matricu $A_{n \times m}$ množimo matricom $I_m^{(k \rightarrow)}$ sa desne strane elementi u vrstama matrice $A_{n \times m}$ će se ponašati kao vektor $\vec{x}_n$ u formuli (6).

Vraćanje kodirane matrice se vrši analogno vraćanju vektora $\vec{x}_n$. Što se matrice tiče, kada bi se matrica ciklično pomerala i po vrstama i po kolonama, nebitan bi bio redosled vraćanja date matrice, tj. da li ćemo prvo vratiti sve vrste matrice na mesto pa tek onda kolone, ili obrnuto.

B. Kodovanje pomoću matrica r-tog pomeraja

Može se uočiti da kada bi se neki vektor pomnožio matricom $S_{r,m}^{(k \rightarrow)r}$, on bi se "podelio" u r blokova koji bi bili pomereni za k_{m-1} mesta udesno. Dalje bi se svaki od tih blokova opet "podelio" na po još r blokova, koji bi bili pomereni za k_{m-2} mesta udesno itd. , a u poslednjoj (m-1)-voj "podeli" svaki blok bi sadržao r elemenata koji bi bili ciklično pomereni za k_0 mesta udesno. Ovo će biti viđeno u primeru. Naravno, ovo sve ima smisla samo za slučaj $k_i < r$.

Primer 1. Matrica $S_{3^2}^{(7 \rightarrow)3}$

$$S_{3^2}^{(7 \rightarrow)3} = S_{3^2}^{((2*3^1 + 1*3^0) \rightarrow)3} = I_3^{(2 \rightarrow)} \otimes I_3^{(1 \rightarrow)} =$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \otimes & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

i dobijamo matricu 9 x 9:

$$S_{3^2}^{(7 \rightarrow)3} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Primer 2. Prikazaćemo dejstvo matrice $S_{5^3}^{(82 \rightarrow)5}$ na vektor $\vec{x}_{5^3} = [x_1, x_2 \dots x_{5^3}]^T$.

Prvo ćemo broj 82 prevesti u broj osnove 5.

82:5=16 i ostatak 2;

16:5=3 i ostatak 1;

3:5=0 i ostatak 3.

Time dobijamo:

$$(82)_{10} = (312)_5 \Rightarrow 82 = 3 * 5^2 + 1 * 5^1 + 2 * 5^0.$$

Odavde sledi da je data matrica jednaka:

$$S_{5^3}^{(82 \rightarrow)5} = S_{5^3}^{(3*5^2 + 1*5^1 + 2*5^0 \rightarrow)5} \\ = I_5^{(3 \rightarrow)} \otimes I_5^{(1 \rightarrow)} \otimes I_5^{(2 \rightarrow)}.$$

Kada bi smo vektor $\vec{x}_{5^3} = [x_1, x_2 \dots x_{5^3}]^T$ pomnožili s desna ovom matricom dobili bi kodovani vektor $\vec{x}'_{5^3} = [x_{74}, x_{75} \dots x_{43}]^T$.

Ako bi vektor $\vec{x}_{5^3}$ imao elemente za koje važi da je $x_i = i$ za $i = 1 \dots 125$, tada bi kodovani vektor imao ovakav niz elemenata:

74, 75, 71, 72, 73, 54, 55, 51, 52, 53, 59, 60, 56, 57, 58, 64, 65, 61, 62, 63, 69, 70, 66, 67, 68, 99, 100, 96, 97, 98, 79, 80, 76, 77, 78, 84, 85, 81, 82, 83, 89, 90, 86, 87, 88, 94, 95, 91, 92, 93, 124, 125, 121, 122, 123, 104, 105, 101, 102, 103, 109, 110, 106, 107, 108, 114, 115, 111, 112, 113, 119, 120, 116, 117, 118, 24, 25, 21, 22, 23, 4, 5, 1, 2, 3, 9, 10, 6, 7, 8, 14, 15, 11, 12, 13, 19, 20, 16, 17, 18, 49, 50, 46, 47, 48, 29, 30, 26, 27, 28, 34, 35, 31, 32, 33, 39, 40, 36, 37, 38, 44, 45, 41, 42, 43.

Postupak dekodovanja bio bi jednostavan, prosto bi trebali dobijeni vektor pomnožiti s desna matricom $(I_5^{(3 \rightarrow)} \otimes I_5^{(1 \rightarrow)} \otimes I_5^{(2 \rightarrow)})^T$ tj. matricom $(I_5^{(\leftarrow 3)} \otimes I_5^{(\leftarrow 1)} \otimes I_5^{(\leftarrow 2)})$ i vratili bi se na pravi podatak, tj. vektor $\vec{x}_{5^3} = [x_1, x_2 \dots x_{5^3}]^T$.

C. Kodovanje pomoću matrica $(r_0, r_1 \dots r_m)$ – tog pomeraja

Što se tiče permutacionih matrica $(r_0, r_1 \dots r_m)$ – tog pomeraja, može se uočiti da je red matrice $S_{r_0 r_1 \dots r_m}^{(k \rightarrow)}$ određen brojem $n = \prod_{i=0}^m r_i$, i da je dobijena matrica kvadratna. Može se uočiti da kada bi se neki vektor pomnožio matricom $S_{r_0 r_1 \dots r_m}^{(k \rightarrow)}$, on bi se "podelio" u r_m blokova, koji bi bili pomereni za k_{m-1} mesta udesno. Dalje bi se svaki od tih blokova "podelio" na r_{m-1} blokova, koji bi bili pomereni za k_{m-2} mesta udesno itd. , a u poslednjoj (m-1)-voj "podeli" svaki blok bi sadržao r_1 elemenata, koji bi bili ciklično pomereni za k_0 mesta udesno.

Primer 3. Neka je $n=10=1*2*5$. Tada je $S_{1*2*5}^{(9\rightarrow)}$.

$$S_{1*2*5}^{(9\rightarrow)} = S_{1*2*5}^{(4*(2*1)+1*1)} = I_5^{(4\rightarrow)} \otimes I_2^{(1\rightarrow)}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} =$$

$$S_{1*2*5}^{(9\rightarrow)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Primer 4. Neka je $n=24=1*2*3*4$. Naći ćemo matricu $S_{1*2*3*4}^{(17\rightarrow)}$ i pokazati njeno dejstvo na kodovanje vektora $\vec{x}_{24} = [x_1, x_2 \dots x_{24}]^T$.

$$k = k_0 * 1 + k_1 * 1 * 2 + k_2 * 1 * 2 * 3$$

17:6=2 i ostatak 5;

5:2=2 i ostatak 1;

1:1=1.

$$k = 2 * 6 + 2 * 2 + 1 * 1$$

$$S_{1*2*3*4}^{(17\rightarrow)} = S_{1*2*3*4}^{((2*6+2*2+1*1)\rightarrow)} \\ = I_4^{(2\rightarrow)} \otimes I_3^{(2\rightarrow)} \otimes I_2^{(1\rightarrow)}$$

Kada bi smo vektor $\vec{x}_{24} = [x_1, x_2 \dots x_{24}]^T$ pomnožili s desna ovom matricom dobili bi kodovani vektor

$$\vec{x}'_{24} = [x_{16}, x_{15} \dots x_7]^T.$$

Ako bi vektor $\vec{x}_{24}$ imao elemente za koje važi da je $x_i = i$ za $i = 1 \dots 24$, tada bi kodovani vektor imao ovakav niz elemenata:

16, 15, 18, 17, 14, 13, 22, 21, 24, 23, 20, 19, 4, 3, 6, 5, 2, 1, 10, 9, 12, 11, 8, 7.

Postupak dekodovanja bio bi jednostavan, prosto bi trebali dobijeni vektor pomnožiti s desna matricom $(I_4^{(2\rightarrow)} \otimes I_3^{(2\rightarrow)} \otimes I_2^{(1\rightarrow)})^T$ tj. matricom $(I_4^{(\leftarrow 2)} \otimes I_3^{(\leftarrow 2)} \otimes I_2^{(\leftarrow 1)})$ i vratili bi se na prvobitni podatak, tj. vektor $\vec{x}_{24} = [x_1, x_2 \dots x_{24}]^T$ i time bi izvršili dekodovanje.

D. Kobinovani (hibridni) metod

Kodovanje se može dodatno poboljšati kombinovanjem prethodno opisanih postupaka, tj. korišćenjem različitih vrsta matrica pri jednom procesu kodovanja. Npr. mogli bi smo vektor pomnožiti permutacionom matricom $(r_0, r_1 \dots r_m)$ – tog pomena, a

nakon toga običnom permutacionom matricom k-tog pomena.

Ukoliko uzmemo kodovani vektor $\vec{x}_{24} = [x_1, x_2 \dots x_{24}]^T$, tj. vektor $\vec{x}'_{24} = [x_{16}, x_{15} \dots x_7]^T$ i pomnožimo ga permutacionom matricom $I_{24}^{(1\rightarrow)}$ dobijamo vektor $\vec{x}''_{24} = [x_7, x_{16} \dots, x_{11}, x_8]^T$. tj. vektor sa sledećim nizom elemenata:

7, 16, 15, 18, 17, 14, 13, 22, 21, 24, 23, 20, 19, 4, 3, 6, 5, 2, 1, 10, 9, 12, 11, 8.

Tada bi smo pri dekodovanju tog podatka morali prvo da kodovani vektor množimo transponovanom permutacionom matricom k-tog pomena, a nakon toga permutacionom matricom $(r_0, r_1 \dots r_m)$ – tog pomena tj. u našem slučaju prvo matricom $I_{24}^{(\leftarrow 1)}$, a nakon toga matricom $(I_4^{(\leftarrow 2)} \otimes I_3^{(\leftarrow 2)} \otimes I_2^{(\leftarrow 1)})$.

Primer 5. Sada ćemo prikazati i kako se tekst koduje najpre matricom $S_{1*2*3*5}^{(23\rightarrow)}$, pa onda matricom $I_{30}^{(5\rightarrow)}$:

Originalni tekst: *Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque neque quam, accumsan et tempus id, posuere at orci. Aenean leo ante, porta vitae posuere eu, fringilla sed lectus. Ut eleifend orci ante, sed euismod magna luctus a. In malesuada felis vitae mi posuere, et dictum nunc eleifend. Nulla bibendum facilisis.*

Kodovani tekst: *s mpiol rod tmais ,octeer moLurdautsiicpie ilgnP le.tcetsn eenuq euquq ,camasmnauctnseel ui pmp so,dera euroic t tete s oenatn,ea roatp tieav eAen .l ,uerirgnf als lil cedesoep eeie tdno ef inacr ,eset.sU utldamom aulngsua tcnIm .uesi d leadv tisim ieausreopseaulafcmuidnu cn ieeffe .uNdne t,etnmuebcalf si .si aiblld*

Blanko karakteri su namerno umetnuti zbog toga da veličina fajla bude deljiva dužinom vektora.

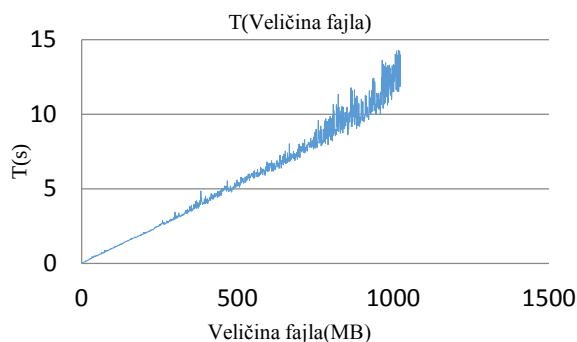
III. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Mi smo kreirali i programski paket za kodovanje podataka, metodima opisanim u prethodnim odeljcima, kako bi merili performanse predloženih algoritama i postupaka. Najveću složenost ima postupak pravljenja matrice $S_{r_0 r_1 \dots r_m}^{(k\rightarrow)}$. Uprkos tome, za fajlove do 1GB oba postupka kodovanja ponašaju se slično.

Na prikazanim grafovima će se videti pikovi u određenim delovima. To je zbog toga što smo performanse algoritma merili na personalnom računaru, pa se pokrenuo još neki proces prilikom merenja i nama poremetio merenje.

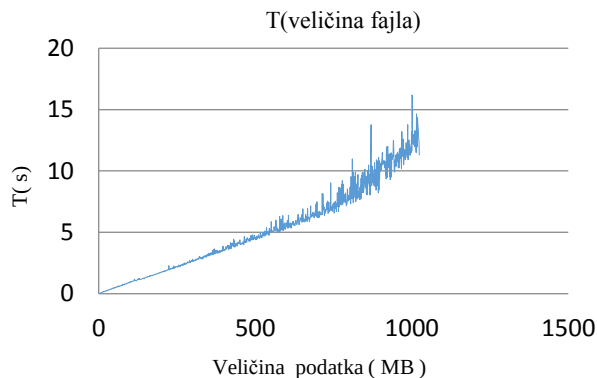
U prvom slučaju kodovali smo podatke matricom $I_n^{(k\rightarrow)}$ za $n=574$ i $k=233$. Vreme je izraženo u sekundama, a veličina fajla je u MB. Kodovali smo fajlove od 1MB, 2MB, ... 1024MB. Kodovali smo bajtove

podataka (jedan element vektora je jedan bajt). Fajl veličine 1GB bio je kodovan za vreme od 12.04 sec.



Slika 1. Zavisnost vremena od veličine podatka pri kodiranju podatka matricom $I_n^{(k \rightarrow)}$.

U drugom slučaju kodovali smo podatke matricom $S_{r_0 r_1 \dots r_m}^{(k \rightarrow)}$ sa parametrima $r_1 = 3$, $r_2 = 5$, $r_3 = 7$, $r_4 = 13$, $r_5 = 17$, i $k = 21221$. Matrica je reda 23205. Kodovali smo fajlove od 1MB, 2MB, ... 1024MB. Kodovali smo bajtove podataka (jedan element vektora je jedan bajt). Fajl od jednog GB bio je kodiran za vreme od 11.295 sec.



Slika 2. Zavisnost vremena od veličine podatka pri kodiranju podatka matricom $S_{r_0 r_1 \dots r_m}^{(k \rightarrow)}$.

IV. ZAKLJUČAK

Kodiranje podataka ima veliku primenu u računarstvu. Npr. kada višekorisnički server zahteva logovanje, korisničke šifre treba čuvati u kodiranom obliku radi onemogućavanja ulaska na server bez autorizacije.

Ključ u ovom kodovanju predstavlja matrica, tj. na kom je mestu jedinica u datoj matrici. Ključ za matrice iz skupa matrica cikličnog pomeraja predstavljaju brojevi n i k , gde je n veličina matrice, a k je broj pomeraja kolona matrice I_n . Ključ kod matrica $(r_0 \dots r_m)$ pomeraja je složeniji, to bi bili brojevi $r_0 \dots r_m$ i broj k (broj koji se razlaže). Kada bi se istovremeno koristile obe matrice, ključ bi automatski bio ključ prve plus ključ druge.

Kodovanje se može vršiti na više načina, tj. element vektora može biti bit, bajt, dvabajta...

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se profesoru Branislavu Randjeloviću na svoj ukazanoj pomoći, vremenu i razumevanju.

LITERATURA

- [1] I.Milovanović, E.Milovanović, R.Stanković, B.Randelović: *Elementi Diskretne Matematike*, Viša poslovna škola Blace, Blace 2008.
- [2] I.Milovanović, E.Milovanović : *Diskretna Matematika*, Elektronski fakultet u Nišu, Niš, 2000.
- [3] <http://mathworld.wolfram.com/PermutationMatrix.html>

Projektovanje i realizacija detektora optičke snage sa automatskom promenom opsega

Miloš Dimitrijević, Jovana Stojković

Sadržaj-U ovom radu prikazani su: projektovanje, realizacija i osnovne karakteristike jednog merača optičke snage. Detektor je realizovan u konfiguraciji sa velikom impedansom, tako da je propusni opseg kola relativno mali, ali su njegove karakteristike u pogledu osetljivosti i termičkog šuma relativno dobre. Detektor ima mogućnost automatske promene opsega merenja tako da se može koristiti za širok opseg optičkih snaga. Izmerena snaga se uz pomoć mikrokontrolera prikazuje na sedmosegmentnom displeju.

I. UVOD

Rezultat merenja optičke snage, isto kao i u klasičnim elektronskim merenjima, izražava se u jedinicama snage, vatima (W), ili u delovima vata (mW, μ W) i manjim jedinicama, ali se najčešće koriste logaritamski izrazi odnosa snaga. Izražavanje u decibelima (dB) je pogodnije, jer daje određenu kompresiju odnosa, tako da se u tabelama ili dijagramima može prikazati veliki raspon odnosa. Kako se u optoelektronici koriste relativno veliki odnosi snaga: mW, μ W, nW najčešće se i koristi ovakav način registrovanja mernih rezultata. Optičke merne jedinice izražene u decibelima su definisane na sledeći način. Merenje snage optičkog zračenja izražava se u vatima (W). Međutim, snaga izražena u decibelima (dB) je:

$$P_s[dBm] = 10 \log[P_s/P_R] \quad (1)$$

gde je snaga signala koja treba da bude izmerena P_s , a referentna snaga P_R . Ako je referentna snaga 1 mW, onda je:

$$P_s[dBm] = 10 \log \left[\frac{P_s}{1mW} \right] \quad (2)$$

Za 1 μ W biće:

$$P_s[dB\mu] = 10 \log \left[\frac{P_s}{1\mu W} \right] \quad (3)$$

Ako su snage promenljive veličine, snaga na ulazu (P_i) i snaga na izlazu iz sistema (P_o), izraz dat u decibelima predstavljaće logaritam odnosa te dve veličine. Tada će gubitak svetlosne snage na kraju optičke veze biti:

$$\begin{aligned} A(dB) &= P_o[dBm] - P_i[dBm]; \\ A(dB) &= P_o[dB\mu] - P_i[dB\mu] \end{aligned} \quad (4)$$

Snaga na ulazu kao i snaga na izlazu iz sistema mogu biti u dBm ili u dB μ jedinicama, koje nisu vezane za neki

referentni nivo. Gubici se mogu izraziti i na sledeći način:

$$A_s = 10 \log \left[\frac{P_o}{P_i} \right] \quad (5)$$

A. Vrste detektora koji se koriste u merenjima

Za optičke detektore postoje dve osnovne kvalifikacije: kvantni i termički. Kvantni detektori rade na principu direktnog pretvaranja dolaznih fotona u električnu struju. Tu spadaju poluprovodničke fotodiode i vakumski fotomultiplikatori.

Termički detektori pretvaraju dolazno svetlosno zračenje u toplotnu energiju, tako da dolazi do porasta temperature kod raznih fizičkih mehanizama. Termospregovi i piroelektrični detektori takođe predstavljaju termičke detektore. Kod optičkih mernih instrumenata dominiraju kvantni detektori zbog svog velikog dinamičkog mernog opsega i brzog reagovanja.

Silicijumske fotodiode se najčešće koriste za talasni opseg rada od 400 nm do 1000 nm. Silicijumska fotodioda površine jednog kvadratnog cm ima tipični dinamički opseg od 1pW do 1mW. Današnji silicijumski fotodetektori postižu skoro prirodne dinamičke granice koje dopušta struktura njihovog osnovnog opsega.

Germanijumske fotodiode su se ranije široko koristile za merenje optičke snage u talasnom opsegu od 1000 nm do 1800 nm. Kasnije, kada su poizvedene fotodiode tipa In Ga As, iako su znatno skuplje od germanijumskih i imaju vrlo malu aktivnu površinu, od oko 5 nm u prečniku, potisnule su ih iz široke upotrebe.

B. Granica gustine snage kod detektora

Odnos između ukupne snage na izlazu iz optičkog vlakna i gustine snage na površini detektora je:

$$P_d = P_o(\pi d^2 N_A^2)^{-1} \quad (6)$$

gde su:

- P_d – gustina snage na detektoru (mW/mn)
- P_o – svetlosna snaga na izlazu iz vlakna
- d – rastojanje od kraja vlakna do detektora (nm)
- N_A – numerička apertura vlakna

II. MERAČ OPTIČKE SNAGE

Optički merač snage je uređaj koji se koristi za merenje snage u optičkom vlaknu. Termin se obično odnosi

Miloš Dimitrijević i Jovana Stojković su studenti treće godine osnovnih akademskih studija na Elektronskom fakultetu Univerziteta u Nišu, A. Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, e-mail: mrmilosdimitrijevic92@gmail.com, jovana25.09@hotmail.com

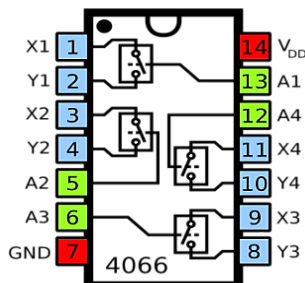
na uređaj za testiranje prosečne snage u optičkim sistemima. Tipični optički merač snage se sastoji od senzora, pojačavača i displeja. Senzor se sastoji od PIN fotodiode koja je izabrana za odgovarajuću talasnu dužinu i odgovarajući nivo snage.

Princip rada instrumenta se zasniva na kontinuiranoj konverziji optičkog signala u električni pomoću fotodiode. Nakon toga električna struja se dovodi na pojačavač, a zatim se analogni signal pretvara u digitalni i prikazuju se dobijeni rezultati. Koriste se različite vrste konektora za jednomodno i multimodno vlakno.

Optički merači snage detektuju svetlost u širokom opsegu od 780 nm do 1700 nm, te im je potreban samo jedan port za priključak test vlakna. Dinamički opseg je najčešće izražen u dBm. Displej koji služi za očitavanje rezultata je najčešće rezolucije 0,01 dB, a rezultati se prikazuju pomoću tri cifre najčešće u dB ili dBm.

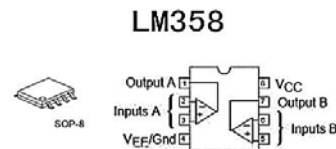
III. KARAKTERISTIKE IZABRANIH KOMPONENTI

Za izradu našeg prototipa koristili smo IC74HC4066 integrisano kolo koje se sastoji od četiri bilateralna analogna prekidača (sl. 1) koje delimično zadovoljavaju naše zahteve. Bilateralni prekidač čine mosfetovi N i P, vezani u paraleli. Polarizacija substrata postavlja se tako da ovi mosfetovi budu međusobno izolovani. Oba mosfeta indukuju odgovarajući kanali, čime je uspostavljena veza između ulaza i izlaza kola. Zahvaljujući MOS strukturi kolo je provodno u oba smera te se zato naziva i bilateralni prekidač. U slučaju kada je kontrolni napon negativan, oba mosfeta su zakočena tako da prekidač ispoljava otpornost preko $10^9 \Omega$ između ulaza i izlaza. Vodeći računa o razlici potencijala između gejta i sorsa mosfetova, nije teško zaključiti da otpornost bilateralnog prekidača u provodnom stanju zavisi i od veličine ulaznog napona. Naime, kada je ulazni napon $V_u = V_{ss}$, mosfet N se nalazi u provodnom stanju, dok je mosfet P zakočen, jer je razlika potencijala između njegovog gejta i sorsa manja od praga provođenja. Povećavajući ulazni napon smanjuje se provodnost mosfeta N zbog porasta napona na ulazu kola, a započinje vođenje mosfeta P, tako da će pri $V_u = V_{dd}$ mosfet N biti zakočen, a mosfet P će provoditi. Prema tome, ekvivalentna otpornost prekidača je jednaka paralelnoj sprezi otpornosti kanala N i P mosfetova. Kod našeg merača koristimo dva od četiri.



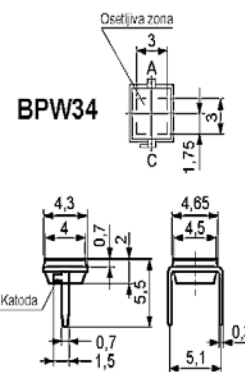
Sl. 1. Raspored pinova integrisanog kola 74HC4066.

Drugo integrisano kolo koje smo koristili je ICLM358N koje sadrži dva operaciona pojačavača za signale male snage (sl. 2). Karakteristika ovog integrisanog kola jeste da sadrži samo jedan pin za napajanje. Pojačanje je oko 100 dB i ta karakteristika zavisi od proizvođača. Operacioni pojačavač je diferencijalni elektronski pojačavač koji ima za cilj da pojača razliku između dva ulazna signala. Jedan ulaz ima pozitivan efekat dok drugi ima negativan efekat na izlazni signal, te je u skladu sa tim jedan neinvertujući (+) a drugi invertujući (-). Operacioni pojačavač pored dva ulazna i jednog izlaznog priključka posjeduje i dva terminala za napajanje od kojih je jedan pozitivan (+Vcc) a drugi negativan (-Vcc).



Sl. 2. Raspored pinova integrisanog kola LM358.

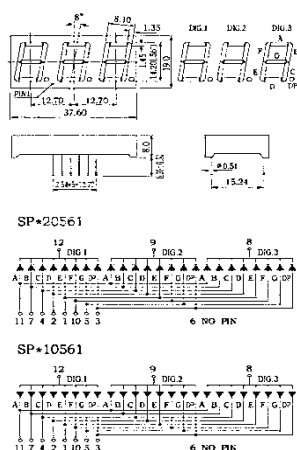
Koristili smo, takođe, PIN fotodiodu BPW34 (sl. 3) čije smo karakteristike naveli u uvodnom delu. To je, u suštini, najbitnija komponenta u ovoj projektu.



Sl. 3. Fizičke dimenzije fotodiode BPW34 koja je korišćena kao detektor svetlosti u realizaciji projekta.

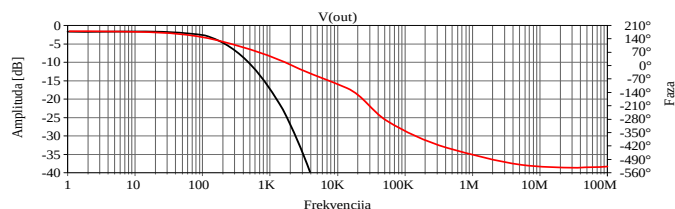
Za prikaz izmerene fotosnage smo koristili sedmosegmentni displej SP420561K čiji raspored nožica dat na slici 4. Za kontrolu displeja smo koristili mikrokontroler koji će detektovati zasićenje ili suviše nizak nivo signala, i biti u mogućnosti da promeni opseg merenja uključivanjem otpornika druge vrednosti u kolo.

Pored toga, standardne komponente koje smo koristili su: otpornici od 1k Ω , 10k Ω , 100k Ω , kondenzatori od 680nF, 220nF i 33nF. Detaljna šema koju smo koristili za simulaciju je prikazana na slici 5. Šema prikazuje prijemnik sa visokom impedansom, kod koga se vrednost impedanse na ulazu može menjati po potrebi. Nakon ovog ulaznog kola, sledi filter koji služi za ograničenje propusnog opsega. Rezultati simulacije prenosne funkcije i nivoa šuma su prikazani na sl. 6 i 7, za impedansu 100 k Ω .



Sl. 4. Šema pinova sedmosegmentnog displeja koji se koristi za prikazivanje izmerene optičke snage.

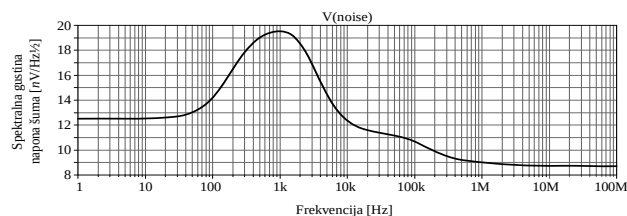
IV. REALIZACIJA I TESTIRANJE PROTOTIPA



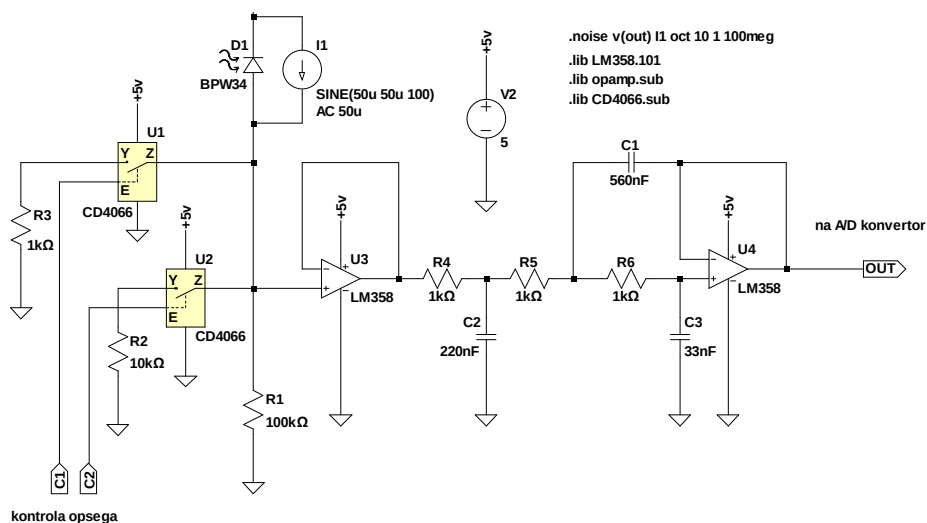
Sl. 6. Simulirana frekventijska karakteristika projektovanog kola.

toga, traženje i prilagođavanje odgovarajuće šeme na osnovu koje smo relizovali dati projekat.

- Druga faza projektovanja je proračun odeređenih veličina komponenti. Proračuni i određena prilagođenja komponenti i šeme su rađeni tako da maksimalno ispunjavaju zadate uslove.
- Treća faza projektovanja je bila simulacija kola u SPICE-u i podešavanje istog. Pored kola za merenje optičke snage smo dodali i filter propusnik opsega koji smo isprojektovali tako da daje uski propusni opseg od 1kHz unutar kog propušta samo odgovarajuće komponente signala dok potiskuje veći deo šuma i intermodulacione produkte. Previše veliki propusni opseg filtra nije od koristi jer bi pored korisnog signala propustio veliki deo šuma pa bi odnos signal/šum na izlazu bio mali.
- Četvrta faza projektovanja je odabir i kupovina kompeneti. Glavni uslov odabira je bila **cena**



Sl. 7. Simulirana karakteristika šuma za projektovani detektor.



Sl.5. Simulaciona šema analognog dela uređaja u LT Spice-u.

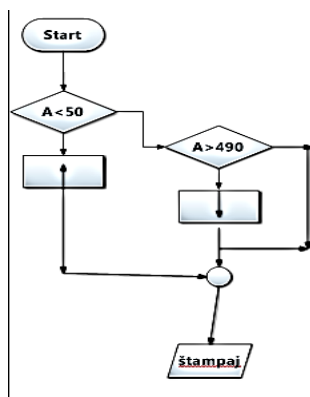
Za realizaciju našeg projekta iskoristili smo raster – ploču dimenzija 50x100mm. Važno je da spomenemo da su karakteristike i ponašanje pojedinih koponenti ispitane pre samog procesa lemljenja.

- Prvi faza projektovanja bila je pikupljanje svih potrebnih informacija i literature. Pre svega o PIN fotodiodi (njenom propusnom opsegu, šumu...) Nakon

komponenti. Pored cene, i same karakteristike istih.

- Peta faza realizacije je lemljenje komponenti na raster ploči.
- Šesta faza izrade projekta je testiranje prototipa pomoću USB osciloskopa DSO-2090.

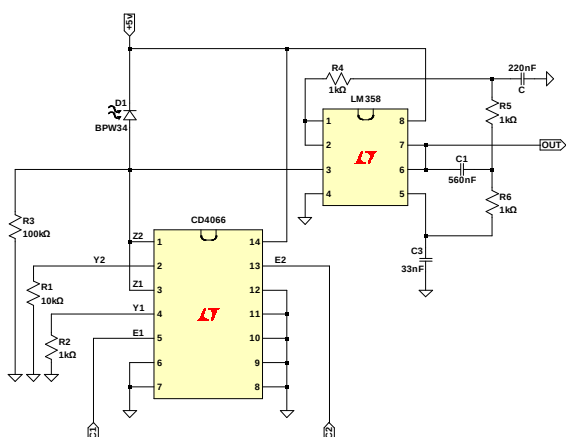
- Nakon izvršenih proba i dobijenih željenih rezultata smo izvršili programiranje mikrokontrolera. Programiranje mikrokontrolera kontroliše raspored pinova i pravilno funkcionisanje integrisanog kola sa bilateralnim prekidačima kao i pravilni prikaz cifara na sedmosegmentnom displeju sa tri cifre.



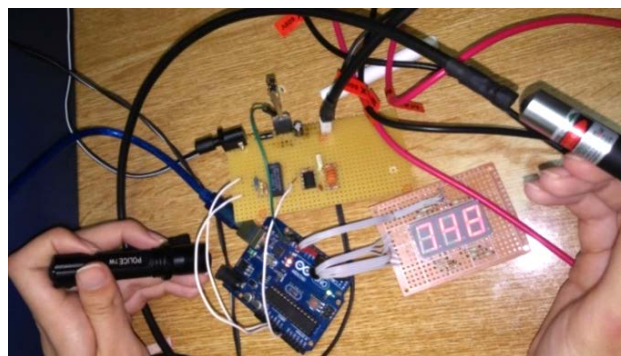
Sl. 8. Prikaz jednostavnog algoritma za adaptaciju opsega merenja. Ukoliko je izmereni signal premali, vrši se prebacivanje na veću osetljivost i obratno.

Softver mikrokontrolera smo projektovali tako tako da kada merimo optičku snagu ukoliko je svetlost koja pada na PIN fotodiodu previše slaba, naš bilateralni prekidač vrši prebacivanje na otpornik veće otpornosti (do najviše 100kΩ), a ako je svetlost previše jaka dozvoljava se upotreba otpornika male otpornosti (do najmanje 1kΩ). Ukoliko je detektovani napon u granicama od 250 mV do 2450 mV koristi se otpornik od 10kΩ.

Naš merač je u stanju da izmeri svetlost koja nije vidljiva čak ni golim okom iako se cena realizacije, za razliku od kupljenog merača, meri u procentima od cene koštanja komercijalnog detektora optičke snage.



Sl. 9. Detaljna šema povezivanja u realizovanom prototipu.



Sl. 10. Fotografija realizovanog prototipa prilikom testiranja.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je jedna od mnogih mogućih realizacija merača optičke snage koji se u suštini sastoji od dva integrisana kola, jedno sa bilateralnim prekidačima, a drugo sa operacionim pojačavačima. Zatim od jedne PIN diode, par kondenzatora, otpornika i još par dodatnih komponenti koje smo opisali u prethodnim postupcima. Komponente su birane po ekonomičnosti, odnosno male cene koštanja. Izmerene su karakteristike realizovanog prototipa, a rezultati merenja su pokazali da ovaj optički merač snage pokazuje zadovoljavajuće karakteristike.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se prof. dr Dejanu Miliću, profesoru Elektronskog fakulteta koji nam je bio mentor za izradu našeg rada, čiji je trud i veliko zalaganje da nam obezbedi što bolje znanje rezultiralo uspešnim projektovanjem i realizacijom našeg prvog samostalnog projekta. Praktična realizacija izvedena je u laboratoriji za telekomunikacione sisteme.

LITERATURA

- [1] Texas Instruments, Kataloški podaci integrisanog kola 74HC4066, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74hc4066.pdf>
- [2] Texas Instruments, Kataloški podaci integrisanog kola LM358N, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm358-n.pdf>
- [3] Vishay Intertechnology, Kataloški podaci fotodiode BPW34, <http://www.vishay.com/docs/81521/bpw34.pdf>
- [4] Aleksandar Marinčić, *Osnovi optoelektronskih telekomunikacija*, Građevinska knjiga, Beograd, 1986.
- [5] John M. Senior, *Optical Fiber Communications, Principles and Practice*, Prentice Hall, 2008.
- [6] Dennis Derickson, *Fiber Optic Test and Measurement, Principles and Practice*, Prentice Hall, 1997.

Realizacija množača frekvencija

Aleksandra Milošević, Ilija Kocić, Milan Janković

Sadržaj — Cilj ovog rada je realizacija množača frekvencija na bazi fazne petlje koji množi ulaznu frekvenciju sa unapred zadatim faktorom iz skupa {2, 4, 8, 16, 32, 64, 128}. Realizovan je sistem koji funkcioniše do frekvencija reda 20 MHz na izlazu. Prikazana je realizacija principске šeme množača frekvencija u programskom paketu LT Spice, a množač je realizovan korišćenjem delitelja frekvencije u povratnoj sprezi fazne petlje, čiji se faktor deljenja upravlja kombinacionom mrežom od 3 bita. Digitalnim osciloskopom su testirane karakteristike množača i njegove mogućnosti.

I. UVOD

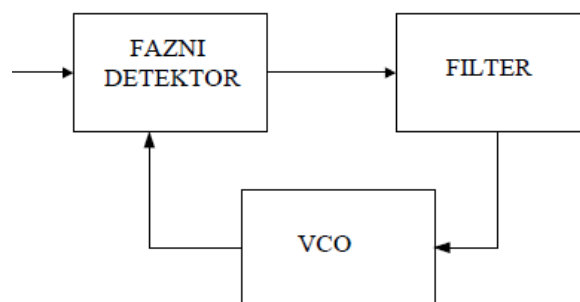
Zadatak ovog rada je realizacija programabilnog množača frekvencija na bazi fazne petlje koji ulaznu frekvenciju množi sa određenim faktorom iz skupa racionalnih brojeva. Fazno vezana petlja (Phase Locked Loop - PLL) je široko zastupljen sistem za generisanje visoko frekventnih oscilacija u modernim komunikacijskim uređajima. U laboratorijama se koristi kao metod sinteze određene frekvencije u generatorima periodičnih signala, dok se u komercijalnim uređajima koristi za demodulaciju i sinhronizaciju signala koji se menja frekvencijski u vremenu. Česta je njena primena u određenim sintezatorima frekvencija ili množačima frekvencija. To je sistem koji generiše bilo koju iz skupa predefinisanih frekvencija posebnim upravljanjem (najčešće komandama preko digitalnih kola). Korišćen je LT spice za simulaciju množača učestanosti i množač frekvencija na raster ploči korišćenjem digitalnih komponenti.

II. TEORIJSKA OSNOVA

Fazno vezane petlje (PLL) se koriste za kontrolu frekvencije. Mogu da se konfigurišu kao množači frekvencija, demodulatori, generatori signala ili regenatori takta u digitalnim sinhronim sistemima. Svaka od primena ima posebne karakteristike, ali se svaka od njih ima istu osnovu. Fazno vezana petlja sa povratnom spregom se sastoji od 3 osnovna dela (slika 1):

1. Fazni detektor (Phase Detector - PD);
2. Niskopropusni filter;
3. Naponski kontrolisani oscillator (VCO) [1].

Aleksandra Milošević, Ilija Kocić, Milan Janković su studenti prve godine master studija na Elektronskom fakultetu Univerziteta u Nišu, A. Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija (e-mejl: aleksandra.milosevic91@gmail.com, ilijajokva@gmail.com, miliankovic91@gmail.com).



Slika 1. Osnovni blok dijagram PLL-a.

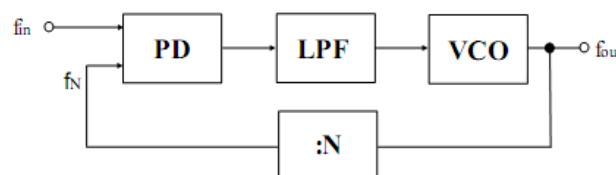
Prilikom realizacije množača učestanosti u povratnu spregu fazne petlje potrebno je uvesti delitelj učestanosti, koji će frekvenciju ulaznog signala da deli zadatim faktorom iz određenog skupa.

Fazna petlja može se modifikovati da radi kao množač učestanosti tako što se u granu povratne sprege postavi delitelj učestanosti. Na slici 2 prikazan je principski blok dijagram množača učestanosti na bazi fazne petlje.

Delitelj učestanosti deli izlaznu frekvenciju faktorom N (N je celobrojna vrednost iz zadatog skupa) i vodi je na fazni detektor. Ukoliko je izlazna učestanost fazne petlje podeljena sa N i dovedena na ulaz faznog detektora, onda je $f_N = N * f_{in}$.

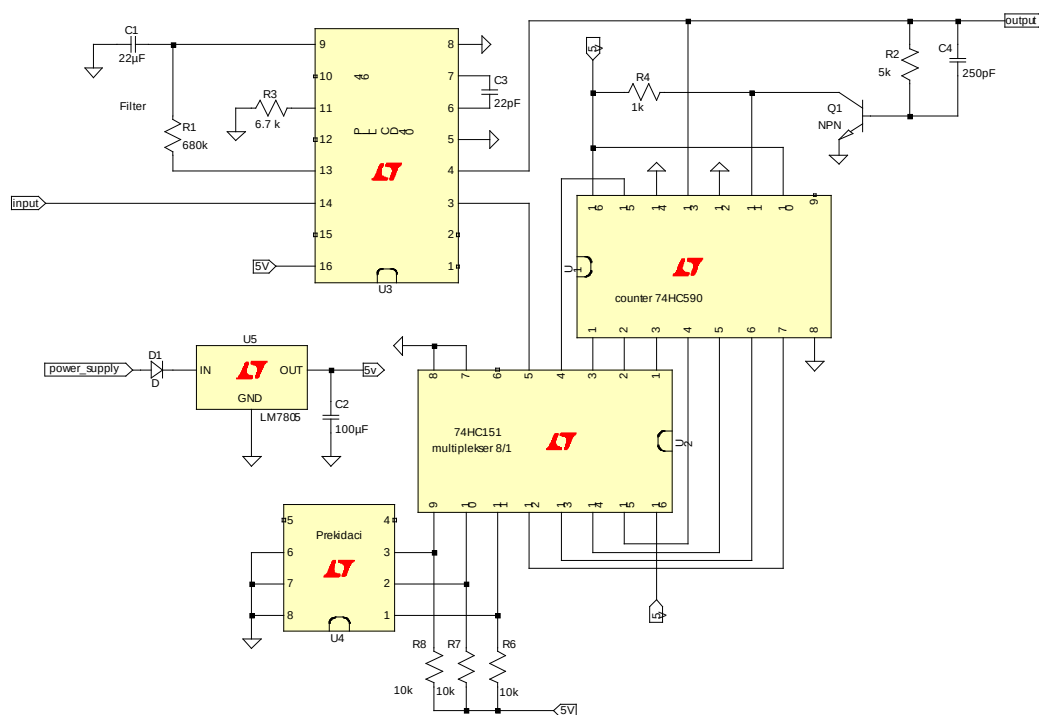
Pošto f_N i f_{in} moraju da budu jednaki u uslovima kada je fazna petlja zatvorena, fazna petlja množi ulaznu frekvenciju sa faktorom N i dobija se:

$$f_{out} = N * f_{in} \quad (1)$$



Slika 2. Blok dijagram množača učestanosti.

Stabilnost izlazne učestanosti zavisi od stabilnosti ulazne (referentne) učestanosti. Zbog toga se u slučajevima kada se zahteva visoka stabilnost izlazne učestanosti, kao izvor referentnog signala koristi oscilator stabilisan kristalom kvarca.



Slika 3. Šema realizacije množača učestanosti u LT Spice-u.

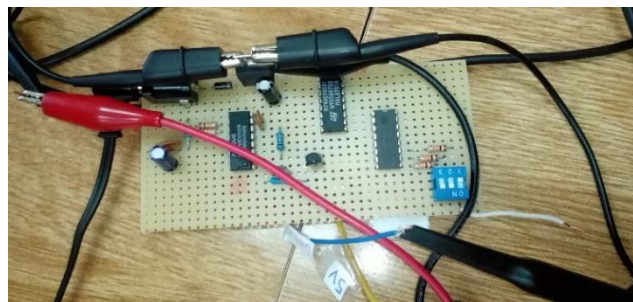
III. KONSTRUKCIJA MNOŽAČA

Za realizaciju projektnog zadatka, prvo je bilo potrebno konstruisati šemu množača učestanosti koja je prikazana na slici 3. Šema je izrađena u programskom paketu LT Spice i realizovana je pomoću integrisanih kola 74hc590 (counter-brojač), 74Hc151 (muplekser 8/1), cd4046 (fazna petlja - PLL), otpornika od 1, 5, 10, 6,7 i 680 K Ω , kondenzatora kapacitivnosti 22 i 100 μ F, 22 i 250 pF i NPN tranzistora.

Prvi deo množača čini PLL – fazna petlja zajedno sa filtrom propusnikom niskih frekvencija. Nakon toga su binarni brojač zajedno sa multiplekserom koji predstavljaju delitelj učestanosti i na kraju su prekidači (3 prekidača) koji predstavljaju upravljački deo.

Ovim prekidačima se manuelno podešava vrednost broja N, faktorom iz zadatog skupa učestanosti, čime se podešava i faktor množenja ulazne frekvencije. Prekidačima, tj. sa 3 bita moguće je podesiti 8 stanja, odnosno 8 vrednosti broja N iz skupa {2, 4, 8, 16, 32, 64, 128}. Izvor napajanja ima vrednosti maksimalnog napona do 5V DC. Komponente su lemljene na raster ploči. Nakon projektovanja šeme množača učestanosti u LT Spice-u, započeta je praktična realizacija projektnog zadatka. Nakon praktične realizacije, kolo je povezano na digitalni osciloskop radi testiranja karakteristika množača učestanosti.

Korišćen je eksterni oscilator (VCO) radi stabilnosti množača učestanosti. Izvor napajanja ima vrednosti maksimalnog napona do 5V DC. Komponente su lemljene na raster ploči. Praktična realizacija množača prikazana je na slici 4.



Slika 4. Množač učestanosti.

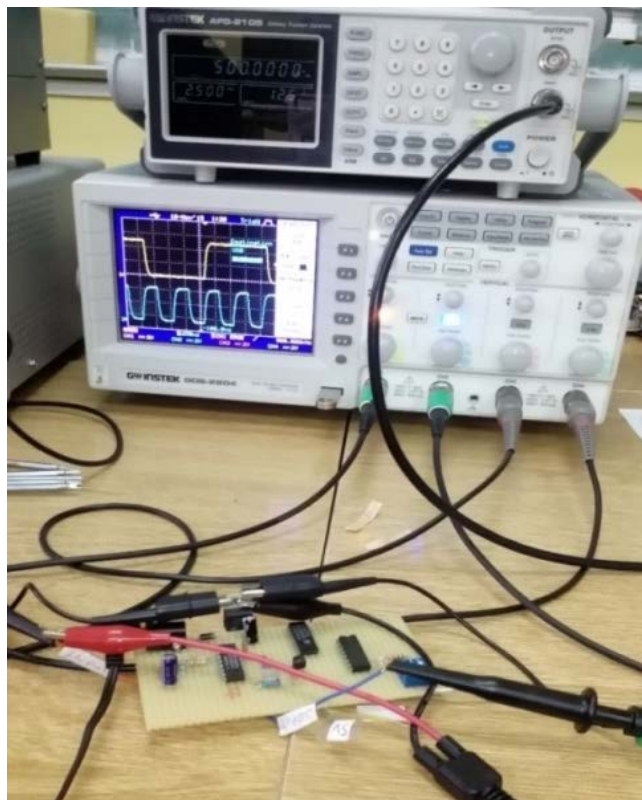
IV. TESTIRANJE MNOŽAČA UČESTANOSTI

Nakon završetka praktičnog rada, prototip je testiran na osciloskopu. Kolo je povezano na osciloskop kao što je prikazano na slici 5, dok je na slici 6 prikazana simulacija.

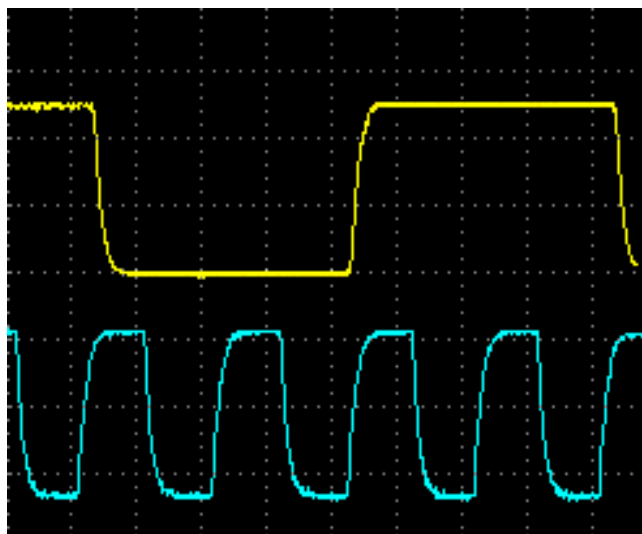
Prekidači su podešeni u “ON” na negativne okidne impulse. Tabela broj 1 prikazuje vrednosti minimalnih učestanosti ulaznih impulsa i stanja prekidača, tj. vrednosti faktora N.

TABELA I.
PRIKAZ VREDNOSTI MINIMALNIH I MAKSIMALNIH UČESTANOSTI
ULAZNIH IMPULSA

Faktor $N = 2^n$	Binarno stanje brojača	Minimalna ulazna frekvencija $f_{\min}$ [KHz]	Maksimalna ulazna frekvencija $f_{\max}$ [KHz]	$N \cdot f_{\min}$	$N \cdot f_{\max}$
2	000	11	2971	22	5942
4	001	11,5	2131	46	8524
8	010	10,7	1000	85.6	8000
16	011	9,9	460	158.4	7360
32	100	9	204	288	6528
64	101	8	91	512	5824
128	110	6,5	44,5	832	5696
256	111	6	18,4	1536	4710,4



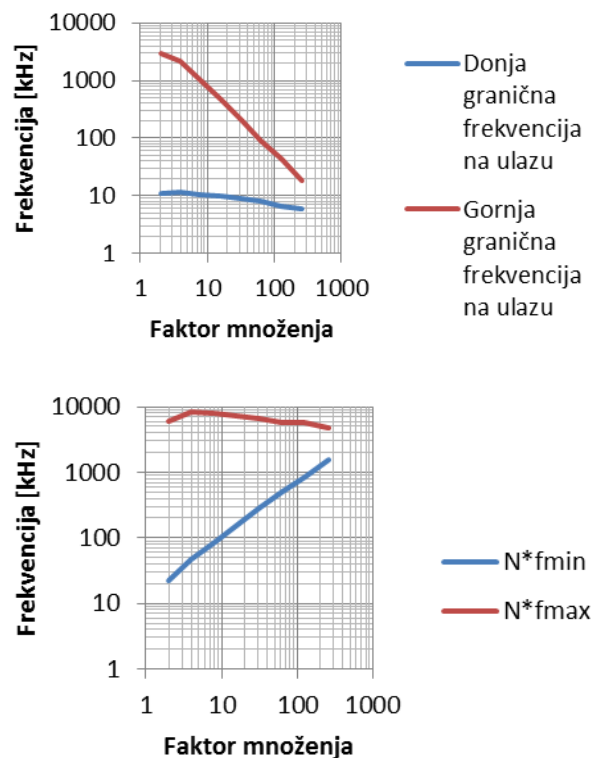
Slika 5. Povezivanje kola na osciloskop.



Slika 6. Simulacija rezultata u programu LT Spice.

Na slici broj 7. prikazan je grafik zavisnosti učestanosti ulaznih impulsa u odnosu na faktor množenja. Sa grafika se vidi da se povećanjem faktora množenja smanjuje minimalna i maksimalna frekvencija ulaznih impulsa na kojima fazna petlja može da uspostavi vezu i ostane u stabilnom stanju. Maksimalna ulazna frekvencija rapidno opada sa povećanjem faktora množenja, što je u skladu sa ograničenjem množača na 20 MHz.

Zavisnost učestanosti od faktora množenja



Slika 7. Grafik zavisnosti učestanosti ulaznih impulsa.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je realizacija množača učestanosti. Obavljeno je projektovanje prototipa čija je validnost ispitana korišćenjem simulatora u programskom paketu LT Spice. Prototip je zatim praktično realizovan korišćenjem raster ploče i digitalnih komponenti, i njegovo funkcionisanje je potvrđeno konkretnim merenjima uz pomoć osciloskopa. Poređenjem rezultata dobijenih merenjem i simulacijom, opšti zaključak je da kolo funkcioniše ispravno. Realizacija množača učestanosti zahteva definisanje svakog elementa i razumevanja uloge tog elementa u sistemu. U narednom periodu potrebno je unaprediti i nadograditi postojeća znanja i istraživanja radi realizacije složenijih sistema sa mnogo većim mogućnostima.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je deo studentskog projekta na ispitu Koherentni telekomunikacioni sistemi, na smeru Telekomunikacije, Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu. Ispit je na 1. semestru master akademskih studija. Hardverska realizacija projekta izvedena je pri laboratoriji za telekomunikacione sisteme, pod mentorstvom prof. dr Dejana Milića.

LITERATURA

- [1] Bojčić Miloš, *Programabilni množac učestanosti*, Elektronika i telekomunikacije, Viša Elektrotehnička škola, Beograd, 2007.
- [2] General PLL Description: T. H. Lee, Chap. 15. Gray and Meyer, 10.4 Clock generation: B. Razavi, *Design of Analog CMOS Integrated Circuits*, Chap. 15, McGraw-Hill, 2001.
- [3] Stensby, J. L., *Phase locked loops, Theory and applications*, Boca Raton, FL, CRC Press, 1997.
- [4] G.Lukatela, D.Drajić, G.Petrović, R.Petrović, *Digitalne telekomunikacije I*, Građevinska knjiga.

Merenje osnovnih karakteristika fedinga u zatvorenom prostoru

Aleksandar Ljubić, Stanko Stević, Nikola Milutinović, Teodoros Prokić, Nenad Marković

Sadržaj — U ovom radu predstavljeni su praktični rezultati merenja parametara fedinga za predajnike male snage u zatvorenom prostoru. U osnovne karakteristike fedinga spadaju statističke karakteristike prvog reda koje proističu iz raspodele verovatnoće fedinga. Merenja su obavljena na dve frekvencije, 107.5 MHz i 2.44 GHz.

I. UVOD

Varijacije kako amplitudne, tako i frekvencijske u komunikacionim kanalima nazivaju se jednim imenom feding. One nastaju usled prepreka na kojima dolazi do rasejanja emitovanog, kao i do pojave jednog ili više reflektovanih talasa. Na varijaciju utiču i prirodne prepreke kao i profil trase na kojoj se kreće mobilna jedinica.

Spori feding predstavlja spore fluktuacije snage primljenog signala oko srednjeg nivoa koje su uočljive na rastojanju od nekoliko kilometara. Dugotrajni feding je obično uzrokovan manjim promenama u profilu trase i u literaturi se najčešće označava kao shadowing. Kako je statistika ovog vida fedinga log-normalna može se sresti i naziv log-normalni feding [1].

Brzi feding predstavlja brze fluktuacije anvelope primljenog signala koje su uočljive na rastojanju od nekoliko metara. Kratkotrajni feding je uzrokovan rasejanjem, refleksijom ili difrakcijom od raznih nepokretnih i pokretnih objekata koji se nalaze u oblasti u kojoj se odvija komunikacija. Ovaj vid fedinga u literaturi se označava kao višeputajni (multipath) feding [1].

Radio predajnik je elektronski uređaj koji stvara električne oscilacije visoke frekvencije, pojačava ih i moduliše korisnim signalom informacije, i preko predajne antene ih zrači u slobodni prostor. Mali deo te izračene energije se prima u radio prijemniku, koji je pretvara u koristan signal informacije. Kod radiofonije, kao i kod telefonije, potrebno je pre svega, da je na početku celog sistema prenosa govora ili muzike mikrofoni koji će zvučne talase pretvoriti u njihove električne signale. Napomenimo

A. Ljubić, S. Stević, N. Milutinović, T. Prokić i N. Marković su studenti četvrte godine osnovnih akademskih studija na Elektronskom fakultetu Univerziteta u Nišu, A. Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija (e mail: lukrecijeiii@yahoo.com, {stankostevic91, nikolamilutinovic92, theo.prk, goran.nenad}@gmail.com).

odmah da se ovde koriste kvalitetniji mikrofoni od ugljenih, naročito u radiodifuziji, gde se želi postići što verniji prenos muzičkih emisija.

Niskofrekventni signali, stvoreni pomoću mikrofona, moraju se posle toga pojačati u pojačavaču. Osim mikrofona i niskofrekventnog pojačavača, u sastav radiopredajnika nalazi se i oscilator koji proizvodi elektromagnetne oscilacije visoke frekvencije. Ove oscilacije visoke frekvencije najpre se pojačavaju, pa se, zatim, u njih "utiskuju" pojačani niskofrekventni signali, tj. vrši se promena njihove amplitude ili frekvencije u ritmu zvučnih oscilacija. Uređaj u kome se ovo vrši naziva se modulator, a ovako izmenjene visokofrekventne oscilacije nazivaju se modulirane visokofrekventne oscilacije.

Modulirane visokofrekventne oscilacije moraju se takođe pojačati, i to utoliko više ukoliko ne želi dalji domet, pa se tako pojačane šalju u antenu predajnika [2].

Radio prijemnik je elektronski uređaj kojim se iz niza elektromagnetnih signala indukovanih u anteni prijemnika, izdvaja, pojačava i detektuje signal korisne informacije. Isprva se energija promenljivog elektromagnetnog polja (radio talasa) pretvara u električnu energiju, a završni izlaz je obično u obliku zvuka (zvučnik) ili prikaza na ekranu.

Radio prijemnici se primenjuju za prijem radiodifuznog programa, televizijskog programa (slike i zvuka, kao delovi sklopa), daljinsku kontrolu uređaja, radio-komunikaciju, radio-astronomiju i u druge svrhe [3].

Na slici 1 imamo primer radio prijemnika i radio predajnika.



Slika 1. Prenos radio talasa kroz vazduh.



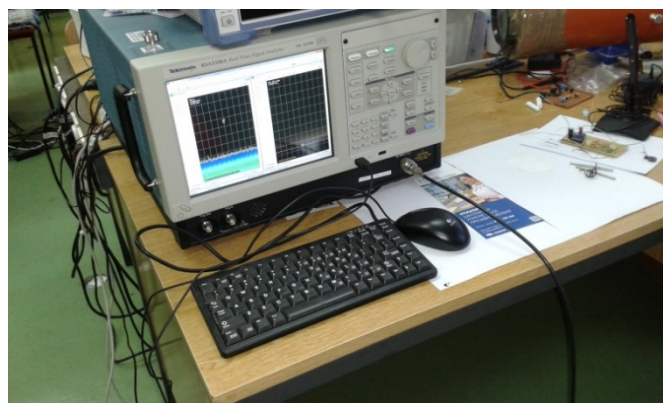
Slika 2. FM radio predajnik i primopredajni modul sa CC2500.

II. KORIŠĆENA OPREMA

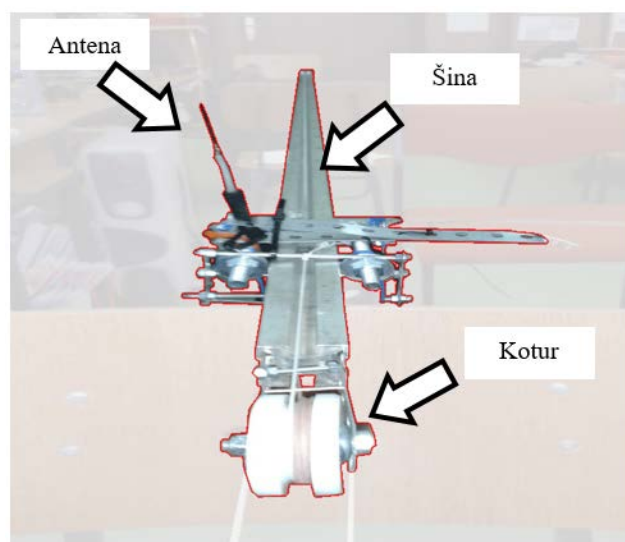
U ovom projektu korišćena su dva različita predajnika: ekonomični automobilske FM predajnik i predajnik zasnovan na integrisanom kolu CC2500.

Personalni FM predajnik je FM radio predajnik veoma male snage i dometa koji šalje signal iz prenosnog audio uređaja u standardni FM radio prijemnik koji je ugrađen u automobilu. Većina ovih predajnika može da se utakne u ulaz za slušalice uređaja i onda šalju signal preko FM propusnog opsega za slanje, tako da može da ga primi bilo koji radio prijemnik. Ovo dozvoljava prenosnom audio uređaju da napravi bolji ili kvalitetniji zvuk od kućnog audio sistema ili automobilske stereo sistema bez potrebe za žičanim konekcijama. Često se koriste u automobilima ali se mogu koristiti i na fiksnim lokacijama kao što je na primer prenos sa zvučne kartice računara kroz zidove u zatvorenom prostoru. S obzirom da imaju malu izlaznu snagu, većina predajnika ima kratak domet, od 30m do 100 m, zavisno od kvaliteta prijemnika, prepreka i elevacije. Tipično šalju signale u FM frekvencijskom opsegu od 87.5MHz do 108 MHz koji je standard u većini zemalja [4].

CC2500 je integrisani 2.4 GHz primopredajnik male snage dizajniran za bežične aplikacije. Ovo kolo je namenjeno za frekvencijski opseg od 2400 MHz do 2483.5 MHz, odnosno ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) i SDR (*Short Range Device* - uređaj kratkog dometa) frekvencijski opseg. U tipičnom sistemu, CC2500 bi se koristio sa mikrokontrolerom i nekoliko pasivnih komponenti. Takva je bila i naša konkretna primena. Na slici 2 prikazan je uporedni prikaz izgleda automobilske FM predajnika i modula sa CC2500 primopredajnikom [5].



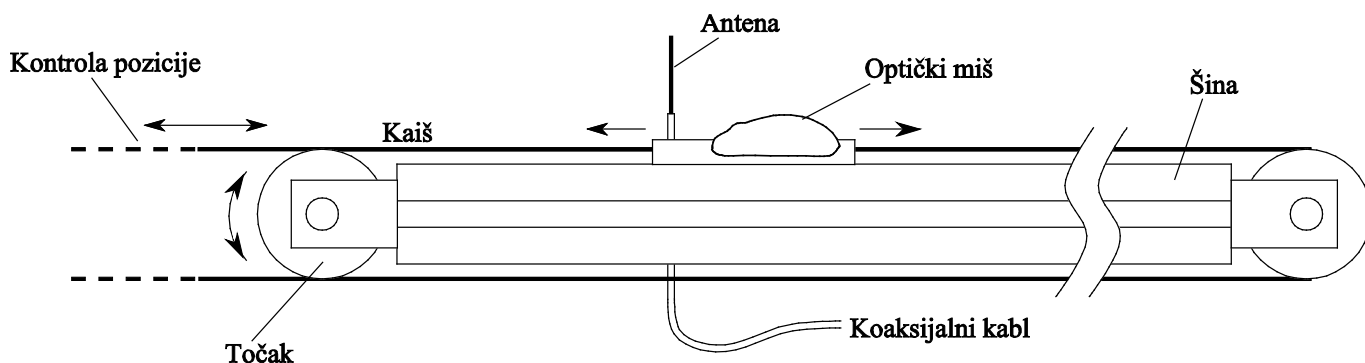
Slika 4. Izgled analizatora spektra prilikom merenja efekta fedinga.



Slika 5. Šina sa pokretnom platformom i antenom.

III. PRAKTIČNA REALIZACIJA I REZULTATI MERENJA

U ovom projektu zadatak je bio merenje karakteristika fedinga u zatvorenom prostoru sa što manje dinamičkih refleksija od raznih pokretnih objekata i osoba koje kreću kroz laboratoriju.



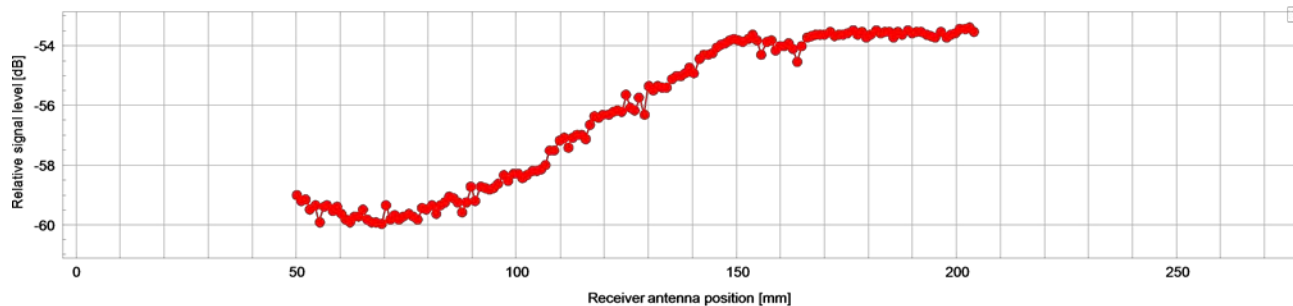
Slika 3. Izgled šine sa pokretnom platformom na kojoj se nalazi prijemna antena.

Za realizaciju projekta su korišćeni jeftini FM predajnik za automobil priključen na regulator napona, CC2500 primopredajnik, prijemna antena napravljena od koaksijalnog kabla, i konstrukcija sačinjena od šine dužine 2.5m i platforme koja se kretala po njoj. Predajnici su fiksirani u prostoru. Na šini se nalazi klizeća platforma na kojoj je fiksirana prijemna antena, kao na slici 3.

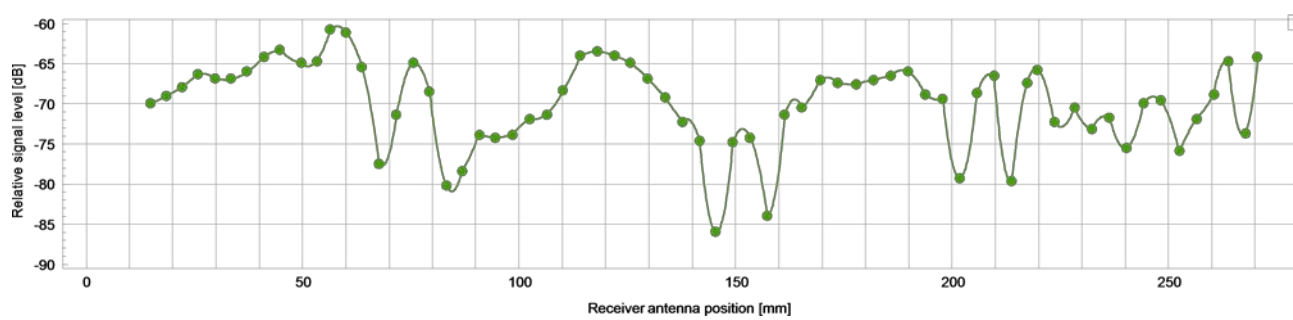
Za posmatranje signala i efekta fedinga koristili smo

analizator spektra koji je povezan sa računarom tako da je bilo moguće očitavanje vrednosti sa distance koja nam je dala minimalnu interferenciju. Na slici 4 dat je korišćen analizator spektra.

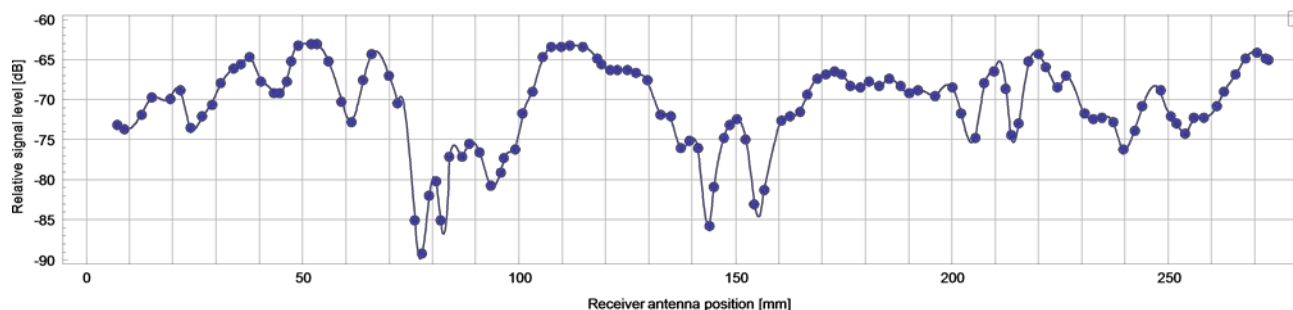
Platforma se po šini kretala mehanički, korišćenjem kotura i kanapa, kako bismo mogli da pomeramo sistem sa udaljenosti. Pomeraj platforme je meren korišćenjem laserskog miša fiksiranog za platformu, i programa za



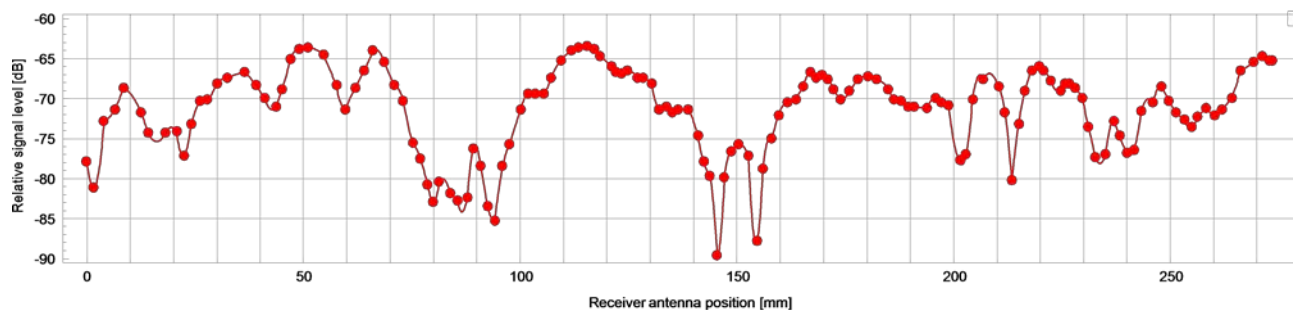
Slika 6. Karakteristika dobijena merenjem fedinga koristeći FM predajnik na 107.5 MHz.



a)



b)



c)

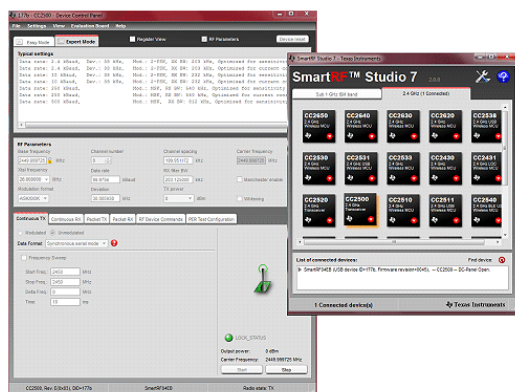
Slika 7. Tri serije merenja karakteristika fedinga na frekvenciji 2.44 GHz, korišćenjem CC2500.

očitanje pomeraja miša. Na slici 5 dat je sistem za prijemnik.

Za FM predajnik je urađeno jedno merenje na frekvenciji od 107.5 MHz. Na slici 6 prikazana je dobijena karakteristika.

Sa slike se uočava odnos rastojanja (x-osa) izraženu u milimetrima i relativni nivo signala izražen u decibelima (y-osa). Kao što se može primetiti na početku je dobijen manji nivo signala koji kasnije raste. Ovo se može objasniti činjenicom da je na početku postojala fizička prepreka između prijemnika i predajnika koja je kasnije zaobiđena pomeranjem podnožja po šini. Takođe se primećuje da grafik nema dramatične padove te zaključujemo feding na pomenutoj frekvenciji ne predstavlja znatnu smetnju za prijemnik.

Nakon toga korišćen je CC2500. Za njegovu upotrebu smo koristili mikrokontroler i *SmartRF Studio* softver dizajniran od strane *Texas Instruments-a*. *SmartRF Studio* je *Windows* aplikacija koja može biti korišćena da odredi i konfiguriše RF-kola napravljena od strane *Texas Instruments-a*, prikazan na slici 8.



Slika 8. *SmartRF Studio* aplikacija.

Urađena je serija od tri merenja na frekvenciji 2.44 GHz i dobijeni rezultati su grafički prikazani na slici 7. Na slikama je odnos rastojanja (x-osa) izražen u milimetrima i relativni nivo signala izražen u decibelima (y-osa).

Na graficima primećujemo dramatične promene u nivou signala, tj. imamo feding koji nije zanemarljiv. Minimumi primljenog signala se smenjuju u opsegu 10-15 cm, što je u skladu sa talasnom dužinom:

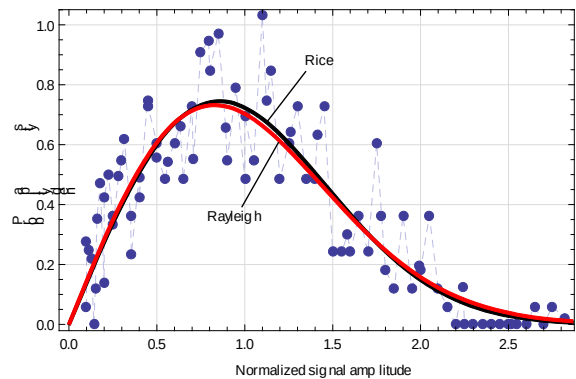
$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

koja za frekvenciju 2.44 GHz iznosi 12.3 cm.

Na slici 9 prikazane su Rejljeve i Rajsove krive koje najbolje aproksimiraju skup podataka prikazan u prethodna tri grafika.

Prikazan je odnos amplitude normalizovanog signala (x-osa) i gustine verovatnoće (y-osa). Crvenom krivom je obeležena Rejljeva raspodela, a crnom Rajsova raspodela. Razlika u modelu fedinga je minimalna, tako da je u našem

slučaju Rejljev model zadovoljavajući.



Slika 9. Histogram vrednosti normalizovanog nivoa signala i najbolja srednjekvadratna Rejljeva i Rajsova aproksimacija.

IV. ZAKLJUČAK

Zadatak projekta bio je da se realizuju prijemnik i predajnik uz pomoću kojih bi bilo moguće izmeriti feding pokretanjem jednog od njih. Izvršena je analiza na dve frekvencije, na 107.5 MHz i 2.44 GHz. Rezultati pokazuju da je feding znatno ozbiljniji na većoj frekvenciji i da se mora posvetiti pažnja metodama za njegovo prevazilaženje. U zatvorenom prostoru sa puno predmeta i pri malim snagama predajnika, raspodela fedinga se može uspešno modelovati kao Rejljeva.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je deo studentskog projekta iz predmeta Feding i smetnje u mobilnim telekomunikacijama, na smeru Telekomunikacije, Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu. Ispit je na 8. semestru osnovnih akademskih studija. Hardverska realizacija projekta izvedena je pri laboratoriji za telekomunikacione sisteme, pod mentorstvom prof. dr Dejana Milića i prof. dr Daniele Milović.

LITERATURA

- [1] Wikipedia, članak „Feding“, dostupno putem interneta na: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fading>
- [2] Wikipedia, članci: „Radio-predajnik“ dostupno putem interneta na: <http://sr.wikipedia.org/sr/Радио-предајник>, i „Odašiljač“ dostupno putem interneta na: <http://sh.wikipedia.org/wiki/Odašiljač>
- [3] Wikipedia, članak: „Radio prijemnik“, dostupno putem interneta na: http://sh.wikipedia.org/wiki/Radio_prijemnik
- [4] Wikipedia, članak: „FM transmitter“, dostupno putem interneta na: [http://en.wikipedia.org/wiki/FM_transmitter_\(personal_device\)](http://en.wikipedia.org/wiki/FM_transmitter_(personal_device))
- [5] Kataloški podaci: „CC2500 Low-Cost Low-Power 2.4 GHz RF Transceiver“, dostupno putem interneta na: <http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/swrs040c/swrs040c.pdf>

Digitalni optički prijemnik sa ekstrakcijom takta

Nikola Mladenović, Vladimir Jeger

Sadržaj – U ovom radu prikazani su: projektovanje, realizacija i osnovne karakteristike jednog digitalnog optičkog prijemnika sa ekstrakcijom takta. Potrebno je bilo projektovati i realizovati digitalni optički prijemnik sa ekstrakcijom takta koji treba da funkcioniše sa bitskim brzinama 10 – 50 kb/s.

I. UVOD

Optički prijemnici se obično koriste za velike bitske brzine. Međutim, u nekim slučajevima, kao što je na primer prenos audio signala, nema potrebe da bitska brzina bude veoma velika. Ovakav je slučaj sa jednim eksperimentalnim sistemom u laboratoriji za telekomunikacione sisteme, koji služi za testiranje optičkih komunikacija u slobodnom prostoru. U konkretnom slučaju se audio signal digitalizuje i niskom bitskom brzinom putem lasera prenosi do odredišta. Modulacija koju koristi laser je intenzitetska modulacija (IM) koja predstavlja jednu varijantu digitalne amplitudne modulacije (ASK), i koja se često naziva i On-Off modulacija. U suštini, radi se o jednostavnoj modulaciji koja digitalno varira srednju snagu lasera između nule – kada je laser potpuno ugašen, i jedinice – kada je njegova srednja snaga jednaka nekoj prethodno definisanoj konstantnoj vrednosti.

II. PRINCIP RADA I ZAHTEVANE KARAKTERISTIKE

IM signal koji dolazi na fotodiodu treba prvo pojačati do dovoljnog nivoa, a zatim jednim kolom za odlučivanje pretvoriti primljeni signal u niz bitova. Prijemnik takođe mora da sadrži i kolo za ekstrakciju takta, kako bi primljeni niz bitova mogao da se ispravno dekodira u potrebnim vremenskim trenucima. Ekstraktor takta obično se najjednostavnije realizuje uz pomoć gotovog integrisanog PLL kola. PLL predstavlja faznu petlju i trenutno nije od značaja razmatrati detalje njenog funkcionisanja.

Ono što je bitno jeste da se na ulaz dovodi digitalni signal, a da na izlazu dobijamo ekstraktovani takt. Jedino je potrebno projektovati filter petlje, i eventualno delitelj frekvencije. S obzirom da su u pitanju niske frekvencije, najverovatnije će i najjeftinije realizacije PLL kola biti

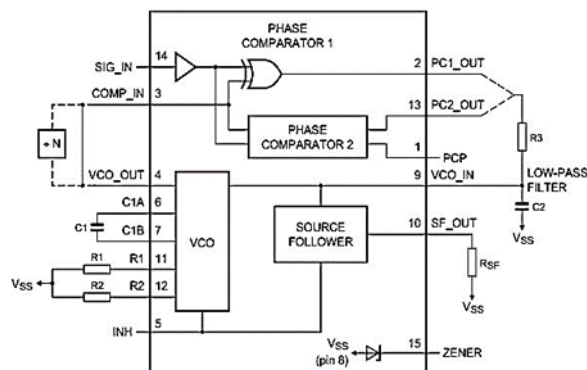
zadovoljavajuće. Naponski nivoi moraju biti 0 i 3,3 V. Potrebno je da prototip ima i sopstveni stabilizator napona, tako da opciono može da se napaja preko jeftinog ispravljača.

Projektovanje i realizacija prototipa sistema izvedeni su u više faza, pri čemu su se neke od njih delimično preklapale:

- Prikupljanje literature
- Izrada koncepta sistema
- Simulacije u SPICE-u i podešavanje parametara
- Izrada prototipa
- Testiranje prototipa
- Merenje karakteristika

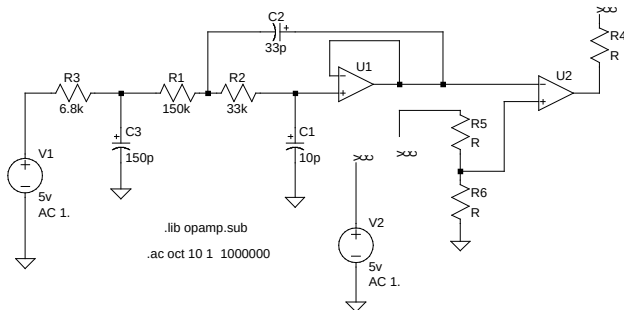
III. KARAKTERISTIKE IZABRANIH KOMPONENTI

Za izradu našeg prototipa smo predvideli integrisano kolo 74HC4046, čije karakteristike uglavnom zadovoljavaju naše zahteve, ali nam niska cena pomenutog integrisanog kola svakako odgovara i zadovoljava potrebe projekta. Ova komponenta se sastoji od linearnog naponom kontrolisanog oscilatora (VCO) i dva različita fazna komparatora sa zajedničkim ulaznim signalom. Integrisano kolo sadrži neophodne blokove za realizaciju fazne petlje (PLL) u nekoliko različitih konfiguracija, uz dodatak minimalnog broja diskretnih eksternih komponenti. Kolo se proizvodi u CMOS tehnologiji i obezbeđuje veoma malu disipaciju uz relativno visoku frekvenciju na kojoj je moguće ispravno funkcionisanje. Najvažnije karakteristike i prednosti su: mala dinamička disipacija, maksimalna frekvencija viša od 12 MHz, kao i dobra linearnost i temperaturna stabilnost VCO pri temperaturi od -40 do +85 stepeni Celzijusa. Funkcionalni dijagram prikazan je na slici 1.



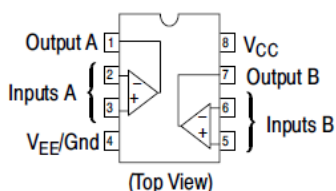
Slika 1. Funkcionalni dijagram integrisanog kola 74HC4046.

Nikola Mladenović i Vladimir Jeger su apsolventi osnovnih akademskih studija na Elektronskom fakultetu Univerziteta u Nišu, A. Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, e-mail: nikollla88@gmail.com, vladimirjeger@gmail.com.



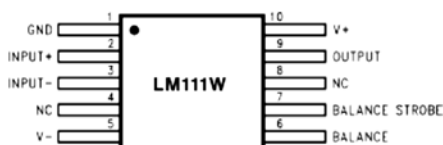
Slika 2. Realizacija aktivnog filtra propusnika niskih frekvencija sa izlaznim komparatorom koji služi kao kolo za odlučivanje.

Takođe nam je potreban i jedan *low pass* filter, tj. propusnik niskih učestanosti, koji će izdvajati i propuštati frekvencije do 100 KHz. Filter smo je realizovan kako je prikazano na slici 2. U tu svrhu je korišćen IC LM 358N operacioni pojačavač. Na izlaz filtera se nadovezuje kolo za odlučivanje koje ima ulogu da primljeni analogni signal konvertuje u niz nivoa iz skupa {0, 1}, koji odgovaraju naponskim nivoima 0 i 3.3V



Slika 3. IC LM 358N Operacioni pojačavač.

Na ulaz kola postavili smo stabilizator napona kako bi kolo moglo da se napaja običnim adapterom od 12V, s tim što je za stabilizator vezan potencijometar od 1 kΩ, kako bismo ulazni napon postavili na željenu vrednost (u našem slučaju 3,3V).

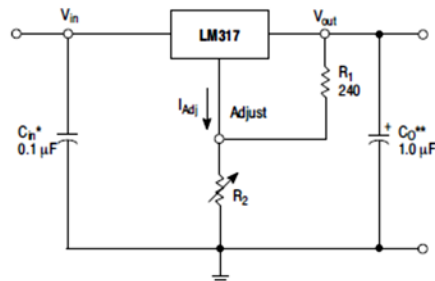


Slika 4. IC LM 311T komparator napona.

Između filtra i PLL-a nalazi se IC LM 311T komparator napona kojim je realizovano kolo za odlučivanje. Ova vrsta komparatora je dizajnirana tako da može da podrži širi opseg napona, od ±15V do 5V i manje.

Jedna od najbitnijih komponenti u ovom projektu jeste PIN fotodioda BPW 34. Fotodiode spadaju u grupu optoelektronskih komponenti, a njihova osnovna karakteristika je da im se inverzna struja zasićenja menja sa promenom intenziteta upadne svetlosti. Kada fotodioda nije

osvetljena kroz nju teče inverzna struja zasićenja ili *struja mraka*. Pod dejstvom upadne svetlosti, unutar PN spoja dolazi do generacije parova elektron-šupljina, pa se inverzna struja kroz diodu povećava. Struja koja nastaje usled dejstva upadne svetlosti naziva se *struja osvetljenja*. Fotodioda se ponaša kao izvor jednosmernog napona koji možemo u našem slučaju menjati tako što pojačamo ili smanjimo snagu laserskog izvor svetlosti koji je uperen u diodu.



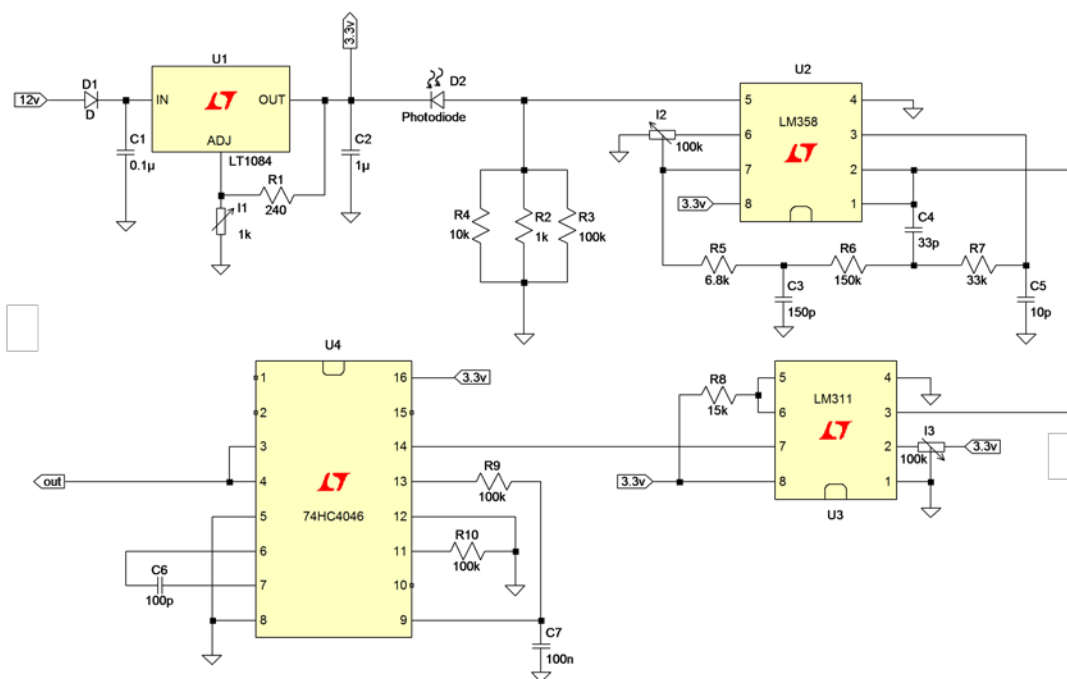
Slika 5. Povezivanje IC LM 317T stabilizatora napona.

IV. PRAKTIČNA REALIZACIJA I TESTIRANJE PROTOTIPA

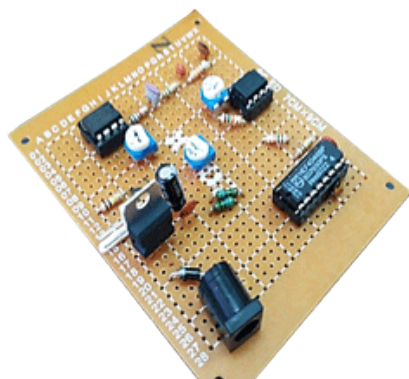
Za realizaciju našeg projekta smo napravili šemu prikazanu na slici 6. Praktična realizacija je izvedena na raster-ploči veličine 7×9cm, slike 7 i 8. Pored postojećih rupica sa rasterom 2.54 mm, bilo je potrebno i dodatno proširiti neke od njih jer su pinovi DC konektora to zahtevali. Funkcionisanje prototipa je provereno jednostavnim vezivanjem sonde osciloskopa na izlazni pin PLL-a i fotodiodu, gde se nakon uključivanja napajanja na ekranu pojavljuju dva signala, testerasti koji predstavlja signal frekvencije koju filter propušta, i pravougaoni koji predstavlja izlazni takt, slika 9. Kako smo prototip započeli sa vrednošću opterećenja fotodiode od $R_L = 100 \text{ k}\Omega$, radi se o klasičnoj konfiguraciji prijemnika sa visokom ulaznom impedansom. Sa ovako velikim otporom, dovoljna je i veoma mala parazitna kapacitivnost C_p na ulazu kola da ograniči propusni opseg na veoma malu vrednost

$$f_g = \frac{1}{2\pi R_L C_p} \quad (1)$$

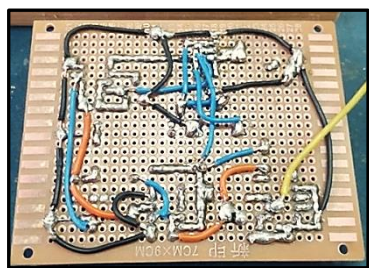
Kada je otpor $100 \text{ k}\Omega$, kapacitivnosti reda 100 pF ograničavaju propusni opseg na oko 15 kHz. Sa ovako niskom graničnom frekvencijom, ako je frekvencije ulaznog signala veća od granične frekvencije, prijemnik se ponaša kao klasičan integrator, odnosno – ulazno kolo umesto pravougaonih signala detektuje testerasti talasni oblik kakav smo i dobili. Parazitna kapacitivnost potiče od interne kapacitivnosti diode, kapacitivnosti koaksijalnog kabla koji povezuje diodu, kao i od kapacitivnosti provodnih linija na ploči.



Slika 6. Kompletna šema digitalnog optičkog prijemnika sa ekstrakcijom takta.

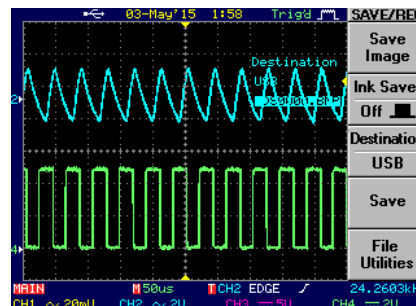


Slika 7. Izgled realizovanog prototipa na raster ploči.



Slika 8. Izgled realizovanog prototipa sa zadnje strane.

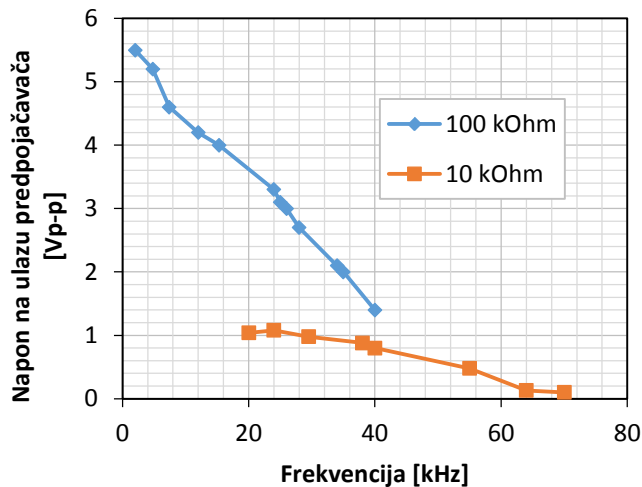
Prvi rezultati merenja su pokazali da kolo može da prati frekvencije ulaznih signala do 37 KHz. S obzirom da smo želeli opseg frekvencije 0-100 kHz pretpostavili smo da ćemo



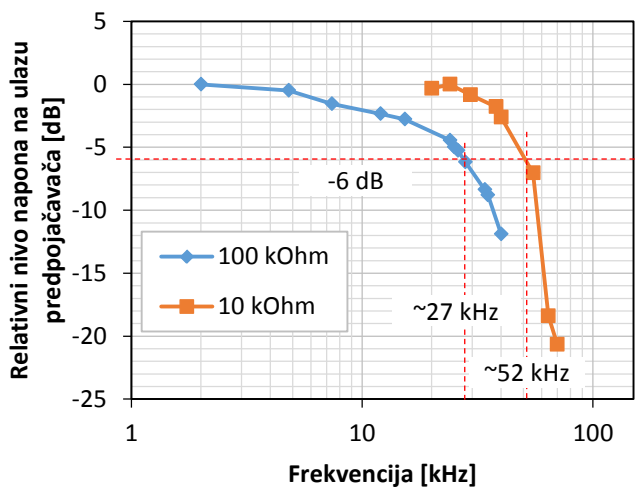
Slika 9. Signali na izlazu pri ulaznoj otpornosti 100 kΩ.

manjivanjem vrednosti otpornika koji je vezan za fotodiodu, sa 100 kΩ na 10 kΩ, dobiti veću vrednost, shodno jednačini (1). Da bismo se uverili u valjanost ove pretpostavke, odlučili smo da snimimo karakteristiku napona na opterećenju fotodiode u zavisnosti od frekvencije pobudnog pravougaonog signala. Dobijeni rezultati prikazani su na slikama 10 i 11. Sa slika se vidi da manja otpornost daje znatno manju amplitudu signala (i zahteva veće pojačanje nakon detekcije), ali je zauzvrat korisni propusni opseg veći.

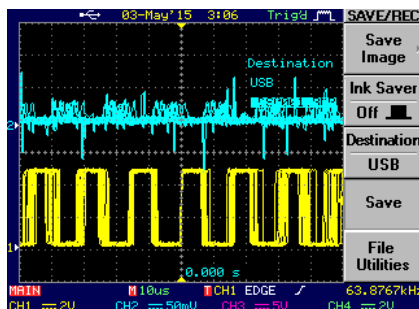
Na slici 12 su prikazani talasni oblici koji ilustruju odsustvo sinhronizacije usled nedovoljnog nivoa ulaznog signala (odnosno prevelike frekvencije). Posle smanjivanja otpornosti dobili smo širi opseg u kome PLL ostaje zaključan na frekvenciji ulaznog signala, ali do maksimalno 70 kHz, što je ostalo nepromenjeno i posle smanjivanja otpornosti na 1 kΩ.



Slika 10. Vršna vrednost napona na opterećenju fotodiode u zavisnosti od frekvencije, za pravougaone ulazne signale.



Slika 11. Normalizovana prenosna funkcija kola, za dve različite vrednosti otpornog opterećenja.



Slika 12. Izlazni signali pri otpornosti 10 KΩ, nakon gubitka sinhronizacije.

V. ZAKLJUČAK

Projektovani optički prijemnik sa visokom impedansom je uspešno realizovan i izmerene karakteristike potvrđuju učinjene pretpostavke. Na izlazu nismo dobili željeni opseg frekvencija, ali smo dobili vrednosti nešto ispod projektovanih, što znači da se ovo kolo može koristiti za prijem digitalnih optičkih IM signala uz ekstrakciju takta na frekvencijama 0-70 kHz.

ZAHVALNICA

Ovaj rad napisan je kao deo studentskog projekta iz predmeta Optičke komunikacije, na smeru Telekomunikacije, Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu. Ispit je na 7. semestru osnovnih akademskih studija. Hardverska realizacija projekta izvedena je pri laboratoriji za telekomunikacione sisteme, pod mentorstvom prof. dr Dejana Milića.

LITERATURA

- [1] Kataloški podaci integrisanog kola 74HC4046, CMOS fazne petlje: <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/MM/MM74HC4046.pdf>
- [2] Kataloški podaci integrisanog kola IC LM 358N, dvostrukog operacionog pojačavača niske potrošnje, dostupno putem interneta: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm158-n.pdf>
- [3] Kataloški podaci integrisanog kola IC LM 317T, podesivi regulator napona sa tri izvoda, dostupno putem interneta na: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm117.pdf>
- [4] Kataloški podaci integrisanog kola IC LM 311T, komparatora napona: <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/LM/LM311.pdf>
- [5] Silicijumska PIN fotodioda BPW 34, kataloški podaci: <http://www.vishay.com/docs/81521/bpw34.pdf>
- [6] Sallen-Key Topology – Wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Sallen-Key_topology
- [7] OKAWA Electric Design, 3rd order Sallen-Key Low-pass Filter Design Tool, 2009, <http://sim.okawa-denshi.jp/en/Sallenkey3Lowkeisan.htm>
- [8] Diode - Z.Prijić – predavanja 2014 http://mikroelektronika.elfak.ni.ac.rs/files/Diodes_Slides.pdf

Ulazni stepen optičkog prijemnika sa niskim nivoom šuma

Dragan Bogdanović, Srđan Đorđev

Sadržaj - U ovom radu prikazani su: projektovanje, realizacija i osnovne karakteristike realizovanog optičkog prijemnika. Potrebno je bilo realizovati malošumni optički prijemnik sa propusnim opsegom iznad 1 MHz. Realizovani prototip je testiran i izmeren je njegov propusni opseg u zavisnosti od promene parametara ulaznog signala.

- Izrada prototipa
- Testiranje prototipa
- Merenje karakteristika.

I. UVOD

Postoji nekoliko vrsta optičkih predpojačavača, koji imaju svoje prednosti i nedostatke. Glavne karakteristike koje su od interesa u predpojačavaču su: osetljivost, propusni opseg, nivo šuma i dinamički opseg. Naravno, nije uvek moguće postići dobre karakteristike u svakom pogledu tako da je obično potrebno napraviti neki kompromis. U ovom konkretnom projektu je bitno obratiti pažnju na propusni opseg, koji ne sme biti manji od 1 MHz, kao i na nivo šuma. Šum koji generišu aktivni i pasivni elementi predpojačavača mora biti niži od nivoa šot šuma na fotodiodi, tako da se ovakav predpojačavač može ubrojiti u malošumne ulazne stepene. Ovo je veoma bitno jer se u prijemniku daljim pojačavačkim stepenima pored korisnog signala pojačava i šum prethodnog stepena, tako da su performanse kvalitetnog prijemnika ograničene ulaznim stepenom.

II. PRINCIP RADA I ZAHTEVANE KARAKTERISTIKE

Usled toga što fotodioda upotrebljena za izradu projekta poseduje i parazitnu kapacitivnost, nakon toga što IM signal padne na fotodiodu, potrebno je da se nekim kolom anulira parazitna kapacitivnost diode kako bi se obezbedio zahtevani propusni opseg.

Nakon toga primljeni signal se vodi na malošumno pojačavačko kolo sa povratnom spregom i nakon toga se signal vodi u prijemnik. Potrebno je da prototip ima i sopstveni stabilizator napona, tako da opciono može da se napaja preko jeftinog ispravljača.

Projektovanje i realizacija prototipa sistema izvedeni su u više faza, pri čemu su se neke od njih delimično preklapale:

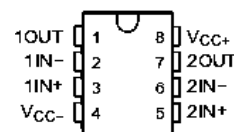
- Prikupljanje literature
- Izrada koncepta sistema
- Simulacija u SPICE-u i podešavanje parametara

D. Bogdanović i S. Đorđev su studenti treće godine osnovnih akademskih studija na Elektronskom fakultetu Univerziteta u Nišu, A. Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija. E-mejlovi: gargi1236@gmail.com, srdjancz99@hotmail.rs

III. KARAKTERISTIKE IZABRANIH KOMPONENTI

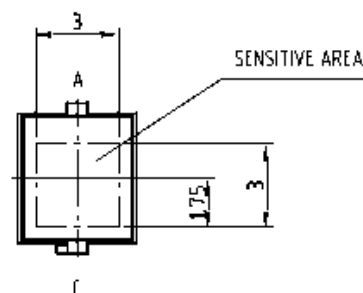
Za izradu ovog projekta predviđen je operacioni pojačavač TL072CP, jer uglavnom zadovoljava tražene karakteristike, a i zbog niske cene. Mala harmonijska distorzija i mali nivo šuma čine ovaj pojačavač idealnim za audio pojačavače i pojačavače sa visokom tačnošću. Svaki od dva pojačavača koji čine ovo kolo ima JFET ulaze za visoku impedansu uparenih sa bipolarnim izlaznim stepenima integrisanim na jednom monolitnom čipu. Ovaj operacioni pojačavač je projektovan za propusni opseg od 3 MHz. Radi na temperaturi od 0°C do 70°C [1].

Postoji diskretna varijanta ovog kola kao i SMD varijanta ovog kola. Mi smo se odlučili za diskretnu varijantu zbog lakšeg lemljenja na raster ploči.



Slika 1. Raspored i značenje pinova na kolu TL072CP.

Pored operacionog pojačavača, za izradu ovog kola upotreбили smo i dva tranzistora 2SC4204. Ovo su bipolarni NPN tranzistori koji se odlikuju velikim strujnim pojačanjem ($h_{FE}=800-3200$), velikom kolektorskom strujom ($I_C=0,7\text{ A}$), malim saturacionim naponom između kolektora i emitora ($V_{CEsat}<0,5\text{ V}$). Ovi tranzistori imaju propusni opseg od 270 MHz. Mala cena i zadovoljavajuće karakteristike su bili glavni razlozi za izbor ovog tranzistora. Tranzistori su pakovani u kućište TO-92 [2].



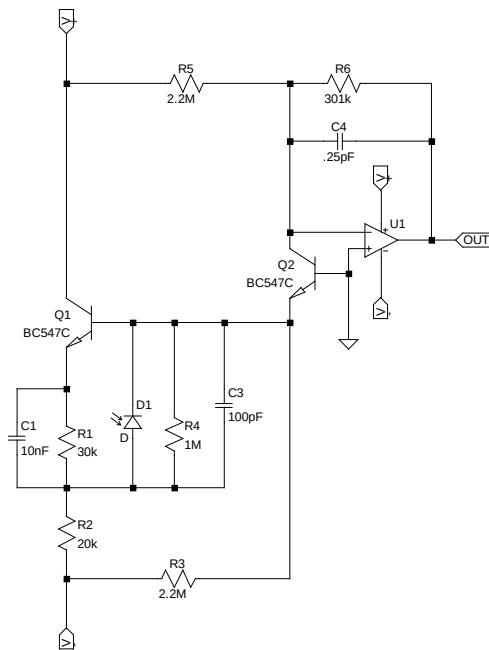
Slika 2. Dioda BPW34 – pogled odozgo i raspored pinova.

Takođe, u ovom projektu je korišćena fotodioda BPW34. Ovo je PIN fotodioda sa velikom osetljivošću. Osetljiva je kako na zračenje iz vidljivog dela spektra, tako i na zračenje iz spektra bliskog infracrvenom spektru. Maksimalni upadni ugao kod ove diode je $\pm 65^\circ$. Spada u kategoriju dioda sa velikom površinom jer je njena kapacitivnost 70 pF [3].

IV. PRAKTIČNA REALIZACIJA I TESTIRANJE PROTOTIPA

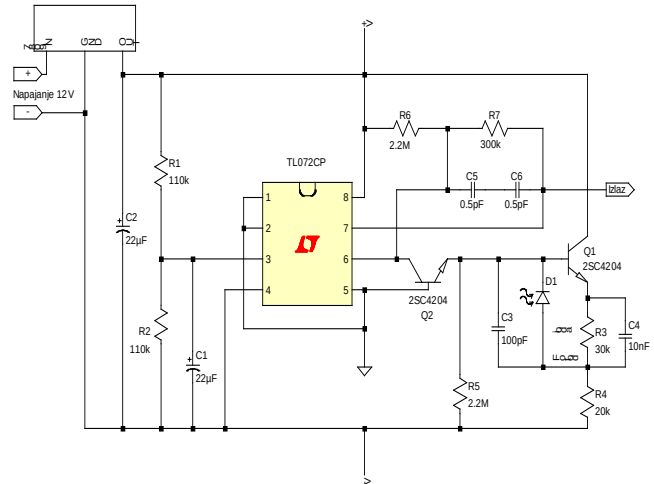
Realizacija je započela prikupljanjem potrebne literature. Nakon prikupljanja potrebne literature, kao i upoznavanjem sa zahtevima projekta, krenulo se sa osmišljavanjem kola koje je trebalo projektovati. Nakon toga krenuli smo sa njegovom realizacijom u programskom paketu LT SPICE, a nakon toga i sa simulacijom.

Nakon crtanja većeg broja šema, kao i merenja njihovih karakteristika dobili smo i okviran izgled konačnog kola. Testiranjem različitih komponenti i upoređivanjem njihovih karakteristika, dobili smo najoptimalnije rešenje koje je zadovoljavalo zahteve koji su bili postavljeni pred projektante ovog električnog kola. Izabrane komponente su zadovoljile zahteve projekta u pogledu traženih karakteristika kao i cene, tako da smo se odlučili za konačan izgled kola iz [4] prikazan na slici 3.



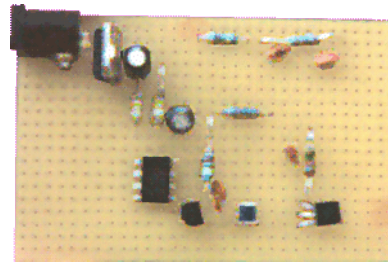
Slika 3. Konačna šema napravljen u programu LT SPICE.

Pošto je kolo projektovano i za napajanje sa ispravljačima niže klase, na gore prikazanu šemu smo dodali i kolo za stabilizaciju napona. Šema sa kolom za stabilizaciju napona je prikazana na slici 4. Na slici 4 je takođe prikazan i optimizovan raspored komponenta za postavljanje na raster ploču.



Slika 4. Optimizovana šema sa dodatim kolom za stabilizaciju napona.

Za realizaciju našeg projekta smo iskoristili raster-ploču veličine 50x100 mm, slika 5. Pored postojećih rupica sa rasterom 2.54 mm, bilo je potrebno i dodatno proširiti neke od njih jer su pinovi DC konektora to zahtevali. Funkcionisanje prototipa je provereno jednostavnim vezivanjem sonde osciloskopa na izlazni pin operacionog pojačavača i signal generatora, gde se nakon uključivanja napajanja na ekranu pojavljuju dva signala, jedan koji predstavlja modulisani signal lasera i drugi koji predstavlja obrađeni primljeni signal.



Slika 5. Izgled realizovanog prototipa na raster ploči.

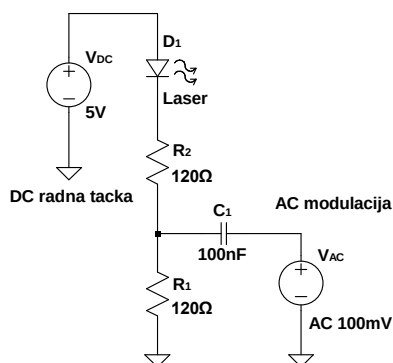
Pošto integrisano kolo TL072CP ima u sebi dva operaciona pojačavača, jedan je iskorišćen kao bafer za napajanje kola.

Da bismo modulisali laser morali smo da osmislimo kolo za modulaciju. Nakon izabranog kondenzatora morali smo da proračunamo vrednost otpornika R1. Izlazni napon kola sa slike dat je preko sledeće formule:

$$U_{iz}(s) = \frac{R}{R + \frac{1}{sC}} U_{ul}(s) \quad (1)$$

Iz ovog izraza sledi da je prenosna funkcija ovog kola:

$$\frac{U_{iz}(s)}{U_{ul}(s)} = \frac{sCR}{1 + sCR} \quad (2)$$



Slika 6. Izgled kola za modulaciju lasera.

odnosno:

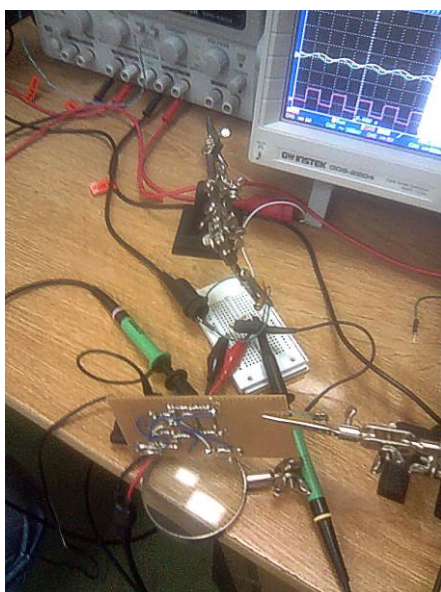
$$|H(\omega)| = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + \omega^2 RC^2}} \quad (3)$$

Iz gore navedenih izraza sledi da se granična frekvencija izračunava po sledećem obrascu:

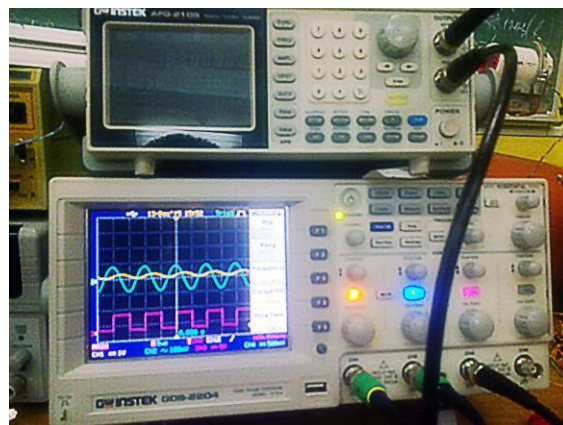
$$f_g = \frac{1}{2\pi RC} \quad (4)$$

Kada se u obrascu zameni da je $R=60\ \Omega$ i $C=100\ \text{nF}$ dobija se da je granična frekvencija ovog kola $f_g=26525\ \text{Hz}$.

Nakon uspešne realizacije pristupili smo testiranju karakteristika dobijenog kola. Za testiranje dobijenog kola su nam bili potrebni: laser, signal generator, osciloskop i ispravljač za napajanje kola. Kao pobudu lasera smo iskoristili signal generator. Jednu sondu osciloscopa smo priključili na signal generator, a drugu na izlaz iz operacionog pojačavača.



Slika 7. Prototip povezan i spreman za ispitivanje.

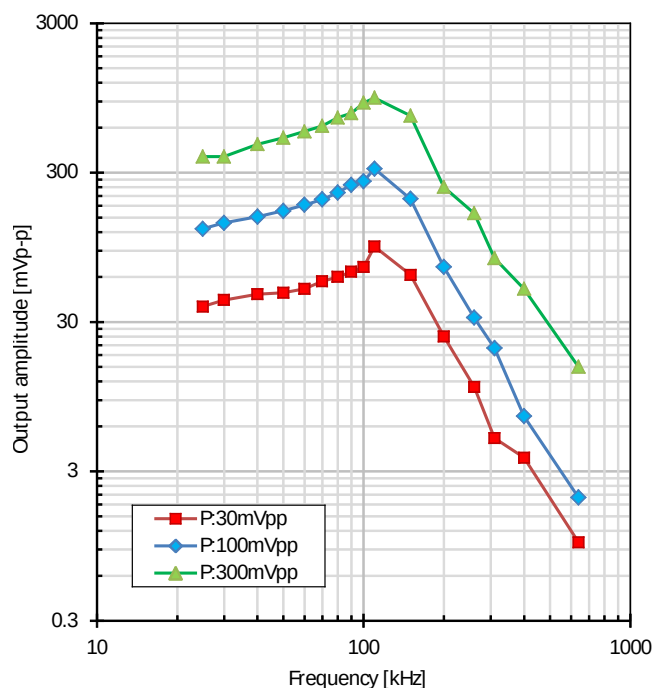


Slika 8. Prikaz signala na osciloskopu.

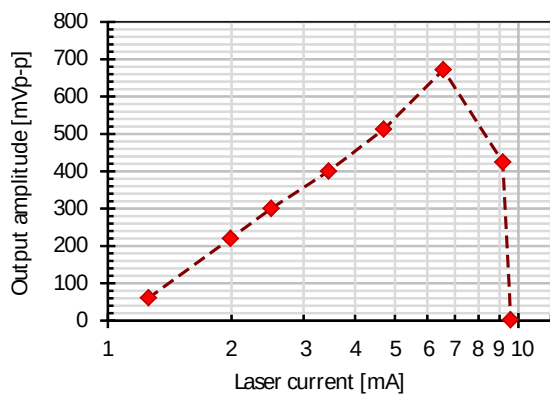
Izgled kola sa priključenim sondama prikazan je na slici br 7. Da bismo uspešno usmerili laser ka fotiodiodi morali smo da iskoristimo držače koji su fiksirali raster ploču i laser.

Na ekranu osciloscopa su prikazana dva signala. Plavom bojom je označen izlaz iz signal generatora, dok je žutom bojom označen izlaz iz operacionog pojačavača.

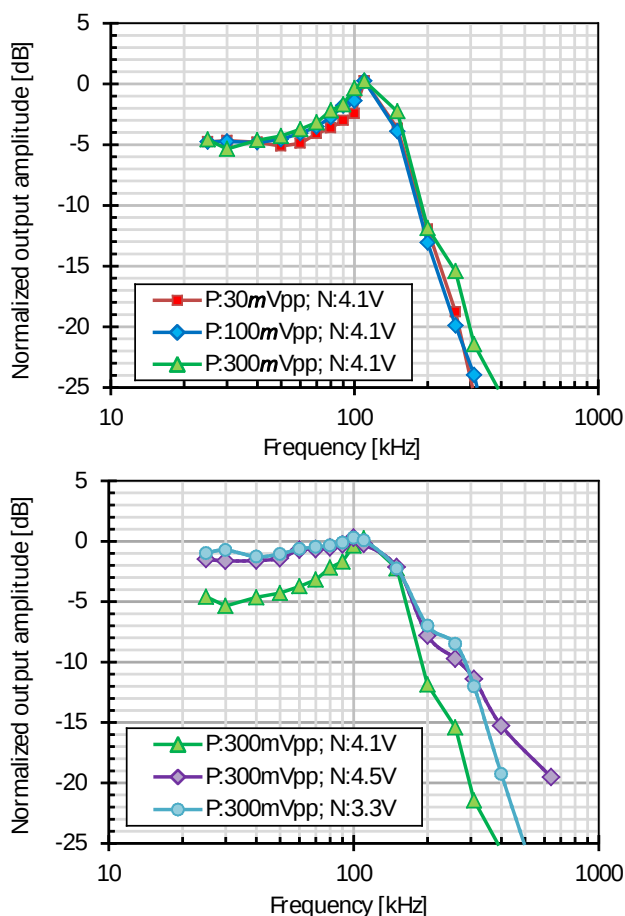
Pošto dobijeni propusni opseg nije zadovoljio uslove projekta, krenuli smo sa izmenom nekih parametara kako bi ga eventualno povećali. Jedino što smo bili u mogućnosti da promenimo su amplituda pobude lasera i napon napajanja lasera. Isprobali smo više kombinacija, i propusni opseg u zavisnosti od promena tih parametara je prikazan na slici br 9.



Slika 9. Izlaz pojačavača u funkciji od frekvencije.



Slika 10. Izlaz pojačavača pri fiksiranoj frekvenciji.



Slika 11. Normalizovana amplituda izlaza u dB.

Sa grafika se može videti da propusni opseg vrlo malo varira sa promenom parametara i da iznosi oko 150 kHz. Na prvom grafiku se izlazni signal sa pojačavača menja u funkciji od frekvencije pri zadatim parametrima. Sa grafika se vidi da promena tih parametara ne utiče na propusni opseg u nekoj velikoj meri. Na slici 11 fiksirana frekvencija na 100 kHz i pobuda na 300 mVpp i

posmatrana je promena izlaznog napona pojačavača u funkciji napona na laseru. Sa dobijenog grafika zaključeno je da izlazni napon pojačavača skoro linearno raste sa promenom napajanja lasera, a zatim kada se približi nazivnom naponu lasera naglo opada do nule.

V. ZAKLJUČAK

Projektovani ulazni stepen optičkog prijemnika je uspešno realizovan i ispitan. Dobijeni propusni opseg je oko 150 kHz, što je ispod očekivanih 1 MHz. Razlog zašto nije dobijen traženi propusni opseg leži u izboru komponentata. Izabrani operacioni pojačavač nije pogodan za traženi propusni opseg tako da bi se njegovom zamenom propusni opseg najverovatnije povećao. Obzirom na budžet koji smo imali prilikom izrade projekta, možemo reći da je izrađeno kolo ispunilo naša očekivanja.

ZAHVALICA

Ovaj rad napisan je kao deo studentskog projekta iz predmeta Optičke komunikacije, na smeru Telekomunikacije Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu. Hardverska i softverska realizacija projekta izvedena je pri laboratoriji za telekomunikacione sisteme, pod mentorstvom prof. dr Dejana Milića.

LITERATURA

- [1] Dokumentacija za tranzistore 2SC4204, dostupno na web adresi: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/38953/SANYO/2SC4204.html>
- [2] Dokumentacija za integrisano kolo TL072CP, dostupno na web adresi: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl074.pdf>
- [3] Dokumentacija za diodu BPW34, dostupno na web adresi: <http://www.vishay.com/docs/81521/bpw34.pdf>
- [4] Philip C. D. Hobbs „Photodiode front ends-The real story“, Optics and Photonics News, Vol. 12, no. 4, Apr. 2001. DOI: 10.1364/OPN.12.4.00004

Realization of Band-stop Butterworth Filter for 50 Hz

Pakwan Piwsoi, Miloš Marjanović

Abstract - This article describes a band-stop Butterworth filter for reject the frequency at 50 Hz. The 5th order filter is used to be the model of this filter. This project will study the theoretical and experimental investigation of Butterworth filter in order to make band-stop Butterworth filter model.

I. INTRODUCTION

Electrocardiography (ECG) is the process of recording the electrical activity of the heart over a period of time. Generally, electrocardiogram (ECG) included the signal from electricity (based on 50 Hz for Serbia). This signal is had to remove from ECG System by using the filter. This band-stop filter was created from a low-pass filter and a high-pass filter to reject the 50 Hz signal.

II. THEORETICAL BACKGROUND OF BUTTERWORTH FILTER

Butterworth filter is a design of active filter circuit. In case of low frequency, active filter is better than passive filter. The Butterworth filter is the best compromise between attenuation and phase response. It has no ripple in the pass band or the stop band, and because of this is sometimes called a maximally flat filter. The Butterworth filter achieves its flatness at the expense of a relatively wide transition region from pass band to stop band, with average transient characteristics [1]. The Butterworth filter is normalized for a -3 dB response at $\omega_0 = 1$. The ideal frequency response, referred to as a "brick wall" filter in Fig. 1 [2].

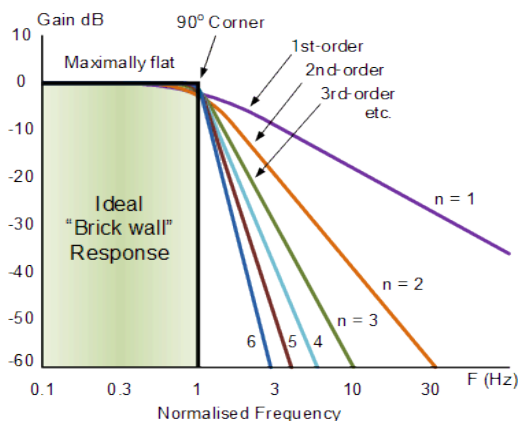


Fig. 1. Butterworth Low-Pass filter [2].

Pakwan Piwsoi is with the Department of Electrical Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB), 1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok, Thailand, E-mail: mppiwsoi@gmail.com

Miloš Marjanović is with the Department of Microelectronics, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: milos.marjanovic@elfak.ni.ac.rs

Note that the higher the Butterworth filter order, the higher the number of cascaded stages there are within the filter design, and the closer the filter becomes to the ideal "brick wall" response. However, in practice this "ideal" frequency response is unattainable as it produces excessive passband ripple [2].

For band-stop filter, it blocks all frequencies within its bandwidth. Figs. 2 and 3 show a block diagram of a multi-stage band-stop filter and its frequency-response curve, respectively. As you can see, the low-pass filter determines f_{c1} and the high-pass filter determines f_{c2} . The gap between the two cut-off frequencies is the bandwidth of the filter. Note that f_{c1} must be lower than f_{c2} for the circuit to have a band-stop response curve [3].

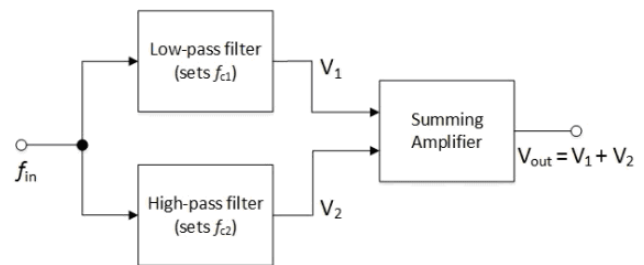


Fig. 2. The circuit block diagram of a multi-stage band-stop filter.

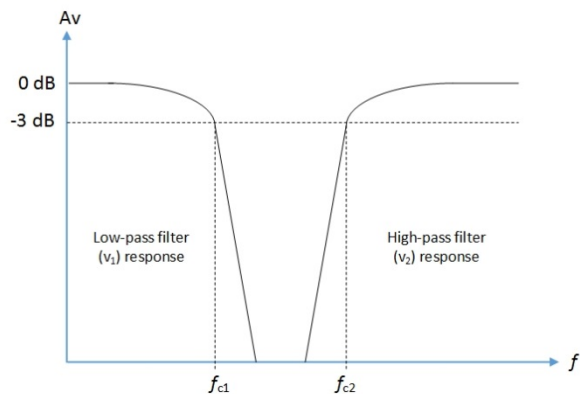


Fig. 3. The circuit frequency response characteristics of a multi-stage band-stop filter.

The frequency response of the Butterworth filter is given as Eq. 1 [4]:

$$H_{(j\omega)} = \frac{1}{\sqrt{1 + \varepsilon^2 \left(\frac{\omega}{\omega_p} \right)^{2n}}} \quad (1)$$

where n is the filter order, ω is equal to $2\pi f$ and ε is the maximum pass band gain ($A_{\max}$). If $A_{\max}$ is defined a frequency equal to the cut-off -3dB corner point (f_c), ε will then be equal to one and therefore ε^2 will also be one.

The frequency response of a filter can be defined mathematically by its transfer function with the standard voltage function $H(j\omega)$ written as Eq. 2 [4]:

$$H(j\omega) = \left[\frac{V_{out}(j\omega)}{V_{in}(j\omega)} \right] \quad (2)$$

where V_{out} is the output signal voltage, V_{in} is the input signal voltage, j is the square root of -1 and ω is the radian frequency ($2\pi f$).

Note: ($j\omega$) can also be written as (s) to denote the S-domain and the resultant transfer function for a second-order low pass filter is given as Eq. 3 [4]:

$$H(s) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{S^2 + S + 1} \quad (3)$$

Butterworth produced standard tables of normalized second-order low pass polynomials given the values of coefficient that correspond to a cut-off corner frequency of 1 radian/sec (Table I) [4].

TABLE I
NORMALIZED DENOMINATOR POLYNOMIALS [4]

n	Normalized Denominator Polynomials in Factored Form
1	(1+s)
2	(1+1.414s+s ²)
3	(1+s)(1+s+s ²)
4	(1+0.765s+s ²)(1+1.848s+s ²)
5	(1+s)(1+0.618s+s ²)(1+1.618s+s ²)
6	(1+0.518s+s ²)(1+1.414s+s ²)(1+1.932s+s ²)

Using Table I for calculate the normalized capacitor values and shown as Table II.

TABLE II
CALCULATED NORMALIZED CAPACITOR VALUES [2]

n	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆
2	1.414	0.7071				
3	3.546	1.392	0.2024			
4	1.082	0.9241	2.613	0.3825		
5	1.753	1.354	0.4214	3.235	0.3089	
6	1.035	0.966	1.4144	0.7071	3.863	0.2588

For designing the Butterworth low-pass filter, Eq. 4 is used to calculate capacitors value for the low-pass filter side [2]:

$$C_k = \frac{D_k}{m * 2 * \pi * f_c} \quad (4)$$

where: k is order number, f_c is cut-off frequency, m is magnitude coefficient(resistance values sets from $10\text{k}\Omega$ to $1\text{M}\Omega$ for standard audio) and D_k is normalized capacitor value (Table II).

Next, the high-pass filter is designed by using Eq. 5 for calculate resistance values of the circuit:

$$R_k = \frac{1}{2 * \pi * f_c * C_s * D_k} \quad (5)$$

where: k is order number, f_c is cut-off frequency, C_s is standard capacitance values for audio circuit design and D_k was normalized capacitor value (Table II).

III. FILTER CONSTRUCTION

Start from designing the low-pass filter side, 40 Hz was set to be the cut-off frequency and the 5th order filter circuit was used to be the model of this filter. The capacitance values were calculated by using Eq. 4 and decided the resistance values as 10 k Ω .

For the high-pass filter side, 60 Hz was set to be the cut-off frequency and also used the 5th order model. The capacitance values were decided as 10 nF and the resistance values was calculated by using Eq. 5.

After designing the filters, the summing amplifier circuit was used to add the two output frequency before it going to be the real output. The complete circuit schematic was shown as Fig. 5 and the frequency response of the simulation was shown as Fig. 4.

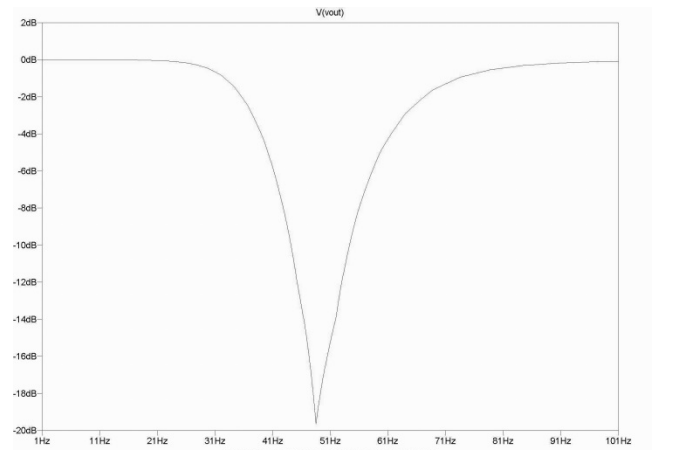


Fig. 4. Frequency response from LTSpice simulation.

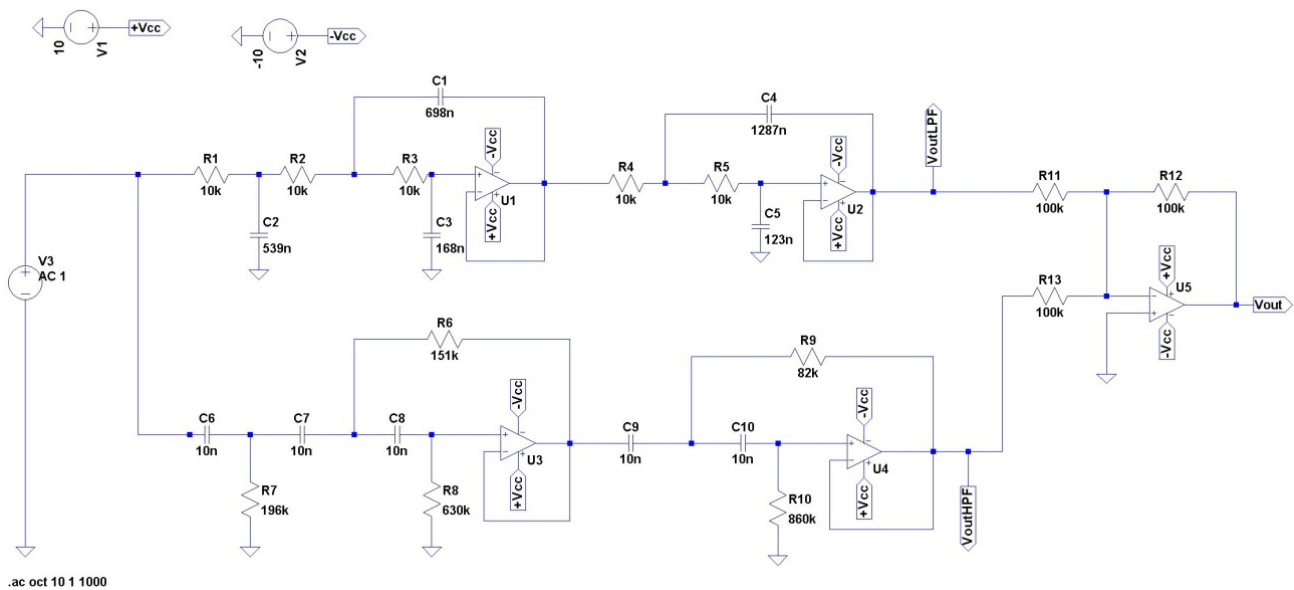


Fig. 5. Schematic Diagram of Band-stop Butterworth filter.

From Fig. 4, the magnitude of 50 Hz input was attenuated to -16.68 dB. For 40 Hz and 60 Hz input, the magnitude was attenuated to -4.89 dB and -4.76 dB, respectively.

IV. TESTING PROTOTYPE

This title describes about how to testing this circuit after designing and simulating was finished. A function generator, a power supply and an oscilloscope were used in the testing [5, 6]. The power supply was set to 10 V and -10 V for LM2902. The function generator was generated sine wave for 1 Vpp in different frequency.

Fig. 6 was shown the 50 Hz input signal and the output signal. The output was a small signal because it was attenuated.

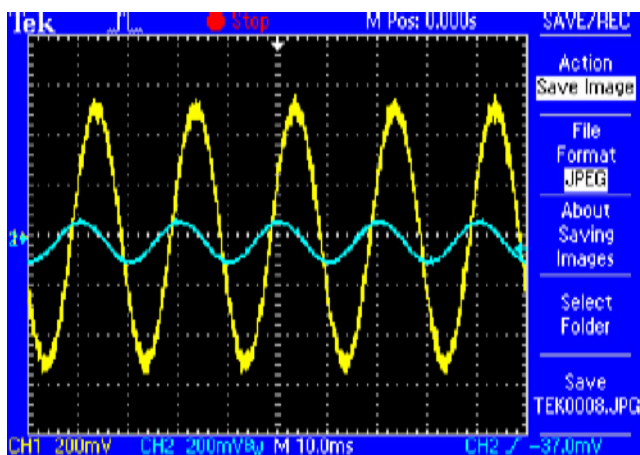


Fig. 6. The output signal for 50 Hz input signal.

Fig. 7 was shown the 10 Hz input signal and the output signal. The output amplitude was equal to input amplitude that means the signal was not attenuated.

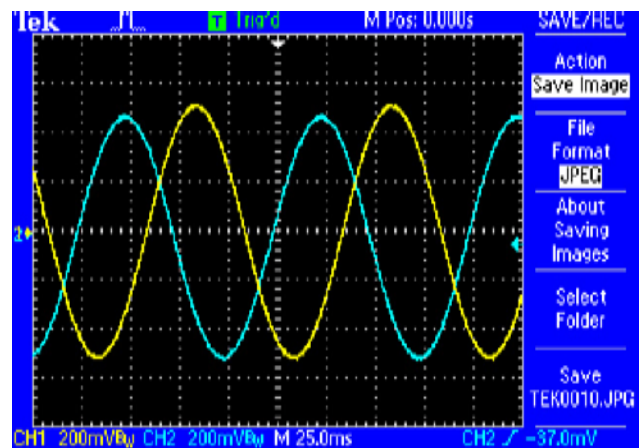


Fig. 7. The output signal for 10 Hz input signal.

Fig. 8 was shown the 100 Hz input signal and the output signal. The output amplitude was also equal to input amplitude.

The band-stop Butterworth filter is working properly. The 50 Hz signal from electricity was attenuated to a small signal. Therefore, the filter can be used in ECG system for reject the unwanted signal while the other signal was passed.

The PCB design of projected filter was done in Altium Designer Software 15.1 [7]. PCB layout and 3D model of board were shown in Figs. 9 and 10, respectively.

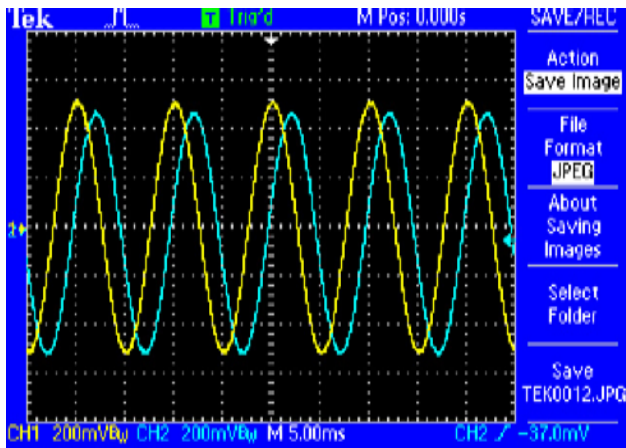


Fig. 8. The output signal for 100 Hz input signal.

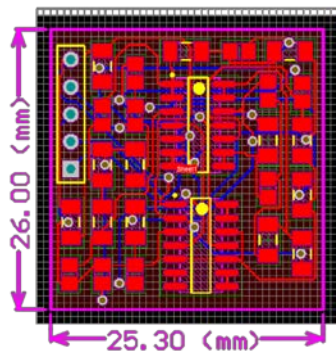


Fig. 9. PCB Layout.

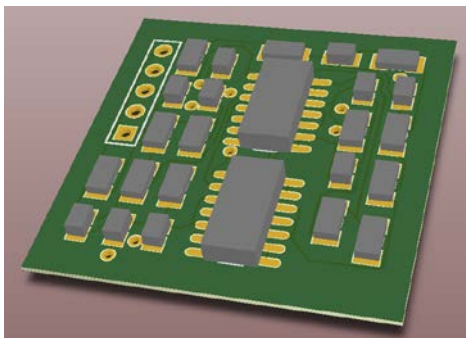


Fig. 10. 3D model of PCB.

ACKNOWLEDGEMENT

This project would not have been possible if we did not have a support of individuals and organizations. Therefore we would like to extend our sincere gratitude to all of them.

First of all, we are thankful to Dr. Danijel Danković for provision of expertise and technical support in the implementation. Without his superior knowledge and experience, the project would like in quality of outcomes, and thus his support has been essential.

We also express our gratitude toward IAESTE organization for giving the great opportunity to training at Faculty of Electronics Engineering, University of Niš, Serbia.

Finally, we sincerely thank to our parents and families who provide the advice and financial support. This research paper would not be possible without all of them.

REFERENCES

- [1] Hank Zumbahlen (ed.). *Basic Linear Design*. Analog Device Inc., 2007.
- [2] Vadim Kim. *How to Design 10 kHz filter (Using Butterworth filter design)*. [On Line] <http://www.egr.msu.edu/classes/ece480/capstone/fall11/group02/web/Documents/How%20to%20Design%2010%20kHz%20filter-Vadim.pdf>.
- [3] Robert T. Paynter, Chapter Summary in Chapter 17: Tuned Amplifiers. Pearson Education. [On Line] http://wps.prenhall.com/chet_paynter_introduc_7/30/7755/1985447.cw/content/index.html
- [4] Wayne Storr, Butterworth Filter Design. Electronics Tutorials. [On Line] http://www.electronicstutorials.ws/filter/filter_8.html
- [5] AFG 3102, Dual Channel Arbitrary/Function Generator, Tektronix. [On Line] www.tek.com
- [6] TDS 2024B Four Channel, Digital Storage Oscilloscope, Tektronix. [On Line] www.tek.com
- [7] Altium Designer 15.1, Standalone option. [On Line] [altium.com](http://www.altium.com)

Sistem za kontrolu režima rada plinskog šporeta

Dušan Todorović

Abstract - U ovom radu biće demonstriran princip jednog pomoćnog sistema koji je namenjen implementaciji u uređaj bele tehnike – šporet na gas. Osnovna uloga ovog sistema je sprečavanje curenja gasa i nepravilnog upravljanja uređajem.

I. UVOD

Osnovu sistema čini razvojno okruženje “Ready for PIC” proizvođača “Mikroelektronika”, sa ubačenim mikrokontrolerom 18F45K22. Mikrokontroler skuplja podatke iz senzornog okruženja, obrađuje ih, i u zavisnosti od rezultata šalje odgovarajuća obaveštenja korisniku kroz aktuatorski blok.

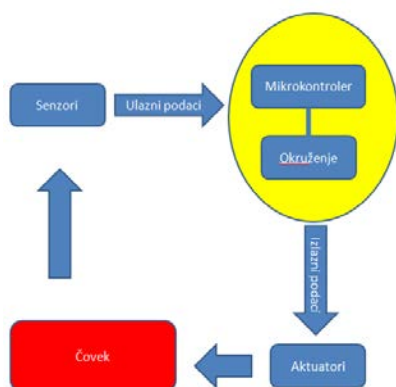
Akcije čoveka su odgovorne za pobuđivanje senzornog okruženja[1], ali i zahtevane posle reakcije aktuatorskog bloka, bar u konceptualnom razmatranju.

U konceptualnom razmatranju aktuatori podrazumevaju samo komponente za uzbuđivanje čoveka, dok se u realnom razmatranju ovaj blok može proširiti sa znatno više komponentata, o čemu će biti reči u nastavku rada.

Glavna uloga senzornog bloka je prijem informacija sa tri različita kanala: koncentracija gasa u sredini, osvetljenost i ambijentalna temperatura. Po akviziciji ovih podataka, oni preko razvojnog okruženja ulaze u mikrokontroler i obrađuju se, da bi se finalno, kroz izlazne portove okruženja rezultati obrade preneli na aktuatorski blok, koji bi naknadno izazvao odgovarajuću reakciju čoveka.

Shodno gore rečenom, zahteve sistema možemo definisati u nekoliko stavki:

- Prijem signala iz okoline
- Obrada i validacija podataka
- Obezbeđivanje reakcije aktuatorskog bloka u zavisnosti od rezultata obrade podataka



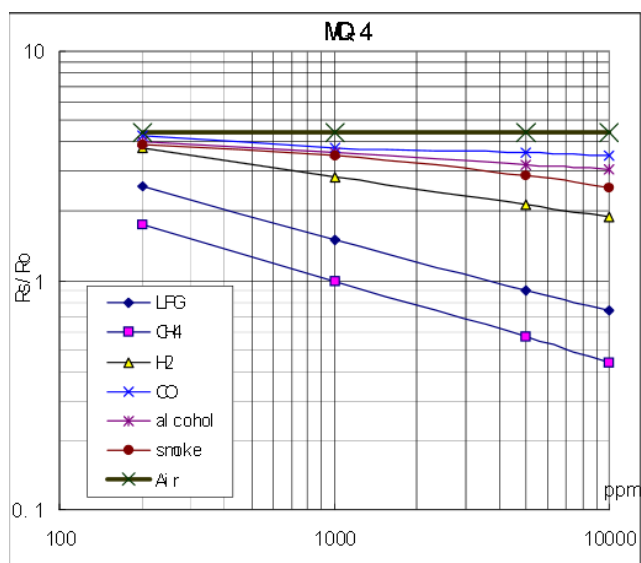
Slika 1. Blok šema sistema.

DušanTodorović je student Elektronskog fakulteta u Nišu, smer elektronske komponente i mikrosistemi, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: duki018@yahoo.com

II. KOMPONENTE SISTEMA

Da bi što bolje upoznali način na koji se ovi zahtevi ispunjavaju, potrebno je da posvetimo pažnju aktivnim komponentama koje čine ovaj sistem.

Senzorni deo sistema se sastoji od 3 senzora: senzora gasa, temperaturnog senzora (termistora) i fotootpornika. Pored aktivnih elemenata, u ovaj deo sistema spadaju i otpornici za podešavanje senzora i odgovarajući konektori, kao i delovi pomoćne elektronike u slučaju gasnog senzora. Gasni sensor MQ-4[2] je jedno od low-budget rešenja za detekciju gasova na bazi metana, kakav je između ostalog i gas koji se koristi u kućnim instalacijama za napajanje šporeta. U dobijenom pakovanju je na pločici integrisan sa pomoćnom elektronikom za kalibraciju (uključujući podesivi trimer) i 8-bitnim AD konvertorom.Ovaj podsistem na pločici kontaktira sa ostatkom sistema preko 4 izlazna pina: VCC, GND, AO, DO. Kao što možemo da vidimo, pored napajanja, uzemljenja i digitalnog izlaza, ovaj sistem pruža i direktno iščitavanje analognih podataka sa senzora, što je i korišćeno u ovom radu.



Slika 2. Karakteristika MQ-4 gasnog senzora.

Senzor je po prirodni rezistivan – menja otpornost pri promeni koncentracije gasa. U realizaciji je korišćeno posredno merenje promene napona uzrokovano promenom otpornosti senzora. Treba napomenuti da je prilikom uključivanja senzoru potrebno određeno vreme (30 sekundi) da zagreje interni grejač senzora za propisnu detekciju. Takođe, vreme oporavka senzora je nešto veće i kreće se oko 10s, što zadovoljava potrebe projektovanog

sistema. Senzor je podešen da radi kao detektor sa pragom detekcije u nižem delu karakteristike, na oko 500ppm metana u vazduhu.

Temperaturni senzor KTY 81-220[3] je zapravo termistor sa pozitivnim temperaturnim koeficijentom. Upakovan je u karakteristično SOD70 plastično kućište koje izdržava temperature i do 150°C u piku. Ako uzmemo u obzir da je otpornost ovog senzora na sobnoj temperaturi (25°C) 2 kΩ, da mu je, po projektu, redno vezan otpornik sa otpornošću od 1kΩ, da se na senzor dovodi napajanje od 4.6V, a da je senzor kalibrisan kao detektor sa granicom na 1.15V dobijamo sledeće:

$$1.15 = \frac{1000}{1000 + R_{sen}} * 4.6$$

$$0.25 * R_{sen} = 750$$

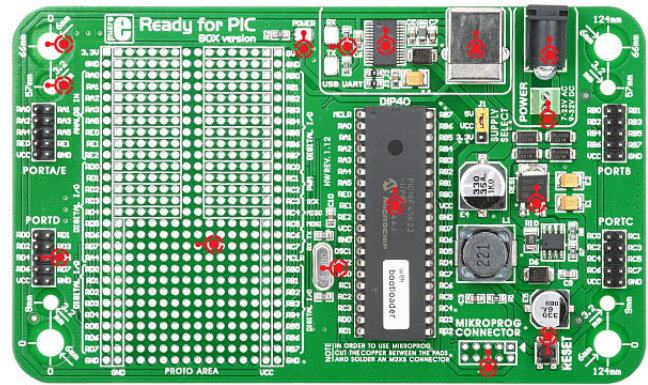
$$R_{sen} = 3000\Omega$$

Odnosno, po datasheet-u senzora, senzor je kalibrisan kao detektor sa tačkom reagovanja na oko 80°C.

Kao senzor osvetljenja korišćen je LDR-03 fotootpornik sa fotosenzitivnim slojem CdS (kadmijum – sulfida). Fotootpornik je vezan na napajanje od 4.6V i u paraleli sa otpornikom od 10kΩ. Po proračunu naponskog razdelnika analognom proračunu primenjenom na senzor temperature, dobija se da je otpornost senzora na sobnom osvetljenju (~500lx) oko 9.2kΩ. Kao početna granica u programu se koristi vrednost za intenzitet svetlosti od oko 1000lx, ali obzirom da ta vrednost ne može biti previše precizna, zbog različitog osvetljenja različitih prostorija, implementirana je samokalibracija senzora. U trenucima kada gas (MQ-4) i vatra (KTY 81-220) nisu prisutni, kontroler vrši akviziciju podataka sa ovog senzora i dobijene vrednosti uzima za validne vrednosti ambijentalnog osvetljenja.

Ako uzmemo u obzir ambijentalne uslove rada fotootpornika i MQ-4 gasnog senzora, a pri tome specijalno razmatramo maksimalne temperature normalnog rada, koje su za MQ-4 gasni senzor oko 50°C, a za fotootpornik oko 70°C, možemo zaključiti da ovi senzori nisu pogodni za rad u ekstremnoj sredini, kakvu stvara otvoreni plamen gorionika šporeta. U ovom slučaju, iako to u projektu nije urađeno, preporučuje se kabliranje termistora i fizička separacija od ostalog dela senzornog bloka. Za razumne dužine kabla, kabliranje ne bi trebalo da unese znatne poremećaje u načinu funkcionisanja senzora (ne bi trebalo da u mnogome utiče na ukupnu otpornost).

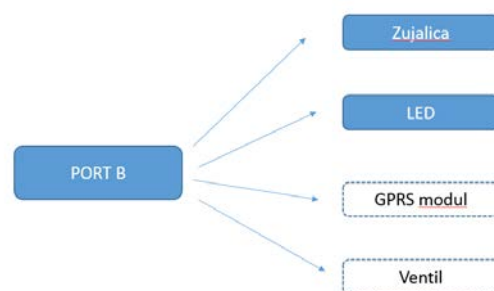
Razvojno okruženje korišćeno u ovom projektu je "Ready for PIC" [4], proizvod firme Mikroelektronika. Opremljeno je mikrokontrolerom 18F45K22[5] i pomoćnom elektronikom. Posедуje 4 bidirekciona porta, kao i mogućnost upisivanja/iščitavanja podataka preko USB-a. Okruženje je opremljeno eksternim kristalnim oscilatorom od 8MHz, koji je promenljiv. Treba napomenuti da je na okruženju, pored konektora za programator, omogućeno i programiranje mikrokontrolera na bootloader-u, preko USB porta.



Slika 3. Razvojno okruženje Ready For PIC.

Kao što se može videti na slici 3, mikrokontroler i okruženje mogu da rade na 2 različita konvencionalna logička nivoa od 3.3V i 5V. Prelaz sa jednog na drugi režim rada vrši se preko 3-pinskog header-a na samom okruženju. Pored toga, okruženje ima sopstvenu sekciju napajanja i prednaponsku zaštitu. Okruženje može da se napaja preko standardnog ulaza za DC napajanje sa ispravljača, od 9-32V, postoji mogućnost i dovođenja eksternog AC napajanja 7-23V amplitude, a postoji i mogućnost napajanja preko USB porta (5V/500mA). Mikrokontroler je spakovan u DIP40 kućište i montiran na nosač na ploči. Detaljnija električna šema samog okruženja može se videti u okviru njegove tehničke dokumentacije, zajedno sa sekcijom napajanja i pinout-om mikrokontrolera.

Ulazni podaci za mikrokontroler su naponski nivoi senzora iz senzornog okruženja, koji se dovode preko porta A na okruženje. Glavna etapa obrade ovih podataka je njihova analogno-digitalna konverzija u 10-bitnom ADC konvertoru na okruženju. Posle procesa konverzije podaci se upoređuju, i u zavisnosti od rezultata, kao izlazni podaci generiše se bajt na izlaznom portu B. Moguće je priključiti do 8 perifernih uređaja na jedan port, ali su u ovom projektu iskorišćena samo dva kanala, za dva aktuatora.



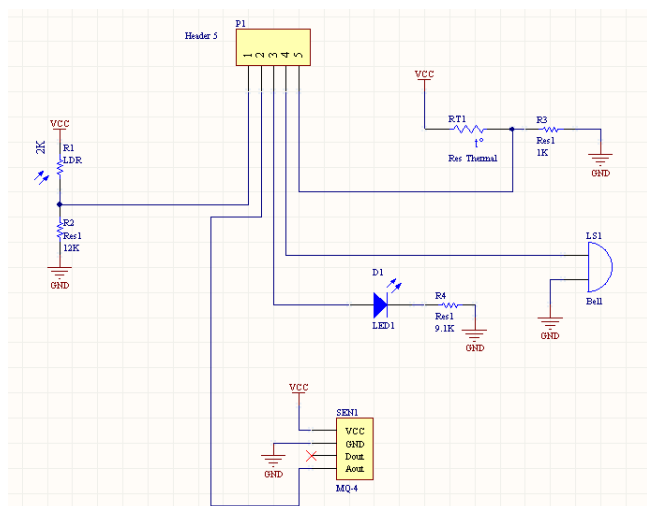
Slika 4. Implementirani (plavo) i predloženi (isprekidano) uređaji na izlaznom portu.

Piezo zujalica (PK-21N30WQ)[6] ima ulogu informisanja korisnika o nedozvoljenom režimu rada, i to u dva moda:

- Curenje plina – Označava se sa 5 isprekidanih zvučnih signala perioda 6 sekundi
- Pojava otvorenog plamena – Označava se dugim kontinualnim zvučnim signalom u trajanju od 30 sekundi.

Pozitivnim krajem piezo zujalica je vezana na pin PORTB.0 promenljivog sadržaja, dok je negativnim krajem vezana za masu. Zujalica predstavlja prvi nivo upozorenja korisnika o neadekvatnom radu uređaja (plinskog šporeta). Ako se korisnik posle 5 krugova zvučnih signala ne odazove i ne ukloni dovod plina i/ili prisustvo otvorenog plamena, uključuje se drugi nivo upozorenja.

Drugi nivo upozorenja je bihevioralno implementiran u vidu aktiviranja led diode na pinu RB.1, i to tek posle isteklih 5 krugova zvučnog upozorenja. Iako je ovo bihevioralno posmatrano, samo uključivanje diode, treba napomenuti da umesto diode na to mesto može doći bilo koji logički kontrolisani element, poput električnog ventila, elektromotora sa drajverom, ili drugi elementi koji bi obezbedili još pouzdaniju zaštitu korisnika.



Slika 5. Električna šema dela sistema.

III. SOFTVER

Algoritam logike rada mikrokontrolera možemo podeliti analogno podeli sistema:

- Deo za podešavanja mikrokontrolera
- Deo za prikupljanje podataka
- Deo za obradu podataka
- Deo za pobuđivanje izlaznih jedinica

Po prirodi, algoritam je nestrukturalan, zato što se u logici pojavljuju preskakanja izvršenja dela naredbi. To je npr. očigledno kod provere prisustva gasa: ako prisustvo gasa nije detektovano, nema potrebe ići u dalje provere ambijentalnih uslova, već se kreira kašnjenje i izvršenje toka procedure se vraća na tačku početka provere prisustva gasa. Podešavanje određenih svojstava portova na

mikrokontroleru dovoljno je odraditi samo jednom, pa su s toga ti delovi izbačeni van iteracija. U algoritmu možemo prepoznati strukturu ugnježenih petlji, i to jedne mrtve, nestrukturalne, koja se formira konstantnim vraćanjem na početak izvršenja programa, i jedne regularne petlje sa konačnim brojem ponavljanja koja se javlja u slučaju detekcije protoka gasa i alarmiranja buzzerom. U algoritmu takođe možemo naći branching strukture na više mesta, u proveri podataka iz senzora, posle AD konverzije[7].

Samo nestrukturalno programiranje otežava praćenje toka izvršenja algoritama, ali je vrlo česta pojava u programiranju na nižem nivou.

U ovom sistemu, za programiranje mikrokontrolera korišćen je Proton kompajler, a programirano je u BASIC programskom jeziku. Proton compiler proizvod je engleske firme Crownhill(4), a poseduje mogućnost programiranja PIC mikrokontrolera, od PIC10F serije do PIC24F serije.

Uzimajući u obzir da je Proton komercijalno rešenje, i da je za pristup celokupnoj bazi biblioteka svih mikrokontrolera potrebno imati plaćenu licencu proizvođača, mikrokontroler 18F45K22 je u ovom sistemu programiran sa bibliotekama njegovog prethodnika, mikrokontrolera 18F25K22, koje su približno najpodesnije za ovaj mikrokontroler. 18F25K22 je gotovo identičan mikrokontroleru 18F45K22, sa razlikom da poseduje samo 3 bidirekciona porta, dok 18F45K22 raspolaže sa 4 porta. U ovom sistemu koriste se 2 porta za primopredaju podataka, tako da broj od 3 raspoloživa porta nije ograničavajući faktor za samu realizaciju.

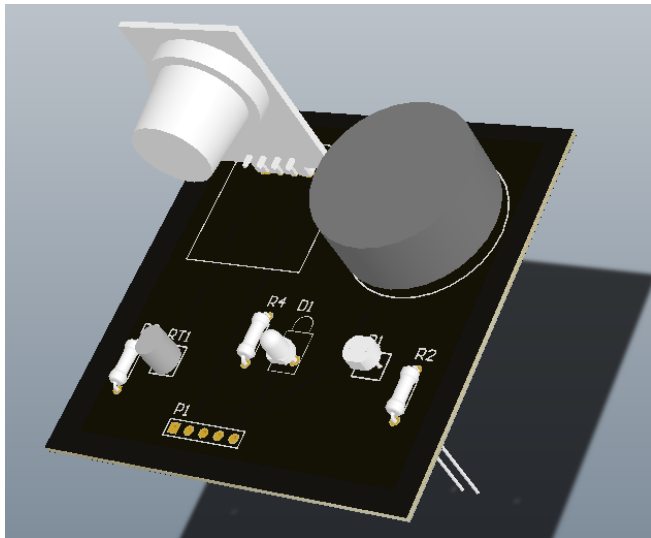
IV. PCB PROJEKAT

Iako je spajanje celog senzornog i aktuatorskog bloka realizovano na proto pločici u POC maniru, kao dodatak tome projektovana je i električna šema i štampana ploča ovog test sistema, i to u softverskom paketu "Altium 10". Pored toga, dizajnirani su i 3D modeli komponenta korišćenih u ovom sistemu, u softverskom paketu "Solid Edge 20".

Bez detaljnijih osvrta na sam proces dizajniranja 3D modela važno je samo napomenuti da su modeli kreirani protrusion alatom, u kombinaciji sa sečenjem suvišnih delova na modelu. Za pojedine komponente korišćeni su i gotovi STEP modeli, dok je za zujalicu (buzzer), korišćena ugrađena funkcija za kreiranje 3D modela u Altiumu. Veličina komponenta iščitavana je iz datasheet-a, sa uračunatim stepenom tolerancije.

Električna šema kreirana u Altium softverskom paketu sastavljena je od kombinacije postojećih komponenta i konektora u integrisanim Altiumovim bibliotekama (miscellaneous devices& miscellaneous connectors), ali i od dodatno kreiranih komponenta koji nisu bili dostupni u integrisanim Altiumovim bibliotekama (added1.LibPkg). Dodatno napravljeni šematski simboli za ovaj sistem su MQ-4 gasni senzor i fotootpornik LDR3. Šemu pločice sa senzornim i aktuatorskim delom sistema možemo videti na slici 5.

Otisci komponenata za štampanu ploču takođe su kombinovani iz postojećih integrisanih biblioteka i ručno kreiranih otisaka. Otisci za obične otpornike su za konvencionalne 0.3 in through-hole otpornike, i uzeti su iz Altiumovih integrisanih biblioteka, kao i otisak za kontaktni 5-pinski header. Ostale komponente na pločici imaju dodatno izrađene otiske shodno informacijama dobijenih iz tehničke dokumentacije istih.



Slika 6. 3D izgled projektovane ploče.

Pored urađenog PCB projekta u softverskom paketu “Altium”, prototip sistema je u svrhu demonstracije povezan na proto pločici i povezan sa razvojnim okruženjem kratkospajalima. U prototipu izvršeno je kabliranje temperaturnog senzora kraćim kablom, zbog nemogućnosti ostatka elektronike da izdrži temperature veće od 50°C. Na slici 7 možemo videti sliku realizovanog prototipa na proto pločici.



Slika 7. Realizovani prototip sistema.

V. ZAKLJUČAK

Prototip ovog sistema je, gledajući sa strane kompleksnosti, prilično bazičan, ali su dodatne funkcionalnosti koje se mogu naknadno implementirati gotovo neograničene. Umesto čiste neposredne vizuelne i zvučne komunikacije sa korisnikom, moguća je implementacija nekih od bezbroj perifernih uređaja, bez ometanja osnovne logike, od kojih ćemo pomenuti samo neke:

- GPRS modul
- Električni ventil za gas
- Kontrola nivoa ambijentalnog osvetljenja i povezivanje sa kućnim osvetljenjem
- Kontrola ambijentalne temperature i povezivanje sa kućnom klimatizacijom, itd.

Zbog ovakvih mogućnosti, ovaj prototip sistema je svakako prilagođen i podložan daljem razvoju, sa ciljem razvijanja multifunkcionalnog sistema koji svoju primenu može naći u različitim sferama svakodnevnog života.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je deo Završnog rada pod naslovom “Sistem za kontrolu bezbednosti rada plinskog šporeta“, iz predmeta Analogni mikroelektronika, na modulu Elektronske komponente i sistemi, pod mentorstvom doc. dr Danijela Dankovića. Posebnu zahvalnost zaslužuju mentor i kolege, za pruženu podršku tokom pisanja rada.

REFERENCE

- [1] N. Janković, Lj. Vračar – Senzori i pretvarači – Materijal za laboratorijske vežbe.
- [2] Sparkfun – Technical data for MQ-4 gas sensor. Dostupno na: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-4.pdf> (pristupljeno 10. avgusta 2015.)
- [3] NXP – KTY 81-220 datasheet. Dostupno na: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/KTY81_SER.pdf (pristupljeno 10. avgusta 2015.)
- [4] Mikroelektronika – Ready for PIC [home page on the internet] Dostupno na: <http://www.mikroe.com/ready/pic/> (pristupljeno 10. avgusta 2015.)
- [5] Microchip devices – PIC18F45K22 datasheet. Dostupno na: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41412F.pdf> (pristupljeno 10. avgusta 2015.)
- [6] Buzzer – Technical data for PLD-21N30WQL bell. Dostupno na: <http://www.hitpoint-buzzer.com/download/PLD-21N30WQ.pdf> (pristupljeno 10. avgusta 2015.)
- [7] Z. Prijić – Analogni mikroelektronika, AD konvertori – Slajdovi sa predavanja, Elektronski fakultet u Nišu, katedra za Mikroelektroniku, 2006 godine. Dostupno na: http://mikroelektronika.elfak.ni.ac.rs/analogna/files/ad_conv.pdf (pristupljeno 10. avgusta 2015.)
- [8] D. Todorović - Sistem za kontrolu bezbednosti rada plinskog šporeta, Završni rad, Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, septembar 2015.

Uključivanje i isključivanje svetla pomoću Arduina i IR Dioda

Milan Ivković, Milica Kostić, Miloš Janošević, Miodrag Sokolović

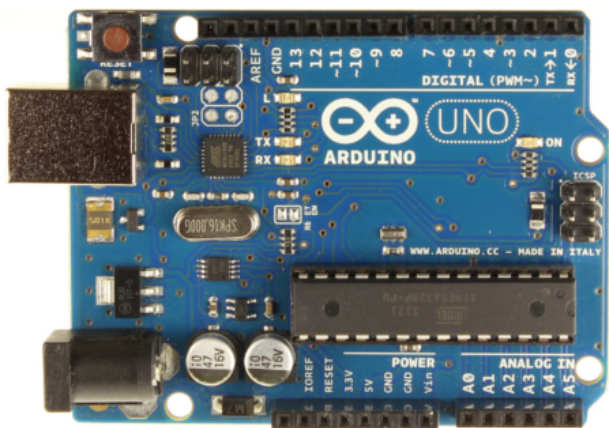
Sadržaj – U ovom radu je predstavljena jednostavna šema pomoću koje će se, daljinskim putem, uključuje i isključuje svetlo u kancelariji. Ideja se zasniva na korišćenju Arduina, IR dioda i IR tranzistora.

I. UVOD

Cilj rada jeste zameniti klasičan način uključivanja i isključivanja svetla, nečim novim i zanimljivim. Za realizaciju ovog projekta je odlučeno koristiti Arduino Uno [1] identičan onom na slici 1.

Naime, reč je o mikrokontrolerskoj ploči baziranoj na Atmega328 mikrokontroleru [2] poseduje 14 digitalnih ulaza/izlaza (od kojih 6 mogu služiti kao PWM izlazi), 6 analognih ulaza, 16MHz kristal oscilator, USB konektor za programiranje i vezu sa računarom, konektor za eksterno napajanje (ukoliko se ne napaja sa USB-a), ICSP konektor i taster reset. Za komunikaciju sa računarom Arduino Uno koristi čip FTDI [3].

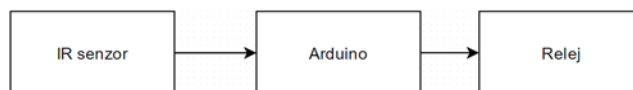
Arduino Uno je lak za učenje i postoji mnoštvo primera za njegovu primenu. Jedan od primera je da se dioda na jednom od izlaza uključuje i isključuje pritiskom na dugme koje je na jednom od ulaza Arduina. Jednostavno proširivanje primera je da nam dioda bude sijalica, a taster IR tranzistor.



Slika 1. Arduino Uno.

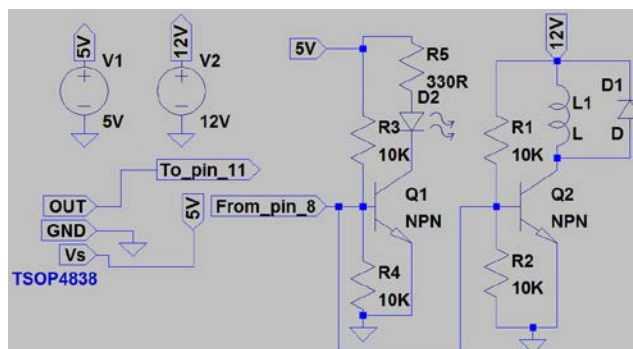
Milica Kostić, Milan Ivković, Miloš Janošević, Miodrag Sokolović su članovi projektnog tima SICEF-a, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: kosticka94@hotmail.com, milan.ivkovic@elfak.rs, milos.janosevic.94@gmail.com, sokolovicmiki@gmail.com

II. PRINCIP RADA



Slika 2. Blok dijagram.

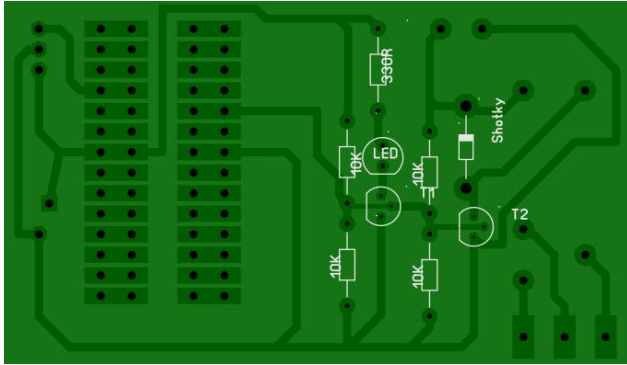
U ovom projektu iskorišćen je Arduino Uno koji je, kako je već pomenuto, lak za korišćenje. Ideja je da se svetlo uključuje i isključuje preko bilo kog daljinskog upravljača korišćenjem senzora TSOP4838 [4]. Izlaz iz senzora ide na jedan od pinova arduina, u ovom slučaju na pin 11. Zatim se signal u Arduino procesira i na pinu 8 se daje signal kojim se uključuje i isključuje osvetljenje. Na izlazu su upotrebljena dva Darlingtonova tranzistora [5] BC517 [6]. Baze tranzistora su spojene na isti pin, čime jedan uključuje diodu kao indikaciju, a drugi relej čime se ostvaruje kontakt za osvetljenje.



Slika 3. Električna šema.

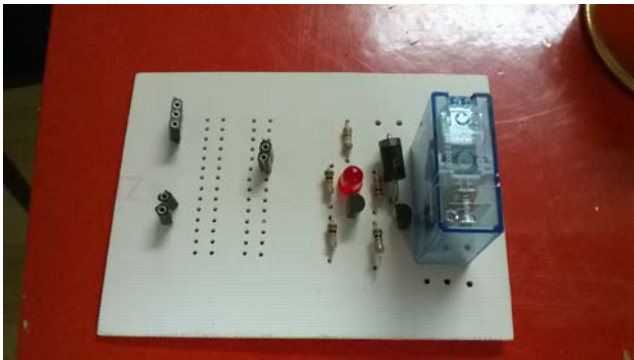
Na slici 3 se vide dva kontakta To_pin_11 i From_pin 8. Prvi kontakt To_pin_11 predstavlja ulazni signal u Arduino koji dolazi od senzora. From_pin_8 je izlazni signal iz Arduina. Prvi tranzistor Q1 je iskorišćen za napajanje diode koja služi za indikaciju. Upotrebljen je poseban tranzistor zato što napon između baze i emitora pada na 1.4V i LE dioda u tom slučaju nema dovoljan napon da bi svetlela punim intezitetom. Kalem L na električnoj šemi prikazuje kalem releja, i paralelno njemu je vezana šotki dioda [7], i to SB360 [8], kako bi zaštitila tranzistor od inverznog napona.

III. PRAKTIČNA REALIZACIJA



Slika 4. Top layer.

Data šema je rađena u programu Sprint-Layout[9], gde je napravljen dizajn za PCB pločicu. Na slici 4 je prikazan top layer. U gornjem levom uglu su tri kontakta za senzor, a ispod njih su kontakti za napajanje od 5V. Ostavljeno je mesto za 24-pinski mikrokontroler Atmega328 kao dalja nadoknada koja će zameniti arduino. U gornjem desnom uglu su izvodi za napajanje od 12V, dok je sa desne strane kontakti za relej.



Slika 5. Praktična realizacija.

Program:

```
#include <IRremote.h>

int IRpin = 11; // pin for the IR sensor
int LED = 8; // LED pin
IRrecv irrecv(IRpin);
decode_results results;

boolean LEDon = true;

void setup()
{
  irrecv.enableIRIn();
  pinMode(LED, OUTPUT);
}

void loop()
{
```

```
  if (irrecv.decode(&results))
  {
    irrecv.resume();
  }

  if (results.value == 779091978)
  {
    digitalWrite(LED, HIGH);
  }
  else {
    digitalWrite(LED, LOW);
  }
}
```

Program radi tako da kada se na senzoru očitati neki kod, u ovom slučaju 779091978, daje se signal od 5V na pinu 8 i time se aktivira relej koji uključuje osvetljenje. Čim se očitati neki drugi signal, različit od datog broja, signal prestaje i svetlo se isključuje.

IV. DALJI RAZVOJ

Kao što je navedeno u poglavlju praktična realizacija planira se dalji razvoj u pogledu postavljanja posebnog mikrokontrolera koji će zameniti Arduino. Na slici 5 se vidi da je ostavljeno mesto za 24-pinski Atmega328 mikrokontroler. U njemu će biti upisan kod koji je trenutno u Arduino. Pored rupa za mikrokontroler ostavljeni su još po jedni redovi koji omogućavaju neki dalji razvoj s obzirom da dati mikrokontroler ima znatno više ulaza i izlaza nego što nam treba u samom projektu

ZAHVALNOST

Zahvaljujemo se celokupnom timu Studentskog Inovacionog Centra Elektronskog fakultetu (SICEF), kao i Katedri za mikroelektroniku koja nam je izašla u susret, a posebno doc. dr Danijelu Dankoviću i asistentu Milošu Marjanoviću na asistenciji i pomoći. Rad možete videti na sajtu sicef.info.

LITERATURA

- [1] Arduino Uno <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [2] Atmega328 <http://www.atmel.com/Images/doc8161.pdf>
- [3] FTDI CHIP <http://www.ftdichip.com/>
- [4] TSOP4838 <http://www.vishay.com/docs/82459/tsop48.pdf>
- [5] Darlingtonov tranzistor https://en.wikipedia.org/wiki/Darlington_transistor
- [6] BC517 <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/BC/BC517.pdf>
- [7] Šotki dioda https://sr.wikipedia.org/sr/%C5%A0otki_dioda
- [8] SB360 <http://www.vishay.com/docs/88719/sb320.pdf>
- [9] Sprint-Layout <http://www.abacom-online.de/uk/html/sprint-layout.html>

Sistem za merenje temperature realizovan na Raspberry Pi mikroračunaru

Miloš Mitić, Đorđe Veličković

Sadržaj – U ovom radu opisana je jedna od mogućih realizacija sistema za merenje temperature pomoću senzora temperature DS18B20 i mikroračunara *Raspberry Pi*. Prvi deo rada objašnjava princip rada samog senzora DS18B20 koji se koristi u projektovanom sistemu. Drugi deo rada opisuje mikroračunar *Raspberry Pi*, tj. njegove tehničke specifikacije. U trećem delu teorijske osnove o *Raspberry Pi* mikroračunaru i temperaturnom senzoru dobijaju praktičnu primenu. Opisano je povezivanje hardverskog i softverskog dela sistema za merenje temperature, koji je realizovan na *Raspberry Pi* mikroračunaru.

I. UVOD

Proces detekcija promene i merenja vrednosti termičkih, mehaničkih, hemijskih, magnetnih, radijacionih i električnih veličina obavlja se korišćenjem senzora. Senzori se projektuju tako da veličinu od interesa pretvaraju u standardizovani oblik koji je pogodan za prikaz i memorisanje, ukoliko je to potrebno. U većini slučajeva senzori na svom izlazu daju električni signal (napon ili struju) koji se dovodi na ulaz instrumenata koji meri električne veličine. Merne informacije dobijene ovim procesom imaju veliki značaj, jer sadrže njihove vrednosti i bolje opisuju osobine objekta istraživanja.

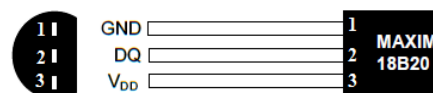
U današnje vreme, prednost imaju digitalni senzori. Osnovna prednost je da na svome izlazu daju niz diskretnih vrednosti. Svaka vrednost je nezavisna od prethodne i sledeće vrednosti. Digitalni senzori su poznati po svojoj tačnosti i jednostavnim povezivanjem na kompjuter ili mikrokontroler bez potrebe za dodatnim konvertorima.

II. TEMPERATURNI SENZOR DS18B20

Senzor DS18B20 [1] je digitalni termometar koji meri temperaturu u stepenima Celzijusa i čija je rezolucija podesiva od strane korisnika (od 9 do 12 bitova). Posедуje i „alarm“ funkciju sa programibilnom granicama (donjom i gornjom) na kojima bi se alarm aktivirao. Temperaturni opseg u kome radi je od -55 °C do +125 °C, dok proizvođač garantuje tačnost sa odstupanjem ± 0.5 °C u opsegu od -10 °C do +85 °C. Komunikacija ovog senzora od mikroprocesora (u ovom radu to je *Raspberry Pi*) ka senzoru i od senzora ka mikroprocesoru se odvija jednom linijom (žicom).

Miloš Mitić i Đorđe Veličković su studenti master studija na studijskom programu Elektronika i mikrosistemi, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: mmitic@elfak.rs, velicko992.2@hotmail.com

Senzor dolazi u nekoliko varijanti kućišta, pa čak i u vodootpornom, a za potrebe rada korišćen je senzor u kućištu TO-92 čiji je raspored pinova prikazan na slici 1.



Slika 1. TO-92 kućište i raspored pinova senzora DS18B20.

Prenos podataka i komunikacija uređaja koji upravlja (*master*) i uređaja kojim se upravlja (*slave*) vrši se preko jedne linije-žice (*1-wire bus*). Svaki od uređaja je povezan je na magistralu (*bus*) kojom se vrši prenos preko bafera sa tri stanja (*3-state port*) ili MOSFET-a sa otvorenim drejnom. To omogućava svakom od uređaja da „otpusti“ magistralu kada mu nije potrebna i da omogući upotrebu drugom uređaju.

Velika prednost ovog senzora u odnosu na druge je da svaki DS18B20 ima jedinstven 64-bitni serijski kod, što omogućava povezivanje velikog broja senzora DS18B20 sa mikroprocesorom preko jedne žice. Zbog toga je veoma lako i praktično kontrolisanje velikog broja senzora raspoređenih na velikom prostoru. To daje prednost korišćenju senzora i mikroprocesora za kontrolisanje sistema grejanja, ventilacije i osvežavanja prostorija (HVAC kontrola), za kontrolu temperature u zgradama, industrijske opreme i mašina i sistema za kontrolu i nadzor raznih procesa.

III. RASPBERRY PI

Raspberry Pi mikroračunar je računar veličine kreditne kartice na koji se priključuje televizor ili monitor i periferne jedinice kao što su tastatura i miš. Zamišljen je za obavljanje mnogobrojnih aktivnosti kao što je obrada teksta, multimedijalni centar, upravljanje spoljašnjim uređajima, a i u obrazovne svrhe i to pre svega za učenje programiranja (najčešće u „Python“ i „Scratch“ programskim jezicima). Pored funkcionalnosti i jednostavnosti korišćenja njegova velika prednost je i niska cena (najnoviji model košta oko 40\$).

Ono što posebno izdvaja *Raspberry Pi* mikroračunare je mogućnost jednostavne interakcije sa okolinom korišćenjem GPIO pinova. To su digitalni ulazi/izlazi koji se nalaze na štampanoj ploči ovog mikroračunara, a njihov broj zavisi od modela *Raspberry Pi*-a.

Postoje 3 aktuelna modela *Raspberry Pi* mikroračunara:

- 1) *Raspberry Pi* 1 model A+ (novembar 2014.)
- 2) *Raspberry Pi* 1 model B+ (jul 2014.)
- 3) *Raspberry Pi* 2 model B (februar 2015.).

Za potrebe ovog rada korišćen je model *Raspberry Pi* B+ prikazan na slici 2, dok su njegove tehničke specifikacije prikazane u tabeli 1.

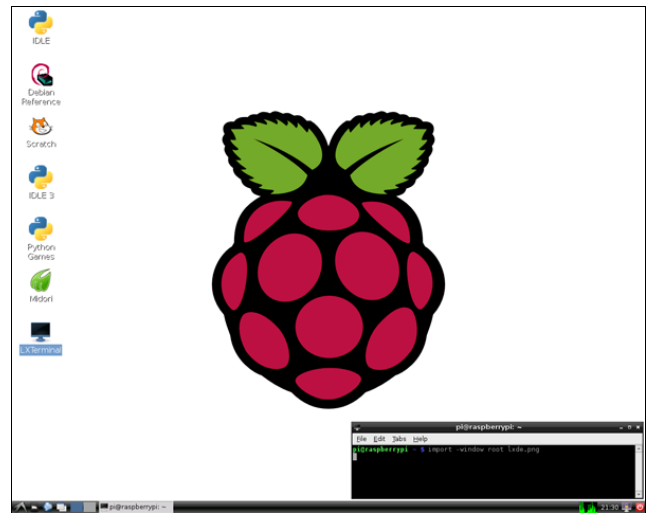


Slika 2. *Raspberry Pi* 1 model B+.

TABELA I
TEHNIČKE SPECIFIKACIJE RASPBERRY PI 1 MODELA B+

Čip	Broadcom BCM2835 SoC
CPU	700 MHz Low Power ARM1176JZFS Core
GPU	512 MB SDRAM
Memorija	20 mm
Operativni sistem	Butovanje sa microSD kartice, Debian GNU/Linux, Fedora, Arch Linux, RISC OS i dr.
Napajanje	Micro USB port (5V, 2A)
Ethernet	10/100 BaseTEthernet socket
Video izlaz	HDMI Composite RCA (PAL i NTSC)
USB	4 x USB 2.0 port (1.2 A output)
GPIO interfejs	40 pinova (2 linije od po 20 pinova), 27 GPIO pinova + 3.3 V, 5V i GND
Interfejs za kameru	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
Slot za memorijsku karticu	SDIO

Svi *Raspberry Pi* mikroračunari imaju mogućnost pokretanja operativnih sistema baziranih na *Linux* platformi, dok najnoviji model dolazi sa operativnim sistemom *Windows 10*. Za potrebe rada u ovom slučaju odabran je sistem *Raspbian*, zasnovan na *Debian* distribuciji *Linux*-a, jer je optimizovan za rad sa *Raspberry Pi*-em. Njegova prednost u odnosu na ostale operativne sisteme je ta što je korisnik odmah spreman za rad, jer se samom instalacijom *Raspbian*-a automatski dobijaju i programi koji su dovoljni za rad. Na slici 3 prikazan je *desktop Raspbian*-a sa otvorenim terminalom (konzolom).



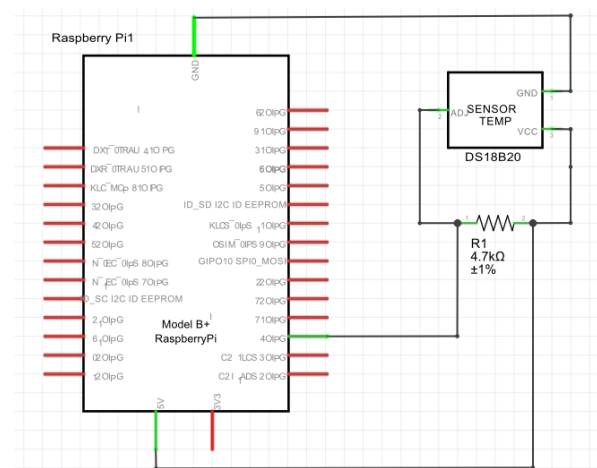
Slika 3. Izgled grafičkog okruženja (*desktop*-a) u *Raspbian*-u.

IV. PROJEKTOVANJE SISTEMA ZA MERENJE TEMPERATURE POMOĆU DS18B20 I RASPBERRY PI-A

Postupak projektovanja sistema za merenje temperature pomoću DS18B20 i *Raspberry Pi* a se može podeliti na dva dela: hardverski i softverski. Prvi deo podrazumeva način povezivanja senzora i mikroračunara *Raspberry Pi*.

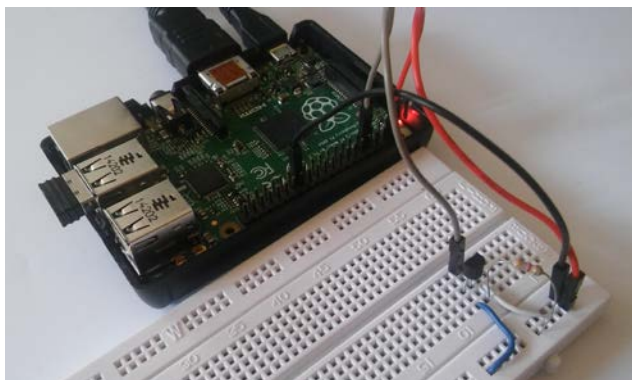
A. Projektovanje hardvera

Za sistem je izabrana konfiguracija sa klasičnim napajanjem senzora DS18B20, da bi se izbegla ograničenja u radu i upotreba MOSFET-a. Takođe, to je bolje rešenje i ako bi se uvećavao broj senzora u sistemu. Pin VCC senzora DS18B20 povezan je na pin 2 koji predstavlja output *Raspberry Pi*-a od 5 V. Pin DQ (ADJ) senzora povezan je na pin pod rednim brojem 7, tj. GPIO4. Na slici 4 prikazana je šema sistema.



Slika 4. Šema sistema.

Na slici 5 prikazan je senzor na protoploči povezan po šemi sa *Raspberry Pi* mikroračunaru.



Slika 5. Sistem realizovan na protoploči i *Raspberry Pi*-u.

B. Projektovanje softvera

Moguće je sa nekoliko linija koda u terminalu *Raspbian*-a direktno iz njega pročitati izlaz sa senzora DS18B20 bez ikakvog programiranja u Python-u. Međutim, to bi značilo da korisnik pri svakoj potrebi za merenjem temperature mora da kuca par linija, što može da predstavlja problem ukoliko on nije upoznat sa principom rada *Raspberry Pi*-a i senzora. Budući da je za potrebe pisanja koda potrebno jednom proći kroz taj korak da bi se saznalo u kom obliku senzor šalje podatke mikroračunaru, kao i serijski kod senzora, on će biti prikazan u nastavku.

Raspberry Pi je opremljen širokim spektrom drajvera za komuniciranje sa hardverom, ali se pri uključivanju *Raspbian*-a ne pokreću svi, pre svega da bi se skratilo vreme podizanja sistema i eliminisala upotreba sistemskih resursa. Da bi uspešno komunicirao sa senzorom, potrebno je uključiti drajver za pristup GPIO pinovima i omogućiti korišćenje 1-Wire bus-a na pinu GPIO4, kao i drajver za upotrebu termometra. To se postiže sledećim kodom:

```
sudo modprobe w1-gpio
sudo modprobe w1-therm
```

Sledeći korak je prelazak iz osnovnog direktorijuma u direktorijum gde se nalazi DS18B20 tj. u direktorijum sa 1-Wire uređajima. Takođe potrebno je i prikazati listu uređaja:

```
cd /sys/bus/w1/devices/
ls
```

Budući da je povezan samo jedan senzor, dobija se njegova adresa koja predstavlja niz brojeva i slova. U ovom slučaju adresa je:

```
28-000005295be7
```

Imajući u vidu da senzor periodično upisuje podatke u *w1_slave* fajl, potrebno je prikazati sadržaj tog fajla. To se postiže upotrebom komande *cat*:

```
cat w1_slave
```

Poslednja linija koda kao rezultat daje dve linije teksta koje predstavljaju izlaz sa senzora, i to CRC proveru tačnosti i iza „t=“ broj koji je potrebno normalizovati deljenjem sa 1000 da bi se dobila temperatura u °C. Izgled te dve linije dat je u nastavku:

```
8b 01 4b 46 7f ff 05 10 3a : crc=3a YES
8b 01 4b 46 7f ff 05 10 3a : t=24687
```

C. Python program

Da bi se izbegao postupak opisan u prethodnom delu, a i uvećala efikasnost projektovanog sistema napisan je program čijim se pokretanjem posle čitanja temperature njena vrednost upisuje u fajl. Program je pisan u Python-u na sledeći način. Na početku je potrebno uključiti module koji omogućavaju interfejs sa senzorom i operacije sa vremenom, potrebno je uključiti i modul za rad sa datumom (*datetime*), kao i modul za rad sa ekstenzijama fajlova (*glob*). To se omogućuje sledećim delom koda:

```
import os
import glob
import time
import datetime
```

U sledećem delu koda definiše se vremenska konstanta koja određuje razmak u sekundama od upisa vrednosti temperature pročitane sa senzora u fajl i ovu konstantu je moguće menjati u skladu sa potrebama rada sistema:

```
log_period = 10 # seconds
```

Sledeći deo koda ima za cilj generisanje fajla na zadatoj putanji, i to fajla koji će biti u csv formatu. Izabran je csv format zbog toga što su podaci u takvom tipu fajla veoma laki za obradu kako u *Office Excel*-u, tako u *Open Office*-u, a i u *Origin*-u. Deo koda dat je u produžetku:

```
logging_folder =
glob.glob('/media/*')[0]
dt = datetime.datetime.now()
file_name =
"temp_log_{:%Y_%m_%d}.csv".format(dt)
logging_file = logging_folder + '/' +
file_name
```

Takođe, kao u delu rada sa terminalom potrebno je aktivirati drajvere [2] za pristup GPIO pinovima i omogućavanje korišćenja 1-Wire bus-a na pinu GPIO4 i drajver za upotrebu termometra:

```
os.system('modprobe w1-gpio')
os.system('modprobe w1-therm')
```

Sledeći deo koda služi za pronalaženje adrese senzora i otvaranje njegovog direktorijuma:

```
base_dir = '/sys/bus/w1/devices/'
device_folder = glob.glob(base_dir +
'28*')[0]
temp_sensor = device_folder + '/w1_slave'
```

Sledeći korak predstavlja čitanje izlaza sa senzora i njegov upis u promenljivu *lines*:

```
def read_temp_1():
    f = open(temp_sensor, 'r')
    lines = f.readlines()
    f.close()
    return lines
```

Prethodno opisana funkcija *read_temp_1* se poziva u sledećoj opisanoj funkciji *read_temp*. U okviru funkcije *read_temp* se u promenljivoj *lines* traži potvrda tačnosti podataka (CRC kod), i ukoliko ona postoji sledi pronalaženje vrednosti temperature u promenljivoj *lines* i njen upis u promenljivu *temp_string*. Posle toga sledi normalizovanje vrednosti, tj. njeno deljenje brojem 1000 i upis te vrednosti u promenljivu *temp_c*. Sve opisano u ovom pasusu postiže se na sledeći način:

```
def read_temp():
    lines = read_temp_1()
    while lines[0].strip()[-3:] !=
'YES':
        time.sleep(0.2)
        lines = read_temp_1()
        equals_pos = lines[1].find('t=')
        if equals_pos != -1:
            temp_string =
lines[1][equals_pos+2:]
            temp_c = float(temp_string) /
1000.0
            return temp_c
```

Kao i u prethodnom slučaju, funkcija *read_temp* se poziva u funkciji *log_temp* koja će sledeća biti opisana. U njoj se na sledeći način čita trenutno vreme, otvara fajl koji je generisan na početku i upisuje vrednost temperature u fajl. Kod kojim je opisana funkcija *log_temp* dat je u produžetku:

```
def log_temp():
    temp_c = read_temp()
    dt = datetime.datetime.now()
    f = open(logging_file, 'a')

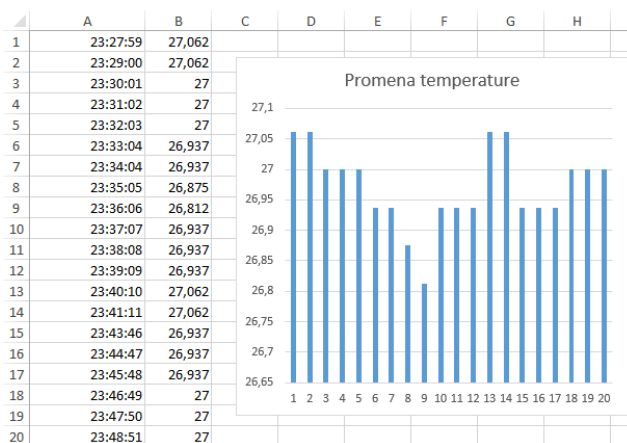
    f.write('\n{"{:H}:{M}:{S}"}'.format(dt))
    f.write(str(temp_c))
    f.close()
```

U nastavku je opisan kod kojim se štampa tekst u kome se nalazi obaveštenje koje se javlja pri pokretanju programa i *while* petlja u okviru koje se poziva *log_temp* funkcija i kojim se omogućuje njeno ponavljanje za vremenski period koji je definisan na početku programa:

```
print("Generišem fajl: " + logging_file)
while True:
    log_temp()
    time.sleep(log_period)
```

Na slici 6 su prikazani rezultati merenja u fajlu csv formata i grafik koji je nacrtan na osnovu njih. Program kojim su dobijeni rezultati prikazani na slici je bio podešen za

merenje temperature na svakih 60 sekundi i izvršeno je ukupno 20 merenja.



Slika 6. Rezultati merenja temperature.

V. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan postupak projektovanja i razvoja sistema za merenje temperature realizovanog na *Raspberry Pi* mikroračunaru. Opisani su elementi sistema i njihov princip rada. Sistem se pokazao kao izuzetno praktičan i funkcionalan. U okviru projektovanja sistema objašnjene su prednosti korišćenja senzora DS18B20 i njegove tehničke specifikacije. Isti slučaj je i sa mikroračunom *Raspberry Pi*. Takođe, prikazan je put programiranja u objektno-orientisanom jeziku *Python*.

Postoji prostor za nadogradnju sistema za merenje temperature realizovanog na *Raspberry Pi* mikroračunaru kako uvećanjem broja temperaturnih senzora, tako i usloznavanjem *Python* koda tako da bi se omogućio prenos merenih podataka putem interneta. Postoji mogućnost i dodavanja drugih vrsta senzora, npr. osvetljenja i vlažnosti. Modifikacijom koda moguće je još više uvećati funkcionalnosti sistema, npr. za njegov rad u funkciji alarma ili upravljača grejnim uređajima.

VI. ZAHVALNICA

Rad predstavlja deo završnog rada „Sistem za merenje temperature realizovan na *Raspberry Pi* mikroračunaru“ odbranjenog 29.9.2015. godine na Elektronskom fakultetu u Nišu. Autori se zahvaljuju svim nastavnicima i saradnicima sa Katedre za mikroelektroniku na stručnim savetima i korisnim sugestijama u izradi rada.

LITERATURA

- [1] DS18B20, Datasheet, Maxim Integrated, 2008. [On Line]. Dostupno na: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [2] Raspberry Pi Cookbook for Python Programmers, Tim Cox, 2014. [On Line]. Dostupno na: <http://www.free-engineering-books.com/2014/10/raspberry-pi-cookbook-for-python.html>

Mikrokontrolerski upravljano programabilno prekidačko napajanje

Željko Đurđević, Uglješa Jovanović, Igor Jovanović

Apstrakt – U ovom radu će biti predstavljeno projektovanje laboratorijskog prekidačkog napajanja kontrolisanog mikrokontrolerom PIC18F4550. Programskim delom dobijeno je mnogo preciznije iskorišćenje regulatorskog čipa nego regulisanjem potencijometrom. Takođe, prikazana ideja o programabilnom regulatoru napona se može smatrati inovativnom, jer su slični uređaji dosta skuplji i komplikovaniji, a sa ovim napajanjem mogu da se ostvare rezultati zadovoljavajuće tačnosti, a sami troškovi izrade bi bili dosta manji od cene komercijalno dostupnih uređaja slične namene.

I. UVOD

U svakodnevnom radu sa raznim elektronskim kolima i uređajima može se uočiti stalna potreba za različitim tipovima izvora za napajanje. Tražnja je naročito povećana kod aplikacija koje uključuju obnovljive izvore energije [1]. Upravo su problemi nedostatka jeftinih uređaja za napajanje sa promenljivim izlaznim naponom i dovoljno jakom izlaznom strujom, uticali na projektovanje jednog programabilnog prekidačkog napajanja, koje će biti prikazano u ovom radu zajedno sa smernicama za izradu takvog uređaja.

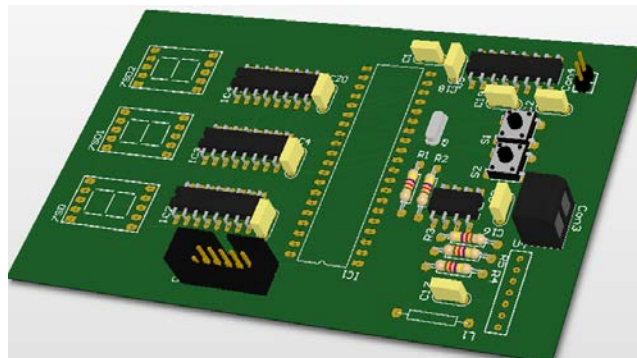
Na osnovu sprovedenih istraživanja u okviru prekidačkih napajanja, može se zaključiti da je najbitnije na početku odabrati odgovarajući prekidački regulator. Na taj način se izbegavaju proračuni za sve ostale komponente, osim za transformatore [2].

Dodatak u kolu napajanja može biti i PFC kolo, koje vrši korekciju strujnih talasnih oblika na ulazu kako bi poboljšalo faktor snage [3].

II. PROJEKTOVANJE I IMPLEMENTACIJA PROGRAMABILNOG PREKIDAČKOG NAPAJANJA

Glavni deo programabilnog napajanja predstavlja štampana ploča (PCB) sa mikrokontrolerom i regulatorom (slika 1), a pločica se sastoji od sledećih delova: PIC18F4550 mikrokontroler, LM2678 regulator napona, 74HC595 pomerački (šift) registar, MAX232 kolo za RS232 komunikaciju i LM741 operacioni pojačavač. Sva navedena integrisana kola, osim mikrokontrolera, obavljaju pojedinačne funkcije u napajanju. Radi boljeg razumevanja celog sistema u nastavku će biti prikazana pojedinačna uloga svakog čipa zaključno sa mikrokontrolerom.

Željko Đurđević, Uglješa Jovanović i Igor Jovanović su sa Elektronskog fakulteta, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: igor.jovanovic@elfak.ni.ac.rs

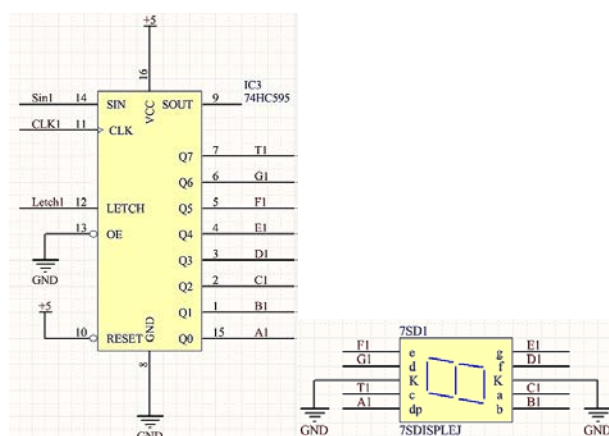


Slika 1. Izgled PCB-a programabilnog prekidačkog napajanja.

A. Pomerački registar 74HC595

Šift registri su povezani sa mikrokontrolerom preko tri voda, pri čemu svaki od njih predstavlja sledeće: CLK - predstavlja niz impulsa gde se sa svakom dolazećom ivicom ulazni podatak pomera za 1 bit, S_{in} - predstavlja podatak koji se šalje u šift registar, i na Latch se dovodi signal šift registru da dato stanje ne menja sve dok ne dođe do resetovanja čipa i novog upisa [4].

Svaki šift registar je povezan sa odgovarajućim sedmosegmentnim displejom (slika 2), tako da se na svaki ulaz S_{in} šalje ASCII kod kako bi se na displeju prikazao odgovarajući broj. Sedmosegmentni displej je sa zajedničkom katodom, što znači da segmenti svetle ako je na izlazu šift registra povezanog na taj segment logička jedinica.



Slika 2. Blokovski prikazan šift registar (desno) i sedmosegmentni displej (levo).

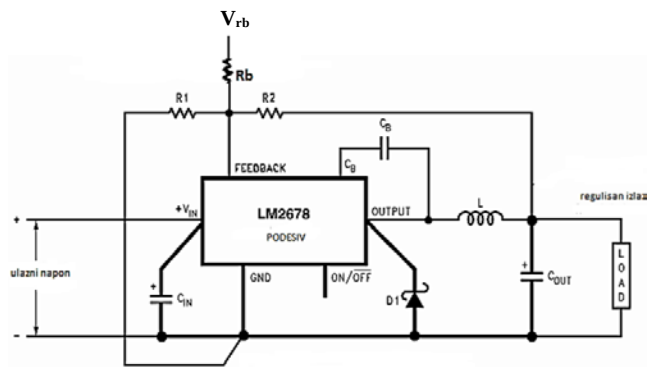
Mikrokontroler će na osnovu ASCII karaktera koje primi, a koji predstavljaju brojeve od 0 do 9, slati jedan od 10 kodova na odgovarajući šift registar. Na primer: kod koji je računar poslao smešta se u promenljivu „primljen”, koja preko promenljive „num” uzima potrebnu vrednost u hex kodu i vraća je u glavni program, nakon čega se šalje odgovarajući bajt na S_{in} ulaz šift registra. Po završetku slanja bajta aktivira se Latch signal na registru kako bi se postojeći prikaz na displeju zadržao do sledeće promene.

B. Komunikacioni čip MAX232 za RS232 protokol

Serijski komunikacioni protokol, RS232, koji se koristi u standardnoj asinhronoj serijskoj komunikaciji spada u grupu takozvanih “single-ended” ili “one-wire” komunikacija tj. podaci se prenose preko jedne žice. Da bi se prilagodili naponski nivoi između mikrokontrolera i UART protokola, koristi se MAX232 čip, koji translira naponske nivoe između mikrokontrolera i računara [5].

C. Regulator napona LM2678

LM2678 je step-down regulator napona visoke efikasnosti sa izlaznom strujom do 5A. Karakteristike ovog regulatora su: efikasnost do 92%, jednostavan je za upotrebu (nema potrebe za mnogo dodatnih komponenti), postoje verzije sa izlazom za 3.3V, 5V, 12V i podesiva varijanta sa potencijetrom od 1.2V do 30V, ima veliki opseg ulaznog napona od 8V do 40V, unutrašnji oscillator je sa fiksnom frekvencijom od 260kHz, radna temperatura - 40 do 125°C [6]. Šema povezivanja ovog regulatora data je na slici 3.

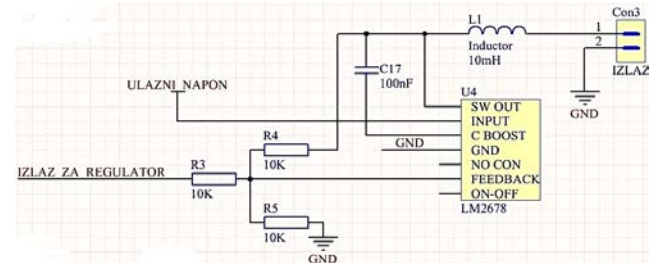


Slika 3. Blok šema povezivanja eksternih komponenti na LM2678 kolo [6].

Na spoj otpornika R_1 i R_2 koji vodi na FEEDBACK ulaz dodaje se R_b otpornik na koji se dovodi filtriran i pojačan PWM signal sa mikrokontrolera. Struja kroz R_1 je konstantna i jednaka zbiru struja kroz R_2 i R_b , a struja kroz R_b (I_{rb}) je jednaka proizvodu otpornosti R_b i napona na izlazu pojačavača ($1.21V$). Struja kroz R_2 je $I_{R2} = I_{R1} - I_{rb}$, dok je pad napona na R_2 jednak $V_{R2} = R_2 \cdot I_{R2}$, što daje željeni regulisani izlazni napon od $V_{R2} + 1.21V$.

Na primer, ako se koriste sledeće vrednosti otpornika $R_1 = R_2 = R_b = 1k\Omega$, a $V_{rb} = 0V$, onda je regulisani izlazni napon 3.61V, za $V_{rb} = 5V$ regulisani izlazni napon je -1.37V. Za ovaj izbor otpornika vrednosti napona na izlazu su od -1.37V do 3.61V, sa korakom od 100mV.

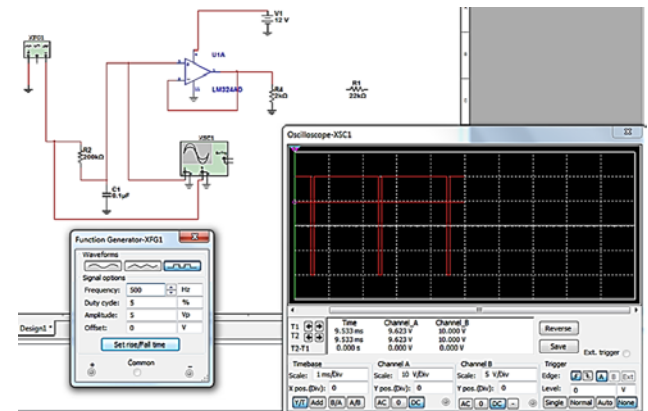
U zavisnosti od željenog opsega izlaznog napona, uzimaju se različite vrednosti otpornika. Prilikom simulacije PWM izlaza, posle filtra i operacionog pojačavača primećuje se da se sa porastom frekvencije PWM-a smanjuje talasnost izlaznog napona.



Slika 4. Šema povezivanja kola LM2678 u programu Ni Multisim.

D. Operacioni pojačavač LM741

Svrha RC filtra i operacionog pojačavača jeste da se PWM signal sa mikrokontrolera što bolje ispravi, a zatim i pojača kako bi bez problema mogao da služi za regulaciju preko LM2678 [3, 7]. Sa ovim kolom i filtrom može se dobiti korak od 100mV promenom faktora ispune (duty cycle) PWM-a.



Slika 5. Simulacija RC filtra i OP LM741 u programu Ni Multisim.

E. Mikrokontroler PIC18F4550

PIC18F4550 pripada 18F seriji mikrokontrolera kompanije Microchip [8]. Mikrokontroleri ovog proizvođača se odlikuju malom cenom i što je najvažnije najboljom besplatnom tehničkom podrškom (kompajleri, razvojni sistemi, programatori). Za programiranje navedenog kontrolera koristi se ICD programator, a

program za kontroler je pisan u kompajleru “microC PRO for PIC”.

Primeri glavnih delova koda za programiranje mikrokontrolera prikazani su na slikama 6, 7, 8 i 9.

Odgovarajući izvodi mikrokontrolera su postavljeni kao izlazni ili ulazni, PWM je postavljen na frekvenciju od 10kHz, a UART komunicira brzinom od 9600kbs (slika 6).

```

unsigned char *primljen;
unsigned int vreme=1;
unsigned int procenat=50;
void initMain()
{
    // Komunikacija na UART je 9600.
    UART1_Init(9600);
    Delay_ms(100);
    PWM1_Init(10000);
    TRISC="11000011";
    TRISB="00000011";
    TRISA=0;
    TRISD=0;
}

```

Slika 6. Deo koda za inicijalizaciju serijske komunikacije i PWM kontrole.

Sa ulaskom u beskonačnu petlju “while(1)” startuje se PWM i nakon toga se proverava da li je neka komanda stigla na UART. Ukoliko jeste, zapamte se samo prva dva znaka koja su stigla. Ta dva znaka su u stvari vrednost faktora ispušne PWM signala, uneti eksterno (slika 7).

```

void main()
{
    while(1)
    {
        PWM1_Start();
        // Ako je podatak spreman procitaj ga i upisi u niz primljen:
        if (UART1_Data_Ready() == 1)
        {
            UART_Read_Text(primljen, " ", 2);
        }
    }
}

```

Slika 7. Deo koda za inicijalizaciju UART-a i PWM-a.

Ako se neki od znakova koji su primljeni nalazi između 0 i 9, a predstavlja prvi primljeni znak, onda se cifra jedinice u promenljivoj procenat zameni sa primljenim brojem.

Ako se drugi znak koji je primljen nalazi u istom opsegu, onda cifra desetice od procenta dobija vrednost tog primljenog znaka (slika 8).

```

if(primljen[1]>=0 && primljen[1]<=9)
{
    procenat%10==primljen[1];
    PWM1_Set_Duty(procenat);
}

if(primljen[2]>=0 && primljen[2]<=9)
{
    procenat/10==primljen[2];
    PWM1_Set_Duty(procenat);
}

```

Slika 8. Deo koda za konvertovanje primljene vrednosti faktora ispušne PWM-a u procenat.

Ukoliko ne postoji potreba za podešavanjem vrednosti napona preko računara, postoji način da se preko tastera T1 (priključen na C0 ulaz) i T2 (priključen na C1 ulaz) povećava i smanjuje faktor ispušne PWM-a i na taj način menja vrednost izlaznog napona. Funkcija “if (button...)” u sebi ima ugrađenu debouncing rutinu kako ne bi postojali problemi sa zadavanjem lažnih komandi zbog kratkotrajnih oscilacija na kontaktu prekidača (slika 9).

```

if(Button(&PORTC, 0,1,1)&& procenat<50)
{
    PWM1_Set_Duty(procenat+1);
}

if(Button(&PORTC, 1,1,1)&& procenat>0)
{
    PWM1_Set_Duty(procenat-1);
}

```

Slika 9. Deo koda koji se odnosi na podešavanje vremena ispušne PWM-a preko tastera (inkrementiranje i dekrementiranje za 1%).

E. Aplikacija za podešavanje izlaznog napona preko računara

Aplikacija za podešavanje izlaznog napona preko računara predstavlja zamenu za ručno podešavanje preko tastera. Napravljena je u programskom paketu Visual Studio 2012 koristeći C# jezik. Napravljena je kao Windows Forms aplikacija, čiji je izgled glavnog prozora prikazan na slici 10.

Slika 10. Izgled aplikacije koja se odnosi na podešavanje vremena ispušne PWM-a direktno ili preko tastera (inkrementiranje i dekrementiranje za 1%).

III. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazano jedno rešenje novog načina kontrole određenih promenljivih naponskog regulatora kao što je LM2678.

Programibilno-regulatorski deo koji je iskorišćen u ovom radu može na izlazu omogućiti snagu do 150W (maksimalno 30V, 5A), dok je projektovano prekidačko napajanje snage 25W, tako da uređaj opisan u ovom radu može da daje maksimalnu izlaznu struju od 0.8A.

Na osnovu sprovedenih istraživanja došlo se do zaključka da na samom regulatoru napona može da se dobije promenljivi napon sa korakom promene od nekoliko desetina mV (kod grubog podešavanja), pa čak i do 5mV (kod finog podešavanja). Primenjena kola imaju sposobnost za tako male promene, dok glavni problem predstavlja promena faktora ispunje, jer postoje samo 100 različitih vrednosti (promena je moguća u maksimalno 100 tačaka na celom opsegu), tako da veličina koraka promene izlaznog napona zavisi od veličine opsega koji se dobija kombinacijom otpornika R_1 , R_2 i R_b . Rešenje za ovaj problem može da bude uvođenje dodatne impulsno-širinske modulacije, koja bi takođe preko RC filtra i operacionog pojačavača uticala na korak napona na ulazu otpornika R_b i to za 100 različitih vrednosti, tako da bi se teorijski na kraju dobilo $100 \times 100 = 10000$ različitih tačaka promene na

punoj skali izlaznog napona, što je i više nego dovoljno za rezoluciju izlaznog napona na tri decimale.

ZAHVALNICA

Istraživanje predstavljeno u ovom radu je finansirano od strane Ministarstva obrazovanja, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta TR33035.

REFERENCE

- [1] B. L. Dokić, B. Blanuša, Ž. Ivanović, *Energetski pretvarači u obnovljivim izvorima*, Elektrotehnički fakultet, Banja luka, 2013.
- [2] C. P. Basso, *Switch-Mode Power Supply Spice Cookbook*, McGraw-Hill, New York, 2001.
- [3] T. L. Floyd and D. Buchla, *Fundamentals of Analog Circuits*, Pearson Prentice Hall, 2002.
- [4] 74HC595 Shift Register, Texas Instruments Inc., Datasheet February 2004.
- [5] MAX232x Dual EIA-232 Drivers/Receivers, Texas Instruments Inc., Datasheet November 2014.
- [6] LM2678 Simple Switcher, Texas Instruments Inc., Datasheet April 2013.
- [7] LM741 Operational Amplifier, Texas Instruments Inc., Datasheet March 2013.
- [8] Microchip PIC18F4550, Microchip Technology Inc., Datasheet 2006.

An Overview of the Current Mode Ionizing Radiation Dosimeters

Marko S. Andjelković

Abstract – The current mode ionizing radiation dosimeters are widely used for the real-time measurement of radiation exposure parameters (dose rate and absorbed dose) in various applications in medicine, industry, nuclear facilities and scientific research. This paper gives a brief overview of the operation principles and main characteristics of the common types of current mode ionizing radiation dosimeters.

I. INTRODUCTION

Sources of ionizing radiation are employed in various applications such as medical therapy and diagnosis, industrial processing, scientific research, nuclear power generation, etc. [1 - 5]. In all applications involving the ionizing radiation exposure, the precise and reliable measurement of the radiation dose rate and absorbed dose is the main requirement. Measurement of the dose rate and absorbed dose is accomplished with the specialized instruments - ionizing radiation dosimeters.

The ionizing radiation dosimeters are composed of two basic elements: the ionizing radiation detector and the processing (read-out) unit. The radiation detector generates electrical response when exposed to ionizing radiation, while the processing unit measures the induced electrical response from which the radiation exposure parameters (dose rate and absorbed dose) are determined. Depending on the nature of the radiation-induced electrical response, the ionizing radiation detectors can be classified as voltage read-out detectors or current read-out detectors.

A common type of the voltage read-out ionizing radiation detector is the RADFET (Radiation Sensitive Field Effect Transistor), which operates on the principle of proportionality between the absorbed dose and the threshold voltage shift induced by ionizing radiation [6]. Alternatively, the current read-out detectors generate the current signal as a response to incident radiation and by measuring the radiation-induced current the dose rate and absorbed dose can be determined.

The current read-out detectors provide the reading in real time, and can operate in two different read-out modes: pulsed current mode or direct current mode [4]. The pulsed current dosimeters are suited for low dose rate radiation

applications, and the dosimetric parameters are obtained by counting the radiation-induced current pulses. On the other hand, the direct current dosimeters are used in the medium and high dose rate radiation fields, and the dosimetric information is determined from the direct current flowing through the detector during irradiation.

In this paper, the focus is on the direct current mode dosimeters, shortly referred to as current mode dosimeters. The operation of the current mode dosimeters is based on the dependence between the dose rate and the direct current induced in the detector during irradiation, and this relationship is analytically expressed in the form of Fowler's power law: $I = a \times D_R^b$ [4], where I denotes the induced current, D_R is the dose rate, a is the sensitivity coefficient and b is the linearity coefficient. By integrating the current over a predefined time interval, the total charge induced in the detector is obtained, and this is proportional to the absorbed dose.

The measurement of the radiation-induced current is performed with the electrometers which convert the induced current into direct voltage employing one of the three common current-to-voltage conversion techniques: transimpedance current-to-voltage conversion, current integration or logarithmic current-to-voltage conversion. Since the typical values of the radiation-induced current may vary from pA levels up to μ A or even mA levels, the dosimetric electrometers should provide precise current measurement in a wide dynamic range. To achieve higher read-out sensitivity, the current mode detectors are often operated in the biased mode.

Numerous types of detectors are available for the current mode ionizing radiation dosimetry. The common examples of the current mode ionizing radiation detectors are: 1) Ionizing chambers, 2) Silicon PN diodes, 3) Silicon PIN photodiodes, 4) Silicon phototransistors, 5) Silicon-carbide Schottky diodes, 6) Diamond detectors, and 7) Scintillator detectors. Besides these well-known current mode radiation detectors, it was recently shown that the RADFET can be also operated in the current mode to provide real-time dose rate measurement.

This paper discusses the fundamental operation principles of the common current mode ionizing radiation detectors, with the aim to provide an overview of their main characteristics and possible applications. Besides the introductory and concluding chapters, the paper consists of additional eight chapters, where each chapter discusses briefly one type of the current mode dosimeter.

Marko S. Andjelkovic is with the Applied Physics Laboratory (APL), Department of Microelectronics, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: marko.andjelkovic@elfak.ni.ac.rs, website: www.apl.elfak.rs.

II. IONIZING CHAMBERS

Ionizing chambers are among the oldest ionizing radiation detectors. They are implemented as gas-filled tubes with two electrodes, one positive and one negative. The two most common types of ionizing radiation chambers are: cylindrical and parallel plate chambers. In contrast to other types of gas-filled detectors (Geiger Mueller tubes and proportional counters), which are mainly used in pulse mode, the ionizing chambers are mostly employed in current mode. The incident radiation beam ionizes the air molecules in the radiation-sensitive volume of the chamber, and the high voltage applied across the electrodes ensures collection of the radiation-induced ions in the chamber [4, 5]. Figure 1 illustrates the structure and operation principle of ionizing chamber.

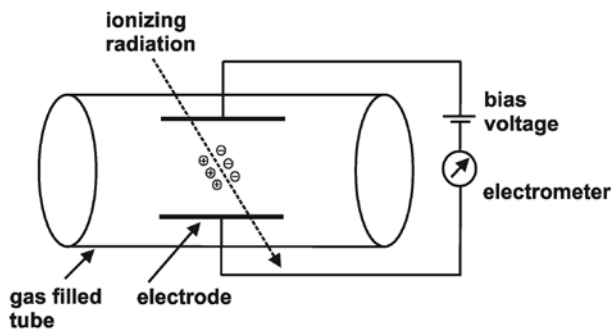


Figure 1. Ionizing chamber basic structure.

Due to the negligible leakage in the gas-filled tube, the ionizing chambers are capable of detecting very low levels of dose rate, and this is their key advantage over other types of current mode radiation detectors. The main disadvantages of ionizing chambers are that they are relatively large, fragile and require high voltage bias for operation. Also, ionization chambers have low sensitivity per unit volume in comparison to the solid-state detectors (diodes, photodiodes and scintillators). Because the actual dosimeter material is an air-filled cavity, the sensitivity of the ionizing chamber is dependent both on pressure and temperature. Furthermore, because of the low-density medium of the dosimeter, energy dependent sensitivity changes are also an important issue in radiotherapy applications. However, applying well-defined correction factors ensures high precision and accuracy of ionization chambers, making them an invaluable tool for beam calibration and reference dosimetry.

III. PN DIODES

Silicon PN diodes are one of the first and most popular semiconductor ionizing radiation detectors, used as alternative to ionization chambers in many applications, particularly in medical diagnosis and therapy. The basic cross-section of a typical silicon PN diode is illustrated in

Figure 2. It is essentially a PN junction with a narrow depletion layer between the P layer and N layer.

The diode detectors operate on the principle of creation of the electron-hole pairs within the sensitive volume of a diode during ionizing radiation exposure [1, 2]. The diode's sensitive volume is defined by the active (sensitive) area, width of the depletion layer and diffusion length of minority carriers in P and N layers. In principle, larger sensitive volume contributes to higher radiation-induced current, implying that larger diodes will be more sensitive to incident radiation. In that regard, the sensitive volume determines the maximum measurable dose rate. On the other side, the minimum measurable dose rate is limited by the diode's leakage (dark) current which is typically in the range of pico-amperes.

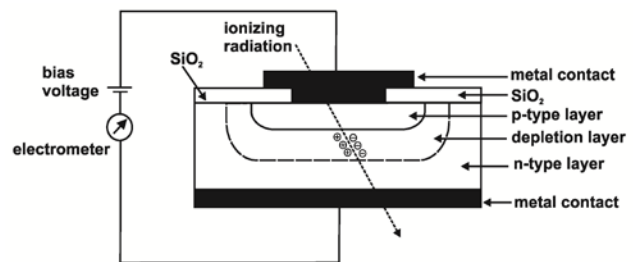


Figure 2. PN diode cross section.

Besides the dose rate and the diode's sensitive volume, the radiation-induced current response of the PN diodes is also influenced by a number of other parameters. The most important parameters affecting the radiation-induced current response of a PN diode are: ambient temperature, radiation energy, angle of incidence of the radiation beam, shape of the diode and total absorbed dose [7]. In order to ensure precise dose rate and absorbed dose measurement with diode, the correction factors must be applied for each parameter affecting the diode's radiation-induced current response.

Generally, the diode detectors can be operated with or without external voltage bias. At high dose rates, unbiased mode may provide sufficiently high current that can be easily measured. However, if higher sensitivity is required, external bias voltage has to be applied. By applying the external reverse bias voltage, the depletion layer extends and therefore the active volume increases, resulting in higher sensitivity.

Compared to ionizing chambers, the diodes have the advantages of higher sensitivity per unit volume, smaller size, moderate price, good mechanical stability, operation with lower voltage bias, and faster response time. A disadvantage of diodes is that their sensitivity decreases with accumulated dose, because the diode's crystalline structure gradually degrades with accumulated dose. For this reason, and also because of the dependence of the diode's response on the aforementioned factors, the diodes must be frequently recalibrated in order to ensure reliable read-out over long period of time.

IV. PIN PHOTODIODES

Silicon PIN photodiodes, which are mainly used as ambient, ultra-violet and infra-red light sensors, can also be very convenient as ionizing radiation detectors. The PIN photodiode consists of a lightly doped intrinsic region embedded between two heavily doped layers (p^+ and n^+), as shown in Figure 3.

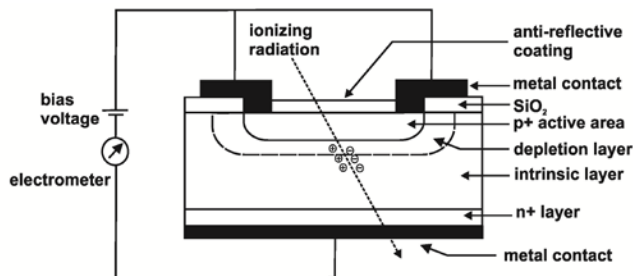


Figure 3. PIN photodiode cross section.

For the PIN photodiodes, the sensitive volume includes the intrinsic region and the depletion layers across the PI and NI junctions, where the width of the intrinsic region is significantly larger than the width of depletion layers. As a result of the wide intrinsic region, the PIN photodiodes have larger charge collection volume and are therefore more sensitive to incident radiation than ordinary PN diodes [8 - 12].

Larger sensitivity is the main advantage of PIN photodiodes over standard PN diodes. Another favorable feature is that the PIN photodiodes do not require bias voltage for operation as radiation detectors. In all other aspects, PIN photodiodes operate similarly to PN diodes under radiation exposure. Because they are sensitive to ambient light, the PIN photodiodes must be optically isolated when used as ionizing radiation detectors.

V. PHOTOTRANSISTORS

Commercial NPN phototransistors have been proposed as the current mode dosimeters for diagnostic and therapeutic applications employing low and high energy x-ray beams [13, 14]. The reported results indicate good stability of the induced current and good linearity with respect to the dose rate for low energy x-rays. However, in the case of high energy x-ray beams, the gradual decrease of the induced current was observed during irradiation. The phototransistors have been also tested under gamma radiation exposure, and it was demonstrated that some commercial phototransistors may be used as current mode gamma dosimeters within certain range of dose rates and up to a certain absorbed dose [15].

Basically, the phototransistors are commercially available in two versions: with three terminals (collector, base and emitter) and two terminals (collector and emitter). Figure 4 illustrates the cross section of a phototransistor

with two terminals. When a phototransistor is exposed to ionizing radiation, the electron-hole pairs are induced in the base region, resulting in the current flow that can be measured by connecting an electrometer between collector and emitter. To achieve good sensitivity and efficient collection of the induced electron-hole pairs, it is necessary to apply the positive bias voltage of at least several volts between the collector and emitter.

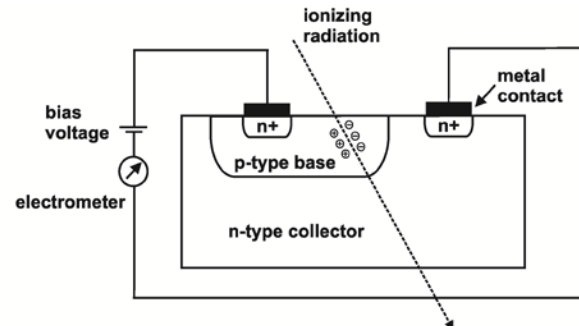


Figure 4. Phototransistor cross section.

Similarly to the PN/PIN diodes and photodiodes, phototransistors exhibit the dark current in the order of pico-amperes, which limits the minimum measurable dose rate. In contrast to PN/PIN diodes and photodiodes, the phototransistors exhibit higher sensitivity per unit volume because of the internal current gain [13]. However, the phototransistors are more prone to radiation damage and show faster sensitivity degradation than diodes and photodiodes. It is believed that irradiation leads to the degradation of the phototransistor's current gain, causing gradual decrease of the radiation-induced current as the absorbed dose increases [13, 14].

VI. SiC SCHOTTKY DIODES

Silicon carbide (SiC) has become interesting as a material for ionizing radiation detection owing to its favourable properties, which make it potentially superior to other semiconducting materials, such as silicon and gallium arsenide, in terms of high operating temperature capability and radiation damage resistance [17, 18]. Such properties are related to the wide band gap, resulting in low leakage current even at high operating temperatures, and to a high displacement energy, making the SiC detectors less prone to the bulk radiation damage effects. In addition, the high critical electric field makes the SiC detectors able to sustain higher reverse voltages and they are less influenced by the surface radiation damage effects.

The basic structure of a SiC Schottky diode is depicted in Figure 5. It consists of two main layers, the SiC epitaxial layer and the SiC substrate. The Schottky barrier is formed by applying a metal contact to the epitaxial layer, while the other metal contact is formed on the back of the substrate layer. The epitaxial layer is the main sensitive region for the radiation detection.

The results presented by various research groups [17 – 19] have shown that the SiC Schottky diodes, unlike PIN photodiodes and PN diodes, require relatively high reverse bias voltage, typically over 100 V, in order to achieve stable current response during irradiation. The current levels during irradiation are very low, typically in the pico-ampere range, even under high reverse bias voltage, and hence it is necessary to use high performance electrometers for measuring the current. However, due to very low leakage current in the absence of irradiation, typically in the femto-ampere range, the SiC diodes can measure lower dose rates than conventional silicon diodes and photodiodes.

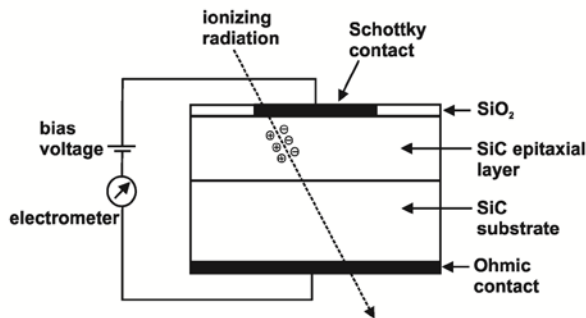


Figure 5. SiC Schottky diode cross-section.

VII. DIAMOND DETECTORS

Diamonds, similarly to silicon carbide, has been introduced as a very promising alternative for silicon-based detectors. The sensitive element in diamond detectors is a diamond layer with non-rectifying contacts implemented on both sides of the layer. The main effect of ionizing radiation on diamonds is the change of their resistance [20, 21]. To achieve stable current response, a bias voltage of at least several dozens of volts has to be applied across the diamond layer. The cross section of a typical diamond detector is illustrated in Figure 6.

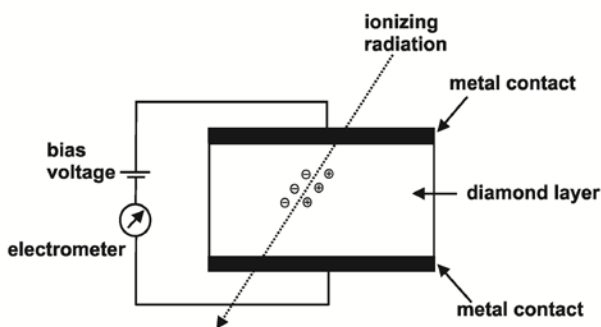


Figure 6. Diamond detector cross section.

The two major advantages of diamond detectors over silicon-based detectors are higher radiation resistance and

tissue equivalence. Due to better resistance to incident radiation, diamond detectors can withstand higher doses. Moreover, since the diamond is more tissue-equivalent than silicon, because the atomic number of diamond is closer to the mean atomic number of soft tissue, diamond detectors are more suitable for use in medical dosimetry. Diamond detectors also provide the benefits of negligible energy and temperature dependence.

The energy needed to create an electron-hole pair in diamond is significantly larger than in silicon, due to its higher band gap energy, which is almost five times higher than silicon. The higher band gap energy of diamond contributes to significantly lower leakage current than in semiconductors. This implies less noise at the same bias voltage and therefore it can be expected that the signal to noise ratio will still remain acceptable.

Apart from the aforementioned advantages, the diamond detectors have certain disadvantages compared to silicon detectors. The two main disadvantages of diamond detectors are the need for pre-irradiation before usage and high production price. For these reasons, application of diamond detectors is very limited. In addition, due to the higher energy required to create electron-hole pairs, the diamond detectors produce lower current than silicon detectors, for the same amount of deposited energy.

VIII. SCINTILLATOR DETECTORS

Scintillators are widely used as ionizing radiation detectors. Although the scintillators are mostly utilized in pulse mode dosimetric applications, they are also very suitable for current mode dosimetry. Scintillation detectors operating in the current mode are particularly useful in medical treatment [4, 5]. The principle of the current mode scintillator detectors is illustrated in Figure 7.

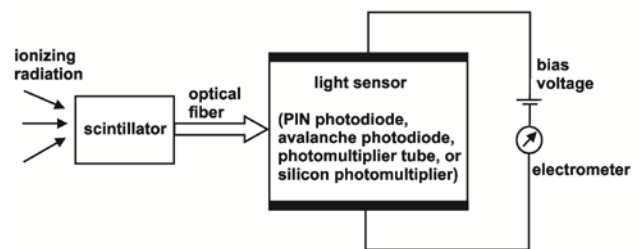


Figure 7. Scintillation detector principle.

The scintillator is directly exposed to ionizing radiation, while the light induced in the scintillator is transferred to the light detector via optical fiber. Basically, a scintillator is a material that emits light under ionizing radiation exposure. The incident ionizing particles excite the atoms or molecules of the scintillator material, and the decay of these excited states produces the light photons. Hence, by measuring the intensity of the emitted light, the incident radiation can be characterized. For measuring the

emitted light, the photodetectors such as photodiodes, photomultiplier tubes, avalanche photodiodes or silicon photomultipliers are used.

According to the specifications outlined in [4], the ideal scintillator should possess the following attributes:

- It should convert the kinetic energy deposited by ionizing radiation into detectable light with high scintillation efficiency.
- This conversion should be linear, i.e. light yield should be proportional to deposited energy over a wide range of energy.
- The scintillator medium should be transparent to wavelength of its own emission for good light collection.
- The decay time of the induced luminescence should be short so that fast signal pulses can be generated (for pulse mode dosimetry).
- The material should be of good quality and subject to manufacture in sizes large enough for practical applications.
- The index of refraction should be near that of glass, approximately 1.5, to permit good coupling of scintillator to an optical detector.

The advantages of scintillator detectors are good linearity between light yield and absorbed dose, and excellent spatial resolution. In addition, the response of scintillator detectors exhibits negligible dependence on temperature, dose rate and energy. However, the main difficulty in scintillator dosimetry is that the coupling between the scintillator and the optical detector should be very good in order to avoid the loss of light.

Scintillation materials can be organic or inorganic [4, 5]. Organic scintillators are usually liquids or plastics. In organic scintillators, the mechanism of light emission is a molecular effect, i.e. the excitation of molecular levels in scintillator results in light emission. Inorganic scintillators are doped or undoped ionic crystals. Some examples of inorganic scintillators are: NaI, CsI, BGO, etc. The mechanism of light emission in inorganic scintillators is based on lattice effect. Inorganic scintillators provide the best light yield and good linearity, but are relatively slow in terms of the response time. On the other hand, organic scintillators are faster but yield less light.

IX. RADFET

RADFET is a specially designed p-channel metal-oxide-semiconductor field effect transistor (pMOSFET) with enhanced sensitivity to ionizing radiation [6]. It is commonly used as integrating dosimeter for measuring the absorbed dose, and in such applications the region of interest is the gate oxide (SiO_2 layer). The absorbed dose is determined from the threshold voltage shift caused by the radiation-induced charge buildup in the SiO_2 layer and at the SiO_2 -Si bulk interface.

However, it was demonstrated experimentally that the RADFET can be also employed as a current mode dosimeter for the real-time measurement of gamma radiation dose rate [22]. The use of RADFET as a dose rate meter, together with its common function of absorbed dose monitoring, can be an effective solution for applications where the simultaneous real-time monitoring of absorbed dose and dose rate is required.

The concept of using RADFET in the current mode relies on measuring the current which is induced when the ionizing particles interact with the Si bulk layer and p^+ layers, as illustrated in Figure 8. In other words, the RADFET should be operated as a PN junction to provide the current response under radiation exposure. If the source and drain terminals are short-connected, the structure beneath the gate oxide can be considered as a p - n junction consisting of p^+ region and n bulk layer, or as two p - n junctions connected in parallel.

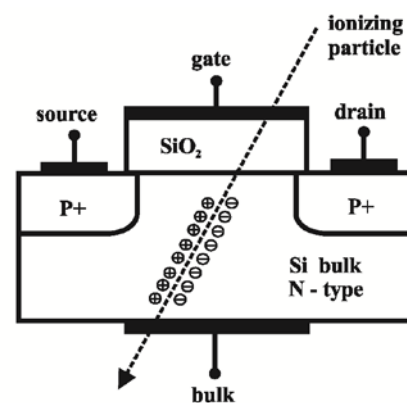


Figure 8. RADFET cross-section.

In order to enable the use of RADFET as a current mode dosimeter, the typical four-terminal RADFET has to be transformed into a two-terminal device with the p - n junction structure, as illustrated in Figure 9 [22]. In the proposed two-terminal RADFET configuration, the bulk terminal is intended for measuring the induced current and for applying the bias voltage if required, while the other terminal, formed by connecting drain, gate and source, is reserved for connection to the ground potential.

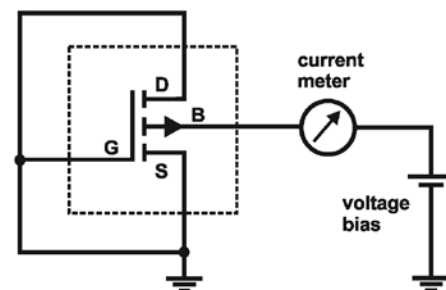


Figure 9. Proposed current read-out configuration for RADFET [22].

Preliminary investigation of the RADFET's current response under gamma irradiation has shown that the induced current is proportional to the dose rate according to the Fowler's power relation. The RADFET has exhibited lower sensitivity and linearity than previously analyzed commercial PIN photodiodes [12]. However, the leakage current of the investigated RADFET was significantly lower than for most commercial PIN photodiodes, which implies that RADFET could measure lower dose rates. In addition, it was observed that the RADFET's current sensitivity increases linearly with bias voltage applied on the bulk, whereas reverse biasing provides negligible increase in sensitivity for PIN photodiodes. Such results indicate that the RADFET may be applicable as a current mode radiation detector.

X. CONCLUSION

The main aspects of common types of current mode ionizing radiation dosimeters have been analyzed in this paper. General characteristics and operation principles of each detector have been described briefly, giving an overview of the most important advantages as well as disadvantages for each detector.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was done within the project III43011, financed by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia. The author would like to acknowledge the support of Prof. Dr Goran S. Ristic, head of the Applied Physics Laboratory at the Faculty of Electronic Engineering.

REFERENCES

- [1] J. Barthe, "Electronic Dosimeters Based on Solid State Detectors," *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, Volume 184, Issue 1-2, pp. 158 – 189, 2001.
- [2] A. B. Rosenfeld, "Electronic Dosimetry in Radiation Therapy," *Radiation Measurements*, Volume 41, Issue S1, pp. 134 – 153, 2007.
- [3] G. Shani, *Radiation Dosimetry – Instrumentation and Methods*, CRC Press, Second Edition, 2001.
- [4] G. F. Knoll, *Radiation Detection and Measurement*, John Wiley & Sons, January 2000.
- [5] C. Leroy, P. G. Rancoita, *Principles of Radiation Interaction in Matter and Detection*, World Scientific Publishing, 2004.
- [6] A. Holmes-Siedle, L. Adams, "RADFET: A Review of the Use of Metal-Oxide-Silicon Devices as Integrating Dosimeters," *Radiation Physics and Chemistry*, Volume 28, Issue 2, pp. 235 – 244, 1986.
- [7] S. S. Amarjit, *In-vivo Radiation Diode Dosimeter for Therapeutic Photon Beams*. A Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. University of South Florida, USA, 2007.
- [8] D. C. Ferreira, F. de Camargo, C. M. Napolitano, J. A. C. Goncalves, H. J. Khoury, C. C. Bueno, "Use of a PIN Photodiode for Dosimetric Purposes in Radiation Processing," *2009 International Nuclear Atlantic Conference – INAC 2009*, Rio de Janeiro, Brazil, September 27 to October 2, 2009.
- [9] C. M. M. Paschoal, D. do N. Souza, L. A. P. Santos, "Characterization of Three Photodetector Types for Computed Tomography Dosimetry," *World Academy of Science, Engineering and Technology* 80, 2011.
- [10] T. Aoyama, S. Koyama, C. Kawaura, "An In-phantom Dosimeter System Using PIN Silicon Photodiode Radiation Sensors for Measuring Organ Doses in X-ray CT and Other Diagnostic Radiology," *Medical Physics*, Volume 29, Issue 7, 2002.
- [11] J. J. Lanza, *An Automated Dosimetry System for Computed Tomography X-ray Scanners Using PIN Photodiodes*. A Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. University of Florida, USA, 1979.
- [12] M. S. Andjelković and G. S. Ristić, "Feasibility Study of a Current Mode Gamma Radiation Dosimeter Based on a Commercial PIN Photodiode and a Custom Made Auto-ranging Electrometer," *Nuclear Technology and Radiation Protection*, Volume 28, Issue 1, pp. 73 – 83, 2013.
- [13] L. A. P. Santos et al., "Precise Dose Evaluation Using a Commercial Phototransistor as a Radiation Detector," *Radiation Protection Dosimetry*, Volume 120, Issue 1 - 4, pp. 60 - 63, 2006.
- [14] L. A. P. Santos et al., "A Feasibility Study of a Phototransistor for the Dosimetry of Computed Tomography and Stereotactic Surgery," *Radiation Measurements*, Volume 43, pp. 904 - 907, 2008.
- [15] M. S. Andjelkovic, G. S. Ristic, "Current Mode Response of Phototransistors to Gamma Radiation," *Radiation Measurements*, Volume 75, pp. 29 - 38, 2015.
- [16] G. Verzellesi, P. Vanni, F. Nava, C. Canali, "Investigation of the Charge Collection Properties of a 4H-SiC Schottky Diode Detector," *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, Issue 476, pp. 717 - 721, 2002.
- [17] G. Bertuccio, D. Puglisi, D. Macera, R. Di Liberto, M. Lamborizio, L. Mantovani, "Silicon Carbide Detectors for In Vivo Dosimetry," *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Volume 61, Issue 2, 2014.
- [18] M. Bruzzi, S. Lagomarsino, F. Nava, S. Sciortino, "Characterization of Epitaxial SiC Schottky Barriers as Particle Detectors," *Diamond and Related Materials*, Volume 12, pp. 1205 - 1208, 2003.
- [19] M. Andjelkovic, G. Ristic, "Response of Silicon Carbide Schottky Diode to Gamma Radiation," In the Book of Abstracts, *The Third International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research - RAD2015*, Budva, Montenegro, 2015.
- [20] G. Gervino, C. Marino, F. Silvestri, A. Lavagno, F. Truc, "Dosimetry with Diamond Detectors," *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, Volume 617, 2010.
- [21] G. T. Betzel, S. P. Lansley, F. Baluti, L. Reinisch, J. Meyer, "Operating Parameters of CVD Diamond Detectors for Radiation Dosimetry," *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, Volume 614, Issue 1, pp. 130 - 136, 2010.
- [22] M. S. Andjelkovic, G. S. Ristic, A. B. Jaksic, "Using RADFET for the Real-time Measurement of Gamma Radiation Dose Rate," *Measurement Science and Technology*, Volume 26, Issue 2, 2015.

Laboratorijska maketa za proučavanje kretanja tela po strmoj ravni

Milan Danković, Miroljub Stanković

Sadržaj – U ovom radu prikazano je idejno rešenje laboratorijske makete za proučavanje kretanja tela po strmoj ravni. Dat je kratak teorijski pregled kretanja tela uz i niz strmu ravan, zatim je prikazan izgled laboratorijskog prototipa i na kraju su predložene ideje kako se ova maketa može koristiti u obrazovne svrhe.

I. UVOD

Vrlo važna nastavna jedinica, kretanje tela na strmoj ravni, nije predmet proučavanja u redovnoj nastavi po planu i programu predmeta Fizika za VII razred. Naime, učenici sedmog razreda nisu u potpunosti savladali “matematički aparat” neophodan za teorijsko objašnjenje ove nastavne jedinice. Međutim, učenicima VII razreda redovno se na takmičenjima iz Fizike, koje organizuje Društvo fizičara Srbije [1], zadaju zadaci koji sadrže kretanje tela “uz ili niz” strmu ravan [2].

Primer: Sa dna strme ravni nagibnog ugla $\alpha=30^\circ$, gurne se telo početnom brzinom $v_0=15$ m/s uz strmu ravan. Koeficijent trenja između tela i strme ravni iznosi $\mu=0.3$. Na kolikoj se visini u odnosu na dno strme ravni nalazi telo u trenutku kada se zaustavi. Dužina strme ravni iznosi 20 m [2].¹

Zbog složenog “matematičkog aparata” neophodnog za rešavanje ovog zadatka, ogromna većina učenika uopšte ne razmatra ovu problematiku. Sa druge strane, napomenimo da kretanje tela uz ili niz strmu ravan ima ogromnu praktičnu primenu i da se učenici susreću sa tim kretanjima u svakodnevnom životu, pa bi iz tih razloga bilo dobro da se učenicima ova materija što više razjasni.

Princip strme ravni ljudi su koristili od davnina i to da podignu teret znatno manjom silom od težine tereta, tako što su teret vukli po strmoj ravni. Poznato je da je jedna od najvećih misterija kako su drevni Egipćani izgradili piramide i kojom su tehnologijom raspolagali. Iako naučnici ne raspolažu čvrstim dokazima, opšteprihvaćena teorija je da su milioni blokova od kojih su sagrađene piramide morali da budu podizani uz strmu ravan, koja je u tom slučaju korišćena kao prosta mašina. Da bi se blokovi pri vrhu piramida podigli bilo je potrebno da se postave

Milan Danković je učenik drugog razreda Gimnazije “Bora Stanković”, Vožda Karadžića 27, 18000 Niš, Serbia, E-mail: milandankovic@gmail.com

Miroljub Stanković je profesor Fizike u Gimnaziji “Bora Stanković”, Vožda Karadžića 27, 18000 Niš, Serbia.

strme ravni čija je dužina iznosila i više stotina metara. Pretpostavlja se da ni drevni Egipćani nisu imali razvijen matematički aparat kao savremeni čovek, ali su ipak vrlo uspešno koristili strmu ravan. Napred navedeno nam ukazuje da za razumevanje nekih pojava i procesa nije samo potrebna teorija, već bi i jednostavni, ali dobro osmišljeni praktični primeri mogli to veoma uspešno da objasne. Konačno, jedna dobro organizovana praktična vežba mogla bi u velikoj meri učenicima VII razreda da razjasni kretanje tela po strmoj ravni.

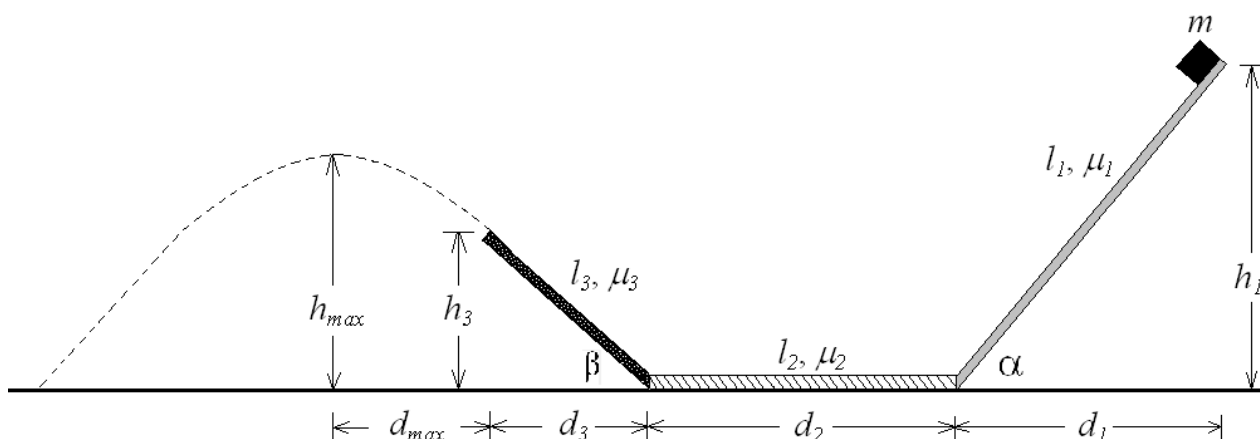
Pre više od tri veka ovakav stav o praktičnim vežbama i laboratorijskom radu je zastupao i čuveni Isak Njutn (Isaac Newton)² [3], čiji zakoni objavljeni u delu *Principia* [4] 1687. godine predstavljaju temelj klasične fizike. Naime, tri Njutnova zakona kretanja, naizgled vrlo jednostavna, ali toliko velika i značajna u potpunosti objašnjavaju zašto se tela kreću i kako se kreću pod datim uslovima. Njutna je odlikovala velika tajanstvenost, mirnoća, krasio ga je strpljiv rad, ali najbitnije je da se nije zadovoljavao pasivnim posmatranjem i zapisivanjem onoga što jeste takvo kakvo jeste. Njegova najvažnija osobina je da je za sve tražio logična objašnjenja u eksperimentu i da je eksperiment temelj svega.

Idejno rešenje laboratorijske makete za proučavanje kretanja tela po strmoj ravni u velikoj meri inspirisano je Galilejevom (Galileo Galilei) eksperimentom realizovanim kuglicama i strmom ravni [5].³ Predloženi eksperiment grafički je ilustrovan na slici 1. Ovakvom organizacijom eksperimenta možemo analizirati kretanje tela niz strmu ravan, po horizontalnoj podlozi, uz strmu ravan, a u izvesnim situacijama može se analizirati i kosi hitac. Korišćenjem grafičke ilustracije sa slike 1 i podešavanjem dužina, visina, uglova i vrste podloge može se realizovati čitav niz eksperimenata koji bi mogli da motivišu učenike, da pospeše sticanje znanja iz fizike i da podstaknu korišćenje eksperimenata u nekim drugim predmetima, naučnim disciplinama ili svakodnevnom životu. Da bi ovaj eksperiment bio i u naučnom smislu kompletan, kretanje tela u ovakvom sistemu detaljno je analizirano i opisano odgovarajućim zakonima fizike i matematike, što će biti opisano nizom pratećih jednačina. Izvedene jednačine predstavljaju odličnu osnovu za razvoj simulatora koji bi bio prateći materijal ove laboratorijske makete.

² Isaac Newton – Engleski fizičar, matematičar i astronom rodio se na Božić 1642. godine u mestu Woolsthorpe u okrugu Lincoln u Engleskoj.

³ Galileo Galilei –Italijanski astronom, fizičar, matematičar i filozof rodio se 15. februara 1564. godine u čuvenoj Pizi u Italiji.

¹ Na istom takmičenju dat je još složeniji zadatak iz ove oblasti.



Slika 1. Grafički prikaz idejnog rešenja za proučavanje kretanja tela po strmoj ravni.

II. TEORIJSKA POSTAVKA LABORATORIJSKE MAKETE

2.1 Strma ravan - kretanje tela niz strmu ravan

Pod strmom ravni podrazumeva se ravna površina koja sa horizontalnom podlogom zaklapa ugao α , kao što je ilustrovano na slici 2. U idealnom slučaju strma ravan visine h_1 , osnove d_1 i dužine l_1 napravljena je od čvrstog materijala, a deformacije usled uzajamnog delovanja tela sa njom su zanemarljive.

2.1.1. Razlaganje sile Zemljine teže na strmoj ravni

Sile koje deluju na telo, kada je ono na strmoj ravni, javljaju se usled razlaganja sile Zemljine teže. Sila Zemljine teže Q deluje vertikalno na dole, pa je pogodno da ovu silu na strmoj ravni razložimo na normalnu komponentu koja zaklapa ugao od 90° sa strmom ravni (F_N) i paralelnu komponentu sa dužinom strme ravni (F_P).

Analizom slike 2 možemo doći do jednačine kojom se određuje ubrzanje tela na strmoj ravni.

$$m \cdot a_1 = F_p - F_{tr}, \quad (1)$$

$$F_p = Q \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

$$F_p = mg \cdot \sin \alpha, \quad (3)$$

$$F_{tr} = \mu_1 \cdot N, \quad (4)$$

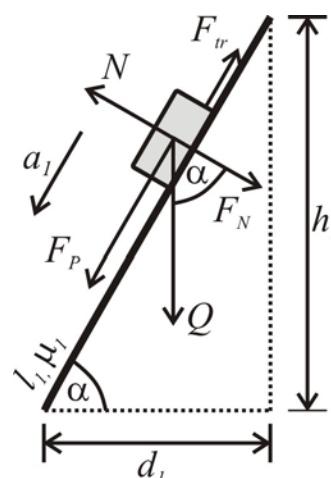
$$F_{tr} = \mu_1 \cdot Q \cdot \cos \alpha, \quad (5)$$

$$F_{tr} = \mu_1 \cdot mg \cdot \cos \alpha, \quad (6)$$

$$m \cdot a_1 = mg \cdot \sin \alpha - \mu_1 \cdot mg \cdot \cos \alpha, \quad (7)$$

$$a_1 = g(\sin \alpha - \mu_1 \cdot \cos \alpha). \quad (8)$$

Na osnovu jednačine (8) zaključujemo da ubrzanje tela na strmoj ravni zavisi kako od ugla strme ravni (α), tako i od strukture dodirnih površina tela i strme ravni (μ_1). To nam ukazuje da promenom parametara α i μ_1 možemo da menjamo vrednosti intenziteta ubrzanje tela.



Slika 2. Ilustracija kretanja tela niz strmu ravan.

2.1.2. Kretanje tela niz strmu ravan sa početnom brzinom

Ako se kretanje tela niz strmu ravan odvija početnom brzinom v_0 njegovo kretanje može biti:

- *ravnomerno usporeno*

$$a_1 < 0, \quad (9)$$

$$\sin \alpha - \mu_1 \cdot \cos \alpha < 0, \quad (10)$$

$$\tan \alpha < \mu_1. \quad (11)$$

Telo se spušta niz strmu ravan ravnomerno usporeno. U izvesnim situacijama postoji mogućnost njegovog zaustavljanja na strmoj ravni, o čemu će biti više reči u nastavku ovog rada.

- *konstantnom brzinom (uniformno)*

$$a_1 = 0, \quad \tan \alpha = \mu_1. \quad (12)$$

Telo se spušta niz strmu ravan konstantnom brzinom v_0 .

- *ravnomerno ubrzano*

$$a_1 > 0, \quad \tan \alpha > \mu_1. \quad (13)$$

Telo se spušta niz strmu ravan ravnomerno ubrzano.

2.1.3. Kretanje tela niz strmu ravan bez početne brzine

Većina eksperimenata sa kretanjem tela niz strmu ravan odvija se bez početne brzine. U tom slučaju postoji mogućnost samo ravnomerno ubrzanog kretanja tela niz strmu ravan (uslov dat jednačinom (13)), što je opisano sledećim jednačinama:

$$a_1 = g(\sin \alpha - \mu_1 \cdot \cos \alpha), \quad (14)$$

$$v = a_1 \cdot t, \quad (15)$$

$$S = \frac{a_1 \cdot t^2}{2}. \quad (16)$$

Na kraju strme ravni (ovo je karakteristična tačka I) važi:

$$a_1 = g(\sin \alpha - \mu_1 \cdot \cos \alpha), \quad (17)$$

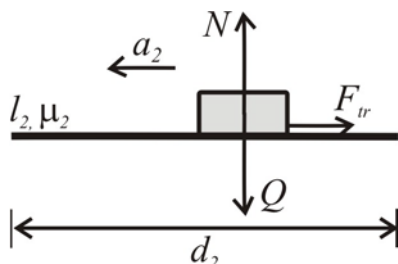
$$l_1 = \frac{a_1 \cdot t_I^2}{2}, \quad t_I = \sqrt{\frac{2 \cdot l_1}{a_1}}, \quad (18)$$

$$v_I = a_1 \cdot t_I = \sqrt{2l_1 a_1}, \quad (19)$$

$$v_I = a_1 \cdot t_I = \sqrt{2l_1 g(\sin \alpha - \mu_1 \cos \alpha)}. \quad (20)$$

2.2. Horizontalna podloga

Telo koje se spustilo niz strmu ravan nastavlja kretanje po horizontalnoj podlozi (ilustrovano na slici 3), pri čemu to kretanje, ako nema neke dodatne spoljašnje sile, teorijski ne može biti ubrzano.



Slika 3. Ilustracija kretanja tela po horizontalnoj podlozi.

Analizom slike 3 možemo doći do jednačine kojom se određuje ubrzanje tela na horizontalnoj podlozi i potvrđuje naša prethodna konstatacija.

$$m \cdot a_2 = -F_{tr}, \quad (21)$$

$$F_{tr} = \mu_2 \cdot N, \quad (22)$$

$$F_{tr} = \mu_2 \cdot Q, \quad (23)$$

$$F_{tr} = \mu_2 \cdot mg, \quad (24)$$

$$m \cdot a_2 = -\mu_2 \cdot mg, \quad (25)$$

$$a_2 = -\mu_2 g. \quad (26)$$

Na osnovu jednačine (26) zaključujemo da ubrzanje tela na horizontalnoj podlozi zavisi samo od strukture dodirnih površina tela i horizontalne podloge (μ_2). To nam ukazuje da promenom vrednosti μ_2 možemo da menjamo intenzitet ubrzanja tela. Imajući u vidu negativnu vrednost

ubrzanja zaključujemo da se telo kreće usporeno, što potvrđuje početnu pretpostavku.

2.2.1. Kretanja tela po horizontalnoj podlozi sa početnom brzinom v_I

Telo koje se spustilo niz strmu ravan ima u tački I (kraj strme ravni i početak horizontalne podloge) brzinu v_I , što je prikazano jednačinama (19) i (20). Na osnovu jednačine (26) zaključujemo da se po horizontalnoj podlozi telo kreće ravnomerno usporeno (vrednost ubrzanja po apsolutnoj vrednosti iznosi $\mu_2 g$), što je opisano sledećim jednačinama:

$$|a_2| = \mu_2 g, \quad (27)$$

$$v = v_I - a_2 \cdot t, \quad (28)$$

$$S = v_I \cdot t - \frac{a_2 \cdot t^2}{2}. \quad (29)$$

Na kraju horizontalne podloge (ovo je karakteristična tačka II) važi:

$$|a_2| = \mu_2 g, \quad (30)$$

$$v_{II} = v_I - a_2 \cdot t_2, \quad (31)$$

$$l_2 = v_I \cdot t_2 - \frac{a_2 \cdot t_2^2}{2}. \quad (32)$$

Kombinovanjem jednačina (19), (20) i (30)-(32) dobijamo:

$$v_{II} = \sqrt{2l_1 a_1 - 2l_2 a_2}, \quad (33)$$

$$v_{II} = \sqrt{2l_1 g(\sin \alpha - \mu_1 \cos \alpha) - 2l_2 \mu_2 g}. \quad (34)$$

Iz jednačine (34) možemo da odredimo uslove pri kojima će telo preći celu horizontalnu podlogu, odnosno neće se zaustaviti na njoj ($v_{II} > 0$).

$$l_2 < \frac{\sin \alpha - \mu_1 \cos \alpha}{\mu_2} l_1. \quad (35)$$

U slučaju da uslov iz jednačine (35) nije ispunjen telo se zaustavlja na horizontalnoj podlozi. Vreme kretanja po horizontalnoj podlozi (t_{2x}) i pređeni put (l_{2x}) jednostavno se preračunavaju kombinovanjem jednačina (27)-(29) pri čemu u jednačini (28) treba uzeti da je krajnja brzina $v=0$.

2.3. Strma ravan - kretanje tela uz strmu ravan

Ako je ispunjen uslov dat jednačinom (35) telo koje se kretalo po horizontalnoj podlozi nastavlja kretanje uz strmu ravan (ilustrovano na slici 4), pri čemu to kretanje, ako nema neke dodatne spoljašnje sile, ne može biti ubrzano.

Analizom slike 4 možemo doći do jednačine kojom se određuje ubrzanje tela na strmoj ravni.

$$m \cdot a_3 = -F_p - F_{tr}, \quad (36)$$

$$F_p = Q \cdot \sin \beta, \quad (37)$$

$$F_p = mg \cdot \sin \beta, \quad (38)$$

$$F_{tr} = \mu_3 \cdot N, \quad (39)$$

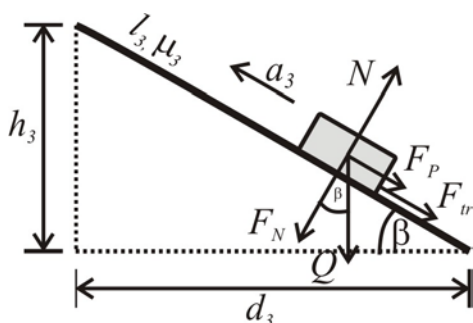
$$F_{tr} = \mu_3 \cdot Q \cdot \cos \beta, \quad (40)$$

$$F_{tr} = \mu_3 \cdot mg \cdot \cos \beta, \quad (41)$$

$$m \cdot a_3 = -mg \cdot \sin \beta - \mu_3 \cdot mg \cdot \cos \beta, \quad (42)$$

$$a_3 = -g(\sin \beta + \mu_3 \cdot \cos \beta). \quad (43)$$

Na osnovu jednačine (43) zaključujemo da ubrzanje tela ima negativnu vrednost, odnosno da se radi o usporenom kretanju, što potvrđuje našu konstataciju. Takođe, zaključujemo da na strmoj ravni ubrzanje tela zavisi kako od ugla strme ravni (β), tako i od strukture dodirnih površina tela i strme ravni (μ_3). To nam ukazuje da promenom β i μ_3 možemo da menjamo intenzitet ubrzanja tela.



Slika 4. Ilustracija kretanja tela uz strmu ravan.

2.3.1. Kretanje tela uz strmu ravan sa početnom brzinom v_{II}

Telo koje se kretalo po horizontalnoj podlozi ima u tački II (kraj horizontalne podloge i početak strme ravni) brzinu v_{II} , što je prikazano jednačinama (33) i (34). Na osnovu jednačine (43) zaključujemo da se po horizontalnoj podlozi telo kreće ravnomerno usporeno (vrednost ubrzanja po apsolutnoj vrednosti iznosi $g(\sin \beta + \mu_3 \cdot \cos \beta)$), što je opisano sledećim jednačinama:

$$|a_3| = g(\sin \beta + \mu_3 \cdot \cos \beta), \quad (44)$$

$$v = v_{II} - a_3 \cdot t, \quad (45)$$

$$S = v_{II} \cdot t - \frac{a_3 \cdot t^2}{2}. \quad (46)$$

Na kraju strme ravni (ovo je karakteristična tačka III) važi:

$$|a_3| = g(\sin \beta + \mu_3 \cdot \cos \beta), \quad (47)$$

$$v_{III} = v_{II} - a_3 \cdot t_3, \quad (48)$$

$$l_3 = v_{II} \cdot t_3 - \frac{a_3 \cdot t_3^2}{2}. \quad (49)$$

Kombinovanjem jednačina (33), (34) i (47)-(49) dobijamo:

$$v_{III} = \sqrt{2l_1 a_1 - 2l_2 a_2 - 2l_3 a_3}, \quad (50)$$

$$v_{III} = [2g(l_1(\sin \alpha - \mu_1 \cos \alpha) - l_2 \mu_2 - l_3(\sin \beta - \mu_3 \cos \beta))]^{1/2}. \quad (51)$$

Iz jednačine (51) možemo da odredimo uslove pri kojima će telo preći celu strmu ravan, odnosno neće se zaustaviti na njoj ($v_{III} > 0$).

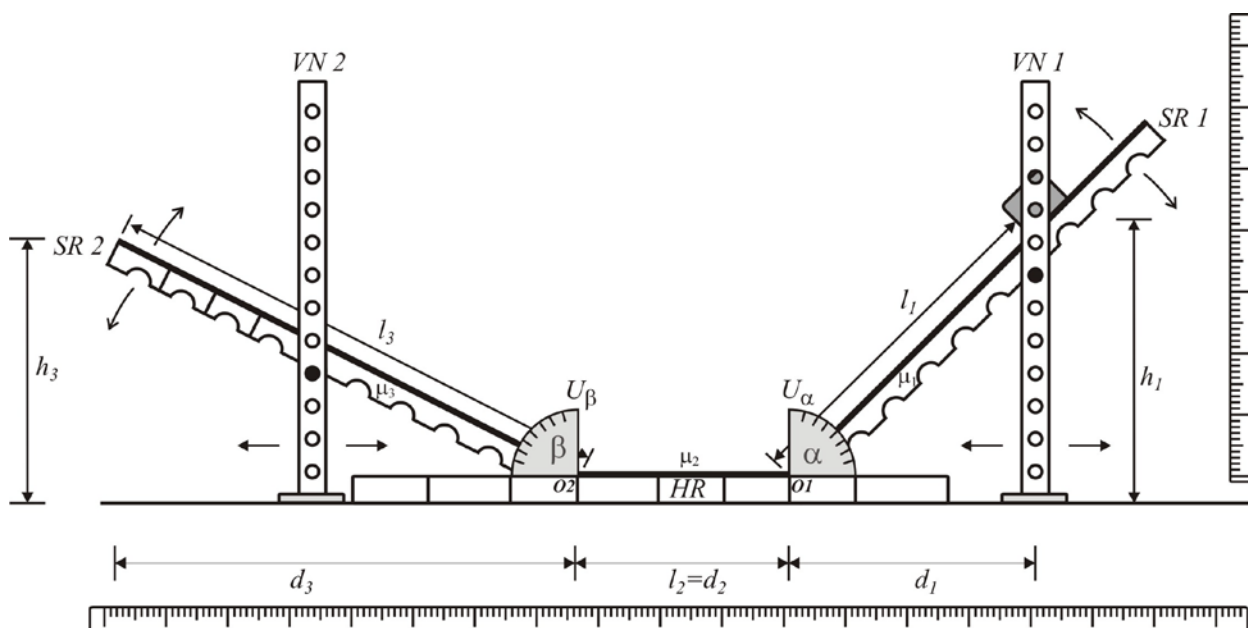
$$l_3 < \frac{l_1(\sin \alpha - \mu_1 \cos \alpha) - l_2 \mu_2}{\sin \beta + \mu_3 \cos \beta}. \quad (52)$$

Ako su ispunjeni uslovi dati jednačinom 52 dolazimo do zaključka da telo može da pređe celu dužinu l_3 i da u vidu kosog hica nastavi dalje kretanje. Predložena maketa za proučavanje kretanja tela po strmoj ravni može se u ovom slučaju koristiti i za proučavanje kosog hica. Međutim, mi smo se u ovom radu usredsredili samo na kretanje tela uz, niz strmu ravan i po horizontalnoj podlozi, a kosi hitac može da bude predmet nekog budućeg proučavanja. U slučaju da uslov iz jednačine (52) nije ispunjen telo se zaustavlja tokom kretanja uz strmu ravan. Vreme kretanja uz strmu ravan (t_{3x}) i pređeni put (l_{3x}) jednostavno se izračunavaju kombinovanjem jednačina (44)-(46) pri čemu u jednačini (45) treba uzeti da je krajnja brzina $v=0$. Nakon zaustavlja telo se vraća nazad niz strmu ravan, kreće po horizontalnoj podlozi... Zavisno od eksperimentalnih uslova (nagiba strmih ravni, dužina pređenih puteva, koeficijenta trenja) može da se zaustavi na horizontalnoj podlozi, a može čak i da pređe celu horizontalnu podlogu i da se vrati uz prvu strmu ravan, zaustavi na njoj...

III. REALIZACIJA LABORATORIJSKE MAKETE

Napred navedene jednačine služe kao teorijska postavka ove vežbe, a kompletno kretanje tela najbolje je eksperimentalno proveriti (slika 5), pri čemu treba imati u vidu da će zbog brojnih zanemarivanja uvek biti odstupanja između teorije i eksperimenta. Ovo je realan problem koji postoji gotovo u svim eksperimentima, pa je iz tih razloga to dobro i objasniti učenicima. Zbog velikog broja formula i prilično složenih zavisnosti idealno bi bilo razviti simulator (slika 6), jer je sa strane učenika najbitnije razumevanje gradiva, a ne rešavanje složenih jednačina.

Laboratorijska maketa ima mogućnost podešavanja svih dužina, uglova i koeficijenta trenja između podloga i tela koje se kreće po njima, što omogućava realizaciju čitavog niza različitih eksperimenata i donošenja velikog broja zaključaka. Na primer, rotiranjem strmih ravni SR1 i SR2 oko osa rotacija O1 i O2 mogu da se podešavaju uglovi strmih ravni, što se jednostavno očitava uglomerima U_α i U_β . Pomeranjem vertikalnog nosača VN1 može da se menja visina strme ravni, odnosno dužina prve strme ravni, što se očitava lenjirima koji su postavljeni pored. Promenu dužine druge strme ravni nije jednostavno realizovati. Međutim, dodavanjem nastavaka na SR2 i pomeranjem vertikalnog nosača VN2 mogu se menjati i visina i dužina ove strme ravni. Takođe, dodavanjem nastavaka na HR može se podešavati i dužina horizontalne ravni. Konačno, lepljenjem različitih podloga (guma, drvo, plastika, staklo, metal..) na telu koje se spusta niz strmu ravan, odnosno lepljenjem podloga na strmim ravnima i na horizontalnoj podlozi moguće je podešavati i koeficijente trenja.



Slika 5. Eksperimentalna postavka laboratorijske vežbe.

$d_3 =$

$h_3 =$

$\beta =$

$l_3 =$

$\mu_3 =$

$l_2 =$

$\mu_2 =$

$d_1 =$

$h_1 =$

$\alpha =$

$l_1 =$

$\mu_1 =$

Podešavanje elemenata laboratorijske makete

Rezultati simulacije

III tačka

$t_3 =$

$a_3 =$

$v_{III} =$

II tačka

$t_2 =$

$a_2 =$

$v_{II} =$

I tačka

$t_1 =$

$a_1 =$

$v_1 =$

III

zaustavljanje

$t_{3x} =$

$l_{3x} =$

II

zaustavljanje

$t_{2x} =$

$l_{2x} =$

I

Slika 6. Grafička ilustracija simulatora laboratorijske vežbe.

Kao što je već napomenuto, uporedo sa razvojem laboratorijske makete idealno bi bilo i razvijanje simulatora koji bi bio sastavni deo ovih eksperimenata. Korišćenje simulatora baziralo bi se na podešavanju svih dužina, uglova i koeficijenata trenja između podloga i tela koje se kreće po njima, i kasnije očitavanje vremena u

karakterističnim tačkama (I, II, III ili trenutak zaustavljanja t_{2x} , t_{3x}), ubrzanja ili zaustavnog puta (l_{2x} , l_{3x}). Za rešavanje sistema napred navedenih jednačina, a ujedno i osnova za razvoj simulatora iskorišćen je programski jezik Python [6], a sam kod koji opisuje kompletnu laboratorijsku vežbu prikazan je u nastavku.

```

import math
import sys
def main():
    print("Unesi parametre za prvu strmu ravan:")
    p1 = float(input("p1: "))
    if(p1<=0 or p1>1):
        print("Koeficijent trenja ne može biti manji od"
              " 0 ili veći od 1")
        sys.exit()
    d1 = float(input("d1[m]: "))
    h1 = float(input("h1[m]: "))
    L1 = math.sqrt(d1**2 + h1**2)
    sinα = h1/L1
    cosα = d1/L1
    a1 = 9.81*(sinα - p1*cosα)
    t1 = math.sqrt(2*a1*L1)
    v1 = a1*t1
    print("Telo se spustilo niz prvu strmu ravan")
    print("a1 =", round(a1,2), "m/s2")
    print("t1 =", round(t1,2), "s")
    print("v1 =", round(v1,2), "m/s")
    print(" ")
    #izracunavanje a1, t1, v1 na kraju strme ravni

    print("Unesi parametre za horizontalnu podlogu:")
    p2 = float(input("p2: "))
    if(p2<=0 or p2>1):
        print("Koeficijent trenja ne može biti manji od"
              " 0 ili veći od 1")
        sys.exit()
    L2 = float(input("L2[m]: "))
    a2 = 9.81*p2
    if(L2<((sinα - p1*cosα)*L1/p2)):
        v2 = math.sqrt(2*L1*a1 - 2*L2*a2)
        t2 = (v1-v2)/a2
        print("Telo je preslo kompletnu"
              " horizontalnu podlogu")
        print("a2 =", round(a2,2), "m/s2")
        print("t2 =", round(t2,2), "s")
        print("v2 =", round(v2,2), "m/s")
    else:
        t2x = v1/a2
        L2x = L1*(sinα - p1*cosα)/p2
        print("Telo se zaustavilo na"
              " horizontalnoj podlozi")
        print("a2 =", round(a2,2), "m/s2")
        print("t2x =", round(t2x,2), "s")
        print("L2x =", round(L2x,2), "m")
        sys.exit()
    print(" ")
    #izracunavanje a2, v2, t2
    #na kraju horizontalne podloge ili
    #izracunavanje a2, t2x, L2x
    #do trenutka zaustavljanja

    print("Unesi parametre za drugu strmu ravan:")
    p3 = float(input("p3: "))
    if(p3<=0 or p3>1):
        print("Koeficijent trenja ne može biti manji od"
              " 0 ili veći od 1")
        sys.exit()
    d3 = float(input("d3[m]: "))
    h3 = float(input("h3[m]: "))
    L3 = math.sqrt(d3**2 + h3**2)
    sinβ = h3/L3
    cosβ = d3/L3
    a3 = 9.81*(sinβ + p3*cosβ)
    if(L3<((sinα - p1*cosα)*L1 - L2*p2)/(sinβ + p3*cosβ)):
        v3 = math.sqrt(2*L1*a1 - 2*L2*a2 - 2*L3*a3)
        t3 = (v2-v3)/a3
        print("Telo se popelo uz drugu strmu ravan")
        print("a3 =", round(a3,2), "m/s2")
        print("t3 =", round(t3,2), "s")
        print("v3 =", round(v3,2), "m/s")
    else:
        t3x = v2/a3
        L3x = ((sinα - p1*cosα)*L1 - L2*p2)/(sinβ + p3*cosβ)
        print("Telo se zaustavilo na drugoj strmoj ravni")
        print("a3 =", round(a3,2), "m/s2")
        print("t3x =", round(t3x,2), "s")
        print("L3x =", round(L3x,2), "m")
    #izracunavanje a3, v3, t3
    #na kraju druge strme ravni ili
    #izracunavanje a3, t3x, L3x
    #do trenutka zaustavljanja
main()

```

U nastavku je data ilustracija kretanja tela na laboratorijskoj maketi dobijena korišćenjem napred navedenog koda. Izabrani su takvi eksperimentalni uslovi gde se telo spušta niz strmu ravan, prelazi celu horizontalnu podlogu, penje uz drugu strmu ravan i zaustavlja na njoj.

```

>>>
Unesi parametre za prvu strmu ravan:
p1: 0.2
d1[m]: 0.5
h1[m]: 0.7
Telo se spustilo niz prvu strmu ravan
a1 = 6.84 m/s2
t1 = 3.43 s
v1 = 23.48 m/s

Unesi parametre za horizontalnu podlogu:
p2: 0.25
L2[m]: 0.5
Telo je preslo kompletnu horizontalnu podlogu
a2 = 2.45 m/s2
t2 = 8.33 s
v2 = 3.05 m/s

Unesi parametre za drugu strmu ravan:
p3: 0.35
d3[m]: 0.5
h3[m]: 0.35
Telo se zaustavilo na drugoj strmoj ravni
a3 = 8.44 m/s2
t3x = 0.36 s
L3x = 0.55 m

```

IV. ZAKLJUČAK

U radu je detaljno je objašnjeno kretanje tela niz strmu ravan, po horizontalnoj podlozi i uz strmu ravan. Detaljno su izvedene formule koje predstavljaju osnovu simulatora koji bi bio sastavni deo ove vežbe. Osmišljena laboratorijska maketa omogućava realizaciju čitavog niza različitih eksperimenata iz oblasti fizike koji bi mogli da motivišu učenike, da pospeše sticanje znanja iz fizike i da podstaknu korišćenje eksperimenata u nekim drugim predmetima, naučnim disciplinama ili svakodnevnom životu.

LITERATURA

- [1] Društvo fizičara Srbije. Dostupno na: <http://www.dfs.rs>
- [2] Takmičenje iz Fizike učenika sedmog razreda Osnovnih škola školske 2012/2013 godine. Dostupno na: http://takmicenja.ipb.ac.rs/zadaci/6_2013_okruzno.pdf
- [3] Biografija Isaka Njutna. Dostupno na: https://sh.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton
- [4] Isak Njutn, Matematički principi prirodne filozofije (lat. Philosophiae Naturalis Principia Mathematica), objavljeno 1687. Dostupno na: https://sr.wikipedia.org/sr-el/Математички_принципи_природне_философије
- [5] Biografija Galilea Galileja. Dostupno na: https://sh.wikipedia.org/wiki/Galileo_Galilei
- [6] Python, Practical Programming, An Introduction to Computer Science Using Python, Jennifer Campbell, Paul Gries, Jason Montojo, Greg Wilson, The Pragmatic Bookshelf, Dallas, Texas · Raleigh, North Carolina

Zaštita od požara

Lazar Stanković, Radmila Mitić, Dejan Stamenković

Sadržaj - U ovom radu je predstavljen model garaže koja ima ugrađen senzor za detekciju eksplozivnih i otrovnih plinova i gasova, koji putem mikrokontrolera i mehaničkog sistema ventilacije štiti objekat od požara. Takođe je predstavljen i model garaže za koju je urađena simulacija evakuacije iz objekta.

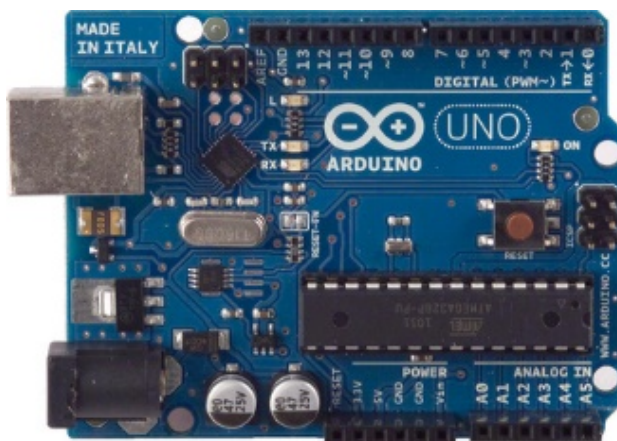
I. UVOD

Tendencija današnjeg života je težnja ka sigurnom i bezbednom životnom okruženju. To podrazumeva da imamo zdrav i bezbedan prostor kako na poslu tako i u kući. Ono što predstavlja veliki problem u objektima je mogućnost curenja zapaljivih i otrovnih gasova što može da dovede do velikih neželjenih posledica. Da bi se dati problem rešio potrebno je na vreme detektovati koncentraciju neželjenih gasova. Zahvaljujući velikom tehnološkom napretku danas je moguće projektovati kuću, zgradu ili garažu sa detektorom plina, koji će nadležnoj osobi da prosledi informaciju o postojećoj opasnosti i izvršiti određene korake u sprečavanju stvaranja požara. U radu je predstavljen model kuće koja koristi senzor za detekciju štetnih gasova čiji je rad povezan sa Arduino razvojnim okruženjem. Takođe je u VI poglavlju predstavljen analiza problema evakuacije iz garaže.

II. ARDUINO RAZVOJNO OKRUŽENJE

Arduino [1] je fizičko-računarska platforma (razvojni sistem) otvorenog koda. Hardver se sastoji od jednostavnog otvorenog hardverskog dizajna Arduino ploče sa Atmel AVR procesorom i pratećim ulazno-izlaznim elementima. Softver se sastoji od razvojnog okruženja koje čine standardni kompajler i bootloader koji se nalazi na samoj ploči. Arduino hardver se programira koristeći programski jezik zasnovan na Wiring jeziku (sintaksa i biblioteke). U osnovi je sličan C++ programskom jeziku sa izvesnim pojednostavljenjima i izmenama. Integrisano razvojno okruženje je zasnovano na Processing-u. Arduino ploču čine 8-bitni Atmel AVR mikrokontroler sa pripadajućim komponentama koje omogućavaju programiranje i povezivanje sa drugom elektronikom. Bitan aspekt Arduino projekta je standardizovan raspored konektora koji omogućava lako povezivanje sa dodatnim modulima, poznatijim kao štitovi. Zvanične Arduino ploče uglavnom

koriste megaAvr seriju čipova, konkretno ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280 i ATmega2560. Većina ploča poseduje linearni naponski regulator 5V i kristalni oscilator od 16 MHz (ili keramički rezonator u nekim verzijama). Arduino mikrokontroleri se isporučuju sa programiranim bootloader-om koji pojednostavljuje postupak prebacivanja prevedenog koda u fleš memoriju na čipu. Dati sistem u kombinaciji sa MQ5 senzorom može da se koristi kao jedno od najjednostavnijih i najboljih rešenja za detekciju štetnih gasova.



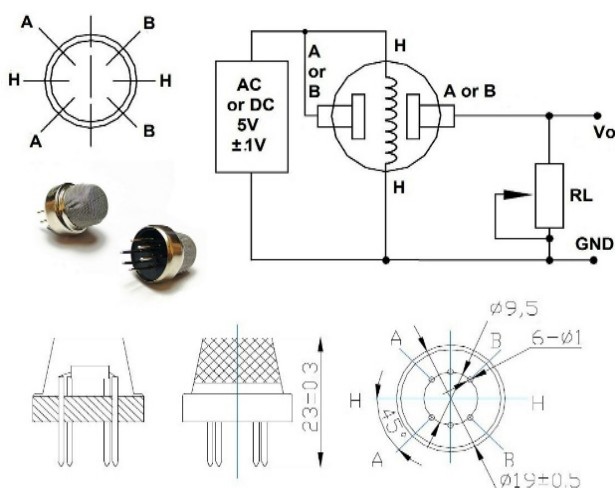
Sl.1. Arduino Uno.

III. MQ5 SENZOR

MQ5 [2] senzor je senzor poluprovodničkog tipa. Osetljivi materijal senzora je kalaj-dioksid (SnO₂), koji se karakteriše slabom provodnošću u vazduhu. Pored propana i butana može takođe da oseti i ostale prirodne gasove. Poboľšanjem ovog senzora u smislu veće osetljivosti na dim cigareta i na alkohol moguće je proširiti njegovu upotrebu i u manjim zatvorenim prostorijama, radi povećanja bezbednosti. Opseg koncentracije MQ5 senzora je od 300-1000ppm (eng. *parts per million* – jedan deo na milion). Senzor sadrži 6 pinova, 4 od njih koriste se za provođenje signala, a ostala 2 za provođenje struja grejanja. Razlog za korišćenje ovog senzora je i veoma kratko vreme njegovog odziva na registrovanu promenu. Za napajanje ovog senzora se koristi izvor od 5V. Ovaj senzor ima različite vrednosti otpornosti na različite koncentracije gasa. Osetljivost senzora je veoma važna i da bi održali što veću tačnost merenja preporučuje se njegova kalibracija na 1000ppm. Osetljivost senzora na neke od gasova prikazana je na slici 2. Na njoj je prikazana promena otpornosti senzora sa povećanjem koncentracije gasa.

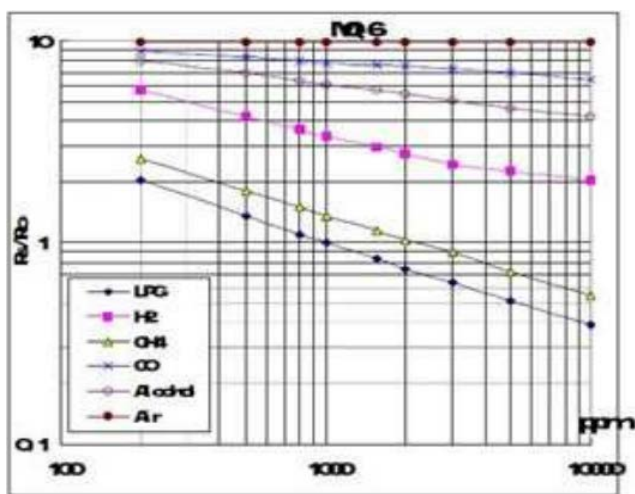
Stanković Lazar je učenik III razreda smer Tehničar mehatronike, Elektrotehnička škola "Nikola Tesla", Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, E-mail: etstesla@etstesla.ni.ac.rs

Radmila Mitić, Dejan Stamenković, Profesori stručnih predmeta, Elektrotehnička škola "Nikola Tesla", Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, E-mail: racamitic@gmail.com



Sl.2. Šema.

Princip rada MQ5 senzora [5] može se objasniti pomoću slike 2. Namotaj grejača koji je na slici prikazan kao kontakt H koji je u kontaktu sa kalaj-dioksidom (SnO_2), u prisustvu čistog vazduha otpornost kroz namotaj grejača je neptromenljiva, ali se menja u prisustvu gasova, što dovodi do pada otpornosti SnO_2 strukture i rasta napona na izlazu. Izmereni napon može se koristiti za određivanje koncentracije bilo kog zapaljivog gasa, što je i iskorišćeno za rad ovog senzora.



Sl.3. Karakteristika osetljivosti MQ5 senzora za neke od gasova.

Za napajanje mogu da se koristite 5V AC ili DC izvore, H pinovi se koriste za napajanje i uzemljenje, A pinovi nalaze se između napajanja i uzemljenja tj. H pinova, pin B dobija analogni signal kada je senzor aktivan, za regulaciju se koristi otpornik 20 K Ω i 200 K Ω ili potencijometar za podešavanje tačnosti. Pločica je konstruisana tako da može raditi sa bilo kojim MQ

senzorom, jednostavniji interfejs sa 3-6 pina sa napajanjem od 5V AC ili DC, masom i analognim izlazom. AC ili DC vezuje se za napajanje, GND sa masom i Vo tj. OUT se vezuje za AD konvertor. Ovaj senzor nema polariteta tako da ga je moguće koristiti bilo gde postoji ploča sa ulazom od 6 pina.

Rad senzora se bazira na signalu koji sa senzora ide na ulaz Arduina, zatim se konvertuje u digitalni signal koji Arduino obrađuje i po potrebi aktivira elektromotor. Elektromotor, nakon dobijenog signala pokreće ventilator koji vrši ventilaciju samog objekta. Pored toga Arduino šalje i signal za pokretanje servo motora koji otvara roletne sistema ventilacije (slika 4.) na krovu. Na ovaj način je efikasno izvršena zaštita objekta od uticaja štetnih gasova, i takođe sprečena potencijalna pojava požara.

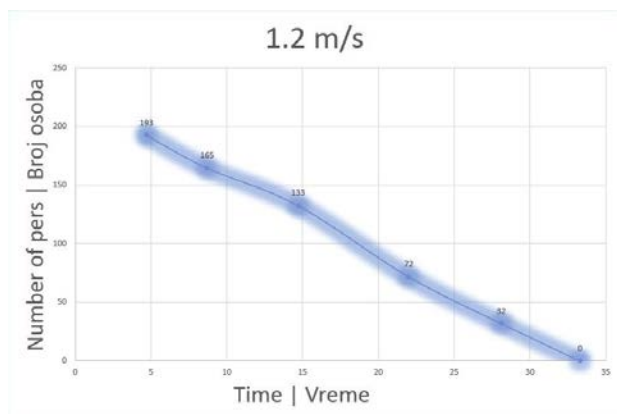


Sl.4. Sistem ventilacije.

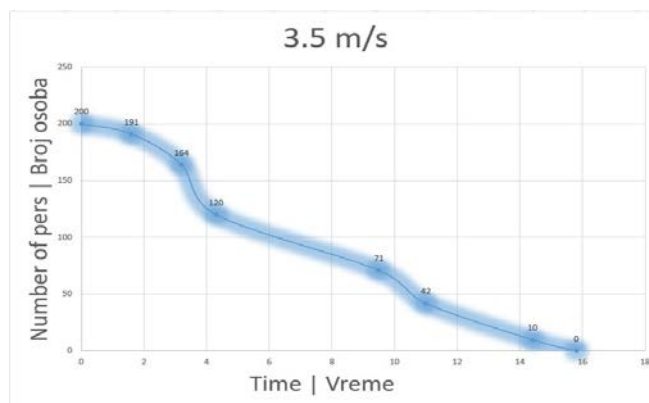
IV. EVAKUACIJA

Kao mera zaštite od požara, na osnovu Zakona o zaštiti od požara, u ugroženim objektima se donose pravila zaštite od požara koja sadrže plan evakuacije. Da bi se ona efikasno izvela potrebno je, između ostalog odrediti i specifičnu propusnu moć-SPM. Ovaj faktor pokazuje broj ljudi koji može da prođe kroz prolaz ili izlaz u toku jednog minuta. Analizom datog problema se dolazi do zaključka da se tu kao najkritičniji objekti javljaju garaže. Uzimajući za analizu garažu dimenzije 35m*50m sa 48 automobila, odrađena je simulacija evakuacije [5].

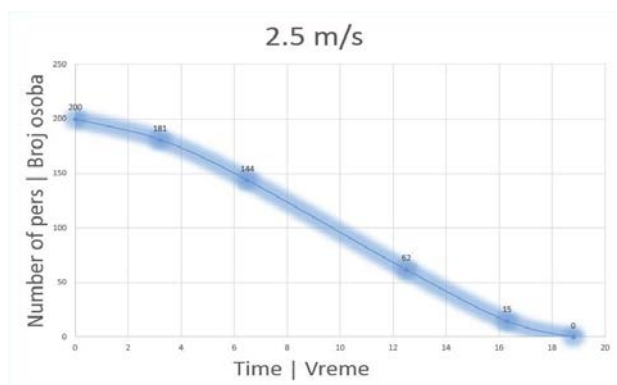
Pošto je osnovno pravilo evakuacije da vreme evakuacije mora biti dovoljno kratko da ne bi došlo do ugrožavanja života ljudi simulacija je rađena za tri različite brzine kretanja osoba (slika 5, slika 6 i slika 7). Na osnovu dobijenih rezultata može da se zaključi da vreme evakuacije se kreće između 16s i 35s. Što nam govori da je to kritično vreme za koje treba da se obezbedi zaštita ljudi.



Sl.5. Grafik evakuacije pri brzini od 1.2 m/s.



Sl.7. Grafik evakuacije pri brzini od 3.5 m/s.



Sl.6. Grafik evakuacije pri brzini od 2.5 m/s.

V. ZAKLJUČAK

Zadatak projekta je bio pronalaženje optimalnog rešenja za zaštitu objekata od štetnih gasova. Rešenje koje smo mi uzeli je postavljanje detektora plina u objektima, što smo u radu i prikazali, a takođe smo ukazali i na značaj kritičnog vremena evakuacije iz garaža.

ZAHVALNICA

Rad je realizovan u laboratorijskim uslovima u prostorijama ETŠ-Nikola Tesla. Realizaciji rada su pomogli profesori škole, kojima se puno zahvaljujemo a posebno dr. Radetu Jeftiću na pomoći u izradi simulacija.

LITERATURA

- [1] <http://vtsns.edu.rs/tempus/wp-content/uploads/2013/05/evakuacija-i-spasavanje>
- [2] Jevtić, B. R., Ničković, T. J.: *Object evacuation for different speeds of occupants*, 58thETRAN CONFERENCE, Vrnjačka Banja, Serbia, 2014.
- [3] <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [4] <https://alselectro.wordpress.com/2011/09/18/gas-sensorsconnection-details/>
- [5] <https://wisense.wordpress.com/2015/07/06/gas-leakage-module-using-the-mq-5-gas-sensor/>

Realizacija 3D efekata LED kockom

Mihajlo Šutanovac, Stefan Stojilković, Mladen Nikolić, Nikola Jevtović, Stefan Petković, Darko Mitić, Violeta Dimić

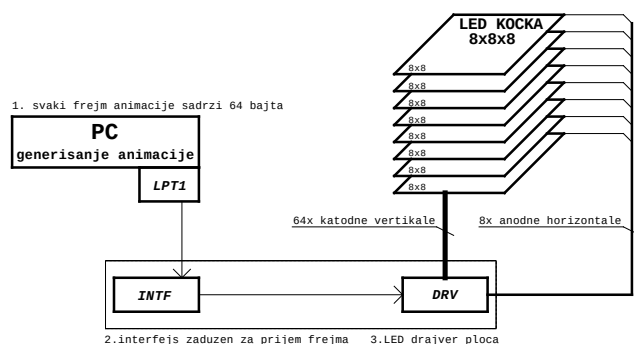
Sadržaj – LED kocka je osmišljena i konstruisana sa ciljem da prikaže sadržaj podataka nekog fajla. Sistem je realizovan u školskoj radionici projektovanjem hardvera i pisanjem programa za uključanje LED kocke. Elektronski sklop omogućava komunikaciju između računara i sistema LED komponenti. Generisanje određene slike se prenosi putem interfejsa na LED drajver ploču. U radu su opisane hardverske komponente za realizaciju uređaja kao i primenjeni softver.

I. UVOD

Koristeći napredne tehnologije i moćne hardverske i softverske alate, u mogućnosti smo da osmisimo i realizujemo različite projekte. Danas su dosta u upotrebi LED tehnologije [1]. Osmišljen je sistem koji je podelio LED elemente u 8 zasebna kontrolisana dela, kojima upravlja računar. U daljem tekstu rada je prikazana realizacija takvog sistema. U toku same realizacije biće izabran programski jezik u kome će se realizovati formiranje datoteke za prikaz slike na kocki.

II. BLOK ŠEMA LED KOCKE

Preko odgovarajućeg programa u računaru se formira fajl koja sadrži frejmove za prikaz slike (animacije) [2]. Svaki frejm se sastoji od 64B. Iz fajla se izdvaja paket od 64B, koji se preko paralelnog porta šalje do interfejsa i smešta u memoriju mikrokontrolera. Mikrokontroler preko drajverske ploče, upisuje ove podatke u kocku, stvarajući na taj način sliku jednog frejma. Slika na kocki je prisutna sve dok se računara ne pošalju novih 64B slike. Na taj način se može ostvariti animacija, što se može predstaviti preko blok šeme na sl. 1.



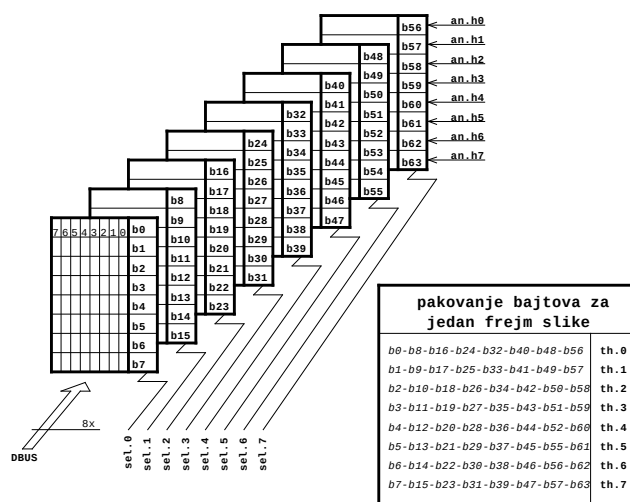
Sl. 1. Blok šema LED kocke.

Mihajlo Šutanovac, Stefan Stojilković, Mladen Nikolić, Nikola Jevtović, su učenici III razreda, a Stefan Petković i Darko Mitić, učenici IV razreda, smeru Elektrotehničar informacionih tehnologija, ETŠ "Nikola Tesla", Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, e-mail: etstesla@etstesla.ni.ac.rs

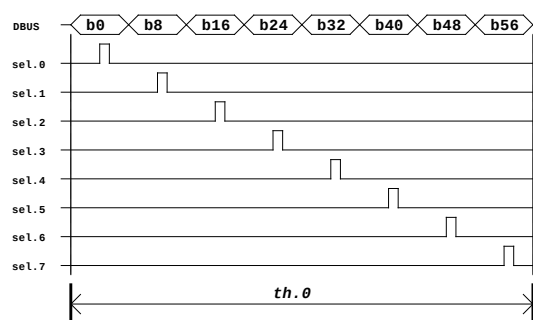
Violeta Dimić, profesor stručnih predmeta, Elektrotehnička škola "Nikola Tesla", Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, e-mail: viki@etstesla.ni.ac.rs

III. VREMENSKI DIJAGRAM UPISA FREJMOVA

Preko linije podataka, kao što je prikazano na sl.2, se prvo upisuje osam bajta u drajverske čipove. Svaki bajt se u odgovarajući čip upisuje preko linija od sel.0 do sel.7, a zatim se tih osam bajtova upisuje u odgovarajući horizontalu preko an.h0-an.h7. Dovođen napona na horizontalu putem signala an.h0, cikličnim upisom se upisuju svih 8 horizontala, što ujedno i predstavlja 1 frejm. Prikaz jedne horizontale (th.0-th.7) traje 2.5ms, a kako ih je 8, prikaz jednog frejma traje 20 ms. To znači da se u jednoj sekundi može prikazati 50 slika, kako bi se izbeglo vidljivo treperenje dioda.



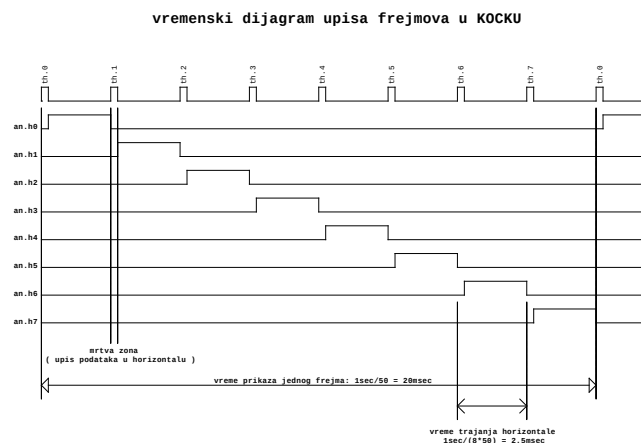
vremenski dijagram upisa 0-te horizontale



Sl. 2. Vremenski dijagram upisa nulte horizontale.

U okviru projekta LED kocka, postoji određeno vreme prilikom svakog upisa u horizontalu. Cela kocka se isključuje, kako se ta informacija ne bi prikazala i u ostalim horizontalama. Ovo vreme, koje je veoma kratko u odnosu

na 2.5ms, je na dijagramu označeno kao mrtva zona i reda je 50 μ s (sl. 3).

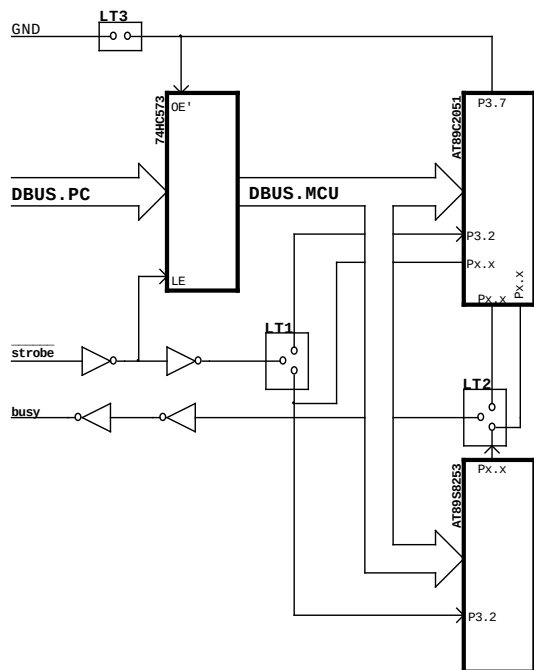


Sl. 3. Vremenski prikaz jednog frejma.

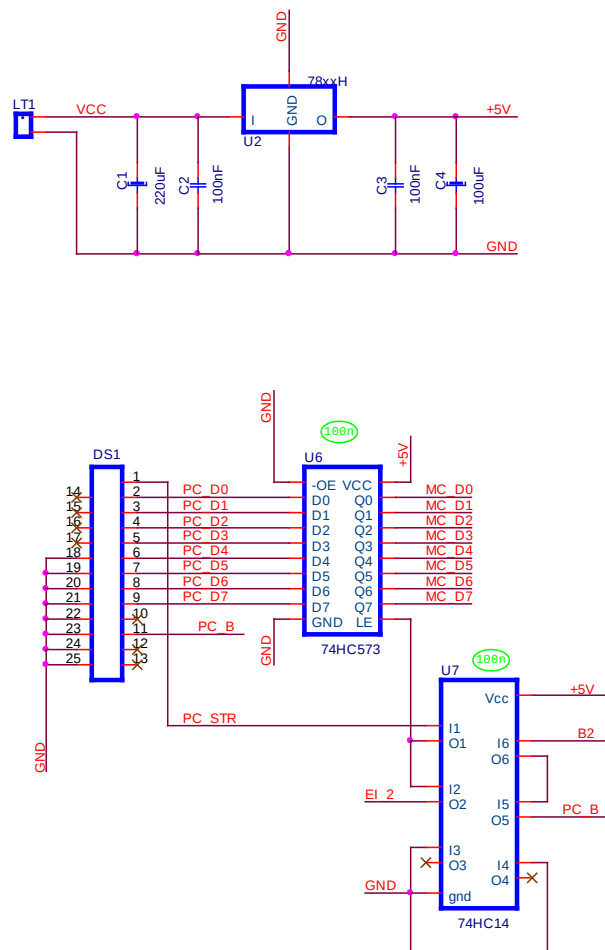
IV. BLOK ŠEMA I ELEKTRIČNA ŠEMA KOMUNIKACIONOG DELA

Posle isteka prikaza jednog frejma 20ms, daje se dozvola računaru da pošalje novi frejm ako ga ima, a ako ne i dalje se prikazuje prethodni frejm. Na taj način se određuje brzina smenjivanja frejmova.

Važno je napomenuti da u slučaju ako bi se podaci slali preko RS232, koristio bi se i drugi mikrokontroler 2051, da bi se obezbedilo potrebno vreme za prijem frejmova.



Sl. 4. Blok šema komunikacionog dela.



Sl. 5. Komunikacioni interfejs.

TABELA 2.
GLAVNI PROGRAM – KOMUNIKACIJA SA RAČUNAROM

```

;-----
; GLAVNI PROGRAM
;-----
gp_000:      JNB      doz,$
             CLR      is_vreme
             SETB     TR1
             MOV      R0,#30h
             MOV      R6,#00h

gp_003:      CLR      busy
gp_002:      JB       doso,gp_001
             JB       is_vreme,gp_res
             SJMP     gp_002

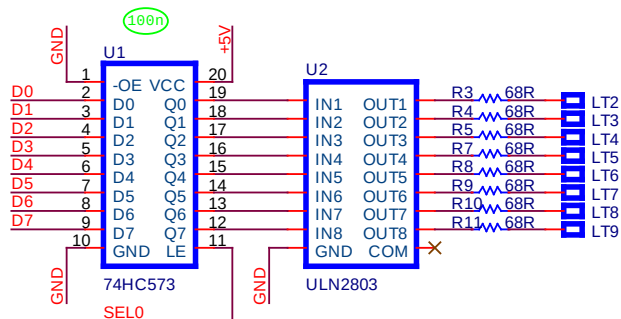
gp_001:      SETB     busy
             @R0,P1
             INC      R0
             INC      R6
             CLR      doso
             CJNE     R6,#64,gp_003

gp_res:      SETB     busy
             CLR      TR1
             MOV      TH1,#0F7h
             MOV      TL1,#00h

```

•
;
•
;

Imajući sve to u vidu, i hardverske i softverske komponente, na sl. 7 je predstavljena osnovna realizacija mikrokontrolerske jedinice za multipleksirani upis podataka. Štampana ploča, sistem LED komponenti raspoređenih u kocku i izgled istih u režimu rada prikazani su na slikama sukcesivno sl. 8, sl. 9 i sl. 10.

[illegible]

Sl. 7. Mikrokontrolerska jedinica za upis podataka u kocku.

TABELA 3.

TAJMERSKI DEO ZA UPIS PODATAKA U HORIZONTALNE

.....;

tajmer0:	PUSH	PSW
	PUSH	ACC
	PUSH	00h
	PUSH	01h
	SETB	en
	INC	br_int
	MOV	A,br_int
	CJNE	A,#01,t_001

```

        LCALL    SHOW_C1
        SJMP     t_000
t_001:    CJNE    A,#02,t_002
        LCALL    SHOW_C2
        SJMP     t_000
;
;
t_002:    CJNE    A,#03,t_003
        LCALL    SHOW_C3
        SJMP     t_000
;
;
t_003:    CJNE    A,#04,t_004
        LCALL    SHOW_C4
        SJMP     t_000
;
;
t_004:    CJNE    A,#05,t_005
        LCALL    SHOW_C5
        SJMP     t_000
;
;
t_005:    CJNE    A,#06,t_006
        LCALL    SHOW_C6
        SJMP     t_000
;
;
t_006:    CJNE    A,#07,t_007
        LCALL    SHOW_C7
        SJMP     t_000
;
;
t_007:    CJNE    A,#08,t_000
        LCALL    SHOW_C8
        MOV      br_int,#00h
;
;
        SETB     doz
;
;
t_000:    POP      01h
        POP      00h
        POP      ACC
        POP      PSW
        RETI
;
;.....

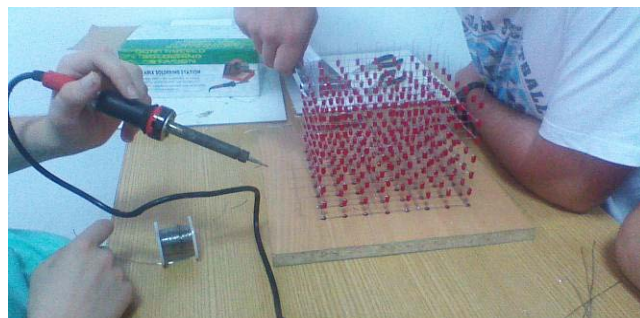
```

VI. ZAKLJUČAK

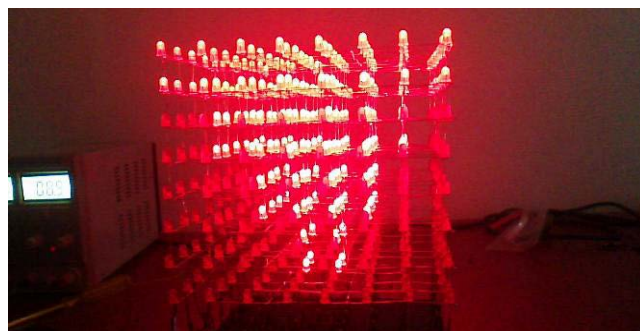
Za ovaj projekat je napravljena mikrokontrolerska jedinica (AT89C2051, AT89S253, 74HC573, 74HC14, 74HC238, ULN2803) sa setom otpornika, kondenzatora i tranzistora i komunikacijom sa računarom ili nekim drugim pametnim uređajem. U cilju daljih poboljšanja i prateći napredne tehnologije, komunikacija se može realizovati različitim programskim jezicima. Proizvedeni efekti mogu biti različiti i u više boja; konstrukcija kocke može biti većih dimenzija. Projekat bi mogao da se razvija u pravcu realizacije 3d bilborda. Za sada ideja osmišljavanja ovog projekta je bila da LED kocka kao postavka na različitim manifestacijama, privlači pažnju svojim svetlosnim efektima uz zvuk muzike u pozadini.



Sl. 8. Štampana ploča.



Sl. 9. Konstrukcija LED kocke.



Sl. 10. Sistem LED dioda u režimu rada.

ZAHVALNICA

Autor se posebno zahvaljuje Ljubodragu Dimiću, projektantu firme „INA Design&Engineering“ iz Novog Pazara na stručnim savetima i korisnim sugestijama, kao i ostalim zaposlenima koji su učestvovali u realizaciji projekta

LITERATURA

- [1] <http://www.nitro.rs/napredna-led-tehnologija-i-autonomni-automobil-mazdina-nova-iznenadenja/>
- [2] M. Verle, Arhitektura i programiranje mikrokontrolera, Mikroelektronika, 2010.
- [3] <http://www.atmel.com/devices/at89s8253.aspx>
- [4] www.netcomponents.com/sitemap/74HC753.html
- [5] www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT238_Q100

WiFi web multisenzorski sistem u energetske efikasnim objektima

Jovan Krstić, Danijela Stajić

Sadržaj - U radu je predstavljen jedan segment upravljanja koji se može koristiti prilikom projektovanja i izgradnje energetske efikasne objekata. Sistem omogućava fleksibilnu integraciju više senzora na bazi CMOS tehnologije sa ESP8266 WiFi komunikacionim modulom. Predviđeno je praćenje parametara stambenih sredina - temperature, vlage, intenziteta osvetljenja, kao i detekcije pokretnih objekata u prostorijama. Korišćenje sistema se bazira na komunikaciji korisnika sa objektom upravljanja na daljinu, putem naprednih informacionih tehnologija. Radi lakšeg nadgledanja parametara senzora razvijena je namenska Android aplikacija.

I. UVOD

Izbor odgovarajućih senzora u kućnoj automatizaciji od velike je važnosti za pravilno funkcionisanje primenjenog sistema upravljanja. Neki senzori su integrisani unutar kućnih uređaja, dok se većina postavlja nezavisno (senzori temperature, vlage, prisustva dima, intenziteta osvetljaja, detekcije pokreta). Njihovo međusobno povezivanje ili spajanje sa centralnim upravljačkim sistemom žičanom vezom je komplikovano i proizvodi robusan sistem upravljanja. Automatizacija WiFi vezom bi uklonila master i slave konfiguraciju uređaja i omogućila da svaki senzor ili uređaj bude povezan direktno na Lan ili Web. Direktna veza bi takođe sprečila istovremeno posluživanje na mreži dok bi se multisenzorskom sistemu povećala brzina pristupa mreži.

II. ARHITEKTURA SISTEMA

Hardversku osnovu sistema upravljanja čini WiFi modul ESP8266 i pripadajući senzori i to:

- DHT11 senzor temperature i vlage,
- BH1750 digitalni senzor intenziteta osvetljenja,
- HC-SR501 senzor za detekciju pokreta,
- DC napajanje ili baterija.

Za potrebe praćenja i kontrole parametara od strane korisnika razvijena je Web stranica kao i namenska Android aplikacija, pa se sistem može predstaviti blok šemom na Slici 1.

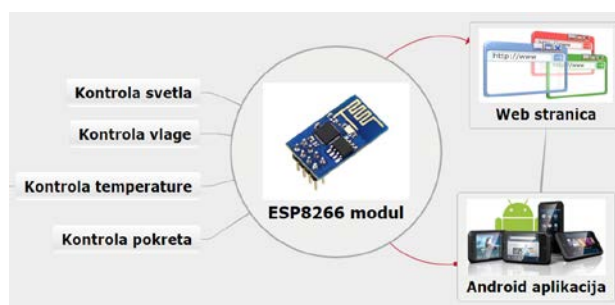
WiFi modul ESP8266 (Slika 2.) je nezavisan sistem na čipu

Jovan Krstić je učenik IV razreda smer Tehničar Mehatronike, Elektrotehnička škola "Nikola Tesla", Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, E-mail: jovan-97@hotmail.com

Danijela Stajić je nastavnik stručnih predmeta, Elektrotehnička škola "Nikola Tesla", Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, E-mail: danijelastajic@yahoo.com

sa integrisanim TCP/IP protokolom koji omogućava pristup WiFi mreži. U samom procesu proizvodnje izvršeno je pre-programiranje svakog modula sa AT skupom firmware komandi što omogućava povezivanje serijskom vezom sa bilo kojim mikrokontrolerom. Ovaj modul ima odlične mogućnosti obrade i skladištenja podataka koje mu dozvoljavaju da se integriše sa sensorima i drugim uređajima preko njegovih GPIO pinova.

Visok stepen integracije na čipu sa minimalnim dodatnim kolima omogućava da modul zauzme mali PCB prostor.



Slika 1. Blok šema realizovanog sistema.

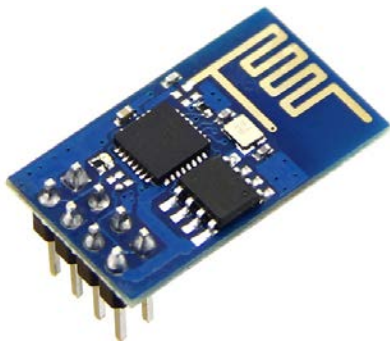
Značajne karakteristike modula ESP8266 su:

- 802.11b/g/n protokol,
- WiFi direktni (P2P), soft AP,
- Integrisani TCP/IP protokol,
- +19.5 dbm izlazna snaga u 802.11b/g/n modu,
- Integrisani temperaturni senzor,
- Integrisani 32-bitni procesor male snage koji može biti korišćen kao procesor aplikacija (klok 52MHZ),
- SDIO 1.1/2.0 SPI, UART, ADC, PWM,
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO,
- Prenos paketa < 2 ms,
- Pasivna potrošnja < 1.0mW,
- Potrošnja u predaji 215mA,
- Potrošnja u prijemu 62mA.

A. Senzor pokreta

Senzor pokreta detektuje prisustvo pokretnih objekata u određenom doseg zavisno od pozicije na kojoj se nalazi. Ova informacija može se koristiti u alarmnom sistemu za detekciju nepoželjnih posetilaca, kao i za upravljanje parametrima (grejanjem ili intenzitetom osvetljenja) u cilju uštede energije a na osnovu podatka da li je prostorija zauzeta ili slobodna. Na tržištu svakako postoji širok

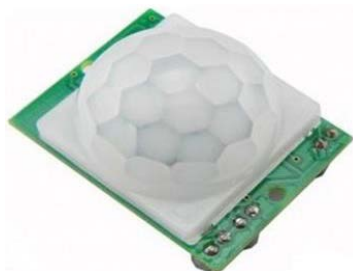
spektar senzora ove namene, ali je izbor prilagođen kvalitetu parametara koji zadovoljavaju planirane performanse sistema i pristupačne su cene.



Slika 2. Fizički izgled WiFi modula ESP8266.

U radu je korišćen senzor HC-SR501 (Slika 3.) zasnovan na infracrvenoj tehnologiji, koji koristi BIS0001 signal procesora za obradu signala. Posедуje sledeće karakteristike:

- Napon napajanja 4.5-20V,
- Potrošnja 65mA,
- TTL izlaz 3.3V,
- Vreme kašnjenja podesivo je na intervale od 0.3sec do 10min,
- Ugao reagovanja 120° na rastojanju do 7m.



Slika 3. Fizički izgled senzora HC-SR501.

B. Senzor intenziteta osvetljenja

Merenjem intenziteta svetlosti u prostoriji može se na osnovu potreba korisnika podesiti uključanje svetiljki. Takođe je moguće detektovati doba dana (obdanica ili noć) i održavati intenzitet svetlosti automatskom regulacijom otvaranja i zatvaranja roletni-zastora.

Ovaj sistem koristi BH1750 digitalni senzor intenziteta svetla (Slika 4.) sa I2C bus interfejsom. Moguće je detektovati širok spektar svetlosti u visokoj rezoluciji (1-65535 lx).

Neke od osnovnih karakteristika senzora su:

- Spektar odgovara ljudskom oku,
- Osvetljaj se konvertuje u digitalnu informaciju,
- Eliminacija 50Hz/60Hz šuma,
- Funkcionalnost ne zavisi od vrste izvora svetlosti.



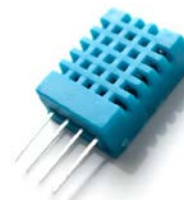
Slika 4. Fizički izgled senzora BH1750.

C. Senzor temperature i vlage

Informacija o temperaturi i vlazi u prostorijama može se iskoristiti za stvaranje idealne mikroklimе, pomoću regulacije grejanja, ventilacije, upravljanja roletnama, ovlaživačima ili isušivačima vazduha.

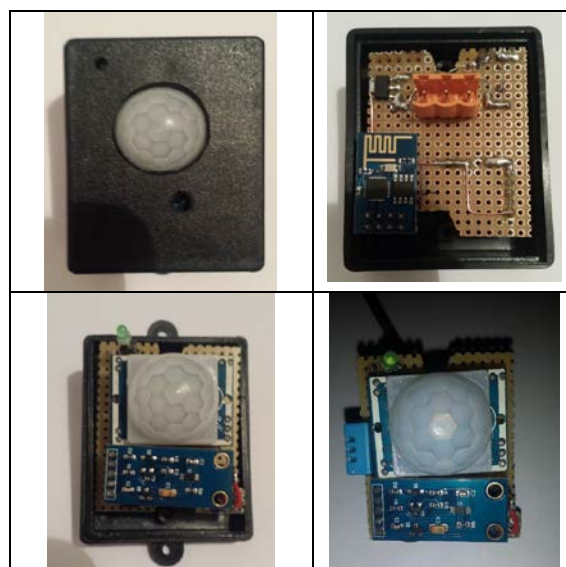
Senzor DHT11 (Slika 5.), koji je primenjen u ovom radu poseduje sledeće karakteristike:

- Interfejs je jednožični digitalni,
- Kapacitivni senzor vlažnosti vazduha 20-90%,
- Termistor senzor temperature 0-50°C,
- Napajanje 5V.



Slika 5. Fizički izgled senzora DHT11.

Svi senzori su integrisani na ESP8266 modul a različite etape realizacije ovog multisenzorskog sistema prikazane su na Slici 6.



Slika 6. Fizički izgled sistema u fazama integracije senzora.

III. REALIZACIJA SOFTVERA

Modul ESP8266 se može koristiti sa fabričkim firmware (WiFi na serijski port) ili reprogramirati po sopstvenom algoritmu u Arduino IDE okruženju. Da bi izbegli upotrebu drugog mikrokontrolera u ovom radu je korišćen drugi metod.

Softver je kreiran u programskom jeziku Arduino.C što omogućava korišćenje standardnih biblioteka i olakšava realizaciju različitih tehničkih rešenja.

Osnovu softvera čini realizacija Web servera sa preuzetim vrednostima parametara sa senzora temperature i vlage DHT11, senzora osvetljenja BH1750, senzora pokreta HC-SR501, praćenje naponskog nivoa baterije, uz kreaciju HTML Web stranice radi vizuelnog prikaza istih u pretraživaču.

Prikaz podataka biće direktno generisan na Web stranici, što nam omogućava da daljinski kontrolišemo parametre multisenzorskog sistema. Izgled Web stranice dat je na Slici 7.



Slika 7. Izgled web stranice.

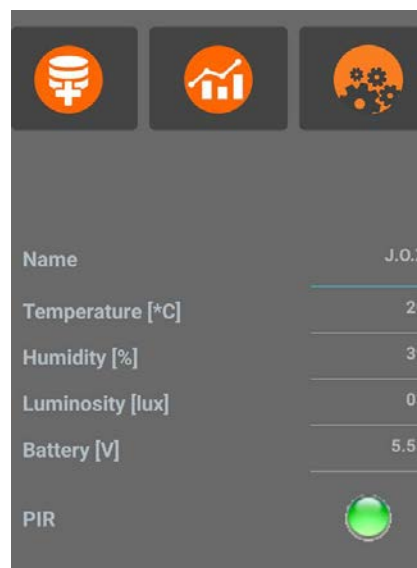
Pored pomenutog načina praćenja, kreirana je namenska Android aplikacija radi lakše kontrole navedenih parametara sistema automatizacije pomoću mobilnih uređaja. Aplikacija je kreirana u programskom paketu B4A. Dizajn aplikacije je prikazan na Slici 8.

IV. OPIS FUNKCIONALNOSTI SISTEMA

Kao što je već pomenuto, stanje sa senzora se prosleđuje Web serveru, na osnovu čega se vrši monitoring stanja u objektu. Prilikom konekcije na server treba definisati SSID i password u za WiFi mrežu.

Primer:

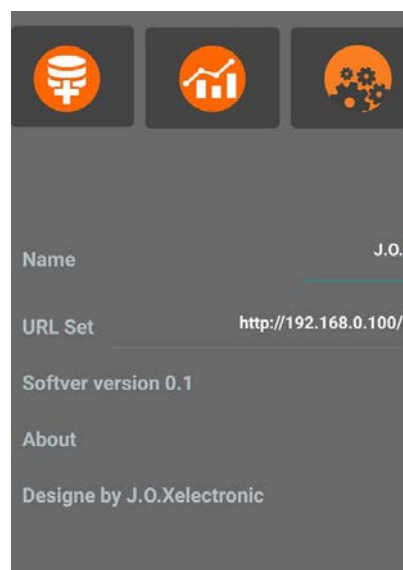
```
Char*SSID="JOX"
CHAR*password="joxelektronik"
Rezultat toga je:
Connecting to Jox
.....
WiFi connected
Server started
192.168.0.100
```



Slika 8. Radni ekran Android aplikacije.

Kao što može da se zaključi iz primera, za funkcionisanje je neophodna namenska IP adresa. Ona se dodeljuje da bi modul ESP8266 mogao da radi u izabranoj mreži DHSP servera (obično ovu ulogu u kućnoj mreži preuzima ruter). Da bi pratili željene parametre potrebno je da na našem računaru ili pametnom telefonu unesemo IP adresu <http://192.168.0.100/> i pristupimo pretraživaču.

Primer pristupanja multisenzorskom sistemu putem Android aplikacije prikazan je na Slici 9.



Slika 9. Radni ekran Android aplikacije u trenutku povezivanja na sistem.

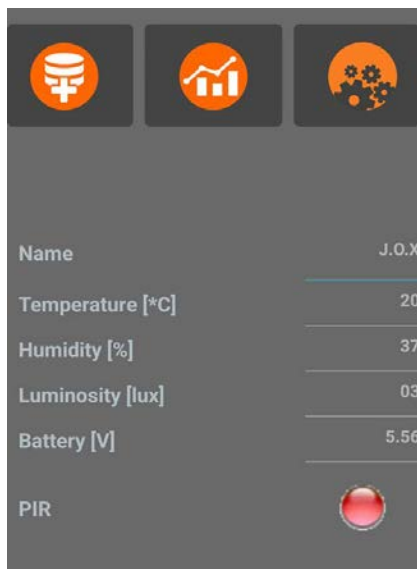
Nakon pristupanja Web serveru moguće je očitati vrednosti koje su preuzete sa senzora. Intervali u kojima se vrši preuzimanje parametara mogu se podesiti po potrebi što se može zaključiti i na osnovu karakteristika

upotrebljenih komponenti koje su date u prethodnom poglavlju (5 sekundi predviđeno od strane proizvođača). Ukoliko se radi o stambenim sredinama nije neophodno birati tako kratke intervale (tipa nekoliko minuta ili čak sekundi), dok se za primenu sistema u industrijskim sredinama po potrebi mogu birati i veoma kratki intervali, pošto čak i neznatna promena može biti značajna za stabilnost sistema. Parametri se sem nadgledanja mogu direktno menjati iz aplikacije, što omogućava nadgledanje i kontrolu stanja u objektu sa udaljenih lokacija što je i osnovna ideja prilikom konstruisanja ovakvih uređaja. Mogućnost koja svakako doprinese najznačajnijoj uštedi energije je izbor referentne vrednosti temperature u objektu u situacijama kada je prazan i kada se ne planira boravak u njemu.

Podešavanje parametara na željene vrednosti od strane korisnika direktno se odražava i na stanje Web stranice kao i Android aplikacije što je prikazano na Slikama 10. i 11. U konkretnom slučaju prikazano je da prostorija nije prazna (PIR sensor na crveno) a vrednosti temperature, vlage, jačine svetlosti i stanja baterije su na određenim vrednostima u datom trenutku.



Slika 10. Izgled Web stranice za izabrani primer.



Slika 11. Izgled Android aplikacije za izabrani primer.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu je realizovan potpuno autonoman daljinski kontroler pomoću ESP8266 WiFi čipa. Konstruisan je nezavisan multisenzorski sistem koji podatke sa više senzora prikazuje u istom radnom okruženju, što omogućava kontrolu i nadgledanje merenih parametara veoma jednostavno. Osnovna prednost ovog uređaja je upravo u integraciji više senzora u autonoman multisenzorski sistem. Uređaj je modularan što podrazumeva povezivanje i drugih električnih uređaja u predviđenoj WiFi mreži. Ovakav način realizacije rešava problem spajanja žičanim putem sa centralnom upravljačkom jedinicom objekta čime se postiže smanjenje robusnosti sistema što je i bila jedna od osnovnih zamisli autora.

Takođe je moguće izvršiti unapređenja u softverskom delu - prevođenje Android aplikacije na željeni jezik korisnika, kao i proširenje za druge operativne sisteme koji se koriste na mobilnim uređajima (Windows phone pre svega). Web stranica se može redizajnirati na osnovu želja korisnika ukoliko se prate dodatne veličine za pridružene uređaje. Sistem mogu koristiti i slabo pokretna lica ili invalidi upravo pomoću realizovanog softvera za mobilne uređaje.

Svaka alarmna situacija izaziva generisanje poruke na Web stranici ili Android aplikaciji koja se automatski prosleđuje korisniku. Namena uređaja je pre svega osmišljena sa aspekta uštede energije pa je stoga akcenat na praćenju potrošnje ali je i nadgledanje bezbednosti objekta moguće samom integracijom senzora pokreta (mada sistem ne uvodi postavljanje video nadzora što je uglavnom osnova bezbednosnih sistema).

LITERATURA

- [1] J. Krstić, D. Stajić, WEB kontrola osvetljenja u pametnoj kući, 7th Students projects conference, Faculty of Electronic Engineering Niš, November 2014.
- [2] D. Stajić, J. Krstić, A. Gošić: Android Voice Control in Energy Efficient Objects with the Use of Raspberry Pi Platform, 1st Virtual International Conference on Science, Technology and Management in Energy-Energetics conference, July 2015.
- [3] Sensor Sanjana Prasad, P.Mahalakshmi, A.John Clement Sunder, R.Swathi: "Smart Surveillance Monitoring System Using Raspberry PI and PIR".
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Home_automation, Home automation
- [5] A. Kojić, M. Spasojević, M. Kojić, S. Prodribaba: "Konceptualno rešenje sistema za pametne kuće HiH", <http://infoteh.etf.unssa.rs.ba/zbornik/2014/radovi>
- [6] <http://www.w3schools.com/php/>
- [7] N. Živković, M. Milojević, N. Nikolić, B. Majkić, S. Stošović, "System control of working hours and access to the lab realized on Rasperry Py platform", IEEEESTEC – 7th Students Project Conference, Faculty of Electronic Engineering Niš, November 2014.

Solarni pratilac (Solar tracker)

Filip Arsekić, Milorad Dimitrijević, Aleksa Đenić, Jovan Jovanović, Nikola Minić
Petar Petrović, Bogdan Savić, Đorđe Stanković, Radmila Mitić, Dejan Stamenković

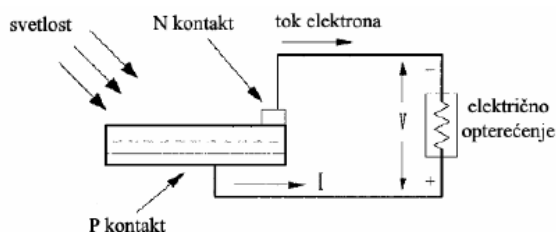
Sadržaj - Solarni pratilac je mehanizam koji je projektovan i konstruisan sa ciljem maksimalne iskorišćenosti sunčeve energije. To je postignuto korišćenjem elektromehaničkog sklopa koji omogućava praćenje kretanje Sunca. Rad je realizovan u laboratorijskim uslovima korišćenjem *Arduino Uno* razvojnog okruženja. U radu je predstavljen postupak realizacije Solarnog pratioca.

I. UVOD

Industrijski razvoj ljudskog društva praćen je povećanom potrebom za energijom. Ograničenost postojećih primarnih izvora kao i svest o njihovoj štetnosti po okolinu daje sve veći značaj korišćenju obnovljivih izvora energije među kojima je i energija Sunca. Korišćenje ove energije ima svoju dugu istoriju. Prva praktična primena dogodila se u periodu od I-IV veka n.e. u čuvenim rimskim kupatilima za zagrevanje vode. Švajcarski naučnik Horace de Saussure je 1767. godine napravio prvi primitivni solarni kolektor koji je koristio za spremanje hrane tokom svojih ekspedicija po Južnoafričkoj Republici. Svoj nagli razvoj solarna tehnologija postiže u XX – tom veku, otkrivanjem fotoelektričnog efekta i razvojem fotonaponske tehnologije.

II. FOTONAPONSKA ČELIJA

Fotonaponska ili solarna ćelija je komponenta koja solarnu energiju pretvara u električnu energiju, koristeći fotonaponski (PV) efekat. Fotonaponski efekat predstavlja usmereno kretanje nosioca naelektrisanja kada se određeni materijal osvetli snopom fotona. Fizički PV ćelija je vrlo slična procesu koji se odvija kod klasične diode sa p-n spojem kada se osvetli snopom svetlosti (slika 1.)



Slika 1. Fotonaponski efekat konvertuje energiju fotona u napon duž p-n spoja.

Filip Arsekić, Jovan Jovanović, Milorad Dimitrijević, Aleksa Đenić, Nikola Minić, Petar Petrović, Đorđe Stanković, Bogdan Savić su učenici II razreda smjera Tehničar mehatronike, Elektrotehnička škola "Nikola Tesla", Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, E-mail: etstesla@etstesla.ni.ac.rs

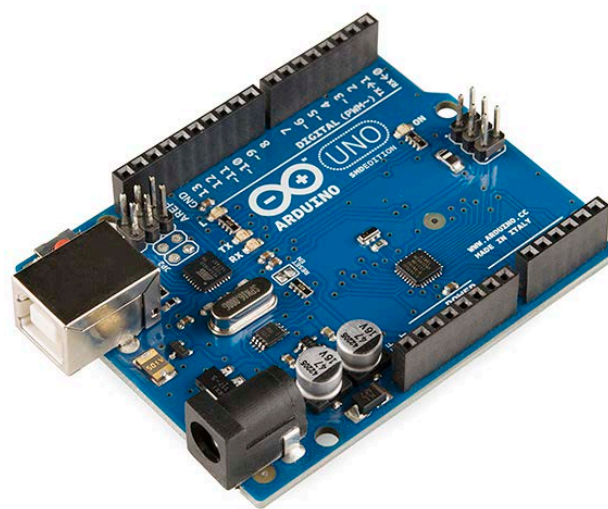
Radmila Mitić, Dejan Stamenković, Profesori stručnih predmeta, Elektrotehnička škola "Nikola Tesla", Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, E-mail: racamitic@gmail.com

Povezivanjem većeg broja solarnih (PV) ćelija u module (polja) dobija se sistem koji može da se koristi za punjenje baterije, rad motora i drugih električnih uređaja.

Za realizaciju ovog projekta iskorišćen je solarni panel sa sledećim karakteristikama: napon od 5V, snaga $P=0,8W$, materijal je polikristalni silicijum, a dimenzije panela su $9,2cm \times 5,4cm \times 0,3cm$.

U ovom radu je opisan princip rada i realizacije pokretnog modela za čiju realizaciju je korišćeno Arduino razvojno okruženje.

III. ARDUINO UNO



Slika 2. Arduino.

Arduino [4] predstavlja razvojni sistem otvorenog koda zasnovan na 8-bitnom Atmel AVR ili 32-bitnom AtmelAMR mikroprocesoru. Ploča Arduino razvojnog okruženja (slika 2.) u osnovi sadrži: oscilator odnosno kristal koji reguliše vremenske uslove procesora (clock), naponske regulatore vrednosti 5V i 3.3V i *USB-to-serial* konverter. Za ovaj projekat je korišćena platforma *Arduino UNO* [3]. Arduino Uno je mikrokontrolerska ploča sa ATmega 328P. Ona sadrži 16 digitalnih ulazno/izlaznih pinova (od kojih 6 mogu da se koriste kao PWM izlazi a 6 kao analogni ulazi), kristalni oscilator od 16MHz, mikro USB konektor, priključak za napajanje, ICSP konektor i reset taster. Tehničke specifikacije razvojnog okruženja su date u Tabeli 1.

TABELA I.
KARAKTERISTIKE MIKROKONTROLERA

Mikrokontroler	ATmega328P
Radni napon	5V
Napon napajanja (preporučeno)	7-12V
Maksimalni napon napajanja (ne preporučuje se)	20V
Digitalni I/O pinovi	14 (od kojih 6 obezbeđuje PWM izlaz)
Analogni ulazni pinovi	6
DC (jednosmerna) struja po I/O pinu	20mA
DC (jednosmerna) struja za pin na 3.3V	50mA
Flash memorija	32KB (ATmega328P) od kojih je 0.5KB iskorišćeno za bootloader
SRAM	2KB (ATmega328P)
EEPROM	1KB (ATmega328P)
Takt procesora	16MHz

IV. FOTO SENZOR

Da bi se ostvarila što veća efikasnost solarne ćelije potrebno je da se obezbedi maksimalna iskorišćenost solarne energije, koja se ostvaruje kada zraci sunca padaju na površinu pod pravim uglom. Da bi se to postiglo potrebno je u svakom trenutku postaviti panel u položaj sa maksimalnim iskorišćenjem energije (slika 7.). Nalaženje odgovarajućeg položaja je moguće dobiti postavljanjem foto senzora na krajeve panela. Princip rada je sledeći: Otpornik [3] menja svoju otpornost u zavisnosti od količine svetlosti koja pada na njega. Na osnovu koordinata sa maksimalnim osvetlenjem panela koju napon daje, solarni panel se uz pomoć motora postavlja u željeni položaj. Inače, foto senzori mogu da se koriste i za detekciju svetla ili mraka, i to im daje mogućnost da se pomoću njih realizuje veliki broj uređaja i aplikacija, kao što su senzori pokreta (najčešća primena), detekcija pozicije, uloga prekidača i mnogo toga. Postoji veliki izbor foto otpornika, a vrednost otpornosti se nalazi u opsegu od nekoliko Ω pa sve do par $M\Omega$. U ovom radu upotrebljen je foto otpornik VT93N1 (slika 3.) koji ima sledeće karakteristike:

- mala cena
- reaguje i na veoma male nivoe svetlosti (mesečina) i na veoma velike nivoe svetlosti (Sunčeva svetlost)
- širok opseg dinamičnosti
- veoma mala buka i distorzija (skoro neprimetno)

- pogodan za korišćenje na 120V i 240V izvora naizmenične struje
- lako se koristi i sa jednosmernom i sa naizmeničnom strujom



Slika 3. Foto otpornik.

V. BIPOLARNI KORAČNI MOTORI

Dobijene informacije sa fotosenzora Arduino obrađuje i šalje instrukcije motorima [6] koji pokreću panel. Za te potrebe mogu da se koriste bipolarni koračni motori sa stalnim magnetom ili hibridni koračni motori. Oni su konstruisani sa istim mehanizmom kao i jednopolarni motori, ali oba namotaja su jednostavnije povezana bez centralnog izvoda. Za upravljanje strujnim kolom za ovakav motor potreban je H-most, za svaki namotaj. H-most dozvoljava da se napon na kraju svakog namotaja kontroliše nezavisno. Kontrolni nizovi za ovaj motor izgledaju kao na slici 4. ('+' i '-' simboli pokazuju polaritet napona na svakom namotaju motora):

Namotaj 1a +---+---+---+---+---+---+---+---+---+---

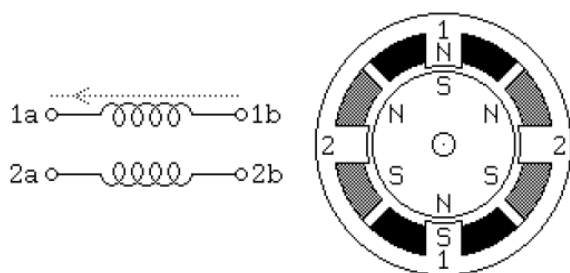
Namotaj 1b --+---+---+---+---+---+---+---+---+---

Namotaj 2a -+---+---+---+---+---+---+---+---+---

Namotaj 2b ---+---+---+---+---+---+---+---+---+---

Slika 4. Kontrolni nizovi motora.

Da bi razlikovali bipolarne motore (slika 5) sa stalnim magnetom od ostalih motora sa četiri žice, treba izmeriti otpore između različitih namotaja. Važno je napomenuti da neki koračni motori sa stalnim magnetom imaju četiri nezavisna namotaja, raspoređenih u dva para. Sa svakim parom, ako su dva namotaja vezana serijski, dobijamo visokonaponski bipolarni motor. Ako su namotaji vezani paralelno kao rezultat dobijamo niskonaponski bipolarni motor. Ako su vezani serijski i imaju centralni izvod dobijamo niskonaponski jednopolarni motor.



Slika 5. Bipolarni koračni motori.

VI. ARDUINO IDE

Arduino integrisano razvojno okruženje dolazi sa C/C++ bibliotekom zvanom "Wiring" koja čini uobičajene ulazno-izlazne operacije veoma jednostavnim. Arduino programi se pišu u C/C++ programskom jeziku, a korisnici moraju da definišu samo dve funkcije kako bi napravili izvršni program. Te funkcije su:

setup() - funkcija koja se izvršava jednom na početku i služi za početna podešavanja,

loop() - funkcija koja se izvršava u petlji sve vreme dok se ne isključi ploča.

```
#define IN1 8
#define IN2 9
#define IN3 10
#define IN4 11
int Steps = 0;
boolean Direction = true; // gre;
//long time;
// LDR pin connections
// name = analogpin;
int ldrlt = 0; //LDR top left
int ldrtr = 1; //LDR top right
int ldrlb = 2; //LDR down left
int ldrbr = 3; //ldr down right
int servov = 0;
int servoh = 0;
int dtime = 10;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  // servo connections
  // name.attach(pin);
  //stepper.setSpeed(30);
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
  //horizontal.attach(9);
  //vertical.attach(10);
}

void loop()
{
  int lt = analogRead(ldrlt); //
```

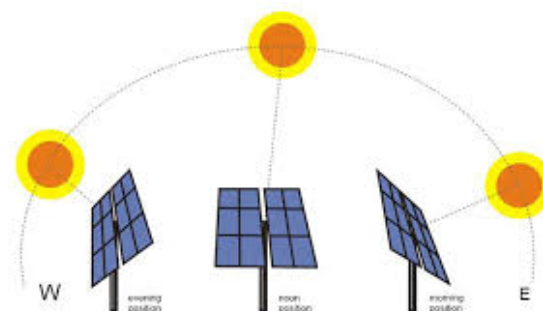
```
top left
  int rt = analogRead(ldrtr); //
top right
  int ld = analogRead(ldrlb); //
down left
  int rd = analogRead(ldrbr); //
down right
```

Slika 6. Deo programa ispisan u Arduinu.

VII. ZAKLJUČAK

Zadatak projekta je bio realizacija solarnog panela koji ima veliku efikasnost. Analizom zadatka se došlo do rešenja o realizaciji solarnog panela koji prati položaj Sunca. Efikasnost datog sistema je zadovoljavajuća, što potvrđuje opravdanost izbora modela.

Smatramo da je rad na projektu bio uspešan i da će služiti đacima i radnicima škole za punjenje mobilnih telefona, što nam je i bio cilj.



Slika 7. Prikaz promena položaja panela.

ZAHVALNICA

Rad je realizovan u laboratorijama elektrotehničke škole „Nikola Tesla“. Autori se zahvaljuju profesorima škole na pruženoj pomoći i podršci u radu, posebno profesorima Radmili Mitić i Dejanu Stamenkoviću.

LITERATURA

- [1] <http://www.solarnipaneli.org/about/>
- [2] <http://www.excelitas.com/Lists/Photocells/DispForm.aspx?ID=48>
- [3] <http://www.otpornik.com/elektronika/komponente/foto-otpornik.html>
- [4] Arduino Uno <http://arduino.cc/en/main/software>
- [5] Arduino IDE <http://arduino.cc/en/main/software>
- [6] Marko Petrović, Koračni motori i njihova primena u električnim pogonima.
- [7] <http://www.viser.edu.rs/download.php?id=14174>

Robot BoB

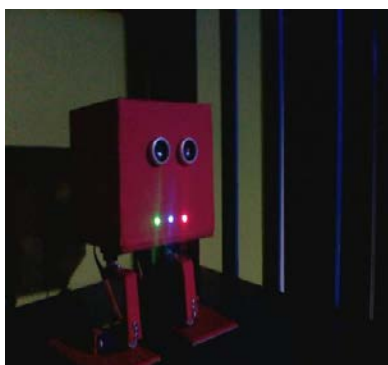
Ilija Petrović, Radmila Mitić, Nataša Milosavljević

Abstract - Robot Bob je inteligentni robot koji osim što izvršava naredbe kretanja on samostalno menja pravac kretanja kada naiđe na prepreku. Na osnovu toga možemo da ga svrstamo u ineligentne robote. Ovaj robot može da se koristi prilikom izviđanja terena, u edukativne svrhe i kao pametna igračka.

I. UVOD

Robot [1] je elektro-mehanička jedinica koja je u stanju da autonomno, po nekom programu, ili pod kontrolom čoveka izvodi određene zadatke. Roboti se koriste za izvođenje zadataka opasnih, teških ili napornih za ljude. Roboti koji imaju oblik ljudskog tela se još zovu humanoidni roboti.. Ako je uz ovo još i svrha da se po njihovim ostalim karakteristikama, kao što su kretanje, govor, gestikulacije itd, što više približe ljudskim bićima, radi se o androidima. Inteligenciju koju robot poseduje čini u stvari program ili sistem programa, koji određuje sposobnost robota da prepozna određene situacije i da se u njima snađe ili ih rešava, ponašajući se na pravi način ili čak iz sopstvenog iskustva uči kako da se snalazi u novim situacijama i rešava nove probleme.

II. STRUKTURA ROBOTA



Slika 1. Robot BoB.

Sam robot se sastoji iz

1. mehaničkog i
2. upravljačkog dela

Petrović Ilija je učenik II razreda smeru elektrotehničar računara, Elektrotehnička škola "Nikola Tesla", Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, E-mail: etstesla@etstesla.ni.ac.rs

Radmila Mitić, Nataša Milosavljević, Profesori stručnih predmeta, Elektrotehnička škola "Nikola Tesla", Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, E-mail: racamitic@gmail.com

Mehanički deo

Mehanički deo se sastoji od servo motora (slika 2.). Oni omogućavaju rotiranje robota za 180 stepeni, po 90 stepeni u svakom pravcu. Inače, specifikacije ovog motora su:

- Težina 9g
- Dimenzije 22.2 x 11.8 x 31 mm
- Brzina rada 0.1 s/60 degree
- Radni napon 4.8 V (~5V)

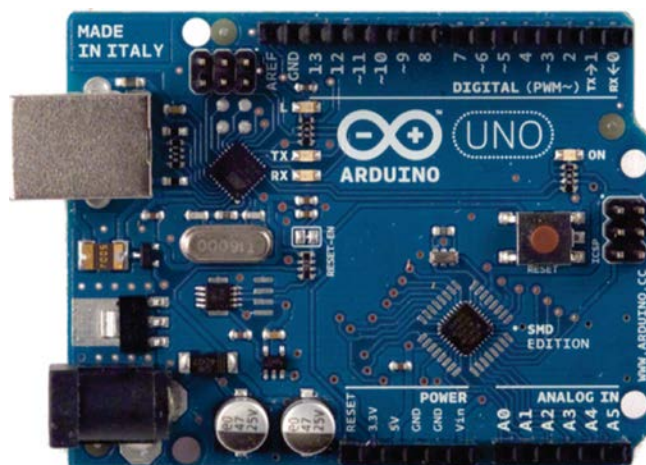


Slika 2. Servo motor.

Upravljački deo

Upravljački deo se sastoji iz mikrokontrolera **Arduino Uno SR04** senzora.

Arduino Uno (slika 3.) je mikrokontrolerska ploča bazirana na ATmega 328 mikrokontroleru. Posедуje 14 digitalnih ulaza/izlaza (od kojih 6 mogu služiti kao PWM izlazi), 6 analognih ulaza, 16MHz kristal oscilator, USB konektor za programiranje i vezu sa računarom, konektor za eksterno napajanje, ICSP konektor i taster reset.





Slika 3. Arduino Uno.

- Pin 3: Echo – povratni signal, dužina impulsa proporcionalna razdaljini
- Pin 4: GND

Pin 1 se vezuje za GND

Pin 2 se vezuje za Vcc

Pin 3 se vezuje za Trig

Pin 4 se vezuje za Echo

Za računanje razdaljine neophodno je izmeriti dužinu trajanja povratnog impulsa. Razdaljina se dobija po formuli:

$$\text{Razdaljina} = (\text{Trajanje povratnog impulsa u sekundama}) * (\text{brzina zvuka } 340 \text{ m/s}) / 2$$

Tehničke karakteristike:

- Napajanje 5V DC
- Potrošnja struje u stanju mirovanja <2mA
- Efektivni ugao <15°
- Opseg merenja 2cm-400cm
- Rezolucija 0.3cm



Slika 4. Senzor.

Senzor SR04 [3] (slika 4.) se koristi za merenje rastojanja između senzora i objekta koji se nalazi ispred njega. Udaljenost možemo meriti od objekta koji miruje ili onog koji se kreće. Ovi senzori nude dobru preciznost i jednostavni su za upotrebu. Modul se sastoji od ultrazvučnog predajnika, ultrazvučnog prijemnika i kontrolne elektronike.

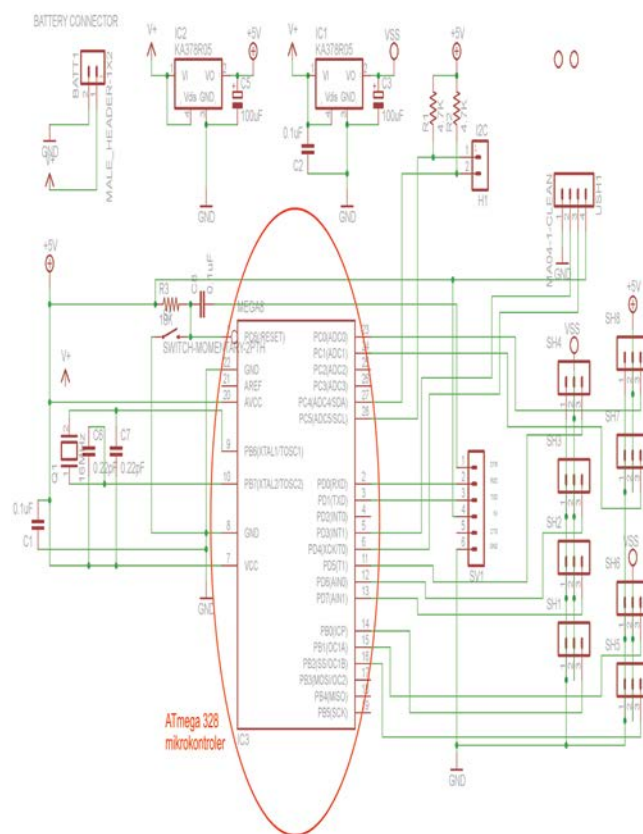
Rezolucija senzora je 0,3 cm, a opseg detektovanja objekta od 2 do 400cm. Senzor pokriva horizontalni ugao do 15°.

III. PRINCIP RADA

Modul se aktivira slanjem upravljačkog impulsa dužine najmanje 10 μs, zatim automatski šalje osam ultrazvučnih impulsa frekvencije 40kHz i kada detektuje povratne ultrazvučne impulse, generiše izlazni signal čija je dužina proporcionalna razdaljini.

Modul ima sledeće pinove:

- Pin 1: VCC – napajanje modula, 5V
- Pin 2: Trig – okidanje/aktiviranje merenja



Slika 5. Električna šema.

Mikrokontroler ATmega 328 [4] ima 28 pina u DIP pakovanju. Ovaj tip mikrokontrolera ima široku upotrebu zbog svoje niske cene u poređenju sa drugim mikrokontrolerima. Kapacitet memorije je 32 KB, 23 I/O linije od kojih su 6 kanala za 10-bitni ADC. Radi na 20MHz sa eksternim kristalom. Radni napon je 1,8-5V.

IV. ZAKLJUČAK

Cilj realizacije ovog projekta je realizacija robota [2] koji je u stanju da prepoznaje i izbegava prepreke, što smo i uspjeli da ostvarimo korišćenjem odgovarajućih senzora, servo motora i programa Arduino. Ovde je prikazana teorijska osnova izrade robota sa ciljem da pokaže mogućnost realizacije ovakvog sistema i da datu temu

približi đacima i pruži im potrebne informacije za njihova buduća istraživanja.

ZAHVALNICA

Autor se zahvaljuje svojoj školi ETŠ-Nikola Tesla, Niš na pomoći u realizaciji rada kao i profesorima i saradnicima sa Elektronskog fakulteta u Nišu na pomoći.

LITERATURA

- [1] <https://sh.wikipedia.org/wiki/Robot>
- [2] <http://letsmakerobots.com/node/37502>
- [3] www.otpornik.com/elektronika/komponente
- [4] <http://bsiswoyo.lecture.ub.ac.id/tag/tutorial-arduino>

Realizacija senzorske donatorske kutije

Jovan Manić, Đorđe Jović, Vladimir Veljković, Predrag Aleksov, Aleksandar Stojadinović, Nikola Marinković, Violeta Dimić

Sadržaj – Donatorska kutija je kutija koja je projektovana i konstruisana sa ciljem da identifikuje broj donacija za Udruženje volontera Dečije interne klinike u Nišu. Donatorska kutija je realizovana u školskoj radionici izradom same kutije, elektronskog sklopa i pisanjem odgovarajućeg programa za puštanje kutije u rad. Sve ovo omogućava identifikaciju ubačene donacije pomoću senzora. U radu su opisane hardverske komponente i softverske komponente za realizaciju uređaja.

I. UVOD

Ubrzani razvoj tehnike doveo je do potrebe za modernizacijom i u oblasti medicine. Ovaj problem su prepoznali volonteri Dečije interne klinike u Nišu. U okviru školske radionice se krenulo u rešavanje problema modernizovanja načina sakupljanja donacija. Sistem je realizovan preko električne donatorske kutije, koja sadrži deo za identifikaciju ubacivanja donacija, kao i dela za vizuelni prikaz ispunjenosti kutije.

II. OD IDEJE DO REALIZACIJE

Osnovna ideja je bila da se na vizuelan način prikaze broj donacija. Od svih predloga za vizuelnom identifikacijom broja donacija, izabran je animacijski prikaz količine istih. Izabran je jednostavan prikaz ispunjenosti kutije prikazom baterije sa svetlećim redovima, napravljenih od LED komponenti. Svakom redu moguće je dodeliti određeni broj donacija kada se on uključi. Na taj način, možemo posmatrati povećanje broja redova odnosno videti trenutnu količinu broja donacija u kutiji. U ovom projektu za realizaciju je korišćen mikrokontroler AT89S8253 (sl.1.b) [1], drajverski čipovi HEF 4794 [3], tasteri i LED displeji za inicijalno podešavanje parametara kao i TEMIC K153P IR senzori [2], za detekciju donacija sa setom otpornika i kondenzatora. IR senzor detektuje ubacivanje kako kovanog novca tako i papirne apoene, čekove i koverte.

J. Manić, Đ. Jović, V. Veljković, P. Aleksov, A. Stojadinović i N. Marinković su učenici IV razreda smera Elektrotehničar informacionih tehnologija, ETŠ "Nikola Tesla", Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, e-mail: etstesla@etstesla.ni.ac.rs

Violeta Dimić, profesor stručnih predmeta, Elektrotehnička škola "Nikola Tesla", Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, e-mail: viki@etstesla.ni.ac.rs



Sl. 1. TEMIC K153P (a)



AT89S8253 (b).

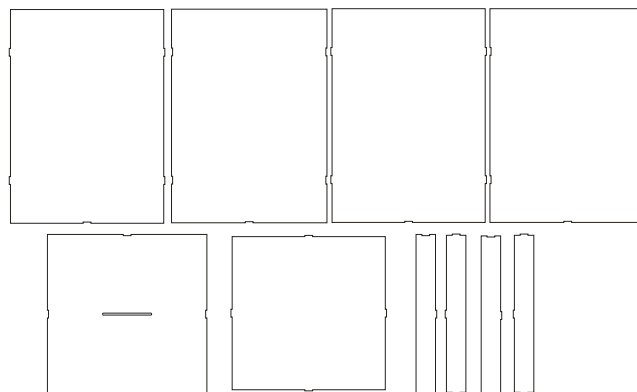
U daljem tekstu rada je prikazana realizacija takvog sistema.

III. IZRADA SAME KUTIJE

U Corel Draw-u je nacrtana skica dimenzija kutije koja je realizovana laserskim sečenjem pleksiglasa i sastavljanjem iste. Dimenzije pojedinih delova kutije su date u tabeli 1. Delovi kutije nacrtani u Corel Draw-u prikazani su na sl. 2. Nakon laserskog sečenja delova kutije, urađena je priprema za postavljanje električnog i senzorskog sklopa.

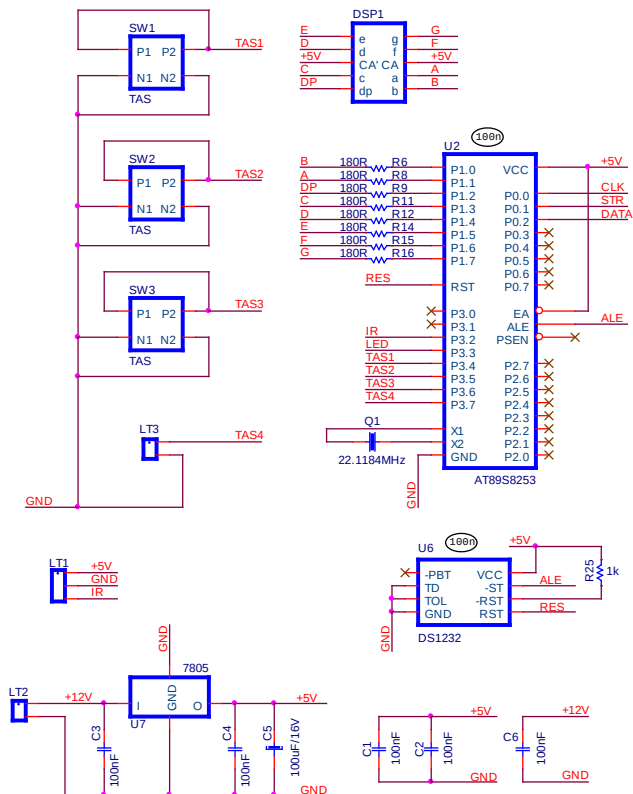
TABELA 1.
DIMENZIJE KUTIJE

Delovi kutije	Dimenzije
Bočne strane	40cmx60 cm
Donja strana	40cmx40cm
Gornja strana	40cmx40cm
Bočne ivice	40cmx5cm
Prorez	15cmx0.5 cm

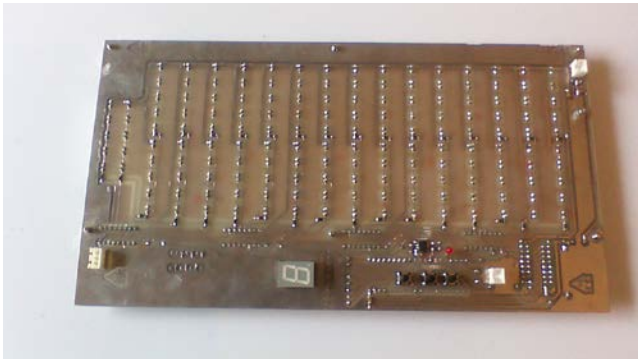


Sl. 2. Delovi kutije u CorelDraw-u.

IV. IZRADA ELEKTRIČNE ŠEME I ŠTAMPANE PLOČE

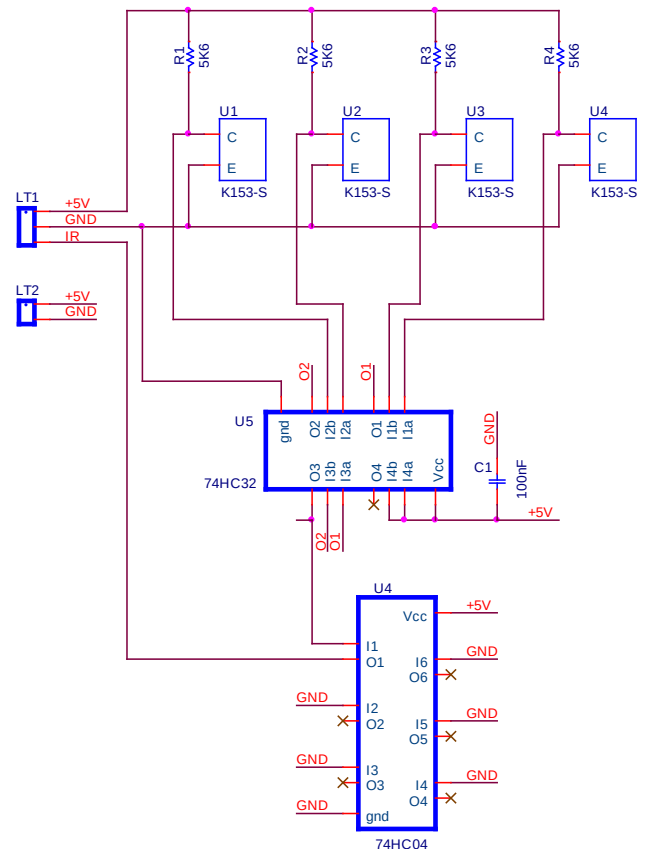


Sl. 3. Električna šema mikrokontrolerske jedinice za vizuelni prikaz ispunjenosti kutije.



Sl. 4. Realizovana štampana (PCB) ploča.

Na samoj ploči postoje tasteri i LED displej za početno podešavanje parametara kao što je prikazano na sl. 3 i sl. 4. Parametar koji se podešava je broj donacija koji je potreban da bi se uključio jedan red dioda. Postoji 16 ovakvih redova do potpunog ispunjenja kutije. Posle ispunjenosti kutije potrebno je resetovati sistem, da bi se krenulo iz početka. U samoj kutiji nalazi se akumulatorsko napajanje koje obezbeđuje višesatovni neprekidan rad sistema. Svaka detektovana donacija registruje se preko IR senzora na samom vrhu kutije, prikazano na sl. 5 i u delu programa (tabela 2.).



Sl. 5. Električna šema senzorskega dela.

Važno je napomenuti [4], da se svi parametri vezani za rad kutije pamte u EEPROM-u mikrokontrolera i tu ostaju do sledeće promene. Sa strane kutije postoji prekidač za puštanje u rad. Po isključenju napajanja kutija pamti stanje donacija (ispunjenost displeja kako bi se u slučaju istročenosti baterije ista mogla zameniti. Ceo sistem, je zamišljen da automatski radi od momenta uključenja.

TABELA 2.
TAJMERSKI DEO ZA OČITAVANJE IR SENZORA

```

;.....
;
tajmer0:          PUSH          PSW
                  PUSH          ACC
                  PUSH          DPH
                  PUSH          DPL

                  JNB           doso,tj0_000
                  JNB           ir,tj0_001

;
;
;
;
                  INC           brojac
                  MOV           A,brojac

```

	CJNE	A,#10,aa_000
	MOV	brojac,#00
aa_000:	MOV	DPTR,#chg
	MOVC	A,@A+DPTR
	MOV	ldsp,A
	CLR	doso
	SJMP	tj0_001
;		
;		
;		
tj0_000:	JB	ir,tj0_001
	SETB	doso
tj0_001:		
	POP	DPL
	POP	DPH
	POP	ACC
	POP	PSW
;		
	RETI	
;		
;		
.....		

TABELA 3.
TAJMERSKI DEO ZA OČITAVANJE TASTERA I SLANJE PODATAKA

```

;.....
;
tajmer1:      PUSH      PSW
               PUSH      ACC
               PUSH      DPH
               PUSH      DPL

               LCALL     OC_TAS

               MOV        bat4,#00h
               MOV        bat3,#00h
               MOV        bat2,#00h
               MOV        bat1,#00h
               LCALL     SEND_4

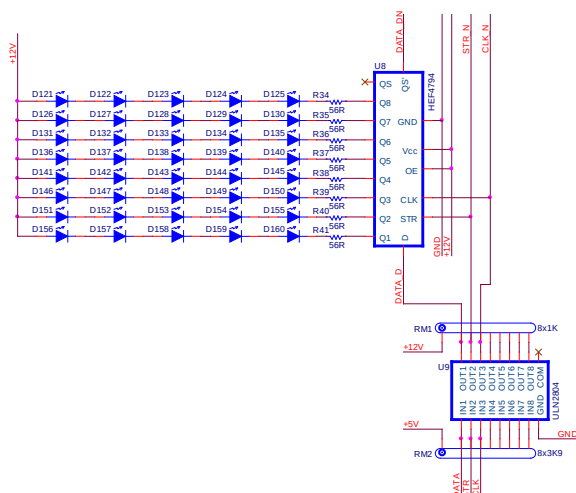
               POP        DPL
               POP        DPH
               POP        ACC
               POP        PSW

               RETI

;
;.....

```

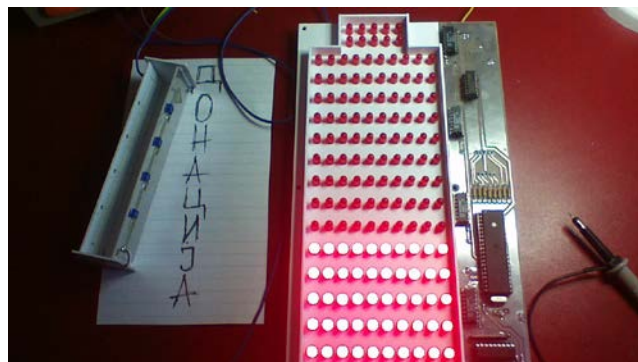
prema narednom dražverskom delu



kontrolni signali za upis od MCU

Sl. 6. Električna šema dražerskega dela.

Sam softver je smešten u flash memoriju mikrokontrolera i napisan je u Assembleru programskom jeziku. Program omogućava čitanje, podešavanje inicijalnih parametara pomoću tastera iz EEPROM-a i slanje podataka drajverskom delu (tabela 3.), kao i upravljanje uključenja svakog reda prilikom dostizanja određenog broja donacija, dato u električnoj šemi (sl. 6) i prikazno u vizuelnoj formi na sl. 7.



Sl. 7. Vizuelni prikaz dostizanja određenog broja donacija.

V. IZRADA DONATORSKE KUTIJE



Sl. 8. Postavljena štampana (PCB) ploča.



Sl. 9. Postaljen IR senzorski deo.



Sl. 10. Realizovan električni sistem u režimu rada.

Imajući u vidu rad, i hardverske i softverske komponente, senzorska donatorska kutija je uspešno realizovana u

školskoj radionici. Završni delovi su prikazani na sl. 8, sl. 9 i sl. 10.

VII. ZAKLJUČAK

Donatorska kutija predstavlja rešenje problema vezanih za prikupljanje donacija na različitim okupljanjima organizovanim za to. Suština realizovanog projekta je u mikrokontroleru. Senzori koji se nalaze oko prereza ispod gornje strane kutije služe za detektovanje prolaza, koji se zatim prenose na mikrokontrolersku ploču. Funkcionalnost donatorske kutije je potvrđena u brojnim okupljanjima za sakupljanje donacija. Prednost rešenja prikazanog u ovom radu je i mogućnost daljeg usavršavanja.

ZAHVALNICA

Autor se posebno zahvaljuje Ljubodragu Dimiću, projektantu firme „INA Design&Engineering“ iz Novog Pazara na stručnim savetima i korisnim sugestijama, kao i ostalim zaposlenima koji su učestvovali u realizaciji projekta

LITERATURA

- [1] <http://www.atmel.com/devices/at89s8253.aspx>
- [2] K153P, Datasheet, Temic Semiconductors, 1998. [On Line].
Dostupno na:
<https://www.pollin.de/shop/downloads/D120592D.PDF>
- [3] <http://www.atmel.com/products/memories/serial/default.aspx>
- [4] M. Verle, Arhitektura i programiranje mikrokontrolera, Mikroelektronika, 2010.

Koncept „Pametne kuće“ kontrolisane pametnim satom

Nikola Nikolić, Miloš Milić, Miloš Segić, Dimitrije Dimitrijević, Slavimir Stošović

Sadržaj – U ovom radu predloženo je rešenje „Pametne kuće“ (eng. *Smart Home*) u kome utičnice u udaljenoj prostoriji mogu biti kontrolisane pomoću pametnog sata, Android mobilnog uređaja ili PHP veb-aplikacije. Komunikacija svih ovih aplikacija se odvija u realnom vremenu preko servera, korišćenjem Node.js tehnologije. Električno kolo za određivanje struje i napona na utičnicama preko Arduino WiFi modula šalje serveru izmerene vrednosti, na osnovu kojih se može odrediti potrošnja električne energije u datom vremenskom intervalu. Sve izmerene vrednosti se smeštaju u MySQL bazu podataka i koriste se za kreiranje odgovarajućih izveštaja. Aplikacija na pametnom satu omogućava daljinsko uključivanje i isključivanje utičnice. Takođe, omogućeno je postavljanje graničnih vrednosti za potrošnju električne energije na svakoj utičnici, kao i snage potrošača koji može biti povezan na utičnice. Prekoračenje dozvoljenih vrednosti dovodi do automatskog isključenja utičnice.

I. UVOD

U cilju automatizacije poslovnih procesa, ali i unapređenja životnog komfora, računari povezani na Internet su postali naša svakodnevica. Koncept povezivanja *embedded* računarskih uređaja u okviru postojeće Internet infrastrukture popularno je nazvan *Internet of Things (IoT)* [1]. Takav koncept treba da omogući povezivanje različitih uređaja, sistema i usluga koje prevazilaze sadašnju komunikaciju dve mašine. Pred inženjere se postavlja zadatak realizacije različitih protokola i aplikacija za širok spektar uređaja kao što su klima uređaji, veš mašine, bio-čipovi, vozila koja pomažu u spašavanju ili akviziciji podataka na nepristupačnim predelima, kao što je VTŠ Explorer [2] - [4] i dr. Na taj način mnogi uređaji postaju „pametni“ (eng. *smart*) a njihova integracija za kućnu upotrebu nazvana je *Smart Home*.

Kontrola pametnih uređaja u kući se vrši sa drugih pametnih uređaja, kao što su tablet računari, mobilni telefoni, satovi, narukvice i slično. S obzirom na različitost uređaja jedan od izazova je svakako razvoj univerzalnih

operativnih sistema koji će podjednako dobro raditi na različitim hardverima. Jedan od najpopularnijih i najzastupljenijih operativnih sistema je Android [5], kao operativni sistem otvorenog koda. Poslednjih godina popularnost je stekao i Tizen OS [6], s obzirom na njegovu primenljivost na različitim uređajima.

U ovom radu opisano je Smart Home rešenje u kome se za kontrolu strujnih utičnica koriste Android mobilni uređaj, serverska PHP [7] veb-aplikacija i Tizen aplikacija na pametnom satu. Sve tri aplikacije bez obzira na tehnologiju za razvoj imaju identične funkcionalnosti, a međusobno komuniciraju preko zajedničkog servera. Kao veza između hardvera sa jedne i serverske aplikacije sa druge strane iskorišćena je Arduino [8] računarska platforma otvorenog koda zasnovana na jednostavnoj ploči sa ulazno-izlaznim pinovima i mikrokontroleru iz ATMEL serije. Ovo rešenje predstavlja nastavak razvoja daljinske kontrole u Samsung Apps Laboratoriji na Visokoj tehničkoj školi strukovnih studija u Nišu i predstavlja proširenje funkcionalnosti aplikacija za kontrolu pristupa laboratoriji [9].

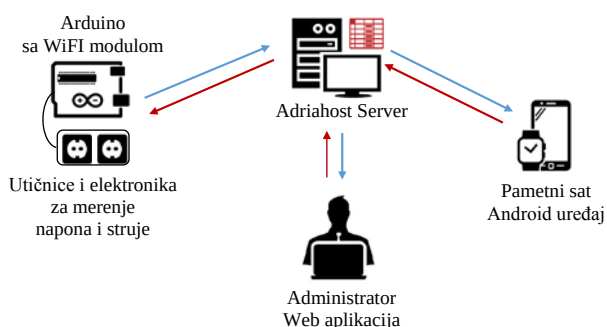
Satovi poslednjih godina nisu samo uređaji za pokazivanje vremena, već postaju značajni u pružanju kratkih informacija, ali i kao svojevrsni daljinski upravljač koji je uvek dostupan na ruci. S obzirom na sve veću popularnost i na specifičnost razvoja aplikacija za pametni sat, poseban akcenat u radu je stavljen na ovaj deo kontrole predloženog rešenja „Pametne kuće“. U drugom poglavlju opisan je model sistema, dok je u narednim poglavljima detaljno opisan svaki pojedinačni deo sistema. Nakon trećeg i četvrtog poglavlja, u kojima je opisan hardver za merenje struje i napona na utičnicama kao i funkcionisanje Arduino modula, u petom poglavlju je dat detaljan opis serverskog dela sistema, mobilne i veb-aplikacije.

II. MODEL SISTEMA

Princip funkcionisanja celokupnog sistema je grafički prikazan na Slici 1. Svi korisnici Smart Home modula, bez obzira da li žele da imaju kontrolu preko pametnog sata ili android uređaja, moraju biti registrovani u bazi članova laboratorije. Baza je jedinstvena za sve prethodno razvijene module, Sistem kontrole pristupa laboratoriji, PHP Biblioteka VTŠ Apps Tima [10] i Aplikacija VTŠ Explorer [2], a nalazi se na serveru kompanije AdriaHost. Dakle, prvi korak je da administrator kreira nalog korisnika popunjavanjem odgovarajuće veb-forme u PHP aplikaciji. Na taj način svaki član laboratorije dobija univerzalno korisničko ime i lozinku za pristup svim gore pomenutim aplikacijama (modulima).

Nikola Nikolić, Miloš Milić, Miloš Segić i Dimitrije Dimitrijević su studenti na smeru Savremene Računarske Tehnologije i članovi VTŠ Apps Tima Visoke Tehničke Škole Strukovnih Studija u Nišu, Aleksandra Medvedeva 20, e-mail: appsetam@vtsnis.edu.rs

Slavimir Stošović je koordinator VTŠ Apps Tima Visoke Tehničke Škole Strukovnih Studija u Nišu, Aleksandra Medvedeva 20, e-mail: slavimir.stosovic@vtsnis.edu.rs



Slika 1. Principijelna šema realizovanog sistema.

Prilikom kreiranja naloga, PHP aplikacija proverava da li je slobodno uneto korisničko ime za novokreiranog korisnika. Istovremeno se radi i validacija forme u pogledu provere obaveznih polja i da li su podaci uneti u pravilnom formatu. Ukoliko kreirani nalog zadovoljava sve uslove i sigurnosne provere, PHP aplikacija skladišti nalog sa detaljnim informacijama o korisniku u *MySQL* bazi.

U laboratoriji su postavljene dve utičnice koje su preko elektronskog kola koje je opisano u narednom poglavlju povezane sa Arduino mikrokontrolerom. Arduino je iskorišćen za odmeravanje napona i struje i izmerene vrednosti preko odgovarajućeg WiFi modula šalje serverskoj aplikaciji.

Aplikacija na serveru prihvata izmerene vrednosti i zajedno sa datumom i vremenom prijema, iste snima u bazu podataka. Na osnovu izmerenih i snimljenih vrednosti, u realnom vremenu se iscrtava grafik trenutne snage na utičnicama. Serverska aplikacija putem odgovarajućeg servisa šalje ove podatke aplikacijama na pametnom satu ili Android uređaju. Komunikacija između servera i pomenutih uređaja je dvosmerna jer uređaji mogu poslati instrukcije za trenutno isključivanje utičnica kao i vreme u kojem treba isključiti ili uključiti utičnicu.

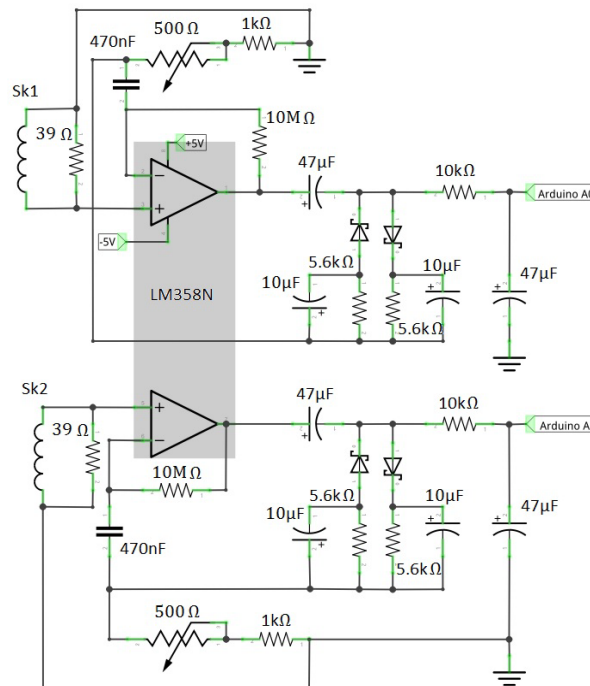
III. REALIZACIJA UTIČNICE

Kako bi se fizički razdvojile utičnice, unutrašnjost postojećeg produžnog kabla je modifikovana. Na Slici 2. je prikazana šema realizovanog kola za merenje struje. Proračunata vrednost predstavlja aktivnu snagu potrošača i dobija se kao proizvod efektivne vrednosti napona i struje prijemnika. U fabričkim specifikacijama kućnih uređaja, kao njihova karakteristika, data je upravo aktivna snaga.

Informacija o potrošnji struje je dobijena pomoću strujnog senzora DL-CT1005A. Kroz strujni senzor je provučen provodnik kroz koji protiče naizmenična struja potrošača, a koja se proporcionalno indukuje u namotajima strujnog senzora. Paralelno sa strujnim senzorom je povezan otpornik 39Ω na kome se indukovana naizmenična struja pretvara u naizmenični napon (oko 1V).

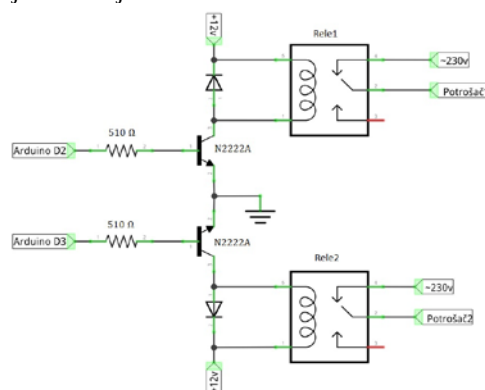
Dobijeni napon operacionim pojačavačem LM358N se povećava na vrednost pogodnu za njegovo pretvaranje u jednosmerni napon (Slika 2). Za ispravljanje napona

korišćene su Šotki diode zbog njihove karakteristike manjeg pada napona, u odnosu na silicijumske diode. Arduino za upoređivanje napona na ulazu u A/D konverter koristi interni referentni napon od 1.1V, tako da maksimalna vrednost napona (za potrošač od 10A), dobijena iz kola pojačavanja i ispravljanja, iznosi 1.1V. S obzirom da su na 5V povezani displej i WiFi modul napon varira u mV i nije ni približno precizan kao interni napon koji se generiše kao interni CPU Arduinoa.



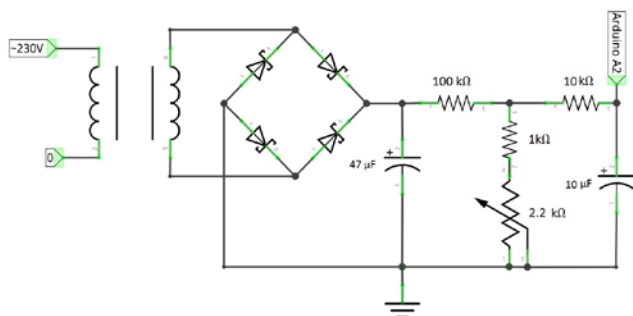
Slika 2. Šema realizovanog kola za merenje struje.

S obzirom da sistem prati potrošnju snage dva nezavisna uređaja, potrebna su 2 strujna senzora (Sk1 i Sk2 na Slici 2) ao i pojačavači i ispravljači za oba strujna izvora. Na izlazu ispravljačkog stepena, RC veza $10k\Omega$ i $47\mu F$ ima ulogu filtra niskih frekvencija, kako bi na ulazu u Arduino dobili što stabilniji napon. Arduino dalje filtrira ovaj signal višestrukim merenjem za određeno vreme i uzimanjem srednje vrednosti.



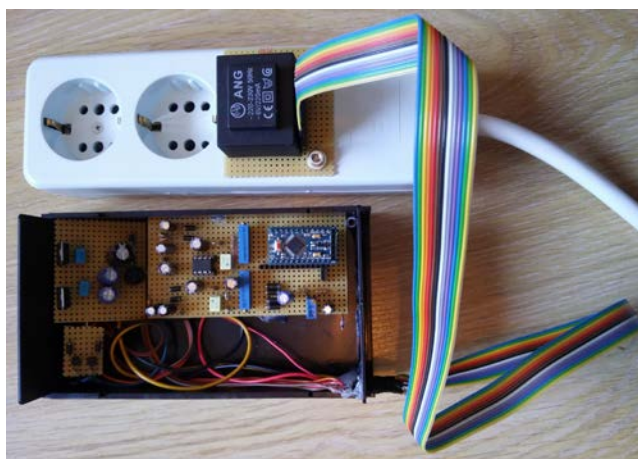
Slika 3. Šema realizovanog kola za kontrolisanje releja.

Oba potrošača mogu da se uključe i isključe daljinskim putem tako što se iz mobilne aplikacije, preko servera, šalje instrukcija Arduino uređaju da uključi/isključi odgovarajući relej. Potrošač i relej su vezani redno na mrežni napon, a tranzistorskim prekidačem, izvedenim NPN tranzistorom PN2222A, pokrećemo špulnu releja (Slika 3.). Na bazu preko otpornika od 510Ω sa digitalnog pina Arduinoa dovodimo tranzistor u zasićenje i uključujemo potrošač. Dioda neutrališe kontra elektromagnetnu silu koja nastaje pri isključenju releja.



Slika 4. Šema realizovanog kola za merenje napona.

Šema realizovanog kola za merenje napona je prikazana na Slici 4. Na oba potrošača je mrežni napon jednak, pa je potreban samo jedan sklop za očitavanje. Logiku, od mrežnog napona, galvanski odvajamo transformatorom koji na sekundaru daje 12V. Grecov spoj izveden Šotkijevim diodama zbog manjih gubitaka, daje DC napon. Ovaj napon je suviše visok za direktno odvođenje na Arduino analogni ulaz, pa je otpornicima od $100k\Omega$ i $1k\Omega$ izveden naponski razdelnik. Potenciometrom od $2.2k\Omega$, koji je redno vezan sa otpornikom od $1k\Omega$, fino se podešava izlazni napon (oko 800mV za mrežni napon od 225V). Na izlazu, RC veza otpornika $10k\Omega$ i kondenzatora $10\mu F$ ima ulogu filtra niskih frekvencija.

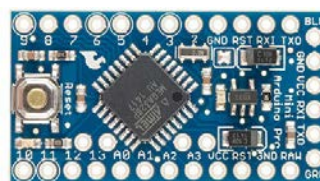


Slika 5. Izgled realizovanih utičnica, elektronskih kola za merenje struje i napona i Arduino modula.

Na Slici 5. prikazan je konačni izgled utičnica i kutije u kojoj su smeštena kola za merenje napona i struje realizovana na osnovu prethodnih šema.

IV. ARDUINO PLOČA I MODUL ZA KOMUNIKACIJU SA SERVEROM

Arduino ploča je razvojni sistem otvorenog koda zasnovan na 8-bitnom Atmel AVR ili 32-bitnom Atmel ARM mikroprocesoru. Ploča ovog mikrokontrolera se razlikuje u zavisnosti od modela, ali u osnovi sadrži: oscilator odnosno kristal koji reguliše vremenske impulse procesora (clock), naponske regulatore vrednosti 5V i 3,3V i USB-to-serial konvertor. Za ovaj projekat je korišćena platforma *Arduino Pro Mini* [11] sa ATmega 328 mikroprocesorom i WiFi modul ESP8266 ESP-01 čiji je izgled prikazan na Slici 6.



a)



b)

Slika 6. a) Arduino Pro Mini, b) Wi-Fi modul ESP8266 ESP-01.

Arduino Pro Mini sadrži 14 digitalnih ulazno/izlaznih pinova od kojih 6 mogu da se koriste kao PWM (*Pulse-width modulation*) izlazi. Takođe, ima i 6 analognih ulaza, a na ploči se nalazi i dugme za resetovanje. Ova platforma je skromnijih karakteristika, ali je namenjena korisnicima koji zahtevaju malu veličinu ploče. Samim tim na sebi ima minimum ugrađenih komponenti i ne sadrži USB konektor. Zbog nepostojanja USB porta za vezivanje sa računarom, za komunikaciju između računara i ove platforme, prilikom programiranja, mogu se koristiti dva načina u zavisnosti od vrste Arduino modula:

1. direktno povezivanje FTDI (*Future Tehnology Devices International*) kablom (slika 7a.) koji se koristi kod modula koji se napaja sa 5V - *Arduino Pro Mini* 16MHz
2. dodatna ploča *SparkFun FTDI Basic Breakout Board* (slika 7b.) koja se koristi kod modula koji se napaja sa 3.3V - *Arduino Pro Mini* 8MHz, koja je korišćena u ovom projektu.



a)



b)

Slika 7. a) FTDI kabl, b) SparkFun FTDI Basic Breakout Board.

Svaki pin od 14 digitalnih ulazno/izlaznih može se koristiti kao ulaz ili izlaz primenom odgovarajućih funkcija, uz ograničenje maksimalne struje do 40mA. Pored toga postoje i specijalizovani pinovi za povezivanje Bluetooth ili Wireless modula kao što su RX (*receive X*) i TX (*transmit X*) pinovi, koji takođe služe za UART TTL serijsku komunikaciju.

Razvojno okruženje potrebno za pisanje koda je potpuno besplatno, otvorenog je tipa i može se preuzeti za Mac OS X, Windows i Linux operativni sistem [12].

Hardverska moć Arduina nije na zavidnom nivou, pre svega zbog procesorske moći i količine podataka koje može da obradi u jedinici vremena, pa je optimizovanje programskog koda jako bitno kako bi kompletan sklop radio bez kašnjenja. Ovo je naročito bitno kada je neophodno obezbediti korisniku rad u realnom vremenu. U okviru projekta opisanog u ovom radu, Arduino mikrokontroler ima nekoliko različitih uloga:

1. Vršiti odmeravanje struje i napona svake utičnice, dobijenih sa izlaza prethodno opisanog elektronskog kola.
2. Ispisuje odmerene vrednosti na LCD displeju [13].
3. Preko povezanog WiFi modula komunicira sa serverom i njemu šalje podatke koji su izmereni.
4. Takođe preko Wireless modula sa servera prima informacije o ograničenju aktivne snage i potrošnje na svakoj utičnici.

Komunikacija između Arduino mikrokontrolera i servera ostvarena je Wireless modulom *ESP8266 ESP-01* [14] (Slika 6.b). Modul koristi 802.11 b/g/n standard i TCP/IP protokol. Mogućnosti za podešavanje radnog moda su *STATION*, *ACCESS POINT* i *BOTH*. Wi-Fi modul sadži i opciju podešavanja rada kao server, kao i postavljanja statičke IP adrese i određenog porta. Takođe, adresu na koju modul treba da se poveže kao klijent, možemo eksplicitno navesti (npr. www.vtsnis.edu.rs) jer modul ima mogućnost DNS prevođenja u IP adresu.

V. REALIZACIJA SERVERA, VEB I MOBILNE APLIKACIJE

Serverska aplikacija je bazirana na Node.js [15] i PHP tehnologijama. Node.js je platforma izrađena na JavaScript izvršnom okruženju Google Chrome-a i koristi se za jednostavnu realizaciju brzih, skalabilnih mrežnih aplikacija. Node.js je veoma efikasan za kreiranje aplikacija koje rade u realnom vremenu i iziskuju veće količine prenosa podataka, a izvršavaju se preko distribuiranih uređaja.

Komunikacija između utičnica i pametnog sata odnosno Android uređaja (posredstvom Arduino modula i opisane elektronike) se obavlja u realnom vremenu preko Node.js servera, koristeći tehnologiju veb-socket-a, i to biblioteke *socket.io* [16]. Arduino meri struju i napon na potrošaču koji je povezan na određenu utičnicu i izmerene vrednosti u

realnom vremenu prosleđuje Node.js serveru koji zatim primljene vrednosti upisuje u MySQL bazu podataka i prosleđuje ih direktno klijentskim aplikacijama (aplikacija na pametnom satu, veb-aplikaciji i Android aplikaciji). Bilo koja promena (stanje utičnice, promena napona ili struje) je automatski sinhronizovana između svih konektovanih klijentskih aplikacija.

Sve klijentske aplikacije sa serverom komuniciraju preko Interneta koristeći TCP/IP protokol 802.11. U trenutku bilo koje promene na bilo kojoj strani sistema (utičnica ili klijentske aplikacije) prosleđuju se podaci serveru, koji zatim te podatke prosleđuje bazi podataka i svim ostalim autentifikovanim i trenutno povezanim uređajima. Svi podaci primljeni na klijentskoj aplikaciji su automatski prikazani na interfejsu.



Slika 8. Izgled i funkcionalnosti veb-aplikacije.

Na strani servera se nalazi veb-aplikacija koja pruža identične funkcionalnosti kao i aplikacija za pametni sat i Android uređaj (Slika 8.). Za izradu Android aplikacije korišćeno je *Android Studio* [17] razvojno okruženje. veb-aplikacija je razvijena korišćenjem PHP serverskog jezika i MySQL baze podataka.

VI. REALIZACIJA APLIKACIJE ZA PAMETNI SAT

Danas na tržištu postoji mnogo različitih proizvođača pametnih satova, kao i mnogo različitih operativnih sistema na kojima satovi rade. Aplikacija za kontrolu *Smart Home* rešenja u ovom radu je razvijena za Samsungov model Smart Watch Gear S, koji radi na Tizen operativnom sistemu.

Tizen je otvoren i fleksibilan operativni sistem napravljen da omogući rad različitih uređaja (telefona, satova, narukvica, automobila, igračkih konzola, televizora,...). Tizen je razvijen od strane zajednice programera, pod Open Source licencom i otvoren je za sve članove koji žele da učestvuju. Operativni sistem Tizen dolazi u više profila kako bi ispunio sve zahteve industrije. Sadašnji profili su Tizen IVI, Tizen Mobile, Tizen TV i Tizen wearable. Za programere i razvojne timove aplikacija, Tizen nudi potpunu fleksibilnost sa HTML5 podrškom.

Za izradu Tizen aplikacije korišćeno je *Tizen SDK for wearable* razvojno okruženje. Aplikacija u ovom projektu je razvijena korišćenjem HTML5, CSS3, JavaScript i jQuery jezika [18]. Struktura same aplikacije, odnosno kontrole u okviru jednog ekrana, se kreiraju korišćenjem HTML5 jezika. Da bi se npr. kreirala kontrola za odabir datuma dovoljno je navesti sledeću liniju koda:

```
<input type="date">
```

Nakon generisanje strukture, raspored i dizajn HTML elemenata se podešava pomoću CSS-a (Cascading Style Sheet). Sva funkcionalnost aplikacije kreira se pomoću javascript jezika i jQuery biblioteka JavaScript-a. jQuery olakšava i skraćuje pisanje koda, tako da se uz samo par linija može implementirati socket.io biblioteka za kreiranje konekcije sa serverom. Implementacija socket.io biblioteke koja omogućava čitanje podataka sa utičnice i slanje komandi na utičnicu u realnom vremenu prikazana je u nastavku:

```
//socket

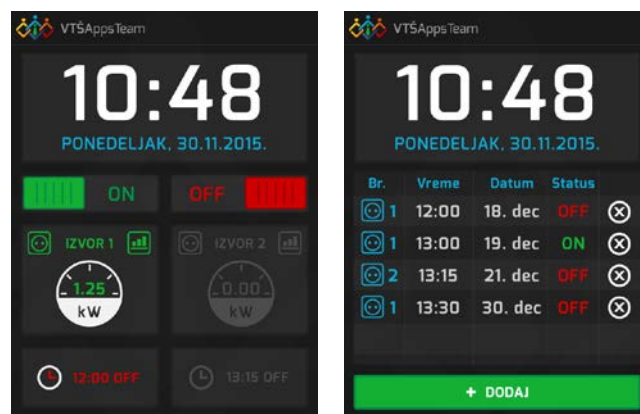
socket.on('merenja', function(data) {
    console.log(data);
    $("#merenje1").html(data.merenje1 + "kW");
});

socket.on('merenja', function(data) {
    console.log(data);
    $("#merenje2").html(data.merenje2 + "kW");
});
```

Zbog male veličine ekrana sata (360x480) u pikselima, kreiranje korisničkog interfejsa predstavlja poseban izazov, i aplikacija za pametni sat mora da bude napravljena iz više ekrana. S obzirom da na satu postoji samo jedno fizičko dugme, postoje standardne radnje za kretanje kroz aplikaciju. Završetak rada sa aplikacijom predstavlja prevlačenje prsta sa gornje ivice ekrana na dole. Prevlačenje prstom u suprotnom smeru (odozdo na gore) predstavlja povratak na prethodno prikazani ekran. Klikom na fizičko dugme aplikacija nastavlja svoj rad u pozadini i ponovnim pokretanjem korisnik može nastaviti korišćenje aplikacije.

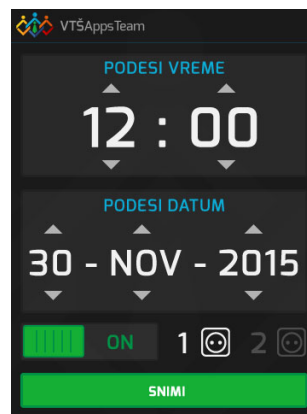
Interfejs aplikacije prikazan je na Slici 9. Prilikom pokretanja aplikacije, a nakon autentifikacije, pokreće se ekran prikazan na Slici 9.a). Na vrhu ekrana ispisan je datum i vreme, a deo ispod toga je podeljen u dva dela i prikazuje u realnom vremenu snagu potrošača koji su priključeni na dvema utičnicama. Dugme On/Off omogućava daljinsko uključivanje i isključivanje utičnice ali i prikazuje stanje u kome se utičnica trenutno nalazi (da li je uključena ili ne). Ukoliko je utičnica isključena, podaci za tu utičnicu biće prikazani svetlo sivom bojom, kako bi se razlikovalo od aktivne utičnice. Pametni sat ima mogućnost da uključuje/isključuje utičnice u bilo koje vreme na osnovu tajmera. Na dnu ekrana se nalazi ispisano vreme i prve naredne radnje. Delu za podešavanje tajmera za određenu utičnicu se pristupa klikom na pomenuti deo u

dnu ekrana i prikazan je na Slici 9.b). Na ovom ekranu moguće pregledati sve buduće podešene tajmere, sortirati listu klikom na zaglavlje tabele, obrisati postojeće i dodati nove tajmere. Klikom na zeleno dugme u dnu ekrana otvara se ekran za dodavanje novog tajmera, Slika 9.c).



a)

b)



c)



d)

Slika 9. Izgled aplikacije za kontrolu na pametnom satu.

Prilikom kreiranja tajmera, potrebno je odabrati utičnicu, opciju da li ćemo je ugasiiti ili uključiti, vreme i datum kada će se izabrano desiti.



Slika 10. Izgled aplikacije za kontrolu na pametnom satu.

Klikom na centralni deo aplikacije koji prikazuje trenutnu snagu potrošača pokreće se deo sa podacima o potrošnji na odgovarajućoj utičnici, u prethodno definisanom vremenskom intervalu, Slika 9.d). Podaci su sortirani prema trenutnom tarifnom sistemu u Srbiji (zelena, plava i crvena tarifa). Korisnik takođe ima i informaciju o troškovima prikazanu u dinarima.

VII. ZAKLJUČAK

Danas se sve više teži automatizaciji ne samo proizvodnih već i životnih procesa. Koncept pod nazivom „Pametna kuće“ omogućava daljinsku kontrolu pametnih uređaja u kući, uglavnom preko mobilnih telefona ili veb-aplikacija koje se pokreću na bilo kom računaru. U ovom radu opisana je kontrola „Pametne kuće“ odnosno strujnih utičnica pomoću pametnog sata. Aplikacija na pametnom satu omogućava daljinsko uključivanje i isključivanje utičnice, podešavanje tajmera, kao i postavljanje graničnih vrednosti za potrošnju električne energije na svakoj utičnici i snage potrošača koji može biti povezan na utičnice. Na taj način sat na ruci postaje svojevrsni daljinski upravljač. Osim toga razvijene su i aplikacije za Android mobilne uređaje kao i PHP veb-aplikacija za kontrolu. Komunikacija svih ovih aplikacija se odvija u realnom vremenu preko servera, korišćenjem Node.js tehnologije. Kao veza između utičnica, električnog kola za određivanje struje i napona na utičnicama i servera iskorišćen je Arduino mikrokontroler. Sve izmerene vrednosti se smeštaju u MySQL bazu podataka i koriste se za proračun utrošene količine energije i procenu troškova.

Akcenat u radu je bio na razvoju softvera, pre svega za pametni sat zbog njegove popularnosti. Realizovani hardver u potpunosti odgovara svrsi, ali se u nastavku razvoja opisanog rešenja planira njegova optimizacija, pre svega u pogledu dimenzija.

ZAHVALNICA

Aplikaciju su realizovali članovi VTŠ Apps Tima u okviru Samsung Apps Laboratorije na Visokoj tehničkoj školi strukovnih studija u Nišu. Autori rada se zahvaljuju svim članovima tima koji su aktivno učestvovali na realizaciji projekta opisanog u ovom radu.

LITERATURA

- [1] O. Vermesen, P. Fries, *Internet of Things - Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*, River Publishers, 2013.
- [2] N. Živković, N. Nikolić, B. Majkić, S. Stošović, „VTŠ Explorer robot-vozilo za akviziciju podataka,” *Zbornik radova 6. IEEEESTEC Konferencija*, Niš, Srbija, Novembar 2013. pp. 61-66.
- [3] VTŠ Explorer 1 promo film, <http://www.youtube.com/watch?v=yKZJHq831Vg>, oktobar 2015.
- [4] VTŠ Explorer prezentacija film, <https://www.youtube.com/watch?v=Ph6pR9QKd88>, oktobar 2015.
- [5] Wei-Meng-Lee, *Beginning Android 4 Application Development*, Wrox, 2012.
- [6] *Tizen web application development for beginners*, Linux Foundation, 2014.
- [7] Hugh E. Williams i David Lane, *Veb-aplikacije i baze podataka PHP i MySQL*, Mikro knjiga, Beograd 2009.
- [8] John Baichtal, *Arduino for Beginners: Essential Skills Every Maker Needs*, Amazon, 2013.
- [9] N. Živković, M. Milojević, N. Nikolić, B. Majkić, S. Stošović, „Sistem za kontrolu radnog vremena i pristupa laboratoriji realizovan na Raspberry Pi platformi,” *Zbornik radova 7. IEEEESTEC Konferencija*, Niš, Srbija, Novembar 2014. pp. 201-206.
- [10] M. Milojević, S. Stošović, „Implementaija mPDF i e-MAIL php biblioteka“, *Zbornik radova Visoke tehničke škole u Nišu*, novembar 2013., pp. 30-33.
- [11] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini>, oktobar 2015.
- [12] Arduino softver, <http://arduino.cc/en/Main/Software>, oktobar 2015.
- [13] Digitalni displej, <http://www.saperel.com/LCD16x2BL>, oktobar 2013.
- [14] <http://www.electroschematics.com/wp-content/uploads/2015/02/esp8266-datasheet.pdf>, oktobar 2015.
- [15] Node.js zvanični sajt, <https://nodejs.org/en/>, oktobar 2015.
- [16] Socket.io, <http://www.socket.io>, oktobar 2015.
- [17] Android Studio, <http://developer.android.com/tools/studio/index.html>, oktobar 2015.
- [18] J. D. Gauchat, *HTML5, CSS3 i JavaScript, Integrisane tehnologije za izradu veb strana*, Mikro knjiga 2014.

Uređaj za merenje raspodele vremenskog džitera

Nenad Vukić, Stefan Zvijerac, Miloš Trajković

Sadržaj — U ovom radu prikazani su rezultati realizacije i analize uređaja za merenje vremenskog džitera. Uređaj je zasnovan na konverziji vremenskog intervala u analognu vrednost napona, a za akviziciju skupa podataka koristi se mikrokontroler ATmega328 u okviru razvojnog sistema Arduino. Prototip je realizovan u tehnologiji diskretnih elemenata i obavljeno je njegovo inicijalno testiranje. Prototip je dokazao izvodljivost ideje i demonstrirao relativno dobre mogućnosti, koje imaju predispozicije za dalja poboljšanja.

I. UVOD

Zadatak ovog projekta je realizacija uređaja za merenje raspodele džitera. Džiter predstavlja vremenske varijacije delova signala od njihovih idealnih vrednosti. Džiter u signalima takta se javlja usled šuma ili drugih smetnji u sistemu. Ono što najviše utiče na džiter jeste: termički šum, nestabilnost izvora napajanja, šum aktivnih komponenti, uslovi prenos i interferencija usled susednih kola.

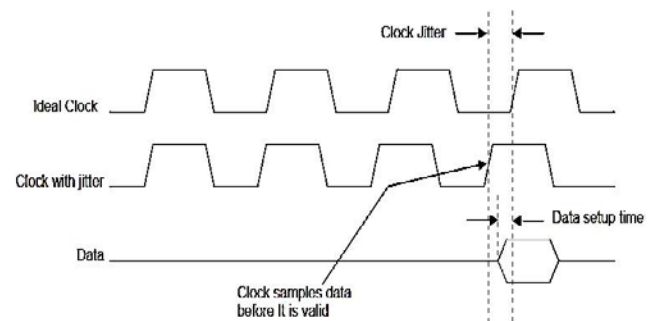
Vremenski džiter predstavlja devijaciju vremena signala takta u odnosu na idealni period vremena, posmatranom na slučajno odabranim ciklusima. Ako je dat broj pojedinačnih vremenskih perioda, može se izmeriti svaki od njih i izračunati srednji vremenski period kao i standardna devijacija i vrednosti od najmanje do najveće vrednosti između ciklusa ili vrednosti od vrha do vrha. Standardna devijacija i vrednosti od vrha do vrha se uglavnom nazivaju kao RMS vrednost i Pk-Pk (peak-to-peak) vremenski džiter, respektivno.

Vremenski džiter može da se definiše i kao razlika između izmerenog takta i idealnog takta. U realnim aplikacijama vrlo je teško izračunati idealni vremenski period ili takt. Ako se posmatra izlaz oscilatora frekvencije 100 MHz korišćenjem osciloskopa, srednja vrednost takta može da bude 9.998 ns umesto 10 ns. Zbog toga je praktičnije tretirati srednji period kao idealni period.

II. TEORIJSKA OSNOVA

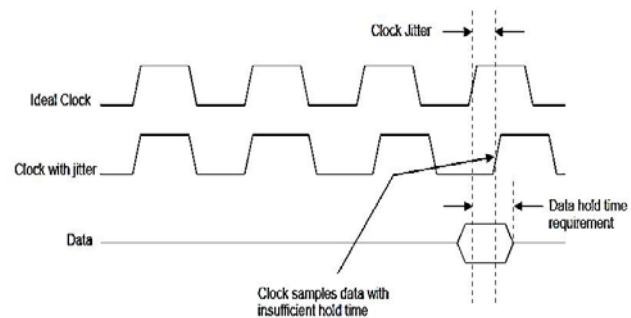
Vremenski džiter je koristan za izračunavanje vremenskih margina u digitalnim sistemima. Ako se razmatra sistem mikroprocesora i kojem procesor zahteva 1 ns podataka pre uspostavljanja takta, a ako je vremenski džiter trajanja 1.5 ns, onda će uspostava takta da se desi pre nego što podaci budu validni. Time će mikroprocesor da pošalje pogrešne podatke, kao što je prikazano na slici 1.

Nenad Vukić, Stefan Zvijerac i Miloš Trajković su studenti prve godine master akademskih studija na Elektronskom fakultetu Univerziteta u Nišu, A. Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mejl: benassy91@gmail.com, stefan.zvijerac.ja@gmail.com, 19milos92@gmail.com



Sl.1. Pojava pogrešnih podataka usled vremenskog džitera.

Slično, ako drugi mikroproccsor ima vreme zadržavanja podataka od 2 ns, a džiter je trajanja 1.5 ns, tad se vreme zadržavanja podatka smanjuje za 0.5 ns. Opet će mikroprocesor da vidi pogrešne podatke, što je prikazano na slici 2.



Sl.2. Nemogućnost odabiranja podataka usled vremenskog džitera.

Zbog toga što je vremenski džiter obično slučajne prirode sa Gausovom raspodelom, može potpuno da se opiše srednjom kvadratnom vrednošću (greškom) u pikosekundama. Međutim, vrednosti od vrha do vrha su relevantnije u izračunavanju podešavanja i vremena zadržavanja podataka. Da bi se pretvorio RMS džiter u Pk-Pk džiter za 10000 odbiraka, može se koristiti jednačina:

$$\text{Pk - Pk vremenski džiter} = 7.44 \times \text{RMS džiter} \quad (1)$$

Ako je RMS džiter trajanja 3 ps, onda je džiter od vrha do vrha ± 11.16 ps. Jednačina (1) se dobija iz Gausove funkcije raspodele verovatnoće. Ako je broj odbiraka 100, 99 njih će biti unutar $\pm 2.327\sigma$ od srednje vrednosti raspodele, a samo 1 odbirak će biti van tog regiona. Po JEDEC preporuci se vremenski džiter meri na uzorku od 10000 odbiraka.

Vremenski džiter je opisan u JEDEC standardu 65V kao devijacija vremena ciklusa signala u odnosu na idealni period, posmatranom na slučajno odabranim ciklusima. JEDEC standard definiše da vremenski džiter treba da se meri na

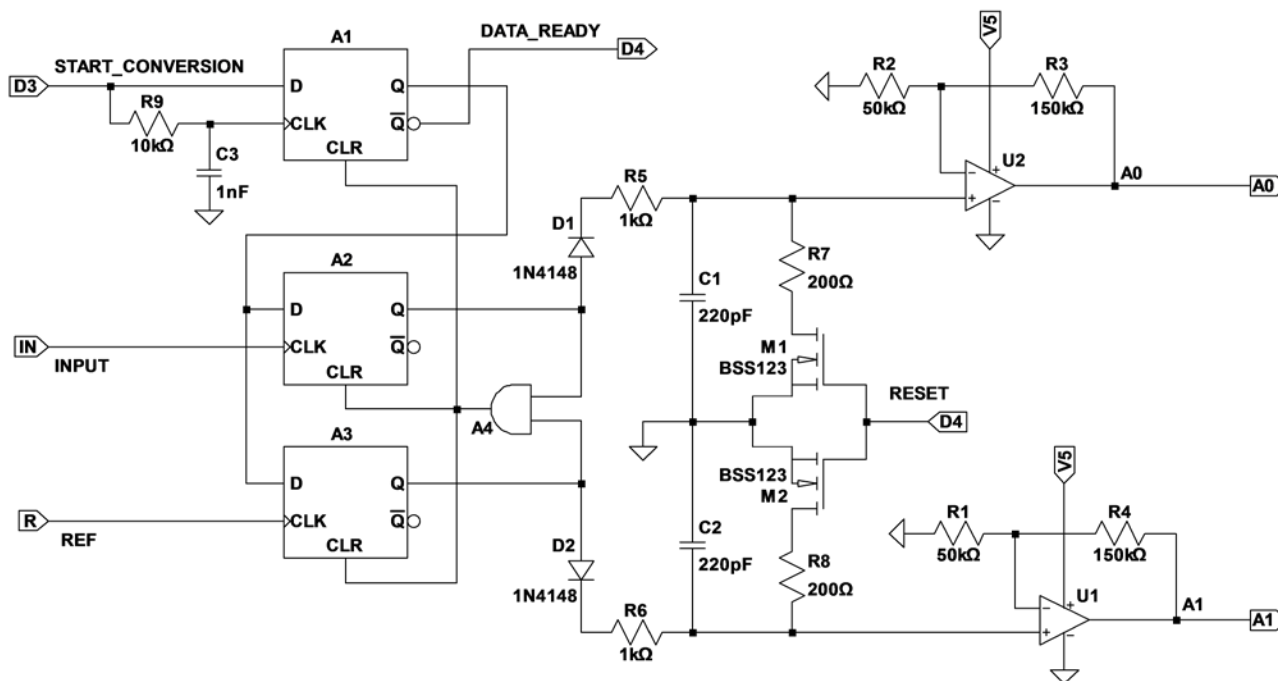
1. Meri se trajanje jednog vremenskog ciklusa,
2. Čeka se slučajni broj ciklusa takta,
3. Ponavljaju se koraci 1. i 2. 10000 puta,
4. Izračunava se standardna devijacija σ i vrednosti od vrha do vrha za 10000 odbiraka,
5. Ponavljaju se merenja iznad 25 puta. Od tih 25 rezultata, izračunava se srednja vrednost od vrha do vrha.

$$Error_{RMS} = \frac{\sigma_n}{\sqrt{2N}} \quad (2)$$

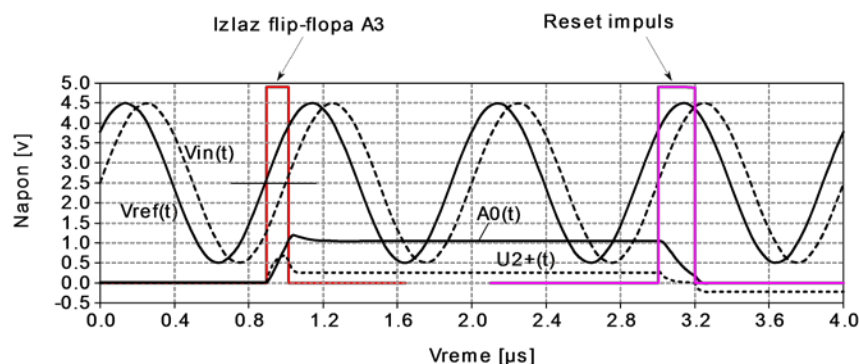
Precizna vrednost RMS može da se odredi iz 10000 odbiraka, dok je vrednost Pk-Pk teže odrediti. Usled slučajne prirode vremenskog džitera, sa većim brojem odbiraka veća je verovatnoća uzimanja podataka na krajevima krive raspodele. Drugim rečima, vrednosti od vrha do vrha divergiraju umesto da konvergiraju sa povećanjem broja odbiraka. Zbog toga se uvodi korak 5 u postupku merenja vrednosti džitera od vrha do vrha.

Svako merenje 10000 slučajnih odbiraka proizvodi jednu vrednost standardne devijacije i jednu vrednost od vrha do vrha. Slučajnim ponavljanjem ovog procesa 25 puta, može se sakupiti niz podataka iz kojih može da se izračuna srednja vrednost od vrha do vrha sa velikom preciznošću. Takođe može da se izračuna i vrednost RMS, ali je ona vrlo slična onoj koja se dobija iz pojedinačnog izračunavanja.

Da bismo realizovali projektni zadatak, najpre je bilo potrebno da konstruišemo detaljnu šemu koja je prikazana na slici 3. Šema je izrađena u programu LT Spice i realizovana je pomoću D flip-flopova, „I“ kola, otpornika od 0.2, 1 i 100 kΩ, kondenzatora od 10 nF, potencijometra, kao i korišćenjem bilateralnih prekidača.



248



Sl. 4. Simulacija vremenskog oblika karakterističnih signala.

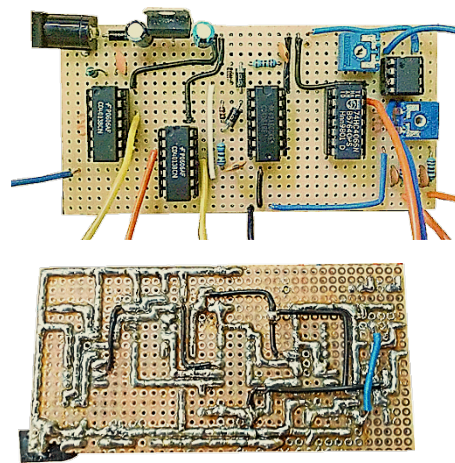
Flip-flopovi A2 i A3 služe da uobliče signale na ulazu u impulse dobro definisanih nivoa. Vremenski pomak između ovih impulsa odgovara vremenskom pomaku između ulaznih signala, odnosno detektovanoj vrednosti džitera. „I“ kolo služi da resetuje flip-flopove A2 i A3, tako da automatski budu spremni za sledeću realizaciju džitera. Tom prilikom se resetuje i flip-flop A1 koji služi za kontrolu uključivanja i isključivanja merenja. Kada se na ulaz ovog flip-flopa dovede naponski impuls, kolo se postavlja u režim merenja i vremenski pomak između ulaznih signala generiše impuls identičnog trajanja na izlazima flip-floпова A2 i A3, zavisno od znaka vremenskog pomeraja. Ako je vremenski pomeraj pozitivan, signal će biti generisan na izlazu A3, a u slučaju da je pomak negativan, onda će se pojaviti impuls na izlazu A2. Nakon generisanja impulsa, svi flip-flopovi se resetuju i potreban je novi impuls na ulazu A1 da bi se izvršilo novo merenje.

Na izlazima flip-floпова A2 i A3 se nadovezuju integratori koji su odvojeni diodama kako bi integralili samo za vreme trajanja izlaznih impulsa. Kada napon na izlazima flip-floпова padne na nulu, diode odvajaju ostatak kola, tako da napon koji se integralio za vreme trajanja impulsa ostaje na kondenzatorima za vreme dok se ne obavi očitavanje njihovih vrednosti. Nakon očitavanja, bilateralni prekidači koji se nalaze u paraleli sa kondenzatorima, prazne kondenzatore na nulu i proces može da se ponovi sa nekom od sledećih realizacija slučajnog džitera.

Pre nego što se kolo resetuje signali sa kondenzatora se preko pojačavača, koji imaju i funkciju baferovanja, dovode na ulaze mikrokontrolera koji vrše A/D konverziju izlaznih signala. Na osnovu dobijenih vrednosti, može se saznati koliki je vremenski pomeraj između ulaznih signala, kao i da li je on pozitivan ili negativan.

Kada mikrokontroler pročita vrednosti napona, on generiše impuls koji inicijalizuje kolo za naredno merenje i proces se može nastaviti sve dok se ne prikupi potreban broj podataka.

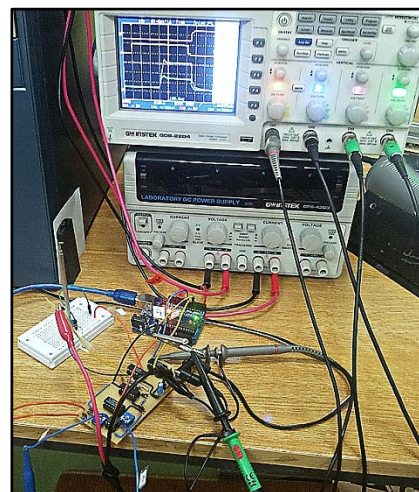
Praktičan rad je zahtevao preciznost i odgovornost. Realizacija šeme na pločici sa prednje i zadnje strane prikazana je na slici 5.



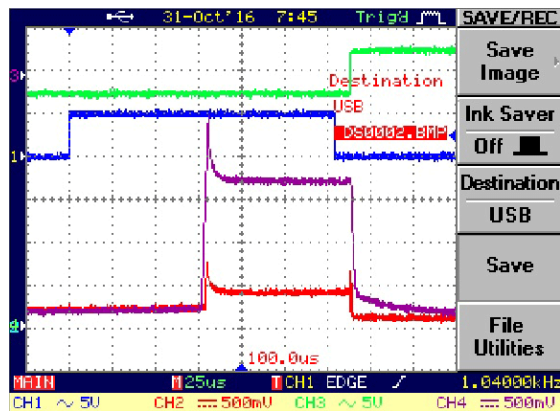
Sl. 5. Izgled projekta sa gornje i donje strane.

IV. TESTIRANJE PROTOTIPA

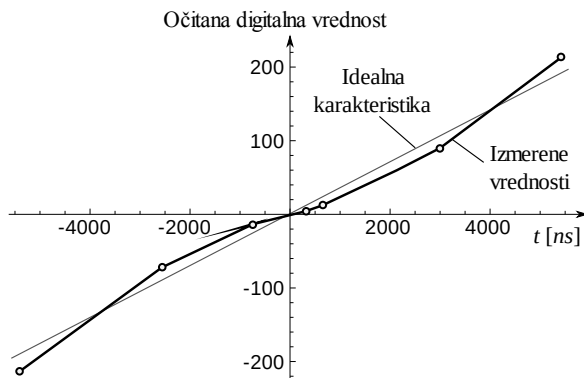
Kada je završena praktična realizacija, prešli smo na testiranje prototipa. Napone u karakterističnim tačkama kola smo posmatrali uz pomoć osciloskopa, kao što je



Sl. 6. Primer izmerene raspodela džitera na izlazu množača frekvencija.



Sl. 7. Primer izmerene raspodele džitera na izlazu množača frekvencija.



Sl. 8. Primer izmerene raspodele džitera na izlazu množača frekvencija.

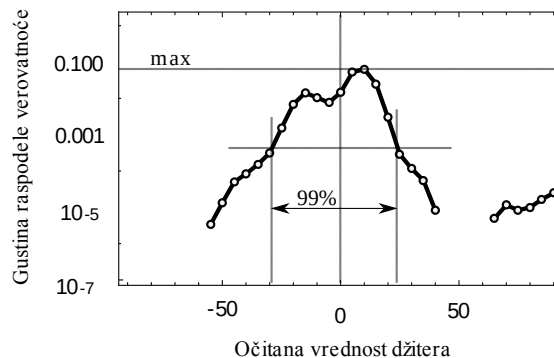
prikazano na slici 6. Testiranje prototipa je izvršeno tako što smo na ulaze doveli sinusoidalne signale koji su međusobno pomereni za vrednost faze koju smo mi odredili pomoću dodatnog kola sa kondenzatorom i potencijetrom, koje smo prikačili na ulaz IN. Potrebne ulaze i izlaze kola smo prikačili na mikrokontroler, koji smo povezali na računar i uz pomoć programa Arduino, programirali ga da radi.

Dobijeni rezultati prikazani su na slici 7. Sonda CH1 je spojena na D3 i prikazuje startni impuls. CH3 prikazuje reset impuls koji se generiše nakon izvršenog pojedinačnog merenja, da bi se sistem vratio u početno stanje. CH2 i CH4 predstavljaju vremenske oblike signala na izlazima A0 i A1. Može se primetiti da ovi izlazni signali skoro potpuno odgovaraju signalima koje predviđa simulacija. Prema tome, uverili smo se da kolo funkcioniše kako je to i predviđeno.

Promenom vremenskog pomeraja signala na ulazu, mikrokontroler generiše odgovarajuću razliku signala A0 - A1. Mereći vremenski pomak i digitalne vrednosti ove razlike, dobija se kriva koja predstavlja prenosnu karakteristiku kola. Ova kriva je prikazana na slici 8. Premda donekle odstupa od idealne linearne zavisnosti, kolo je u stanju da odgovori svojoj nameni, a nelinearnost se može eventualno otkloniti kalibracijom, koja se može ugraditi u softver mikrokontrolera. Fitovanjem prave linije dobija se da je koeficijent pravca 0.0363 ns^{-1} , a njegova recipročna vrednost oko 27.5 ns . Prema tome, očitano digitalnu vrednost

treba pomnožiti sa 27.5 da bi se dobila vrednost vremenskog pomaka u ns.

Osnovni zadatak kola je prikupljanje velikog broja izmerenih vrednosti realizacije džitera, da bi od ovog skupa podataka mogla da se dobije procena raspodele verovatnoće. Primer jednog takvog rezultata koji smo dobili, dat je na slici 9. U tu svrhu smo koristili kolo množača frekvencija koje pri većem faktoru množenja pokazuje značajan džiter. Iz prikupljenog skupa podataka od 120000 odmeraka, dobijen je histogram koji je prikazan na slici 9.



Sl. 9. Primer izmerene raspodele džitera na izlazu množača frekvencija.

V. ZAKLJUČAK

Zadatak projekta bio je da se realizuje uređaj za merenje raspodele vremenskog džitera. Izvršena je analiza zadatka i obavljeno je projektovanje prototipa čija je validnost ispitana korišćenjem simulatora. Prototip je zatim praktično realizovan korišćenjem raster ploče i diskretnih komponenti, i njegovo funkcionisanje je potvrđeno konkretnim merenjima uz pomoć osciloskopa. Poređenjem talasnih oblika dobijenih merenjem i simulacijom došli smo do zaključka da kolo funkcioniše ispravno, kako smo i očekivali.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je deo studentskog projekta na ispitu Koherentni telekomunikacioni sistemi, na smeru Telekomunikacije, Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu. Ispit je na 1. semestru master akademskih studija. Hardverska realizacija projekta izvedena je pri laboratoriji za telekomunikacione sisteme, pod mentorstvom prof. dr Dejana Milića.

LITERATURA

- [1] Stephan Henzler, Time-to-Digital Converters, Springer Science+Business Media B.V., 2010.
- [2] G. Lukatela, D. Drajić, G. Petrović, R. Petrović, Digitalne telekomunikacije I, Građevinska knjiga, 1984.
- [3] J. L. Stensby, Phase locked loops, Theory and applications, Boca Raton, FL, CRC Press, 1997.
- [4] Lars E. Bengtsson, Implementation of high-resolution time-to-digital converter in 8-bit microcontrollers, Review of Scientific Instruments, vol. 83, no. 4, 045107 pp1-7, 2012.

Korišćenje baza podataka u Android aplikacijama

Miljan G. Jeremić, Dušan Jeremić, Nikola Mitrović

Sadržaj – U vreme kada je fokus razvoja aplikativnog softvera na razvoju mobilnih aplikacija, neizostavan deo razmatranja u okviru nauke o bazama podataka su baze podataka za mobilne aplikacije. Upravo zbog toga naglasak ovog rada će biti na bazama podataka za mobilne aplikacije na Android operativnom sistemu, kao najpopularnijem operativnom sistemu za mobilne uređaje.

Razvoj baza podataka za Android mobilne aplikacije može ići u smeru razvoja lokalne baze podataka ili u smeru razvoja eksterne baze podataka. Lokalna baza podataka se pokreće na istom uređaju na kojem je instalirana aplikacija, dok se eksternoj bazi podataka aplikacija pristupa putem mreže i skupa protokola za prenos podataka. Ovaj rad upravo opisuje način razvoja baze podataka, način povezivanja sa mobilnom aplikacijom i Android biblioteku podršku za rad sa bazama podataka, i to na način da prvo razmatra lokalnu, a zatim eksternu bazu podataka. Naravno, oba slučaja su upotpunjena odgovarajućim primerima koji trebaju da ilustruju teorijski opisane principe i metode.

I. ANDROID I LOKALNA BAZA PODATAKA

SQLite je *opensource* biblioteka koja implementira samoodržive, bez serverske, bez konfiguracijske i transakcijske alate SQL baze podataka.

SQLite je ugrađeni alat SQL baze podataka, koji za razliku od drugih SQL baza, nema odvojene serverske procese, već vrši čitanje i pisanje direktno u fajlove na disku. Baza podataka koja uključuje niz tabela, indeksa, trigera i pogleda se nalazi u jednom fajlu. Format u kom je pisana baza je cross-platform, što znači da se može nesmetano kopirati između 32-bitnih i 64-bitnih sistema.

SQLite je ugrađen u svaki Android uređaj. SQLite bazu podataka na Android uređajima nije potrebno dodatno administrirati, niti podešavati postavke. Potrebno je samo kreirati SQL upite za kreiranje i ažuriranje baze podataka. Ostali posao automatski obavlja Android platforma. Pristup bazi podrazumeva pristup file sistemu. Kako ovo može biti sporo, preporučeno je asinhrono izvođenje operacija. Kada aplikacija kreira bazu, ona se automatski spašava u DATA/data/APP_NAME/database/FILENAME, gde je DATA putanja koju vraća Environment.getDataDirectory() metoda, APP_NAME je ime aplikacije, FILENAME je ime baze podataka koje je specificirano unutar aplikacije.

M. G. Jeremić, dipl. ing. Elektrotehnike na smeru za računarsku tehniku i informatiku, profesor računarstva i informatike u Knjaževačkoj gimnaziji, Srbija, E-mail: miljan.jeremic@gmail.com

D. Jeremić, student Elektronskog fakulteta u Nišu na smeru za Internet tehnologije, Srbija, E-mail: jeremic.dusan@gmail.com

N. Mitrović, učenik IV razreda Knjaževačke gimnazije opšteg i prirodno-matematičkog smera, Srbija, E-mail: nikola3u1@gmail.com

II. BAZA I MODEL PODATAKA

MySQLHelper klasa je odgovorna za kreiranje baze podataka. Za demonstraciju rada android aplikacije sa SQLite bazom podataka, kreirana je baza ucenici.db i unutar nje tabela TABLE_UCENICI. Tabela sadrži dve kolone: COLUMN_ID i COLUMN_IME. Metoda onUpgrade() briše postojeće podatke iz baze i zatim kreira tabelu.

```
package com.tim2.baze.radieeee.util;

import android.content.Context;
import android.database.sqlite.SQLiteDatabase;
import android.database.sqlite.SQLiteOpenHelper;
import android.util.Log;

public class MySQLiteHelper extends SQLiteOpenHelper {

    public static final String TABLE_UCENICI =
        "ucenici";
    public static final String COLUMN_ID = "id";
    public static final String COLUMN_IME = "ime";

    private static final String DATABASE_NAME =
        "ucenici.db";
    private static final int DATABASE_VERSION = 1;

    // iskaz za kreiranje baze
    private static final String DATABASE_CREATE =
        "create table " + TABLE_UCENICI +
        "(" + COLUMN_ID + " integer primary key
        autoincrement, " + COLUMN_IME + " text not
        null)";

    public MySQLiteHelper(Context context) {
        super(context, DATABASE_NAME, null,
        DATABASE_VERSION);
    }

    @Override
    public void onCreate(SQLiteDatabase database) {
        database.execSQL(DATABASE_CREATE);
    }

    @Override
    public void onUpgrade(SQLiteDatabase
        db, int oldVersion, int newVersion) {
        Log.w(MySQLiteHelper.class.getName(),
        "Upgrading database from version " +
        oldVersion + " to " + newVersion + ",
        which will destroy all old data");
        db.execSQL("DROP TABLE IF EXISTS " +
        TABLE_UCENICI);
        onCreate(db);
    }
}
```

Klasa Ucenik je model po kome će se kreirati objekti, i on sadrži sve potrebne podatke koji će biti upisani u bazu podataka.

```
package com.tim2.baze.radieeee.dto;

public class Ucenik {
    private long id;
    private String ime;
```

```

public long getId() {
    return id;
}

public void setId(long id) {
    this.id = id;
}

public String getIme() {
    return ime;
}

public void setIme(String ime) {
    this.ime = ime;
}

@Override
public String toString() {
    return ime;
}
}

```

Za pristup i upravljanje podacima koristi se DAO klasa (*eng. data access object*). DAO klasa je odgovorna za uspostavu konekcije na bazu, pristup podacima i njihovo modifikovanje. Objekte baze podataka pretvara u Java objekte radi lakšeg upravljanja.

Za potrebe test baze podataka, kreirana je klasa `UcenikDataSource`, koja sadrži konekciju na bazu, dodavanje učenika, izmenu i njihovo brisanje iz baze, kao i metodu kojom se vraćaju svi podaci iz tabele.

```

package com.tim2.baze.seminarski.util;

import java.util.ArrayList;
import com.tim2.baze.radieeee.dto.Ucenik;
import android.content.ContentValues;
import android.content.Context;
import android.database.Cursor;
import android.database.SQLException;
import android.database.sqlite.SQLiteDatabase;

public class UcenikDataSource {
    private SQLiteDatabase database;
    private MySQLiteHelper dbHelper;
    private String[] allColumns = {
        MySQLiteHelper.COLUMN_ID,
        MySQLiteHelper.COLUMN_IME
    };

    public UcenikDataSource(Context context) {
        dbHelper = new MySQLiteHelper(context);
    }

    public void open() throws SQLException {
        database = dbHelper.getWritableDatabase();
    }

    public void close() {
        dbHelper.close();
    }

    public Ucenik createUcenik(String v) {
        ContentValues values = new ContentValues();
        values.put(MySQLiteHelper.COLUMN_IME, v);
        long insertId =
            database.insert(MySQLiteHelper.TABLE_UCENIKI,
                null, values);
        Cursor cursor =
            database.query(MySQLiteHelper.TABLE_UCENIKI,
                allColumns, MySQLiteHelper.COLUMN_ID + " = " +
                    insertId, null, null, null, null);
        cursor.moveToFirst();
        Ucenik novi = cursorToUcenik(cursor);
        cursor.close();
        return novi;
    }
}

```

```

public void deleteUcenik(Ucenik v) {
    long id = v.getId();
    database.delete(MySQLiteHelper.TABLE_UCENIKI,
        MySQLiteHelper.COLUMN_ID + " = " + id, null);
}

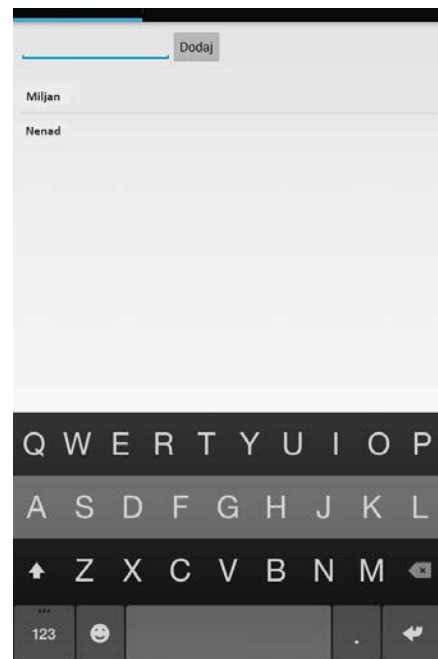
public boolean updateUcenik(long l, String novo) {
    ContentValues args = new ContentValues();
    args.put(MySQLiteHelper.COLUMN_IME, novo);
    return
        database.update(MySQLiteHelper.TABLE_UCENIKI,
            args, MySQLiteHelper.COLUMN_ID + " = " + l, null)
        > 0;
}

public ArrayList<Ucenik> getAll() {
    ArrayList<Ucenik> svi = new ArrayList<Ucenik>();
    Cursor cursor =
        database.query(MySQLiteHelper.TABLE_UCENIKI,
            allColumns, null, null, null, null, null);

    cursor.moveToFirst();
    while (!cursor.isAfterLast()) {
        Ucenik v = cursorToUcenik(cursor);
        svi.add(v);
        cursor.moveToNext();
    }
    cursor.close();
    return svi;
}

private Ucenik cursorToUcenik(Cursor cursor) {
    Ucenik v = new Ucenik();
    v.setId(cursor.getLong(0));
    v.setIme(cursor.getString(1));
    return v;
}
}

```



Slika 1. Izgled aplikacije.

III. ANDROID I EKSTERNA BAZA PODATAKA

U drugom delu ovog rada opisano je povezivanje Android aplikacije sa eksternom bazom podataka. Za razliku od `MySqlite` baze podataka, prilikom povezivanja Android aplikacije sa eksternom bazom, potrebno je

kreirati bazu podataka (u ovom slučaju MySQL), i koristiti web servise (najčešće napisane u .php programskom jeziku) koji će vršiti konekciju sa bazom i vršiti manipulaciju sa podacima iz baze. Na WAMP serveru je napravljena baza “test”, i u njoj tabela “ucenici”. Tabela učenici se sastoji od kolona: iducenik, učenik, idprof. Prilikom pisanja web servisa korišćen je REST (Representational State Transfer) standard. U ovom standardu koriste se četiri osnovne HTTP metode (GET, POST, PUT, DELETE).

- Za preuzimanje objekta koristi se metoda GET.
- Za kreiranje novog objekta koristi se metoda POST.
- Za izmjenu postojećeg objekta koristi se metoda PUT.
- Za brisanje objekta koristi se HTTP metoda DELETE.

Napravljen je jedan servis sa navedena četiri metoda.

Web servis “ucenici.php” dobavlja podatke o svim učenicima koji se nalaze u bazi, i vraća ih u JSON formatu. Da bi se vršila manipulacija sa dobijenim podacima, potrebno je izvršiti konverziju podataka iz JSON formata u tip pogodan za Android aplikaciju (u ovom radu je korišćena lista objekata tipa Učenik). Klasa AsyncTask omogućava pravilnu i jednostavnu upotrebu UI niti. Ona omogućava da se izvrše pozadinske operacije i rezultat tih operacija prikaze na UI niti bez korišćenja pravih niti. U našem slučaju ćemo iskoristiti AsyncTask za komunikaciju sa web servisom. Klasa koja nasljeđuje ovu klasu mora implementirati dve metode - doInBackground u kojoj je potrebno kontaktirati web servis, i onPostExecute koja se poziva kada se dobije odgovor od servisa. Za svaku od operacija - get, update, remove, delete potrebno je kreirati po jednu klasu koja nasljeđuje AsyncTask. Tako na primer, za dohvat podataka iz baze:

```
class UcitajVozila extends AsyncTask<Void, Void, String>
{
    @Override
    protected String doInBackground(Void... params) {
        HttpGet httpGet = new
        HttpGet("http://178.77.23.9/vozila.php");
        try {
            HttpClient httpClient = new
            DefaultHttpClient();
            HttpResponse response =
            httpClient.execute(httpGet);
            return
            EntityUtils.toString(response.getEntity
            (), HTTP.UTF_8);
        }
        catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }
        return null;
    }

    @Override
    protected void onPostExecute(String response) {
        try {
            final JSONArray jsonObj = new
            JSONObject(response).getJSONArray("vozi
            la");
```

```
        vozila.clear();
        for (int i = 0; i < jsonObj.length();
        i++) {
            Vozilo vozilo = new Vozilo();
            vozilo.setBrojVozila(jsonObj.ge
            tJSONObject(i).getInt("broj"));
            vozilo.setLinija(jsonObj.getJSO
            NObject(i).getString("linija"));
            ;
            vozila.add(vozilo);
        }
        osvjeziListu();
    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
}

class DodajVozilo extends AsyncTask<String, Void, String>
{
    @Override
    protected String doInBackground(String... params) {
        String broj = params[0];
        String linija = params[1];
        HttpClient httpClient = new DefaultHttpClient();
        HttpPost httpPost = new
        HttpPost("http://178.77.23.9/vozila.php");
        try {
            List<NameValuePair> nameValuePairs =
            new ArrayList<NameValuePair>(1);
            nameValuePairs.add(new
            BasicNameValuePair("broj", broj));
            nameValuePairs.add(new
            BasicNameValuePair("linija", linija));
            httpPost.setEntity(new
            UrlEncodedFormEntity(nameValuePairs));

            HttpResponse response =
            httpClient.execute(httpPost);
            Log.d("response",
            EntityUtils.toString(response.getEntity
            (), HTTP.UTF_8));
        } catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }
        return null;
    }

    @Override
    protected void onPostExecute(String response) {
        try {
            new UcitajVozila().execute();
        } catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
}

class ObrisiVozilo extends AsyncTask<Vozilo, Void,
String> {
    @Override
    protected String doInBackground(Vozilo... params) {
        Vozilo vozilo = params[0];
        HttpClient httpClient = new DefaultHttpClient();
        HttpDelete httpDelete = new
        HttpDelete("http://178.77.23.9/vozila.php?=" +
        String.valueOf(vozilo.getBrojVozila()));
        try {
            HttpResponse response =
            httpClient.execute(httpDelete);
        } catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }
        return null;
    }

    @Override
    protected void onPostExecute(String response) {
        try {
            new UcitajVozila().execute();
```

```

    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
}

class IzmijeniVozilo extends AsyncTask<Vozilo, Void,
String> {

@Override
protected String doInBackground(Vozilo... params) {
    Vozilo vozilo = params[0];
    HttpPut httpPut = new
    HttpPut("http://178.77.23.9/vozila.php");
    try {
        HttpClient httpClient = new
        DefaultHttpClient();
        List<NameValuePair> nameValuePairs =
        new ArrayList<NameValuePair>(1);
        nameValuePairs.add(new
        BasicNameValuePair("broj",
        String.valueOf(vozilo.getBrojVozila())))
        );
        nameValuePairs.add(new
        BasicNameValuePair("linija",
        vozilo.getLinija()));
        httpPut.setEntity(new
        UrlEncodedFormEntity(nameValuePairs));

        HttpResponse response =
        httpClient.execute(httpPut);
        return
        EntityUtils.toString(response.getEntity
        (), HTTP.UTF_8);
    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
    return null;
}

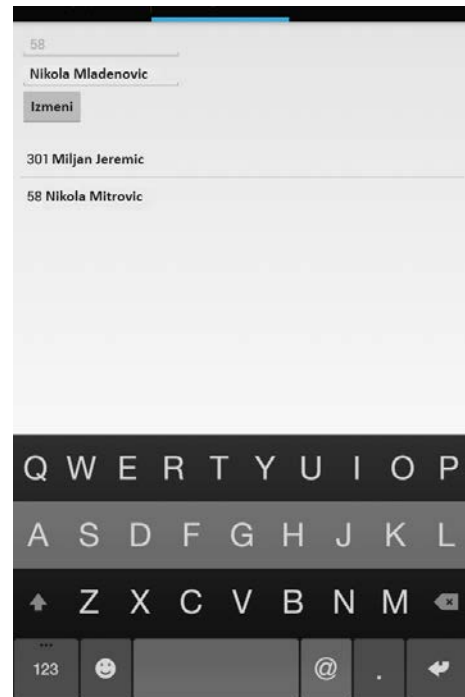
@Override
protected void onPostExecute(String response) {
    try {
        new UcitajVozila().execute();
    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
}
}

```

IV. ZAKLJUČAK

Razvoj mobilnih aplikacija za Android operativne sisteme predstavlja najbrže rastući segment tržišta softver inženjeringa. Zbog toga je od ključne važnosti ovladati svakim aspektom razvoja ovakvih aplikacija, pri čemu zasigurno centralno mesto zauzima razvoj baza podataka za takve aplikacije. Ovaj rad opisuje standardne i najkorišćenije metode razvoja baza podataka, kako lokalnih, tako i eksternih, a zatim i njihovog povezivanja sa mobilnim aplikacijama. Ovim se tema razvoja baza podataka za Android mobilne aplikacije zaokružuje, te sa jedne strane predstavlja teorijske osnove baza podataka u okviru razvoja mobilnih aplikacija, a sa druge strane

predstavlja svojevrsan vodič za sve one koji se amaterski ili profesionalno bave razvojem softvera.



Slika 2. Izgled aplikacije.

ZAHVALNICA

Na kraju ovoga rada autori se zahvaljuju Knjaževačkoj gimnaziji na razumevanju i pružanju potrebne podrške da istrajemo do kraja. Jedan deo autora je zahvalan i profesorima Elektronskog fakulteta u Nišu koji su nas naučili da razmišljamo o problemima, i da ih rešavamo na jedan kreativni način, podarili nam dovoljno znanja o programiranju i primeni novih IT tehnologija.

LITERATURA

- [1] Nagesh, Caicedo, "Accessing External Databases from Mobile Applications", Syracuse University.
- [2] www.w3schools.com, "HTML and CSS and XML"
- [3] Andrew Moore, *Visual Studio 2010 All-in-One For Dummies*
- [4] John Sharp, *Microsoft Visual C# 2008 Step by Step*, Microsoft Press
- [5] "Mala škola programiranja C#", Microsoft Srbija
- [6] www.msdn.com

Digitalna obrada grayscale slike

Nikola Simić, Nikola Vučić, Marija Veljković, Zoran Perić

Sadržaj – U ovom radu su prikazani osnovni principi obrade digitalnih grayscale slika, pri čemu je posebna pažnja posvećena kompresiji, koja sa stanovišta telekomunikacija ima najveći značaj, kao i filtriranje. Predstavljen je dizajn modifikovanog BTC algoritma za mali broj reprezentacionih nivoa, a rezultati su upoređeni na primeru više standardnih test slika. Osnovna ideja je primena optimalnog komandora za $N=2$ i $N=4$ nivoa. Performanse sistema su proračunate korišćenjem vršnog odnosa signal-šum kvantizacije (*PSQNR*) i srednje bitske brzine.

I. UVOD

Slike predstavljaju veoma efikasno sredstvo komunikacije, kojim se mogu predstaviti raznovrsni sadržaji. Postoje različiti izvori slika, kao što su video kamera, x-ray uređaji, elektronski mikroskopi, radari, ultrazvučni uređaji itd. Slika i obrada slike se primenjuju u velikom broju različitih oblasti, a najzastupljeniji su u medicini, vojsci, saobraćaju, sistemima za bezbednost i nadzor kao i u većem broju eksperimentalnih nauka. Cilj svake obrade slike je da posmatrač, čovek ili mašina, dobiju korisne informacije iz slike na što jednostavniji način.

Posebna oblast se bavi prenosom i kodovanjem slika, kako bi ljudima bio dostupan raznovrsan sadržaj širom sveta. Priroda slike je kontinualna, dok sa druge strane poslednjih nekoliko decenija računari preuzimaju primat u obradi informacija. S obzirom da su računari diskretni uređaji, oni ne mogu da čuvaju u memoriji informacije koje imaju kontinualni karakter, pa je neophodno izvršiti konverziju iz analognog u digitalni oblik koji je jedini pogodan za računarsku obradu i skladištenje.

Bez obzira na izvor slike i njenu dalju primenu, glavni cilj jeste dobiti pouzdano željene informacije. Najčešće, neobrađena slika nije odgovarajuća za direktnu primenu i mora se obraditi na određeni način. Takva obrada slike naziva se poboljšanje slike, dok se procesiranje slike od strane posmatrača, naziva analiza slike, kojom se dobijaju korisne informacije iz nje. Poboljšanje slike ostvaruje se elektronskim, optičkim i hemijskim sredstvima, dok analizu obavljaju ljudi ili se ona vrši elektronskim putem. Digitalna obrada slike spada pod elektronskom obradom, pri čemu se vrši konverzija slike u niz celobrojnih vrednosti, koje se nazivaju pikseli. Stoga, digitalna obrada slike predstavlja proces u kome se pomoću određenih tehnika radi na poboljšanju kvaliteta slike, redukovanju

njene veličine ili izvlačenju informacija iz slike [1].

Oblast digitalne obrade slike se jako brzo razvija zahvaljujući razvoju informacionih tehnologija. Zasniva se na matematici povezanoj sa informacijom, obradom signala, elektronskim sistemima i mikroprocesorskoj obradi. Kako bi se vršila digitalna obrada slike, a s obzirom na njenu kontinualnu prirodu, pre svega neophodno je izvršiti analogno digitalnu konverziju slike. Dakle, prvi korak u obradi slike jeste formatiranje. Formatiranje slike se vrši pomoću optičkog sistema, senzora i A/D konvertora. Optički signal se putem senzora transformiše u električni signal, a potom se električni (kontinualni signal) transformiše u digitalni pomoću A/D konvertora. Na taj način se od optičke slike dobija digitalna [2]. Rezultat A/D konverzije jeste niz piksela kojim se slika prikazuje na monitoru računara. Svaki piksel predstavlja boju odnosno odmerak određenog intenziteta. Meranjem intenziteta slike u velikom broju tačaka, kreira se digitalna aproksimacija slike iz koje se može rekonstruisati originalna slika. Sa stanovišta telekomunikacija od najvećeg interesa jeste prenos podataka, a među njima i slike, sa što manjom količinom informacija, odnosno sa što manjim brojem bita po pikselu, kako bi se pri prenosu zauzimao što manji deo propusnog opsega prenosnog medijuma i što manje memorije prilikom skladištenja podataka.

U ovom radu ćemo prikazati kompresiju grayscale slika pomoću modifikovanog BTC (Block Truncation Coding) algoritma [3] za mali broj kvantizacionih nivoa koristeći optimalni komandor sa 4 i 8 reprezentacionih nivoa kao i osnove filtriranja na primeru kontrasta.

II. KOMPRESIJA SLIKE

Kompresija je proces kodovanja originalne slike manjim brojem bita pri čemu se teži očuvanju informacija koje slika nosi. Sve metode kompresije slike zasnivaju se na smanjenju redundantnosti informacija koju sadrži digitalna slika [4], [5].

Psihovizuelna redundansa posledica je različite osetljivosti ljudskog oka na sve signale slike. Stoga, eliminisanje nekih manje bitnih informacija za našu vizuelnu percepciju predstavlja jedan od načina za smanjenje redundantnosti. Psihovizuelna redundansa može se eliminisati bez smanjenja kvaliteta slike koji doživljavamo. Mozak ne analizira svaki piksel u slici posebno već traži i kombinuje karakteristična obeležja – ivice i texture. Smanjenje psihovizuelne redundanse postiže se kvantizacijom, koja predstavlja preslikavanje kojim se veliki skup ulaznih vrednosti preslikava u manji skup izlaznih vrednosti [6], [7].

Nikola Simić, Marija Veljković, Nikola Vučić i Zoran Perić,
Katedra za telekomunikacije, Elektronski fakultet, Univerzitet u
Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail:
simicnikola90@gmail.com

Drugi tip redundantnosti je redundansa kodovanja. Redundansa kodovanja postoji kada vrednosti piksela nisu kodovane u skladu sa njihovim verovatnoćama pojavljivanja. Slike najčešće nemaju uniforman histogram već su neke vrednosti inteziteta piksela veće verovatnoće pojavljivanja na slici od drugih. Ovaj tip redundanse postoji gotovo uvek u slikama čiji su pikseli direktno binarno kodovani (n bita po pikselu). Nekompresovana slika je kodovana fiksnim brojem bita po pikselu. Međutim, korišćenjem nekih kodova promenljive dužine, kao što je Huffman-ov ili Golomb-Rice kod, može se kompresovati slika [8]. Još jedan vid redundantnosti slike je međupikselska (prostorna) redundantnost koja u slici postoji zbog znatne prostorne korelacije piksela, i može se opisati na različite načine [7]. Prilikom smanjivanja ove redundantnosti koristi se činjenica da se vrednost piksela može dobro predvideti na osnovu vrednosti susednih piksela, pa jedan piksel nosi malo informacija. Drugim rečima, vrednost piksela redundantna je u odnosu na okolinu. U ovom radu nećemo dalje razmatrati redundansu kodovanja niti međupikselsku korelaciju, već ćemo prikazati modifikaciju zasnovanu na projektovanju kvantizera.

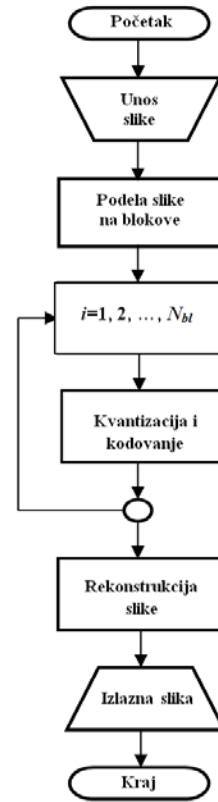
III. PROJEKTOVANJE KVANTIZERA I ALGORITAM ZA PROCESIRANJE

U ovom odeljku biće izložen modifikovani BTC algoritam za kompresiju slika (Sl. 1). Predložena modifikacija se odnosi na dizajn kvantizera, pri čemu se koristi optimalni komparator sa malim brojem reprezentacionih nivoa. Prikazanim algoritmom slike se procesiraju kroz nekoliko koraka. Prvo se vrši podela slike na blokove dimenzija $n \times n$. Ukupan broj blokova je označen sa N_b . Potom se svaki blok procesira nezavisno, tako što se prvo računa srednja vrednost svih piksela u bloku a nakon toga se računa razlika između svakog pojedinačnog piksela i srednje vrednosti čime se formira blok razlike piksela i srednje vrednosti. Ovako dobijeni blokovi razlike i srednjih vrednosti se kvantuju i prenose telekomunikacionim kanalom. Predložena modifikacija se odnosi na izbor i dizajn kvantizera. Nakon prijema kvantovanog signala, vrši se rekonstrukcija i dobija slika koja sadrži izvesnu dozu greške, koju merimo vršnim odnosom signal-šum kvantizacije ($PSQNR$).

Poznato je u literaturi da se informacioni izvor grayscale slika veoma uspešno modeluje Laplasovom raspodelom [1], [9]:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2}\sigma} \exp\left(-\frac{\sqrt{2}|x|}{\sigma}\right), \quad (1)$$

pri čemu σ predstavlja standardnu devijaciju signala.



Sl. 1. Algoritam za kompresiju slike.

Kako bismo postigli što viši nivo $PSQNR$ -a za mali broj nivoa kvantizacije, koristimo nelinearni optimalni komparator, čija kompresorska funkcija je [10]:

$$c(x) = -1 + 2 \frac{\int_{-t_{\max}}^x p^{1/3}(t) dt}{\int_{-t_{\max}}^{t_{\max}} p^{1/3}(t) dt}, \quad (2)$$

gde $t_{\max}$ predstavlja maksimalnu amplitudu signala, tj. $x \in [-t_{\max}, t_{\max}]$.

Pragovi odlučivanja optimalnog komparatora definisanog kompresorskom funkcijom iz jednačine (2), mogu se dobiti pomoću [10]:

$$t_i = \frac{3}{\sqrt{2}} \ln\left(\frac{2i + (N - 2i) \exp(-\sqrt{2}t_{\max}/3)}{N}\right), \quad (3)$$

u slučaju kada je $0 \leq i < N/2$, odnosno

$$t_i = \frac{3}{\sqrt{2}} \ln\left(\frac{N}{2N - 2i + (2i - N) \exp(-\sqrt{2}t_{\max}/3)}\right), \quad (4)$$

gde je $N/2 \leq i < N$.

Reprezentacioni nivoi ovako definisanog optimalnog komandora mogu se izračunati pomoću [10]:

$$w_i = \frac{3}{\sqrt{2}} \ln \left(\frac{2i-1 + (N-2i+1) \exp(-\sqrt{2}t_{\max}/3)}{N} \right), \quad (5)$$

u slučaju kada je $1 \leq i < N/2$. Ukoliko je $N/2 \leq i < N$, imamo [10]:

$$w_i = \frac{3}{\sqrt{2}} \ln \left(\frac{N}{2N-2i+1 + (2i-1-N) \exp(-\sqrt{2}t_{\max}/3)} \right). \quad (6)$$

U jednačinama (3)-(6) maksimalna vrednost amplitude signala ima različitu vrednost za svako N i određuje se kao [10]:

$$t_{\max} = \frac{3}{\sqrt{2}} \ln(N+1). \quad (7)$$

Kako je dizajn optimalnog komandora predviđen za jediničnu varijansu na ulazu, a u opštem slučaju priroda grayscale slika je takva da varijansa signala može imati širi skup vrednosti, konačan dizajn fiksnog kvantizera dobijamo denormalizacijom pomoću diskretne varijanse za projektovanje, pomoću koje opseg $(-t_{\max}, t_{\max})$ preslikavamo u željeni opseg $(-x_{\max}, x_{\max})$ [8]:

$$x_i = t_i \cdot \hat{\sigma}, \quad i = 0, 1, \dots, N, \quad (8)$$

$$y_i = w_i \cdot \hat{\sigma}, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (9)$$

gde je sa $\hat{\sigma}$ označena diskretna varijansa za projektovanje, dok je $x_{\max} = x_N$.

Ovako projektovani kvantizer primenjujemo na kvantovanje bloka razlike piksela i srednje vrednosti piksela u bloku. Nakon rekonstrukcije, procenu performansi vršimo pomoću vrednosti PSQNR-a definisane sa [11]:

$$PSQNR = 10 \log_{10} \left(\frac{x_{\max}^2}{MSE} \right), \quad (10)$$

gde je

$$MSE = \frac{1}{n \times n} \sum (x - x^*)^2, \quad (11)$$

srednja kvadratna greška između originalne i rekonstruisane slike. U prethodnoj jednačini je pomoću x označena originalna vrednost a sa x^* rekonstruisana

vrednost odgovarajućeg piksela, pri čemu se sumiranje vrši za sve piksele slike.

IV. EKSPERIMENTALNI REZULTATI PRIMENE PREDLOŽENOG ALGORITMA

U ovom odeljku biće prikazani eksperimentalni rezultati primene opisanog modifikovanog algoritma za kompresiju slike za mali broj nivoa kvantizacije ($N=2$ i $N=4$). Rezultati su dobijeni za četiri standardne test grayscale slike (Lena, Street, Couple i Parrot) rezolucije 512×512 piksela. Korišćena je podela na blokove dimenzije 4×4 piksela.

Dobijeni rezultati su prikazani za različite vrednosti diskretne varijanse za projektovanje i to u Tabeli I za 4 nivoa kvantizacije a u Tabeli II za 2 nivoa kvantizacije, što odgovara originalnom BTC algoritmu.

TABELA I

EKSPERIMENTALNI REZULTATI PSQNR, $N=4$

	PSQNR [dB]			
$\hat{\sigma}$	Lena	Street	Couple	Parrot
10	31.8977	32.9025	29.9405	30.3285
15	31.8576	32.9427	31.0510	30.9953
25	29.3822	30.1965	29.5755	29.8550

TABELA II

EKSPERIMENTALNI REZULTATI PSQNR, $N=2$

	PSQNR [dB]			
$\hat{\sigma}$	Lena	Street	Couple	Parrot
10	23.2409	24.0942	23.7977	23.0758
15	27.1678	28.2135	26.5085	26.6941
25	28.3411	29.0386	26.6286	27.6874

Posmatrajući rezultate prikazane u Tabeli I i Tabeli II može se primetiti da su najviše vrednosti PSQNR-a dobijene u slučaju kada je $\hat{\sigma} = 15$ što je u saglasnosti i sa razmatranjima predstavljenim u [8]. Osim toga, može se uočiti da sa povećanjem broja nivoa kvantizacije, tj. sa povećanjem bitske brzine za 1[bpp] dolazi do povećanja kvaliteta rekonstruisane slike. U slučaju kada je $\hat{\sigma} = 15$, vrednost PSQNR-a raste u proseku za 4.57 [dB] sa povećanjem bitske brzine za 1[bpp], što predstavlja značajno poboljšanje. Treba napomenuti da je bitska brzina fiksna, s obzirom na to da su projektovani kvantizeri fiksni, i da je u slučaju $N=2$ jednaka 1.375 [bpp] a da je u slučaju $N=4$ srednja bitska brzina 2.375 [bpp] [6]. Originalne i rekonstruisane slike prikazane su na Sl. 2 i Sl. 3, respektivno.

V. FILTRIRANJE

U ovom odeljku ćemo prikazati principe filtriranja slike na primeru kontrasta.



Sl. 2. Originalne test grayscale slike - Lena, Street, Couple i Parrot.



Sl. 3. Rekonstruisane test grayscale slike sa Sl. 2 ($N=4$).

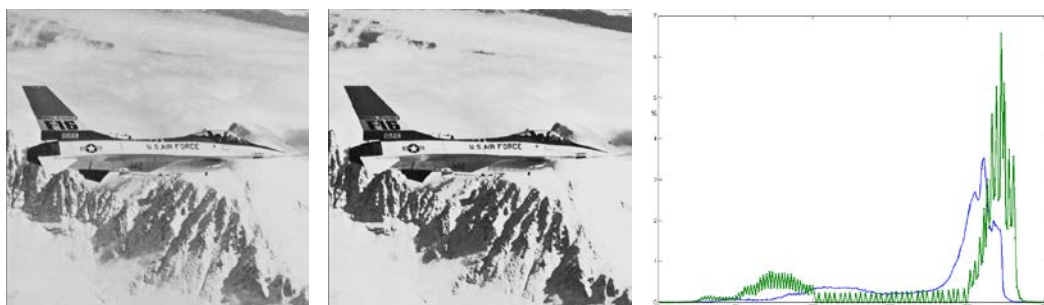
Filtar za pojačanje kontrasta, opisan jednačinom (12) početnu vrednost piksela u pretvara u vrednost v , čime se smanjuje broj "sivih" piksela a povećava broj svetlih (bliže vrednosti 255 - bela boja) i tamnih (bliže vrednosti 0 - crna boja). Na taj način se i postiže veći kontrast, pošto veliki broj sivih, tj. srednje osvetljenih piksela „zamućuje“ sliku, odnosno stvara mali kontrast.

$$v = \begin{cases} \alpha u, & 0 \leq u \leq a \\ \beta(u - a) + v_a, & a \leq u \leq b \\ \gamma(u - b) + v_b, & b \leq u \leq L - 1 \end{cases}, \quad (12)$$

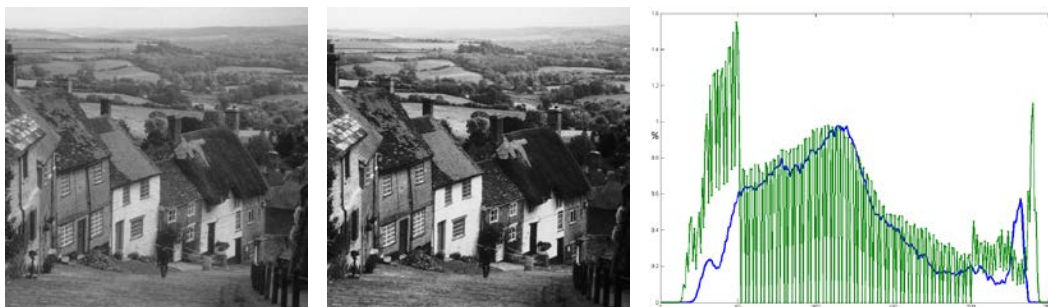
Cilj ovog filtra je napraviti što veću razliku između osvetljenosti susjednih piksela, poštujući estetski izgled slike. Zbog toga je filtar trodelni s linearnim funkcijama i parametrima $\alpha > 1$, $\beta < 1$, $\gamma > 1$. koji se određuju po jednačini (13). Prvi i treći deo obrađuju svetle odnosno tamne piksele, neznatno ih posvetljujući odnosno potamnjujući, dok središnji deo obrađuje veći broj sivih piksela linearno povećavajući njihov kontrast.

$$\alpha = \frac{v_a}{a}, \beta = \frac{v_b - v_a}{b - a}, \gamma = \frac{L - 1 - v_b}{L - 1 - b}, \quad (13)$$

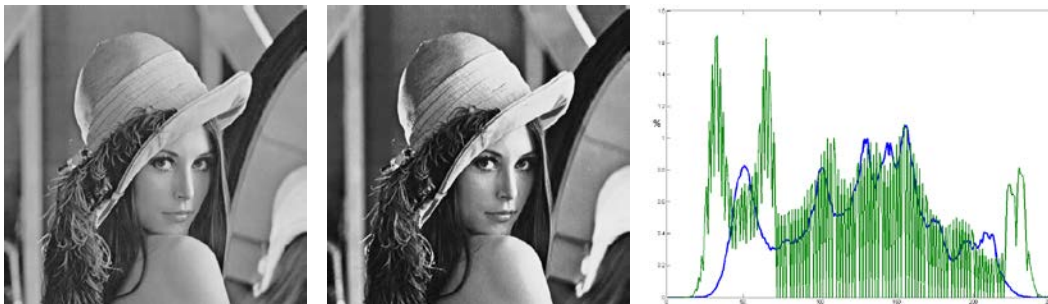
Na ovaj način je svaki filtar određen pomoću četiri parametra a , b , v_a i v_b čije se vrednosti utvrđuju eksperimentalno u zavisnosti od spektra slike. Na Sl. 4-6. date su tri slike pre i posle filtriranja, dobijene pomoću filtara datih parametara, kao i njihovi histogrami pre i posle filtriranja. Dati parametri filtara su dobijeni za svaku sliku posebno, eksperimentalnom metodom i to tako što se menjanjem ovih parametara prati vizuelna promena slike, te se biraju parametri s najboljim rezultatima. Treba imati na umu subjektivnost ovako izabranih vrednosti, što opet ostavlja veliki prostor za unapređenje ovakvog filtra i pronalaženje načina za izbor optimalnih parametara filtra za svaku sliku posebno uzimajući u obzir zahtevanu primenu. Na histogramima na Sl. 4-6. zelenom bojom su označene učestanosti vrednosti piksela posle filtriranja, a plavom učestanosti pre filtriranja.



Sl. 4. Originalna test grayscale slika Jet, slika sa pojačanim kontrastom i odgovarajući histogram ($a=150$, $b=180$, $v_a=100$, $v_b=200$).



Sl. 5. Originalna test grayscale slika Street, slika sa pojačanim kontrastom i odgovarajući histogram ($a=80$, $b=170$, $v_a=50$, $v_b=200$).



Sl. 6. Originalna test grayscale slika Lena, slika sa pojačanim kontrastom i odgovarajući histogram ($a=110$, $b=190$, $v_a=70$, $v_b=220$).

VI. ZAKLJUČAK

U ovom radu su prikazane osnovne osobine digitalnih grayscale slika kao i mogućnosti njene primene. Posebno se razmatra značaj kompresije slike sa stanovišta telekomunikacija. Predloženo je rešenje modifikovanog BTC algoritma pri čemu je akcenat stavljen na projektovanje kvantizera. Projektovanje je urađeno korišćenjem optimalnog komandora za mali broj nivoa pri čemu je denormalizacija izvršena diskretnom varijanosom za projektovanje. Dobijeni rezultati pokazuju da se predloženom modifikacijom ostvaruje visok nivo kvaliteta rekonstruisane slike. Dalje, prikazan je značaj filtriranja slike na primeru razvlačenja kontrasta. Razmatran je uticaj različitih parametara filtra na vizuelni izgled, a osim toga je prikazan i histogram signala pre i posle primena filtra. Izbor parametara je izvršen heuristički. Dalja istraživanja biće bazirana na razvoju koncepta filtriranja i mogućoj primeni u algoritmima za kompresiju, kako grayscale tako i slika u boji.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije kroz projekat TR32035.

LITERATURA

[1] Jayant, N. S., & Noll, P. (1984). *Digital coding of waveforms*. New Jersey: Prentice-Hall.

[2] I. Pitas (2000). *Digital Image Processing Algorithms and Applications*, New York, Wiley.

[3] Delp, E. J., & O. R. Mithcell. (1979). Image Compression using Block Truncation Coding. *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 27, No. 9, pp. 1335-1342.

[4] Salomon, D. (2007). *Data Compression – The Complete Reference*. 4th ed. Springer.

[5] Sayood, K. (2006). *Introduction to data Compression*. 3rd ed. Elsevier Inc.

[6] Savic, M., Peric, Z., & Dincic, M. (2012). Coding algorithm for grayscale images based on piecewise uniform quantizers. *Informatica*, Vol. 23, No. 1, pp. 125-140.

[7] Savic, M., Peric, Z. & Simic, N. (2015). Coding algorithm for grayscale images based on Linear Prediction and dual-mode quantization. *Expert Systems with Applications*, Vol. 42, pp. 7285–7291, Elsevier Inc.

[8] N. Simic, Z. Peric, M. Savic, "Design of piecewise uniform quantizer with Golomb-Rice coding for application in BTC algorithm and a novel analytical model for performance analysis", *Digital Signal Processing*, unpublished.

[9] Perić, Z., Simić, N., & Savić, M. (2015). Analysis and Design of Two Stage Mismatch Quantizer for Laplacian Source. *Elektronika ir Elektrotehnika*, Vol. 21, No. 3, pp. 49-53.

[10] Perić, Z., Petković, M., & Dinčić, M. (2009). Simple Compression Algorithm for Memoryless Laplacian Source Based on the Optimal Companding Technique. *Informatica*, Vol. 20, No. 1, pp. 99-114.

[11] Simic, N., Peric, Z., & Savic, M. (2014). Improved Algorithm for Grayscale Image Compression Based on Multimode Coding Algorithm. *Revue Roumaine des Sciences Techniques-Serie Electrotechnique et Energetique*, Vol. 59, Issue: 3, pp. 315-323.

Realizacija sistema za merenje verovatnoće greške

Nikola Popović, Miljan Milić

Sadržaj – U ovom radu prikazano je projektovanje i realizacija sistema za merenje verovatnoće greške. Takođe je prikazana realizacija i projektovanje raznih komponenti, sekvencijalnih kola, sedmo-segmentnih displeja, mikrokontrolera koji čine pojedine delove sistema.

I. UVOD

Digitalne komunikacije, kao i ostali vidovi komunikacija, podložne su smetnjama koje se ogledaju u pojavi grešaka u prenosu korisnih informacija. Naš cilj u ovo projektu je da izmerimo koliko često se javljaju greške, odnosno koja je verovatnoća da će doći do greške prilikom prenosa. Verovatnoća je mera u obliku realnog nenegativnog broja, kojim se procenjuje mogućnost, odnosno nemogućnost nastupanja ishoda.

BERT (bit error rate test) je metod testiranja kola za prenos digitalnih signala koji koristi predodređene uzorke sastavljene od niza logičkih nula i jedinica, generisanih pomoću generatora uzoraka.

BERT se tipično sastoji od generatora i prijemnika koji mogu da budu podešeni na isti obrazac. Mogu da se upotrebljavaju u parovima, gde je svaki na različitom kraju prenosne veze ili samostalno na jednom kraju sa povratom petljom na daljem kraju kanala. BERTsu tipično samostalni, specijalizovani instrumenti, ali mogu biti i na bazi PC računara. Ako se pojavi određeni broj grešaka tokom prenosa, prebrojavaju se i prikazuju kao odnos ukupnog broja poslanih bitova i bitova kod kojih je došlo do greške, npr. Poslali smo 1 000 000 bitova i došlo je do greške na jednom bitu, odatle dobijamo da je verovatnoća greške 1:1000 000 odnosno 1e-6

Uobičajeni tipovi BERT stress uzorka:

PRBS (pseudoslučajni binarni niz) – generator slučajnog niza dužine N bita. Ovaj niz se koristi za merenje jitter-a (treperenja) i veličine 'otvora oka' poslanih podataka u električnim i optičkim data linkovima.

QRSS (kvazislučajni izvor signala) - generator pseudoslučajnog niza koji generiše sve kombinacije dvadesetobitnih reči sa ponavljanjem na svakih 1,048,575 reči i koji potiskuje uzastopne nule tako da ih ne bude više od 14. Sastoji se od nizova velike gustine, nizova male

gustine i nizova koji se menjaju iz niske u visoku gustinu i obrnuto.

Sve jedinice (mark) – izazivaju maksimalnu potrošnju energije uređaja. Ako se uređaju dovodi odgovarajuće napajanje onda taj uređaj neće imati poteškoća prilikom prenosa nizova koji se sastoje od velikog broja uzastopnih jedinica. Ovaj niz treba da se koristi kada se meri opseg potrošnje uređaja. Ovi nizovi (uzorci) se koriste da ukažu na AIS (Alarm Indication Signal) poznat i kao plavi alarm.

Sve nule – niz se sastoji isključivo od nula. Efikasan je kod određivanja opreme pogrešno odabrane za AMI tip prenosa podataka, kao što su optički/radio multipleks malih brzina.

Naizmenične nule i jedinice – niz sastavljen od naizmeničnih nula i jedinica.

II. PRINCIP RADA I ZAHTEVANE KARAKTERISTIKE

Verovatnoća greške se može meriti na sledeći način: do kola se odvojeno dovode originalni signal, signal takta i signal koji je prošao kroz odgovarajući sistem detekcije. Bitovi se međusobno porede u trenucima tranzicije takta i u slučaju da su različiti, kolo generiše pozitivan impuls na izlazu. Brojanjem ovih impulsa greške se dobija ukupan broj grešaka, a brojanjem primljenih bitova se dobija ukupan broj prenesenih bitova. Kada se ova dva broja podele, dobija se vrednost verovatnoće greške. Potrebno je omogućiti da originalni signal može biti zakašnjen za zadati broj bitova 0-3 koji se podešava pre početka merenja.

Projektovanje i realizacija prototipa sistema izvedenaje u više faza

- Prikupljanje literature
- Izrada koncepta sistema
- Simulacije u SPICE-u i podešavanje parametara
- Izrada prototipa
- Testiranje prototipa
- Merenje karakteristika

III. IDEJNO REŠENJE

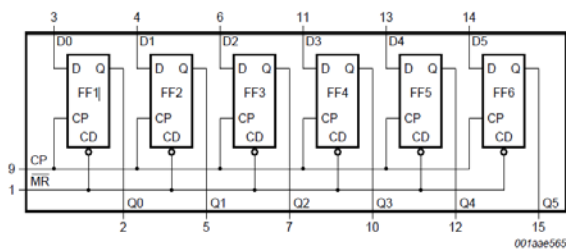
Prvi problem u analizi projekta je bio kako zakasniti signal za određeni broj bitova. Taj problem se može rešiti uz pomoć D flip-flopa, odnosno uz pomoć više povezanih D flip-floпова. Sada kada smo uspeali zakasniti signal za određeni broj bitova, taj zakašnjeni signal moramo uporediti

Miljan Milić i Nikola Popović su studenti četvrte godine osnovnih akademskih studija na Elektronskom fakultetu Univerziteta u Nišu, A. Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: miljan993@hotmail.com, nikolap85@gmail.com.

sa originalnim signalom. Razmišljajući, došli smo na ideju da nam taj problem može rešiti XOR kolo, koje na izlazu daje "0" ako su ulazni bitovi identični, a ako su ulazni bitovi različiti daje "1". Naredni korak je uvesti brojače čija bi uloga bila brojanje ukupno prenesenih bitova i brojanje grešaka (ulazni bitovi u XOR kolo različiti). Brojač koji broji ukupno prenesenih bitova bi trebao brojati oko milion bitova, odnosno oko 2^{20} bitova, a brojač koji je namenjen za brojanje grešaka oko 2^7 bitova. Za realizaciju projekta nam je potreban i Arduino mikrokontroler za koji će biti priključeni izlazi iz prethodno navedenih brojača i koji će biti isprogramiran da meri odnos grešaka i ukupno prenesenih bitova (traženu verovatnoću greške). Ovaj odnos je potrebno negde prikazati, tako da će nam biti potrebni i LCD displeji (Liquid Cristal Display), koji će takođe biti vezani za Arduino mikrokontroler. Zbog toga što je verovatnoća greške uvek manja ili jednaka jedinici, i njen iznos može da bude i broj sa više decimala, naša ideja je da koristimo displej sa dve cifre koji će da prikazuje vrednost verovatnoće greške i displej sa jednom cifrom koji će prikazivati negativni eksponent.

IV. KARAKTERISTIKE IZABRANIH KOMPONENTI

Za izradu našeg prototipa koristili smo integrisano kolo HEF40174B, čije karakteristike i niska cena zadovoljile zahteve projekta. Pomenuta komponenta se sastoji od šest D flip flopa (što nam je veoma bitno jer pomoću njih možemo zakasnuti originalni signal), ima pin za clock i pin za asinhroni master reset. Napajanje se priključuje na pin Vdd i radi u opsegu od 3V do 15 V, a pin Vss mora biti uzemljen. Najvažnije karakteristike integrisanog kola su: potpuno statičan rad, radi na temperaturi od -40°C do $+85^{\circ}\text{C}$. Funkcionalni dijagram prikazan je na slici 1.



Slika 1. Funkcionalni dijagram integrisanog kola HEF40174B.

Takođe nam je potrebno i integrisano kolo CD4070B. U sebi sadrži četiri XOR kola, koji nam je služe za poređenje bitova originalnog signala i zakašnjenog signala. Ako su isti šalje se "0" a ako su različiti "1", što možemo videti na slici 2.

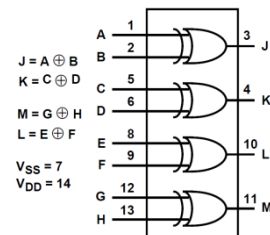
Uslovi za rad integrisanog kola CD4070B : radi na temperaturi od -55°C do 125°C , zahteva napon napajanja od 3V do 18V. Pošto integrisano kolo sadrži četiri XOR kola, mi

koristimo samo jedno XOR kolo a na ostala tri kola moramo prespojiti ulaze a izlaze dovesti na masu. Funkcionalni dijagram ovog integrisanog kola je prikazan na slici 3.

A	B	J
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

NOTE:
1 = High Level
0 = Low Level
 $J = A \oplus B$

Slika 2. Izlaz integrisanog kola CD4070B, tj XOR kola.



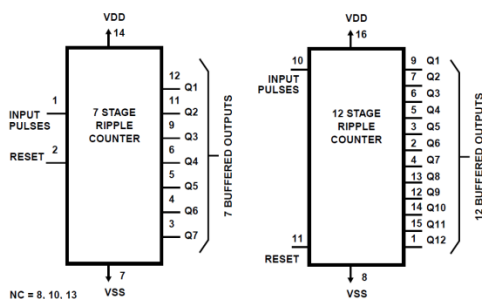
Slika 3. Funkcionalni dijagram integrisanog kola CD4070B.

Na ulaz kola postavili smo stabilizator napona kako bi kolo moglo da se napaja uz pomoć jeftinog ispravljača koji daje napon od 9V do 16 V.

Za realizaciju ovog projekta su nam potrebna i dva integrisana kola CD4024BMS i integrisano kolo CD4040BMS. Prethodno navedena integrisana kola imaju funkciju brojača. CD4024BMS kolo ima sedam pinova za izlaz i u našem slučaju će nam služiti za brojanje pogrešno prenesenih bitova. Može da broji do $2^7=128$ grešaka. Za brojanje ukupno poslatih bitova ćemo koristiti spoj CD4024BMS i CD4040BMS integrisana kola. Prvo integrisano kolo kao što smo rekli ima sedam pinova za izlaz a drugo dvanaest, i njihovim povezivanjem, tako što bit najveće težine prvog integrisanog kola povežemo sa bitom najmanje težine drugog integrisanog kola, dobijamo devetnaest pinova za izlaz. Ovo nam omogućava da možemo poslati do $2^{19}=524288$ bitova.

Jedna od najbitnijih komponenti u ovom projektu jeste Arduino Mega 2560 mikrokontroler. Na ploči je dostupno 54 digitalna ulazno/izlazna pina (od kojih 14 može da se koristi kao PWM (Pulse Width Modulation) izlazi), 16 analognih ulaza, 4 UART-a (hardverski portovi), 16 MHz kristal oscilator, USB konektor za komunikaciju s računarom, DC konektor za eksterno napajanje, ICSP (In-Circuit Serial Programming) header i reset taster. Ploča poseduje sve da omogućiti rad mikrokontrolera; potrebno je samo povezati ploču preko USB-a sa računarom ili dovesti eksterno napajanje i ploča je spremna za rad. Za eksterno napajanje

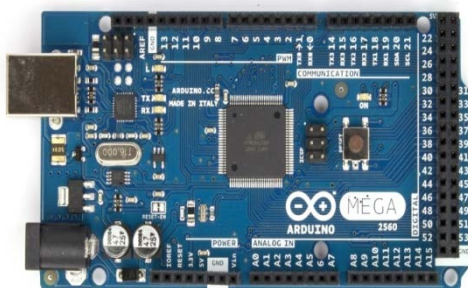
može da se koristi AC/DC adapter koji se ukopča u 2,1 mm DC konektor na ploči.



Slika 4. Funkcionalni dijagram CD4024BMS i CD4040BMS integriranih kola.

Tehnička specifikacija arduino mikrokontrolera

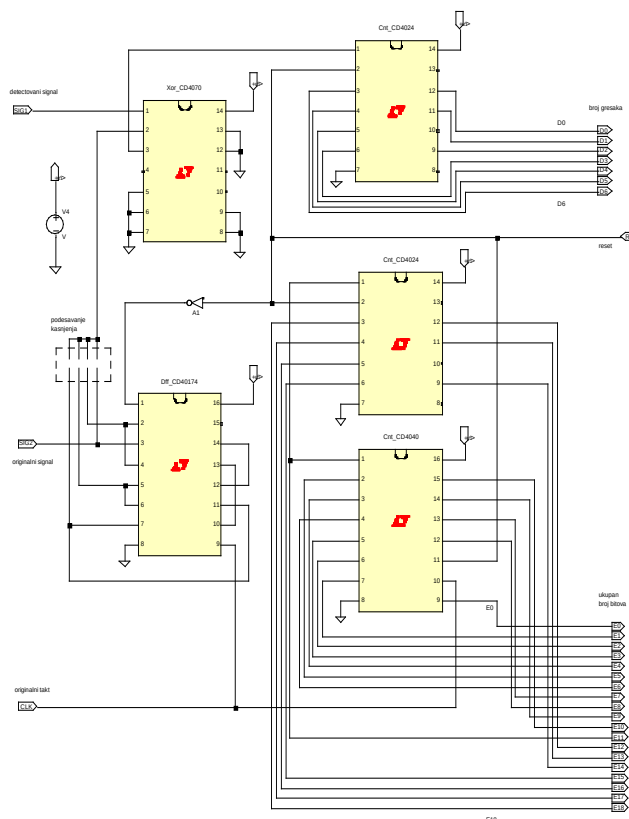
- Mikrokontroler: ATmega2560
- Radni napon: 5V
- Napon napajanja (preporučeno): 7-12V
- Digitalni I/O pinovi: 54 (od kojih 14 obezbeđuje PWM izlaz)
- Analogni ulazni pinovi: 16
- DC (jednosmerna) struja po I/O pinu: 40mA
- Flash memorija: 256KB od kojih je 8 KB iskorišćeno za bootloader
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- Radni takt: 16MHz



Slika 5. Arduino Mega 2560 mikrokontroler.

Komponente koje su nam takođe potrebne su sedmosegmentni displeji. Za naš projekat smo odlučili da koristimo LCD displej SN42056K i BS-C366RI. Njihova uloga je da prikažu rezultat koji smo dobili merenjem, odnosno prikaz verovatnoće greške.

Da bi smo sinhronizovali reset signale svih integriranih kola, ispred integriranog kola HEF40174B je postavljen tranzistor sa zajedničkim emitorom (inverter).

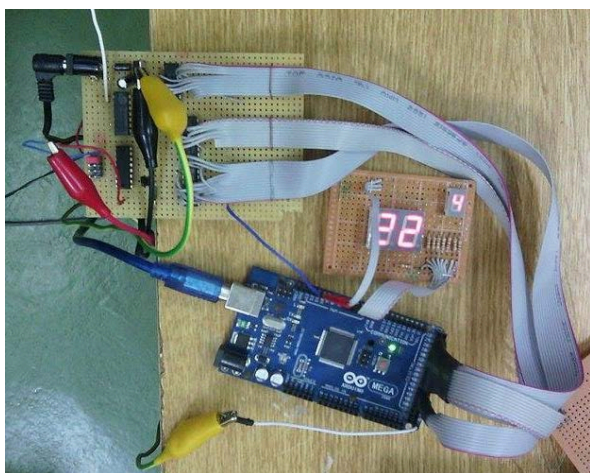


Slika 6. Konačna šema napravljena u programu LT SPICE.

V. PRAKTIČNA REALIZACIJA I TESTIRANJE PROTOTIPA

Započeli smo realizaciju ovog projekta prikupljanjem literature i upoznavanjem sa zahtevima. Nakon toga krenuli smo sa osmišljavanjem kola koje je trebalo projektovati po zadatom zahtevu. Kada smo završili i osmislili kolo, krenuli smo sa njegovom realizacijom u programskom paketu LT SPICE, a nakon toga i sa simulacijom. U toku rada imali smo nacrtanih veći broj šema, kao i merenja njihovih karakteristika tako da smo dobili i okviran izgled konačnog kola, koji je prikazan na slici 6.

Za realizaciju našeg projekta smo iskoristili dve raster-ploče veličine 10×15cm i veličine 7×9cm. Pored postojećih rupica sa rasterom 2.54 mm, bilo je potrebno i dodatno proširiti neke od njih jer su pinovi DC konektora to zahtevali. Izgled realizovanog kola, kompletno povezanog prilikom testiranja prikazan je na slici 7.



Slika 7. Izgled realizovanog prototipa na raster ploči.

Funkcionisanje prototipa je provereno vezivanjem sonde osciloskopa na ulazni pin D flip-flopa i clock signala, gde smo ulazni signal iz D flip-flopa mogli da zakasnimo za određeni broj bitova pomoću džampera (*jumper*) i signal generatora, gde se nakon uključivanja napajanja na ekranu pojavljuje signal određene povorke nule i jedinice.

Zajedničke izlazne pinove iz brojača CD4024BMS i CD4040BMS smo povezali na arduino mikrokontroler na pinove od 22 do 41 i iz brojača CD4024BMS na pinove od 42 do 49-og. Takođe smo izlaze iz LCD displeja povezali na pinove od 0-7 a ulaze na pinove od 8-10 (slika 6).

Arduino mikrokontroler smo pomoću USB kabla povezali na računar i isprogramirali njegov rad. Prikaz ključnog dela koda iz programa je dat u nastavku:

```
...

// beskonacna petlja
void loop() {
    byte a = PINA;
    byte b = PINC;
    byte d = PIND;
    byte g = PING;
    byte l = PINL;

    byte ND = ((l>>6)&1) | ((l>>6)&2) | ((l>>2)&4) |
              ((l<<3)&8) | ((l<<1)&16) | ((l<<3)&32) |
              ((l<<1)&64);

    byte NE0 = (a&1) | ((a>>2)&2) | (a&4) |
              ((a>>2)&8) | (a&16) | ((a>>2)&32) | (a&64) |
              ((b<<1)&128);
    byte NE1 = ((b>>4)&1) | ((b>>6)&2) | ((b>>3)&4) |
              ((b<<1)&8) | ((g<<3)&16) | ((g<<5)&32) |
              ((d>>1)&64) | ((b<<4)&128);
    byte NE2 = (b&1) | (b&2) | (g&4);

    long NE = NE0 | (NE1<<8) | (NE2<<16);

    showBER(BER);
}
```

```
if (ND>100 || NE>50000) {          //broj gresaka
ili ukupno bitova
    digitalWrite(reset, HIGH);      //
reset
    double BER = (double) ND / NE;
    for(int j=0; j<100; ++j) {
        showBER(BER);
        delay(1);                  //100
milisekundi
    }
    digitalWrite(reset, LOW);      // iskljuci
reset signal
}
}
```

VI. ZAKLJUČAK

Projektovani sistem za merenje verovatnoće greške je uspešno realizovan. Jedini nedostatak koji nam je promakao prilikom konstruisanja šeme i izrade projekta je nemogućnost zaustavljanja brojača u svakom trenutku, radi očitavanja prenetih bitova kao i verovatnoću greške, već smo morali da sačekamo da brojači izbroje do kraja i onda očitamo vrednost.

ZAHVALNICA

Ovaj rad napisan je kao deo studentskog projekta na ispitu Optičke komunikacije, na smeru Telekomunikacije, Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu. Ispit je na 6. semestru osnovnih akademskih studija. Hardverska i softverska realizacija projekta izvedena je pri laboratoriji za telekomunikacione sisteme, pod mentorstvom prof. dr Dejana Milića.

LITERATURA

- [1] Kataloški podaci integrisanog kola CMOS CD4024BMS i CD4040BMS: <http://www.intersil.com/content/dam/Intersil/documents/cd40/cd4020bms-24bms-40bms.pdf>
- [2] Kataloški podaci Arduino Mega 2560 mikrokontrolera: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- [3] Kataloški podaci 7 segmentnog displeja BS-C366RI: http://www.datasheetlib.com/datasheet/1398389/bs-c366ri_american-bright-optoelectronics.html
- [4] Kataloški podaci o 7 segment displeju SN42056K: http://www.hebangdianzi.com/cpzs_view.asp?bclid=6&scid=195&id=1077
- [5] Kataloški podaci o integrisanom kolu HEF40174B: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/HEF40174B.pdf
- [6] Kataloški podaci o integrisanom kolu CD4070B: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4070b.pdf>

Android mobilna aplikacija za glasanje autora radova na IEEESTEC konferenciji

Lazar Pešić, Miloš Kosanović, Slavimir Stošović

Sadržaj – U ovom radu je prikazana aplikacija za Android pametne uređaje koja umnogome olakšava i automatizuje sistem glasanja učesnicima IEEESTEC konferencije studentskih projekata, koja se održava na Elektronskom fakultetu u Nišu. Pored toga, aplikacija omogućava kratak pregled radova i njihovo preuzimanje u pdf formatu. U radu je detaljno opisana funkcionalnost klijentske Android mobilne aplikacije i komunikacija između aplikacije i servera. Dizajn same aplikacije rađen je po poslednjim Material dizajn standardima kompanije Google Inc.

I. UVOD

U savremenom svetu život bez Interneta je gotovo nezamisliv. Iako još uvek nije zastupljen u celom svetu, zbog svojih pogodnosti i servisa njegovo širenje je u stalnom porastu. Do pre par godina desktop uređaji su bili nezamenljivi u pogledu pristupa Internet sadržaju. Mobilni uređaji iako već dugo u fazi razvoja, bili su slabih performansi, malih ekrana, a mreže kojima su pristupali spore. Danas se sve to promenilo, sve se više ulaže u razvoj mobilnih uređaja, performanse su znatno poboljšane, ekrani su sve većih rezolucija i mreže kojima pristupaju su drastično brže. Zbog toga, broj korisnika pametnih (eng. *smart*) mobilnih uređaja – telefona i tableta u poslednjih par godina je u drastičnom porastu.

Kako je tempo života postao brži, sve više poslova se obavlja u pokretu putem mobilnih uređaja, koji su uvek na dohvat ruke. Svakim danom sve je veći broj korisnika pametnih uređaja koji ne samo da surfuju Internetom već i žele da obave neke poslove preko mobilnih uređaja koje su inače obavljali pomoću računara.

U ovom radu predstavljena je Android [1] mobilna aplikacija koja automatizuje sistem glasanja u najbolji rad učesnicima IEEESTEC konferencije. Aplikacija omogućava pregled sažetka rada, imena autora, kao i preuzimanje celog rada u pdf formatu. Pored navedenog, učesnici mogu videti i trenutno stanje glasova.

Lazar Pešić je student na smeru Savremene Računarske Tehnologije i član VTŠ Apps Tima Visoke Tehničke Škole Strukovnih Studija u Nišu, Aleksandra Medvedeva 20, e-mail: appsetam@vtsnis.edu.rs

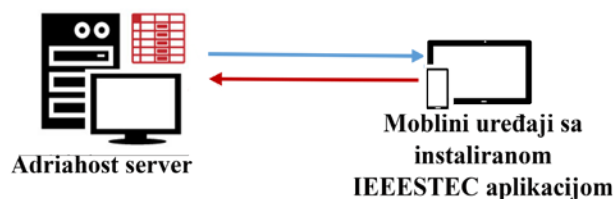
Miloš Kosanović je član VTŠ Apps Tima i asistent na Visokoj Tehničkoj Školi Strukovnih Studija u Nišu, Aleksandra Medvedeva 20, e-mail: milos.kosanovic@vtsnis.edu.rs

Slavimir Stošović je koordinator VTŠ Apps Tima Visoke Tehničke Škole Strukovnih Studija u Nišu, Aleksandra Medvedeva 20, e-mail: slavimir.stosovic@vtsnis.edu.rs

U drugom poglavlju rada opisan je model sistema koji obuhvata komunikaciju klijentske Android aplikacije i servera, način funkcionisanja sistema i tehnologije upotrebljene za njegovu izradu. U narednom poglavlju je detaljno opisana tehnologija u kojoj je izrađena mobilna aplikacija kao i mogućnosti biblioteke upotrebljene u postupku dizajna korisničkog interfejsa. U četvrtom poglavlju je predstavljena realizacija aplikacije i opisane celokupne funkcionalnosti mobilne aplikacije.

II. MODEL SISTEMA

Ceo sistem pregleda radova i glasanje za najbolji rad se sastoji iz klijentske Android mobilne aplikacije, PHP serverske aplikacije i MySQL baze podataka [2]. Međusobna komunikacija između aplikacije se odvija HTTP protokolom i slanjem POST zahteva od strane mobilne aplikacije (Slika 1.).



Slika 1. Šematski prikaz funkcionisanja sistema glasanja.

Konekcija je bezbedna jer se podaci koji se šalju kriptuju MD5 kriptcijom [3]. Sa servera se na uređaj šalju odgovori u JSON formatu. Primer odgovora u JSON formatu sa servera:

```
{"success":true}
```

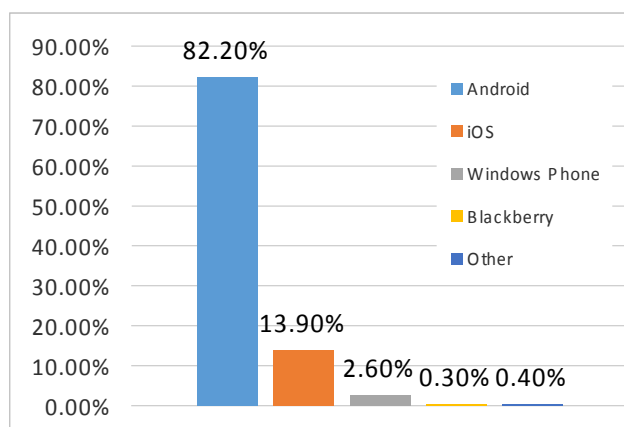
Pokretanjem aplikacije, od servera se zahteva spisak svih radova sa imenima autora. Korisnici aplikacije, bez prijavljivanja, mogu pregledati sve radove i preuzeti njihove potpune elektronske verzije. Informacije se dobijaju sa PHP servera koji komunicira sa MySQL bazom jedinstvenom za sve prethodno razvijene module, sistem kontrole radnog vremena i pristup laboratoriji, PHP aplikaciju Biblioteka VTŠ Apps Tima [4] i PHP aplikaciju VTŠ Explorer [5], a nalazi se na serveru kompanije Adriahost.

Ukoliko korisnici žele da glasaju ili pogledaju rezultate glasanja moraju se prijaviti skeniranjem QR koda ili ručnim unošenjem istog. Provera identiteta korisnika se vrši na serveru. Ako je identitet korisnika validan, može

glasati za jedan ili dva rada. Klikom na dugme za glasanje mobilna aplikacija prosleđuje PHP serverskoj aplikaciji podatke o korisniku koji glasa kao i o radovima za koje želi glasati. Ukoliko je korisnik glasao (već iskoristio kôd za glasanje), dobiće povratnu poruku da je glasao i glasovi se neće uvažiti. Ako korisnik prvi put glasa, glasovi će biti ubeleženi u bazi i dobiće povratnu poruku o uspešnosti glasanja. Nakon glasanja korisnik se automatski odjavljuje. QR kod kojim je glasao se ne „uništava“ i može se ponovo prijaviti ukoliko želi da vidi rezultate glasanja. Rezultati glasanja su vidljivi tek nakon što se vreme predviđeno za glasanje završi i organizator konferencije odobri vidljivost konačnih rezultata.

III. ANDROID MOBILNI OPERATIVNI SISTEM I BIBLIOTEKE PODRŠKE

Na tržištu trenutno postoji 4 vodeća operativna sistema za mobilne uređaje: Android, iOS, Windows Phone i Blackberry OS. Prema istraživanjima IDC [6] kompanije u drugom kvartalu 2015. godine najpopularniji mobilni operativni sistem je Android OS, instaliran na preko 80% uređaja, dok ostali mobilni operativni sistemi obuhvataju nešto manje od 20%, prikazano na Slici 2.



Slika 2. Popularnost mobilnih operativnih sistema.

Android je mobilni operativni sistem koji je zasnovan na modifikovanoj verziji Linux operativnog sistema. Originalno ga je razvila Android Inc. kompanija. U toku 2005. godine, kao deo strategije za pristupanje tržištu mobilnih uređaja, Google je kupio Android i preuzeo odgovornost za njegov dalji razvoj (kao i za razvojni tim).

Android je otvoren i slobodan operativni sistem namenjen pametnim uređajima, baziran na *Apache License* licenci pa ga svako može koristiti preuzimanjem njegovog izvornog koda. Sama činjenica da je otvoren i slobodan omogućava programerima širom sveta da ga nadograđuju, što nagoveštava njegov ubrzani razvoj.

Od predstavljanja Android-a pa do verzije 3.0 Honeycomb, iz Android tima nisu mnogo pažnje

posvećivali dizajnu. Prvi pokušaj je bio kreiranje dizajna baziranog na naučno-fantastičnom stilu (inspirisan filmom *Tron*) s ciljem da se korisniku ostavi utisak korišćenja vanzemaljske tehnologije, ali to nije dalo neke rezultate i odustalo se od toga. Verzijom Android 5.0 Lollipop Google objavljuje Material dizajn (eng. *Material design*). Material dizajn predstavlja pokušaj da se stvori novi dizajnerski jezik baziran na klasičnim dizajnerskim principima i tehnološkim inovacijama. Metafora „Material“ označava nedefinisanu teoriju racionalnog prostora i sistema pokreta. Površine i ivice materijala obezbeđuju vizualne oblike koji su utemeljeni u stvarnosti dok su osnove svetla, površine i pokretanja ključ prenošenja pomeranja objekata i interakcije. Realistična svetla prikazuju spajanja, podeljene površine i ukazuje na pokretne delove [7]. To može predstavljati izazov programerima jer postoje tačno definisane specifikacije za svaku komponentu za prikazivanje i potrebno mu je posvetiti dosta pažnje. Iako planiran za mobilne aplikacije, našao je primenu na Web-u, kod operativnih sistema i kod većine aplikacija. Uvidevši to, Google je objavio biblioteku koja umnogome olakšava dizajniranje sadržaja koji treba prikazati na ekranu.

Android Design Support [8] biblioteka omogućava lakše kreiranje i dizajniranje komponenta prema standardima Material dizajna. Biblioteka olakšava kreiranje i korišćenje sledećih komponenta:

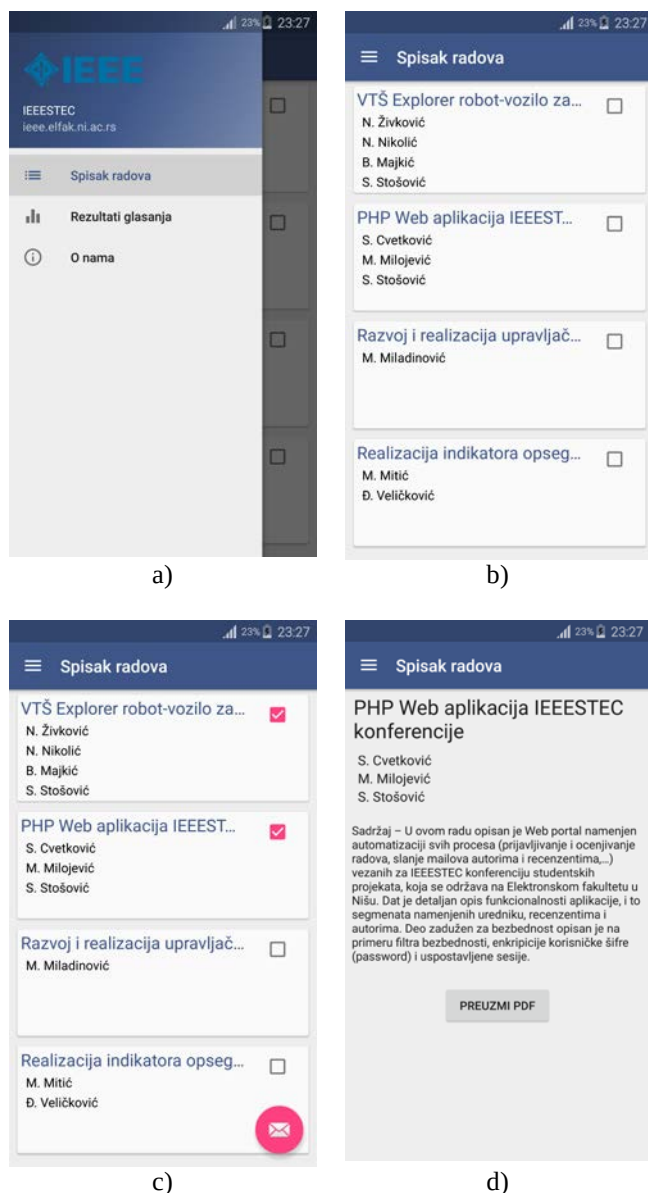
1. Navigacioni meni (eng. *Navigation Drawer*) - omogućava lako kretanje kroz aplikaciju čak i u slučaju kada korisnik prvi put koristi aplikaciju;
2. Plutajuća oznaka za editovanje teksta (eng. *Floating labels for editing text*) - oznaka za editovanje (unos) teksta koja prikazuje pomoćni tekst;
3. Plutajuće akciono dugme za primarnu akciju u interfejsu aplikacije (eng. *Floating Action Button*) - služi za primarnu aktivnost u korisničkom interfejsu. Može biti u dve veličine (normalne i mini verzije) zavisno od potrebe u aplikaciji;
4. Snek bar (eng. *snackbar*) za brzi povratni odgovor sa opcionom akcijom – predstavlja novi način davanja povratne poruke korisniku. Slični su *toast* porukama (eng. *toast*) ali omogućavaju umetanje dodatnih opcija akcije korisnika;
5. Tabove (eng. *Tabs*) – biblioteka podržava fiksne tabove gde je svaka širina ekrana jednako podeljena između tabova;

IV. REALIZACIJA I FUNKCIONALNOSTI MOBILNE APLIKACIJE

Aplikacija za pregled radova i glasanje za najbolji rad IEEEESTEC konferencije razvijena za Android pametne mobilne uređaje – telefone i tablete. Za izradu Android aplikacije korišćeno je Android Studio [9] razvojno okruženje. Aplikacija je razvijana korišćenjem Java i XML tehnologije i uz pomoć niza biblioteka korišćenih za dizajniranje i dodavanje određenih funkcija. Korišćene biblioteke su:

```
'com.android.support:appcompat-v7:23.0.1'
'com.android.support:design:23.1.0'
'com.android.support:cardview-v7:23.1.0'
'com.journeyapps:zxing-android-embedded:3.0.2@aar'
'com.google.zxing:core:3.2.0'
```

Zbog relativne veličine ekrana (mnoštvo različitih mobilnih uređaja sa različitim veličinama ekrana i rezolucija) kreiranje korisničkog interfejsa predstavlja veliki izazov. Interfejs aplikacije je prikazan na Slikama 3, 4 i 5.



Slika 3. Prikaz interfejsa aplikacije.

Da bi se prikazala podjednako dobro na svim veličinama ekrana, aplikacija je razvijena na bazi

navigacione fioke, Slika 3.a), za čije kreiranje je iskorišćena Android Design Support biblioteka verzije 23.1.0.

Pokretanjem aplikacije proverava se Internet konekcija i ukoliko je sve u redu, pojaviće se ekran prikazan na Slici 3.b). Na tom ekranu se nalazi lista svih projekata u vidu kartica, za čije kreiranje je iskorišćena biblioteka Android Support Cardview v7-23.1.0, sa naslovom, imenima autora i kvadratima za selekciju (eng. *checkbox*) koji imaju ulogu selektora za glasanje. Prilikom selektovanja dva rada pojavljuje se akciono dugme koje ima za ulogu da potvrdi glasanje korisnika, Slika 3.c). Ukoliko se označi više od ili manje od dva glasa akciono dugme će nestati i korisniku će se ispisati poruka da mora označiti tačno dva glasa. U svakom trenutku korisnik može kliknuti na željeni rad i videti pun naziv rada, autore i kratak sadržaj istog, Slika 3.d). Osim toga, klikom na dugme za preuzimanje pdf verzije korisnik može preuzeti ceo rad.

Klikom na akciono dugme, proverava se da li je korisnik prijavljen. Ako korisnik nije prijavljen pojaviće se prozor u kome bira da li će se prijaviti ili ne.



Slika 4. Prikaz interfejsa aplikacije (nastavak).

U slučaju da korisnik odbije da se prijavi neće moći da izvrši glasanje i vratiće se na stanje na kojem je bio pre pritiska na akciono dugme. Ukoliko prihvati da se prijavi dobiće prozor prikazan na Slici 4.a). Prikazivanjem forme prijavljivanja, korisnik ima mogućnost da klikom na sliku QR koda skenira svoj kod, omogućeno Zxing bibliotekom verzije 3.2, ili ručno unese njegovu vrednost. Nakon unosa, klikom na dugme prijava se najpre vrši validacija unutar Android mobilne aplikacije da li je unešen kod i ukoliko jeste, kod se prosleđuje PHP aplikaciji na serveru koja proverava njegovu ispravnost i vraća odgovor aplikaciji. Ukoliko je kod ispravan, aplikacija se vraća u stanje koje je bila pre zahtevanja prijave (pregled rezultata glasanja ili pregled radova i mogućnost glasanja). U slučaju da kod nije ispravan, korisniku će se ispisati poruka o neuspehu.

prijavljivanju. Nakon vraćanja u formu pregleda i glasanja za najbolji rad korisniku preostaje da potvrdi glasanje. Potvrdom (klikom) na akciono dugme otvara se dialog prozor koji zahteva korisnikovu saglasnost kako ne bi došlo do slučajnog glasanja. Potvrdom saglasnosti šalje se zahtev za obradu serveru. Server proverava da li je korisnik glasao i vraća povratnu poruku. Ako je korisnik glasao, glasovi neće biti uvaženi. Korisnik će svakako biti obavešten o uspešnosti glasanja. Nakon glasanja korisnik se automatski odjavljuje.



Slika 5. Prikaz interfejsa aplikacije (nastavak).

Poslednja stavka u navigacionom meniju omogućava korisniku pregled informacija o autoru aplikacije (VTŠ Apps Team), Slika 5. Na kraju teksta, klikom na link odlazi na sajt tima gde se mogu videti detaljne informacije i aktivnosti VTŠ Apps Tima.

VI. ZAKLJUČAK

Napredovanje mobilnih uređaja otvara nove mogućnosti. Sve se više teži automatizaciji poslova i kako je tempo života postao brži, sve je veća potreba da što više poslova obavimo preko mobilnih uređaja jer su uvek na dohvata ruke. Aplikacija IEEEESTEC konferencije razvijena je s ciljem da učesnicima konferencije olakša i ubrza

proces pregleda radova, glasanja i pregleda rezultata. S obzirom da do sada nije postojalo mobilno rešenje, od sada će svima biti omogućeno da na daleko lakši i udobniji način dobiju sveobuhvatne informacije sa konferencije, ma gde se nalazili.

ZAHVALNICA

Aplikaciju su realizovali članovi VTŠ Apps Tima u okviru Samsung Apps Laboratorije na Visokoj tehničkoj školi strukovnih studija u Nišu. Autori rada se zahvaljuju svim članovima tima koji su aktivno učestvovali na realizaciji projekta opisanog u ovom radu.

LITERATURA

- [1] Wei-Meng-Lee, *Beginning Android 4 Application Development*, Wrox, 2012.
- [2] Hugh E. Williams i David Lane, Web aplikacije i baze podataka PHP i MySQL, Mikro knjiga, Beograd 2009.
- [3] William A. Shay, Savremene komunikacione tehnologije i mreže, Kompjuter biblioteka, Beograd 2010.
- [4] M. Milojević, S. Stošović, „Implementacija mPDF i e-MAIL php biblioteka“, *Zbornik radova Visoke tehničke škole u Nišu*, novembar 2013., pp. 30-33.
- [5] N. Živković, N. Nikolić, B. Majkić, S. Stošović, „VTŠ Explorer robot-vozilo za akviziciju podataka“, *Zbornik radova 6. IEEEESTEC Konferencija*, Niš, Srbija, Novembar 2013. pp. 61-66.
- [6] IDC zvanični sajt, <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>
- [7] Material dizajn zvanični sajt, <https://www.google.com/design/spec/material-design/introduction.html>
- [8] Android Developers Blog, <http://android-developers.blogspot.rs/2015/05/android-design-support-library.html>
- [9] Android Studio, <http://developer.android.com/tools/studio/index.html>, oktobar 2015.
- [10] L. Pešić, „Primena Android Design Support Biblioteke u postupku dizajniranja web stranica“, završni rad, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Nišu, 2015.

Projektovanje merača temperature i merača osvetljenosti pomoću DAQ kartice i softverskog paketa LabVIEW

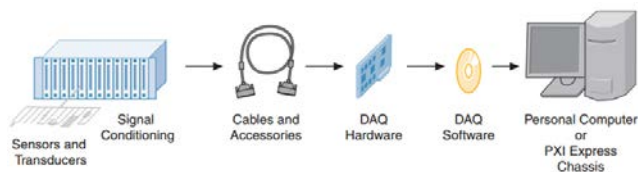
Đorđe Veličković, Miloš Mitić

Sadržaj – Realizovani su merači temperature i osvetljenosti uz pomoć senzora LM35 i APDS9005. Senzori su integrisani sa DAQ karticom koja se kontroliše pomoću računara i softverskog paketa LabVIEW. Rad uz pomenuto daje osvrt i na akviziciju podataka kao i principe grafičkog programiranja.

I. AKVIZICIJA PODATAKA

Akvizicija odnosno prikupljanje podataka, ili skraćeno DAQ (*Data Acquisition*), je jednostavno proces merenja signala iz realnog sveta, kao što je napon, i prenos te informacije u kompjuter radi obrade, analize, smeštanje ili druge manipulacije podacima. (Slika 1 pokazuje komponente DAQ sistema.)

Ljudi su oduvek imali potrebu da mere razne fizičke veličine oko sebe. Temperatura, vlažnost, brzina, pH vrednost, pritisak, koncentracija nekog gasa i slično. Za sva merenja koriste se senzori (ponekad nazvani merni pretvarači). Senzori mere fizičku veličinu i konvertuju informaciju o toj merenoj veličini u neki signal čitljiv od strane korisnika. Na primer, termoparovi konvertuju temperaturu u napon koji A/D (analogno-digitalni) konvertor meri. Drugi primeri senzora uključuju merne trake, merače protoka i pretvarače pritiska, koji mere pomeranja u materijalu usled naprezanja, brzinu protoka i pritisak, respektivno. U svakom slučaju, električni signal generisan senzorom je u direktnoj vezi sa veličinom koju meri.



Slika 1. Osnovni delovi DAQ sistema.

II. INTEGRACIJA NI USB-6361 SA RAČUNAROM

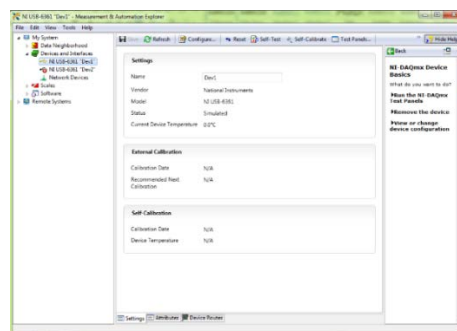
NI USB-6361 predstavlja jedan od DAQ uređaja iz serije NI X razvijenih od strane kompanije *National Instruments*.

Đorđe Veličković i Miloš Mitić su studenti master studija na studijskom programu Elektronika i mikrosistemi, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: velicko992.2@hotmail.com, mmitic@elfak.rs

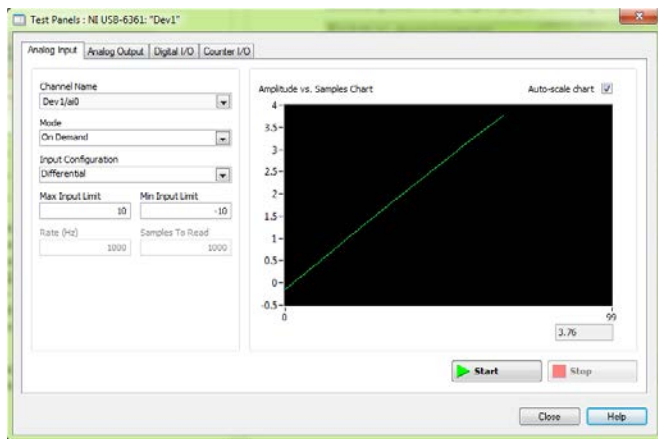
Na samom početku dokumentacije za ovaj uređaj može se naći spisak softvera koji je kompatibilan sa NI USB 6361. Proizvođač preporučuje upotrebu sledećih softvera:

- ANSI C/C++
- LabVIEW
- LabVIEW Real-Time Module
- LabWindows/CVI
- Measurement Studio
- SignalExpress
- Visual Studio .NET

Sagledavajući listu može se zaključiti da kompanija *National Instruments* nije ograničila upotrebu svojih DAQ uređaja samo na svoje softverske pakete već je ponudila podršku i za softverske pakete razvijene od strane drugih kompanija. U ovom radu kao softver za obradu sakupljenog signala korišćen je LabVIEW, o kome će više reči biti kasnije. Da bi se NI USB-6361 uopšte povezao na računar potrebno je instalirati odgovarajući drajver. *National Instruments* je i ovde maksimalno olakšao posao korisnicima jer za sve svoje DAQ uređaje razvio univerzalnu platformu koja u sebi sadrži odgovarajuće drajvere. Njen naziv je NI-DAQmx. Korisno je znati da je pomenuti drajver besplatan i dostupan nabavkom sa zvaničnog sajta *National Instrument*-a. Nakon instalacije NI-DAQmx-a moguće je pristupiti NI MAX-u (*Measurements and Automation Explorer*) (Slika 2). Ovim programom omogućen je pregled rezultata merenja, uređaja, skala i softvera vezanim za produkte *National Instruments*-a. Važno je naznačiti da se uz pomoć ovog programa može testirati priključeni DAQ uređaj (slika 3) i da je moguće simuliranje prisustva DAQ-a pravljenjem virtualnog uređaja.



Slika 2. Izgled NI MAX-a.



Slika 3. Testiranje priključenog DAQ uređaja u NI MAX-u.

Jedna od najbitnijih mogućnosti uređaja NI USB-6361, a važna za ovaj rad je snimanje ulaznih analognih signala. Oni se mogu dobiti upotrebom više različitih metoda koje zavise od načina na koji je konfigurisan analogni ulaz (slika 4).

	Floating Signal Sources (Not Connected to Building Ground)	Ground-Referenced Signal Sources [†]
AI Ground-Reference Setting*	Examples: • Ungrounded thermocouples • Signal conditioning with isolated outputs • Battery devices	Example: • Plug-in instruments with non-isolated outputs
Differential		
Non-Referenced Single-Ended (NRSE)		
Referenced Single-Ended (RSE)		

* Refer to the *Analog Input Ground-Reference Settings* section for descriptions of the RSE, NRSE, and DIFF modes and software considerations.
† Refer to the *Connecting Ground-Referenced Signal Sources* section for more information.

Slika 4. Načini konfiguracije ulaza kod uređaja NI USB 6361.

Analogni ulaz moguće je konfigurisati kao diferencijalni (*Differential*), NRSE (*Non-Referenced Single-Ended*) i RSE (*Referenced Single-Ended*). Diferencijalni analogni ulaz daje razliku signala dovedenog na dva proizvoljna, ulazna, analogna porta. RSE daje razliku signala između jednog analognog porta i mase DAQ uređaja. NRSE daje razliku signala između

analognog porta i porta koji se naziva *Analog Input Sense*. *AI Sense* se koristi uglavnom kada je potrebno da se izmeri neki napon u odnosu na vrednost potencijala koja nije jednaka masi DAQ uređaja. Kod podešavanja analognog ulaza jako je bitno izabrati i masu. Masa može biti plivajuća, odnosno da referentna tačka merenja bude masa samog DAQ uređaja (*Floating Signal Sources*). Druga mogućnost je da senzorsko kolo zajedno sa DAQ uređajem ima masu vezanu za uzemljenje prostorije gde se vrši merenje. (*Ground-Referenced Signal Sources*). RSE u kombinaciji sa *Ground-Referenced Signal Sources* se ne preporučuje jer može doći do greške u merenju.

III. LABVIEW

LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) je platforma i razvojno okruženje razvijena od strane kompanije *National Instruments*.

Grafički jezik koji Lab VIEW koristi naziva se G (ne treba mešati sa *G-Code*) i prvobitno je izdat za *Apple Macintosh* 1986. godine. LabVIEW se obično koristi za prikupljanje podataka, kontrolu instrumenata i industrijsku automatizaciju na različitim platformama uključujući *Microsoft Windows*, razne verzije i derivacije *UNIX-a*, *Linux* i *Mac OS*. Najnovija verzija LabVIEW-a je LabVIEW 2014, objavljena u avgustu 2014. godine.

Programski jezik G, potpada pod grupu *dataflow* programskih jezika. Izvršenje se određuje strukturom grafičkog blok dijagrama na koje programer povezuje različite funkcije crtajući žice. Ove žice prenose promenljive i funkcija se može izvršiti čim svi njeni ulazni podaci postanu dostupni. Pošto ovo može biti slučaj za više funkcija istovremeno, G je programski jezik koji omogućava paralelno izvršavanje.

Neki programi za koje bi trebalo sedmice ili meseci da bi se napisali korišćenjem konvencionalnih programskih jezika, mogu biti urađeni za nekoliko sati korišćenjem LabVIEW-a, zato što je on specifično projektovan za oblast merenja, analizu podataka i predstavljanje rezultata korisniku. Idealan je za simulacije, prezentaciju ideja, uopšteno programiranje ili čak za učenje osnovnih koncepta programiranja.

LabVIEW program sadrži jedan ili više virtuelnih instrumenata (VI). Virtuelni instrumenti su tako nazvani jer njihovo pojavljivanje i rad često imitira aktuelne fizičke instrumente. VI ima tri glavna dela: prednji panel (*front panel*), blok dijagram (*block diagram*) i ikonu.

Prednji panel predstavlja površinu gde korisnik postavlja elemente za kontrolu i indikaciju. Gotovo svaki merni uređaj poseduje prednji panel gde se nalaze komande za kontrolu procesa i uslova merenja kao i neku vrstu indikatora merenja. Po ugledu na to razvijen je prednji panel u LabVIEW-u. Kada se pristupi prednjem panelu automatski se pojavljuje paleta funkcija odnosno elemenata koji se mogu uvesti na prednji panel.

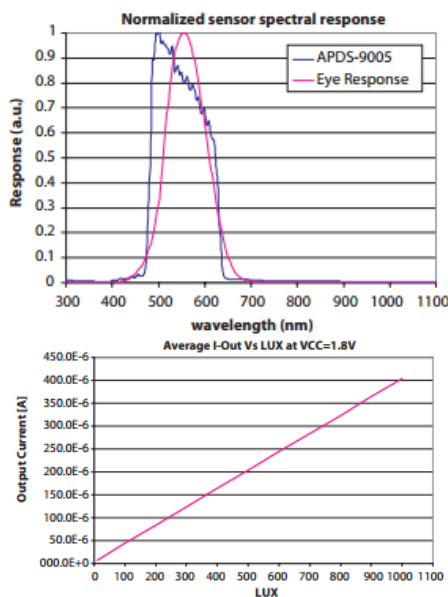
Blok dijagram je izvorni kod virtualnog instrumenta. Na njega se prevlače funkcije, konstante i strukture za

kontrolu izvršenja programa. Njih programer povezuje žicama i tako određuje tok izvršenja programa. Elementi koji su postavljeni na prednjem panelu imaju svoje odgovarajuće terminale u blok dijagramu pa se tako ostvaruje veza između samog programa i elemenata za kontrolu i indikaciju.

Da bi se NI DAQ uređaj koristio uspešno u Lab VIEW-u potrebno je uvesti ga na pravi način u virtualni instrument [4]. To se ostvaruje prevlačenjem funkcije DAQ *assistant* na blok dijagram. DAQ *assistant* može se naći u paleti pod grupama *Measurements I/O* i zatim NI-DAQmx. Naravno, da bi se u Lab VIEW mogla uvesti ova funkcija potrebno je na pravi način instalirati drajver za podršku za DAQ uređaje što je već detaljno objašnjeno u odeljku koji se bavio NI X serijom.

IV. MERENJE OSVETLJENOSTI POMOĆU SENZORA APDS9005

APDS9005 je minijaturni senzor za merenje osvetljenosti. Proizveden je od strane kompanije *Avago Technologies* i uglavnom se koristi za procenu ambijentalnog osvetljenja za ekrane telefona i laptopova. Jedna od njegovih najbitnijih karakteristika je to da daje linearnu zavisnost struje za promene osvetljaja u opsegu za koji je projektovan (slika 4). Ova činjenica u velikoj meri olakšava posao kod merenja jer nije potrebna linearizacija kod obrade signala koji daje ovaj senzor. APDS9005 takođe poseduje jako sličnu osetljivost u funkciji od frekvencije čovekovom oku (slika 4).

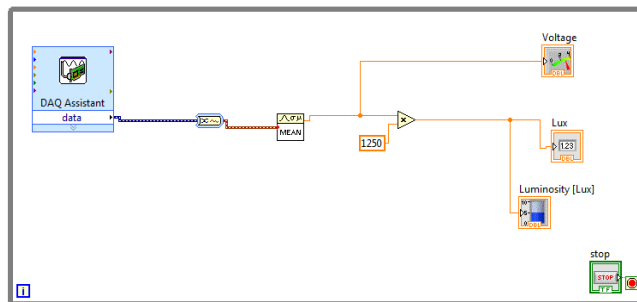


Slika 4. Spektralna osetljivost (levo) i strujna zavisnost od osvetljenosti senzora APDS9005.

Senzor APDS9005 pokazuje strujnu zavisnost u odnosu na osvetljenje. Iako NI USB 6361 ima mogućnost merenja ulaznih strujnih signala - uvek je lakše baratati naponima kod ovakvih vrsta merenja. Proizvođač senzora

je za te slučajeve predvideo konfiguraciju za merenje koja će davati naponsku zavisnost od osvetljenja. U merenjima za potrebe ovog rada korišćen je otpornik od 2.2 kΩ pa tako naponska zavisnost senzora odgovara žutoj karakteristici sa slike. U procesu merenja za napajanje senzora korišćen je izvor napajanja koji je bio podešen na 1.8 V.

Nakon projektovanja senzorskog kola bilo je potrebno podesiti NI USB-6361 kroz DAQ *Assistant* u LabVIEW-u. Za ovo merenje najbolje je da se koristi diferencijalna konfiguracija sa masom vezanom na uzemljenje, u ovom slučaju ostvarenom preko izvora za napajanje.



Slika 5. Blok dijagram virtualnog instrumenta za merenje osvetljenja.

Kada je DAQ podešen moguće je pristupiti obradi signala koji on daje (slika 5). Sa slike se može videti da se mereni signal vodi na funkciju *From DDT (Convert From Dynamic Data)*. Ona ima za zadatak da dinamički tip podatka koji izlazi iz DAQ-a prebaci u niz statičkih vrednosti. To je potrebno uraditi jer funkcija usrednjavanja vrednosti (*Mean*) ne trpi kao ulaz dinamičke podatke. Upotreba funkcije *Mean* nije bila nužna ali ona značajno olakšava očitavanje jer dovodi do smanjenja fluktuacije rezultata merenja. *Mean* funkcioniše tako da usrednjuje vrednost određenog broja semplova i tu srednju vrednost daje na svom izlazu. Tako usrednjen signal predstavlja vrednost napona koju daje senzor. Taj napon se dovodi do elementa za indikaciju koji je prethodno postavljen na prednjem panelu i nosi ime *Voltage* (slika 6).

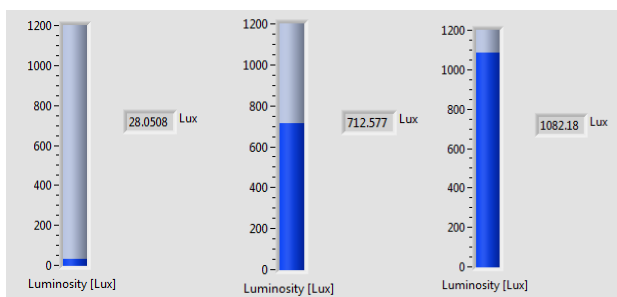


Slika 6. Vrednosti napona pri niskoj, srednjoj i visokoj osvetljenosti.

Rad ovog sistema testiran je uz pomoć blica sa telefona u mraku koji bi trebalo da simulira promene ambijentalnog osvetljenja. Lako se dolazi do zaključka da sistem radi dobro i da se napon koji daje senzor povećava sa smanjenjem rastojanja od izvora uperenog snopa svetlosti.

S obzirom da je napon koji senzor daje proporcionalan osvetljenosti, potrebno je naponske vrednosti softverski prevesti u vrednosti osvetljenosti kako bi se dobio merač

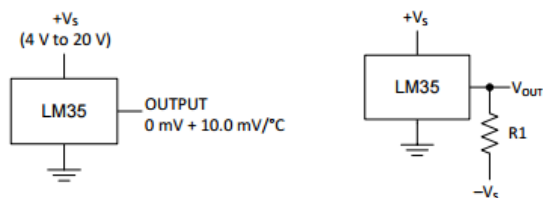
osvetljenja. Ovo se ostvaruje upotrebom karakteristike koja je istaknuta na slici 16. Kako karakteristika izlaznog napona u funkciji osvetljenja za otpornik od 2.2 k Ω polazi od koordinatnog početka dobija se zaključak da je potrebno samo izračunati nagib karakteristike. Uz primenu jednačine prave kroz dve tačke dobija se nagib koji odgovara takvom odnosu, da porast napona na senzoru od 1mV odgovara porastu osvetljenja za 1.25lux-a. Pošto je napon izražen u voltima treba ga pomnožiti konstantom 1250 da bi se dobila ekvivalentna vrednost osvetljenosti. To se postiže funkcijom *multiply* gde se signal napona množi konstantom pa se na izlazu funkcije dobija vrednost osvetljenosti. Tako pomnožen signal vodi se na dva elementa koji su postavljeni na prednjem panelu. Prvi je polje za prikaz numeričke vrednosti i označen je sa lux. Na njemu se ispisuje vrednost osvetljenosti u lux-ima. Drugi je grafički prikaz mernog opsega osvetljenosti ovog senzora sa trenutnom vrednošću osvetljenosti (slika 7).



Slika 7. Grafički prikaz i numerička vrednost osvetljenosti (slaba, srednja, visoka).

V. MERENJE TEMPERATURE POMOĆU SENZORA LM35

LM35 je temperaturni senzor kompanije *Texas Instruments*. On spada u analogne temperaturne senzore. Na svom izlazu daje napon u funkciji od spoljašnje temperature. Zavisnost napona od temperature je linearna što ga čini jako korisnim za upotrebu u aplikacijama gde je potrebna brza i laka provera temperature. Njegova kalibracija vršena je u odnosu na Celzijusovu skalu što eliminiše problem konverzije koji postoji kod temperaturnih senzora čije su nominalne vrednosti date u Kelvinovim stepenima. Radni temperaturni opseg iznosi od -55°C do 150°C.



Slika 8. Osnovna konfiguracija temperaturnog senzora (levo) i konfiguracija temperaturnog senzora punog opsega (desno).

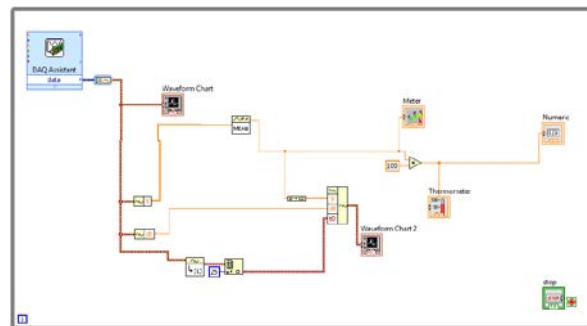
Za konfiguraciju direktnog vezivanja senzora nije potrebno tumačenje grafika i izvođenje zavisnosti napona

na izlazu senzora od temperature jer je proizvođač naveo da je promena napona od 10 mV ekvivalentna promeni temperature od jednog stepena Celzijusa.

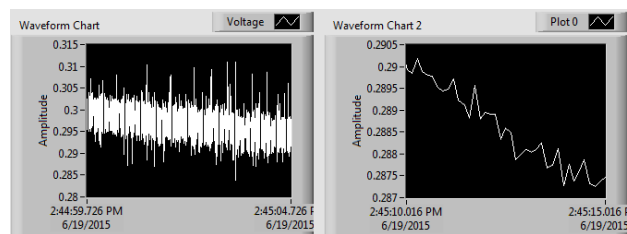
Proizvođač ovog senzora je u dokumentaciji ponudio više konfiguracija koje se mogu koristiti za merenje temperature. Na slici 8 mogu se videti dve osnovne konfiguracije koje su sasvim dovoljne u slučajevima kada se meri sobna temperatura i nije potrebna velika tačnost. Konfiguracija koja u sebi sadrži otpornik omogućava merenje negativnih temperatura. Kako to nije potrebno u sobnim uslovima konfiguracija gde se DAQ direktno vezuje na izlaz senzora je sasvim zadovoljavajuća.

Nakon projektovanja senzorskog kola na red dolazi izrada softvera za obradu signala.

U blok dijagramu (slika 9) signal koji DAQ dobije od senzora vodi se na *Waveform chart*. Tu se može videti kako izgleda signal koji dolazi sa senzora. *Waveform chart* 2, sa druge strane, prikazuje signal nakon usrednjavanja (slika 10). Ovo je najbolji primer kako funkcija *mean* olakšava očitavanje merenog signala.



Slika 9. Blok dijagram virtualnog instrumenta za merenje temperature.



Slika 10. Izgled napona koji daje senzor pre (levo) i posle (desno) usrednjavanja.

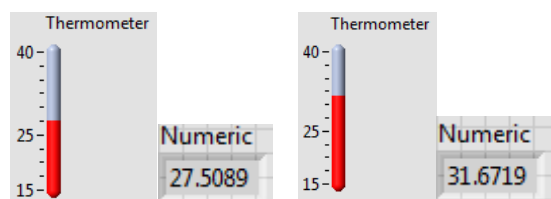
Pošto funkcija *mean* na svom izlazu daje niz vrednosti, takav podatak je nemoguće predstaviti na grafiku koji pokazuje signal u vremenskom domenu i zbog toga je potrebno zadržati komponente originalnog signala dt i t_0 . Usrednjen signal se onda kombinuje sa komponentama dt i t_0 uz pomoć funkcije *build waveform*.

Napon koji senzor daje na izlazu je usrednjen i prikazan na elementu *Meter* (slika 11). Rad sistema testiran je grejanjem senzora.



Slika 11. Vrednost napona na izlazu senzora na nižoj (levo) i višoj (desno) temperaturi.

Kako senzor daje razliku napona od 10 mV na promenu temperature od jednog stepena Celzijusa lako se zaključuje da dobijeni napon treba pomnožiti sa 100 da bi se dobila tačna ambijentalna temperatura. Funkcijom *multiply* signal sa senzora se množi sa konstantom 100 i tako pomnoženi signal vodi se na dva elementa postavljena na prednjem panelu pod imenima *Numeric* i *Thermometer* (slika 12).



Slika 12. Grafički prikaz termometra i numerička vrednost u stepenima °C za nižu (levo) i višu (desno) temperaturu.

VI. ZAKLJUČAK

Akvizicija podataka uz pomoć NI USB-6361 sa obradom dobijenog signala u LabVIEW-u pokazala se veoma brzo i efektivnom metodom. Ni DAQ-6361 je uređaj koji je napravljen i za mnogo sofisticiranija merenja a na primeru merenja temperature i osvetljenosti pokazane su samo njegove bazične mogućnosti. LabVIEW kao program za obradu signala sa DAQ-a je odličan i pouzdan. Posebno je dobro to što se programiranje u njemu jako brzo savlada. To je naročito korisno inženjerima u industriji i drugim korisnicima koji se ne sreću sa programiranjem svakoga dana. LabVIEW i NI USB-6361 čine odličan

tandem i na prvi pogled je jasno zašto kompanija *National Instruments* čini sam svetski vrh u oblasti akvizicije podataka. Eksperimenti, izvedeni za potrebe pisanja rada, svaki na svoj način pokazuju prednosti ovog sistema i vrlo ih je lako nadograditi usložnjavanjem senzorskog kola ili upotrebom neke od konfiguracija za tačnija merenja. To naročito važi za senzor temperature. Takođe, signal koji šalju senzori se uvek može detaljnije obraditi u LABVIEW-u. Još jedna varijanta ovakvog merenja bila bi upotreba digitalnog senzora gde bi se na DAQ-u definisao digitalni ulaz. Treba napomenuti da su oba senzora mogla biti napajana iz samog DAQ-a konfigurisanjem analognog izlaza sa potrebnim naponom.

LITERATURA

- [1] NI USB 6361 DATASHEET,
<http://www.ni.com/datasheet/pdf/en/ds-151>
- [2] SNIMANJE ULAZNIH KARAKTERISTIKA
POLUPROVODNIČKIH KOMPONENATA, Matejić Miloš,
Nikolić Slobodan, Elektronski fakultet Niš.
- [3] DAQ X Series User Manual, NI
632x/634x/635x/636x Devices
- [4] LabVIEW Programming Examples, Telemark University
College, Department of Electrical Engineering, Information
Technology and Cybernetics
- [5] LabView DAQ Assistant for Analog IO,
<https://www.youtube.com/watch?v=FEIQJa522aY>
- [6] APDS-9005 DATASHEET,
<http://www.avagotech.com/docs/AV02-0080EN>
- [7] LM35 DATASHEET,
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
