

IEESTEC

13th 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 WIE Affinity Group
Serbian Academy of Sciences and Arts (SASA), Branch Niš
Ministry of Education, Science and Technological Development



Министарство просвете,
науке и технолошког развоја



ISBN: 978-86-6125-230-3

Publisher:

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

Chairman:

Danijel Danković

Vice Chairman:

Miloš Marjanović
Dušan Vučković

Editors of Proceedings:

Ninoslav Stojadinović
Vera Marković
Danijel Danković
Zlatica Marinković

Secretary:

Jana Vračar
Aleksandra Stojković
Milan Stojanović
Nikola Mitrović
Jovana Veselinović
Željko Radojković
Anđela Stojiljković
Milica Veljović
Maša Radenković
Isidora Stevanović
Sandra Stamenković

Nikola Radisavljević
Milan Ivković
Marija Živković
Nina Dimitrijević
Anđela Kocić
Sandra Veljković
Milivoje Mihajlović
Ana Sentov
Stefan Popović
Stefana Zogović
Nevena Stanković

Technical Editors:

Miloš Marjanović
Jana Vračar

Danijel Danković
Emilija Živanović

CIP - Каталогизacija у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

621.3(082)
004(082)

IEEESTEC Student Project Conference (13 ; 2020 ; Niš)

IEEESTEC 13th Student Project Conference, [Niš, 2020] / organized by
EESTEC LC, Niš ... [et al.] ; [editors Ninoslav Stojadinović ... [et al.]].

- Niš : Faculty of Electronic Engineering, 2020 (Petrovaradin : Perins). -
246 str. : ilustr. ; 30 cm

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

ISBN 978-86-6125-230-3

1. Institut inženjera elektrotehnike i elektronike. Studentski ogranak (Niš)

a) Електротехника - Зборници b) Рачунарство - Зборници

COBISS.SR-ID 25408265

Printed by: „Perins inženjering“, Petrovaradin, 2020.

Circulation: 100 copies

Reviewers:

1. Mirjana Perić
2. Aleksandar Milenković
3. Igor Stojanović
4. Nađa Gavrilović
5. Ivan Anastasijević
6. Dragana Jovanović
7. Miloš Marjanović
8. Vladimir Sibinović
9. Vladimir Mitić
10. Aleksandra Stojković
11. Nikola Mitrović
12. Milan Stojanović
13. Marko Dimitrijević
14. Dejan Mirković
15. Miloš Bogdanović
16. Vladimir Ćirić
17. Jana Vračar
18. Milan Simić
19. Igor Jovanović
20. Filip Filipović
21. Tatjana Nikolić
22. Anđelija Đorđević
23. Teodora Đorđević
24. Nenad Petrović
25. Ana Vučković
26. Marija Živković
27. Emilija Živanović
28. Goran Miljković
29. Biljana Stošić
30. Danijel Danković
31. Milica Jovanović
32. Stevica Cvetković
33. Miljana Milić
34. Ivica Marković
35. Vesna Paunović
36. Sandra Veljković
37. Neda Stanojević

Table of contents:

Razvoj podacima-vođenih multiplatformskih mobilnih aplikacija korišćenjem AppSheet i Apps...	1
Realizacija osciloskopa korišćenjem Altera Cyclone III razvojnog okruženja	5
Uređaj za merenje fazne razlike	11
Industrijski robot opšte namene	15
Praktična realizacija Solar Trakera korišćenjem Arduino okruženja	19
Simulacija testa brzine reakcije kod ljudi pomoću LED dioda u Tinkercad okruženju	23
Praktična realizacija testa brzine reakcije kod ljudi u Arduino Nano okruženju	27
Distribuiran sistem za pretragu, rangiranje i klasterovanje podataka koji pristižu u realnom vremenu	31
The use of FBG Sensors in Smart Railway	35
Realizacija bipedalnog robota sa osnovnim pokretima putem Arduino Nano okruženja	39
Određivanje efektivne vrednosti linijskog i faznog napona trofaznog invertora na osnovu ulaznog...	43
Theoretical Review of Contemporary Machine Translation Systems	47
Koncept pametne kuće baziran na IoT tehnologijama	51
The Use of Supervised Machine Learning for Physical Activity Recognition and Monitoring	55
Mobilni instrument za merenje kvaliteta vazduha	59
Enkriptovana MQTT komunikacija	63
Sistem za praćenje nekih parametra koji utiču na kvalitet životne sredine za jednu organizaciju	67
Primena mašinskog učenja u bazama podataka kroz koncept nadgledanog učenja	71
Internet sistem otključavanja brava	79
Primena Arduino platforme u sistemu za otključavanje brave	83
RFID verifikacija	87
Primena programabilnog logičkog kontrolera u proizvodnji hrane za životinje	89
Realization of H-bridge Gate driver with an External high-side MOSFET board using Altium Designer	93
Software Solution for Finding the Longest Word in English Language Suitable For a 7-Segment Display	97
Primena Arduino platforme za merenje pulsa	101
Electric Vehicles as an Alternative to a Pollution	103
Realizacija optičkog prijemnika sa integrisanim pojačavačem	107
Digital Device for Blood Pressure Measurement Using Oscillometric Technique	111
Prenosni punjač baterija na bazi vazdušnog strujanja	115
Detekcija anomalija na mreži primenom autoenkoderske neuronske mreže	119
Projektovanje beskontaktnog uređaja za dezinfekciju	123
Pouzdanost EPCOS gasnog odvodnika prenapona	129
Opis LOGO Siemens kontrolera i njegova primena u pogonu fabrike TF "Kable"	133
Projektovanje platforme za dvosmernu IoT komunikaciju	137
Realizacija sistema za glasanje pomoću sabirača	141
Navigator za navođenje slepe osobe kroz urbane sredine	145
Projektovanje uređaja za merenje parametara životne okoline	147
Detekcija zero cross-a pomoću optokaplera	153
Use, testing and calibration of capacitive sensor SKU:SEN0193	157
Tehnologije izrade solarnih ćelija tankog filma	161
Elektronski sklop za merenje niskih struja na bazi transimpedansnog pojačanja	167
Projektovanje štampane ploče za audio pojačavač	173
Poređenje karakteristika ultrazvučnih modula	177
Sistem za informisanje o zauzetosti radnih prostorija baziran na Arduino platformi	181
Prototyping PIC16-based COVID-19 Indoor Safety Solutions within Microcomputer Systems Course	185
Computer-Supported Afterlife: Near Future or Far Cry for Human Race	191
Beskontaktni IC senzor temperature sa primenom u IoT tehnologijama	195
Projekat Centra za promociju nauke "Za IEEEESTEC se spremi" na Elektronskom fakultetu u Nišu	199
Koncept shadow registara u verifikacionim okruženjima	201
Upotreba veštačke inteligencije u kombinaciji sa PLC kontrolerima u industriji	203
Mogućnosti ispitivanja pouzdanosti elektronskih sistema i komponenti	211
Prepoznavanje predmeta korišćenjem tehnika mašinskog učenja za osobe sa oštećenim vidom	215
Softversko rešenje za pomoć pri praćenju nastave kod dece sa hiperaktivnim poremećajem	219
Primena grafovskih algoritama za optimizaciju protoka saobraćajne mreže	223
Solar Powered, Autonomous, Low-Power System as a Wireless Multi-Sensor Platform	227
Switched Capacitor Circuits - Tolerance to Catastrophic Faults	231
Razvoj uređaja za razvrstavanje objekata po bojama	235
Kontrolisanje unipolarnog koračnog motora Arduino mikrokontrolerom	239
Merenje visine ljudi pomoću Arduino okruženja	243

Razvoj podacima-vođenih multiplatformskih mobilnih aplikacija korišćenjem AppSheet i Apps Script na osnovu Google Sheet tabela u oblasti zdravlja

Maša Radenković, Nenad Petrović, Valentina Nejković

Sadržaj – U ovom radu je prikazan pristup za brz, jednostavan razvoj i dostavljanje multiplatformskih mobilnih aplikacija korišćenjem sinergije Google Apps Script i AppSheet platformi na osnovu Google Sheet tabela. Kao rezultat, predstavljene su dve studije slučaja u oblasti zdravlja: fitness aplikacija za prilagođene režime fizičke aktivnosti i praćenje zdravstvenog stanja COVID-19 pacijenata.

I. UVOD

Mobilne aplikacije već čitavu deceniju su skoro neizostavan deo različitih aspekata svakodnevnih života – od zabave do gradskog prevoza i zdravlja. Podacima-vođene mobilne aplikacije posebno igraju bitnu ulogu u razmeni različitih tipova podataka neophodnih za život u urbanim sredinama [1]. Zbog toga, različitim organizacijama je u interesu ove aplikacije i podatke što lakše i brže dostaviti građanima, bez obzira na to koji operativni sistem ili model uređaja koriste. Sa jedne strane, razvoj posebnih nativnih mobilnih aplikacija zahteva specijalizovana znanja, pa može biti skupo, ali i vremenski zahtevno. Poslednjih godina, trend je razvoj multiplatformskih mobilnih aplikacija, što može značajno uštedeti vreme i novac. Međutim, razvojna okruženja multiplatformskih mobilnih aplikacija (poput Xamarin, React Native, Ionic i Flutter) takođe zahtevaju solidno programersko znanje i iskustvo [2]. Kao odgovor, poslednjih nekoliko godina se javljaju platforme koje omogućavaju drastično jednostavniji razvoj multiplatformskih mobilnih aplikacija, bez skoro ikakvog pisanja kôda i njihovu rapidnu diseminaciju, oslanjajući se u većem delu na računare u oblaku.

U ovom radu, prikazaćemo kako se upotrebom Apps Script i AppSheet platformi mogu jednostavno razvijati multiplatformske podacima-vođene mobilne aplikacije na

osnovu Google Sheet tabela. Kao dokaz koncepta, realizovane su dve studije slučaja: fitness aplikacija personalizovanog trenera za sportiste i aplikacija za praćenje zdravstvenog stanja COVID-19 pacijenata.

U našem prethodnom radu [3], prikazali smo primenu AppSheet platforme za razvoj mobilnih aplikacija na studijama slučaja vezanih za COVID-19 pandemiju: nadzor poštovanja mera u zatvorenim prostorijama i planiranje gradskih resursa. Međutim, u ovom radu je razmotrena i primena Apps Script-a, koji daje mogućnost razvoja backend funkcionalnosti, dok su se prethodno navedene aplikacije kompletno oslanjale na eksterne sisteme [4, 5].

II. OSNOVE I SRODNA ISTRAŽIVANJA

A. AppSheet

AppSheet [6] je online platforma za lak i brz razvoj multiplatformskih mobilnih aplikacija korišćenjem izvora podataka u oblaku, poput Google Sheets tabela ili baza podataka, skoro bez bilo kakvog pisanja kôda i poznavanja programiranja. Uglavnom cilja poslovne aplikacije, poput odnosa sa mušterijama, upravljanja projektima i personalizovanih izveštaja. AppSheet analizira strukturu priloženih podataka sa ciljem automatizovanog generisanja korisničkog interfejsa i pogleda na podatke u mobilnoj aplikaciji. Korisnicima platforme se ostavlja mogućnost prilagođavanja dobijenih rezultata i to skrivanjem/prikazivanjem odabranih kolona, promenom dizajna pogleda ili pisanjem formula za procesiranje ili agregaciju podataka. AppSheet je besplatan za upotrebu, što se razvoja prototipa i ličnih potreba tiče, ali je potrebno platiti naknadu u slučaju komercijalne primene. Između ostalog, AppSheet integriše i naprednije funkcionalnosti grafičkog prikaza podataka, veštačke inteligencije i mašinskog učenja, poput predikcije vrednosti, analize sentimenata, detekcije anomalija i optičko prepoznavanje karaktera. Međutim, instalacija AppSheet klijenta na mobilnom uređaju i aktivna internet konekcija su neophodni, s obzirom da se AppSheet oslanja na infrastrukturu u oblaku.

Mobilne aplikacije zasnovane na AppSheet platformi su se pokazale kao efektivno rešenje u različitim oblastima i domenima primene. U [7], AppSheet je korišćen za ankete u okviru zdravstvene ustanove, dok se u [8] koristi za nadzor i upravljanje otpadom.

M. Radenković je student četvrte godine osnovnih akademskih studija, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: masa.radenkovic@elfak.rs

N. Petrović je student treće godine doktorskih akademskih studija i asistent, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: nenad.petrovic@elfak.ni.ac.rs

V. Nejković je vanredni profesor na katedri za računarstvo i informatiku, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: valentina.nejkovic@elfak.ni.ac.rs

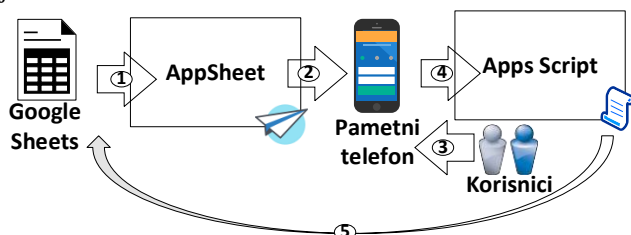
B. Google Apps Script

Google Apps Script [9] je radni okvir za brz razvoj aplikacija zasnovanih na G Suite servisima u oblaku, poput Gmail, Google Docs, Google Forms, Google Sheets, Google Drive i sličnih. Apps Script je oslanja na sintaksu JavaScript programskog jezika, ali unosi proširenja za integraciju sa G Suite aplikacijama i servisima. Za potrebe razvoja, Google nudi online editor za ovo okruženje, dok se same skripte napisane za Apps Script izvršavaju na Google infrastrukturi u oblaku.

Apps Script daje mogućnost raznih proširenja postojećih Google servisa, poput razvoja specijalizovanih menija, dijaloga, kontrola i dodataka za Google Docs, Sheets i Forms. Osim toga, moguće je ostvariti interakciju i koordinaciju više servisa upotrebom Apps Script-a. Između ostalog, Google omogućava i lako dostavljanje razvijenih Apps Script aplikacija velikom broju korisnika, bilo javno, ljudima širom sveta ili privatno, užoj ciljnoj grupi.

U dostupnoj naučnoj literaturi može se naći nekoliko interesantnih slučajeva korišćenja Apps Script platforme. U [10], prikazana je primena u okviru Google Docs dokumenata za studentske zadatke kojima se proverava njihova digitalna pismenost. Pored toga, u [11], Apps Script je korišćen zajedno sa Google Sheets za generisanje izveštaja dijagnostike vozila, koji se automatski šalju vlasnicima. Sličan pristup je takođe korišćen u [12] za beleženje podataka sa senzora o okruženju.

U ovom radu iskoristićemo mogućnosti Apps Script-a vezane za Google Sheets sa ciljem upotrebe od strane AppSheet platforme za razvoj multiplatformskih mobilnih aplikacija, za studije slučaja fitness aplikacija i praćenja simptoma COVID-19 pacijenata. Konkretno, Apps Script triggeri biće izvršeni kao odgovor na određene događaje koji se dešavaju u Google Sheets dokumentima, poput dodavanja ili izmene podataka. Princip razvoja mobilnih aplikacija korišćenjem kombinacije AppSheet i Apps Script je ilustrovan na slici 1.



Slika 1. Primena AppSheet i Apps Script za razvoj podacima-vođenih mobilnih aplikacija na osnovu Google Sheet dokumenata: 1-Podaci 2-Generisana mobilna aplikacija 3-Korisnički unos 4-Aktivacija triggera 5-Ažuriranje podataka.

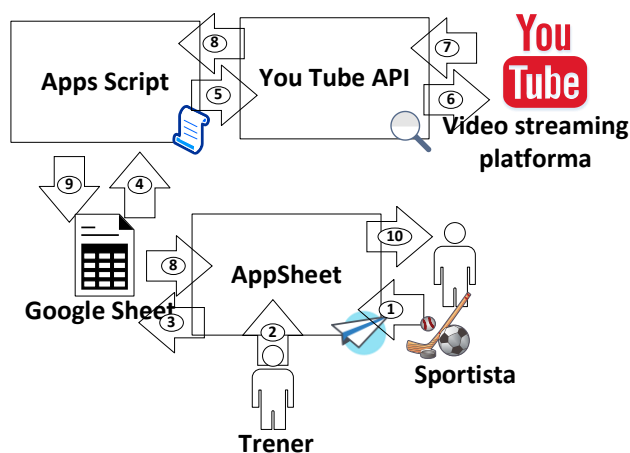
III. STUDIJE SLUČAJA

A. Personalizovani fitness trener

Prva studija slučaja jeste aplikacija personalizovanog fitness trenera, koja omogućava sportistima da na osnovu podataka o njihovoj dnevnoj rutini fizičke aktivnosti,

navikama u ishrani, telesnim parametrima i preporukama trenera dobiju linkove na video materijale koji sadrže adekvatne vežbe. Za ovu svrhu, između ostalog, koristi se i YouTube API [13], koji omogućava izvršavanje upita nad video repozitorijumom ove platforme na osnovu ključnih reči i dodatnih kriterijuma. Postoje dva tipa korisnika: sportista i trener. Na slici 2, ilustrovan je princip rada aplikacije.

Sportista ima sledeće funkcionalnosti: 1) unos i pregled podataka o fizičkoj aktivnosti 2) unos i pregled podataka o obrocima 3) telesni parametri 4) pregled preporučenih vežbi 5) rezime dostignuća. Sa druge strane, trener ima mogućnost da ažurira režim ishrane i definiše preporuke za vežbe na osnovu kojih se pronalaze adekvatni video materijali sa YouTube video streaming platforme. Trener definiše pravila preporuke vežbi u obliku: *if(uslov) then tip_vežbe*, pri čemu je uslov izračunat na osnovu parametara sportiste (poput odnosa trenutne i idealne težine, prethodne aktivnosti ili režima ishrane).



Slika 2. Personalizovani fitness trener: 1-Detalji o sportisti i aktivnostima 2-Preporuke trenera 3-Ažuriranje Google Sheet dokumenta 4-Apps Script trigger koji se aktivira nakon ažuriranja 5-Ključne reči za pretragu fitness video klipova 6-Upit 7-Rezultati upita 8-Obrada i filtriranje rezultata pretrage 9-Ažuriranje Google Sheet dokumenta rezultatima 10-Ažuriranje pogleda.

U Listingu 1., dat je pseudokôd algoritma za pronalaženje linkova na adekvatne vežbe korišćenjem YouTube API.

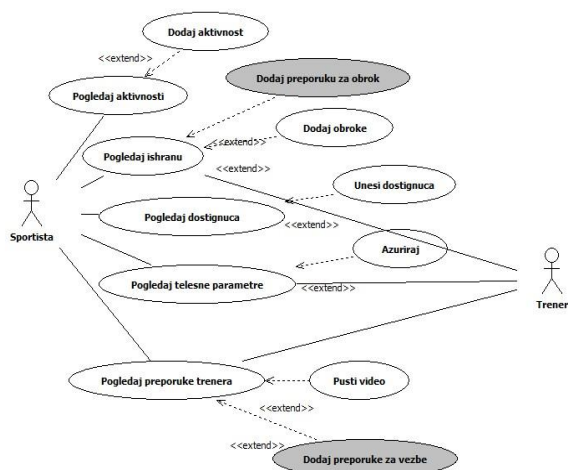
Ulaz: detalji o aktivnostima, telesni parametri, preporuke trener, ishrana
Izlaz: video klipovi sa preporučenim vežbama

Koraci:

1. Sportista: Unos telesnih parametara u Google Sheet;
2. Sportista: Unos detalja o aktivnosti u Google Sheet;
3. Sportista: Unos podataka o ishrani u Google Sheet;
4. Trener: Unos preporuka za vežbe
5. Apps Script Trigger: proveri uslove pravila;
6. Apps Script Trigger: dodati u skup vežbi one čiji uslov ispunjen;
7. Apps Script Trigger: linkovi:=YouTubeApiPretraga(vežbe);
8. Apps Script Trigger: linkovi:=FiltrirajNajbolje(linkovi);
9. Apps Script Trigger: AžurirajGoogleSheet(linkovi);
10. AppSheet: Ažuriranje prikaza;

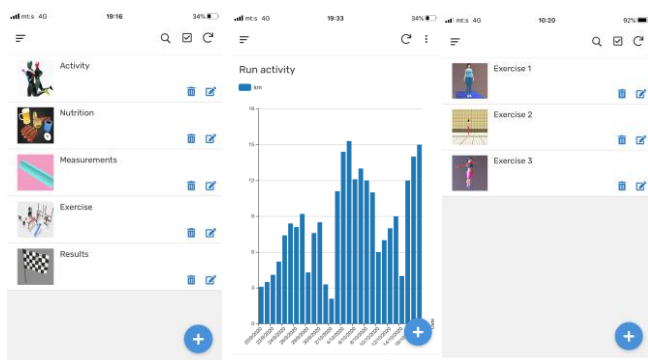
Listing. 1. Pronalaženje video materijala sa vežbama korišćenjem Apps Script triggera i YouTube API.

Slika 3 prikazuje dijagram slučajeva korišćenja za trenera i sportistu. Sivom bojom su dati slučajevi koji se tiču isključivo trenera.



Slika 3. Dijagram slučajeva korišćenja aplikacije personalizovanog fitness trenera iz perspektive sportiste i trenera.

Na slici 4 su snimci ekrana aplikacije napravljeni u okviru iOS AppSheet klijenta na iPhone 6s Plus uređaju.

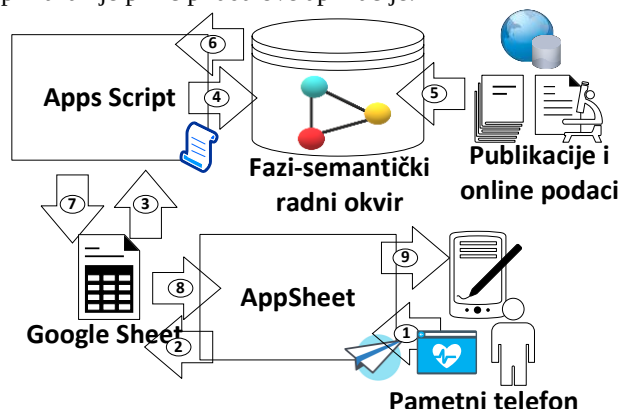


Slika 4. Snimci ekrana personalizovanog fitness trenera: 1-Glavni meni 2-Vizuelizacija detalja fizičke aktivnosti 3-Prikaz preporučenih vežbi.

B. Praćenje simptoma COVID-19 i stanja pacijenata

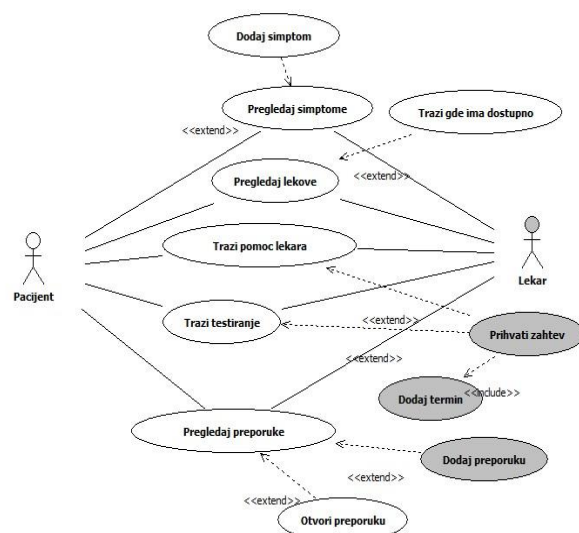
Cilj ove aplikacije jeste da omogući praćenje i efikasnu procenu stanja COVID-19 pacijenata, ali i potencijalnih zaraženih koji imaju simptome. Korisnici unose informacije o svom trenutnom zdravstvenom stanju (hronična oboljenja) i simptomima (poput povišene temperature, gubitka osećaja mirisa ili ukusa, bola u grlu i kašlja), kao i lekovima koje uzimaju. Ove informacije se, zatim dalje prosleđuju fazi-semantičkom (F-S) modulu [14]. Procena stanja zaraženih COVID-19 pacijenata ili osoba sa simptomima se vrši na osnovu ontološke reprezentacije znanja prikupljenog iz online naučnih publikacija i dostupnih podataka korišćenjem modula opisanog u [14]. Dobijeni rezultati se, zatim upisuju u Google Sheet dokument, koji se koristi za generisanje

mobilne aplikacije za prikazivanje rezultata. Na slici 5, prikazan je princip rada ove aplikacije.



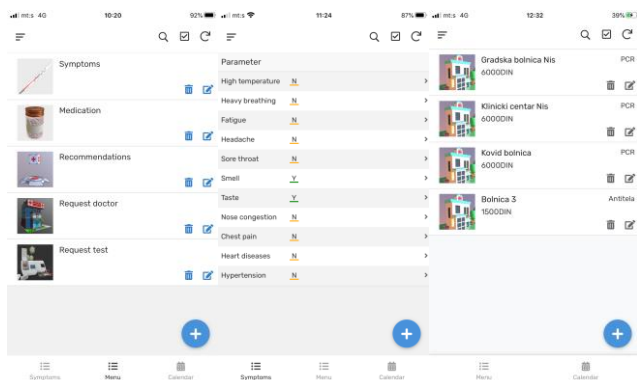
Slika 5. Praćenje simptoma i stanja COVID-19 pacijenata: 1-Detalji o simptomima i zdravstvenom stanju 2-Ažuriranje Google Sheet dokumenta 3-Apps Script trigger koji se aktivira nakon ažuriranja 5-Pribavljanje literature i podataka o COVID-19 6-Rezultati 7-Ažuriranje Google Sheet dokumenta rezultatima kao trigger 8-Ažuriranje App Sheet aplikacije 9-Prikaz rezultata.

Aplikacija ima dve različite perspektive: pacijent i doktor. Kompletan dijagram slučajeva korišćenja iz obe perspektive je dat na slici 6. Slučajevi korišćenja koji su samo dostupni iz perspektive lekara su obojeni sivo.



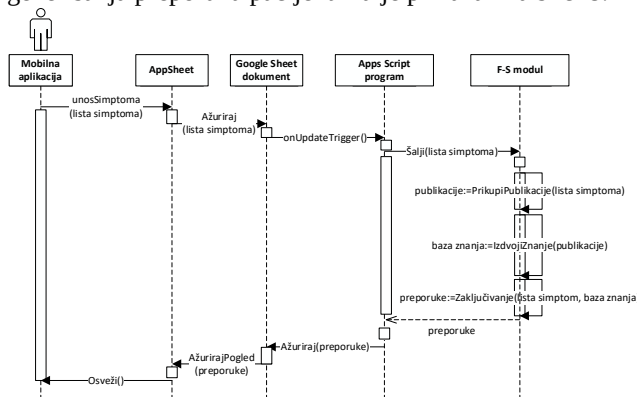
Slika 6. Dijagram slučajeva korišćenja aplikacije za praćenje simptoma COVID-19 (potencijalnih) pacijenata.

Što se pacijenta tiče, postoje sledeće mogućnosti: 1) unos simptoma i detalja zdravstvenog stanja (hronična oboljenja, subjektivni osećaj), 2) unos podataka o lekovima koje uzimaju i pregled apoteka gde se mogu nabaviti 3) pregled preporuka (bilo automatski dobijenih ili kao odgovor lekara) 4) zahtev za pomoć od strane lekara ili pregled 5) zahtevanje COVID-19 testa. Na slici 7, prikazani su snimci ekrana aplikacije napravljeni u okviru iOS AppSheet klijenta na iPhone 6s Plus uređaju.



Slika 7. Snimci ekrana aplikacije za praćenje simptoma i stanja COVID-19 pacijenata: 1-Glavni meni 2-Unos simptoma 3-Zakazivanje testa.

Sekvencni dijagram procesa automatizovanog generisanja preporuka pacijentima je prikazan na slici 8.



Slika 8. Automatsko generisanje preporuka pacijentima na osnovu liste simptoma i znanja o COVID-19 izdvojenog iz publikacija i javnih skupova podataka korišćenjem Apps Script trigera.

Sa druge strane, doktori takođe imaju mogućnost davanja preporuka na osnovu uvida u stanje (potencijalnog) pacijenta. Pored toga, doktori mogu videti i zahteve za pregled pacijenata i testiranje, a zatim odbiti ili prihvatiti uz dodavanje termina kada pacijent može da dođe.

IV. ZAKLJUČAK

Predloženi pristup omogućava brz, jednostavan razvoj i dostavljanje podacima-vođenih mobilnih aplikacija. Upotrebom ovog pristupa, oko 5.5 sati je bilo potrebno za razvoj prve aplikacije, 4.5 za drugu, dok je procenjeno vreme razvoja ekvivalentnih nativnih Android aplikacija reda veličine 10 sati. Osim toga, s obzirom da je potreba za pisanjem kôda drastično redukovana, omogućeno je čak i domenskim ekspertima koji nisu iz oblasti računarstva da kreiraju namenske aplikacije za svoje potrebe. Aplikacije

su uspešno pokretane na različitim platformama: Android (Redmi Note 7, Honor 9 Lite) i iOS (iPhone 6s Plus i iPhone SE).

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (III-47003).

LITERATURA

- [1] V. F. López, M. N. Moreno, P. Chamoso, E. S. Corchado, B. Pérez, "Mobile Application for Smart City Management", DCAI 2018, pp. 183-192. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99608-0_21
- [2] L. Delia et al., "Multi-platform mobile application development analysis", RCIS 2015, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/RCIS.2015.7128878>
- [3] N. Petrović, M. Radenković, V. Nejkić, "Data-Driven Mobile Applications Based on AppSheet as Support in COVID-19 Crisis", IcETRAN 2020, pp. 1-6, 2020.
- [4] N. Petrović, Đ. Kocić, "IoT-based System for COVID-19 Indoor Safety Monitoring", IcETRAN 2020, pp. 1-6, 2020.
- [5] N. Petrović, "Simulation Environment for Optimal Resource Planning During COVID-19 Crisis", ICEST 2020, pp. 23-26, 2020. <https://doi.org/10.1109/ICEST49890.2020.9232908>
- [6] AppSheet [Online]. Dostupno na: <https://cloud.google.com/appsheet>, poslednji pristup: 20/09/2020.
- [7] P. Sylim, C. C. Santos-Acuin, "Development of a Low-Cost Electronic Data Collection Tool for a Health Facility Survey: Lessons Learned in the Field", Journal of the International Society for Telemedicine and EHealth, 4, e27, pp. 1-8, 2016.
- [8] S. K. Arumugam, R. Muhamad, K. Yahya, "Mapping of construction waste for eco-costs per value ratio (EVR) index using Google My Maps in Shah Alam, Malaysia", ICONBUILD & RCCE 2019, pp. 1-9, 2019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/849/1/012046>
- [9] Google Apps Script [Online]. Dostupno na: <https://developers.google.com/apps-script>, poslednji pristup: 20/09/2020.
- [10] L. Siiman, M. Mäeots, "Assessing Students' Digital Literacy with Interactive Computer-Based Tasks Created in Google Apps Script", EDULEARN '19, pp. 10265-10271, 2019. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2019.2578>
- [11] P. Rajput, R. Parkeh, "On-Board Diagnostics based remote emission test for Light Motor Vehicles", CONECCT 2020, pp. 1-6, 2020.
- [12] T. DeBell et al., "OPeN Hub: Real-Time Data Logging, Connecting Field Sensors to Google Sheets", Frontiers in Earth Science, May 2019 volume 7, pp. 1-6, 2019.
- [13] YouTube Data API [Online]. Dostupno na: <https://developers.google.com/youtube/v3>, poslednji pristup: 21/09/2020.
- [14] N. Petrović, "Tackling the COVID-19 Conspiracies: The Data-Driven Approach", ICEST 2020, pp. 27-30, 2020. <https://doi.org/10.1109/ICEST49890.2020.9232760>

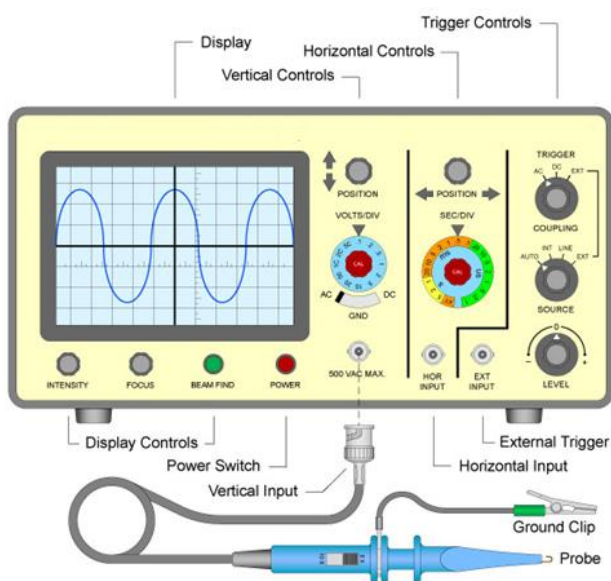
Realizacija osciloskopa korišćenjem Altera Cyclone III razvojnog okruženja

Milan Danković

Sadržaj – U ovom radu detaljno je opisana realizacija jednostavnog osciloskopa korišćenjem Altera Cyclone III razvojnog okruženja. Razvojno okruženje ne poseduje AD konvertor, pa je u tu svrhu iskorišćeno kolo ADC0804. Električne šeme generisane su u QUARTUS programskom okruženju. Prilikom testiranja generisanje proizvoljnog oblika signala ostvareno je okretanjem potenciometra koji je u konfiguraciji naponskog razdelnika. Prikazani su rezultati testiranja i ideje kako unaprediti ovaj projekat.

I. UVOD

Osciloskop je uređaj koji služi za prikazivanje promene električnog napona u nekom vremenskom intervalu (Slika 1). Na svom ekranu prikazuje realan oblik signala tako da se mogu izvesti merenja i poređenja sa drugim talasnim oblicima. Ideja ovog rada je realizacija jednog takvog uređaja korišćenjem Altera Cyclone III FPGA pločice [1].



Slika 1. Kodovi osnovnih tastera [2].

Osnovna podela osciloskopa je na analogne i digitalne. Stariji, analogni, osciloskopi na osnovu

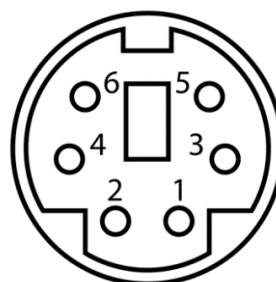
M. Danković je student Softverskog inženjerstva na Elektrotehničkom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija, E-mail: dankovicmilan@gmail.com

izmerenog analognog napona pomeraju elektronski snop koji pada na ekran i na taj način daje informaciju o izmerenoj vrednosti. Digitalni osciloskopi, za razliku od analognih, izmereni analogni napon pretvaraju u digitalni, a zatim tu informaciju koriste za prikaz rezultata na ekranu. Razvojno okruženje nema integrisani AD konvertor pa je neophodno dodati takvu komponentu uređaju. Moguće je koristiti i neko drugo razvojno okruženje koje poseduje AD konvertor, a zatim tu informaciju proslediti primarnom okruženju, ali je ipak u te svrhe u ovom radu iskorišćena komponenta ADC0804 [3]. Uređaj ima mogućnost snimanja signala bilo kog izvora, ali je za potrebe demonstracije korisniku omogućeno da okretanjem potenciometra pravi proizvoljan oblik signala. Rezultati merenja korisniku su dostupni na monitoru, a kontrolu uređaja vrši putem tastature.

Korišćeni protokoli, a zatim i logičke celine projekta opisane su detaljno u radu. Na kraju rada prikazan je izgled realizovanog uređaja i dobijeni rezultati. Predložene su i ideje kako unaprediti ovaj uređaj ili eventualno ga koristiti u druge svrhe.

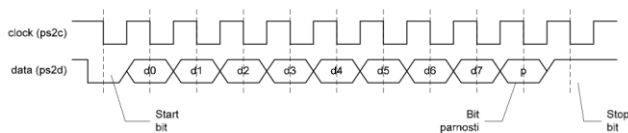
II. PS/2 PROTOKOL

PS/2 je standardni interfejs za povezivanje tastature sa hostom. Povezivanje se ostvaruje putem PS/2 konektora (Slika 2) [4]. Komunikacija se obavlja pomoću dve linije, DATA i CLK. Serijski, preko linije DATA, se prenose podaci. Linija CLK služi za prenos signala takta, a linije VCC i GND se koriste za napajanje tastature.



Slika 2. PS/2 protokol.

Podaci se prenose u okviru paketa veličine 11 bitova. Paket počinje start bitom, nakon njega sledi 8 bitova koji predstavljaju podatak, a zatim sledi bit parnosti i stop bit (Slika 3).



Slika 3. Izgled jednog paketa podataka.

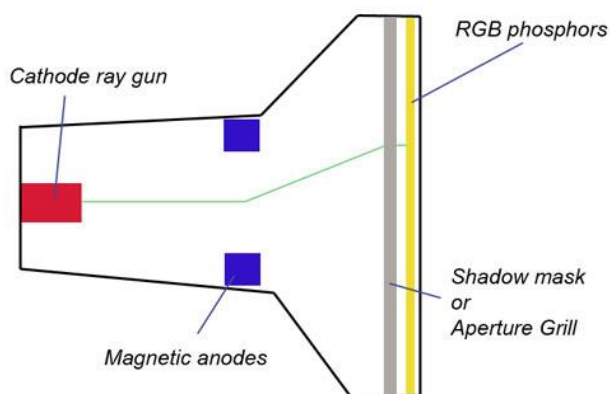
Tastatura se sastoji od matrice karaktera i mikrokontrolera koji na osnovu svake akcije šalje odgovarajući „scan code“. Pritisak i držanje tastera šalje „make code“, dok se prilikom otpuštanja tastera šalje njegov „break code“. Break code je veličine 2B pri čemu je prvi bajt vrednost F0h, dok drugi bajt predstavlja make code tog tastera. Kodovi odgovarajućih tastera prikazani su na slici 4.

ESC 76	F1 05	F2 06	F3 04	F4 0C	F5 03	F6 0B	F7 83	F8 0A	F9 01	F10 09	F11 78	F12 07	
~/ 0E	1! 1E	2@ 2E	3# 25	4\$ 2E	5% 36	6^ 3D	7& 3E	8* 46	9(45	0) 4E	-+ 55	1/ 5D	← 66
TAB 0D	Q 15	W 1D	E 24	R 2D	T 2C	Y 35	U 3C	I 43	O 44	P 4D	[54	] 5B	
Caps 58	A 1C	S 1B	D 23	F 2B	G 34	H 33	J 3B	K 42	L 4B	; 4C	' 52	↵ 5A	
Shift 12	Z 1A	X 22	C 21	V 2A	B 32	N 31	M 3A	< 41	> 49	?/ 4A		Shift 59	
Ctrl 14	Alt 11	SPACE 29										Alt E0 11	Ctrl E0 14

Slika 4. Kodovi osnovnih tastera.

III. VGA PROTOKOL

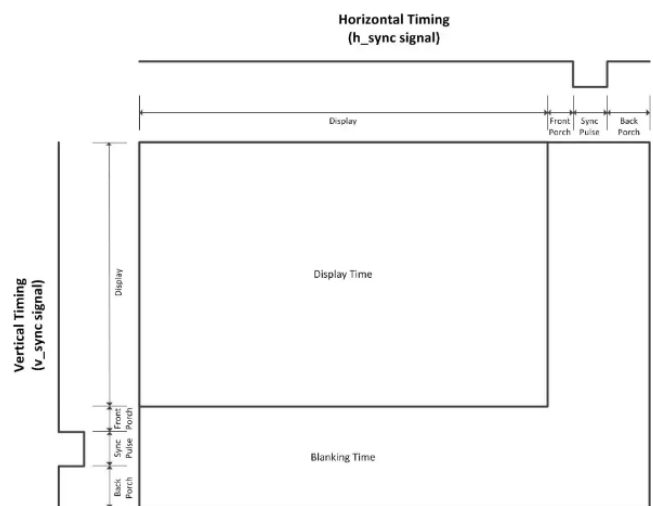
VGA protokol koristi se za prikazivanje grafičkog sadržaja na ekranu [5]. Osmišljen je za upotrebu na CRT monitorima koji funkcionišu tako što snop elektrona pada na odgovarajuću poziciju na ekranu i osvetljava je [6]. Poprečni presek CRT monitora prikazan je na slici 5.



Slika 5. Poprečni presek CRT monitora.

Ekran monitora na kome sadržaj prikazujemo korišćenjem VGA protokola možemo posmatrati kao matricu piksela. Dimenzija monitora korišćenog u ovom radu je 800x600 tj. 600 linija sa 800 piksela po liniji. Svaki piksel predstavlja jednu tačku čiju boju generišemo

signalima R (crvena), G (zeleni) i B (plava) predstavljenih sa po 4 bita. Osvežavanje ekrana se kontroliše sa dva sinhronizaciona signala: signal za horizontalnu (H_SYNC) i signal za vertikalnu (V_SYNC) sinhronizaciju. Ciklus osvežavanja počinje u gornjem levom uglu i taj piksel predstavlja koordinatni početak (0, 0). Nakon što se osveži prvi piksel, osvežavaju se preostali pikseli u prvoj liniji. Kada se osveži poslednji piksel u prvoj liniji, monitor dobije impuls za horizontalnu sinhronizaciju i prelazi na osvežavanje sledeće linije ekrana. Ovaj proces se ponavlja sve dok monitor ne osveži i poslednju liniju. Monitor kreće u naredni ciklus osvežavanja ekrana nakon što dobije impuls za vertikalnu sinhronizaciju, posle koga se vraća na vrh ekrana i celokupan postupak osvežavanja se ponavlja. Slika 6 predstavlja vremenski dijagram jednog ciklusa osvežavanja ekrana. Oblast „Display Time“ je vreme tokom kojeg se vrši bojenje piksela, dok je oblast „Blanking Time“ vreme tokom kojeg se vrši premeštanje pištolja koji emituje snop elektrona na početak novog reda ili na koordinatni početak ukoliko je izvršen ceo ciklus osvežavanja ekrana.



Slika 6. Dijagram osvežavanja ekrana.

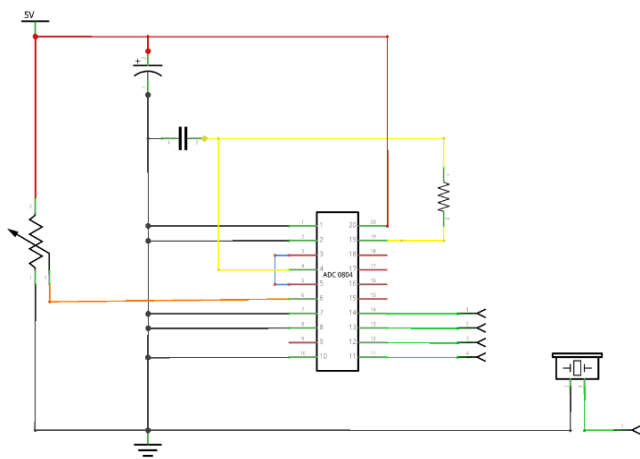
IV. ADC0804 I PIEZO BUZZER

Usled nedostatka AD konvertora na Altera Cyclone III razvojnom okruženju, bilo je potrebno na drugi način pretvoriti analogni signal (izmereni napon) u neku binarnu vrednost sa kojom bi razvojno okruženje moglo da radi. U te svrhe iskorišćeno je integrisano kolo ADC0804 koje vrednosti napona u opsegu od 0-5 V pretvara u binarnu reč širine 1B [3]. Radi jednostavnosti u radu su korišćena 4 viša bita sa kojima se postiže preciznost od oko 300 mV.

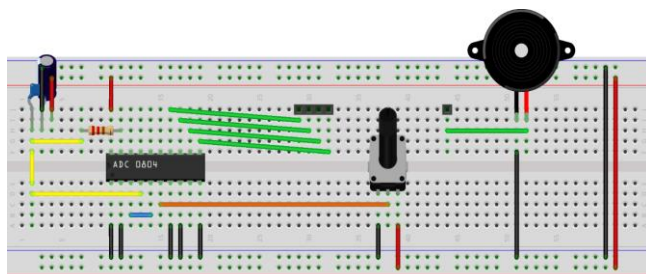
U trenutku merenja i iscrtavanja vrednosti napona, oglašava se piezo zujalica u svrhe otklanjanja grešaka i testiranja rada uređaja. U zavisnosti od frekvencije pobudnog signala, zujalica emituje ton odgovarajuće visine. Za realne potrebe kada je vreme između uzorkovanja veoma malo, ovakav način korišćenja zujalice

je nepraktičan. Korisniku je omogućeno kontrolisanje rada zujalice preko tastature.

Na slikama 7 i 8 prikazane su električna šema i 2D model ovog dela uređaja realizovani u programu Fritzing [7]. Komunikacija sa drugim delom uređaja realizovana je povezivanjem digitalnih GPIO pinova Altera Cyclone III pločice na odgovarajuće trnove postavljene na protoploču. Logički nivo razvojnog okruženja je 3.3 V pa je iz tog razloga bilo potrebno na neki način spustiti nivo napona iz AD konvertora sa 5 V na odgovarajuću vrednost. Zbog male izlazne struje bezbedno je naponskim razdelnikom podeliti napon u odgovarajućem odnosu i tu vrednost direktno voditi na GPIO pinove razvojnog okruženja. Naponski razdelnici nisu prikazani na slikama 7 i 8 jer nisu od suštinskog značaja za rad uređaja, već su umesto njih postavljeni trnovi.



Slika 7. Šematski prikaz.



Slika 8. 2D model.

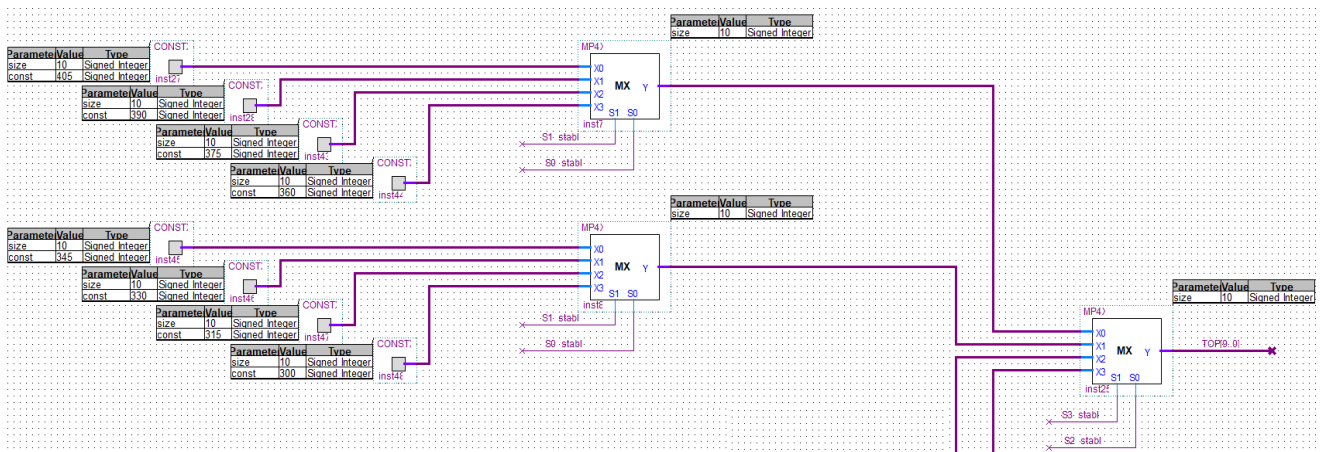
V. REALIZACIJA PROGRAMSKIH ŠEMA U QUARTUS PROGRAMSKOM OKRUŽENJU

U ovom poglavlju opisana je osnovna struktura i princip rada svih realizovanih komponenti u QUARTUS

programskom okruženju [8], a zatim i detalji realizacije svake od njih. Komponente **KeyboardInterface** i **VGAController** napravljene su kao hardverski interfejsi prethodno opisanih protokola za komunikaciju uređaja sa tastaturom i monitorom. Komponenta **KeyDetector** je kombinaciona mreža koja detektuje „scan code“ pritisnutog tastera. Komponenta **Point** predstavlja tačku pozicioniranu na odgovarajuće mesto na ekranu u zavisnosti od izmerene vrednosti napona u datom trenutku. **Scale** je komponenta koja korisniku daje informaciju o trenutnoj vrednosti napona. Korisniku je ta informacija dostupna na sedmosegmentnim displejevima kao i na skali koja je prikazana na ekranu. Komponente **Cursor_V** i **Cursor_H** postaju aktivne u trenutku kada korisnik zamrzne ekran i služe za precizno očitavanje vrednosti napona u određenoj tački. Osnovna ideja je imitacija vertikalnog i horizontalnog kursora osciloskopa. Komponenta **Color** predstavlja brojač koji na osnovu vrednosti koja se trenutno nalazi u njemu na svoje izlaze šalje odgovarajuću kombinaciju vrednosti boja. Ta mogućnost iskorišćena je za promenu boja tačaka koje predstavljaju izmerene podatke. **Main** šema objedinjuje sve navedene komponente i odgovorna je za njihovu međusobnu komunikaciju. Ostale prateće komponente koje se nalaze u projektu nisu specifične za konkretan projekat i predstavljaju unapređene osnovne kombinacione i sekvencijalne module koji su neophodni za sveobuhvatniju realizaciju kompletne logike samog uređaja.

A. Point

Komponenta je realizovana kao skup nekoliko logičkih celina odgovornih za kontrolu njenog prikaza na ekranu. Ulazni podaci neophodni za rad komponente su trenutne koordinate osvežavanja ekrana, nivo napona, signal takta i koordinata leve ivice počev od koje kreće ispis tačke na ekranu. Komponenta se periodično pobuđuje signalom active u trajanju od jedne periode signala takta i u tom trenutku upisuje u četiri jednorazredna registra (jedorazredni registar realizovan je komponentom DFFE) vrednost izmerenog napona i fiksira svoju poziciju na ekranu do sledećeg trenutka pobude. Na slici 9 prikazan je centralni deo komponente kojim se omogućava pozicioniranje tačke po y osi. Na osnovu četiri bita digitalne vrednosti napona S0_stable, S1_stable, S2_stable i S3_stable multiplexerima se propušta odgovarajuća vrednost gornje ivice tačke. Poznavanjem koordinata gornje leve tačke i dimenzija oblika vrši se njegovo iscrtavanje na ekranu. Da bi bilo omogućeno kaskadno vezivanje ovih komponenti, na svoje izlaze ona šalje koordinate svoje desne ivice.



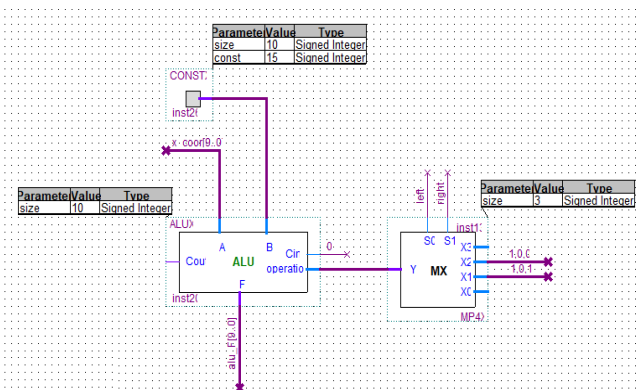
Slika 9. Šematski prikaz.

B. Scale

Komponenta Scale realizovana je na sličan način kao komponenta Point, ali za razliku od nje na osnovu vrednosti izmerenog napona određuje nivo (desnu koordinatu) horizontalne skale. Pored toga što postoji grafički prikaz izmerene vrednosti napona, komponenta na svoje izlaze šalje i numeričku vrednost napona u binarnom obliku koja se ispisuje na sedmosegmentnim displejevima razvojnog okruženja u dekadnom brojnem sistemu.

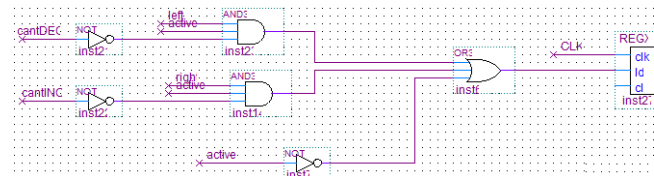
C. Cursor_VI Cursor_H

Uloga ovih komponenti je pružanje mogućnosti preciznog očitavanja vrednosti napona u željenoj tački. Očitavanje se vrši pozicioniranjem vertikalnog i horizontalnog kursora tako da njihov presek pokazuje na željeno mesto. Pomeranje kursora po ekranu kontrolišu strelicama. Kursori postaju vidljivi samo kada je uređaj u freeze režimu rada da bi korisnik neometano mogao da izvrši očitavanje pre nego da se pojavi nova vrednost na toj poziciji. Na slici 10 prikazan je deo šeme koji na osnovu željenog pomeraja kursora (levo ili desno) sračunava nove koordinate.



Slika 10. Deo šeme za pomeranje kursora i računanje koordinata.

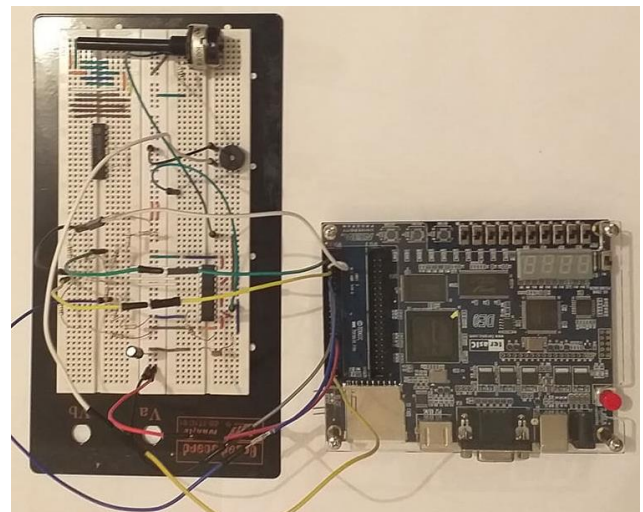
Da ne bi došlo do prekoračenja, ukoliko korisnik želi da kursor pomeri iza ivice ekrana, bilo je potrebno napraviti zaštitu od te situacije koja je prikazana na slici 11. Izlaz iz aritmetičko logičke jedinice učitavamo u registar samo ako je moguće izvršiti željenu operaciju bez prekoračenja.



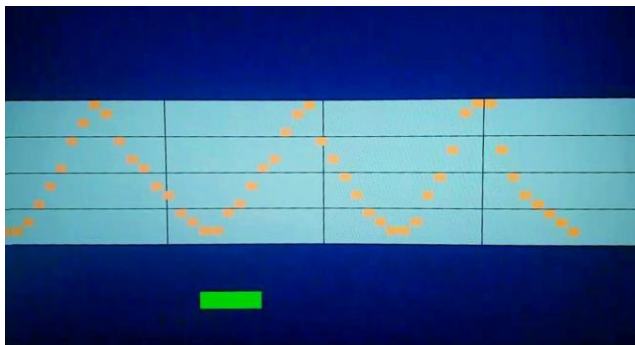
Slika 11. Deo šeme za pomeranje kursora unutar ivica ekrana.

VI. IZGLLED REALIZOVANOG UREĐAJA I IDEJE ZA NJEGOV DALJI RAZVOJ

Na slikama 12 i 13 prikazan je prototip uređaja kao i njegov korisnički interfejs.



Slika 12. Prototip uređaja.



Slika 13. Korisnički interfejs.

Prednost digitalnih osciloskopa je u tome što izmerene vrednosti napona mogu da sačuvaju u memoriji na kompjuteru razumljiv način. Čuvanje ovih podataka moguće je putem SD kartice za koju razvojno okruženje poseduje odgovarajući hardverski interfejs. Takođe moguća je i realizacija čitanja prethodno izmerenih podataka sa spoljašnje memorije i njihovo prikazivanje na ekranu. Na kraju, veliko unapređenje bila bi mogućnost snimanja 2 kanala i njihovo simultano prikazivanje.

Ukoliko se na ovaj rad pogleda iz drugog ugla, on bi mogao da predstavlja i osnovnu verziju klavijature. Svaki taster (dirka) imala bi pridruženu vrednost napona. Prilikom pritiska na dirku, uređaj bi očitavao vrednost napona i emitovao ton odgovarajuće visine. Kao što je prethodno objašnjeno piezo zujalica emituje ton odgovarajuće visine na osnovu frekvencije pobudnog signala. Ekran bi, prilikom ovakve realizacije, mogao da se koristi za prikazivanje pritisnutih nota.

VII. ZAKLJUČAK

Korišćenjem Altera Cyclone III razvojnog okruženja i QUARTUS programskog okruženja realizovan je

jednostavan osciloskop. Osciloskop je testiran u laboratorijskim uslovima. Prilikom testiranja generisanje proizvoljnog oblika signala ostvareno je okretanjem potenciometra koji je u konfiguraciji naponskog razdelnika. Prikazani su rezultati testiranja i ideje kako unaprediti ovaj projekat.

ZAHVALNICA

Inspiracija za ovaj rad potiče sa predmeta "Osnovi računarske tehnike 2" koji se sluša na smeru SI na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Ključna znanja vezana za ovaj rad stečena su iz ovog predmeta, višegodišnji praktičan rad sa elektronskim komponentama doprineo je kompletiranju zadatka.

LITERATURA

- [1] Altera Cyclone III FPGA. Dostupno na: https://www.intel.com/content/www/us/en/programmable/products/boards_and_kits/dev-kits/altera/kit-cyc3-starter.html
- [2] Grafička ilustracija osciloskopa. Dostupno na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Oscilloscope>
- [3] ADC0804 Texas Instruments, Dostupno na: https://www.ti.com/product/ADC0804-N?HQS=TI-null-null-alldatasheets-df-pf-SEP-wwe&DCM=yes&dclid=CKiujIq_9esCFdMGiwodklwOgQ
- [4] PS/2 Protocol, Dostupno na: http://www.burtonsys.com/ps2_chapweske.htm
- [5] VGA Protocol, Dostupno na: <https://www.eecs.umich.edu/courses/eecs373/Lec/StudentF18/VGA%20Student%20Presentation.pdf>
- [6] CRT Monitors, Dostupno na: <https://computer.howstuffworks.com/monitor7.htm>
- [7] Fritzing, Dostupno na: <https://fritzing.org/>
- [8] Programsko okruženje QUARTUS, Dostupno na: <https://www.intel.com/content/www/us/en/software/programmable/quartus-prime/overview.html>

Uređaj za merenje fazne razlike

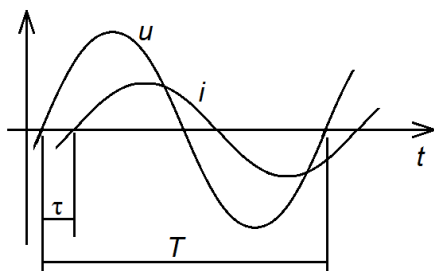
Tijana Lazić

Sadržaj – Uređaj je namenjen za merenje fazne razlike između napona i struje kod potrošača u kolima naizmenične struje, pomoću Arduino mikrokontrolera.

I. UVOD

Fazna razlika predstavlja ugaoni pomak između dve električne veličine u kolima naizmenične struje. Različiti karakteri potrošača u kolima naizmenične struje karakterišu različiti fazni pomaci između napona na potrošaču i struje kroz potrošač.

Čisto aktivni potrošači nemaju fazni pomak, odnosno napon i struja kroz ove potrošače su u fazi. Kod induktivnih potrošača napon prednjači struji za ugao od 90° . Kod kapacitivnih potrošača struja prednjači naponu, odnosno napon kasni za strujom za ugao od 90° . Kombinacija raznih karaktera potrošača, kao što su otporno-kapacitivni ili otporno-induktivni, karakteriše fazni pomak između -90° i $+90^\circ$ (ili $-\pi/2$ i $+\pi/2$ rad).



Slika 1. Fazna razlika između napona i struje.

Mereći vreme prolaska napona na potrošaču kroz nulu, kao i struje potrošača kroz nulu (*zero cross* detekcija), možemo izmeriti fazni pomak između ove dve veličine i utvrditi karakter potrošača. Na slici 1 sa τ je označen je vremenski pomak između prolaska napona i struje kroz nulu a sa T je označena perioda napona. Fazni pomak φ definiše se kao:

$$\varphi = \frac{\tau}{T} \cdot 360^\circ = \frac{\tau}{T} \cdot 2\pi \text{ rad} \quad (1)$$

II. PRINCIP RADA I PRAKTIČNA REALIZACIJA

Uređaj (slika 2) sastoji se iz Arduino Nano mikrokontrolera, LCD displeja 16x2, elektronskog sklopa

T. Lazić, učenica Tehničke škole u Loznici, Trg Jovana Cvijića 3, 15300 Loznica, Srbija, e-mail: tijanaticalazic02@gmail.com

za napajanje Arduina i detektora prolaska napona i struje kroz nulu (*zero cross* detektora).

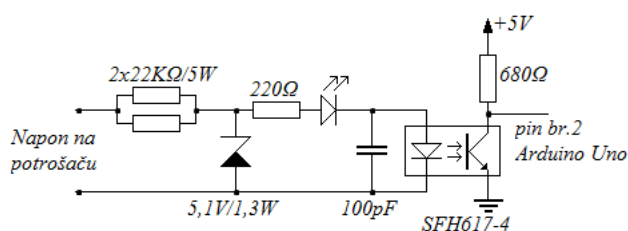
Merenje faznog pomaka obavlja Arduino Nano mikrokontroler, koji meri vreme između prolaska napona na potrošaču i struje kroz potrošač kroz nulu.



Slika 2. Izgled uređaja.

A. Hardver

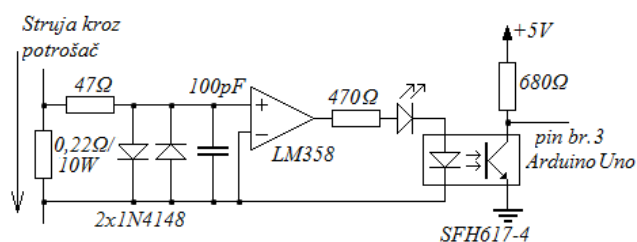
Detekcija prolaska napona kroz nulu realizovana je pomoću električne šeme (slika 3) [1]. Prilikom pozitivnog dela napona na potrošaču, LE dioda optokaplera provodi čime se mikrokontroleru šalje signal logička nula. Prilikom prolaska napona iz negativnog u pozitivni deo napona, mikrokontroler dobija opadajuću ivicu signala koji koristi kao informaciju da je napon na potrošaču pozitivan i da je upravo prošao kroz nulu.



Slika 3. Detektor prolaska napona kroz nulu.

Detekcija prolaska struje kroz nulu realizovana je pomoću električne šeme, prikazane na slici 4.

Informacija o struji kroz potrošač dobija se preko napona na šant otporniku ($0,22\Omega$) [2]. Napon na ovom otporniku je, zbog čisto aktivnog karaktera, u fazi sa strujom kroz otpornik, odnosno sa strujom kroz potrošač. Detektujući prolazak napona kroz nulu na šant otporniku, detektuje se i vreme prolaska struje potrošača kroz nulu [3].



Slika 4. Detektor prolaska struje kroz nulu.

Optokaplerima ostvarena je galvanska izolacija između mikrokontrolera Arduino Nano i ostatka uređaja. LE vezane na red sa LE diodama optokaplera služe za vizuelnu signalizaciju detekcije prolaska napona i struje potrošača kroz nulu.

Signali o prolasku napona i struje kroz nulu dovode se na mikrokontroler Arduino Nano na pin broj 2 i pin broj 3, koji su eksterni prekidni ulazi INT0 i INT1 ovog mikrokontrolera. Prolaskom napona i struje potrošača kroz nulu signali koji se dovode na ove ulaze mikrokontrolera padaju sa stanja logičke jedinice na logičku nulu.

Rezultat merenja se ispisuje na LCD displeju 16x2 preko I²C interfejsa.

U uređaju su zastupljena dva mrežna transformatora. Jedan transformator napaja kolo za detekciju prolaska struje kroz nulu, a drugi se koristi za napajanje Arduino Nano mikrokontrolera i LCD displeja.

B. Softver

Za programiranje mikrokontrolera korišćen je Arduino Software.

Princip rada programa baziran je na detekciji dva eksterna prekida, koji se dovode na pin 2 i pin 3 Arduino Nano mikrokontrolera. Oba prekida podešena su na silaznu ivicu. Kada napon na potrošaču prođe kroz nulu, dolazi do generisanja prekida, a program ovaj vremenski trenutak prepoznaje i počinje da meri vreme. Kada struja kroz potrošač prođe kroz nulu, tada dolazi do generisanja drugog prekida, a program ovaj vremenski trenutak oduzima od prethodno detektovanog. Razlika ova dva vremenska trenutka se procesuiru i dobija se fazni pomak između napona i struje kroz potrošač.

Mereći vreme između dva susedna prolaska napona kroz nulu, meri se perioda napona, odnosno frekvencija mreže na koju je priključen uređaj.

Na LCD displeju se ispisuju izmerene veličine: frekvencija mreže, fazni ugao između napona i struje potrošača prikazan u stepenima i tekstualni opis karaktera potrošača.

U mikrokontroler Arduino Uno unet je sledeći program:

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
```

```
#define napon 2
#define struja 3
unsigned long t1, t2, t3;
float f, t, s, fi;
```

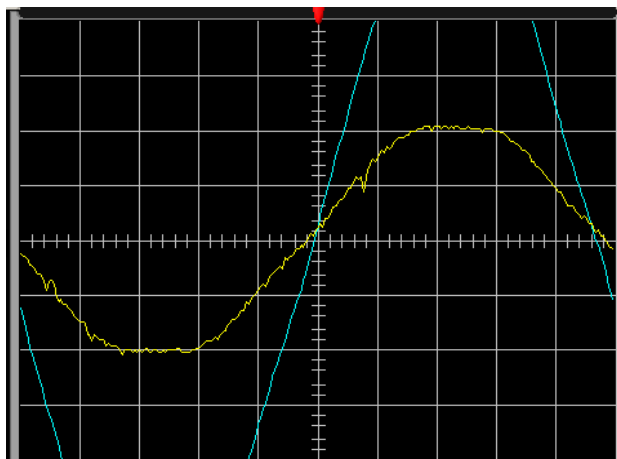
```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
  pinMode(napon, INPUT);
  pinMode(struja, INPUT);
  attachInterrupt(0, napon_nula, FALLING);
  attachInterrupt(1, struja_nula, FALLING);
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Tijana Lazic E41");
  delay(1000);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" Tehnicka skola");
  delay(1500);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" Loznica ");
  delay(1500);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" 2020/2021 ");
  delay(1500);
  lcd.clear();
  delay(500);
}
```

```
void loop()
{
  t=(t2-t1)/1000.;
  s=(t3-t1)/1000.;
  fi=360*s/t;
  while(fi > 360){fi=fi-360;};
  if (fi>90) fi=fi-360;
  f=1000/t;
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(" f="); lcd.print(f); lcd.print("Hz");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" fi="); lcd.print(fi); lcd.print("o");
  lcd.setCursor(12,1);//lcd.print("Tija");
  if (fi<-87)lcd.print(" C ");
  else if (fi<-3)lcd.print(" R-C");
  else if (fi<3)lcd.print(" R ");
  else if (fi<88)lcd.print(" R-L");
  else lcd.print(" L ");
  delay(500);
}
```

```
void napon_nula(){
  t1=t2;
  t2 = micros();}
void struja_nula(){
  t3 = micros();}
```

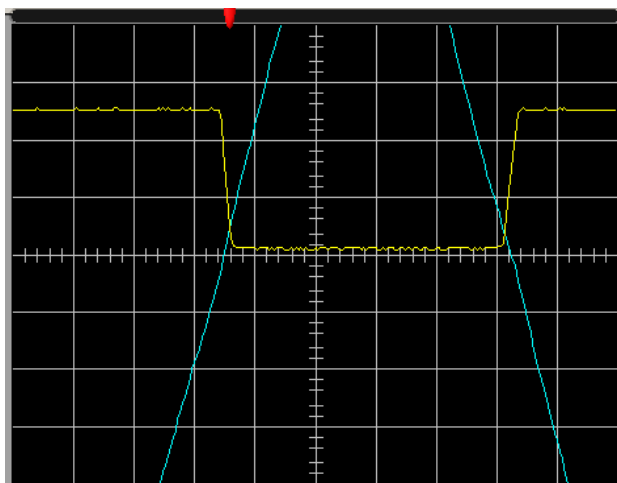

III. TESTIRANJE UREĐAJA

Testiranje rada uređaja sprovedeno je za nekoliko vrsta potrošača. Na slici 5 prikazan je oblik napona na potrošaču i napona na šant otporniku, snimljen pomoću digitalnog osciloskopa za slučaj kada je potrošač sijalica sa užarenim vlaknom. Napon na potrošaču prikazan je plavom bojom 50V/div, a napon na šant otporniku žutom bojom 50mV/div. Podela vremenske ose je 2ms/div.



Slika 5. Vremenski oblik napona na sijalici sa užarenim vlaknom i napon na šant otporniku.

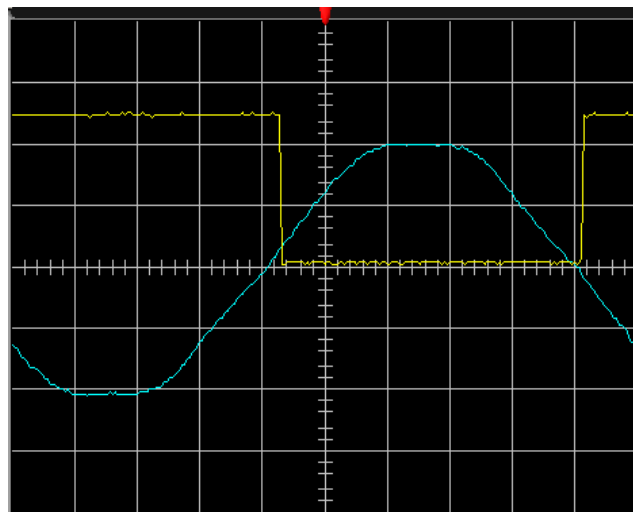
Na slici 6 prikazan je trenutak prolaska napona potrošača kroz nulu i signal koji se dovodi na pin broj 2 mikrokontrolera Arduino Uno. Napon na potrošaču prikazan je plavom bojom (50V/div), a napon na pinu broj 2 mikrokontrolera žutim bojom (2V/div). Podela vremenske ose je 2ms/div.



Slika 6. Vremenski oblik napona na potrošaču i napon na pinu broj 2 mikrokontrolera.

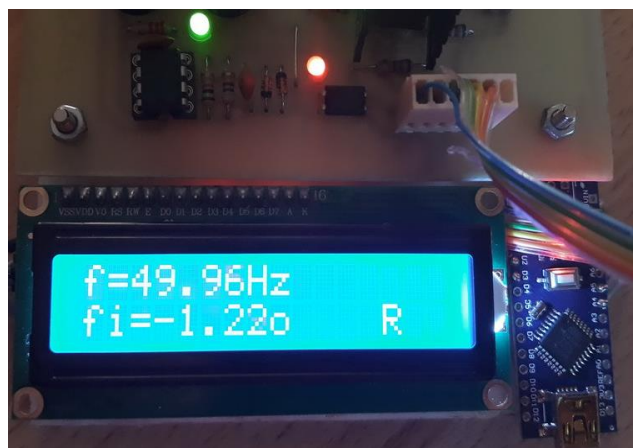
Na slici 7 prikazan je trenutak prolaska napona na šant otporniku, odnosno struje potrošača kroz nulu i signal

koji se dovodi na pin broj 3 mikrokontrolera Arduino Uno. Napon na potrošaču prikazan je plavom bojom (50mV/div), a napon na pinu broj 3 mikrokontrolera žutom bojom (2V/div). Podela vremenske ose je 2ms/div.



Slika 7. Vremenski oblik napona na šant otporniku i napon na pinu broj 3 mikrokontrolera.

Na slici 8 prikazan je ispis na LCD displeju kada je potrošač sijalica sa užarenim vlaknom.



Slika 8. Ispis rezultata merenja.

IV. ZAKLJUČAK

Na osnovu uporednih vremenskih dijagrama napona i struje kroz potrošač kao i odgovarajućih signala koje dobija Arduino dokazano je da kolo za detekciju prolaska napona i struje kroz nulu u potpunosti obavlja svoju funkciju. Izmerene vrednosti faznog pomaka odgovaraju karakteru potrošača koji je korišćen prilikom merenja.

Ovaj uređaj može biti od koristi ne samo prilikom utvrđivanja karaktera potrošaču već i odnosu aktivne i reaktivne snage u kolima naizmenične struje.

ZAHVALNICA

Zahvalnost za realizaciju ovog istraživačkog projekta uputila bih mojoj profesorki, Milijani Sakić, na lektorisanju ovog rada, kao i mojoj porodici na finansijskoj i moralnoj podršci. Posebnu zahvalnost mom mentoru, profesoru, dipl.inž.elek. Tomislavu Mijiću na mnogobrojnim savetima i pomoći u realizaciji projekta.

LITERATURA

- [1] http://www.bristolwatch.com/ele2/zero_crossing.htm
- [2] <https://electronics.stackexchange.com/questions/178212/how-to-make-current-to-voltage-converter>
- [3] <https://www.circuitstoday.com/zero-crossing-detector>

Industrijski robot opšte namene

Veljko Aleksić, Aleksandra Aleksić, Predrag Šubarević

Sadržaj – U ovom radu prikazan je industrijski robot opšte namene i primene. Robotska ruka ima mogućnost manipulacije u polusferi, prema potrebama korisnika. Cilj ovog rada je stvoriti industrijskog robota koji ima posebnost u tome da ga svako može, na veoma jednostavan način i bez prethodnog znanja, programirati ili reprogramirati u bilo kom trenutku i na bilo kom mestu. Sva istraživanja, radi realizacije ovog rada, obavljena su u laboratorijama ETŠ „Nikola Tesla” u Nišu.

I. UVOD

Paralelno sa društveno-ekonomskim razvojem odvija se i industrijski razvoj. Sve češće mašine i roboti zamenjuju čoveka. U mnogim industrijskim postrojenjima postoje radna mesta sa povećanim rizikom, a neophodna su za tehnološki proces u industriji. Takva radna mesta su opasna po zdravlje i život zaposlenog. Navešćemo neka radna mesta sa povećanim rizikom:

- Radna mesta u topionicama gde je radnik bio izložen stalnim povišenim temperaturama koje su izuzetno neprijatne za rad. Pored visokih temperatura česta su i isparenja otrovnih gasova, koje nikada ne možemo isključiti, već ih samo svodimo na neki prihvatljiviji nivo što umanjuje zdravstvenu ili životnu ugroženost radnika, ali je i ne isključuje u potpunosti.
- Radna mesta koja podrazumevaju rad sa opasnim materijama i hemikalijama gde greške u tehnološkom procesu ili pogreške samog zaposlenog, dovode u pitanje već i ostale koji se nalaze u blizini.
- Radna mesta koja podrazumevaju rad pored rotirajućih delova mašine. Mala nesmotrenost radnika, usled premora ili pada koncentracije, može dovesti do povrede radnika ili oštećenja same mašine.
- Radna mesta poreduređaja koji podrazumevaju osno pomicanje delova mašine, pored raznih prese, hidrauličnih ili pneumatskih klipova.

Rad na industrijskim pokretnim trakama gde je potrebna koncentracija radnika na najvišem nivou tokom cele smene. Često je položaj tela radnika jednoličan, pa, posle višegodišnjeg rada može izazvati mišićnu ili koštanu deformaciju, a samim tim dovesti radnika do privremene, a

veoma često i do trajne nesposobnosti za rad.

Pored toga što robotom smanjujemo mogućnost povrede čoveka, veoma je često potrebno povećati brzinu proizvodnog procesa tj. zameniti čoveka robotom. Kod radnika, se javlja zamor kao i pad koncentracije, a samim tim smanjuje se i njegova efikasnost. Premor radnika veoma često je i uzrok grešaka, a posledice mogu biti nesagledive. Roboti se često projektuju za neprestani rad, a tek se nakon dužeg radnog veka servisiraju, po potrebi popravljaju i nakon toga nastavljaju da obavljaju posao za koji su konstruisani.

Pored stalne brzine rada, roboti imaju izuzetnu preciznost u svom radu. U mogućnosti su da rade veoma komplikovane manipulacije veoma brzo i sa ogromnom preciznošću.

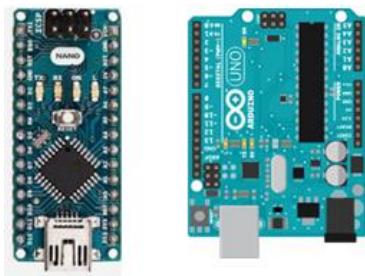
Ovo su samo neke od prednosti robota nad čovekom. Roboti su, dakle, mašine koje uspešno mogu zameniti čoveka u mnogim poslovima. Zbog toga se izrađuju i razne vrste robota u skladu sa potrebama industrije. Mogu se razlikovati prema IP zaštiti, kao i po konstruktivnim rešenjima ili manipulativnim mogućnostima. Većina robota se kontroliše unapred napisanim programom koji koristi neki kontroler i na osnovu tog programa daje komande robotu. Jedna od mana robota, u odnosu na čoveka je ta što većina robota izvršava strogo određenu radnju. Pored toga, roboti na sebi često imaju raznorazne senzore, što im na neki način daje i određenu mogućnost odluke ili, da tako kažemo, svojevrzni intelekt. Sve ovo je donekle ograničeno programom i unapred predviđeno. Svako dalje menjanje pozicija ili drugih parametara podrazumeva veoma često promenu isamog programa što može dovesti do problema. U zavisnosti od primene robota u industrijskom, tehnološkom procesu, manje ili više je potrebno menjati njegov rad. Reprogramiranje robota je često ostavljeno samom proizvođaču ili njihovim ovlašćenim servisima, što podrazumeva dodatne troškove i zaustavljanje proizvodnje na neko kraće ili duže vreme. Ukoliko je potrebno često menjati program, takav robot je vlasniku neisplativ, jer ne opravdava troškove koje iziskuje. S tim u vezi realizujemo prototip robota koji je krajnje jednostavan za programiranje.

II. PRINCIP RADA I PRAKTIČNA REALIZACIJA AVA ROBOTA

Princip rada AVA robota je kontrola klasičnog manipulatora uz pomoć dva kontrolera ATMEGA 328P. Kao što gore navodimo, akcenat je na jednostavnosti programiranja samog robota.

V. Aleksić i A. Aleksić su učenici II razreda ETŠ „Nikola Tesla”, Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, E-mail: info@etstesla.ni.ac.rs

P. Šubarević je mas. inž. mehatronike i upravljanja, ETŠ „Nikola Tesla”, Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, E-mail: info@etstesla.ni.ac.rs



Slika 1. Kontroleri Arduino NANO i Arduino Uno.

Robot je izrađen od metala, pleksiglasa i ABS plastike. Na sebi ima šest servo motora koji mu daju šest osa manipulacije. U stanju je da dokuči svaku tačku unutar polulopte, što mu daje ogromne mogućnosti prilikom rada. Programom je predviđena kontrola uz pomoć bilo kog touch-screen telefona koji u sebi ima bluetooth. Jednostavnim instaliranjem naše aplikacije, koja je dostupna na Google Play platformi, vaš telefon ili tablet uređaj se pretvara u veoma jednostavan programator. Pored ručne manipulacije AVA robot prepoznaje i ljudski govor, pa se putem naše aplikacije može njegov rad kontrolisati i govorom. U stanju je da odgovara na postavljena pitanja koja su vezana za njegove mogućnosti i sam rad. Glasovno programiranje je podjednako precizno kao i manualno, aplikacijom. Na vrhu robota nalaze se klešta od pleksiglasa koja se otvaraju do 180 stepeni, radi prezentacije samog prototipa. Mogu se postaviti i elektromagneti, vacuum pumpe, pištolji za zavarivanje, laseri, glodalice itd. Pored klešta montirane su i dve UV lampice koje bi vršile dezinfekciju prostora ispred sebe u skladu sa trenutnom covid situacijom, kao i manipulaciju medicinskih sredstava i alata. Mehaničko rešenje je takvo da snop lampica prati pomeranje ruke robota i na taj način dezinfikuje sve što se nađe u kleštima robota. Ulazni napon je 220V /50Hz AC. Osnovni delovi, pored mehaničkog sklopa, su kontroleri Arduino Uno i Arduino Nano. Koristimo dva kontrolera zbog toga što kodovi u njima zauzimaju mnogo memorijskog prostora i kao takvi ne bi mogli stati na jedan kontroler. Kako bi obezbedili stalne napone napajanja koristimo DC/DC module za smanjenje i stabilizaciju napona. Bitnije komponente su i dva bluetooth modula HC-05. Koristimo dva bluetooth modula jer primaju različite tipove signala. Zadržavamo pravo samohodnog kretanja prototipa AVA robota, koje smo izostavili zbog nedostatka vremena za realizaciju. AVA robot može biti montiran u bilo kom položaju, podu, zidu, plafonu ili bilo kojoj predviđenoj kosoj površini. Pored ovih karakteristika, tu je još jedna prednost u odnosu na mnoge industrijske robote eminentnih proizvođača. To je kontrola njegove brzine, kako u radu tako i prilikom programiranja, što omogućava preciznije pozicioniranje i rad samog robota. Govorne komande se mogu zadavati u bilo kom trenutku, dok je robot u radu ili za vreme samog programiranja. Telefon ili tablet kojim se vrši programiranje nije nužno da bude u dometu robota nakon programiranja. Posle programiranja možemo telefon i isključiti, diskonektovati ili se udaljiti.

Robot će nastaviti da radi zadate funkcije dokle god bude imao napajanje. Sama ruka robota izrađena je od aluminijumskog L profila koji robotu daje priličnu preciznost i čvrstoću konstrukcije. Tri motora koja kontrolišu najduži deo ruke su servo motori MG996R.

MG996R Servo Motor - karakteristike:

- Radni napon je 5V-7,2V
- Struja: 2.5A (6V)
- Maksimalna torzija: 9,4 kg/cm (na 4,8V)
- Maksimalni obrtni momenat zaustavljanja: 11 kg/cm (6V)
- Radna brzina je 0,17 s/60°
- Materijal reduktora: Metal
- Rotacija : 0°-180°
- Težina motora : 55gr



Slika 2. Servo motor MG996R.

Na vrhu ruke AVA robota nalaze se još tri motora koja kontrolišu položaj klešta, dva motora MG90S i jedan motor SG90S.

MG90 Servo Motor - karakteristike:

- Radni napon je 5V
- Maksimalna torzija: 1,8 kg/cm (4,8V)
- Maksimalni obrtni momenat zaustavljanja: 2,9kg/cm (6V)
- Brzina rada je 0,1s/60° (4,8V)
- Materijal reduktora: metal
- Rotacija : 0°-180°
- Težina motora : 13.4gr



Slika 3. Servo motor MG90S.

SG90 Servo Motor - karakteristike:

- Radni napon je 5V
- Maksimalna torzija: 1,8 kg/cm (4,8V)
- Maksimalni obrtni momenat zaustavljanja: 2,5kg/cm (6V)
- Brzina rada je 0,1s/60° (4,8V)
- Materijal reduktora: plastika
- Težina motora : 13.4gr



Slika 4. Servo motor SG90.

Radni opseg robota je u prečniku polusfere od 76 cm. Maksimalna visina robota je 58cm. Kontroleri imaju stalni napon od 5V/3A DC. Ovaj AVA robot je u stanju da radi u nekom prostoru koji podrazumeva dezinfekciju i manipulaciju medicinskih sredstava. Pored toga, može biti programiran kao manipulator u procesima pakovanja, sortiranja, ili provere elemenata uz odgovarajuće senzore. Gore navedeni kontroleri poseduju ukupno 28 digitalnih I/O pinova, kao i 14 analognih ulaza, što omogućava dodatnu ugradnju raznih senzora, kamera, kao i dodatnih alata. U kombinaciji sa dva bluetooth modula sposoban je da primi tekstualne, i brojeve informacije. Audio pojačavač zajedno sa zvučnicima je tu da omogući glasovni odziv robota ka korisniku. Pojačavač je stereo i snage 50W. Ovakav pojačavač audio signala robotu će omogućiti jasnu i glasnu komunikaciju sa operaterom čak i u bučnim industrijskim pogonima. Sposoban je da glasovno pokaže spremnost za rad ili potvrdu o uključanju nekog segmenta koji poseduje. Ne postoje ograničenja u smislu njegovih mogućnosti tako da je u potpunosti prilagodljiv bilo kakvim zahtevima u bilo kojoj industriji. Gabarit i snaga robota lako mogu biti trenutno povećani do sile motora od 60kg/cm. Za veću nosivost jedina izmena je u smislu povećanja napona, struje, ili nekih drugih parametara koje će podrazumevati snažnije motore. Cena AVA robota je zanemarljivo mala u odnosu na konkurentne robote eminentnih proizvođača. Razvoj AVA robota u smislu poboljšanja mehaničkog dela može znatno povećati njegovu preciznost uvođenjem čvrstije konstrukcije i kugličnih ležajeva. Time ćemo smanjiti trenje u zglobovima, pa tako i povećati silu samog robota. Dakle, preciznost robota zavisi isključivo od mehaničkog rešenja. Cena elektronskog dela ovog prototipa je oko 150 evra U zavisnosti od potrebne preciznosti, montaže ili stabilnosti samog robota, na cenu se dodaju troškovi mehaničkog sklopa.

III. OPIS RADA

Ovaj robot, krajnje jednostavan za programiranje, radi lakše komunikacije ima i svoje ime – Miroslav. Softver pomoću kojeg se programira sa android telefona ili tableta smo sami izradili tako da ne postoji mogućnost da neovlašćenim pristupom neko sa strane, uz pomoć standardnih softverskih rešenja, pristupi robotu i na taj način ga reprogramira.



Slika 5. Deo aplikacije za upravljanje robotom.

Standardna softverska rešenja koja se mogu naći na Google play platformi u smislu komunikacije sa kontrolerom Atmega328P nisu od koristi kad govorimo o programiranju ili reprogramiranju datog robota. Za puko predstavljanje prototipa smatramo ovakvu vrstu zaštite dovoljnom, a moguće je softverskim rešenjem povećati i taj nivo zaštite raznim šifriranjima. Ukoliko bi počela serijska proizvodnja ovog robota svaki od robota bi bio posebno šifriran u smislu prepoznavanja signala sa androida, tako da i dalje ne bi postojala mogućnost neovlašćenog pristupa radi korišćenja istog softvera za dva ili više robota. Ukoliko bi kupcu potrebna dva ili više robota, u tom slučaju bi mogao koristiti isti softver za sve robote u svom preduzeću. Sa tim softverom ne bi postojala mogućnost programiranja robota koji nisu u njegovom vlasništvu. Prilikom startovanja aplikacije možemo odabrati dve vrste programiranja robota, glasovnu i digitalnu komunikaciju, što nam omogućava AVA robot aplikacija. Konektovanjem na digitalnu komunikaciju daje nam se mogućnost pomeranja bilo koje ose robota i to po principu jedan dodir = jedan stepen zaokreta motora. Držanjem tastera, izabrani robotski segment se neprekidno kreće u zadatom smeru. Brzina zaokreta motora koji nosi robotski segment ili više njih zavisi od naše želje. Na dnu aplikacije nalazi se klizač "speed" koji nam omogućava brže ili sporije pomeranje. Nakon svakog željenog pokreta, tasterom "save" memorišemo dato pomeranje i tako sa svim ostalim segmentima robota koje želimo dovesti na određenu poziciju. Nakon memorisanih pozicija, tasterom "run" robota puštamo u rad brzinom rada za koju smo ga programirali. Utvrđivanjem ispravnih pozicija robota u toku rada možemo istim klizačem "speed" povećati njegovu brzinu sve do maksimalne brzine samih robota. Ukoliko, iz nekog razloga, želimo zaustaviti proces rada samog robota, to ćemo učiniti pritiskom na taster "pause". Nakon ponovnog pritiska na isti taster, robot će nastaviti s daljim izvršavanjem prethodno zadatih pozicija bez gubljenja memorije. Tasterom "reset" brišemo podatke iz memorije i nakon toga je robot spreman za ponovno

programiranje. Odabirom zvučne opcije, taster “Obratite se Miroslavu”, ulazimo u deo aplikacije koja služi za glasovno ili pisano programiranje robota u smislu uključenja, isključenja, ili startovanja raznih alata i funkcija robota.



Slika 6. Deo aplikacije za komunikaciju sa robotom Miroslavom.

Glasovne komande možemo primenjivati i u toku samog rada robota, i tako mu menjati funkcije. Nakon bilo kakvog programiranja i startovanja robota, operater se može udaljiti sa samog mesta rada robota. Programiranje bluetooth-om je ispitano u laboratoriji na udaljenosti od 15m sa preprekom od dva betonska zida. Ovo nam omogućava programiranje ili repogramiranje robota koji radi u nehumanim uslovima za čoveka. Tako je moguće izbeći posledice po zdravlje programera ili operatera koji programira ili manipuliše AVA robotom. Prema specifikaciji proizvođača, svi delovi robota su u mogućnosti da rade od -50° do $+70^{\circ}$ Celzijusove skale. Jezik koji je korišćen u aplikaciji je engleski, ali prema potrebi kupca može biti bilo koji. Glasovna komunikacija takođe može biti na bilo kom jeziku, a trenutno je na sprskom, kao i odgovor od strane AVA robota.

IV. ZAKLJUČAK

Proverom svih trenutnih mogućnosti u laboratorijama ETŠ “Nikola Tesla” u Nišu zaključujemo potpunu ispravnost očekivanih mogućnosti AVA robota. Cena, koju gore navodimo, je zanemarljivo mala u odnosu na eminentne svetske proizvođače čiji su roboti daleko skromnijih mogućnosti, a cena im se kreće u opsegu od više desetina hiljada evra pa i do više stotina hiljada evra.

Cilj nam je prikupiti sredstva ili sponzore za serijsku proizvodnju robota domaće izrade.



Slika 7. Robot Miroslav.

Kodiranje kontrolera izvršeno u Arduino IDE-u. Svaki od kontrolera ima zaseban kod, ali podjednako učestvuju u komunikaciji sa robotom.

LITERATURA

- [1] Arduino, Dostupno na: <https://www.arduino.cc/>
- [2] Components, Dostupno na: <https://components101.com/servo-motor-basics-pinout-datasheet>
- [3] Roboti i manipulatori u montaži, Dostupno na: http://titan.fsb.hr/~zkunica/nastava/pms/roboti_manip.pdf

Praktična realizacija Solar Trakera korišćenjem Arduino okruženja

Aleksandra Aleksić, Veljko Aleksić, Predrag Šubarević

Sadržaj – U ovom radu prikazana je praktična realizacija Solar Trakera korišćenjem Arduino okruženja.

I. UVOD

Povećanjem globalnog zagađenja postoji sve veća potreba za sistemima koji su ekološki snabdevači električne energije. Jedan od najboljih vidova dobijanja ekološki „čiste“ energije jeste izgradnja solarnih elektrana korišćenjem foto-naponskih ćelija (u daljem tekstu – solarni panel).

II. PRINCIP RADA SOLARNIH PANELA I UTICAJI NA NJIHOVU EFIKASNOST

Za sam rad solarnih panela upotrebljen je fotoelektrični efekat (hemijski fenomen slobodnih elektrona). Fotoelektrični efekat nastaje kada fotoni sa Sunca padaju na površinu solarnih panela. Solarni panel se sastoji od kontakata napravljenih od silicijuma koji su obogaćeni primesama bora i fosfora. Kontakti obogaćeni fosforom grade poluprovodnik N-tipa gde su glavni nosioci naelektrisanja elektroni, a kontakti obogaćeni borom grade poluprovodnik P-tipa kod kog su glavni nosioci naelektrisanja šupljine. Između ova dva tipa poluprovodnika nalazi se potencijalna barijera. Kada Sunčevi zraci dopru do površine ovako kombinovanih poluprovodnika, usmerava se kretanje elektrona, a samim tim se formira razlika potencijala između dva kontakta. Prema poslednjim istraživanjima, Sunce emituje od 900W do 1000 W snage po kvadratnom metru Zemljine površine. Dosadašnjom tehnologijom izrade solarnih panela razvijeni su paneli za široku upotrebu, iskoristljivosti Sunčeve energije od 20 do 22%. Do ovog podatka lako dolazimo ako uzmemo u obzir površinu solarnog panela koja je oko 1 m², a isti isporučuje maksimalnu snagu električne energije od 200 W. Švajcarska firma Airlight [1] je razvila solarne panele čiji je procenat iskoristivosti Sunčeve energije četiri puta veći od iskorišćenja solarnih panela za široku upotrebu tzv. „solarni suncokret“ (slika 1.). Ovaj procenat se odnosi na idealne uslove, što podrazumeva nesmetano dopiranje

Sunčevih zraka pod pravim uglom u odnosu na panel. Sunčeva konstanta ili solarna konstanta je mera gustine svetlosnog toka, elektromagnetnog zračenja sa Sunca, po jedinici površine, vertikalno na ulazne zrake koji padaju na Zemljinu površinu. Sunčeva konstanta uključuje sve vrste elektromagnetnog zračenja, a ne samo vidljivu svetlost. Za razliku od zračenja van atmosfere čije su promene vrlo male, Sunčevo zračenje na Zemljinoj površini je veoma promenljivo (može biti manje i do 30%). Sunčevo zračenje zavisi od niza faktora, od kojih su najvažniji:

-atmosferski uticaji (lokalne promene u atmosferi, poput vodene pare, oblaka i smoga)

-položaj Zemlje u odnosu na Sunce, koliko je sati u toku dana kao i datum u toku godine.



Slika 1. Solarni suncokret čija je iskoristljivost Sunčeve energije preko 80%.

Svi proizvođači solarnih panela kao i naučna istraživanja naglašavaju da panel ima predviđenu snagu samo u idealnim uslovima, dakle pri nesmetanom dopiranju Sunčevih zraka na panel pod uglom od 90°. Jedno od rešenja je mehaničko zakretanje panela prema dobu dana i prema godišnjem dobu. Dakle, koristi se dvo-osni sistem koji se ručno okreće ka Suncu pod određenim uglom. Pored ručnog zakretanja, što je velika obaveza za korisnika, potrebno je i izračunati ugao koji zaklapaju Sunčevi zraci sa površinom panela. Da bi došli do idealnog ugla solarnih panela i maksimalne iskoristivosti Sunca, treba što češće računati uglove u toku jednog dana i iste primenjivati na konstrukciju. Stalno izračunavanje ugla pod kojim će biti

A. Aleksić i V. Aleksić su učenici II razreda ETŠ „Nikola Tesla“, Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, E-mail: info@etstesla.ni.ac.rs

P. Šubarević je mas. inž. mehatronike i upravljanja, ETŠ „Nikola Tesla“, Aleksandra Medvedeva 18, 18000 Niš, Serbia, E-mail: info@etstesla.ni.ac.rs

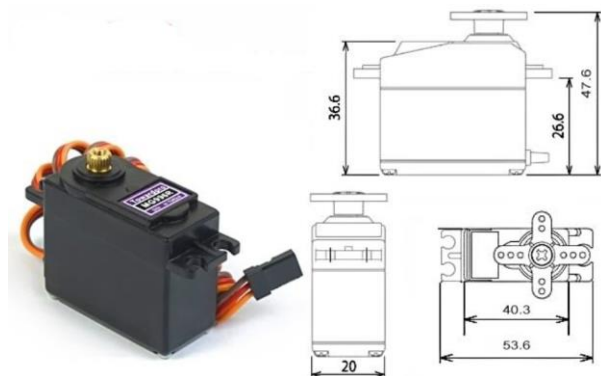
panel pozicioniran u odnosu na Sunce je komplikovano za korisnika, kao i sam proces pozicioniranja panela uzimajući u obzir da paneli obično bivaju montirani na krovu kuće ili zgrade. Zbog svega gore navedenog često korisnici pribegavaju opciji fiksiranja panela na krovu, na uštrb njihove efikasnosti.

III. REALIZACIJA PROJEKTA

Na osnovu svih gore navedenih zahteva i činjenica realizovan je Solar Traker. Za realizaciju je upotrebljeno razvojno okruženje Arduino sa mikrokontrolerom AT mega 328P [2], (slika 2.), koji je programiran da uz pomoć 4 foto-otpornika [3] i dva servo motora MG996R [4], (slika 3.), kontroliše nagibe panela u dve ose.



Slika 2. Arduino okruženje sa mikrokontrolerom AT mega 328P.



Slika 3. Servo motor MG996R.

Program koristi metod matematičkog upoređivanja otpornosti sva četiri foto-otpornika i njihovo dovođenje na istu vrednost zakretanjem solarnih ćelija. Dakle ukoliko neki od otpornika ima manju ili veću vrednost od ostalih, kontroler uključuje odgovarajući motor i navodi ga na tu stranu na kojoj će se otpornosti senzora izjednačiti. Izjednačenjem otpornosti, motori prestaju sa radom i ne pomeraju se dokle god Sunce ne „promeni svoj položaj na nebu“. Ovaj princip je veoma jednostavan što ide u prilog činjenici da je jednostavnost automatske mašine direktno proporcionalna ceni, a veoma često i sigurnosti sistema. Pored ovih osnovnih delova, sadrži i solarni panel 12 V,

10 W koji služi za pokretanje i rad sistema. Nakon veoma brzog pozicioniranja solarnog panela pod pravim uglom u odnosu na Sunčeve zrake, motori prestaju sa radom. Solarni panel pored napajanja sistema dopunjuje i svoju bateriju i opravdava svoju funkciju solarnog generatora. Ovaj panel ima površinu od 0,0836 m² i na teritoriji grada Niša može proizvesti u toku godine više od 20 kW snage električne energije računajući na samo 5,5 sati Sunčeve energije dnevno. Na sistem je instaliran i digitalni voltmetar koji će jasno pokazati promenu voltaže u odnosu na ugao svetlosti koja pada na panel. Kada Sunce „ode“ u zalazak i ne postoji više Sunčeve energije, sistem odlazi u *stand by* režim i do izlaska Sunca ne pokreće motore. Kod većih sistema potrebno je samo promeniti snagu motora srazmerno veličini sistema i njegovom gabaritu.

Softver u kome je programiran mikrokontroler (Arduino IDE) [5], 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 (slika 4.).



Slika 4. Arduino IDE.

Prednost ovog modela u odnosu na mehaničke modele je u potpunoj automatizaciji rada. Korisnik posle jednostavne montaže sistema nema više potrebe da vrši bilo kakva merenja i podešavanja sistema. Solar traker nakon instalacije je potpuno spreman za samostalni rad. Nakon puštanja u rad Solarni traker veoma brzo nalazi idealan ugao svetlosti i tu se zaustavlja. Ova osobina, da se zaustavlja programski je još jedna od velikih prednosti ovog modela za razliku od konkurenata jer nema mikroprekidača kod krajnjih tačaka. Mikroprekidači predstavljaju potencijalnu opasnost po sam uređaj jer ukoliko dođe do kvara na mikroprekidaču, motori pokušavaju da nastave sa pokretanjem konstrukcije panela. Na taj način može doći do lomo konstrukcije ili oštećenja na samoj električnoj instalaciji usled prekomerne struje

izazvane prisilnim kočenjem motora. Kod ovog uređaja proračun vrednosti sa fotootpornika je stalan i uređaj neprekidno meri i dovodi njihove vrednosti na prihvatljivu razliku otpornosti. Programski je moguće predvideti grešku u poređenju otpora sa fotootpornika. Podešavanje prihvatljive greške u otporima je nužno kako sistem ne bi reagovao na minimalno zakretanje Zemlje oko svoje ose. Pored matematičkog dokaza i preporuke proizvođača, eksperimentalnim putem utvrđeni su sledeći parametri u vidu promena napona i struje pri promeni ugla svetlosti u odnosu na panel. Merenja su izvršena u laboratorijskim uslovima ETŠ. “Nikola tesla” – Niš. Eksperiment je ponovljen i u spoljnim uslovima u toku jednog dana, a merenja su vršena na svaka 2 sata pri dnevnoj svetlosti. U toku eksperimenta u spoljnim uslovima nije bilo nikakvih spoljnih uticaja na ispravnost merenja. Oba merenja su pokazala gotovo iste rezultate koji su navedeni u tabeli 1.

TABELA 1. EKSPERIMENTALNO MRENJE NAPONA I STRUJE PRI POZICIONIRANJU PANELA NEPOMIČNO STOJEĆI KA JUGU.

Ugao svetlosti	Napon	Struja
20°	8 V	0,1 A
35°	10,2 V	0,4 A
90°	13,5 V	1,1 A
125°	11 V	0,6 A
160°	7,4 V	0,1 A

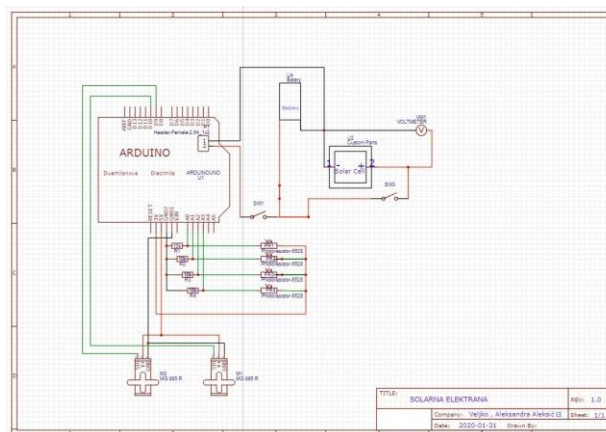
Ovim merenjem dokazana je neophodnost ovakvog uređaja kod primene solarnih panela jer se jasno iz tabele vide velika odstupanja u naponu i struji kada panel nije pozicioniran pod pravim uglom u odnosu na Sunčeve zrake.

Šema veze samog uređaja data je na slici 5.

IV. ZAKLJUČAK

Projekat koji je urađen zadovoljio je očekivanja. Solarni panel puni bateriju jednosmernom strujom koju je

moguće dalje eksploatisati kao takvu ili je invertorom transformisati u naizmeničnu i kao takvu je dalje eksploatisati.



Slika 5. Šema veze.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se svim profesorima ETŠ “Nikola Tesla” Niš na podršci.

LITERATURA

- [1] <https://www.mic.com/articles/124643/solar-sunflower-the-future-energy-source-more-efficient-than-nasa-solar-panels> .
- [2] <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3> .
- [3] "Introduction to Optoelectronic Devices" Dr. Jing Bai, assistant professor Department of Electrical and Computer Engineering University of Minnesota Duluth October 30th, 2012 .
- [4] <https://www.elektronika.ftn.uns.ac.rs/et-industrijska-elektronika/wp-content/uploads/sites/137/2018/03/Industrijska-elektronika-20-mart-2018.pdf> .
- [5] <https://www.digikey.com/en/maker/blogs/2018/introduction-to-the-arduino-id>.

Simulacija testa brzine reakcije kod ljudi pomoću LED dioda u *Tinkercad* okruženju

Sandra Stamenković, Isidora Stevanović, Milan Pejковиć, Luka Radičević

Sadržaj – Ovaj rad opisuje simulaciju igrice čiji je cilj test brzine reakcije. Brzina reakcije testira se aktiviranjem tastera u trenutku kada glavna LED dioda promeni boju, a test je simuliran u *Tinkercad* okruženju.

I. TINKERCAD

Tinkercad je besplatna, online kolekcija softverskih alata. Autor ove platforme iz 2011. godine je *Autodesk*, kompanija iz San Franciska [1].



Slika 1. Primer izrade 3D modela u *Tinkercad*-u [2].

Platforma se klasifikuje kao 3D modeling softver i može se koristiti za izradu 3D modela koji se mogu realizovati pomoću 3D štampača. Takođe se može koristiti za izradu modela električnih kola ili za pisanje kodova [1].

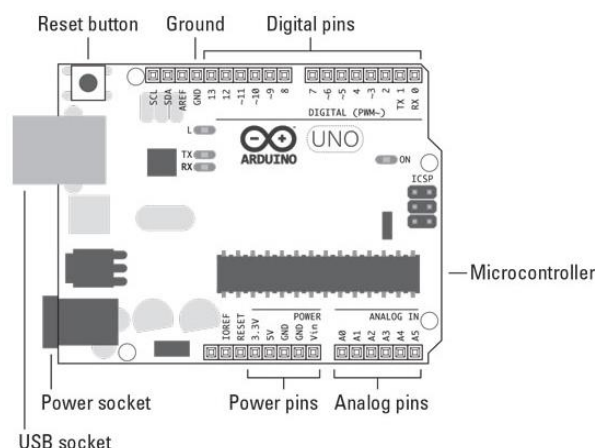
Pošto *Tinkercad* koristi *cloud* za čuvanje podataka, omogućava brzo i efikasno procesiranje 3D modela u realnom vremenu, tako svakome omogućavajući 3D modeliranje na početnom nivou. Na zvaničnom sajtu *Tinkercad*-a postoje uputstva i video tutorijali koji mogu biti jako korisni prilikom upoznavanja sa platformom, tako da je mogu koristiti kako iskusni projektanti, tako i

S. Stamenković, I. Stevanović i M. Pejковиć, studenti četvrte godine na modulu Upravljanje sistemima, Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: sandrastamenkovic@elfak.rs, isidora.stevanovic@elfak.rs, milan.pejkovic@elfak.rs

L. Radičević, student četvrte godine na smeru Međunarodni odnosi, Fakulteta za društvene nauke Univerziteta u Ljubljani, Kardeljeva ploščad 5, 1000 Ljubljana, Slovenija, E-mail: lr0903@student.uni-lj.si

početnici [1]. Izgled platforme *Tinkercad* prikazan je na slici 3.

Arduino je elektronska prototipska platforma otvorenog koda, koja korisnicima omogućava kreaciju interaktivnih električnih objekata, poput električnih kola, sklopova itd. Postoje različiti tipovi *Arduina*, kao što su *Arduino Uno*, *Arduino Nano*, *Arduino Mega*, *Arduino Due*, *LilyPad Arduino* i drugi [3]. U ovoj simulaciji korišćen je *Arduino Uno* (Slika 1), s obzirom na to da platforma *Tinkercad* nudi samo ovaj tip *Arduina*. *Arudino Uno* nudi i digitalne i analogne pinove, a u ovoj simulaciji su zbog efikasnije realizacije korišćene obe vrste. Pored *Arduina Uno*-a, od alata koje *Tinkercad* nudi iskorišćene su i: dve ploče (engl. *Breadboard*), šest osmobitnih šift registara tipa 74HC595, taster (engl. *Pushbutton*), 48 LED dioda, 48 otpornika od 500Ω, i provodnici. Broj dioda odabran je iz estetskih razloga.



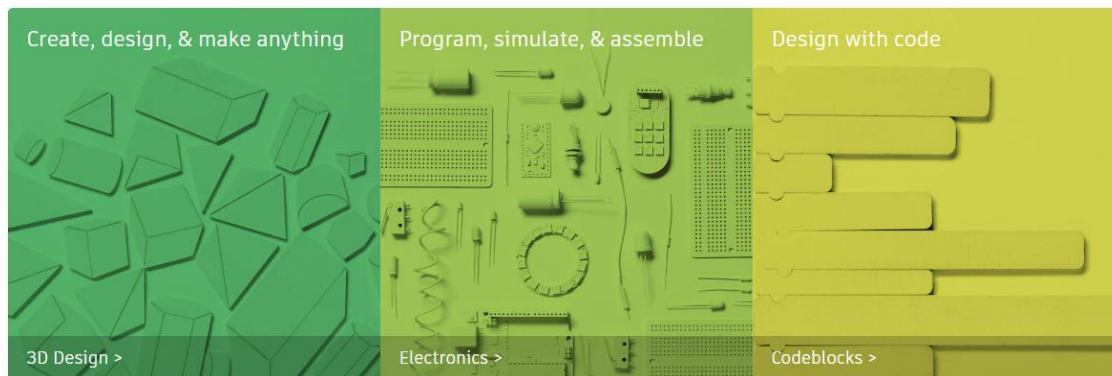
Slika 2. Konfiguracija pinova kod *Arduino Uno* ploče [4].

II. PRINCIP RADA SIMULACIJE

Pošto je gore opisana priroda *Tinkercad* okruženja ograničila realizaciju simulacije na *Arduino Uno*, koji sadrži konačan broj pinova, javio se problem viška dioda u odnosu na raspoložive pinove. Ovaj problem rešen je dodavanjem šest osmobitnih šift registara tipa 74HC595.

Jedan šift registar može kontrolisati osam dioda koristeći samo tri pina na *Arduino*-u. Rednim povezivanjem sa dodatnim šift registarom ostvaruje se sinhrono serijska komunikacija, što znači da se razmena podataka obavlja tako što se šalje bit po bit, a to predstavlja SPI komunikaciju [3].

Tinkercad is:



Slika 3. Izgled vebajta platforme *Tinkercad* [5].

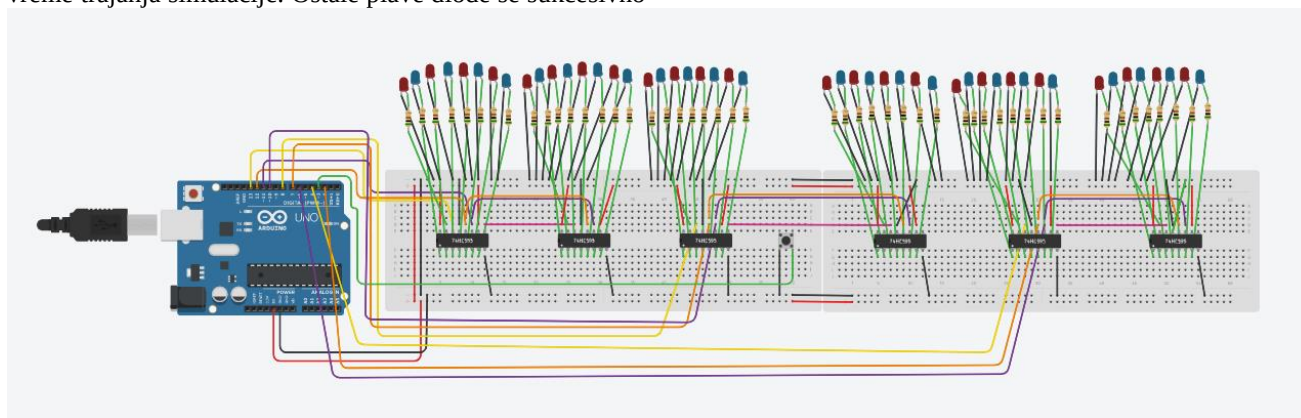
To praktično znači da je pomoću samo tri pina na *Arduino*-u (*Latch*, *Clock* i *Data*) kontrolisano šesnaest dioda. Korišćenje šest šift registara ukazuje na postojanje tri para redno povezanih šift registara, od kojih svaki ima svoj brojač (engl. *Counter*).

Uloga brojača je kontrola željenog izlaza šift registra. Time je obezbeđena kontrola 48 dioda pomoću svega devet pinova na *Arduino*-u (Slika 2).

Pri pokretanju simulacije uključuje se „glavna“ plava dioda, tj. prva plava dioda sa leve strane, koja svetli sve vreme trajanja simulacije. Ostale plave diode se sukcesivno

uključuju i isključuju, s tim što kada se poslednja u nizu isključi, opisani niz počinje ispočetka (Slika 4).

Test brzine reakcije se sprovodi pritiskom na taster u trenutku kada svetli samo „glavna“ plava dioda, što ujedno predstavlja i cilj simulacije. Ukoliko se taster pritisne u pravom trenutku, tj. kada brojač na prvom paru šift registra ima vrednost 2, uključuju se sve diode – i plave i crvene istovremeno (Slika 8), što znači da je korisnik uspešno završio simulaciju. Pseudokod koji prikazuje neke od pomenutih funkcija predstavljen je na slikama 5, 6, 7.



Slika 4. Šema projekta napravljenja u *Tinkercad*-u [4].

Glavni program()

```

{
    Funkcija plave();
    vrednost tastera = digitalRead (pin tastera);
    ako je vrednost tastera jednaka 0
    {
        ako je (Counter1 jednak 8)
        onda funkcija sve_upaljene();
        ako nije
        onda funkcija crvene();
    }
}

```

Slika 5. Pseudokod sa prikazom glavnog programa.

Funkcija crvene()

```

{
    delay (vreme odlaganja);
    poziv funkcije sifter1();
    poziv funkcije sifter2();
    poziv funkcije sifter3();
    Counter1 se pomera za 2 mesta ulevo;
    Counter2 se pomera za 2 mesta ulevo;
    Counter3 se pomera za 2 mesta ulevo;
    ako je (Counter1 jednak 65536)
    {
        onda Counter2 dobija vrednost 1 i Counter1 dobija vrednost 0;
    }
    ako je (Counter2 jednak 65536)
    {
        onda Counter3 dobija vrednost 1 i Counter2 dobija vrednost 0;
    }
    ako je (Counter3 jednak 65536)
    {
        onda Counter1 dobija vrednost 1 i Counter3 dobija vrednost 0;
    }
}

```

Slika 6. Pseudokod sa prikazom funkcija za uključivanje svih crvenih dioda.

Funkcija sve_upaljene();

```

{
    digitalWrite(pin trećeg šifera latch3 dobija vrednost 0);
    shiftOut(pin trećeg šifera data3, pin trećeg šifera clock3, bit najveće težine, B11111111);
    shiftOut(pin trećeg šifera data3, pin trećeg šifera clock3, bit najveće težine, B11111111);
    digitalWrite(pin trećeg šifera latch3 dobija vrednost 1);

    digitalWrite(pin drugog šifera latch2 dobija vrednost 0);
    shiftOut(pin drugog šifera data2, pin drugog šifera clock2, bit najveće težine, B11111111);
    shiftOut(pin drugog šifera data2, pin drugog šifera clock2, bit najveće težine, B11111111);
    digitalWrite(pin drugog šifera latch2 dobija vrednost 1);

    digitalWrite(pin prvog šifera latch1 dobija vrednost 0);
    shiftOut(pin prvog šifera data1, pin prvog šifera clock1, bit najveće težine, B11111111);
    shiftOut(pin prvog šifera data1, pin prvog šifera clock1, bit najveće težine, B11111111);
    digitalWrite(pin prvog šifera latch1 dobija vrednost 1);
}

```

Slika 8. Pseudokod sa prikazom funkcije za istovremeno uključivanje svih dioda.

Funkcija plave()

```

{
    delay (vreme odlaganja);
    ako je (vrednost prvi put jednaka 1)
    {
        onda vrednost prvi put dobija vrednost 0 i Counter1 dobija vrednost 8;
    }
    ako je (Counter1 jednak 32768)
    {
        onda Counter2 dobija vrednost 2 i Counter1 dobija vrednost 0;
    }
    ako je (Counter2 jednak 32768)
    {
        onda Counter3 dobija vrednost 2 i Counter2 dobija vrednost 0;
    }
    ako je (Counter3 jednak 32768)
    {
        onda Counter1 dobija vrednost 2 i Counter3 dobija vrednost 0;
    }
    poziv funkcije sifter1();
    poziv funkcije sifter2();
    poziv funkcije sifter3();
    Counter1 se pomera za 2 mesta ulevo;
    Counter2 se pomera za 2 mesta ulevo;
    Counter3 se pomera za 2 mesta ulevo;
}

```

Slika 7. Pseudokod sa prikazom funkcija za uključivanje plavih dioda.

III. ZAKLJUČAK

Rad na ovoj simulaciji započet je sa ciljem da ona postane praktično realizovan projekat. *Tinkercad* je izabran kao okruženje za rad zato što je najoptimizovaniji javno dostupan alat za realizaciju ovog projekta.

Tinkercad okruženje je dosta olakšalo izradu početne verzije projekta, međutim, kao i većina softvera za simulaciju, i *Tinkercad* ima određene nedostatke koje su otežale realizaciju simulacije. Jedan od problema koji se iznova javljao bio je problem sa aktivacijom tastera. Naime, program nije svaki put reagovao na pritisak tastera, što je često izgledalo kao da je problem u kodu, iako je uzrok tome bila sama priroda simulatora. Takođe, zbog velikog broja korišćenih dioda, dešavalo se da se pojedine ne uključe u trenutku za koji su programirane. Ispostavilo se da je problem takođe bio do simulatora – kada bi kod bio isproban na fizičkoj verziji projekta, aktivacija tastera i uključivanje dioda trebalo bi da funkcioniše neometano.

Zbog gore navedenih otežavajućih okolnosti prilikom simulacije, kod koji je korišćen tokom izrade iste je morao biti pojednostavljen u odnosu na kod korišćen za projektovanje fizičke verzije. Fizička verzija nudi više opcija za testiranje brzine reakcije. Naime, po svakom uspešnom završetku simulacije, tj. pritisku na taster u pravom trenutku, korisnik prelazi na teže nivoe, na kojima

se uključivanje dioda postepeno ubrzava, tako smanjujući vreme koje korisnik ima da pritisne taster.

Ovom projektu može se naći primena u testiranju brzine reakcije kod ljudi, a mogao bi se koristiti i kao zanimljiva igra, kako za decu, tako i za odrasle.

ZAHVALNICA

Zahvalnost za ovaj rad dugujemo asistentu dipl. inž. Vladimiru Sibinoviću, koji nam je od samog početka davao ideje i savete kako bismo na što bolji način realizovali projekat i docentu dr Emiliji Živanović, koja nas je ohrabrila da ovaj rad i napišemo. Takođe se zahvaljujemo i našoj kolegici Ani Sentov, koja nam je pomogla svojim savetima i tako pružila podršku za pisanje rada.

LITERATURA

- [1] S. C. Bryant, *Tinkercad for Dummies*, Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, 2018.
- [2] Autodesk, *Tinkercad*. Dostupno na: <https://www.tinkercad.com/things/f8tn2sBrPsc-minion>
- [3] J. Nussey, *Arduino for Dummies*, Hoboken, New Jersey: For Dummies, 2018.
- [4] *Technopreneur*. Dostupno na: <https://www.theengineeringprojects.com/2018/06/introduction-to-arduino-uno.html>
- [5] Autodesk, *Tinkercad*. Dostupno na: <https://www.tinkercad.com>

Praktična realizacija testa brzine reakcije kod ljudi u *Arduino Nano* okruženju

Sandra Stamenković, Isidora Stevanović, Milan Pejковиć, Luka Radičević

Sadržaj – Ovaj rad opisuje praktičnu realizaciju projekta simuliranog u Tinkercad okruženju. Projekat ima za cilj testiranje brzine reakcije kod ljudi. Brzina reakcije testira se pritiskom tastera u tačno određenom trenutku, kada glavna LED dioda promeni boju.

I. UVOD

Projekat je realizovan korišćenjem sledećih komponenti: *Arduino Nano* ploče (slika 1), raster ploče, šest osmootnih šift registara tipa 74HC595, taster (engl. *Pushbutton*) odštampan pomoću 3D štampača, 48 otpornika od 560Ω, provodnici, 24 trobojne LED diode, kao i 24 bezbojna omotača za diode, takođe odštampana pomoću 3D štampača, čija je funkcija prekrivanje dioda kako bi one izgledale veće.

A. *Arduino Nano*

Arduino Nano je mala, kompaktna ploča koja se sa računarom povezuje preko Mini USB B kabla [1]. Iako nudi slične mogućnosti kao i *Arduino Uno*, manjih je dimenzija, [2] sadrži mikrokontroler i ima 14 digitalnih, 8 analognih, 2 reset i 6 pinova za napajanje. Obično se napaja naponom od 5V, iako ulazni napon može varirati od 7V do 12V [3].



Slika 1. *Arduino Nano* ploča [2].

S. Stamenković, I. Stevanović i M. Pejковиć, studenti četvrte godine na modulu Upravljanje sistemima, Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: sandrastamenkovic@elfak.rs, isidora.stevanovic@elfak.rs, milan.pejkovic@elfak.rs

L. Radičević, student četvrte godine na smeru Međunarodni odnosi, Fakulteta za društvene nauke Univerziteta u Ljubljani, Kardeljeva ploščad 5, 1000 Ljubljana, Slovenija, E-mail: lr0903@student.uni-lj.si

B. Šift registar tipa 74HC595

Osmootni šift registar koristi se u slučaju da na *Arduino* ploči nema dovoljno pinova. Pomoću njega se može kontrolisati osam izlaza zauzimanjem svega tri pina na *Arduino* ploči – za *Latch*, *Data* i *Clock* pinove šift registra. Takođe, postoji i mogućnost povezivanja više šift registara kako bi se kontrolisao veći broj izlaza, što se može videti na slici 4 [2].

Pošto je to bilo neophodno za realizaciju ovog projekta, rednim vezivanjem dobijeno je tri para šift registara, koji funkcionišu na principu sinhronne serijske komunikacije. To znači da se podatak šalje bit po bit [2].

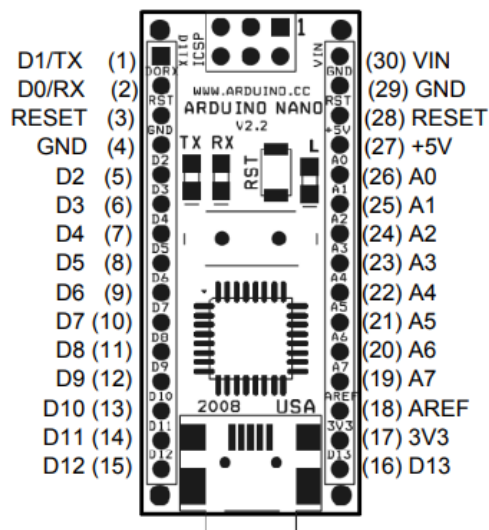


Slika 2. Šema pinova šift registra tipa 74HC595 [5].

II. PRINCIP FUNKCIONISANJA

Početna verzija testa brzine reakcije razvijena je u okruženju *Tinkercad*. Međutim, zbog prirode ove platforme, verzija projekta realizovanog pomoću nje je jednostavnija kako bi se zaobišla ograničenja poput neaktivacije tastera i asinhronog uključivanja dioda. Ta simulacija je unapređena i iskorišćena za fizičku realizaciju projekta.

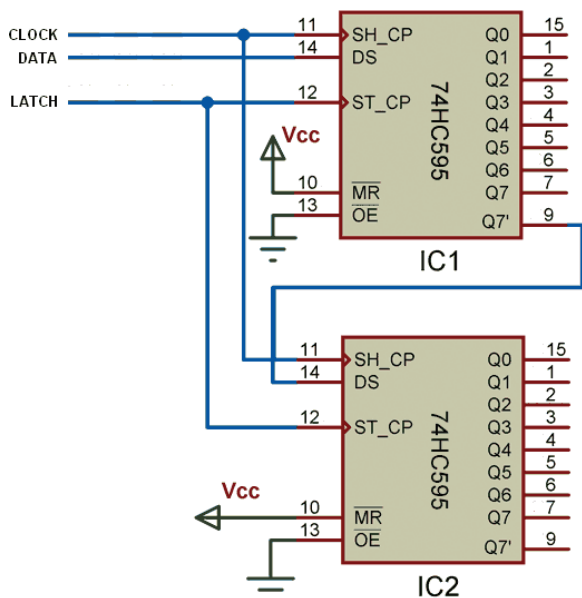
Iako je u simulaciji korišćen *Arduino Uno*, za fizičku realizaciju je zbog gore opisane optimizacije broja potrebnih pinova iskorišćena *Arduino Nano* ploča (Slika 3).



Slika 3. Šema pinova Arduino Nano ploče [5].

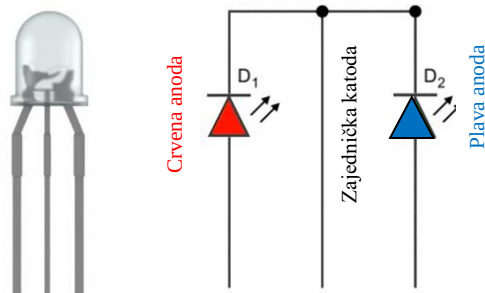
Zbog optimizacije broja pinova, korišćeni su samo digitalni. Svaki par šift registra je zauzeo po tri pina na *Arduino Nano* ploči, što znači da su svi šift registri zauzeli ukupno devet digitalnih pinova. Takođe, za potrebe tastera iskorišćen je još jedan digitalni pin. Ploča je napajana naponom od 5V.

Svaki šift registar kontroliše osam izlaza (Slika 2). Korišćene su trobojne LED diode sa po tri pina, od čega je jedan zajednički i predstavlja pin za uzemljenje, a na druga dva se dovodi napajanje. U zavisnosti od toga na kom pinu je napajanje, dioda zasvetli određenom bojom – plavom ili crvenom, odnosno ljubičastom ukoliko se napajanje dovede istovremeno na oba pina (Slika 5).



Slika 4. Šematski prikaz dva redno vezana osmokitna šift registara tipa 74HC595 [4].

Trobojna LED dioda



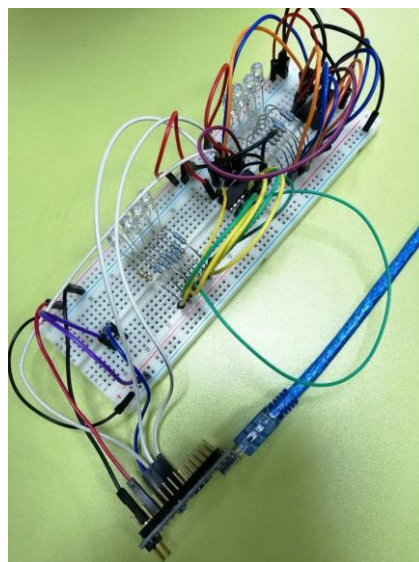
Slika 5. Primer trobojne LED diode [6].

III. PRAKTIČNA REALIZACIJA

Nakon završene simulacije u okruženju *Tinkercad*, ideja projekta testirana je povezivanjem kola koje se sastoji od jednog para šift registara, tastera, provodnika, osam dioda osam otpornika. Kolo je preko tzv. *Breadboard* ploče povezano sa *Arduino Nano* okruženjem (Slika 6).

Kod je najpre prilagođen jednom paru šift registara, a zatim je prvi put testiran van simulatora. Pritom je uočeno da uzrok gore navedenih problema koji su se javljali u *Tinkercad*-u nije kod, već mogućnosti same platforme. Zato je kod sa malim izmenama funkcionisao dobro u praksi. Kod je zatim dodatno optimizovan i kada je dobio zadovoljavajući oblik, započeta je fizička izrada projekta, tj. lemljenje svih komponenti na raster ploče.

Tek kada je ova faza završena i kada je kod prilagođen napravljenom električnom kolu, funkcionisanje koda je pomoću sva tri para šift registara isprobano u praksi. Na taj način dobijena je završna verzija koda i ceo projekat je počeo da dobija oblik onoga što je zamišljeno na početku.



Slika 6. Probna verzija električnog kola sa jednim parom šift registara [7].

Nakon toga su komponente postavljene na šperploču i povezane u celinu (Slika 7). Dioda su raspoređene u krug i prekrivene providnim omotačima. Pored toga, dodat je i taster. Omotači za diode i taster su odštampani pomoću 3D štampača.

Kada se *Arduino Nano* ploča priključi na napajanje, sukcesivno kreću da se uključuju crvene diode u krug, pri čemu „glavna“ dioda sve vreme svetli crvenom bojom.



Slika 7. Izgled završne verzije projekta.

Pošto su diode tako raspoređene, stvara se utisak da se jedna dioda „kreće“ po krugu. U trenutku „prolaska“ kroz glavnu diodu, ona menja boju iz crvene u plavu i tada treba pritisnuti taster.

Ukoliko se taster pritisne u tom trenutku, sve diode zasvetle ljubičasto, što označava da je korisnik uspešno završio prvi deo simulacije. U suprotnom, sve diode zasvetle crvenom bojom, što znači da je korisnik pogrešio.

Jedna od dodatih funkcionalnosti simulacije je da korisnik može prelaziti nivoe, s obzirom na to da simulacija ima više delova. Na početku korisnik kreće od prvog nivoa, kada se uključivanje i isključivanje dioda odvija određenom brzinom, regulisanom od strane programera simulacije. Ukoliko u toku prvog nivoa pritisne taster u pravom trenutku, korisnik prelazi na naredni nivo. Prelazak na naredni nivo regulisan je uvođenjem brojača „nivo“, koji se inkrementira svaki put kada korisnik pritisne taster u pravom trenutku. Trenutno simulacija nudi tri različita nivoa, što se bilo kada može promeniti ukoliko se projekat dodatno optimizuje. Simulacija se završava uspešno onog trenutka kada se na poslednjem, trećem nivou pritisne taster u trenutku kada „glavna“ dioda zasvetli plavom bojom. Tada se brojač „nivo“ ponovo postavlja na vrednost 1 i simulacija je spremna za narednog korisnika (Slika 8).

```

Ako je (vrednost promenljive nivo jednaka 3)
{
    poziv funkcije treci_nivo();
    delay (vreme odlaganja);
    vrednost tastera = digitalRead (pin tastera);
    ako je (vrednost tastera jednaka 0)
    {
        ako je (Counter1 jednaka 4)
        {
            onda je vrednost promenljive nivo jednaka 1 i poziva se funkcija sve_upaljene();
        }
        ako nije
        {
            onda se poziva funkcija crvene() i vrednost promenljive nivo je 1;
        }
    }
}

```

Slika 8. Pseudokod koji se realizuje ukoliko igrač dođe do trećeg nivoa.

Funkcija **treći_nivo()**

```
{
  delay (vreme odlaganja);
  ako je (vrednost promenljive prvi put jednaka 0)
  {
    onda je vrednost promenljive prvi put jednaka 0 i Counter1 dobija vrednost 1;
  }
  ako je (Counter1 jednak 65536)
  {
    onda Counter1 dobija vrednost 1;
  }
  Counter1 se inkrementira;
  poziv funkcije sifter1();
  Counter1 se dekrementira;
  Counter1 se pomera za 2 mesta ulevo;
}
```

Slika 9. Pseudokod koji predstavlja funkciju za treći nivo.

Funkcije za prvi, drugi i treći nivo razlikuju se samo po trajanju „delay“-a, koji ima najveću vrednost na prvom, a najmanju na trećem nivou (Slika 9). To znači da je svaki naredni nivo teži jer se uključivanje i isključivanje dioda odvija brže nego na prethodnim nivoima. Ukoliko korisnik na nekom od kasnijih nivoa pogreši, sve diode zasvetle crvenom bojom i on se automatski vraća na prvi nivo. Izmenom koda se takođe može promeniti „glavna“ dioda.

IV. ZAKLJUČAK

Ovaj projekat predstavlja unapređenu verziju simulacije razvijene na platformi *Tinkercad*. Pošto ova platforma nudi ograničene mogućnosti, idejno rešenje bilo je dosta jednostavno i nije obuhvatalo mnogo različitih funkcionalnosti.

Kada je započeta praktična realizacija projekta, kod je nekoliko puta morao biti prilagođen kako bi se dobila završna verzija koja je ispunjavala sve zahteve.

Iako se ovaj projekat može koristiti kao zabavna igra za decu i odrasle, doprinos mu se može pronaći i u ispitivanju brzine reakcije kod ljudi. U toku testiranja rada simulacije, određeni broj nasumičnih ispitanika je ispitalo svoju brzinu reakcije, a jako mali procenat uspeo je iz prvog puta preći sve nivoe bez greške.

ZAHVALNICA

Neizmernu zahvalnost dugujemo asistentu dipl. inž. Vladimiru Sibinoviću koji nam je obezbedio sav potreban materijal za izradu ovog projekta i bez koga realizacija istog ne bi bila moguća. Podržavao nas je od osmišljavanja ideje do samog kraja projekta.

LITERATURA

- [1] J. J. Noble, *Programming Interactivity – A Guide for Processing, Arduino, and OpenFrameworks*, Sebastopol, Calif.: O'Reilly Media, Inc., 2009.
- [2] *Arduino, Getting started – What is Arduino?* Dostupno na: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [3] *Technopreneur*. Dostupno na: <https://www.theengineeringprojects.com/2018/06/introduction-to-arduino-nano.html>
- [4] *Svet kompjutera, Svetleći svet*. Dostupno na: <https://www.sk.rs/2017/06/sklp03.html>
- [5] *Arduino Nano (V2.3) User Manual*. Dostupno na: <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>
- [6] *CircuitBread, How RGB LEDs work and how to control color*. Dostupno na: <https://www.circuitbread.com/tutorials/how-rgb-leds-work-and-how-to-control-color>

Distribuiran sistem za pretragu, rangiranje i klasterovanje podataka koji pristižu u realnom vremenu

Aleksandar Gavrić

Sadržaj – Predstavlja se implementacija i analiza efikasnog distribuiranog sistema koji omogućava pretraživanje, rangiranje, indeksiranje, obradu mašinskim učenjem i vizualizaciju podataka koji pristižu u realnom vremenu. Koristi se Apache Hadoop za upravljanje klasterom računara, Apache Spark MLlib za obradu podataka Map Reduce modelom, Elasticsearch za skladištenje, indeksiranje i pretraživanje podataka, i Apache Kafka i Zookeeper za stream-ovanje podataka Publisher-Subscriber modelom. Izradjen je adekvatni generator podataka kao i veb aplikacija za krajnje korisnike. Sistem je primenjen nad simuliranim scenarijom pristizanja zahteva za hitne usluge i pomoć a potom za raspodelu volontera i stručnih ekipa za što efikasnije opsluživanje tih zahteva. Zahtevi za nabavku iz apoteke ili prodavnice, sanaciju štete od poplava, skupljanje otpada opasnog po okolinu i slično se grupišu u klastera po sličnosti kako bi se raspodelile grupe odgovarajućim ekipama na odgovornost. Sa pristizanjem novih zahteva se dinamički efikasno modifikuju klasteri. Rezultat sistema je efikasno rangiranje zahteva u pretrazi po raznim parametrima što vodi ka efikasnijem odgovoru na zahteve za hitno delovanje.

I. UVOD

Analizom velike količine podataka čoveku je teško da za kratko vreme donese zaključke. U masi podataka zaključci nisu očigledni i potrebno je vremena za iscrpnu analizu. Nailazimo na primene gde je potrebno za kratko vreme doneti odgovorne odluke spram analize podataka koji neprekidno pristižu i gomilaju se. Na primer, nakon nastanka poplava javljaju se brojni nagomilani zahtevi za sanaciju štete od poplava. U stanju epidemije je nužno hitno skupljati otpad koji potencijalno može da prenese zarazu na ostatak okoline. Javlja se potreba da volonteri, vojna lica i ostale službe osobama koje su u karantinu donesu potrebne lekove ili namirnice i hranu, a potrebno je i transportovati zaražene osobe u zakazano vreme kako one ne bi širile zarazu tako što se samostalno kreću do odredišta na kojem moraju da budu. Uglavnom je broj zahteva veći od kapaciteta ekipa koje opslužuju zahteve stoga se ukazuje potreba za efikasno pretraživanje zahteva u cilju što boljeg njihovog opsluživanja.

Predlaže se informacioni sistem koji skuplja informacije u realnom vremenu i omogućava pretragu zahteva spram specifičnosti situacije tako da rangirani rezultati predstavljaju smernice odnosno predloge za raspodelu posla ekipama. Sistem grupiše zahteve u klastera

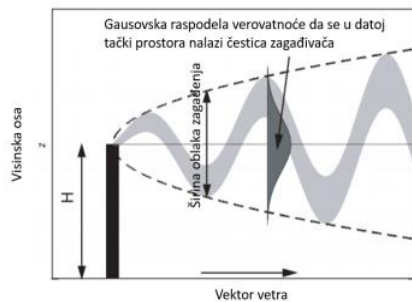
i svaki klaster se potom dodeljuje odgovarajućoj ekipi na odgovornost. Kako pristižu novi zahtevi dinamički se prilagođavaju grupe, uzimajući u obzir trenutno stanje sistema. Zahtevi su podaci složene prirode i potrebno ih je pretraživati po raznim specifičnostima, odnosno, ne može se odabrati jedinstven atribut po kojim bi se jedinstveno indeksirali podaci. Pretraživanje takve kolekcije može biti nefikasno za očekivanu količinu podataka ako se analiziraju istovremeno. Implementiran je distribuiran sistem za prikupljanje, obradu i skladištenje podataka korišćenjem klastera računara. Ovakav sistem pored kapaciteta, odnosno volumena i brzine opsluživanja zahteva, nudi otpornost na gubitak podataka pravljem distribuiranih replika i veću verovatnoću konstantne dostupnosti sistema time što je otporan na otkaze delova sistema (resilience, high availability). Budući da je implementiran i generator primera zahteva sa smislenim podacima moguće je i testirati kapacitete sistema odnosno analizirati u laboratorijskim uslovima kako će se sistem ponašati pod različitim opterećenjima. Na taj način se mogu otkriti nedostaci sistema pre nego što se sistem pusti u upotrebu što se smatra poželjnim budući da govorimo o primenama koje nalažu visoku odgovornost. U sekciji 2 će se predstaviti generator podataka i distribuiranje podataka u vidu stream-a korišćenjem Kafka tema a potom i soket mehanizma slanjem jednostavnih struktuiranih UDP paketa kako bi se predstavila kompatibilnost sistema sa raznim aplikacijama koje bi se potencijalno koristile a nisu deo ovog sistema. Zatim će se u sekciji 3 govoriti o indeksiranju podataka i klasterovanju podataka u realnom vremenu. Analiziraće se i dalje primene regresije i klasifikovanja podataka i predlozi za tokenizaciju podataka. Sekcija 4 je posvećena korisničkom interfejsu, vizualizaciji pretrage i podataka, građenju upita i rangiranju rezultata pretrage. Zaključak je dat u sekciji 5.

II. GENERISANJE I STREAM-OVANJE PODATAKA

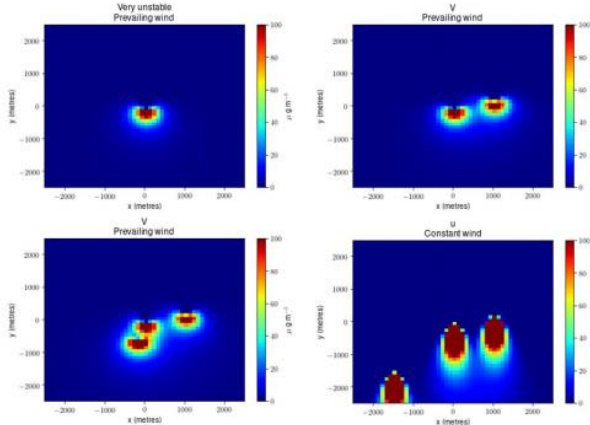
Generišu se zahtevi za različite tipove pomoći u vidu JSON objekta koji se šalje mrežnim stekom. Generator je napisan u Python jeziku i predstavlja klijentsku aplikaciju za proces prikupljanja podataka. Osnovno što je zajedničko za svaki zahtev je njegova geografska određenost. Svaki zahtev je vezan za tačku u prostoru određenu uglovima latitude i longitude. U svrhu simuliranja primera podataka, oblast posmatranja je ograničena na deo teritorije Grada Niša radi pojednostavljene demonstracije funkcionalnosti sistema.

A. Gavrić, student 4. godine Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: agavric@elfak.rs

Stoga je prvi korak odrediti nasumične koordinate iz pravougaonika određenog gornjim levim i donjim desnim temenom: (43.321687, 21.878676) i (43.311243, 21.911692). Za nasumičnu odabranu lokaciju zadatu koordinatama se pribavlja adresa korišćenjem open source servisa *Nominatim OpenStreetMap*. Zatim se objektu zahteva pridružuju nasumično odabrane vrednosti (sa uniformnom distribucijom) iz lista koje sadrže moguće vrednosti. U zavisnosti od tipa zahteva postoje opcionalna polja koja objekat zahteva može da prati ime prodavnice. Kako bi se simuliralo da ne moraju svi zahtevi da budu strogo upućeni ljudskom intervencijom, simuliran je i senzor kao izvor podataka. Simulira se senzor zagađenja vazduha koji izveštava zagađenja u donosu na oblasti pa potom odgovarajuća služba treba da odreaguje pročišćivanjem te oblasti. Imajući u vidu da simuliranje ovakvih vrednosti treba da isprati obrazac u prostoru – simulira se Gausova raspodela zagađenja u vazduhu za stubove kao izvore zagađenja korišćenjem biblioteke Gaussian Plume Model [6].



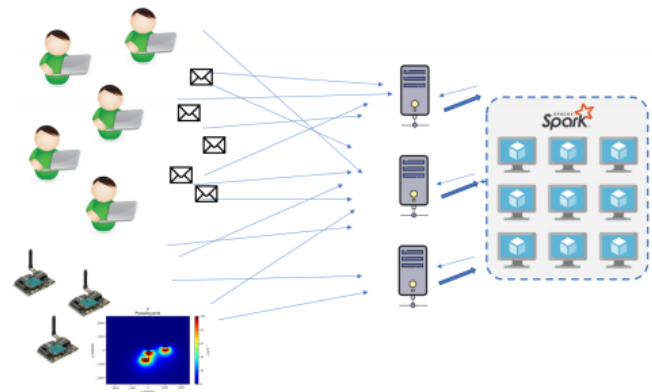
Slika 1. Simuliranje zagađenja – princip.



Slika 2. Različiti scenariji nagomilavanja zagađenja koji se postižu simuliranjem.

Distribuiranje podataka sa klijenta (generatora) na server koji je u našem slučaju klaster računara je implementiran na dva načina. Prvi način je korišćenjem Apache Kafka platforme. Formira se *topic* na koji *publisher*-

i šalju poruke koje se čuvaju u FIFO redu dok ih neko od subscriber-a ne pročita. Ovo je *producer-consumer* model i potreban je mehanizam zaključavanja resursa da bi se sprečio simultani nedeterministički pristup koji prouzrokuje konflikte. Koristi se Apache Zookeeper u ove svrhe. Imajmo u vidu da je sistem namenjen širokoj ciljnoj grupi korisnika i uređaja koji su često slabih računarskih mogućnosti (embedded sistemi, mikroprocesori). Stoga, da bi se obezbedio viši nivo kompatibilnosti sa raznim postojećim aplikacijama i mikrokontrolerima pridruženim senzorima, alternativni način za slanje podataka je slanjem jednostavnih UDP i TCP paketa preko IP protokola. Budući da je pošiljalac u ulozi klijenta a da je klaster računara primalac tj. odredište podacima takođe klijent koji povlači podatke od servera na poznatoj adresi – potrebno je da uvedemo server koji će imati ulogu brokera i biće na poznatoj statičkoj internet lokaciji. Napisan je broker server u Java jeziku i na adresi je 127.0.0.1:9001. On ostvari i održava TCP konekciju sa Spark Streaming klijentom a pritom sluša pakete koji mu stižu od raznih pošiljalaca. Svaki paket koji primi prosledjuje Spark klasteru računara koji osluškuju stream podataka.

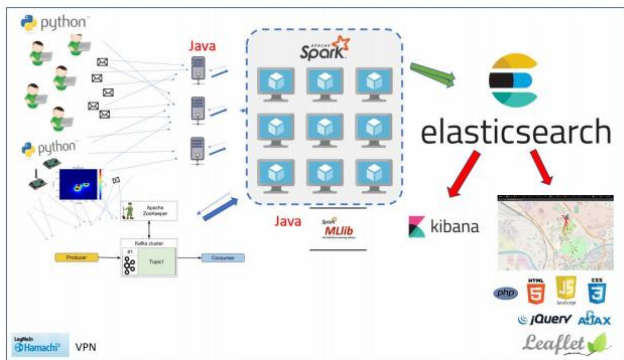


Slika 3. Ilustrovan tok podataka korišćenjem implementiranog brokera.

III. INDEKSIRANJE I KLASTEROVANJE PODATAKA U REALNOM VREMENU

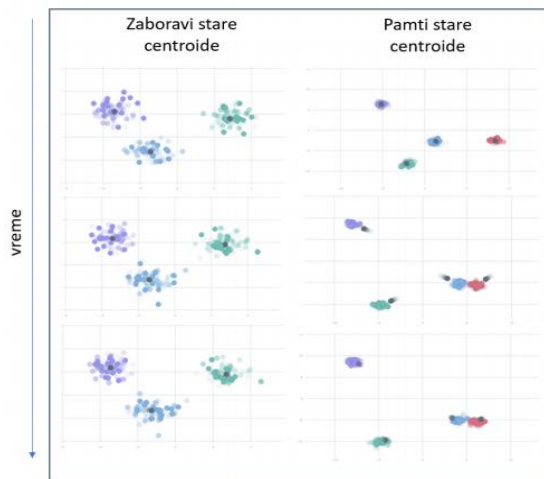
Stream podataka se prikuplja distribuirano. Unutar klastera su podaci rasuti po različitim čvorovima. Glavna logička struktura podataka koja preuzima podatke je *Resilient Distributed Dataset* (RDD). Podaci su rasuti po čvorovima, replicirani i transformacije nad njima se izvršavaju na pojedinačnim čvorovima ali ne sekvencijalno u momentu njihovog opisa u sekvencijalnom kodu – već u momentu poziva reducirajuće akcije (*collect*, *count*, upis na disk itd.) Reducirajuća akcija koja je iskorišćena u našem sistemu je mapiranje pristiglih podataka na vektor spacijalnih odnosno prostornih koordinata sa kojih pristiže zahtev. Pritom se ostali podaci indeksiraju u Elasticsearch skladište korišćenjem Elasticsearch REST API-ja i slanjem na lokalnu ip adresu (localhost) iz ugla čvora u klasteru.

Redukovanje ponavljamo nad vremenskim prozorom pristiglih podataka u 10 sekundi. Vektor koordinata se klasteruje KMeans algoritmom modifikovanim za stream podataka. Za izbor broja klastera K se koristi broj ekipa kojima se raspoređuju zahtevi. Ekipa opslužuje zahteve koji su joj dodeljeni jedan po jedan i spram da je hitno delovanje poželjno, nastoji se da se smanji vreme potrebno za putovanje od lokacije do lokacije time što se grupišu prostorno bliski zahtevi u klaster. Jednom dodeljen zahtev ekipi ne mora trajno ostati dodeljen toj ekipi budući da se dinamički prilagođavaju klasteri novopristiglim podacima.



Slika 4. Ilustracija kompletne arhitekture sistema.

Prilikom indeksiranja korišćenjem Elasticsearch-a naglašava se mapiranje polja na tipove tako da se označi polje kao *geo_point* po tipu. *GeoPoint* polja se kasnije mogu pretraživati po distanci u odnosu na drugo zadato polje i slično. Vektor koordinata od prikupljenih zahteva se klasteruje i svaka promena pripadnosti prostorne tačke nekog zahteva povlači za sobom ažuriranje polja za klaster koje se skladišti u Elasticsearch indeksu.



Slika 5. Poređenje promene centroide klastera kroz vreme uz osobine zaborav i pamćenje.

Budući da iznova podaci pristižu, sistem ponovo vrši klasterovanje celog skupa podataka. Međutim, obzirom da

u takvom trenutku ekipa već opslužuje zahteve iz jednog klastera, nastoji se da se ublaži dinamika nagle promene pripadnika klastera. To se postiže osobinom pamćenja stare centroide klastera podešavanjem parametra *forgetfulness*. Na slici 5 je ilustrovana promena centroide klastera u varijanti kad se interpolira i kada se ne interpolira nova vrednost sa starom. Vidimo da je centroid klastera u slučaju bez interpoliranja uvek zaista u centru klastera, dok u slučaju sa interpoliranjem centroida postepeno prelazi iz svoje stare u novu vrednost. U Jednačini 1 je dat princip po kome se interpoliraju vrednosti. Na slici 6 je ilustrovano na jednodimenzionom klasteru kako može da se utiče na brzinu postepenog prelaska centroide iz stare u novu vrednost podešavajući parametar *half life*. To je broj koji predstavlja koliko novih zapisa je potrebno da bi centroida bila na polovini vrednosti između stare i nove vrednosti.

$$c_t = \text{prethodni centar klastera}$$

$$n_t = \text{trenutni broj tačaka u klasteru}$$

$$x_t = \text{novi centar klastera iz trenutnog skupa}$$

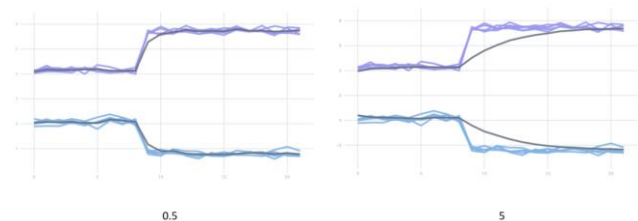
$$m_t = \text{broj tačaka u trenutnom skupu}$$

$$c_{t+1} = \frac{c_t n_t \alpha + x_t m_t}{n_t \alpha + m_t}$$

$$n_{t+1} = n_t + m_t$$

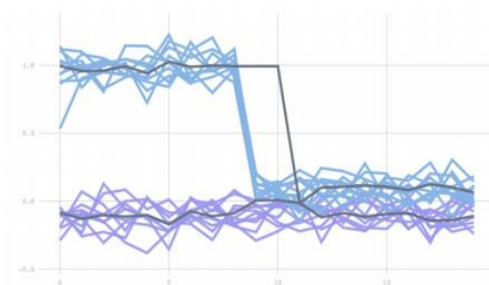
α - factor zaborava
 Za $\alpha=1$ ništa ne zaboravljamo
 Za $\alpha=0$ sve zaboravljamo

(1)



Slika 6. Ilustrovanje brzine zauzimanja nove vrednosti centroide na jednodimenzionalnim klasterima za vrednosti half life parametra 0.5 i 5 puta broj tačaka u skupu obeleženim pravougaonikom.

Obrađeni su i slučajevi drastičnih promena preko osobine „izumirućih“ klastera. Naime, ukoliko se pomeranjem klastera kroz vreme dodje u situaciju da se centroide dva klastera smatraju bliskim pa se i vrednosti koje uzimaju pripadnici klastera smatraju sličnim – spajaju se takvi klasteri u jedan a najbrojniji klaster iz sistema se deli na dve polovine. Ilustracija ove osobine je data na slici 7 na primeru sa jednodimenzionalnim klasterima.

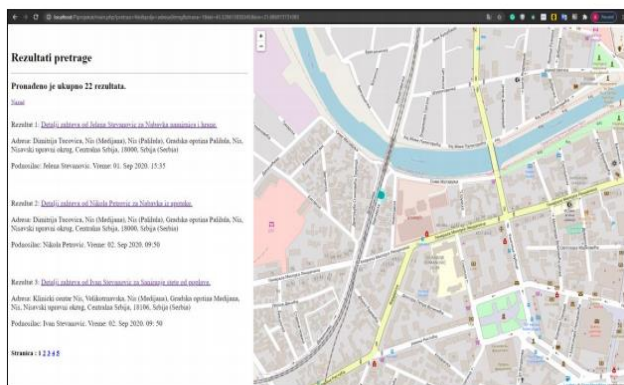


Slika 7. Ilustracija osobine izumiranja klastera.

Osim klasterovanja, nad podacima u ovoj primeni se mogu primeniti razne ostale obrade uključujući i ostale primene mašinskog učenja. Može se vršiti regresija da bi se predvidelo gde će se pojaviti novi zahtevi određenog tipa. Na primer, ukoliko pristižu zahtevi za sanacijom štete od poplave po nekom obrascu, može se očekivati efikasno predviđanje gde će se još pojaviti zahtevi u budućnosti. Isto važi i za analizu zagađenja vazduha. Može se očekivati da bi se moglo predvideti i kada će se i od kog klijenta naručivati određene dostave namirnica i lekova. Dalja nadogradnja sistema bi mogla da uključuje napredno *parsovanje* tekstualnog opisa zahteva što bi vodilo ka univerzalnijim tokenima na osnovu kojih se zahtevi indeksiraju pa bi pretraga bila efikasnija.

IV. KORISNIČKI INTERFEJS, VIZUELIZACIJA, GRADJENJE UPITA I RANGIRANJE

Krajnjim korisnicima sistema za raspodelu ekipa odnosno pretraživanje zahteva je namenjena veb aplikacija koja u demonstrativnoj verziji pruža vizuelizaciju podataka na interaktivnoj mapi i forme za zadavanje pretrage a potom prikaz rezultata. Na slici 4 se može videti ilustracija kompletne arhitekture sistema zajedno sa naslovima tehnologija koje su korišćene za implementaciju. Za vizuelizaciju geografskih podataka korišćena je open source biblioteka za interaktivne mape – LeafletJS. Alternativni korisnički interfejs nudi *Kibana* kao alat za upravljanje, vizuelizovanje i obradu podataka indeksiranih u Elasticsearch-u. Interfejs je dostupan na portu 5601. Rangiranje dokumenata koji se pretražuju se vrši kombinovanjem urgentnosti zahteva i prostornoj udaljenosti koordinata zahteva od klijenta. Uveden je parametar α preko kojeg se može zadati prioritet jednoj od tih veličina. Računanje ranga je dato u Jednačini 2 a naredbe za postavljanje *score-a* u elasticsearch-u na slici 8.



Slika 8. Izgled korisničkog interfejsa za prikaz rezultata.

Distanca predstavlja skaliranu vrednost koja ima vrednost 1.0 za tačke koje su na rastojanju 0m od klijenta a 0.0 za tačke koje su na rastojanju 1km od klijenta. Za

rastojanja veća od 1 km, distanca uzima negativne vrednosti ali ne manje od -1.

$$r = \alpha * u + (1 - \alpha) * d \quad (2)$$

α - parametar alfa za zadavanje proporcije
 u - koeficijent urgentnosti, raspon: 0.0 – 1.0
 d - distanca (rastojanje do klijenta), raspon: 0.0 – 1.0
 r - rang

Jednačina 2 – računanje ranga dokumenta

V. ZAKLJUČAK

Pokazano je efikasno pretraživanje podataka koji su prikupljeni u vidu stream-a. Distribuiran sistem za pretragu, rangiranje i klasterovanje podataka koji pristižu u realnom vremenu ima širok spektar primene i tome svedoči implementirana primena za prikupljanje zahteva za hitno delovanje. Prednosti sistema se ogledaju u otpornosti na otkaze delove sistem, integritetu i perzistentnosti skladištenih podataka, lakoj skalabilnosti sistema i u prihvatnju velike zapremine saobraćaja koji pristiže a može biti adekvatno obrađen u realnom vremenu. Ohrabruju se dodatne analize mašinskim učenjem nad skladištenim podacima. Mane sistema su prepoznate u diverzitetu tehnologija koje su čvrsto spregnute da bi sistem funkcionisao. Održavanje ovakvog sistema zahteva poznavanje detalja iz faze projektovanja i implementacije i izazovno je adekvatno dokumentovati sistem kako bi se efikasno uklanjale naknadno otkrivene greške u funkcionisanju sistema, odnosno kako bi se radilo na daljem unapređivanju sistema.

LITERATURA

- [1] Advanced Elasticsearch Training: <https://github.com/davidbkemp/advanced-elasticsearch-training>
- [2] Elasticsearch dokumentacija: <https://www.elastic.co/guide/en/elasticsearch/reference>
- [3] Going Geospatial with Elasticsearch using Geo_points: <https://medium.com/@yatinadd/goinggeospatial-with-elasticsearch-using-geo-points-plus-its-application-b013c638064e>
- [4] Apache Spark dokumentacija: <https://spark.apache.org/docs/1.6.2/api/java/org/apache/spark>
- [5] Programming with an RDD in Spark: <https://intellipaat.com/blog/tutorial/sparktutorial/programming-with-rdds/>
- [6] Gaussian Plume Model in MATLAB / Python: https://personalpages.manchester.ac.uk/staff/paul.connolly/teaching/practicals/gaussian_plume_modelling.html
- [7] Computer Practical: Gaussian Plume Model: https://personalpages.manchester.ac.uk/staff/paul.connolly/teaching/practicals/material/gaussian_plume_modelling/g_p_notes.pdf
- [8] Nominatim: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Nominatim>

The use of FBG Sensors in Smart Railway

Đorđe Jovanović, Branislav Milenković

Abstract – The demands for higher levels of security, reliability and efficiency are one of the greatest aspects of worldwide railway industry. Fiber optic sensors are becoming more pervasive in all areas of use. Furthermore, fiber optic sensors are omnipresent in worldwide research, due to the convenient traits over classical and convenient solutions. This paper's focus will be the working principle of FBG sensors and their applications in the railway.

I. INTRODUCTION

The railway represents one of the means of transport without whom modern way of life would be inconceivable.

Nevertheless, the railway is still facing two of the biggest problems: security and comfort. The problem of security represents a key problem for the railroads. Its most significant aspect is related to risk mitigation of derailling (figure 1).

There are numerous examples that show how derailling of trains could have devastating consequences [1].



Fig. 1. WCR ICE 884 train derailling into Eschede 1998.

An astounding fact is that in Serbia, every four days on average, a freight train deraills. According to official data of cargo transport provider Kargo, 87 derailling incidents have happened in 2019. The biggest reasons being: allowing a train to switch to a taken rail track, turn was not adequately positioned, broken rail, etd. [2]

Đ. Jovanović and B. Milenković are with the Department of Mechanics, Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Kneza Mihaila 36, 18000 Belgrade, Serbia, E-mail: dj.jovanovic@mi.sanu.ac.rs

In order to mitigate risk, avert disasters and make a better maintenance plan, SHM should be applied more often. Today it's more plausible, due to enormous advancements in technological development of sensors, signal and data analysis, and telecommunications.

The goal of this paper is to try to offer possible answers to fore mentioned problems by presenting new technology based on waveguides with fiber-optic. This approach seems analogous to an ideal copy of the human nervous system [3]. The reason for this is because optical fibers are tiny dielectrics, akin to nerves, that can be set up or embedded in construction at any place, creating what is called a "smart construction".

II. FIBER BRAGG GRATING SENSORS

For over a decade, fiber-optic sensors based on Bragg grating (fiber Bragg sensors; FBG for short) represent an interesting class of optic sensors. FBG sensors detect a change in measured variable (e.g. temperature) by detecting a change in reflected signal's wavelength. These changes are often very small, sometimes having the order of magnitude in pm, so in order to detect them, a special type of precise measurement devices, so-called interrogators, are needed. Today, FBG sensors have their widespread use in energy systems, civil engineering (figure 2), railway systems, medicine, nuclear environments and space exploration [4], [5], [6], [7].

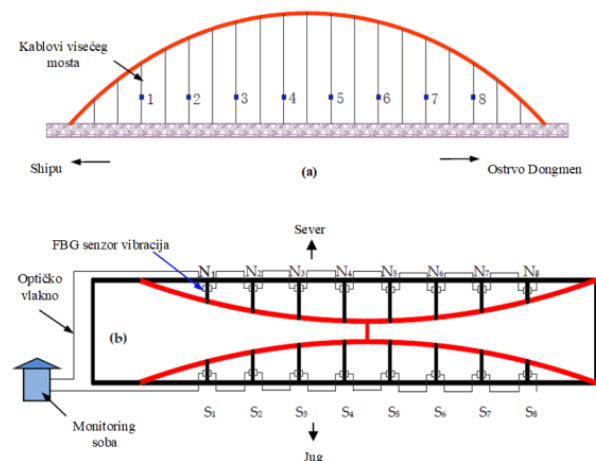


Fig. 2. Layout of FBG sensors on Tongwamen bridge [8].

Therefore, for the optic sensors (with special attention paid to FBG sensors) to work properly, detection of small changes in wavelength is a must. What is desirable is that a sensor or sensor system for measurement of such small

changes in wavelength possess the following characteristics:

- High resolution of measurement
- Wide range of measurement
- Low latency
- Low overall cost
- Simple calibration
- High reproducibility
- High resistance to environmental factors

It is understandable that most of the existing sensors and sensor systems do not possess all of these desirable characteristics. Depending on particular use, a trade-off with regard to these characteristics has to be made. What is crucial is to make a good trade-off between high resolution of measurement and wide range of measurement, with the lowest latency possible.

Measuring principle for FBG sensors is shown in Figure 3.

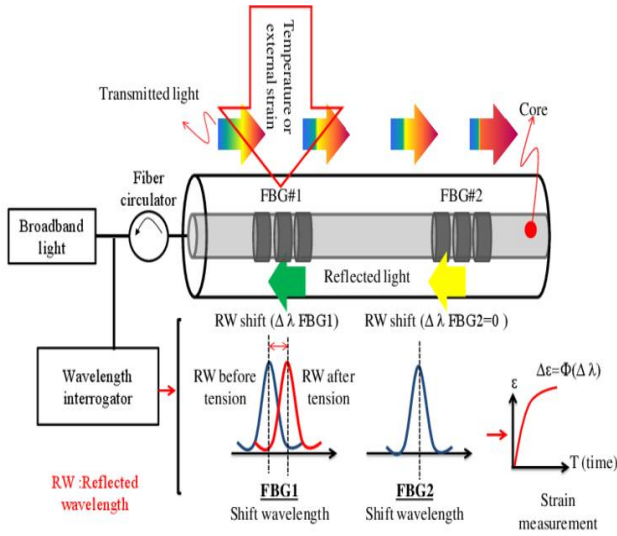


Fig. 3. Measurement principle of FBG sensor.

With FBG sensors, a change in measured variable incurs a shift in Bragg wavelength $\Delta\lambda_B$. In order to determine a change in the measured variable, Bragg gratings are sensitive to temperature and strain change, so these two variables are most often measured by FBG sensors. When a small increase in temperature is present, a spread in optic-fiber occurs, incurring an increase in grating period. Refraction index of silica (of which the fiber is consisted) is also increased. This increase is bigger by an order of magnitude than grating's period change Δ . This consequently causes a change in Bragg wavelength. If we stretch the FBG, causing a strain ϵ , the reflection index is also changed. This strain also incurs a change in grating period.

The relative change in Bragg wavelength $\Delta\lambda_B/\lambda_B$ due to strain ϵ and temperature change ΔT is approximately calculated using the formula:

$$\frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} = C_S \epsilon + C_T \Delta T \quad (1)$$

With C_S being the strain coefficient and C_T being the temperature coefficient.

Formula (1) can be expanded to:

$$\Delta\lambda_B = [(1 - p_e) \epsilon + (\alpha_\Lambda + \alpha_n) \Delta T] \cdot \lambda_B \quad (2)$$

With p_e being the effective photo-elastic coefficient, α_Λ being the coefficient of temperature expansion, and α_n being the thermo-optic coefficient.

Since the FBG grating are sensitive both to strain and temperature change, these parameters are hard to measure separately, which is often the case in practical use. Significant research efforts are being made for the development of configurations of FBG sensors, which would enable for the separated measurement of temperature and strain.

III. APPLICATION OF FBG SENSORS IN RAILWAY

A smart condition tracking system, adapted for the use in railway industry, demands extensive sensor networks, in order to measure strain, vibrations, temperature, velocity. Usage of convenient sensors would be difficult and costly. Instead of these, FBG sensors could be of use, since they possess many advantages over electrical sensors: immunity towards electromagnetic interference, long exploitation period (more than 20 years), high precision, durability, little or no need for calibration, as well as massive multiplexing capability, such that thousands of sensing devices could be multiplexed along a single strain of fiber.

In paper [9] FBG sensors are used to monitor rail conditions. Paper [10] describes using FBG sensors for axle counting in railway mechanics, and in paper [11], a use for tracking steel railway bridge is described.

FBG sensor system is most convenient for railway monitoring, due to its unique features which electrical monitoring systems lack: immunity towards electromagnetic interference, capability for multiplexing a large number of sensors along a single fiber, distance tracking, an inherent self-referencing ability, little or no need for calibration etc. By measuring the strain that is induced on rails when a train passes over them, FBG sensors could be used as axle counters. As is shown in Figure 4, each peak represents axle presence. By counting

the number of peaks stored in sensor, the exact axle count could be made. This is important in order to ensure that the number of wagons coming in and out of the tunnel stays the same.

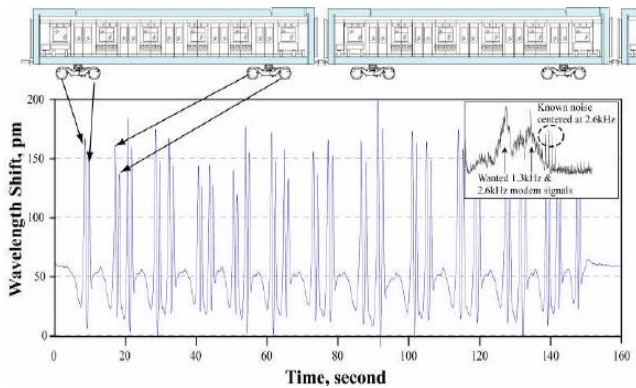


Fig. 4. FBG sensors for counting train axles [12].

FBG sensors can be installed on each side of a rail, so that they detect imbalances on the two sides of rail wheels. It is a common fact that if there is a large difference between the left- and right-hand side loading of an axle, there exists a chance for train derailment. FBG sensors can be also used for the measurement of strain and temperature of train body shells.

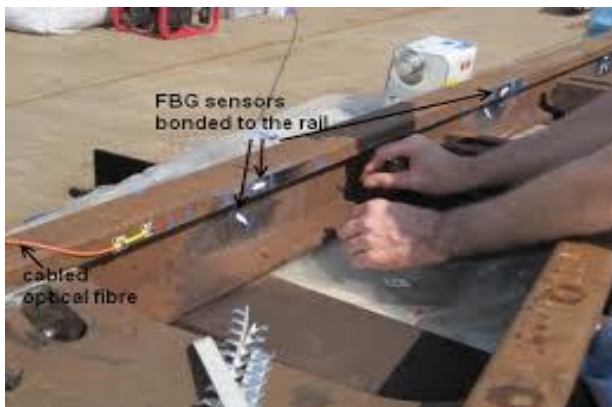


Fig. 5. Installation of a FBG sensor on the rail

FBG sensors could also be used for tracking structural integrity of railway bridges. As is shown in Figure 6, a single FBG sensor could be placed in the middle of secondary beam section, right below the rail on one side of the bridge. This sensor is used to track load conditions and structural behavior of the bridge.

IV. CONCLUSION

In this paper, the working principle of FBG sensors, as well as its applications, were shown. In essence, a small piece of FBG sensors could extract large amounts of information about a moving train. Due to its advantages

over electrical sensors: small in weight and size, good electrical isolation, impervious to environmental effects and the ability for multiplexing, FBG sensors could be used to track many important railway systems, such as: axle counters, derailling monitors, load detectors, speed detectors, etc. This enables real-time tracking of the whole railway system, allowing for maximization of network capacity, energy efficiency, efficiency in operational hazard detection, allowing for an increase in quality and safety of service. Nowadays, FBG sensors and sensor systems have become more available; they are gaining in popularity and an increasing market, and their potential has not yet been fulfilled. Therefore, one could say that the application of FBG sensor for use in railways has the potential to revolutionize the area of railway industry, turning existing railway systems into “smart railways”, thus enabling safer, more reliable and more significant information to railway operators.

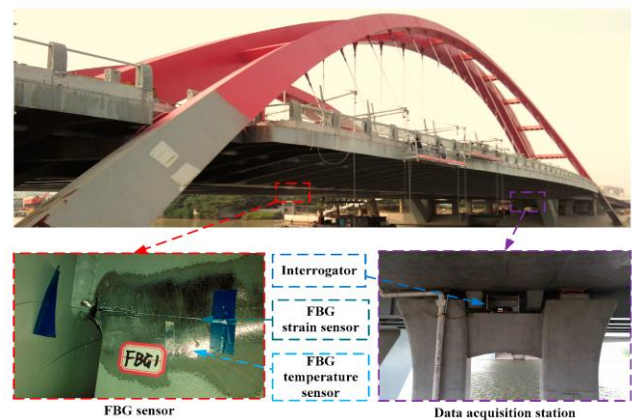


Fig. 6. FBG sensor installed on the beam section on the bridge

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Serbian Ministry of Education, Science and Technological Development through Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts.

REFERENCES

- [1] Z. Đinović, M. Tomić, “Tehnologija monitoringa teških struktura pomoću fiber-optičkih senzora”, IMK 14- Istraživanje i razvoj, 18(2012) 3, SR63-71.
- [2] <http://srbcargo.rs/en/>
- [3] E. Pinet, C. Hamela, B. Glišić, N. Miron, “Health monitoring with optical fiber sensor: from human body to civil structures”, SPIE Smart Structures and Materials, 14 th International Symposium 18-22 March 2007, San Diego, California USA.
- [4] R.Di Sante, “Fibre Optic Sensors for Structural Health Monitoring of Aircraft Composite Structures:Recent Advances and Applications”, Sensors (Switzerland), vol.15, pp.18666-18713,2015.
- [5] C.Rodrigues, C.Felix, A.Lage, and J.Figueiras, “Development of a long-term monitoring systems based on FBG sensors

-
- applied to concrete bridges ”, Eng. Struct., vol.32 no.8, pp.1993-2002,2010.
- [6] M.L.Filigrano et al., “Real-Time Monitoring of Railway Traffic Using Fiber Bragg Grating Sensors”, IEEE Sens. J., vol.12, no.1, pp. 85-92,2012.
- [7] A.Catalano, F.A. Bruno, M. Pisco, A. Cutolo, and A.Cusano “An Intrusion Detection System for the Protection of Railway Assets Using Fiber Bragg Grating Sensors”, Sensors (Switzerland), vol.14, pp. 18268-18285, 2014.
- [8] D.Hu, Y.Guo, X Chen, “Cable Force Health Monitoring of Tongwamen Bridge Based on Fiber Bragg Grating”, Appl., vol 7, no.4 p.384, 2017.
- [9] Tam. H.Y., Lee T., Ho S.L., Haber T., Graver T., Mendez A, “Utilization of Fiber Optic Bragg Grating Sensing Systems for Health Monitoring in Railway Applications”, 6th International Workshop on Structural Health Monitoring
- [10] Lee K.Y., Lee K.K., Ho S.L: “Exploration of Using FBG Sensor for Axle Counter in Railway Engineering”, WSEAS Trans. on Sys., 2004, Vol.3 (6):2440-2447.
- [11] Tsamasphyros G.J., Koulalis E.A., Kanderakis G.N., Furnarakis N.K., Astreinidis V.Z.: “Structural Health Monitoring of a Steel Railway Bridge using Optical Fibre Bragg Grating Sensors and Numerical Simulation”, 3th European Workshop on Structural Health Monitoring, 2006.
- [12] A. Milojević, M. Tomić, N. Pavlović “Application of FBG sensors in smart railway”, XV Scientific Expert Conference on Railways, RAILCON 12, October 04-05,2012, Niš.

Realizacija bipedalnog robota sa osnovnim pokretima putem Arduino Nano okruženja

Dragana Mitrović, Aleksa Stojanović

Sadržaj – U ovom radu je predstavljen način realizacije bipedalnog robota, koji izvršava osnovne pokrete, kao što su, hodanje unapred, unazad i plesanje, korišćenjem Arduino programskog jezika i Arduino platforme.

I. UVOD

Arduino je mikrokontrolerska platforma za pisanje i realizaciju programa za kontrolu i upravljanje fizičkim izlazima. Izuzetno je lak za korišćenje i programiranje, i kao takav, često nalazi primenu u različitim aplikacijama i projektima širom sveta.

Sam Arduino sastoji se iz određenog broja pinova preko kojih se mikrokontroler može povezati sa senzorima i na taj način prikupljati informacije iz okoline. Te informacije, u skladu sa napisanim programom, mikrokontroler obrađuje i kao izlaz daje upravljački signal kojim, na primer, deluje na aktuator kojim vrši neko upravljanje, ili rezultat izračunavanja ili očitavanja sa prikazuje na LCD displeju. Srce Arduino pločice je mikrokontroler. Skoro sve ostalo što postoji na pločici služi za njeno napajanje i omogućavanje njene komunikacije s vašim računarem. Mikrokontroler je mali računar na čipu. On ima sve što su imali prvi kućni računari – pa i više od toga. Ima procesor, jedan ili dva kilobajta RAM memorije za skladištenje podataka, nekoliko kilobajta EEPROM ili fleš memorije u kojoj se čuvaju vaši programi i ima ulazne i izlazne pinove koji povezuju mikrokontroler sa ostalim delovima elektronike.

Sve vrste Arduino mikrokontrolera su u osnovi slične, s tim što se razlikuju po pitanju broja pinova i performansama mikroprocesora.

U ovom slučaju smo koristili Arduino Nano. Arduino Nano ima iste mogućnosti kao ostali kontroleri iz Arduino porodice kontrolera, osim što je njime moguće oplužiti manje ulazno-izlaznih jedinica. Duplo je manjih dimenzija od Arduino Uno kontrolera, i lako može da se smesti na minijaturna mesta vašeg robota, kao što je to na primer unutar kućišta džojstika, ili na samu platformu robota.

II. REALIZACIJA

Bipedalni robot koji je realizovan u ovom projektu je u potpunosti izrađen u tehnologiji 3D štampe, što ga čini pogodnim izborom ukoliko se želi projekat koji se u potpunosti može realizovati bez kupovine komponenti za

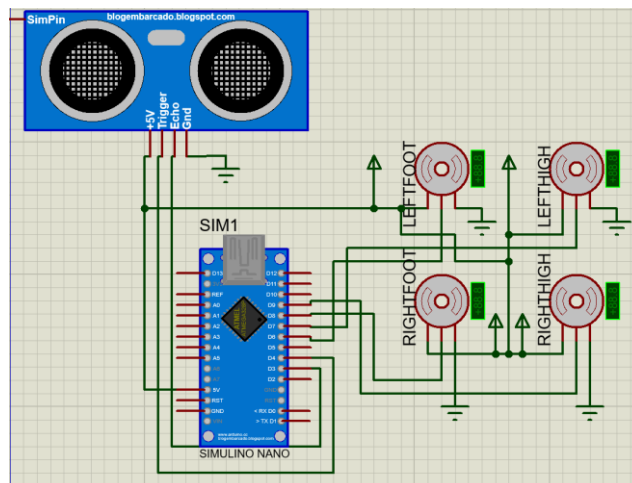
D. Mitrović i A. Stojanović su studenti Elektronskog fakulteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: aleksastubal@gmail.com

njegovu izradu. To znači da je za izradu ovog projekta potrebno posedovati 3D štampač i u njega učitati 3D model komponenti od kojih će robot biti izrađen. Za ovu namenu se mogu koristiti različita programska okruženja kao što su AutoCad, SketchUp, Solidworks, kao i različite aplikacije na internetu među kojima je jedna od najpoznatijih TinkerCad.

Kod je napisan korišćenjem Arduino programskog jezika u Arduino IDE programu. U zavisnosti od toga koji deo u kodu se obrađuje, robot izvršava odgovarajuće funkcije, hodanje napred, nazad, plesanje kao i pad na kraju. Robot se napaja sa 5 V jednosmernog napona sa Arduinoa.

Prilikom realizacije robota korišćeno je:

- Arduino Nano
- četiri mikro servo motora
- ultrazvučni sensor



Slika 1. Način povezivanja komponentata.

Četiri mikro servo motora su nam poslužili za pokretanje nogu robota u odgovarajućem smeru i položaju, dok ultrazvučni senzor služi za detekciju prepreka na koje robot može naići prilikom kretanja.

A. Princip rada

U zavisnosti od funkcije koja se treba izvršiti pristupa se određenom delu koda.

Primer funkcije za hodanje unapred:

```
void WalkForward()
```

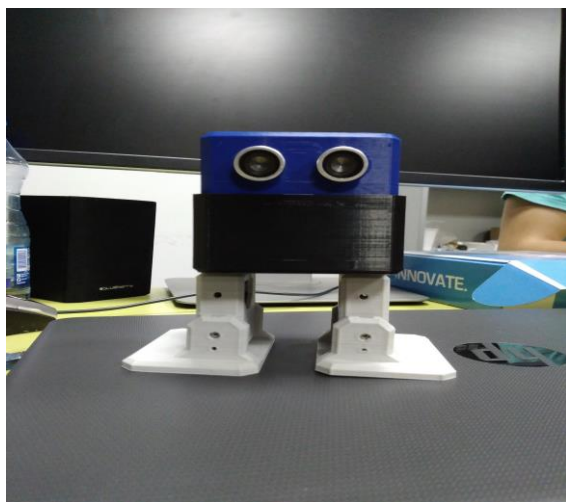
```

{
  //desna noga
  rightfoot.write(10); //podizemo stopalo za 45 stepeni
  delay(10);
  righthigh.write(15); //zakrecemo nogu
  rightfoot.write(0); //spustamo stopalo
  righthigh.write(0); //ispravljamo nogu
  delay(50);

  //leva noga
  leftfoot.write(10); //podizemo stopalo
  delay(10);
  lefthigh.write(15); //zakrecemo nogu
  leftfoot.write(0); //spustamo stopalo
  lefthigh.write(0); //ispravljamo nogu
}

```

Funkcija za hodanje unazad je analogna, s tim što se upisuju druge vrednosti u servo motore.



Slika 2. Izgled realizovanog robota.

B. Bipedalnost

Dvonožnost ili bipedalnost je oblik kretanja po tlu kada se organizam kreće pomoću dve noge, za razliku od četveronožaca (kvadripeda). Životinja, mašina ili druga naprava koja se obično kreće na dvonožni način poznata je kao dvonožac ili biped što znači "dve noge" (lat. bi = dva + ped = noga). Vrste dvonožnog kretanja uključuju hod, trčanje ili skakanje.

Bipedalni hod se sastoji iz dve faze. Prva etapa je faza „podignutog“ ekstremiteta bez kontakta sa podlogom, dok je druga faza „kontakt“ sa podlogom.

C. Servo motori

RC Servo motori (**R**adio **C**ontrol) su najkorišćeniji aktuatori u mehatroničkim projektima jer se njima obezbeđuje upravljanje položajem, brzinom i ubrzanjem.

Sastoje se od motora i regulatora koji daje informaciju o poziciji rotora. Ovi motori takođe koriste i kontroler, često odvojen koji omogućava da se ovi motori daljinski upravljaju. Zbog toga se za njih koriste posebne funkcije koje se nalaze u okviru posebne biblioteke za njihovo upravljanje.

Kako bi ih koristili dodajemo biblioteku.

```
#include <Servo.h>
```

Koristili smo četiri mikro servo motora i to za pokret: leve noge, levog stopala, desne noge i desnog stopala.

Motori sadrže tri pina, pin za napajanje (Vcc), pin za uzemljenje (GND) i izlazni pin. U zavisnosti od toga koji motor pokrećemo pristupamo odgovarajućem pinu.

TABELA I

MEĐUSOBNA POVEZANOST PINOVA ARDUINA SA ROBOTOM

Ime pina	Ime GPIO
rightfoot	8
righthigh	9
leftfoot	6
lefthigh	7
triggPin	4
echoPin	3

D. Ultrazvučni senzor daljine

Ultrazvučni senzor se koristi za određivanje rastojanja od objekta.

Senzor emituje zvučne impulse visoke frekvencije, poznate i kao triger impulsi koji se odbijaju od objekta koji se nalazi ispred senzora i vraćaju se ka senzoru. Nakon ovoga, senzor detektuje odbijeni impuls kao eho impuls. Ultrazvučni talasi koje emituje senzor, kreću se kroz vazduh brzinom zvuka od 340,26 m/s. Na osnovu vremena koje protekne od trenutka kada je senzor poslao triger signal do trenutka kada senzor detektuje eho signal možemo odrediti rastojanje između senzora i objekta. Stoga se u Arduino kodu koristi formula za izračunavanje proteklog vremena, a zatim i za izračunavanje rastojanja do objekta. Na mnogim sajtovima koji se bave elektronskom opremom mogu se naći različita rešenja za ovo izračunavanje. Mi ćemo ovde, radi boljeg razumevanja rada samog senzora dati formulu za korišćenje senzora u projektu, HC-SR04 koja se može naći brzom pretragom na internetu u datasheet-u ovog uređaja.

Za pravilan rad ovog senzora, potrebno je programski obezbediti slanje i prijem impulsa. U nastavku je dat primer odašiljanja signala sa triger pina.


```
// saljemo signal sa trigger kanala
digitalWrite(triggPin, LOW);
delay(5);
digitalWrite(triggPin, HIGH);
delay(10);
digitalWrite(triggPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH); //u uS
distance = duration/58; //u cm
// za senzor HC-SR04
```

III. ZAKLJUČAK

Ovakav robot približava ljudima različitih godina tehnologiju na lak i zabavan način. Kombinovanjem mehaničkih delova, elektronike i kodiranja, ovaj robot može

biti korišćen kao primer deci koja ulaze u svet programiranja i konstruisanja elektromehaničkih sklopova.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je realizovan u okviru timskog projekta u VI-om semestru na smeru Upravljanje sistemima. Autori se zahvaljuju Vladimiru Sibinoviću na izdvojenom vremenu, sugestijama i pomoći pri realizaciji projekta.

LITERATURA

- [1] John Nussey, "Arduino for dummies", 1st edition
- [2] Michael Margolis, Brain Jepson, Nicholas Robert Weldin, "Arduino cookbook 3rd edition"
- [3] <https://create.arduino.cc/projecthub/cparrapa/otto-diy-build-your-own-robot-in-one-hour-5f2a1c>
- [4] <https://www.ottodiy.com/>

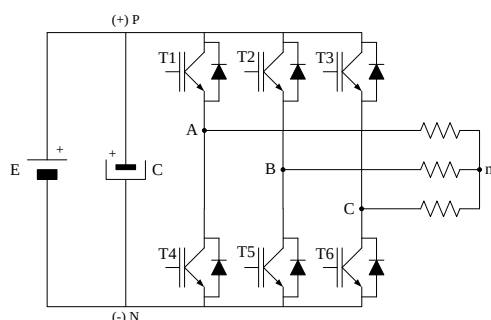
Određivanje efektivne vrednosti linijskog i faznog napona trofaznog invertora na osnovu ulaznog jednosmernog napona

Jelena Komad

Sadržaj – Trofazni invertori imaju značajnu primenu u praksi, naročito u okviru frekventnih pretvarača za regulaciju brzine trofaznih motora. Savremeni pretvarači imaju mogućnost merenja i prikazivanja više parametara od čega je najznačajnija efektivna vrednost izlaznog naizmeničnog napona. U ovom radu prikazan je jedan pojednostavljeni algoritam na osnovu koga se može odrediti efektivna vrednost linijskog i faznog napona trofaznog invertora.

I. TROFAZNI TRANZISTORSKI INVERTOR

Trofazni invertori imaju veoma čestu primenu u praksi [1],[2]. Koriste se za regulaciju brzine obrtanja trofaznih asinhronih motora i sinhronih motora sa permanentnim magnetima na rotoru [2]. Posebno je važno naglasiti da trofazni invertori imaju veoma veliku primenu u sistemima obnovljivih izvora energije. Najjednostavnija topologija trofaznog invertora sadrži šest tranzistora u mosnom spoju kao što je prikazano na Sl. 1.



Slika 1. Principalska šema trofaznog naponskog tranzistorskog invertora.

Upravljanje tranzistorima se vrši primenom mikrokontrolera ili digitalnih signalnih procesora u zavisnosti od tehnike upravljanja. Za jednostavnije tehnike upravljanja koriste se mikrokontroleri, a za složenije i zahtevnije tehnike primenjuju se digitalni signalni procesori (DSP). Za pogon trofaznih invertora na tržištu postoje razvijene posebne serije DSP-a, a jedna od najpoznatijih je serija TMS320C kompanije Texas Instruments.

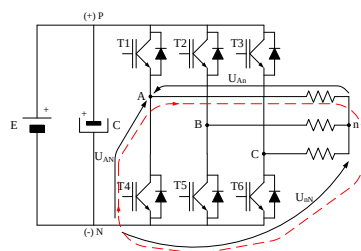
J. Komad, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija, E-mail: jelenakomad@outlook.com

Upravljanje trofaznim invertorima može se realizovati kroz više različitih algoritama. Na ovom mestu biće razmotrena jedna od najjednostavnijih tehnika koja se naziva šestopulsna tehnika ili šestonivajna tehnika. Naziv je dobila jer se napon na fazi trofaznog prijemnika sastoji od šest karakterističnih nivoa od kojih su tri u pozitivnoj, a tri u negativnoj poluperiodi. Zato se invertori koji realizuju ovu tehniku upravljanja nazivaju šestopulsni ili šestonivajni naponski invertori. U planovima nastave i učenja oblast trofaznih invertora se pažljivo izučava kroz teorijsku nastavu premeta Energetska elektronika [4], a osnovni teorijski principi se praktično proveravaju na laboratorijskim vežbama [4].

A. Osnovna analiza trofaznog invertora

Da bi se izvršila analiza rada šestopulsnog invertora neophodno je definisati određene napone na invertoru pomoću kojih će se doći do odgovarajućeg algoritma upravljanja i izraza za fazni i linijski napon prijemnika. Zbog jednostavnosti, usvojimo da je prijemnik čisto omskog karaktera.

Na Sl. 2 naznačeni su određeni naponi U_{AN} , U_{An} , U_{nN} kao i njihovi referentni smerovi. Analogno važi za drugu i treću fazu. Zato će na ovom mestu biti prikazano izvođenje izraza za izlazni napon samo prve faze.



Slika 2. Principalska šema trofaznog naponskog tranzistorskog invertora.

Ako se za naznačenu konturu sa Sl. 2 napiše naponska jednačina, tada važi:

$$U_{AN} = U_{An} + U_{nN} . \quad (1)$$

Iz prethodne jednačine nepohodno je izraziti fazni napon U_{An} , primenom istog postupka za drugu i treću fazu i može se pisati:

$$\begin{aligned} U_{An} &= U_{AN} - U_{nN}, \\ U_{Bn} &= U_{BN} - U_{nN}, \\ U_{Cn} &= U_{CN} - U_{nN}. \end{aligned} \quad (2)$$

Za trofazni simetrični sistem važi da je zbir faznih napona u svakom trenutku jednak nuli, odnosno može se prisati $U_{An} + U_{Bn} + U_{Cn} = 0$. Uvažavajući prethodno navedenu činjenicu, moguće je definisati napon između negativnog pola jednosmernog kola invertora i zvezdišta trofaznog prijemnika.

$$\begin{aligned} \underbrace{U_{An} + U_{Bn} + U_{Cn}}_0 &= \\ U_{AN} + U_{BN} + U_{CN} - 3U_{nN} &\Rightarrow \\ U_{nN} &= \frac{1}{3}(U_{AN} + U_{BN} + U_{CN}) \end{aligned} \quad (3)$$

Primenom jednačina (2) i (3) i zamenom izraza (3) u izraz (2) fazni naponi trofaznog prijemnika biće definisani samo preko napona U_{AN} , U_{BN} , U_{CN} koji definišu potencijale tačaka A, B, C prema negativnom polu jednosmernog kola trofaznog invertora.

$$\begin{aligned} U_{An} &= U_{AN} - \frac{1}{3}(U_{AN} + U_{BN} + U_{CN}), \\ U_{Bn} &= U_{BN} - \frac{1}{3}(U_{AN} + U_{BN} + U_{CN}), \\ U_{Cn} &= U_{CN} - \frac{1}{3}(U_{AN} + U_{BN} + U_{CN}). \end{aligned} \quad (4)$$

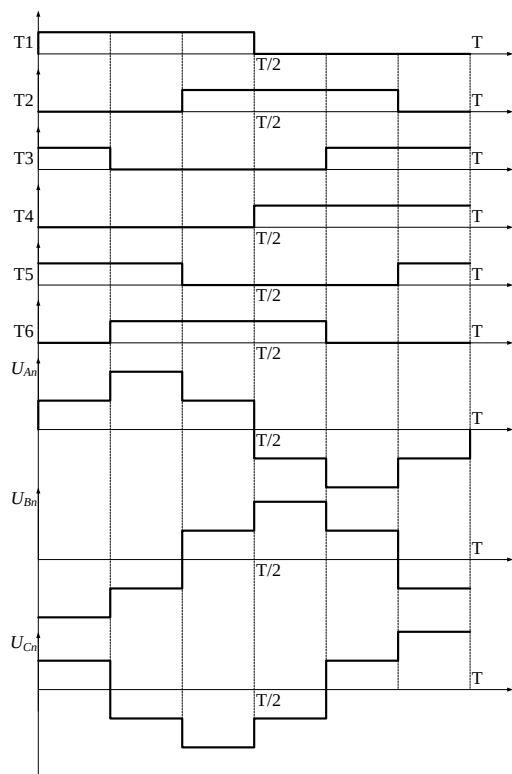
U izrazima (4) neophodno je definisati napone U_{AN} , U_{BN} , U_{CN} . Sa Sl. 2 može se uočiti da vrednost napona U_{AN} ima vrednost E ako je uključen gornji tranzistor u grani (T1), odnosno ima vrednost 0 ako je uključen donji tranzistor u grani (T4). Identično vredi za drugu i treću fazu. Zato je nepogodno definisati promenljivu S za svaku granu invertora, a koja određuje stanje tranzistora.

$$\begin{aligned} U_{AN} &= E \cdot S_A, \\ U_{BN} &= E \cdot S_B, \\ U_{CN} &= E \cdot S_C. \end{aligned} \quad (5)$$

Na osnovu prethodnih izraza mogu se definisati izrazi za fazne napone trofaznog prijemnika.

$$\begin{aligned} U_{An} &= E \cdot \left[S_A - \frac{1}{3}(S_A + S_B + S_C) \right], \\ U_{Bn} &= E \cdot \left[S_B - \frac{1}{3}(S_A + S_B + S_C) \right], \\ U_{Cn} &= E \cdot \left[S_C - \frac{1}{3}(S_A + S_B + S_C) \right]. \end{aligned} \quad (6)$$

Uključene tranzistora u invertorskom mostu može da bude realizovano na dva načina, uglom vođenja 180° stepeni i uglom vođenja 120° stepeni. Na Sl. 3 prikazani su pregledno vremenski dijagrami upravljačkih signala tranzistora od T1 do T6 kao i talasni oblici faznih napona trofaznog prijemnika koji je povezan i grane mosnog invertora za ugao vođenja 180° stepeni.



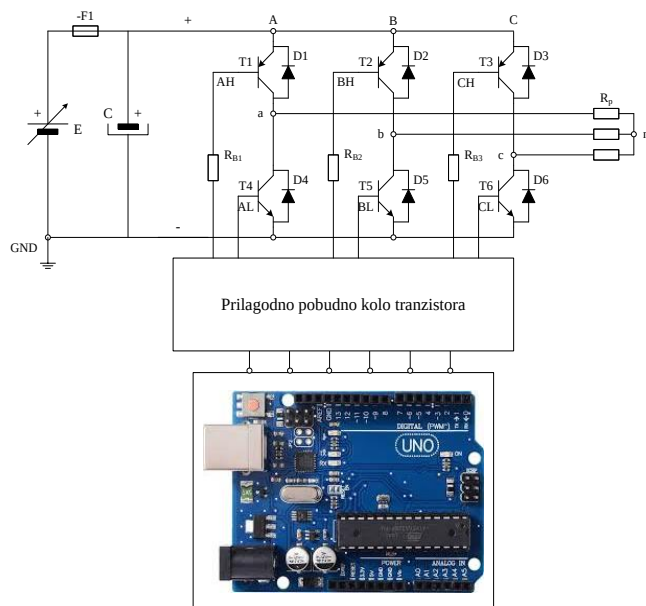
Slika 3. Vremenski dijagrami upravljačkih signala i talasni oblici faznih napona trofaznog prijemnika.

II. MIKROKONTROLERSKA UPRAVLJAČKA KARTICA I HARDVERSKA REALIZACIJA

Arduino platforma je skup elektronskih i softverskih komponenti koje se mogu jednostavno povezivati u složenije celine. Srce Arduina je mikrokontroler. Mikrokontroler je mali računar na jednom integrisanom sklopu. Arduino okruženje najčešće koristi 8 bitne mikrokontrolere koje proizvodi kompanija ATMEL[5].

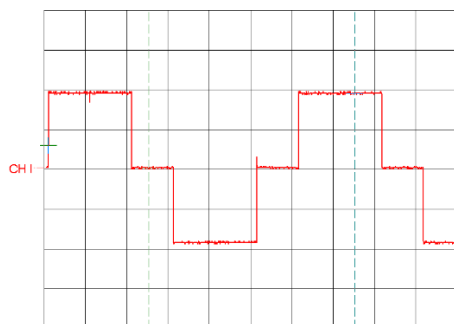
Najrasprostranjeniji model je ATMEGA328P koji se koristi na osnovnoj Arduino prototipnoj pločici koja je prikazana na sledećoj Sl. 4. Arduino UNO R3 ploča sadrži 14 digitalnih ulazno/izlaznih pinova (od kojih 6 mogu da se koriste kao PWM izlazi), 6 analognih ulaza, 16 MHz keramički rezonator, USB konektor, priključak za napajanje i dugme za resetovanje. Mikrokontroler se jednostavno povezuje na PC preko USB konektora. Preko USB kabla Arduino će biti napojen sa 5 V jednosmernim naponom [5].

Na Sl. 4 prikazan je principski izgled elektronskog kola trofaznog tranzistorskog invertora.

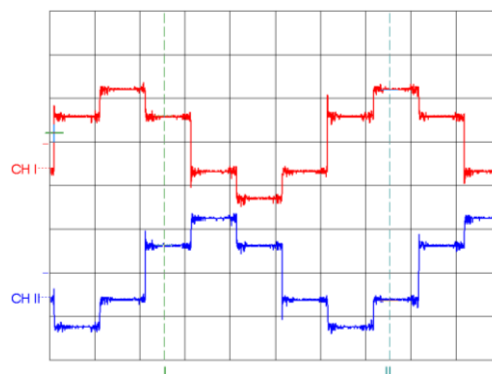


Slika 4. Principska šema hardverske realizacije trofaznog tranzistorskog invertora.

Na Sl. 5 prikazan je izgled linijskog napona U_{ab} trofaznog tranzistorskog invertora koji je izmeren pomoću digitalnog osciloskopa HAMEG 507 sa serijskom komunikacijom sa računarom, dok je na Sl. 6 prikazan vremenski dijagram faznog napona prve U_{AN} i druge faze U_{BN} trofaznog invertora za omsko opterećenje.



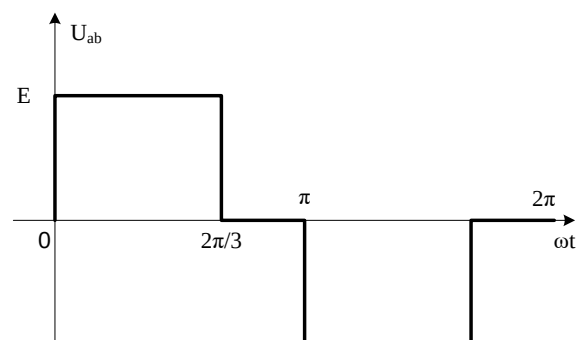
Slika 5. Vremenski dijagram linijskog napona U_{ab} snimljen pomoću digitalnog osciloskopa HAMEG 507.



Slika 6. Vremenski dijagram faznih napona U_{AN} i U_{BN} snimljeni pomoću digitalnog osciloskopa HAMEG 507.

III. ALGORITAM ZA ODREĐIVANJE EFEKTIVNE VREDNOSTI LINIJSKOG I FAZNOG NAPONA

Na Sl. 7 prikazan je talasni oblik linijskog napona invertora.



Slika 7. Talasni oblik linijskog napona U_{ab} trofaznog invertora.

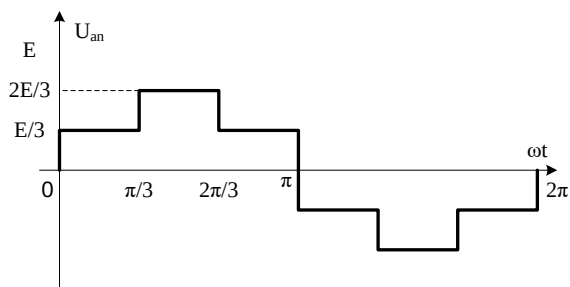
Efektivna vrednost linijskog napona dolazi se na osnovu rešavanja sledećeg integrala.

$$U_{abef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_{ab}^2(\omega t) d\omega t} = \sqrt{2 \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi/3} E^2 d\omega t} \quad (7)$$

Rešavanjem integrala (7), dobija se veza između vrednosti jednosmernog napona na ulazu invertora i efektivne vrednosti linijskog napona invertora.

$$U_{abef} = E \sqrt{\frac{2}{3}} \quad (8)$$

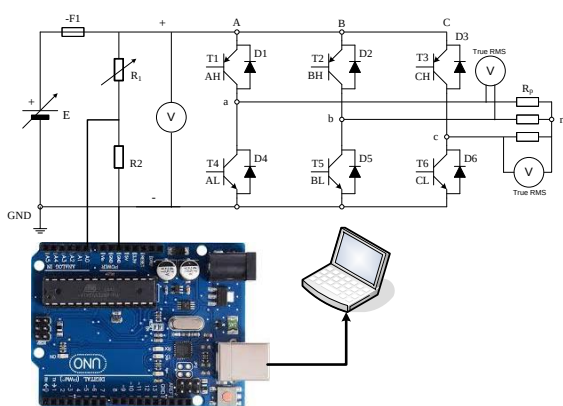
Na Sl. 8 prikazana je talasni oblik faznog napona trofaznog invertora.



Slika 8. Talasni oblik faznog napona U_{an} trofaznog invertora.

Do efektivne vrednosti faznog napona trofaznog invertora može se doći tako što se efektivna vrednost linijskog napona podeli sa $\sqrt{3}$.

$$U_{anef} = \frac{U_{abef}}{\sqrt{3}} = E \frac{\sqrt{2}}{3} \quad (9)$$



Slika 9. Principna šema mikrokontrolerske kartice za merenje.

Na Sl. 9 prikazana je principna šema za određivanje efektivne vrednosti linijskog i faznog napona primenom mikrokontrolerske kartice Arduino UNO.

IV. REZULTATI MERENJA

Testiranje elektronskog kola izvršeno je u laboratoriji za Energetsku elektroniku pod sledećim uslovima. Izvor napajanja E podešen je na 10 V, prilagodno kolo analognog ulaza mikrokontrolerske kartice realizovano je pomoću

naponskog razdelnika. Softversko okruženje je Arduino IDE a rezultate merenja mikrokontroler ispisuje u prozoru "Serial monitor". Rezultati testiranja prikazani su u TABELI I.

TABELA I
UPOREDNI PRIKAZ RAČUNSKIH, SOFTVERSKIH I IZMERENIH
REZULTATA

E	postupak	U_{abef}	U_{anef}
[V]		[V]	[V]
10	računski	8,165	4,714
10	softverski	8,17	4,71
10	merenje	7.17	4.15

V. ZAKLJUČAK

U istraživanju koje je prikazano u okviru ovoga rada prikazana je sinteza teorijske analize i praktične realizacije elektronskog kola za detekciju efektivnih vrednosti linijskog i faznog napona. Prikazani algoritam daje zadovoljavajuće rezultate u fazi prototipskog istraživanja. Ako se ulazni napon E menja, tada dolazi do izražaja rezolucija A/D konvertora što ima uticaja na vrednost linijskog i faznog napona. Za dobijanje kvalitetnijih rezultata potrebno je koristiti mikrokontrolerske kartice sa kvalitetnijim A/D konvertorima i instrumente koji tačnije mere nesinusne veličine.

ZAHVALNICA

Na ovom mestu želim da uputim zahvalnost mentoru Skoko Saši, koji mi je pomogao u savladavanju teorijskih znanja o invertorima i pomogao savetima u praktičnoj realizaciji elektronskog kola za merenje napona.

LITERATURA

- [1] R. Opačić, *Elektronika I*, Beograd, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 1993.
- [2] D. Martinović, Z. Pendić, Ž. Janda, J. Menart, *Energetska elektronika*, Beograd, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 2007.
- [3] <https://www.ti.com/product/TMS320C203>
- [4] S. Skoko, P. Kolarski, *Energetska elektronika-praktikum laboratorijskih vežbi*, Novi Sad, Elektrotehnička škola "Mihajlo Pupin", 2018.
- [5] <https://www.arduino.cc/>

Theoretical Review of Contemporary Machine Translation Systems

Isidora Stevanović, Luka Radičević

Abstract – This write-up critically assesses machine translation in its current phase of development, thus providing a short comparative analysis of the two predominant translator models. The goal of this paper is to dissect the main advantages and disadvantages of both statistical and neural machine translation, which might offer a new perspective on the field in general.

I. INTRODUCTION

Globalization has recently caused the need for translators and interpreters to increase so drastically that the number of those available simply was not enough to do all the required translating [1]. Therefore, the development of machine translation has become a goal for quite a number of linguists and engineers [2]. Regardless of the fact that machine translation originates from the 1960s, it was not until twenty years later that advances in technology have enabled the emergence of machine translators that can achieve translations equivalent to the ones of humans. Today, machine translators are a crucial part of the translation process in many professional translation environments, such as the European Union's translation service. They are also regularly used by individuals who want to understand the essence of a text written in a foreign language or communicate with non-speakers of their native language. This is also evidenced by the fact that almost a third of Internet users regularly used machine translators in 2010, and in 2017, machine translation made up for almost the half of the total work in the language industry [1]. Machine translation has been gaining even more popularity since the last decade due to better computational facilities available at personal computer systems [2].

I. Stevanović, 4th-grade student of Control Systems, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: isidora.stevanovic@elfak.rs

L. Radičević, 4th-grade student of International Relations, Faculty of Social Sciences, University of Ljubljana, Kardeljeva ploščad 5, 1000 Ljubljana, Slovenia, E-mail: lr0903@student.uni-lj.si

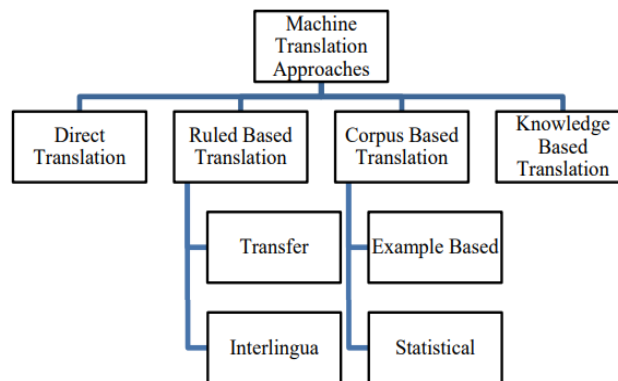


Fig. 1. Main approaches to machine translation [3].

II. APPROACHES TO MACHINE TRANSLATION

There are four main approaches to machine translation – direct, rule-based, corpus-based and knowledge-based, as represented diagrammatically in Fig. 1. In the first approach, translation is conducted without an intermediate representation of codes. This method of translation is only feasible for one language pair and it requires little analysis of the text, that being either morphological analysis, preposition handling, syntactic arrangement and morphological generation [3].

Rule-based machine translation functions according to rules for morphology, syntax, lexical selection and semantic analysis for each language used for translation and generation [1]. Corpus-based machine translation requires parallelly-aligned text for each language pair – sentence by sentence. It can be further classified into statistical and example-based machine translation. Its translation accuracy is guaranteed thanks to the previously-mentioned alignment, which is why statistical machine translation is one of the most widely used approaches, that is, types of machine translation, which makes it suitable for analysis in this write-up [3].

On the other hand, knowledge-based machine translation systems are different as they incorporate the semantic-based approach to language analysis, introduced by Artificial Intelligence researchers. Therefore, it requires large knowledge bases that include both ontological and lexical data [3].

III. COMPARISON OF STATISTICAL AND NEURAL MACHINE TRANSLATION SYSTEMS

Arising from the above-assessed different approaches to machine translation, particular machine translation systems (machine translators) can be divided into three groups – rule-based, corpus-based and hybrid machine translators [2].

Rule-based machine translators rely on large lexicons with morphological, syntactic and semantic data, as well as extensive databases of language rules. They are further divided according to the translation approach they use. Some of the main shortcomings of rule-based machine translators are unsatisfactory ambiguity, inappropriate style or genre, incorrect choice of vocabulary and unsatisfactory response to gaps in vocabulary and grammar rules. Furthermore, their development is more expensive than the development of statistical translators [2].

On the other hand, corpus-based machine translators navigate through a parallel corpus and are divided into statistical and case-based machine translators. Since the two types overlap in many aspects and statistical translators have been gradually moving from word-to-word processing, it is difficult to clearly distinguish between them. Since neural translators are also corpus-based, they can also be classified in this subgroup [2].

A general way to present the types of machine translators based on the approaches to translation is the Vauquois' pyramid, which shows how the required depth of analysis increases as one moves from the direct approach, the transfer approach and to the intermediate language approach at the top of the pyramid [4].

Hybrid machine translators combine the properties of the rule and corpus-based machine translators. They were created to address the shortcomings of statistical machine translators in translating free word order, distant grammatical dependencies, ellipses, and complex structures. Although hybrid machine translators originate from statistical machine translators, they do have grammar rules and lexicons added to them. Namely, the quality of rule-based translators also improves when the probability of individual language units is taken into account, which is why rule-based hybrid machine translators with added statistics have also emerged. A number of commercial providers now offer hybrid machine translators in order to allow users to customize systems to their own needs [2].

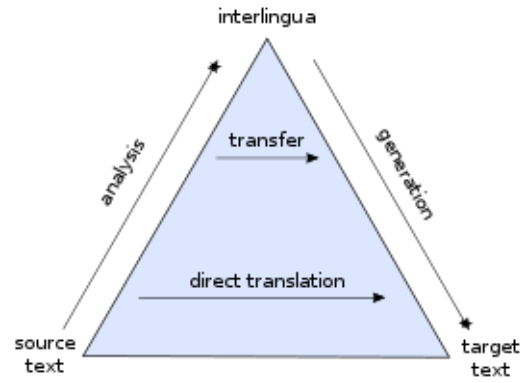


Fig. 2. Bernard Vauquois' pyramid showing comparative depths of intermediary representation [4].

A. Statistical Machine Translation

Corpus-based approaches and, thus, statistical machine translation emerged in the 1990s as a challenge to the previously dominant rule-based approach. Statistical machine translation is a system that does not rely on language skills at all and is solely based on the technique of teaching a machine translator with extensive collections of monolingual and bilingual data and probabilities. The probability calculation depends on two models, the first one being a so-called direct translation model in which the system calculates the probability that words in the original language will be replaced by their equivalents in the target language. The second one, however, represents the probability that these words will be used appropriately in the target language [4].

B. Neural Machine Translation

Neural machine translators are a subtype of corpus-based machine translators, as they navigate through large amounts of language data and parallel texts. They differ from other types of machine translators for the use of feedback neural networks composed of thousands of artificial units. These units are similar to neurons in the human brain since the likelihood that they will forward certain data depends on the stimuli they receive from other neurons and the strength of the connection through which the stimuli travel [2].

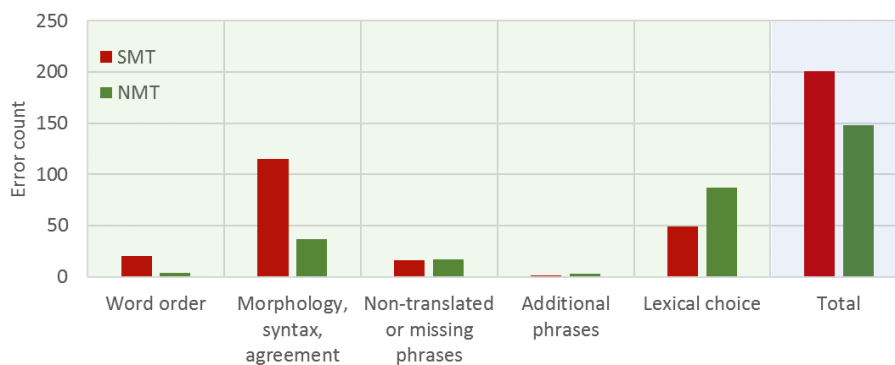


Fig. 4. Error analysis example of English-Latvian statistical machine translation (SMT) and neural machine translation (NMT) for 196 sentences from a balanced evaluation set [5].

A characteristic is added to each neuron, which can be positive or negative. This characteristic represents the strength of the connection between neurons. If there is a positive characteristic between neurons, the data is more likely to be forwarded, but if there is a negative one, the likelihood is lower. Feedback loops are also introduced into the network, which enables data to travel in both directions – back and forth. That enables the backpropagation of a potential error, on the basis of which the neural network learns and upgrades [2].

IV. COMPARISON OF PREDOMINANTLY USED MACHINE TRANSLATORS

In order to complement the theoretical review of machine translation systems, this section of the write-up is dedicated to critically analysing and comparing four different machine translators. As machine translation technologies continually improve and, thus, can be compared to human performance, it is important to be able to account for both their advantages and disadvantages accurately [6]. After consulting the cited literature, the following selection of specific machine translators was agreed upon: *Google Translate*, *Microsoft BING translator*, *Amebis Presis* and *GUAT*. The order of the translators is random. All selected systems can be classified into two paradigms of machine translation, thoroughly explained at the beginning of the previous section [7]. *Google Translate* and *Microsoft BING translator* are typical statistical machine translation systems. The main advantage of these systems is that the methods are language independent. The main disadvantages, however, are the poor overview of system operation, the difficulty of correcting systematic errors, as well as the only partially possible introduction of linguistic knowledge. *Amebis Presis* and *GUAT* are rule-based machine translation systems. This type includes most of today's commercial translation systems, although they are increasingly being created using less standard approaches [7].

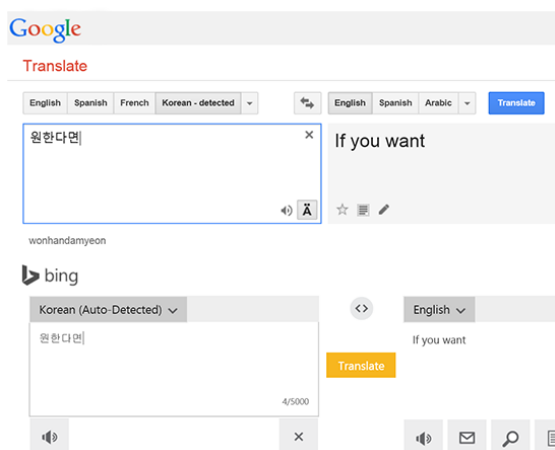


Fig. 5. *Google Translate* and *Microsoft BING translator* interfaces with the same translation example [8] [9].

A. *Google Translate*

Not much is known about how *Google Translate* operates. Namely, it does not use additional language skills, but only relies on the correlation between known pairs of already translated parallel texts. As precise statistical methods require huge amounts of text and a lot of computing power to process them, *Google* has got both – the collected texts to create its search engine and large clusters of computers which allow users to quickly get machine translations with enviable quality. The described features have enabled *Google* to create translation systems for as many as 58 world languages, that is, for as many as $58 \cdot 58 = 3364$ language pairs. When it comes to “larger” languages and more common language pairs, such as English-German or English-Chinese, the systems are taught separately, while smaller languages, including Serbian, are translated through an intermediate language. This means that the translation into Serbian does not take place directly from the source language, but the text is first translated into a more commonly translated language and then into Serbian. The quality of translations is therefore inferior to that of more common language pairs [7].

B. *Microsoft BING translator*

This is a hybrid system for machine translation of natural languages. The system is based on a statistical machine translator, which also uses language-dependent rules and a certain amount of source text analysis. *Microsoft* refers to this system as “linguistically informed statistical machine translation”. The system is basically a statistical system for machine translation based on phrases, which includes language-dependent text analysis and word alignment rules for generalization of learned phrases [7].

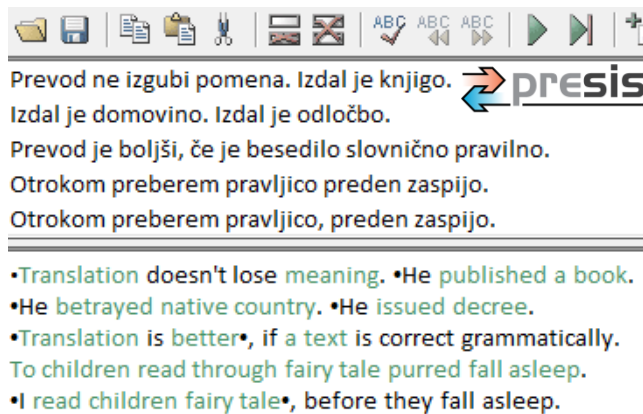
C. *Amebis Presis*

Although not so widely used, this machine translator provides a reliable rule-based machine translation system. *Amebis Presis* analyzes each sentence in the source language through its grammatical components, such as subject, object and attributes of the corresponding semantic categories. Based on the analyzed source text, it selects prepared rules that enable the translation of the analyzed components into the target language. One of the main features of this system is the ability to adapt to the translation domain using additional lexicons [7].

D. *GUAT*

GUAT is the result of academic experiments for quickly setting up translation systems for etymologically-related languages. The basis of the system is the so-called “shallow transfer rule-based machine translation”. As the environment allows only morphological analysis and synthesis of texts and does not contain tools for a complete

analysis of source texts, it is not suitable for syntactically different language pairs, such as English and Serbian [7].



Translation system (codenamed **guat**) - test version

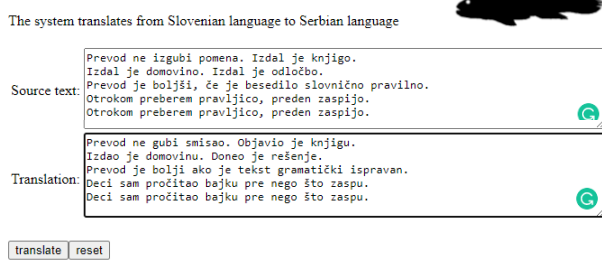


Fig. 6. Amebis Presis and GUAT translator interfaces with the same translation examples [10] [11].

V. CONCLUSION

Despite the impressive ability to "teach" statistical machine translation systems, the future of this field is clearly directed towards neural machine translation. The main reason for this is the tendency to replicate human translation as much as possible. We are clearly witnessing an exponential improvement of machine translation technologies. However, it is important to inform oneself enough so the appropriate translation system can be chosen. This paper provides a short, but substantial descriptive analysis of both different machine translation types and machine translation systems.

While it is obvious that neural machine translation is much more advanced than its statistical predecessor, the same cannot be claimed for *Google Translate*, the most commonly used machine translator in today's time. Although *Google Translate* certainly has got the biggest language database of the publicly-accessible machine translation systems and provides quality translations in minimal time frames, comparative analysis of secondary sources has proven that each of the assessed systems is a viable option depending on the type of translation needed.

The source-target language ratio plays a crucial role there as well.

Namely, the most common machine translation errors occur due to incompatibility of the chosen source or target language and the chosen machine translator. However, since new, contemporary machine translators are being developed as this sentence is being read, one should only hope that the "successor" will have no trouble translating complex morphological structures and distant grammatical dependencies of an uncommon language pair.

Machine translation is definitely a scientific field that offers numerous possibilities for future research. It might be quite insightful to focus on machine translation evaluation methods, such as evaluations based on translation phrasing, which is arguable the most effective way to evaluate a human translation.

ACKNOWLEDGEMENT

Authors of this write-up would like to express gratitude to David Bordon, Master of Translation and Interpretation, for giving them thorough guidelines on how to navigate through the field of machine translation. Furthermore, the paper would not have been finished if it was not for the dedicated mentorship of assoc. prof. dr. Vojko Gorjanc from the Faculty of Philosophy and the Faculty of Arts at the University of Ljubljana.

REFERENCES

- [1] J. K. Raulji and J. R. Saini, "Sanskrit Machine Translation Systems: A Comparative Analysis", *International Journal of Computer Applications*, 2016, vol. 136, no. 1.
- [2] T. Kuzman, *Nevronsko strojno prevajanje literarnih besedil iz angleščine v slovenščino*, Ljubljana: Filozofska fakulteta, 2019.
- [3] T. Siddiqui and U. S. Tiwary U.S., *Natural Language Processing and Information Retrieval*, Oxford University Press, 2008.
- [4] J. Kadivec, *Prilagoditev statističnega strojnega prevajalnika za specifično domeno v slovenskem jeziku*, Ljubljana: Fakulteta za računalništvo in informatiko, 2016.
- [5] Tilde, *Comparative Evaluation: Statistical vs. Neural Machine Translation*. Dostupno na: <https://www.tilde.com/about/news/316>
- [6] L. Ahrenberg, *Comparing Machine Translation and Human Translation: A Case Study*, Linköping: Department of Computer and Information Science of the Linköping University, 2018.
- [7] J. Vičič, *Strojno prevajanje in slovenščina*, Koper: Primorski Inštitut za Naravoslovje in Tehnologijo, 2014.
- [8] *Google Translate*. Dostupno na: <https://translate.google.com/>
- [9] *Microsoft BING translator*. Dostupno na: <https://www.bing.com/translator/>
- [10] *Amebis Presis*. Dostupno na: <https://presis.amebis.si/>
- [11] *GUAT*. Dostupno na: <https://jt.upr.si/guat/index.php?en>

Koncept pametne kuće baziran na IoT tehnologijama

Marija Gojković

Sadržaj – Rad je posvećen pregledu razvoja naprednih tehnologija za implementaciju u pametnim kućama. Obradeni su osnovni kontrolni sistemi pametne kuće, karakteristike naprednih tehnologija koje one koriste, kao i neki od alata kojima se mogu razviti i primeniti servisi u ovim kućama. Njihovom primenom se mogu poboljšati performanse stambenih objekata, pružiti vrhunski rad građevinskih sistema, sniziti troškovi servisa, smanjiti zahtevi za usluge i održavanje, pružiti veće zadovoljstvo stanarima i generisati veće finansijske doprinose za vlasnika kuće ili zgrade.

I. UVOD

Internet stvari (engl. Internet of Things, IoT) je tehnologija koja omogućava da se na internet povezuju stvari za svakodnevnu upotrebu sa ugrađenim senzorima, procesorima i implementiranim softverima sa ciljem da se vrši prikupljanje i razmena podataka [1], [2]. Dakle, ova povezanost omogućava uređajima (stvarima) da budu stalno na mreži kako bi međusobno delili podatke, analizirali ih i donosili automatizovane odluke u realnom vremenu [3].

Ovim IoT uređajima može se pristupiti putem pametnog telefona ili računara, odnosno, korisnici mogu da prate, upravljaju i kontrolišu ove uređaje putem aplikacije. Ako se ovaj koncept primeni na ceo dom i na sve prisutne uređaje dobija se pametna kuća koju pokreće IoT. Trenutno, većina pametnih uređaja za kućnu automatizaciju omogućava kontrolu putem aplikacije ili čak glasovnim komandama. Takođe, pametnu kuću pomoću IoT tehnologija moguće je realizovati i na takav način da sistem zna kada treba preduzeti određene akcije i automatski će delovati. Tu leži budućnost kućne automatizacije i IoT-a.

Rad nudi rezime o ulogama različitih delova sistema u procesu implementacije tehnologija povezivanja različitih uređaja na internet, odnosno, Interneta stvari (IoT) i njihove primene u formiranju koncepta pametne kuće.

II. FORMIRANJE KONCEPTA PAMETNE KUĆE

U današnje vreme automatizacija domova postaje

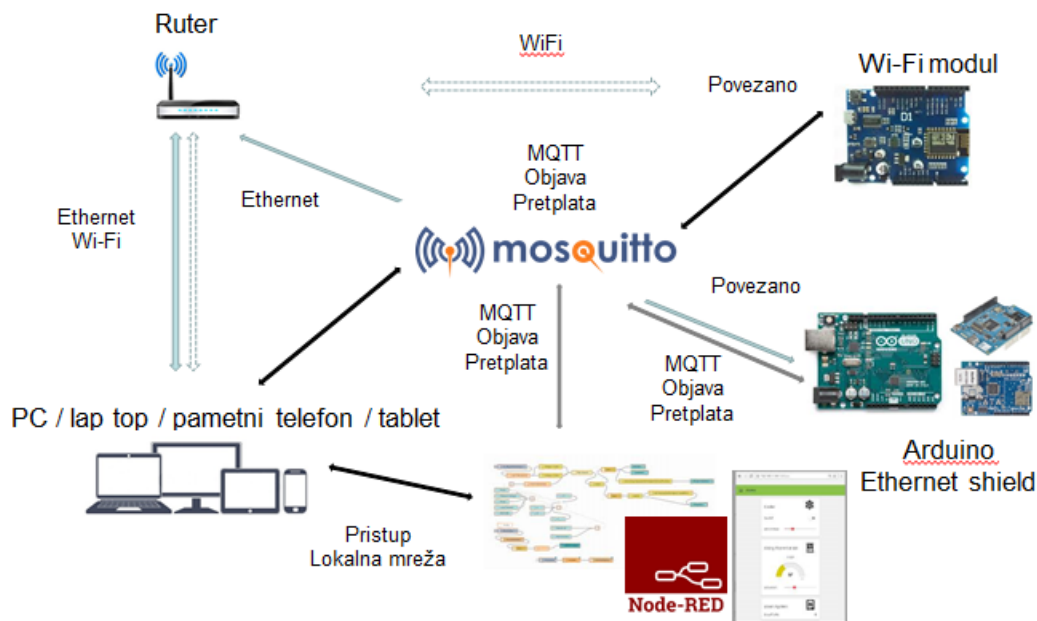
M. Gojković je student katedre za Telekomunikacije, Elektronskog Fakulteta Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: m.gojkovic217@gmail.com

neophodna u svrhu poboljšanja našeg životnog stanja. Pogodnost i jednostavnost upotrebe kućnih aparata je ono što nudi automatizacija kuće. Kućna automatizacija nudi futuristički način života u kojem pojedinac kontroliše celu svoju kuću pomoću pametnog telefona, od uključivanja televizora do zaključavanja / otključavanja vrata; takođe nudi efikasnu upotrebu energije [4], [5]. Ali instaliranje ili nabavka takvog sistema zahteva mnogo novca i to je glavni razlog zašto automatizacija kuća nije dobila veliku potražnju i pažnju, dodajući tome i složenost instaliranja i konfigurisanja. Stoga je neophodno učiniti ovakav sistem isplativim i jednostavnim za konfigurisanje u domovima, kancelarijama, školama. Takođe, automatizacija domova olakšava starijim osobama i osobama sa invaliditetom kretanje i kontrolu kućnih aparata i uređaja u njihovim kućama.

Realizacija koncepta pametne kuće u ovom radu izvršena je tako da sadrži dve automatizovane prostorije: Soba 1 i Soba 2. U prostoriji Soba 1 realizovan je digitalni sklop senzora sa LED i LCD indikatorima. DHT21 digitalni senzor očitava vrednosti temperature i vlažnosti vazduha u Sobi 1 i informacije šalje na MQTT server. PIR senzor šalje obaveštenja o detektovanom pokretu, pri čemu jedna LED dioda indukuje aktivan režim rada senzora a druga svetli ukoliko je pokret detektovan. Korisniku su podaci koje šalju senzori dostupni putem korisničkog interfejsa realizovanog pomoću Node-RED open-source platforme. Interfejs takođe pruža mogućnost kontrolisanja rada treće LED diode opcijama uključiti i isključiti.

U prostoriji Soba 2 realizovan je sklop senzora sa analognim karakteristikama. Iz ove prostorije korisniku su pružene informacije o temperaturi, očitane LM35 senzorom i osvetljenosti očitane fotodiodom. Korisniku je pružena mogućnost kontrole tri RF utičnice opcijama uključiti / isključiti, pri čemu je za utičnicu B dodata opcija automatskog uključivanja ukoliko očitana vrednost temperature prevaziđe određeni prag. Utičnica C takođe nudi mogućnost automatskog uključivanja ukoliko nivo osvetljenosti Sobe 2 padne ispod praga. Predviđeno je da ove pragove korisnik unosi u korisničkom interfejsu.

Korisničkim interfejsom za upravljanjem procesom prikupljanja i kontrole podataka sa senzora može biti upravljano sa računara ili mobilnog telefona.



Slika 1. Pregled sistema pametne kuće.

Pregled sistema koncepta pametne kuće prikazan je na Slici 1. Naime, čitav sistem osmišljen je sa središtem koji čini računar na kome je instaliran server koji koristi MQTT protokol kao način komuniciranja. Sa jedne strane sistema se nalaze senzori od kojih jedan deo očitane podatke prosleđuje Arduino Uno platformi. Arduino Uno sa Ethernet Shieldom te podatke dalje prosleđuje serveru putem Ethernet mreže koristeći MQTT protokol. Wi-Fi modul, koji prikuplja podatke sa drugog dela senzora, te podatke šalje Wi-Fi mrežom na server, takođe koristeći MQTT. Podacima koji se sada nalaze na serveru korisnik može pristupiti putem korisničkog interfejsa. Ovaj interfejs je dostupan putem pametnih telefona, laptopova i sl. s tim što treba voditi računa da je pristup moguć isključivo u lokalnoj mreži.

III. MQTT PROTOKOL

Pri realizaciji koncepta prikazanog na Slici 1 za komunikaciju između uređaja i servera korišćen je MQTT protokol koji se, kao i svaki drugi internet protokol, temelji na klijentima i serveru. MQTT server se naziva broker a klijenti su jednostavno svi povezani uređaji. Kada uređaj (klijent) želi da pošalje podatke brokeru, operacija se naziva objava a kad uređaj (klijent) želi da primi podatke od brokera, ova operacija se naziva pretplata.

Pored toga, ovi klijenti objavljuju i pretplaćuju se na teme. Dakle, ovde je broker onaj koji postupa u operacijama pretplate i objavlivanja na ciljane teme.

Broj povezanih uređaja, odnosno, klijenata na broker, koji zavisi od provajdera brokerske usluge, može biti veliki. Treba naglasiti da nije samo ogroman broj ovih povezanih uređaja koji objavljuju i pretplaćuju se sve vreme, već je i činjenica da bilo koji uređaj može u bilo

kom trenutku dobiti podatke od bilo kog drugog uređaja što ovaj protokol čini idealnim za primenu u IoT projektima [6].

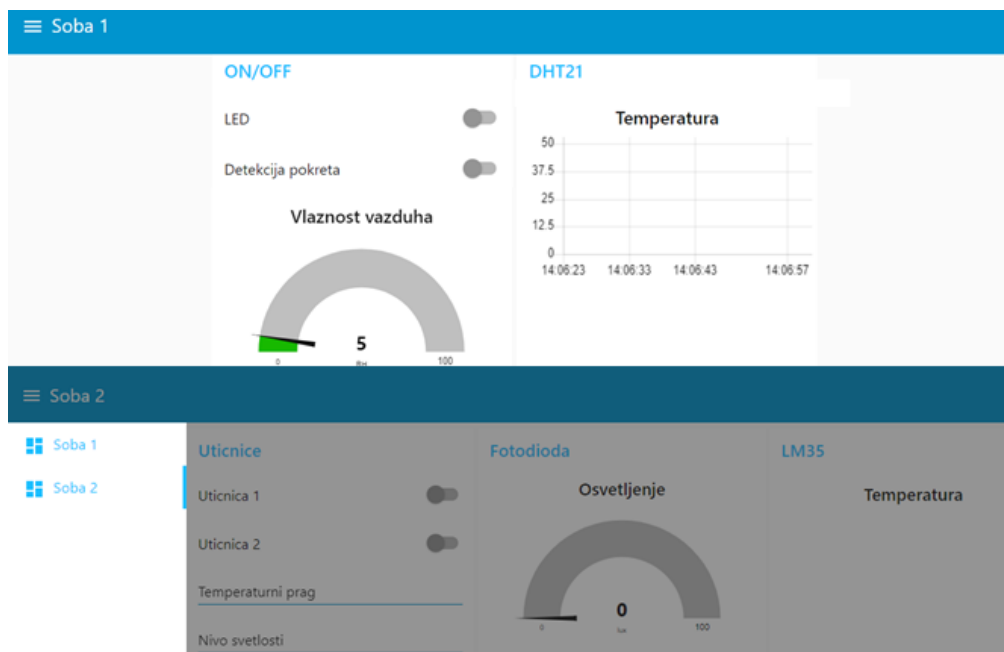
U ovom radu korišćen je mosquitto open source broker za poruke koji koristi MQTT protokol. Jednostavne je strukture i pogodan je za instalaciju na svim uređajima od platformi male snage do kompletnih računara i servera. Za primene u ovom radu mosquitto broker je instaliran lokalno, na PC-ju što je neophodno kako bi pametna kuća mogla biti kontrolisana putem interneta [7].

Mqtt-spy je uslužni softver otvorenog tipa koji omogućava jednostavniji i pregledniji nadzor aktivnosti na MQTT temama [8], a koji je korišćen prilikom izrade ovog rada sa ciljem otkrivanja grešaka i njihovog pretraživanja. Softver je, takođe, dizajniran za obradu velikih količina poruka, kao i za povremene objave.

IV. KONTROLNA TABLA U NODE-RED OKRUŽENJU

Za izradu korisničkog interfejsa za kontrolu i nadgledanje rada uređaja u pametnoj kući korišćen je Node-RED programski alat. Sadrži editor koji olakšava povezivanje toka podataka pomoću širokog spektra čvorova u paleti koji se mogu implementirati u editoru jednim klikom [9].

Do prikaza kontrolne table za primenu od strane korisnika, može se doći korišćenjem ove url adrese: <http://ip-adresa MQTT servera:1880/ui>, ili u slučaju lokalne instalacije, što je to ovde slučaj: <http://localhost:1880/ui>. Izgled kontrolne table prikazan je na Slici 2.



Slika 2. Korisnički interfejs pametne kuće.

V. HARDVERSKA REALIZACIJA

Za realizaciju hardvera sistema pametne kuće korišćene su sledeće komponente i uređaji:

- Arduino Uno R3 platforma,
- WeMos D1 R1 Wi-Fi modul,
- Ethernet Shield modul,
- Senzori:
 - DHT21,
 - PIR,
 - LM35,
 - Fotootpornik,
 - RF kontrolisane utičnice,
 - LED diode,
 - Otpornici,
- USB i USB mini kabl,
- Arduino žice sa konektorima,
- Protobord (test ploča) i
- LCD displej.

Kompletan hardverski sklop za prostoriju Soba 1 pametne kuće dat je na Slici 3, dok je za prostoriju Soba 2 ovaj sklop prikazan na Slici 4.

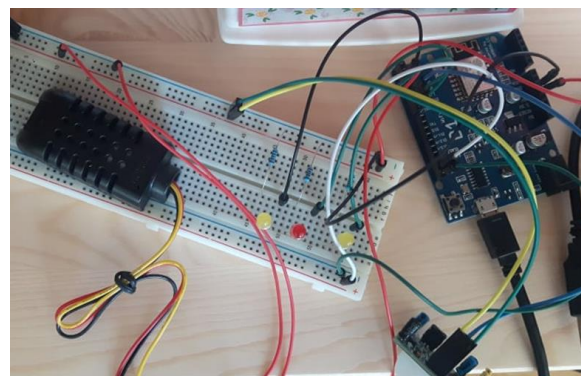
Arduino Uno R3 je platforma otvorenog tipa koji se sastoji od mikrokontrolera koji se može programirati pomoću softvera Arduino IDE koji se može instalirati na kompjuteru i koristi se za pisanje kodova koji se implementiraju na ploču. Arduino ne koristi dodatni harver kako bi učitavao novi kod, koristi se samo USB kabl. Jednostavnost ove platforme čine je pogodnom i vrlo popularnom pri izradi IoT projekata što je i razlog njenog korišćenja pri izradi ovakvog koncepta pametne kuće. Arduino Uno korišćen pri realizaciji pametne kuće prikazan je na Slici 4.

Arduino Ethernet Shield, prikazan na Slici 4, daje mogućnost povezivanja Arduina na ethernet mrežu. To je fizički deo koji implementira TCP / IP protokol. Zasnovan je na WIZnet W5100 ethernet čipu.

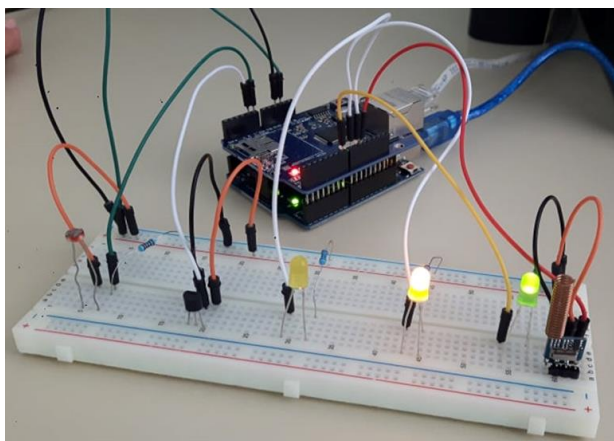
Ethernet Shield podržava IPv4 ali ne i IPv6. IP adresa se Shield-u može ručno dodeliti u sketch-u ili automatski.

WeMos D1 R1 je Wi-Fi razvojna ploča zasnovana na ESP8266 12E čipu sa hardverom sličnim Arduino Uno platformi. D1 ploča, koja je prikazana na Slici 3, može da se konfiguriše za rad u Arduino okruženju pomoću menija „Boards Manager“. Dakle, nije potrebno koristiti zasebnu Arduino ploču, sam D1 može se programirati na Arduino IDE što je čini korisnom za upotrebu u IoT projektima. U poređenju sa Arduino, D1 R1 modul ima dodatnu opciju Wi-Fi povezivanja jer je zasnovan na ESP8266 procesoru.

Finalni izgled pametne kuće sa osmišljenim i realizovanim hardverskim sistemima za Sobe 1 i 2 prikazan je na Slici 5.



Slika 3. Hardverski sklop prostorije Soba 1.



Slika 4. Hardverski sklop prostorije Soba 2.



Slika 5. Krajnji izgled sistema pametne kuće.

VI. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada izvršena je realizacija pametne kuće bazirane na IoT tehnologijama kao i automatizacija pojedinih kućnih uređaja. Dat je uvid u komponente IoT sistema i izvršen je opis uloge i načina funkcionisanja MQTT komunikacionog protokola korišćenog u IoT sistemima za realizaciju pametne kuće. Priložene su teorijske osnove za open-source Arduino Uno platformu, Wi-Fi i Ethernet module. Takođe, dat je pregled neophodnih softverskih alata za realizaciju pametne kuće, kao što su MQTT Spy i Node-RED. Pored toga, u ovom

radu dat je i opis potrebnih alata za prikupljanje podataka sa senzora, upravljanje ovim podacima i automatizaciju pametne kuće na osnovu analize prikupljenih podataka i donešenih odluka. Pored opisa hardvera koji je korišćen za realizaciju pametne kuće, senzora, platformi i modula, priloženo je i povezivanje senzora i formiranje celokupnog hardverskog dela osmišljene pametne kuće.

Na osnovu svega priloženog, ovaj rad može poslužiti kao dobra osnova za formiranje, vođenje i realizaciju praktičnog rada studenata u laboratoriji na zadacima koji uključuju IoT tehnologiju, neophodan softver i hardver za realizaciju sistema povezanih uređaja i komunikaciju između njih.

ZAHVALNICA

Ovaj rad napisan je kao deo diplomskog rada, na smeru Telekomunikacije, Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu. Kompletna realizacija projekta izvedena je pri laboratoriji 303. Izrada ovog projekta ne bi bila moguća bez pomoći prof. dr Nataše Maleš-Ilić i asist. dr Aleksandra Atanaskovića kojima dugujem neizmernu zahvalnost za uloženi trud, savete, razumevanje i odličnu saradnju.

LITERATURA

- [1] D. Drajić, "Uvod u IoT (Internet of Things)", Akademska misao, Beograd, 2017.
- [2] D. Drajić, "Pametni gradovi", Akademska misao, Beograd, 2018.
- [3] Web – site: <https://data-flair.training/blogs/author/dfteam1/>.
- [4] James Sinopoli, "Advanced Technology for Smart Buildings", Artech House, 2016.
- [5] Nilesh Y. Jadhav, "Green and Smart Buildings", Advanced Technology Options, Springer Singapore, 2016.
- [6] Web – site: <https://1sheeld.com/mqtt-protocol/>.
- [7] Web–site: <http://www.steves-internet-guide.com/install-mosquitto-broker/>.
- [8] Web–site: <https://www.hivemq.com/blog/mqtt-toolbox-mqtt-spy/>.
- [9] Web–site: <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-and-node-red-with-mqtt/>.

The Use of Supervised Machine Learning for Physical Activity Recognition and Monitoring

Katarina Pavlović

Abstract – In this article, the research on machine learning and artificial intelligence, which addresses the problem of recognition and monitoring of human activities using acceleration data from smartphones collected through the Beiwe research platform, has been presented. The type of physical activity was predicted by Random Forest Classifier model, through constructing a multitude of decision trees at training time. In order to tune the model, first, a grid of hyperparameter ranges was created, then Scikit-Learn's RandomizedSearch method was used to randomly sample from the grid and finally K-Fold CV was performed on each combination of values. The code was written using Python programming language and Anaconda distribution of data-science packages.

I. INTRODUCTION

In the past decade, development of advanced wearable sensors and devices, as well as the integration of mobile computing and health monitoring, have dramatically influenced the healthcare sector. Furthermore, the integration of Wearable Internet of Things (WIoT) in healthcare has initiated smart applications such as mobile healthcare (m-Healthcare) and intelligent healthcare monitoring systems. Applying remote medical diagnosis and monitoring based on mobile health systems can significantly reduce healthcare costs, especially for the patients with chronic diseases. Although numerous intelligent mobile health monitoring systems and wearable medical devices (WMDs) capable of monitoring some of the most common physiological parameters such as pulse, blood oxygen saturation, ECG, heart rhythm and skin temperature have been developed, there are still many challenges associated with the mobile and e-healthcare systems. Some of them include architectural design and implementation issues, problems with integration of data and networks, challenges in secure and efficient data transmission and management, as well as demands for maintaining privacy of patients' information and data [1].

One of the most important applications of smart healthcare is in the field of Physical Activity Recognition and Monitoring (PARM). PARM can be used for remote health monitoring of disabled and elderly patients while they perform regular activities throughout the day, or just for reminding us to be more active. Moreover, the use of these devices for monitoring our actions could assist us to better decide about our future activities [2]. Quantification

of the behavior in situ using data from portable digital devices is also important for phenomics (the systematic study of phenotypes on a genome-wide scale), since digital phenotyping can be used to correlate mobility and quality of patient's life with spine disease [3] or to capture novel recovery metrics after cancer surgery [4], as well as to predict, diagnose, monitor and develop treatments for brain disorders [5]. PARM can be treated as a typical pattern recognition (PR) problem in which human activity is analyzed either by collecting videos or images containing human motions from the camera, or by using data from smart sensors such as an accelerometer, gyroscope, Bluetooth, sound sensors etc. (Fig. 1).

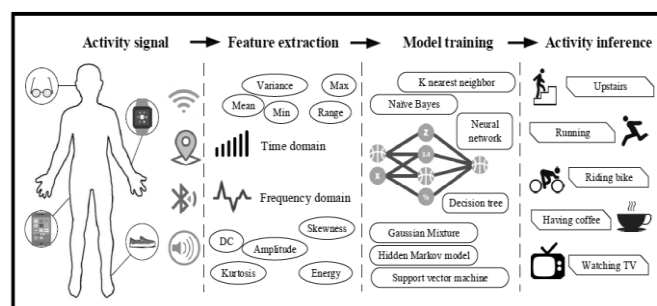


Fig. 1. An illustration of sensor-based activity recognition using conventional pattern recognition approaches [6].

In pattern recognition approach, first, raw signal inputs are obtained from various types of sensors. Then features are extracted using traditional machine learning approaches and, finally, those features serve as inputs to train a pattern recognition model to make activity inference in real PARM tasks. Although signal processing techniques, which may include filtering, data normalization and/or data windowing or segmentation, together with extraction of appropriate features, play an important role in realization of a computationally efficient and reliable health monitoring system, at the heart of an activity monitoring and recognition system is the classification or recognition algorithm. Some of the appropriate classification models which are employed for activity recognition are artificial neural networks (ANNs), Decision trees (DT), Hidden Markov Models (HMMs), Support vector machine (SVM) etc [7,8]. While, in some cases ANNs can consist of interconnected artificial neurons structured into three parts (input layer, hidden layer and output layer), DT are multistage decision making algorithms used to classify data through a set of rules based

on object's attributes. Contrary, HMMs are tools for representing probability distribution over a sequence of observations, utilized to represent and learn the sequential and temporal characteristics of activity patterns. In order to address the issue of either multiple wearable sensors data fusion for precise observing of ambulation and complex activities, or to process signals from a single inertial sensor for detecting ambulation and static postures, SVM statistical algorithm has been developed for both linear and non-linear classification. In this article, in order to demonstrate the usefulness of PARM methods based on supervised Machine Learning, a code which exploits Random Forest Classifier to predict the type of physical activity from tri-axial smartphone accelerometer data has been created. The code was written using Python programming language and Anaconda distribution of data-science packages.

II. METHODS

Taking into account that modern-day smartphones are equipped with a number of sensors, which allow active and/or passive sensing of several health parameters and health conditions (Table I), in this research we have created a code that can differentiate four physical activities (walking, standing, going upstairs and going downstairs) according to acceleration data provided by ones cellphone. The code was written using Python programming language and Anaconda distribution of data-science packages. Raw accelerometer data was collected using Beiwe research platform, which has been created by the Onnela Lab at the Harvard T.H. Chan School of Public Health in order to gather and analyze raw sensor and phone usage data for biomedical research.

TABLE I
Smartphone sensors used for health monitoring

Health Issues	Smartphone Sensors used for monitoring
Cardiovascular activity e.g., heart rate (HR) and HR variability (HRV)	Image sensor (camera), microphone
Eye health	Image sensor (camera)
Respiratory and lung health	Image sensor (camera), microphone
Skin health	Image sensor (camera)
Daily activity and fall	Motion sensors (accelerometer, gyroscope, proximity sensor), Global positioning system (GPS)
Sleep	Motion sensors (accelerometer, gyroscope)
Ear health	Microphone
Cognitive function and mental health	Motion sensors (accelerometer, gyroscope), camera, light sensor, GPS

In Python, there are several Machine Learning models that can be used for classification. In this research, the main

focus was on Random Forest Classifier and Logistic Regression. In order to conclude which of these two models is better suited for predicting the type of physical activity, the comparison of the 10-fold cross-validated accuracies of these two models was performed. 10-fold cross-validation is a special function imported from Scikit-learn, which is a machine learning library for the Python programming language. This function breaks our dataset into 10 subsets. For easier visualization, the separation into 4 subsets is represented, but the idea is the same (Fig. 2.). Afterwards, all subsets except for 1 are used for training the model, and the 1 remaining subset is used for testing and the accuracy of the prediction is calculated. This is repeated 10 times, where each time different subset is used as a testing one. Therefore, each time the achieved accuracy is slightly different. This method is applied first on Random Forest Classifier, and then on Logistic Regression as a model.

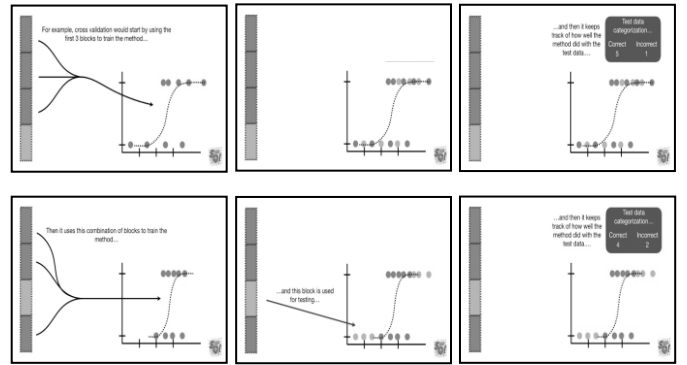


Fig. 2. Selecting the right model - Cross validation (<https://www.youtube.com/watch?v=fSytzGwwBVw>).

After selecting the better model, tuning of its parameters was performed. First, a grid of hyperparameter ranges was defined. Then, using Scikit-Learn's Randomized Search CV method, different combinations of hyperparameter values were created by randomly sampling from the grid. Best combination of the values was found by performing K-Fold CV on each combination of the values. Obtained parameter values are given in the Fig. 3.

```
random_grid = {'n_estimators': [100, 200, 300, 400, 500],
               'max_features': ['auto', 'sqrt'],
               'max_depth': [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, None],
               'min_samples_split': [2, 5, 10],
               'min_samples_leaf': [1, 2, 3],
               'bootstrap': [True, False]}
```

Fig. 3. A grid of hyperparameter ranges.

In order to test the accuracy of the model before applying it on the final testing dataset, the training dataset was divided into train and test subsamples.

The train subset contained 80% of the data in `train_labels` data frame, while the test subset contained the other 20%. This type of data separation was performed in order to prevent overfitting of the model. It should be emphasized that if we had optimized the model for the whole `train_labels` dataset, then our model would score very well on this set, but would not be able to generalize to new data, used for final testing.

III. RESULTS AND DISCUSSION

In order to compare the accuracies of Random Forest Classifier and Logistic Regression and verify which of these two models has better accuracy of predicting the type of physical activity, the ratio of 10-fold Cross Validation Testing results for both models was calculated.

In Fig. 4, the results for Random Forest are represented on the y-axis, while the results for Logistic Regression are given on the x-axis. The diagonal line represents the area where the ratio of these results is equal to 1. If the Random forest Classifier has better accuracy, the ratio is greater than 1 and thus all testing results will occupy the area above the diagonal line. Since this is the case, it can be concluded that Random Forest Classifier is better suited for predicting the type of physical activity. It should be mentioned that, beside the model of prediction, running time of the code is also an important parameter for its implementation. Therefore, in addition to providing the predictions for the type of physical activity, running time of the code was also calculated and it was 199.875 seconds.

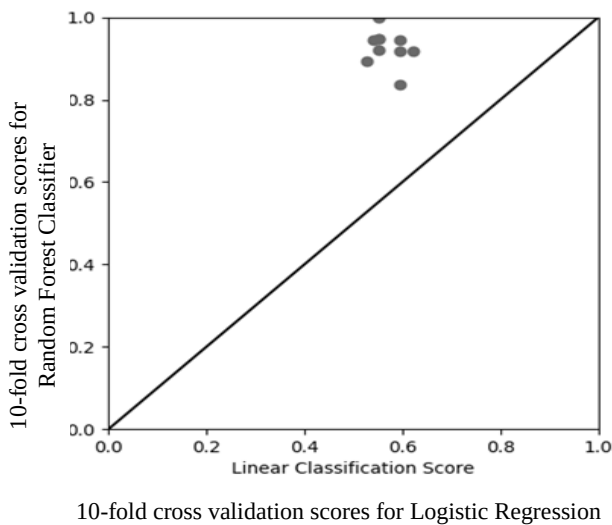


Fig. 4. Compared cross validation results for Logistic Regression and Random Forest models.

Visual interpretation of the training dataset is shown in the Fig. 5. Each of the points represent certain physical activity with corresponding acceleration values given on the x, y and z axis. In order to find the criteria for classification, the Random Forest model divides the

training subset into smaller regions such as the framed one in Fig. 5.

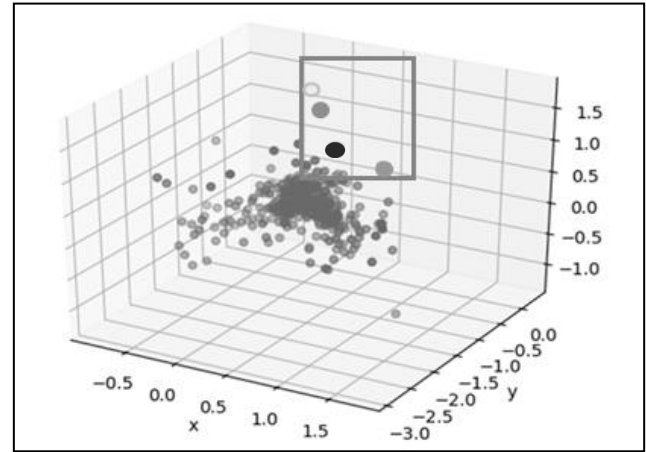


Fig. 5. Visual interpretation of the training dataset.

Then it tries to separate the data from that region into smaller, more homogeneous, groups. The scheme of completed splitting of the certain region is called a tree and is represented in Fig. 6. Every region is separated into a different tree and criteria used for splitting is different each time and is determined by the program. When new unclassified data is introduced, the model runs this datapoint down each tree until it finds the corresponding class.

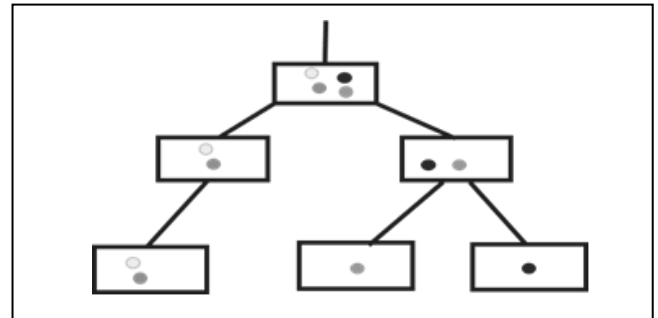


Fig. 6. Random Forest Classifier Tree.

For hyperparameter tuning, several iterations of 10-Fold Cross Validation were performed, each time using different model settings. The best parameters obtained this way are given in the Table II. Parameter “`n_estimators`” represents the number of the trees in our “forest”, “`max_features`” determines the maximum number of features considered for splitting a node, while “`max_depth`” corresponds to maximum number of levels in each decision tree. Parameters entitled “`min_samples_split`” and “`min_samples_leaf`” represent minimum number of data points placed in a node before the node is split and minimum number of data points allowed in a leaf node, respectively. Finally, “`bootstrap`” corresponds to the method used for sampling data points (with or without replacement).

TABLE II
Random Forest Classifier parameter values

n_estimators	300
min_samples_split	10
min_samples_leaf	3
max_features	Sqrt
max_depth	15
Bootstrap	True

Using the train subset for fitting and using the test subset for testing the model, predicted accuracy was 62,67%. One of the reasons for such accuracy is unequal distribution of the acceleration data in our training dataset. This is linked to unequal distribution of different physical activities through time (Table III). The majority of data (56.8 %) corresponds to walking, while considerably less corresponds to other activities. This might be the reason why predictions for walking activities occur more often than predictions for activities such as going downstairs, upstairs or standing. This is even more evident when the Random Forest model, fitted on our dataset, is used for making the predictions form a new dataset that corresponds to a different subject. In those cases, the accuracy of the model drops to 45, 6%. This decrease in accuracy might occur due to significant differences between subjects, from whom mentioned datasets have been collected. It should be noticed that, in order to improve the accuracy of the model, it is important to quantitatively score the model in a way that encourages accuracy of all activities. It should be emphasized that, because the accelerometers are sampled at high frequency, the labels are only provided for every 10th observation of acceleration data. In order to reduce the accelerometer's noise, the mean of every 10 observations of acceleration can be calculated and used as a predictor. Also, the magnitude, calculated from averaged values of accelerations along the x, y and z axis, can be used as an additional predictor. As a result the precision of the presented model can be improved.

TABLE III
Unequal distribution of different physical activities through time

Walking	56.8 %
Standing	7.2 %
Upstairs	12.53 %
Downstairs	23.47 %

IV. CONCLUSION

In this article, the use of supervised machine learning for physical activity recognition and monitoring has been

analyzed. We compared the accuracies of Random Forest Classifier and Multinomial Logistic Regression as classification models and then created a code which uses Random Forest Classifier to predict the type of physical activity (e.g., walking or climbing stairs) from tri-axial smartphone accelerometer data. It was concluded that Supervised Machine Learning methods are a useful tool for predicting the type of physical activity which has various important medical implementations. Comparison of the accuracies of Random Forest and Logistic Regression models pointed out that Random Forest classifier is better suited for applications of smart healthcare is in the field of Physical Activity Recognition and Monitoring. Unequal distribution of different physical activities in training dataset and differences between subjects from whom data have been collected are setting a new challenge for future improvements in this area.

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to express her gratitude to Prof Onnela from Harvard University for creating an extraordinary course entitled „Using Python for research“, for supervision of her work and for enabling her to use Beiwe research platform for this research.

REFERENCES

- [1] Kher RK. Mobile and E-Healthcare, Recent Trends and Future Directions, *J Health Med Econ*, 2016, 2:10 doi:10.21767/2471-9927.100010
- [2] Cook, D. J., Das, S. K, Pervasive computing at scale: Transforming the state of the art; *Pervasive Mobile Computing*, 2012, vol. 8, pp. 22–35
- [3] D.J. Cote, I.Barnett, J.P. Onnela, T.R.Smith, Digital Phenotyping in Patients with Spine Disease: A Novel Approach to Quantifying Mobility and Quality of Life World Neurosurgery, 2019, vol.126, pp. e241-e249
- [4] N.Panda , I Solsky, E Huang, C Lipsitz, J Pradarelli, D Delisle, J Cusack, M Gadd, C Lubitz, J Mullen, M Qadan, B Smith, M Specht, A Stephen, K Tanabe, A Gawande, JP Onnela, A Haynes Utilizing smartphones to capture novel recovery metrics after cancer surgery *JAMA Surg.*, 2020, 155(2):123-129. doi:10.1001/jamasurg.2019.4702
- [5] C Stroud, JP Onnela* and H Manji, Harnessing digital technology to predict, diagnose, monitor, and develop treatments for brain disorders, *Digital Medicine*, 2019, 2:44
- [6] D. Anguita, A. Ghio, L. Oneto, X.Parra, J. L. Reyes-Ortiz, Energy Efficient Smartphone-Based Activity Recognition using Fixed-Point Arithmetic. *Journal of Universal Computer Science. Special Issue in Ambient Assisted Living: Home Care.*, 2013, Vol. 19, Issue 9
- [7] J. Wang, Y. Chen, S. Haoc, X. Peng, L. Hu, Deep Learning for Sensor-based Activity Recognition, *A Survey Pattern Recognition Letters*, 2018, pp. 1-9
- [8] Emily Huang, Jukka-Pekka Onnela, Activity Classification Using Smartphone Gyroscope and Accelerometer Data Published in ArXiv, 2019, Computer Science

Mobilni instrument za merenje kvaliteta vazduha

Luka Tomić, Marko Bijelić, Nikola Velemir, Marko Marelj

Sadržaj – U ovom radu prikazan kompaktni uređaj koji meri različite parametre kao i alati koji su korišćeni pri njegovoj izradi. Ovaj kompaktni uređaj šalje podatke o zagađenosti vazduha na veb server, time prateći podatke daje sliku o kvalitetu vazduha sredine gde se uređaj nalazi.

upotrebu. Kada se postigne navedeno stanje, korisnik ima tri opcije: da izvrši merenje, da pošalje prikupljene rezultate merenja na server i da ugasi sam uređaj. Ukoliko korisnik ne odreaguje u roku od 20s uređaj se automatski isključuje.

I. UVOD

Zagađenost vazduha je jedan od najvećih problema sa kojim se susrećemo danas. Iako veliki gradovi poseduju stacionarne stanice za merenje zagađenosti vazduha, ideja rada je da se napravi mali, mobilan i jeftin uređaj za merenje kvaliteta vazduha. Tako bi se merenja mogla vršiti na mnogo više lokacija. Veći broj mernih tačaka omogućuje potpunije i kvalitetnije informisanje građana o stepenu zagađenja vazduha. Takođe, pojedinačni korisnik ovog uređaja može po želji očitati trenutne podatke o kvalitetu vazduha na lokaciji na kojoj se nalazi.

Pored kvaliteta, uređaj meri temperaturu i pritisak vazduha. Izmereni podaci šalju se na centralni server uz koordinate lokacije, identifikacioni broj uređaja i vreme merenja. Komunikacija uređaja sa serverom realizovana je preko GPRS (*General Packet Radio Services*) veze. Uređaj poseduje internu memoriju na kojoj takođe čuva navedene podatke.

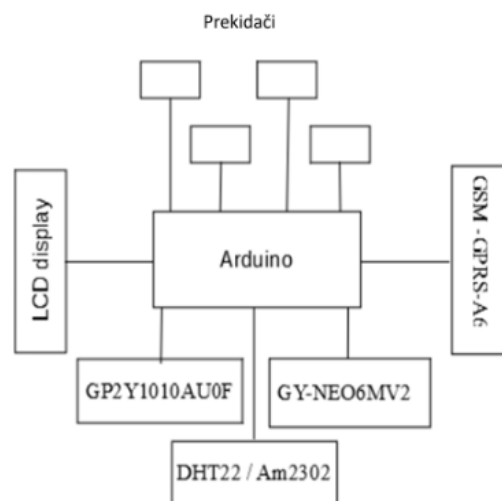
Time je omogućeno da se izvrše i naknadno dostave merenja i na mestima na kojima postoji problem sa uspostavljanjem internet konekcije. Sistem je optimizovan da koristi minimalnu količinu energije i time se doprinosi očuvanju životne sredine.

Centralnom serveru koji čuva podatke svih merenja pristupa se preko veb pretraživača. Pored tabelarnog prikaza trenutnih podataka, sajt omogućava pretragu svih merenja po određenim parametrima (ID uređaja, vreme merenja, lokacija,...), kao i napredan pregled određenih statistika u vidu grafikona

II. PRINCIP RADA

Uređaj se zasniva na Arduino Nano [1] razvojnom okruženju. Iako ne troši puno električne energije, uređaj poseduje prekidač za uključivanje i isključivanje radi uštede energije. Kada korisnik uključi uređaj pojavljuje se pozdravna poruka na LCD ekranu. Kada uređaj postigne stanje u kom može da očitava kvalitet vazduha, temperaturu, vazdušni pritisak obaveštava korisnika da je spreman za

L. Tomić, M. Bijelić, N. Velemir, M. Marelj, Elektrotehnička škola "Mihajlo Pupin" – Futoška 17 – 21102 Novi Sad, Srbija, Email: luka.exe@yahoo.com, markobijelic1731@gmail.com, nidzo021@gmail.com, marelj.marko@gmail.com



Slika 1. Blok dijagram uređaja.



Slika 2. Skica iznad predložena rađena je sa Arduino MEGA (zbog novonastale situacije nismo mogli da nabavimo sve neophodne komponente, mada na završnoj maketi će se koristiti adekvatne (Arduino Nano).

A. Automatski mod

Pritiskom dugmeta za automatski mod, uređaj će automatski vršiti navedena merenja pomoću senzora za temperaturu [2] i za zagađenost vazduha [3], a podaci kao i koordinate očitane pomoću GPS (*Global Positioning System*) [4] će biti ispisani na LCD ekranu. Merenja se ponavljaju u određenom intervalu koji može da se menja

(podrazumevana vrednost je 10s). Kada korisnik ponovo pritisne dugme za automatski mod, biće vraćen u početni meni. Uređaj automatski pokušava da uspostavi konekciju sa serverom i pošalje prikupljene podatke upotrebom GSM (Global System for Mobile Communications) modula[5].

B. Ručno merenje

Ukoliko je korisnik pritisnuo dugme za ručno merenje, merenje će biti sprovedeno pomoću senzora i podaci će biti ispisani na LCD ekranu i upisani na memorijsku karticu. Potom će biti pokušano uspostavljanje konekcije sa serverom pomoću GSM modula. Ukoliko korisnik pokuša da izvrši više merenja od kapaciteta memorije uređaja, korisnik će biti upozoren na mogućnost gubljenja podatka. Ponovnim pritiskom na dugme za merenje, korisnik će biti vraćen u prvobitni meni.

C. Veb server

Podacima smeštenim na centralnom serveru u bazi podataka se može pristupiti preko sajta. Sajt omogućava tabelarni prikaz rezultata merenja (koordinate, zagađenost vazduha, temperatura, vlažnost vazduha, vazdušni pritisak, vreme merenja), kao i neke osnovne grafikone (na osnovu odabira korisnika).

III. IMPLEMENTACIJA



Slika 3. GSM/GPRS modul.

Karakteristike:

- Dimenzije: 22.8x16.8x2.5mm;
- Radna temperatura: -30° do +80°C;
- Opseg napona: 3.3V – 4.2V;
- Osetljivost: <-105;
- Podržava glasovne pozive i SMS poruke;



Slika 4. GP2Y1014AU0F senzor zagađenja vazduha.

Karakteristike:

- Dimenzije: 46x30x17.6mm;
- Radna temperatura: -10° do +65°;
- Opseg napona -0,3V do +7V;



Slika 5. DHT22/Am2302 Senzor vlažnosti i temperature vazduha.

Karakteristike:

- Dimenzije: 14x18x5.5mm;
- Opseg napona: 3.3 - 6V;
- Radni opseg: vlažnost 0-100%RH;
- Radni opseg: temperatura -40° do 80°C;



Slika 6. Senzor lokacije GY-NEO6MV2.

Karakteristike:

- Opseg napona: 3 V to 5 V
- Model: GY-GPS6MV2
- Baud Rate: 9600 bps
- Dužina modula: 23mm * 30mm
- Duzina Antene: 12 * 12mm



Slika 7. Arduino Nano.

Karakteristike:

- Radni napon: 5V;
- Potreban napon: od 6V do 20V
- Radni opseg temperature: od -40°C do 85°C;

```

25   delayMicroseconds(samplingTime);
26
27   voMeasured = analogRead(measurePin); // read t1
28
29   delayMicroseconds(deltaTime);
30   digitalWrite(ledPower,HIGH); // turn the LED on
31   delayMicroseconds(sleepTime);
32
33   // 0 - 5V mapped to 0 - 1023 integer values
34   // recover voltage
35   calcVoltage = voMeasured * (5.0 / 1024.0);
36
37   // linear equation taken from http://www.howmu
38   // Chris Nafis (c) 2012
39   dustDensity = 170 * calcVoltage - 0.1;
40
41
42   Serial.println(dustDensity); // unit: ug/m3
43
44   delay(1000);
45 }

```

Slika 8. Kod za izračunavanje i ispis zagađenosti vazduha [7].

IV. ZAKLJUČAK

Kreiran uređaj je mobilan, malih dimenzija i omogućava veliku preciznost merenja nakon kalibracije. Cena je dostupna većini ljudi, što omogućava širenje svesti o zagađenju u njihovom okruženju. Standardna cena ovakvih uređaja je između 700 i 1000 eura, dok cena našeg uređaja ne bi bila veća od 100-150 eura. Potrošnja energije uređaja je minimizovana optimizacijom koda, kao i automatskim gašenjem. Podaci merenja sa svih uređaja se pamte na centralnom serveru što omogućava da se dobiju podaci o zagađenju vazduha sa svih lokacija gde se uređaji koriste. Centralizovano pamćenje podataka dovodi do kreiranja velike baze sa rezultatima merenja koja može biti iskorišćena i u profesionalne svrhe ukoliko je senzor pravilno kalibrisan. Montažom na saobraćajna sredstva omogućilo bi akviziciju velikog broja podataka sa različitih lokacija.

Postignute su željene funkcionalnosti sistema. Uređaj uspešno vrši merenja i zapis podataka na memorijskoj kartici u samom uređaju. Konekcija sa centralnim serverom je omogućena, kao i čuvanje podataka na istom. Sajt je predviđen da se bez znanja programiranja mogu kreirati detaljni grafici. Ukoliko se senzor ispravno kalibriše, rezultati merenja se mogu koristiti i u profesionalnim institucijama.

```

Dust density in ug/m3 : 72.12
Dust density in ug/m3 : 135.20
Dust density in ug/m3 : 136.03
Dust density in ug/m3 : 130.22
Dust density in ug/m3 : 116.94
Dust density in ug/m3 : 125.24
Dust density in ug/m3 : 135.20
Dust density in ug/m3 : 133.54
Dust density in ug/m3 : 119.43
Dust density in ug/m3 : 126.90
Dust density in ug/m3 : 131.88
Dust density in ug/m3 : 122.75
Dust density in ug/m3 : 133.54
Dust density in ug/m3 : 131.05
Dust density in ug/m3 : 135.20

```

Slika 9. Rezultati naših merenja.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se mentorima Ušan Branislavu, Pavlović Jovi i Skala Vladimiru na usmeravanju i sugestijama pri izradi ovog rada. Zahvaljujemo se i ostalim članovima PiLab sekcije koji su nam pomogli oko realizacije ovog projekta.

LITERATURA

- [1] Arduino Nano:
<https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>
- [2] AM2302:
<https://cdnshop.adafruit.com/datasheets/Digital+humidity+and+temperature+sensor+AM2302.pdf>
- [3] GP2Y1014AU0F:
https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/1905131608_SharpMicroelectronics-GP2Y1014AU0F_C390729.pdf
- [4] GY-GPS6MV2:
<https://www.epitran.it/ebayDrive/datasheet/NEO6MV2.pdf>
- [5] GSM/GPRS A6:
https://www.electrodragon.com/w/GSM_GPRS_A6_Module

Enkriptovana MQTT komunikacija

Dejan Anđelković

Sadržaj – U ovom radu je prikazan princip realizacije enkriptovane komunikacije putem MQTT protokola primenjen u IoT rešenjima.

I. UVOD

U modernoj tehnologiji postoje hiljade različitih mikrokontrolera raznih primena. Postoje vrste mikrokontrolera izuzetno naprednih mogućnosti koji u nekim slučajevima menjaju i računare, ali postoje i vrste malih, prostih mikrokontrolera sa izuzetno niskom potrošnjom energije. Kombinacijom moderne tehnologije i raznolikosti mikrokontrolera i mikroprocesora stvara se ekosistem potencijala i mogućnosti za modernu primenu, povezivanjem svih ovakvih uređaja kroz WiFi, LTE-M ili LTE-NB komunikaciju. Povezivanjem se dozvoljava prikupljanje podataka na strani cloud-a, dozvoljava se pametnija i efikasnija obrada tih podataka, što maksimalno koristi potencijal modernih embedded uređaja.

II. PRINCIP RADA

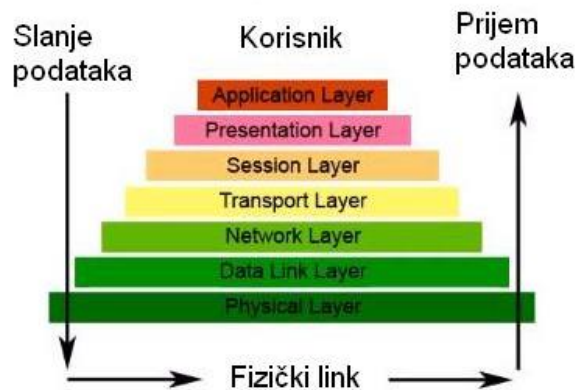
A. Osnove MQTT i TCP/IP komunikacije

TCP/IP predstavlja konceptualni model i set protokola za komunikaciju putem interneta i sličnih kompjuterskih mreža. Sačinjava transport layer OSI modela internet komunikacije, iznad koga se nalazi application, presentation i session layer.. U odnosu na UDP protokol (druga solucija za transport layer), TCP/IP protokol je znatno sporiji ali je sigurniji transport informacija, i zadržava redosled kojim su podaci poslani. Zahteva sigurnu konekciju, potvrdu konekcije i potvrdu primanja i slanja podataka.

Za razliku od UDP protokola, podaci poslani putem TCP protokola imaju minimalnu grešku, dupli podaci se odbacuju a podaci koji su izgubljeni u komunikaciji se šalju ponovo [1]. Dozvoljava i kontrolu komunikacije u realnom vremenu.

D. Anđelković je student druge godine doktorskih akademskih studija na Elektronskom Fakultetu u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš. E-mail: dejan.andjelkovic@elfak.rs

Sedam slojeva OSI modela

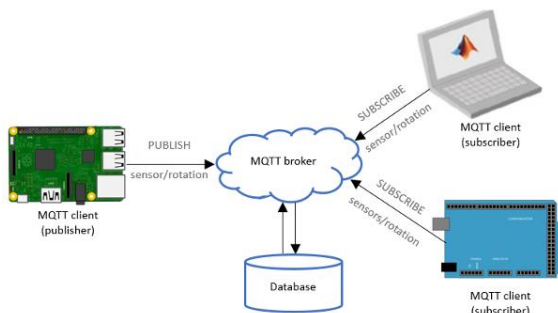


Slika 1. OSI model internet komunikacije.

B. Princip rada MQTT komunikacije

MQTT protokol (Message Queuing Telemetry Transport) je protokol komunikacije baziran na TCP/IP protokolu, i uglavnom se smatra kao deo sva tri sloja iznad sloja transporta. Zbog primene i prikaza smatra se deo application i presentation sloja, a s obzirom da se konekcija i verifikacija vrše na nivou sesije, smatra se i delom session sloja OSI modela. Glavne prednosti MQTT protokola su mali softveri otisak (footprint), i niska potrebna brzina komunikacije. S obzirom na spomenute prednosti, predstavlja idealni način komunikacije između embedded uređaja, ali i za kontakiranje cloud-a sa istih uređaja. Kako se sve veći akcenat stavlja na efikasnost embedded IoT uređaja, niska potrebna brzina MQTT protokola ga čini idealnim tipom komunikacije.

Protokol je baziran na sistemu topic-a (tema) i na subscribe-ovanju (prijavljivanju) na iste. Kako bi se ovakav sistem ostvario, mora postojati posrednik (MQTT broker) pored klijenata između kojih se vrši komunikacija. Posrednik je server zadužen za praćenje svih aktuelnih tema u svojoj sredini, zatim za primanje svih poruka koje klijenti šalju, analizu tema tih poruka a zatim i prosleđivanje poruka svim klijentima koji su prijavljeni na temu poruke, kao što se može videti na slici 2. Klijent može biti bilo koji uređaj koji u svom softveru sadrži funkcionalnosti MQTT komunikacije, kao i biblioteku neophodnu za rad istog protokola.



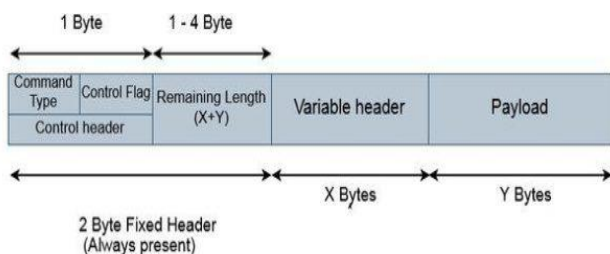
Slika 2. Prikaz razmene poruka u MQTT protokolu.

C. Struktura MQTT poruka

Struktura MQTT poruka, tj. MQTT format paketa se sastoji od fiksnog naslova (header) dela dužine 2 bajta, sa dodatim delovima za promenljivi naslov i promenljive podatke (payload). Promenljivi deo za naslov i podatke se formira u zavisnosti od podataka koji se šalju porukom, kao i od zavisnosti teme kojoj poruka pripada.

Prva dva bajta predodređena za fiksni deo naslova su od suštinske važnosti za ispravnu i neometanu MQTT komunikaciju. Prvi bajt predstavlja kontrolno polje, i podeljeno je u 2 polja od po 4 bita. Prva četiri MSB (most significant bit) bita su polje za tip komande. Koriste se samo kada poruka koja se šalje predstavlja objavljivanje nove poruke na broker (publishing). Nulti bit označava da li poruka koja se objavljuje treba biti pamćena, prvi i drugi bit označavaju kvalitet usluge koji se očekuje od brokera, a poslednji (treći) bit označava da li je poruka koja se objavljuje duplikat već objavljene poruke.

Drugi bajt fiksnog dela predstavlja rezervisani deo i on sadrži podatak o dužini promenljivog dela za naslov i podatke. Na kraju se dodaju i promenljivi delovi. Promenljivi deo naslova se sastoji od podataka kao što su dužina naslova, naziv protokola koji se koristi, nivo protokola, oznaka konektovanja i da li poruku treba tretirati aktuelnom na brokeru. Promenljivi deo poruke treba sadržati dužinu identifikacionog broja klijenta, identifikacioni broj klijenta, dužinu kredencijala korisnika, kao i kredencijale korisnika, dužinu podataka koja se objavljuje, kao i same podatke. Kombinacija ovih činioca se formira u zavisnosti od svrhe poruke (CONNECT packet, PUBLISH packet, SUBSCRIBE packet) [2].



Slika 3. Format po kome se formira MQTT poruka.

Na slici 3 može se videti struktura MQTT poruke, kao i eventualna razlika u dužini niza u zavisnosti od namene same poruke.

III. SOFTVER I ENKRIPCJA MQTT KOMUNIKACIJE

A. Cilj enkripcije

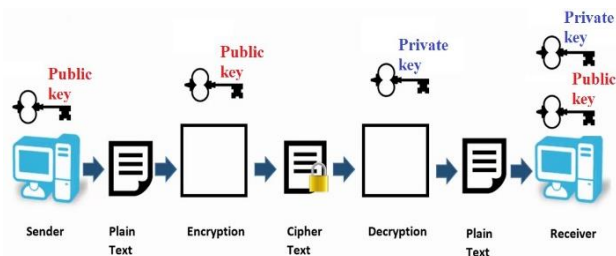
IoT je termin koji se sve češće pojavljuje u modernim primenama tehnologije. Predstavlja formiranje pametnih tehnoloških rešenja korišćenjem već prisutnih sitnih uređaja (automatizacija stana, automobila, praćenje raznih uslova senzorima, praćenje lokacije putem GPS protokola, itd.). Kako se primena IoT-a širi, tako raste i sve veća potreba za adekvatnim osiguranjem privatnosti. Nezaštićena komunikacija u IoT okruženju znači objavljivanje ličnih podataka svakome ko je zainteresovan da prisluškuje komunikaciju uređaja iz naše okoline.

Kao rešenje pojavio se enkriptovani MQTT protokol (SecureMQTT), tj. MQTT protokol sa integrisanom TLS enkripcijom.

B. TLS i SSL enkripcija u SecureMQTT protokolu

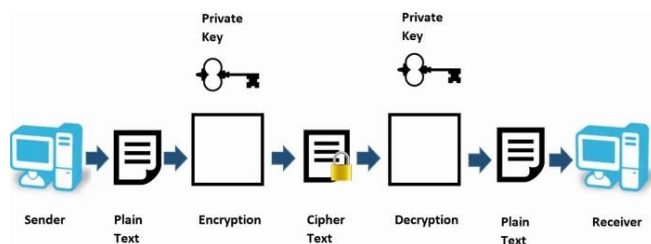
TLS (Transport Layer Security), i prethodnik istog SSL (Secure Sockets Layer), su protokoli kriptografije dizajnirani da pruže osiguranu komunikaciju u kompjuterskoj mreži kao što je Internet. TLS protokol za cilj ima primarno pružanje privatnosti i integriteta podacima koji se prenose komunikacijom. Koncept je ostvaren korišćenjem matematičkog kriptosistema RSA2048 (2048 bita).

Sistem je baziran na paru ključeva po kojima se vrši enkripcija i dekripcija. Baza ključeva je zasnovana na dva velika prosta broja koji predstavljaju ozbiljne matematičke operacije pa nagađanje potrebnih prostih brojeva postaje ozbiljan problem čak i za najposposobnije moderne super kompjutere. Jedan od ključeva je javni ključ (public key) i on je baziran na ista dva prosta broja ali oni nisu deo sadržaja. Njime može da se verifikuje kvalitet enkripcije a može i da se koristi za samu enkripciju. Drugi ključ (private key), ključ za dekripciju, zapravo sadrži oba prosta broja i kao takav se ne deli sa drugim korisnicima.



Slika 4. Proces enkripcije i dekripcije asimetričnim ključevima u prvoj fazi TLS komunikacije.

Razmenom javnih ključeva između dva korisnika, formira se konekcija od poverenja i vrši se verifikacija obe strane, prikazana na slici 2. Kada je formirana sigurna konekcija, otvara se mogućnost razmene enkriptovanih podataka ali ne najviše sigurnosti. Sigurnost enkripcije se maksimizuje formiranjem trećeg simetričnog ključa koji se zove session key, kao što se može videti na slici 5. Kao što ime nalaže, ključ sesije se formira samo za tu sesiju i koristi se za dalju komunikaciju. Kada se komunikacija završi i prekine se konekcija između dva klijenata, ključevi sesije više nemaju svrhu.



Slika 5. Proces enkripcije i dekripcije nakon razmenjenog ključa sesije.

Dodavanjem ovakvog sloja sigurnosti na već postojeći MQTT protokol usporava komunikaciju, i čini je nešto zahtevnijim na stranama klijenata ali i na strani brokera. Zauzvrat se dobija pouzdana, osigurana komunikacija između cloud-a, embedded uređaja i svih drugih željenih korisnika [3].

IV. ZAKLJUČAK

Ovakva primena kriptografskog sistema RSA2048 sa MQTT protokolom pruža najsigurniju IoT komunikaciju. Eliminise se rizik gubljenja ličnih podataka, industrijskih podataka i čini kompletna IoT rešenja validnim za komercijalne svrhe. Postizanjem adekvatnih uslova za IoT rešenja drastično se povećava potencijal svih embedded uređaja baziranim na modernim low-power mikrokontrolerima i mikroprocesorima.

Industrija je toliko sigurna u ovakvu metodu kriptografije da su određeni proizvođači krenuli da pakuju svoje mikroprocesore, pa čak i određene mikrokontrolere, sa integrisanim jedinicama posvećenim RSA2048 enkripciji i dekripciji. Ovakvi postupci znatno olakšavaju korisnicima implementaciju protokola kao što su TLS, SSL, AES.

ZAHVALNICA

Autor se zahvaljuje prof. dr Danijelu Dankoviću na mentorstvu i podršci, kao i kolegi Ivanu Lončaru na teorijskoj i praktičnoj asistenciji.

LITERATURA

- [1] OSI model. Dostupno na:
<http://www.vps.ns.ac.rs/Materijal/mat3298.pdf>
- [2] MQTT essentials. Dostupno na:
<https://openlabpro.com/guide/mqtt-packet-format/>
- [3] TLS 1.2 protocol. Dostupno na:
<https://www.internetsociety.org/deploy360/tls/basics/>

Sistem za praćenje nekih parametara koji utiču na kvalitet životne sredine za jednu organizaciju

Lazar Milovanović, Nemanja Savić, Živko Prolić

Sadržaj – U ovom radu prikazano je tehničko rešenje koje omogućava praćenje određenih parametara bitnih za kvalitet vazduha i životne sredine i poboljšanje uslova rada stimulacijom ekološki saveznog ponašanja zaposlenih. Prikazana su sredstva i alati koji su korišćeni tokom izrade rada.

I. UVOD

Zagađivanje okoline je premašilo sve granice i smatramo da je važno da promenimo svakodnevno ponašanje i pokušamo pri svakoj aktivnosti da utičemo na smanjenje zagađenja. Naročito je kritično stanje vazduha i prevelika količina čestica čađi i prašine koje udišemo, a koje su posledica sagorevanja fosilnih goriva u motorima..

Osnovna funkcija sistema prikazanog u radu je merenje zagađenja u prostoru organizacije i nagrađivanje zaposlenih koji su svesni ovog problema, te dolazeći na posao peške ili koristeći ekološki prihvatljive vidove prevoza doprinose smanjenju samog zagađenja.

II. PRINCIP RADA

U firmi postoje odvojeni ulazi, te je dvorišni prostor firme realizovan u dva dela.

Jedan deo predstavlja ulaz i parking za vozila koja emituju štetne gasove a drugi deo je prostor za ekološka vozila koja ne emituju štetne gasove i takođe je ulaz za zaposlene koji na posao dolaze peške.

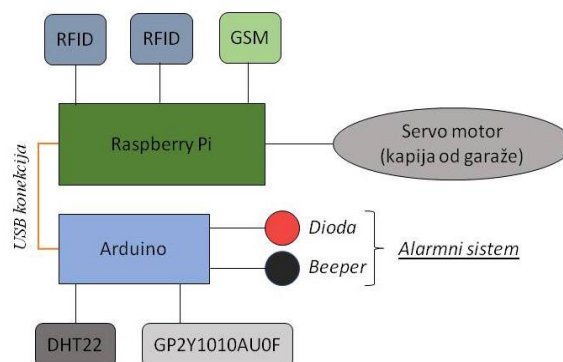
Blok šema sistema prikazana je na slici (Sl.1). Centralni deo predstavlja mikroračunar *Raspberry Pi* [1] (Sl.2).

Na odvojenim ulazima u zgradu postavljena su dva bežična čitača ID kartica (RFID - *Radio Frequency Identification module*) [2] (Sl.3) putem kojih se zaposleni prijavljuju i odjavljuju, te se evidentira njihov dolazak i odlazak. Ovi podaci beleže se u bazi, kao i informacija na koji ulaz su ušli, tj. da li su došli automobilima koji emituju štetne gasove ili su koristili ekološki prihvatljiva vozila, odnosno došli su peške.

Zaposleni koji su evidentirani da dolaze sa strane dvorišta rezervisanog za vozila koja ne emituju štetne gasove i pešake ostvaruju bonus na svoju zarađenu platu.

L. Milovanović, N. Savić i Ž. Prolić, učenici četvrtog razreda smer – Elektrotehničar informacionih tehnologija – ogled Elektrotehnička škola „Mihajlo Pupin“, Futoška, 17, 2100 Novi Sad, Srbija, E-mail: proliczivko2002@gmail.com

Na ulazu za vozila koja emituju štetne gasove nalazi se kapija koja se otvara preko GSM (*Global System for Mobile communication*) modula [3] (Sl.4). Postoji baza podataka u kojoj se nalaze brojevi telefona pa se putem poziva kapija otvara, ako je broj registrovan u bazi.



Slika 1. Blok šema sistema.

U firmi se nalaze postavljeni senzori za očitavanje zagađenja vazduha u oba prostora za parkiranje. Podaci se čuvaju u bazi podataka i koriste za poređenje uticaja parkiranih automobile na zagađenje lokalne sredine.

Sistem se na maketi pokazao kao veoma efikasan. Senzori dobro detektuju promene zagađenosti vazduha i daju dovoljno detaljne informacije o svojim očitavanjima.

Ovim se ostvaruju uslovi za podizanje svesti zaposlenih o unapređenju zaštite životne sredine.

III. IMPLEMENTACIJA

A. Hardverska implementacija

Hardverska osnova sistema je *Raspberry Pi*, mikroračunar. To je kompjuter realizovan na jednoj ploči veličine kreditne kartice. Koristi se kako na maketi, tako i u konačnoj izradi sistema.

Instalirani operativni sistem je Raspbian. Koristi četvorojezgarni procesor ARM Cortex-A53 radne frekvencije 1200 MHz. Posедуje memoriju od 1 GB. Za skladištenje koristi MicroSDHC karticu kao i njegovi prethodnici. Grafiku predstavlja Broadcom VideoCore IV ali na višim frekvencijama. Snaga za napajanje ovog

modela iznosi 4 W. Moćna karakteristika *Raspberri Pi*-a je red GPIO (*general-purpose input/output*) pinova duž gornje ivice ploče. Četrdesetopinsko GPIO zaglavlje se nalazi na svim trenutnim pločama *Raspberry Pi*-a i pinovi imaju određeni raspored.



Slika 2. Izgled Raspberry Pi 3 mikroračunara.

Za očitavanje ID kartica zaposlenih se koristi RC522 *RFID Module* dimenzija 60x39 mm, operativne frekvencije 13,56 Mhz. Napon modula je 3,3 V a struja 13-26 mA. Brzina prenosa podataka iznosi 10 Mbit/s.



Slika 3. RC522 RFID Modul 13.56Mhz.

Za prijem poziva za otvaranje kapije koristimo GSM/GPRS A6 Modul. Dimenzije modula su 22,8x16,8x2,5 mm. Radna temperatura: -30 ° do +80 °C. Opseg napona je od 3,3 V - 4,2 V. Osetljivost: <-105 dBm. Podržava glasovne pozive i SMS poruke.



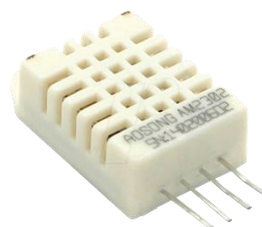
Slika 4. GSM/GPRS A6 Modul.

Uz *Raspberry Pi* 3 računar, potrebna su 2 servo motora SG90 (Sl. 5) koja otvaraju i zatvaraju kapiju na maketi. Oni se koriste isključivo na maketi, dok će se u realnoj upotrebi koristiti profesionalni motori za otvaranje kapija.



Slika 5. Servo motor SG90.

Za merenje temperature i vlažnosti koristi se DHT22 senzor [4] (Sl. 6) dimenzija 14x18x5,5 mm. Opseg napona 3,3 V - 6 V. Radni opseg temperature od -40 ° do 80 °C



Slika 6. Senzor DHT22 (*Digital Humidity and Temperature sensor*).

Za merenje zagađenosti vazduha koristi se GP2Y1010AU0F senzor [5] dimenzija 46x30x17,6 mm. Opseg napona -0,3 – 7 V i radne temperature -10 ° - 65 °C (Sl. 7).



Slika 7. GP2Y1010AU0F Kompaktni optički senzor za prašinu.

Senzori su povezani na mikrokontroler Arduino Uno [6] (Sl. 8) dimenzija 69x53 mm, radnog napona 5 V. Na njemu se nalazi 20 pinova (14 digitalnih, 6 analognih). Memorija: FLASH memorija 32 KB, SRAM memorija 2 KB, EEPROM memorija 1KB.



Slika 8. Mikrokontroler Arduino Uno.

B. Softverska implementacija

Programiranje je realizovano kombinacijom nekoliko programskih jezika. Glavni deo koda nalazi se na Raspberry-ju pisan u Python-u [7], a deo za povezivanje sa bazom je u SQL-u [8]. Za programski kod koji služi za očitavanje vrednosti analognih senzora povezanih na mikrokontroler Arduino korišćen je programski jezik C [9].

Deo koda koji se koristi za upravljanje GSM/GPRS A6 modulom:

```
ATE0
OK
```

```
AT
OK
```

```
AT+CMGF=1
OK
```

```
AT+CNMT=1,2,0,0,0
OK
```

```
+CMT:
"+923326062060",",",15/02/20,23:13:00+20"
```

IV. ZAKLJUČAK

Za izradu ovog projekta korišćeno je razvojno okruženje Arduino i mikroračunar *Raspberry Pi* koji je stabilna platforma zadovoljavajućeg kvaliteta i pristupačne cene. Operativni sistem i razvojni alati su besplatni što dodatno pojeftinjuje ceo sistem, a ne smanjuje nivo pouzdanosti sistema. Rezultat ovog projekta je pouzdan sistem koji pored standardnih poslova kao što su evidencije radnog vremena, alarmnog sistema i slično, kontroliše kvalitet vazduha i sredine. Takođe stimuliše radnike da aktivno učestvuju u očuvanju sredine.

Potencijalna mana sistema je to što u radu nije vođeno računa o zaštiti podataka, obzirom da to i nije bilo postavljeno kao zahtev projekta. Podaci u bazi nisu kriptovani i napadač bi mogao da im pristupi i zloupotrebi ih.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se mentorima Branislavu Ušanu, Vladimiru Skali i Jovi Pavloviću na usmeravanju i sugestijama pri izradi projekta. Takođe se zahvaljujemo i ostalim članovima PiLab sekcije koji su nam pomogli oko izrade ovog projekta..

LITERATURA

- [1] Raspberry PI. Dostupno na: <https://www.raspberrypi.org/>
- [2] RC522 RFID Module. Dostupno na: <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MFRC522.pdf>
- [3] GSM/GPRS A6 Module. Dostupno na: https://www.electrodragon.com/w/GSM_GPRS_A6_Module
- [4] DHT22. Dostupno na: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>
- [5] GP2Y1010AU0F. Dostupno na: https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y1010au_appl_e.pdf
- [6] Arduino. Dostupno na: <https://www.arduino.cc/>
- [7] Python. Dostupno na: http://www.ubuntu-rs.org/preuzimanje/piton/zagrljaj_pitona_latinnica.pdf
- [8] Sqlite. Dostupno na: <https://www.sqlite.org/index.html>
- [9] C jezik. Dostupno na: <https://www.codementor.io/@dewetvanthomas/tutorial-arduino-programming-in-c-12b7czyui>

Primena mašinskog učenja u bazama podataka kroz koncept nadgledanog učenja

Miljan Jeremić

Sadržaj – U radu govorimo o mašinskom učenju uopšteno, i nadalje o delu koji opisuje ulogu baza podataka u sistemima koji koriste mašinsko učenje. U prvom delu rada predstavljeni su osnovni koncepti na kojima se zasniva mašinsko učenje, uz objašnjenje svih relevantnih pojmova kao i potrebe za mašinskim učenjem i njegove primene. Objašnjena je razlika između nadgledanog mašinskog učenja i bez nadgledanja, kao i opisani osnovne ideje i algoritmi nadgledanog mašinskog učenja (stabla odlučivanja, *naive Bayes* i metod najbližeg suseda). U drugom delu rada predstavljena je arhitektura aplikacije koje koriste mašinsko učenje kao i mesto koje baze podataka zauzimaju u toj arhitekturi. Na kraju su prikazani najčešće korišćeni alati za mašinsko učenje u bazama podataka, kao i predstavljeni primeri kako bi se isti koncepti demonstrirali na najbolji način i prikazala primena mašinskog učenja u bazama podataka.

I. MAŠINSKO UČENJE U BAZAMA PODATAKA

Mašinsko učenje je pojam koji se odnosi na sposobnost mašine (u konkretnom slučaju, programa) da za iste ulaze ne daje uvek iste izlaze, odnosno da menja svoj način rada i adaptira se - daje tačne izlaze bez eksplicitnog programiranja za svaki pojedinačni slučaj. Kako bi se to postiglo, potrebno je da program bude sposoban da *uči*, odnosno da prilagođava svoje ponašanje na način dolaska do rezultata zavisno od ulaznih podataka korisnika [1].

Proces prilagođavanja ponašanja naziva se trening, gde se programu daje set testnih ulaznih podataka koje on zatim analizira a na osnovu kojih vrši prilagođavanje. Svrha vršenja treninga je poboljšanje tačnosti programa, a kasnije se trening najčešće radi sve dok se ne pređe specifikirani prag tačnosti, nakon čega se program smatra dovoljno pouzdanim da može davati tačne rezultate za nove, nepoznate ulaze u meri koja zadovoljava kriterijum uspešnosti. Važno je napomenuti da se trening ne sme vršiti preko određene mere, jer u tom slučaju program počinje da pronalazi šablone tamo gde ih nema, tako da se njegova pouzdanost počinje smanjivati (tzv. *overfitting*) [1].

Postoji mnogo razloga zbog čega je mašinsko učenje neophodno, a neki od najvažnijih su:

1. Mnogi problemi nemaju jasno definisanu vezu između ulaza i očekivanih izlaza, tako da je u tim slučajevima nemoguće napraviti listu svih ulaza i svih očekivanih izlaza za te ulaze, kao ni naći zakonitost ili relaciju kojom se veza između ulaza i izlaza može opisati;

2. Ukoliko postoji veoma veliki broj ulaznih podataka, za procesiranje svih tih podataka i pronalazak veze između njihovih pojedinih delova mnogo je lakše koristiti mašine,

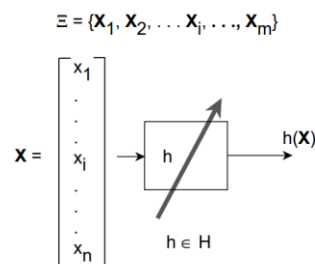
M. Jeremić, dipl. ing. Elektrotehnike na smeru za računarsku tehniku i informatiku, profesor računarstva i informatike u Knjaževačkoj gimnaziji, Srbija, E-mail: miljan.jeremic@gmail.com

koje će te veze mnogo lakše pronaći nego čovek (tzv. *data mining*);

3. Programi koji koriste mašinsko učenje sposobni su da se prilagođavaju promenljivim okruženjima (a u pravilu je većina okruženja takva) - programi napisani tako da ispunjavaju jednu zakonitost pod eksplicitno definisanim uslovima pretače raditi u trenutku kad se okruženje promeni, dok će programi koji koriste mašinsko učenje moći da promene zakonitost prema kojoj računaju izlazne vrednosti, odnosno neće se morati menjati ili nanovo programirati.

II. NADGLEDANO MAŠINSKO UČENJE

Mašinsko učenje s nadzorom je jedna od vrsta mašinskog učenja pri kojoj se za trening programa koristi set testnih ulaznih podataka za koje su poznati očekivani izlazi, za razliku od mašinskog učenja bez nadzora, kod kojeg očekivane izlazne vrednosti nisu poznate. Na osnovu ovih podataka program je u stanju da uči, odnosno da traži zakonitost koja povezuje ulazne i izlazne podatke - *funkciju* koja tu zakonitost najbolje aproksimira. Na Slici 1. prikazan je princip rada programa koji koristi mašinsko učenje s nadzorom, koji za trening set testnih ulaznih podataka (vektor X) pronalazi zakonitost h koja će najbolje aproksimirati izlaz $h(x)$ [1].



Slika 1. Nadgledano mašinsko učenje.

U nastavku će biti predstavljeni neki od najvažnijih i najčešće korišćenih algoritama za mašinsko učenje s nadzorom.

III. ALGORITMI ZA NADGLEDANO MAŠINSKO UČENJE

Stabla koja vrše sortiranje instanci na osnovu vrednosti njihovih klasifikatora nazivaju se stabla

odlučivanja (eng. decision trees). Osobina koja će izvršiti najbolju klasifikaciju svih podataka postavlja se za korenski čvor, a svi ostali čvorovi stabla predstavljaju osobine identifikovane u trening setu podataka. Grane stabla predstavljaju vrednosti koje te osobine mogu imati [2].

Stabla odlučivanja mogu se koristiti za predstavljanje dve vrste modela:

- klasifikacioni modeli: mapiraju ulazne podatke u set predefinisanih klasa;
- regresijski modeli: mapiraju ulazne podatke u domenu realnih vrednosti.

Stabla odlučivanja koriste se za predstavljanje klasifikacionih modela u svrhu data mining- a (analize velike količine podataka sa ciljem otkrivanja šablona i veza između njihovih pojedinih delova), i u tom slučaju zovu se klasifikaciona stabla. Ona služe za klasifikaciju podataka u neku od klasa iz predefinisanih seta, na osnovu atributa pojedinačnih podataka. Na taj način gradi se stablo klasifikatora koje predstavlja model u stanju da prepozna i predvidi klasu ulaznih podataka na osnovu postojećih čvorova, grana i njihovih vrednosti. Važna osobina klasifikacionih stabala je tzv. automatski rast (eng. automatic growth), odnosno mogućnost mašinskog učenja bez pomoći ljudskog eksperta za sticanje znanja (tzv. elitna znanja). Budući da je izvlačenje znanja kompleksan proces za koji je potrebno mnogo vremena, automatizacija ovog procesa putem konstrukcije klasifikacionog stabla na osnovu podataka koji se nalaze u bazi podataka esencijalan je proces koji se naziva akvizicija znanja [3].

Najpoznatiji algoritam za građenje klasifikacionih stabala odlučivanja je C4.5 algoritam, koji predstavlja evoluciju ID3 algoritma, jednog od najjednostavnijih algoritama ovog tipa.

Algoritam koristi ulazne podatke i vrednosti njihovih relevantnih osobina kako bi se postepeno gradilo stablo klasifikatora. Ipak, rast stabla se ne prekida u trenutku kad prirastaj informacija bude različit od nule (što je slučaj u ID3 algoritmu), već se koristi poseban prag za određivanje broja preostalih elemenata za klasifikaciju. Kada se ovaj prag pređe, klasifikacija se završava i rast stabla zaustavlja. Ovaj algoritam koristi i jednu tehniku koja se naziva izrezivanje grešaka (eng. error pruning), koja određuje nivo grešaka na osnovu gornje granice statističkog intervala za proporcije [3].

IV. NAÏVE BAYES

Naive Bayes je probabilistički machine learning algoritam za klasifikaciju, koji je zasnovan na Bayesovoj formuli prikazanoj u nastavku [5] gde je:

- $P(A)$ – prior verovatnoća;
- $P(B)$ – verovatnoća prediktora;
- $P(A|B)$ – posterior verovatnoća;
- $P(B|A)$ – uslovna verovatnoća. [6]

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) * P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

Naive Bayes se takođe naziva i „Idiot’s Bayes“ ili „Simple Bayes“, jer on pretpostavlja da su svi faktori koji utiču na krajnji ishod (prediktori) nezavisni jedan od drugog. Iako je to ograničavajuća činjenica, Naive Bayes, mada ne najbolji klasifikator, daje zadovoljavajuće rezultate. Lagano ga je konstruisati, pogodan je za velike skupove podataka, što ima za posledicu, tj. prednost da može procesirati više podataka [7] (tj. treniranje modela traje kraće), kako je računica manje zahtevna od drugih klasifikatora za manje vremena. To je bitno, jer sa više podataka, rezultujući model će (najčešće) biti egzaktni. [8].

Kao što je već rečeno, Naive Bayes pretpostavlja da su ulazne komponente nezavisne, te se glavna ideja zasniva na aproksimaciji $f(x|i)$, i onda je:

$$f(x|i) = \sum_{j=1}^p f(x_j|i) \quad (2)$$

U slučaju da su $f(x_j|i)$ diskretne vrednosti, to je olakšavajuća činjenica, jer se svaka vrednost može aproksimirati sa tzv. multinomalnim estimatorom (multinomial histogram-type estimator), koji se često koristi u današnjim implementacijama [7]. Model Naive Bayesa se može napraviti na više načina, od kojih su neki prikazani sledećom formulom [9].

$$p(x_k|c_j) = \begin{cases} \frac{q}{\sigma_{kj}\sqrt{2\pi}} e^{\left(\frac{-(x-\mu_{kj})^2}{2\sigma_{kj}^2}\right)}, -\infty < x, -\infty < \mu_{kj}, \sigma_{kj} > 0, Normal \\ \frac{1}{x\sigma_{kj}\sqrt{2\pi}} e^{\left(\frac{-\log\left(\frac{x}{m_{kj}}\right)^2}{2\sigma_{kj}^2}\right)}, 0 < x < \infty, -\infty < \mu_{kj}, m_{kj} > 0, \sigma_{kj} > 0, Lognormal \\ \frac{\left(\frac{x}{b_{kj}}\right)^{c_{kj}-1}}{b_{kj}\Gamma(c_{kj})} e^{\left(\frac{-x}{b_{kj}}\right)}, 0 \leq x < \infty, b_{kj} > 0, c_{kj} > 0, Gamma \\ \frac{e^{-x} x^{c_{kj}-1}}{c_{kj}!}, 0 \leq x < \infty, x = 0, 1, 2, Poisson \end{cases} \quad (3)$$

Iako ne najbolji klasifikator, jer je očigledno najveći nedostatak što pretpostavlja da su prediktori nezavisni [5] on se danas koristi u mnogim područjima: detektovanje neželjene pošte, real-time prediction, recommendation system i sl., [10] i zato se stoga deli na tri najčešća tipa:

- Multinomial: koristi se za klasifikaciju dokumenata (gleda ponavljanje reči da bi odredio kojoj grupi pripada dokument);
- Bernoulli: sličan prethodnom, samo su mu prediktori logičke vrednosti (DA/NE);
- Gaussian: ako su prediktori kontinualne vrednosti [5].

V. METOD NAJBЛИŽEG SUSEDA

Metod najbližeg suseda (Nearest neighbor approach) predstavlja još jedan od algoritama u okviru nadgledanog mašinskog učenja, a koji se može koristiti za rešavanje kako klasifikacijskih, tako i regresijskih problema. Ovaj algoritam je baziran na pretpostavci da su slični elementi iz skupa različitih podataka međusobno blizu jedan drugome. Iako postoje i drugi načini predstavljanja blizine koji se upotrebljavaju zavisno od problema koji se rešava, pojam blizine se uglavnom odnosi na euklidsku udaljenost između dve posmatrane tačke [12].

U procesu izvršenja ovog algoritma, nad setom ulaznih podataka se ne vrši testiranje. Svi podaci se spremaju u memorski prostor u vidu reprezentativnih elemenata, te se na osnovu njih vrše procesi klasifikacije. Da bi se neki od reprezentativnih elemenata klasificirao, pre svega je potrebno izračunati udaljenost tog elementa od unapred specificiranog broja njegovih suseda. Nakon toga se može odrediti kojoj klasi posmatrani element pripada na način da se odredi klasa kojoj pripada najveći broj njegovih suseda [12].

Metod najbližeg suseda je jednostavan za implementaciju, a jedini izazov pri korištenju ovog algoritma je određivanje broja najbližih suseda na osnovu kojih će se izvršiti klasifikacija. Taj broj se obično označava sa K , i zato se i sam algoritam naziva Metod K najbližih suseda (K Nearest neighbour approach - KNN). U slučaju izbora malog broja K smanjuje se i preciznost klasifikacije elemenata iz posmatranog skupa podataka. Veća vrednost ovog broja povećava i preciznost predviđanja, pri čemu se mora obratiti pažnja da se ne odabere prevelika vrednost jer ona može povećati broj grešaka koje se javljaju tokom klasifikacije. Pored jednostavne implementacije, prednosti ovog algoritma su što ne potrebno kreirati model, dodavati određene pretpostavke ili naglašavati određene parametre kako bi se klasifikacija izvršila precizno. Takođe, metod najbližeg suseda se može primenjivati na različite vrste problema među koje spadaju i problem pretrage elemenata, identifikacije ljudskog identiteta, kao i već pomenuti klasifikacijski i regresijski problemi [13]. Dakle, ulaz u algoritam su:

- ulazni set podataka (Tr);
- broj najbližih suseda koji će se posmatrati (K);
- podatak koji je potrebno klasifikovati (r).

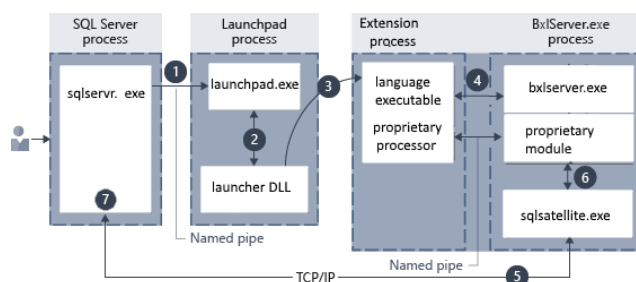
Za svaki element iz ulaznog skupa podataka se računa njegova udaljenost od podataka koji je potrebno klasifikovati. Nakon toga se kreira skup D u koji se dodaje K najbližih suseda posmatranom podatku, i zato se njegova klasa određuje na osnovu klase koja se najčešće pojavljuje u kreiranom skupu najbližih suseda.

VI. ARHITEKTURA SISTEMA ZA MAŠINSKO UČENJE U BAZAMA PODATAKA

Arhitektura današnjih alata, koji omogućavaju mašinsko učenje nad skupom podataka u bazama podataka, je najčešće implementirana na jedan od sledeća dva načina:

1. Korisnik kreira eksternu skriptu (npr. u programskom jeziku Python) koja se izvrši pri pozivanju procedure;
2. Korišćenje web-servisa sa gotovim alatima za mašinsko učenje.

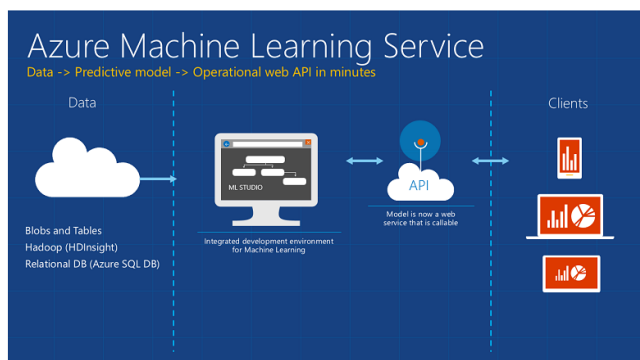
Prvi način je ilustriran na Slici 2., gde je prikazano kako SQL Server izvršava skripte uz pomoć extensibility framework-a, koji služi kao interfejs da se povežu podaci iz baza sa metodama mašinskog učenja. Na ovaj način, administratori baza podataka mogu obezbediti sigurnost podataka, tako što će moći kontrolisati koji podaci su dostupni eksternim skriptama i korisnicima (putem privilegia), dok analitičari mogu pristupiti podacima nesmetano i vršiti analize nad istim (pod uslovom da imaju privilegije za potrebne podatke). Sa slike je vidljivo da se skripte izvršavaju na odvojenom procesu od onog gde se nalazi SQL Server, ali ti procesi su ipak interno povezani. Omogućena je komunikacija između njih preko BxlServer-a i SQL Satellite-a [14].



Slika 2. Arhitektura SQL Server-a.

Drugi način je prikazan na primeru Azure Machine Learning servisa (Slika 3.): korisnik ima na raspolaganju web-servis koji je moguće pozvati uz pomoć API-a (najčešće u vidu RESTful API-a) [15]. Jedan RESTful API poziv se sastoji iz sledećih komponenti:

- $\langle \text{verb} \rangle$ - jedna od HTTP "metoda": GET, POST, PUT, DELETE;
- $\langle \text{resources} \rangle$ - npr. data sets, procedure;
- $\langle \text{arguments} \rangle$ - argumenti se šalju u vidu query-string ili u JSON formatu [16].



Slika 3. Arhitektura Azure Machine Learning servisa.

VII. DOSTUPNI ALATI ZA MAŠINSKO UČENJE U BAZAMA PODATAKA

Iz dosadašnje priče o mašinskom učenju može se zaključiti da se ono odva u dva ključna koraka. Prvi korak je treniranje ulaznog seta podataka, kao i njihovo proučavanje i pronalazak odgovarajućih uzoraka (patterna) u okviru tog seta, a sve u cilju razvijanja odgovarajućeg modela podataka. Drugi korak podrazumeva puštanje novonastalog modela u sistem produkcije. U procesu produkcije se ovaj model pokreće kako bi prikupljao nove podatke koji se nisu pre pojavljivali u setu podataka, vršio određene klasifikacije i vraćao rezultate dobijene primenom razvijenog modela. Za uspešno izvođenje ovih koraka u procesu mašinskog učenja, od velikog značaja se pokazuju različiti alati dostupni za mašinsko učenje, posebno kada je u pitanju rad sa velikim skupovima podataka unutar baza podataka. U nastavku su opisani neki od najpoznatijih alata razvijenih u tu svrhu.

VIII. AZURE MACHINE LEARNING

Azure Machine Learning servis je cloud servis uz pomoću kojeg je moguće razviti, trenirati i upravljati modelima za mašinsko učenje. Ovaj servis podržava open-source tehnologije, koje su učestale u programskim jezicima poput Python-a. Takođe, kako je ovo cloud servis, modeli se mogu brže i bolje razvijati, a korisnik može odabrati da li želi koristiti automatski generisane modele, ili ipak praviti svoj model pomoću Azure Machine Learning SDK za programski jezik Python. Machine Learning Studio omogućava eksperimentisanje nad već ugrađenim modelima za mašinsko učenje, koji se mogu jednostavno drag-and-drop-ati na radnu površinu, dok Machine Learning servis omogućava veću kontrolu nad korišćenim algoritmima [19]. Arhitektura ovog alata opisana je u prethodnim poglavljima. Radni tok Azure Machine Learning servisa je sledeći:

1. Razvoj Python skripti za fazu treniranja mašinskog učenja;
2. Kreiranje i konfiguracija compute target-a;
3. Dostavljanje skripti konfigurisanim compute target-ima da bi se iste izvršile u navedenom okruženju (tokom

treninga, podaci izvršavanja se sačuvaju prvo u skladištima podataka, a potom u eksperimentu);

4. Upit nad eksperimentom dohvata metrike prethodnih i sadašnjih izvršenja, ali ako metrike nisu zadovoljavajuće, potrebno se vratiti na korak 1, zatim ponovo prolaziti kroz skriptu;
5. Kada je pronađena metrika zadovoljavajuće vrednosti (tj. zadovoljavajuće izvršenje), model se čuva u registar za model;
6. Razvoj scoring skripte;
7. Kreirati sliku i sačuvati je u registar za slike;
8. Postaviti sliku kao web-servis u Azure [20].

IX. SQL SERVER

SQL Server 2017 Machine Learning Services je dodatak instanci pomoću kojeg se izvršavaju skripte pisane u R ili Python programskim jezicima na SQL Server-u. Kod se izvršava kao T-SQL skripta koja sadrži R ili Python izveštaje, ili kao R ili Python kod koji sadrži T-SQL. Ipak, u ovom slučaju je potrebno obratiti pažnju na sigurnost i integritet podataka, jer skripta ne bi smela da ima privilegije koje korisnik koji ju je napisao ima. Da se to postigne, potrebno je dati privilegije za čitanje i pisanje, ali i privilegiju za izvršavanje eksternih skripti [21].

Kako je Python jedan od vodećih programskih jezika za razne metode mašinskog učenja, kao i mnogo open-source biblioteka, on je integrisan tako da je analitika blizu podataka, što eliminiše troškove, kao i sigurnosne probleme migracije podataka. Kao što je rečeno, T-SQL je integrisan sa Python-om, tako da se bilo koji kod napisan u Python-u može izvršiti korišćenjem procedura, a sam kod se izvršava na dualnoj arhitekturi, [22] koja je opisana u samom radu.

SQL Server se koristi na sledeći način:

1. Instalacija softvera;
2. Konfiguracija razvojnog okruženja (putem IDE, RevoScaleR/Revoscalepy API ili unutar procedure);
3. Kreiranje T-SQL skripti gde će se pozivati R ili Python skripte;
4. Optimizacija procesa;
5. Ugrađivanje koda unutar procedure, tako da je neka aplikacija može koristiti [21].

X. PRIMENA MAŠINSKOG UČENJA U BAZAMA PODATAKA

Sledeći primer pokazuje kako sa SQL Server 2017 Machine Learning servisom razviti prediktivni model u programskom jeziku Python. Primer koristi linearnu regresiju za učenje sa supervizijom. Nakon instalacije SQL Server-a (gde je potrebno odabrati da se instaliraju i alati za Python i/ili R), potrebno je omogućiti instanci da pokreće eksterne skripte uz SSMS 1 [24]. Podaci koji će se obrađivati govore o vrednostima referentne evapotranspiracije (PMVPSH), gde je potrebno napraviti predikciju o budućem referentnim vrednostima Dalje,

potrebno je uspostaviti bazu komandom putem SSMS-a koja je prikazana u isečku koda [25] u nastavku.

```
USE master ;
GO
RESTORE DATABASE TutorialDB
FROM DISK = 'C:\Program Files\Microsoft SQL Server\
MSSQL13.
MSSQLSERVER\MSSQL\Backup\TutorialDB.bak'
WITH
MOVE 'TutorialDB' TO 'C:\Program Files\Microsoft SQL
Server
MSSQL13.MSSQLSERVER\MSSQL\DATA\TutorialDB
.mdf'
MOVE 'TutorialDB_log' TO 'C:\Program Files\Microsoft SQL
Server\MSSQL13.MSSQLSERVER\MSSQL\DATA\
TutorialDB.ldf';
GO
```

Python skripta koja se koristi za predikciju je prikazana u nastavku, gde je prvo potrebno učitati podatke iz baze, a potom ih pripremiti za obradu. Treniranje modela koristeći linearnu regresiju, kao i sama predikcija obrađuju se u Python-u [25]. Greška koja se dobije je približno nuli ($\text{lin_mse} = 3.59831533\text{e-}26$) [25].

Nakon kreiranja skripte, potrebno je istu povezati sa SQL Server-om, gde je prethodno da kreirana tabela za perzistenciju modela. Da bi se koristila navedena Python skripta, u tabeli za model treba postojati procedura koja će je pozivati da bi ista generisala model [26]. U sledećem isečku koda [26] prikazana je spomenuta procedura:

Pored gore navedene procedure, takođe je potrebno kreirati proceduru koja će praviti predikciju sa kreiranim modelom [26].

Na kraju je potrebno pozvati proceduru, a kao rezultat se dobije predikcija za referentnu evapotranspiraciju [26].

```
TRUNCATE TABLE py_rental_predictions ;
INSERT INTO py_rental_predictions
EXEC py_predict_rentalcount 'linear_model';
```

```
SELECT * FROM py_rental_predictions;
```

Azure Machine Learning Studio

U ovom primeru je potrebno linearnom regresijom odrediti referentnu evapotranspiraciju. Dostupne su sledeće kolone:

- PMVPSH (referentna evapotranspiracija);
- TSR (srednja vrednost temperatura);
- VP (stvarni napon pare);
- WIND_SPEED (brzina vetra);
- SUNSHINE_HOURS (broj sunčanih sati);.

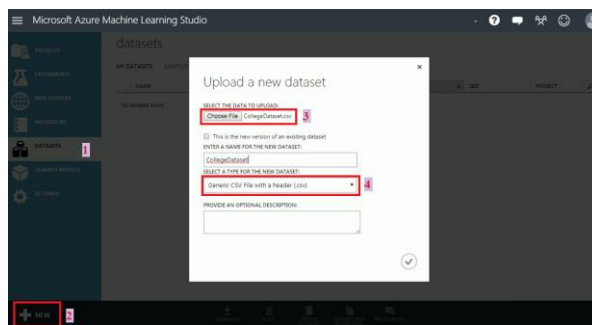
Dati dataset potrebno je učitati u okruženje prema slici ispod:

1. Pozicioniranje na prozor Datasets;
2. Dodavanje novog data set-a;
3. Odabir željenog data set-a;

4. Podesiti da tip bude CSV.

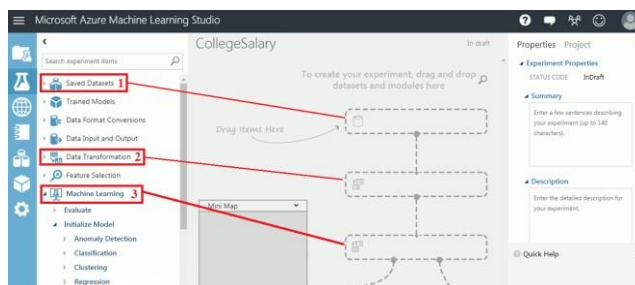
Nakon što su se podaci učitali, potrebno je kreirati eksperiment (prozor Experiments koji se nalazi tri mesta iznad Datasets). Tu je, kao i kod Datasets, potrebno odabrati opciju New, zatim će se otvoriti prozor sa predloženim eksperimentima, gde je potrebno odabrati Blank Experiment, nakon čega će se učitati okruženje za definisanje eksperimenta, kao na slici 5. Da bi se kreirao model, potrebno je preduzeti sledeće korake:

1. Učitati podatke tako što se odabere iz Saved Datasets, ili My Datasets, ili College-Dataset, i nakon toga se izvrši drag-and-drop u centralno polje. Takođe je moguće videti statističke podatke o dataset-u;
2. Definirati kolone iz Data Transformation-Manipulation-Select Column in Dataset, tako što se dodaju sve kolone. Potrebno je i podeliti podatke na one koji će biti korišćeni za trening, i one koji će biti korišćeni za testiranje kreiranog modela, što se postiže putem Data Transformation-Sample and Split-Split Data, gde se definiše procenat podataka za treniranje modela;
3. Prethodno je rečeno da će se model kreirati na osnovu linearne regresije, koja se nalazi u delu MachineLearning-Initialize Model-Regression-Linear Regression.



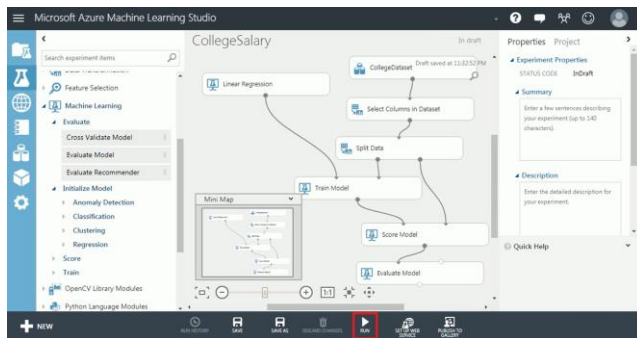
Slika 4. Učitavanje podataka.

Takođe, potrebno je ubaciti samo treniranje modela, gde se naznači da je kolona PMVPSH zavisna promenljiva, a treniranje se nalazi na putu MachineLearning-Train-Train Model. Nakon toga, da bi se definisalo testiranje modela sa preostalim procentom podataka, putem Machine Learning-Score-Score Model dodaje se polje za testiranje, zato je na kraju potrebno dodati i samu evaluaciju kreiranog modela (tj. da se vidi tačnost) preko Machine Learning-Evaluate-Evaluate Model.

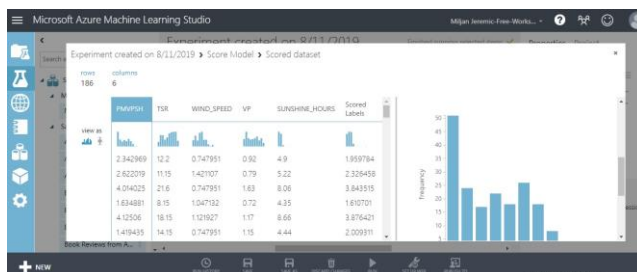


Slika 5. Kreiranje modela.

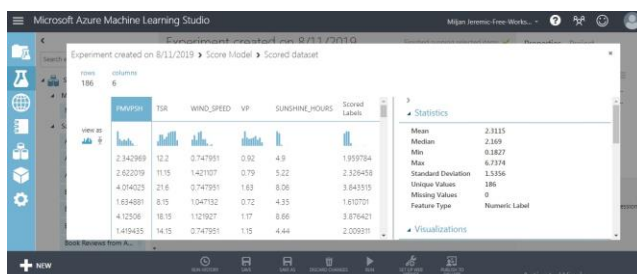
Poslednji korak jeste povezivanje navedenih komponenti kao što je prikazano na slici 6, a zatim pokretanje kreiranog modela putem Run. Tačnost modela možemo videti iz komponente Evaluate Model, odakle je vidljivo da ona iznosi oko 82% [27]. Vrednosti koje se dobijaju za zavisnu promenljivu moguće videti na slici 7. Statistički prikaz vrednosti zavisne promenljive prikazani su na slici 8.



Slika 6. Povezivanje komponenti.



Slika 7. Vizuelni prikaz zavisne promenljive PMVPSH.



Slika 8. Statistički prikaz zavisne promenljive PMVPSH.

XI. ZAKLJUČAK

Mašinsko učenje je oblast koja se rapidno razvija i sve intenzivnije istražuje. Nadgledano mašinsko učenje je jedna velika podoblast koja omogućava vršenje treninga nad predefinisanim setom ulaznih podataka kao i vršenje prilagođavanja klasifikatora tako da za nove, dotad nepoznate podatke daje ispravne rezultate, i zbog toga je veoma važna zbog data mining-a, koji u današnje vreme, kada je količina podataka koje je potrebno proučavati, pronaći vezu između njih i doneti korisne zaključke postala veoma velika s tendencijom daljeg rasta, postaje sve važni i

još uvek se razvijaju algoritmi za specifične primene nadgledanog mašinskog učenja.

Postoji mnogo algoritama za nadgledano mašinsko učenje, ali u radu su predstavljeni samo neki od onih koji se najčešće koriste: C4.5 algoritam, koji pripada algoritmima koji koriste stabla odlučivanja, naive Bayes algoritam, koji pripada algoritmima koji koriste Bayesovu formulu uslovnih verovatnoća, i KNN (metod K najbližih suseda) algoritam, koji spada u algoritme koji koriste metod najbližih suseda. Svi ovi algoritmi pomažu vršenju klasifikacije podataka kako bi se mogla izvršiti klasifikacija novih podataka, što je i sama svrha nadgledanog mašinskog učenja.

U radu je prikazana i uloga baza podataka u mašinskom učenju - osim kao skladište podataka, one su i koristan izvor nad kojim je moguće vršiti manipulaciju kako bi se izvršilo mašinsko učenje nad podacima koji se u njima nalaze. U ovu svrhu razvijen je veliki broj alata, poput Azure Machine Learning i SQL Server servisa. Svi ovi alati olakšavaju korisnicima da dođu do željenog cilja - vršenje metoda mašinskog učenja nad velikim skupom podataka te vršenje njihove klasifikacije na ispravan način.

Mašinsko učenje ima veoma široku primenu, poput vršenja pretrage, identifikacije ljudskog identiteta, vršenja različitih vrsta predviđanja, preporuka ili automatske klasifikacije podataka kao korisnih, kao i u različite sigurnosne svrhe. Baze podataka imaju ključnu ulogu u svim ovim primenama, i zbog toga je što lakši rad s njima cilj kako bi se mašinsko učenje moglo vršiti na što jednostavni način. Izvesno je da će trend rasta popularnosti i važnosti mašinskog učenja, a samim tim i baza podataka u tom kontekstu, opstati, i da će se razvijati sve više alata za ovakve primene.

ZAHVALNICA

Na kraju ovoga rada autor se zahvaljuje Knjaževačkoj gimnaziji na razumevanju i pružanju potrebne podrške da istrajem do kraja. Autor 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] N. J. Nilsson, "Introduction to machine learning," sep 1996.
- [2] K. K. Ilias G. Maglogiannis, *Emerging Artificial Intelligence Applications in Computer Engineering*, ser. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications. Amsterdam: IOS Press, 2007, vol. 160.
- [3] O. M. Lior Rokach, *Data Mining with Decision Trees: theory and Applications*, ser. Series in Machine Perception and Artificial Intelligence. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., vol. 69.
- [4] A. Z. Oluwatobi Akanbi, Ahmad Abunadi, "Phishing website classification: A machine learning approach," Journal of

- Information Assurance and Security, vol. 9, pp. 222–234, sep 2014.
- [5] R. Gandhi. (2018, may) Naive bayes classifier. [Online]. Available: <https://towardsdatascience.com/naive-bayes-classifier-81d512f50a7c>
- [6] N/A. (2018, oct) Naive bayes classifier. [Online]. Available: http://ucr.github.io/naive_bayes
- [7] X. W. i V. Kumar, *The Top Ten Algorithms in Data Mining*. Taylor and Francis Group, oct 2009.
- [8] W. J. Turkel. (2018, may) Supervised classification: The naive bayesian returns to the old bailey. [Online]. Available: <https://programminghistorian.org/en/lessons/naivebayesian#how-well-does-our-naive-bayesian-do>
- [9] N/A. (2018, oct) Naive bayes classifier. [Online]. Available: <http://www.statsoft.com/textbook/naive-bayes-classifier>
- [10] S. Patel. (2017, apr) Chapter 1: Supervised learning and naive bayes classification – part 1 (theory). [Online]. Available: <https://medium.com/machine-learning-101/chapter-1-supervised-learning-and-naive-bayes-classification-part-1-theory-8b9e361897d5>
- [11] B. Ismail, Harous, “A comparative analysis of machine learning classifiers for twitter sentiment analysis,” 2016.
- [12] H. Du, *Data Mining Techniques and Applications: An Introduction*. Hampshire: Cengage Learning EMEA., 2010.
- [13] O. Harrison. (2018, sep) Towards data science. [Online]. Available: <https://towardsdatascience.com/machine-learning-basics-with-the-k-nearestneighbors-algorithm-6a6e71d01761>
- [14] D. P. H. H. Steen. (2018, oct) Extensibility architecture in sql server machine learning services. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/advancedanalytics/concepts/extensibility-framework?view=sql-server-2017>
- [15] Introduction to machine learning on microsoft azure. [Online]. Available: <https://www.hexacta.com/2016/07/13/machine-learning-on-microsoft-azure>
- [16] Working with the rest api. [Online]. Available: <https://docs.mldb.ai/doc/builtin/WorkingWithRest.md.html>
- [17] G. Orenstein. (2018, may) Memsqll blog. [Online]. Available: <https://www.memsqll.com/blog/matching-modern-databases-with-ml-and-ai>
- [18] R. Negrin. (2018, jan) Memsqll blog. [Online]. Available: <https://www.memsqll.com/blog/machine-learning-and-memsqll>
- [19] G. Ericson. (2018, sep) What is azure machine learning service (preview)? [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/service/overviewwhat-is-azure-ml>
- [20] H. Ning. (2018, oct) How the azure machine learning service works: architecture and concepts. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machinelearning/service/concept-azure-machine-learning-architecture>
- [21] H. Steen. (2018, sep) Machine learning services (r, python) in sql server 2018. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/advanced-analytics/what-is-sql-servermachine-learning?view=sql-server-2017>
- [22] What’s new in sql server machine learning services. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/advanced-analytics/what-s-new-in-sqlserver-machine-learning-services?view=sql-server-2017>
- [23] M. Harris. (2017, jun) Memsqll blog. [Online]. Available: <https://www.memsqll.com/blog/image-recognition-at-the-speed-of-memory-bandwidth>
- [24] Microsoft. (2018, nov) Build a predictive model using python and sql server ml services (1). [Online]. Available: <https://microsoft.github.io/sql-mltutorials/python/rentalprediction>
- [25] Build a predictive model using python and sql server ml services (2). [Online]. Available: <https://microsoft.github.io/sql-mltutorials/python/rentalprediction/step/2.html>
- [26] Build a predictive model using python and sql server ml services (3). [Online]. Available: <https://microsoft.github.io/sql-mltutorials/python/rentalprediction/step/3.html>
- [27] K. Singh. (2017, jul) Linear regression - azure machine learning. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=M2Ucdowes_4

Internet sistem otključavanja brava

Danijel Dimitrijević, Nikola Krstić

Sadržaj – U ovom radu predstavljen je inovativni sistem otključavanja brava. Nošenje ključeva i tagova ili otključavanje brave na pin koji može saznati bilo ko, dok modifikacija istog iziskuje velike utroške vremena i rada, postaje prošlost. Uz pomoć naloga, unosom korisničkog imena i šifre na svom mobilnom telefonu i skeniranjem NFC čipa sada je moguće otključati svaku bravu. Autentifikacija korisničkim nalogom pruža veliku fleksibilnost i sigurnost jer svaki korisnik pamti lične podatke i ne deli ih sa drugima. Održavanje, odnosno upravljanje nalogima je veoma jednostavno i jeftino, a brzina otključavanja je još jedna prednost u odnosu na tradicionalne sisteme.

I. UVOD

Sistemi za otključavanje brava koje danas najčešće koristimo su sistem otključavanja pomoću otiska prsta, šifre ili ključa. Naša ideja je da razvijemo sistem koji je praktičniji, lakši za modifikaciju, brži i bezbedniji od svih navedenih.

Internet sistem otključavanja brava omogućava brzu i laku identifikaciju osobe koja otvara vrata. Otključavanje se vrši skeniranjem NFC čipa, i ukoliko je korisnik već prijavljen brava se odmah otključava. U suprotnom, ukoliko korisnik nije prijavljen, pri skeniranju čipa se otvara forma za unos korisničkih podataka. Forma za otključavanje komunicira sa bazom podataka u kojoj se čuvaju podaci o korisnicima. Dodavanje, brisanje i izmena naloga vrši se kontrolnom aplikacijom koja se nalazi na računaru odgovornog lica (menadžer, šef obezbeđenja, itd).

II. PRINCIP RADA

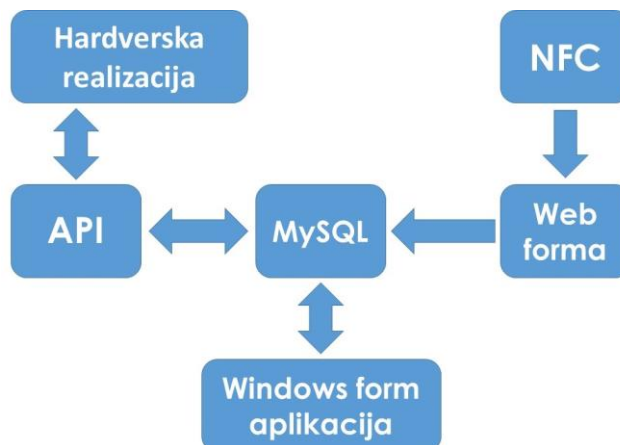
Internet sistem otključavanja brava se sastoji od sledećih elemenata:

- A) MySQL baza podataka
- B) Windows form aplikacija
- C) Web forma
- D) API (Aplication Interface)
- E) NFC tehnologija
- F) Hardverska realizacija
- G) Maketa

D. Dimitrijević, student IV godine, modul Elektronika, podmodul Embeded sistemi, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: danijeldimitrijevic98@gmail.com

N. Krstić, student III godine, modul Računarstvo i informatika, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: krsticnikola1999@gmail.com

Komunikacijska šema navedenih komponenti je ilustrovana na slici 1, a njihova konkretna primena i funkcija u sistemu opisana je u nastavku.



Slika 1. Komunikacijska šema elemenata sistema.

A. MySQL baza podataka

Centralni deo sistema predstavlja MySQL baza podataka koja se nalazi na lokalnom server [1]. U bazi se čuvaju podaci o korisnicima, kao i podaci za konfigurisanje sistema. Ona predstavlja most koji spaja i omogućava komunikaciju između hardverske implementacije (Arduino mikrokontroler) i Web/Windows Form aplikacije.

B. Windows form aplikacija

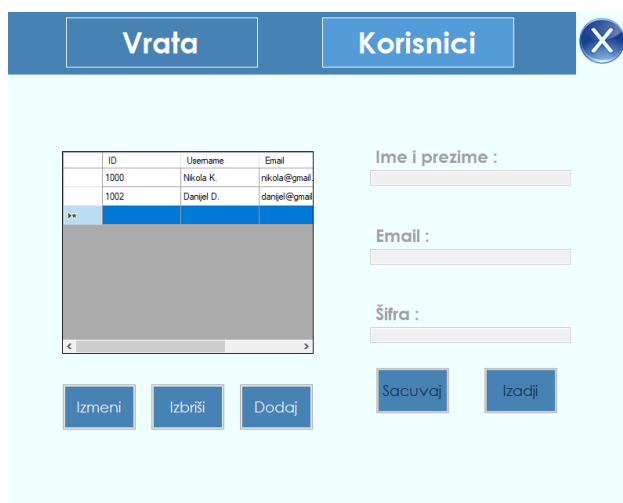
Kontrolna aplikacija je realizovana kao "Windows Form Application" koja može biti instalirana na većem broju računara. Namenjena je ovlašćenim licima i služi za upravljanje celokupnim sistemom. Sama aplikacija se sastoji od dva prozora.

U prvom prozoru se može videti status svih brava (otključano/zaključano), a takođe je moguće klikom na status promeniti isti. Ova funkcionalnost pruža potpunu kontrolu nad sistemom kao i povećanje bezbednosti. Asinhrono osvežavanje obezbeđuje tačne informacije u realnom vremenu. Na dnu prozora nalazi se "Log" dugme, čijim pritiskom se otvara novi prozor u kome se vidi ime osobe koja otključava, redni broj/ime brave, kao i vreme otključavanja (Slika 2).



Slika 2. Prvi prozor windows forme.

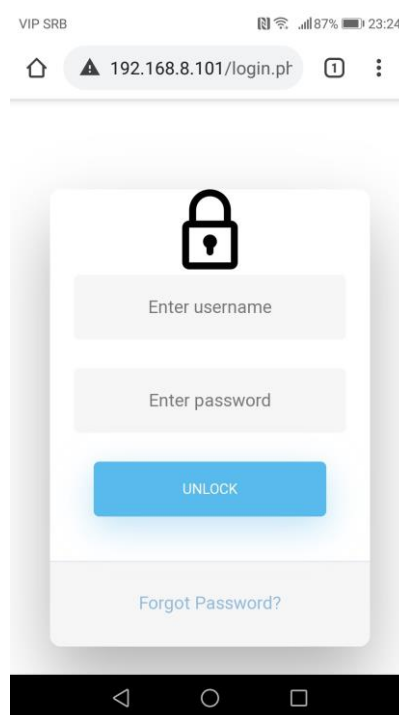
Drugi prozor služi za upravljanje nalogima. Sa njegove leve strane mogu se videti svi postojeći nalozi koji su sačuvani na MySQL bazi podataka. Veoma je lako i dodavanje novih naloga, koje se vrši unosom podataka na desnoj strani prozora, klikom na dugme “Dodaj”. Brisanje i izmena postojećih naloga vrši se predhodnim selektovanjem kolone datog korisnika i klikom na dugme “Izmeni” ili “Izbriši” (Slika 3).



Slika 3. Drugi prozor windows forme.

C. Web forma

Postavljanjem mobilnog telefona u blizini NFC čipa korisniku se otvara forma za prijavljivanje [2], ukoliko nije prijavljen ili mu je istekla sesija. Trajanje sesije zavisi od primene sistema. Ako još uvek traje, šalju se podaci o korisniku sa statusom brave “Otključano” na MySQL bazu. Forma za prijavljivanje sadrži dva polja, i to jedno za unos korisničkog imena/e-maila, a drugo za unos šifre (Slika 4).



Slika 4. Web forma.

D. API (Application Interface)

Na serveru postoji PHP skripta, koja služi kao posrednik između mikrokontrolera i baze podataka. Stranica ima mogućnost da obradi GET ili POST HTTP zahtev [3].

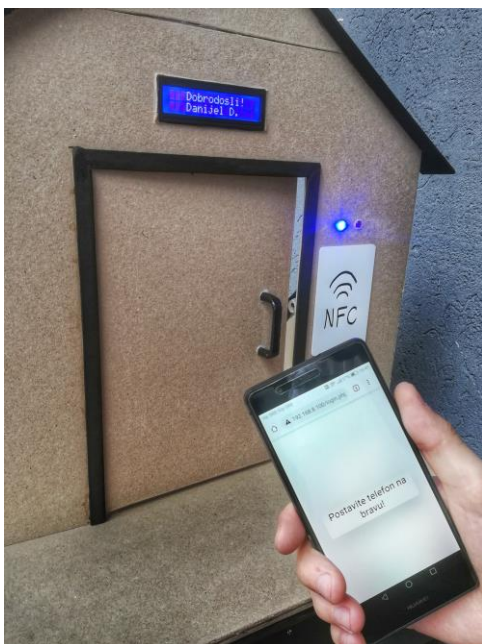
Pri slanju GET zahteva od strane mikrokontrolera, stranica pristupa bazi podataka, preuzima odgovarajuće podatke (status brave i ime osobe koja otvara vrata) i formira API koji se prenosi nazad do mikrokontrolera.

POST zahtev pruža mogućnost mikrokontroleru da zaključa vrata, a više reči o tome biće u delu za hardversku realizaciju.

E. NFC (Near Field Communication) tehnologija

Upotreba NFC tehnologije [4] je verovatno najpraktičnija, jer se u sve većem broju novih mobilnih telefona ovakva tehnologija podrazumeva, a prisutna je i na određenim modelima starijih generacija.

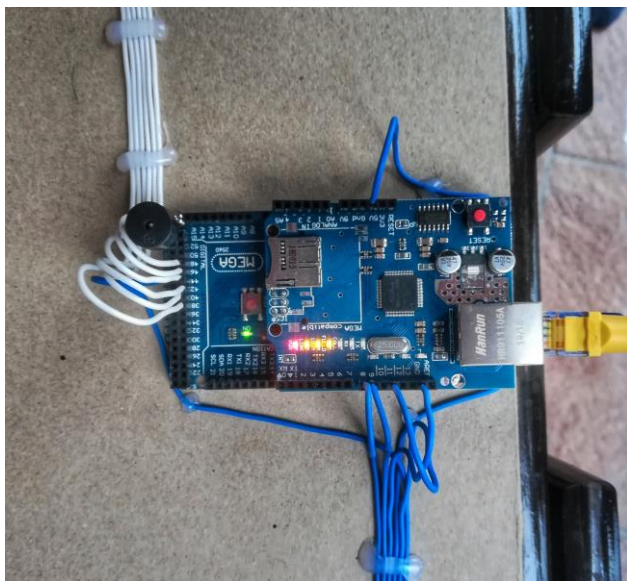
NFC tehnologija omogućava beskontaktno transakcije podataka između različitih uređaja, kao i očitavanje pasivnog NFC čipa [5] i podataka na njemu. Očitavanje se vrši prislanjanjem mobilnog telefona na čip. Naš sistem koristi upravo takav čip, koji je postavljen pored ulaznih vrata (Slika 5), i koji se ne napaja električnom energijom. Skeniranjem, mobilni telefon dobija komandu da otvori formu. Ukoliko korisnik nije prijavljen forma sadrži polja za prijavljivanje (Slika 4), u suprotnom se na ekranu ispisuje tekstualna poruka “Postavite telefon na bravu!”.



Slika 5. NFC čip na ulaznim vratima.

F. Hardverska realizacija

Centralni deo hardverske implementacije čini Arduino Mega 2560 mikrokontroler sa dodatkom Ethernet Shield W5100 modula [6] (Slika 6).



Slika 6. Prikaz mikrokontrolera sa dodatkom Ethernet shield-a.

Ethernet Shield W5100 daje mogućnost Arduino mikrokontroleru da pristupa internet mreži i komunicira sa MySQL bazom podataka preko API posrednika. Ova komunikacija se realizuje HTTP zahtevima. Pribavljanje podataka mikrokontroler vrši slanjem GET zahteva na koje odgovara PHP skripta formiranjem API-a na osnovu

podataka preuzetih iz baze. Takođe, sistem šalje POST zahtev za ažuriranje podataka u bazi. Ova funkcija se koristi prilikom očitavanja senzora na bravi koji prikazuje njen status. Ukoliko se vrata zatvore šalje se zahtev za zaključavanje brave.

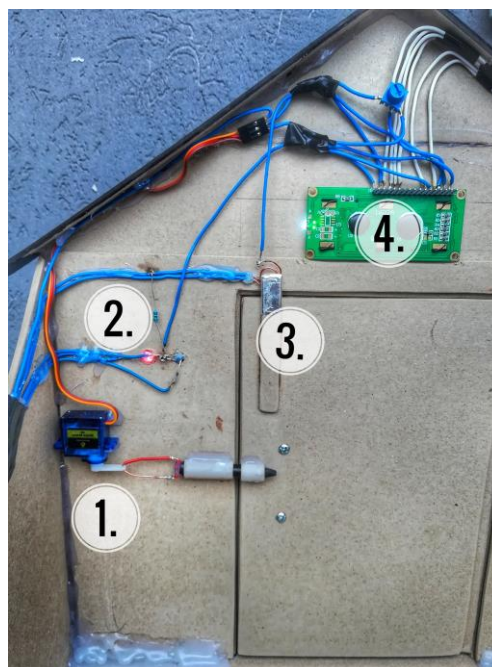
Na slici 7. su prikazane funkcije za slanje GET i POST zahteva. „client“ predstavlja objekat klase EthernetClient koji je inicijalizovan u funkciji „setup()“. Ova klasa se nalazi u biblioteci <Ethernet.h>.

```
void SkiniPodatke()
{
    client.println("GET /arduinoapi.php HTTP/1.1");
    client.println("Host: 192.168.8.100");
    client.println();
}

void PosaljiPodatke()
{
    String data ="status=locked";
    client.println("POST /arduinoapi.php HTTP/1.1");
    client.println("Host: 192.168.8.100");
    client.println("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded");
    client.println("Connection:close");
    client.print("Content-Length:");
    client.println(data.length());
    client.println();
    client.print(data);
}
```

Slika 7. Slanje HTTP zahteva.

Prilikom očitavanja podataka iz baze koji se sastoje od statusa brave i korisničkog imena, aktivira se servo motor koji pokreće mehanizam za otključavanje/zaključavanje brave praćen vizuelnom i zvučnom signalizacijom (Slika 8). Mehanizam brave je realizovan jednim klinom koji prolazi kroz dve plastične cevi.



Slika 8. Unutrašnji prikaz hardverske realizacije.

Na slici 8 prikazan je unutrašnji deo makete sa navedenim komponentama:

1. Servo motor
2. LED diode (plava-otključano i crvena-zaključano)
3. Senzor statusa brave
4. LCD displej

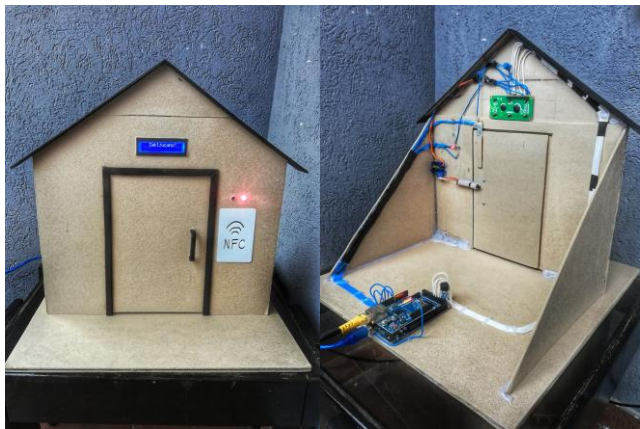
Vizuelnu signalizaciju čine dve LED diode, plava za otključanu i crvena za zaključanu bravu, kao i LCD displej 16x2 [7] na kome se nalazi korisničko ime osobe koja otključava vrata uz poruku "Dobro došli!". Ako je brava zaključana na LCD displeju je ispisana poruka "Zaključano!".

Zvučna signalizacija se sastoji od jedne zujalice koja ima dve frekvencije oglašavanja, višu prilikom otključavanja i nižu prilikom zaključavanja brave.

Senzor statusa brave služi za davanje povratnih informacija o tome da li su vrata zatvorena. Realizovan je pomoću dva bakarna provodnika, na jednom je doveden napon od 5 V, a drugi je povezan na ulazni pin mikrokontrolera. Prilikom zatvaranja vrata, aluminijumski deo prikačen na njima ostvaruje kontakt između provodnika i dovodi napon na ulazni pin.

G. Maketa

Maketa je rađena kao primer primene ovog sistema na ulaznim vratima kuće (Slika 9). Međutim, "Internet sistem otključavanja brava" ima veoma široku primenu, može se ugraditi u firmama, obrazovnim ustanovama, na ulaznim vratima stambenih zgrada i svim ostalim objektima koji koriste neku vrstu mehanizma otključavanja/zaključavanja.



Slika 9. Maketa.

Za izradu ove makete pored elektronskih komponenti i žičanih instalacija korišćen je tvrdo presovani karton koji je spajan toplim lepkom.

III. ZAKLJUČAK

Spoj hardverskih komponenti i mikrokontrolera sa softverima pisanim na visokim programskim jezicima pruža velike mogućnosti, pa se ovaj sistem može veoma lako nadograđivati dodatnim funkcionalnostima.

Internet komunikacija obezbeđuje kompatibilnost različitih uređaja kao što su PC, laptop, tablet računari ili mobilni telefoni sa mikrokontrolerom.

S obzirom da je korišćenje mobilnog telefona postalo deo svakodnevnice svih nas, "Internet sistem otključavanja brava" omogućava otključavanje većeg broja brava jednim nalogom bez nošenja dodatnih sredstava kao što su ključevi, tagovi, kartice itd. Autentifikacija je sigurnija jer svaki korisnik ima svoju šifru i korisničko ime pa je sistem zaštićen od neovlašćenog pristupa. Takođe, prednost ovog sistema se ogleda i u brzini i jednostavnosti otključavanja.

Održavanje je veoma lako, jer je potrebno imati osnovno obrazovanje za rad na računaru kako bi koristili aplikaciju za upravljanje nalogima i svim bravama u sistemu.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se našim prijateljima koji su nam ukazali na određene nepravilnosti prilikom pisanja ovog rada.

LITERATURA

- [1] Zvanični sajt XAMPP-a. [OnLine] Dostupno na: <https://www.apachefriends.org/index.html>
- [2] BOOTSTRAP forma. [OnLine] Dostupno na: <https://bootsnipp.com/tags/login/>
- [3] GET i POST zahtevi u PHP-u. [OnLine] Dostupno na: https://www.w3schools.com/tags/ref_httpmethods.asp
- [4] Upotreba NFC tehnologije. [OnLine] Dostupno na: <https://sr.wikipedia.org/wiki/NFC>
- [5] NFC čip. [OnLine] Dostupno na: <https://www.androidauthority.com/nfc-tags-explained-271872/>
- [6] Ethernet Shield W5100. [OnLine] Dostupno na: <https://www.aranacorp.com/en/connect-arduino-to-the-web-using-ethernet-shield-w5100/>
- [7] Super Learning Kit for Arduino. [OnLine] Dostupno na: [https://wiki.keyestudio.com/Ks0077\(78,_79\)_keyestudio_Super_Learning_Kit_for_Arduino](https://wiki.keyestudio.com/Ks0077(78,_79)_keyestudio_Super_Learning_Kit_for_Arduino)

Primena Arduino platforme u sistemu za otključavanje brave

Sofija Pavlović, David Nikolić, Dejan Nikolić

Sadržaj – Ovaj rad ima za cilj da predstavi sigurnosni sistem otključavanja brave. Osnovu sistema čine: Arduino Mega, senzor otiska prsta, SD modul (*Security Digital module*), servo motor, LCD (*Liquid Crystal Display*) ekran, RTC (*Real Time Clock*) i 3 tastera (*push button*). Programiranje sistema vrši se u softverskom paketu Arduino IDE (*Integrated Development Environment*).

(*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*), 16 MHz kristalni oscilator, USB konektor, konektor za napajanje, ICSP i reset taster. Arduino mega kontroler je moguće povezati na računar, preko koga se programira, putem USB Kabla. Na slici 3. prikazan je Arduino mega koji je korišćen u razvoju ovog projekta.

I. UVOD

Sistem za otključavanje funkcioniše tako što umesto običnog ključa za otključavanje brave koristi otisak prsta. Sistem ima 3 mogućnosti: dodavanje novog ključa (otiska prsta), brisanje ključa i otključavanje, koje se biraju pritiskom na određeni taster. Otisak prsta se čuva u bazi podataka na SD modulu.



Slika 1. Osnovna šema.

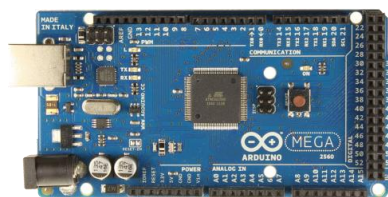
II. PRINCIP RADA

Ovaj sistem funkcioniše tako što senzor otiska prsta prikuplja informacije, čuva podatke o otisku i na osnovu obrade podataka otključava bravu. Osnovna namena sistema je sigurniji sistem otključavanja u odnosu na obično, otvaranje ključem.

A. Predstavljanje komponenata i priprema za izradu

Arduino Mega [1] predstavlja mikrokontroler baziran na ATMEGA2560. Sastoji se od 54 digitalnih ulazno/izlaznih pinova (od toga 15 pinova se koriste kao PWM (pulse-width modulation), 16 analognih, 4 UART-a

S. Pavlović učenica trećeg razreda smer elektrotehničar informacionih tehnologija, David Nikolić učenik trećeg razreda smer elektrotehničar računara u „Tehničkoj školi Zaječar“, Knežinje Ljubice 3-5, 19000 Zaječar. Email: sofijaivana03@gmail.com, dakicar323@gmail.com



Slika 2. Arduino Mega.

Na slici 3. se nalazi Arduino taster. U projektu su korišćena 3 tastera za izbor opcija.

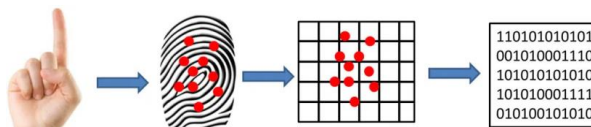


Slika 3. Taster (*Push button*).

Na slici 4. je prikazan senzor otiska prsta R305. Funkcioniše tako što korisnik prisloni svoj prst na senzor.



Slika 4. Senzor otiska prsta R305.



Slika 5. Način rada senzora otiska prsta.

Na slici 6. prikazan je SD modul [3] korišćen u projektu. Na ovom modulu se nalazi baza podataka u koju se skladište otisci prstiju.



Slika 6. SD modul.

Servo motor [4] (prikazan na slici 7). čiji se rad kontroliše zadavanjem odgovarajućih PWM signala (impulsno-širinski modulirani signali). Servo motor koristimo kao simulaciju mehanizma otključavanja i zaključavanja brave. Kada se otisak prsta unesen na senzoru poklopi sa nekim otiskom prsta iz baze sačuvanih otisaka, mikrokontroler šalje signal motoru, motor se pokreće i brava se otključava.



Slika 7. Servo motor.

Na slici 8. prikazan je LCD displej [5] sa sledećim karakteristikama: displej 2x16 karaktera, plavo pozadinsko osvetljenje i napajanjem od 5V.



Slika 8. LCD displej.

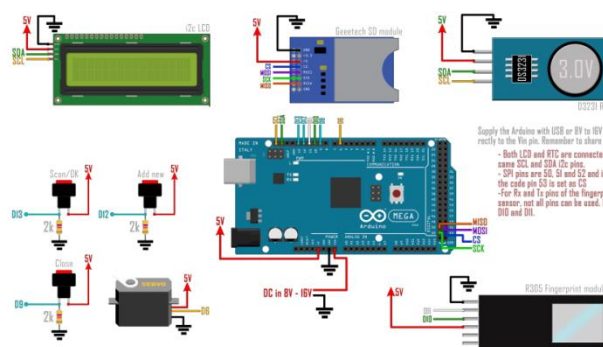
Iako Arduino ima ugrađen tajmer on zavisi od napajanja. Nakon isključenja napajanja svi tajmeri se resetuju na 0. Zato za čuvanje evidencije podataka koristimo RTC (*Real Time Clock*) DS3231 koji radi nezavisno od napajanja ploče. RTC predstavlja integrisano električno kolo koji se koristi za merenje protoka vremena i čuvanje istog.



Slika 9. RTC DS3231.

B. Izrada sistema

Povezivanje senzora sa Arduino Mega se vrši pomoću kratkospojnika. Senzor otiska prsta se povezuje tako što se jedan kraj kabla poveže sa senzorom a drugi se konektuje u Arduino mega kontroler na ulaznom portu 5V, DIO i DII. LCD i2c se na isti način konektuje na ulaznom portu 5V, SDA i SCL, SD modul na portovima 5V, CS, MDSI, SCK, MISO. Servo motor povezujemo na 5V i D6, tri tastera povezujemo na 5V, D9, D13 i D12 i real time clock RTC povezujemo na 5V, SDA i SCL.



Slika 10. Električna šema za povezivanje.

Nakon povezivanja, napisan je kod u integrisanom razvojnom okruženju Arduino IDE 1.8.13 [6] koji se preko USB kabla prebacuje u Arduino Mega mikrokontroler. Nakon pokretanja kontrolera korisnik ima 3 mogućnosti: da pokuša da otključa bravu, da unese novi otisak u bazu podataka i da izbriše otisak iz baze. Svaki otisak prsta se smatra jedinstvenim ključem. Pritiskom na jedno od tastera korisnik bira jednu od opcija. Kada korisnik izabere opciju unosa novog jedinstvenog ključa u bazu na displeju se prikazuje poruka: “Unesite lozinku”. Ako korisnik unese tačnu lozinku aktivira se senzor otiska prsta i čeka da korisnik unese svoj otisak. Nakon očitavanja, senzor proverava da li u bazi postoji već takav otisak. Ako ga nema unosi ga u bazu i dodeljuje mu redni broj - ID, a ako otisak već postoji u bazi na displeju se ispisuje ID tog jedinstvenog ključa. Pritiskom na drugi taster korisnik ima mogućnost da otključa bravu. Opet se aktivira senzor i nakon očitavanja, vrednosti prenosi mikrokontroleru koji na osnovu algoritma pretrage pronalazi jedinstveni ključ sa kojim se poklapa uneseni otisak prsta. U slučaju poklapanja na displeju se ispisuje poruka: “Otključano”,

mikrokontroler šalje signal servo motoru koji se pokreće i vrata su otključana. U suprotnom, na displeju se ispisuje poruka: "Pogrešan unos" i vrata ostaju zaključana. Ako korisnik izabere treću opciju na displeju se ispisuje poruka: "Unesite lozinku". Zatim se, pod uslovom da je lozinka tačna, ispisuje poruka: "Unesite ID". Ako ključ sa unesenim ID postoji u bazi podataka on će nakon potvrde biti izbrisan iz baze. Sve aktivnosti i vreme njihovog izvršavanja se uz pomoć RTC čuvaju u bazi podataka. Zapisuje se tačno vreme izvršenja i naziv akcije. Takođe se čuvaju otisci prstiju koji su korišćeni za neuspešno otključavanje.

III. 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, programiranja i praktičnog rada sa elektro materijalima. Ovaj projekat pruža veću sigurnost jer umesto običnog ključa koristi biometrijske podatke koji su kod svakog čoveka različiti i skoro je nemoguće kopirati nečiji otisak prsta, evidencijom sačuvanih podataka se može pronaći potencijalni provalnik (na osnovu sačuvanog otiska prsta prilikom neuspešnog otključavanja), takodje pruža brži način otključavanja vrata, kao i mogućnost za dalja istraživanja i usavršavanje Sistema.

ZAHVALNICA

Autori rada zahvaljuju se Tehničkoj školi u Zaječaru radi pružanja tehničkih i materijalnih sredstava takođe velika zahvalnost i profesorima elektro-informatičkog aktiva škole na pruženoj podršci, a posebno mentoru dip.inž.elek. Dejanu Nikoliću.

LITERATURA

- [1] Arduino Mega (<https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>), Septembar, 2020
- [2] Senzor otiska prsta, (<https://www.elprocus.com/fingerprint-sensor-working-and-applications/>), Septembar, 2020
- [3] SD modul, (<https://create.arduino.cc/projecthub/electropeak/sd-card-module-with-arduino-how-to-read-write-data-37f390>), Septembar, 2020
- [4] Servo motor, (<https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/servo/>), Septembar, 2020
- [5] LCD Displej, (<https://www.openhacks.com/uploadsproductos/eone-1602a1.pdf>), Septembar, 2020
- [6] Arduino IDE 1.8.13, (<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>), Septembar, 2020

RFID verifikacija

Stefan Bibulović

Sadržaj – Cilj ovog rada ima ulogu da pokaže, RFID verifikovanje koja okružuje svakog čoveka, bilo to beskontaktnim plaćanjem ili ulaz u zgradu pomoću priveska. Ova praktična realizacija, sastoji se od okruženja Ready for PIC [1], RDM6300 [2] i Microsoft Visual Studio 2015 [3].

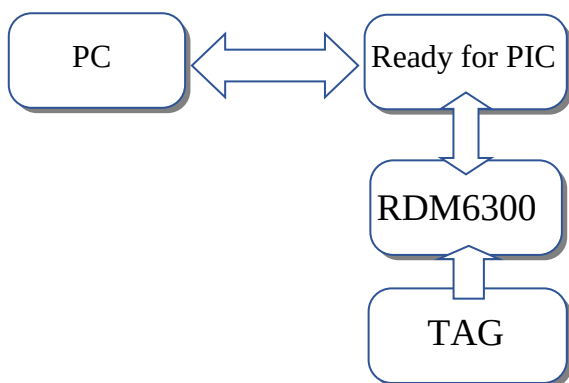
I. UVOD

U eri gde tehnologija i nauka enormno brzo napreduje javila se potreba za promenu starih sistema i postavku novih. Do nedavno proveru dolaznosti i računanje vremena provedenog na poslu, izvršavao je čovek ručnim upisivanjem i fizičkom proverom. Kasnije su uvedeni uređaji gde svaki radnik ubaci papirnu karticu kada uđe i kada izađe iz firme. Pri tome se beležilo samo vreme.

U današnje vreme primat preuzima beskontaktno plaćanje, verifikovanje, od tog trenutka svaki radnik ima svoju identifikaciju karticu kojom se prijavljuje, a koja u sebi sem dolaska sadrži kompletne podatke zaposlenog kao i određene informacije, kao što su bolovanja, kazne kao i stimulacije. Time se smanjila potreba za dodatnom radnom snagom, kao i kvalitetnija i tačnija evidencija radnika u vremenu.

II. IDEJA

Ideja projekta je da se izradi hardverski sklop za RFID čekiranje uz softver koji ima ulogu kreiranja novih pristupih tagova kao i verifikaciju, vremensko praćenje postojećih tagova u bazi.



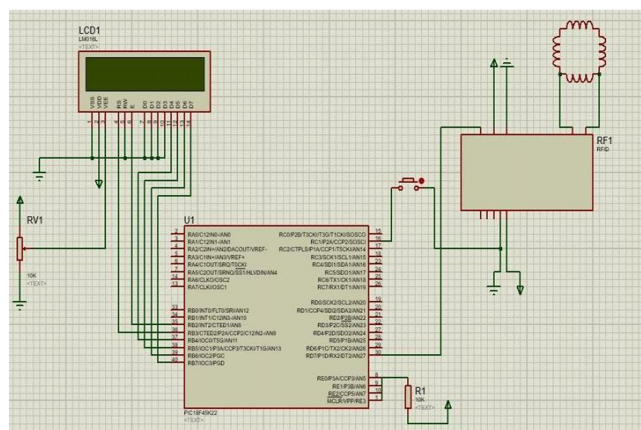
Slika 1. Blok šema sistema.

S. Bibulović, student master studija na modulu Elektronika i mikrosistemi Elektronskog fakulteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: stefan.bibulovic@gmail.com

Na slici 1 prikazan je blok dijagram samog funkcionisanja kompletnog sklopa. Prinošenjem taga modulu RDM6300 vrši se očitavanje HEX koda samog taga. Modul prenosi očitani HEX kod kao string kontrolnoj jedinici ona preusmerava podatke računaru.

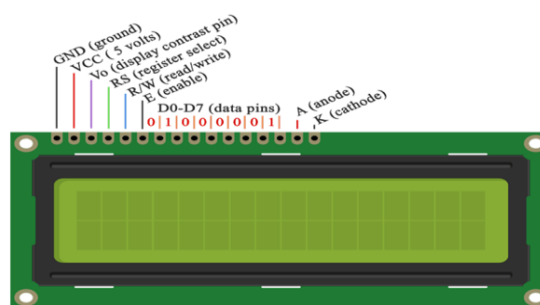
III. RAZVOJ UREĐAJA

A. Razvoj hardverskog rešenja



Slika 2. Simulacija kola u Proteusu.

Vrši se simulacija kola u Proteusu na slici 2 i simulacija provere koda koji je implementiran u mikrokontroler PIC18f45k22. Za interakciju korisnik, uređaj postavljen je display 2x16. Softver za PIC mikrokontroler pisan je u Protonu.



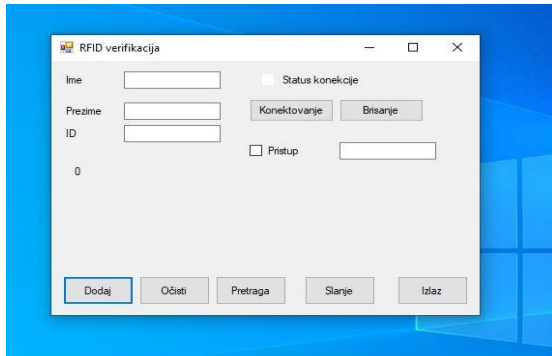
Slika 3. Raspored pinova Display-a.

Na slici 3 prikazan je raspored pinova za korišćenje display. Po šemi pin Enable sa display-a povezuje se za port RB.2 na mikrokontroleru, Reset pin na port RB.3. Transfer podataka na display vrši se sa 4 bita, to znači od

porta RB.4 do porta RB.7 na kontroleru koja se povezuju na poslednja 4 bita.

Kontroler PIC18f45k22 u sebi sadrži dva UART-a za komunikaciju. UART1 konfigurisan je da prima podatke iz RFID modula preko porta RD7 (Rx), Druga UART komunikacija (Rx, Tx) preko drajvera FTDI za USB komunikaciju vezuje se za računar

B. Softversko rešenje



Slika 4. Okruženje za komunikaciju i skladištenje podataka.

Na slici 4 prikazano je okruženje koje opslužuje gore navedeni RFID modul.

Izrada softvera odrađena je u programu Microsoft Visual Studio 2015, koja ima za cilj povezivanje sa modulom seriskim putem. Pritiskom na dugme "Konektovanje" vrši se direktno povezivanje i otvaranje komunikacione linije kontroler-računar.

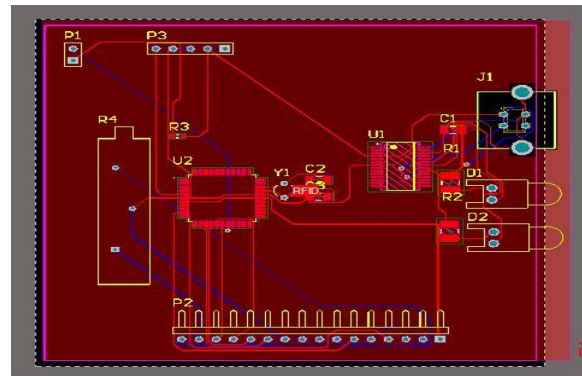
```
private SerialPort sp = new SerialPort("COM3", 9600, Parity.None, 8, StopBits.One);
```

Navedena linija koda, definiše tačne podatke na kome COM portu se nalazi priključeni uređaj, kao i takt na kom se vrši razmena podataka kako bi slanje i primanje podataka bilo sinhronizovano. U slučajevima da takt nije usaglašen kao rezultat slanja mogu se dobiti pogrešne informacije.

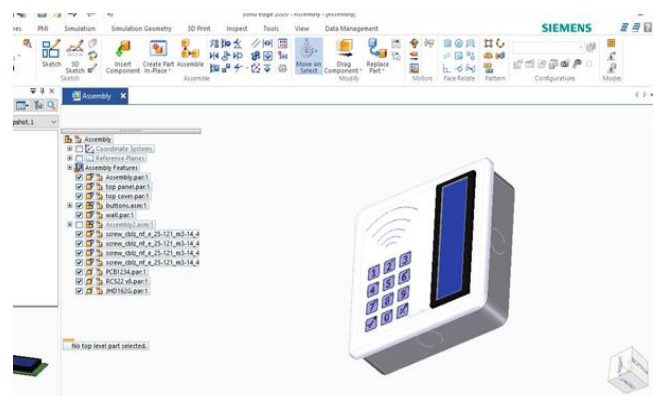
Nakon simulacije i provere funkcionalnosti hardvera u programu Altium Designer pristupa se projektovanju PCB pločice na slici 5.

Na okruženju Ready for Pic[1] kontroler PIC18f45k22 je u kućištu DIP40, u praktičnoj realizaciji korišćen je isti kontroler u SMD44.

Nakon kreiranja pločice izvršava se grafička provera kompatibilnosti celokupnog sklopa u programu SolidEdge (slika 6).



Slika 5. Kreiranje dvoslojne PCB pločice.



Slika 6. Prikaz sklopljenog uređaja u SolidEdge.

IV. ZAKLJUČAK

Ovakvi uređaji imaju široku primenu u svakodnevnom životu kao i u industriji. Ključevi od kuća zameniče se tagovima u raznim oblicima. Pristup mašinama kao i njihova upotreba može biti strogo kontrolisana.

LITERATURA

- [1] https://www.kynix.com/uploadfiles/pdf65976/PIC18F45K22-12fPT_910378.pdf
- [2] <https://forum.hobbycomponents.com/viewtopic.php?t=1570>
- [3] <https://www.microsoft.com>

Primena programabilnog logičkog kontrolera u proizvodnji hrane za životinje

Aleksandra Milovanović, Sasa Nikolić

Sadržaj – Ideja ovog rada jeste realizacija upravljačkog dela jednog složenog sistema pomoću programabilnog logičkog kontrolera. U prvom delu rada dat je istorijski pregled nastanka programabilnih logičkih kontrolera, njihova struktura, konstrukcija kao i detaljan opis softvera pomoću koga se realizuju odgovarajući upravljački algoritmi. Takođe, prikazan je način povezivanja ulaznog/izlaznog interfejsa kod programabilnog logičkog kontrolera marke OMRON. U drugom delu rada detaljno je opisan koncept proizvodnje hrane za životinje. Prikazan je kompletan proces prerade zrna pre proizvodnja krmne smeše. U poslednjem delu dat je praktični primer automatizacije proizvodne linije za proizvodnju krmnih smeša. Opisan je proces proizvodnje i dati su odgovarajući lestvičasti dijagrami u OMRON Cx-Programmer programskom paketu.

I. UVOD

Generalno, sistem upravljanja u elektrotehnici čini skup elektronskih uređaja i opreme koji obezbeđuju stabilnost, tačnost i eliminaciju štetnih prelaznih stanja u proizvodnim procesima. Sistem upravljanja može biti različitog oblika i implementacije, od energetskih postrojenja do mašina [1]. Sistemi upravljanja su se razvijali tokom vremena. U ranom periodu razvoja sami ljudi su obavljali upravljačke zadatke. Krajem šezdesetih godina XX veka sistemi upravljanja su bili zasnovani na jednostavnim logičkim algoritmima. Glavna mana relejne logike je da se pri bilo kakvoj promeni u sistemu upravljanja ona mora menjati, promenom povezivanja ili čak ubacivanjem novih sklopova. Te promene izazivale su velike troškove ne samo za opremu već i dugotrajne zastoje potrebne za modifikaciju i testiranje. Napredak tehnologije u izradi mikroprocesora, u to vreme, doveo je do revolucije u sistemima upravljanja. Pojavila se ideja o izradi elektronsko-mikroprocesorskog upravljačkog uređaja koji bi se mogao jednostavno reprogramirati u slučaju izmene u upravljačkim zadacima. Izrađeni su i prvi takvi uređaji, koji su dobili naziv *programabilni logički kontroleri* (eng. *programmable logic controllers*) ili skraćeno *PLC*. Dalji razvoj ovih uređaja je bio vrlo brz, pošto su pokazali izuzetne prednosti u odnosu na logiku zasnovanu na primenu releja, jer nemaju mehaničkih pokretnih delova, fleksibilniji su zbog mogućnosti programiranja, manja je moguća pojava grešaka tokom povezivanja, manjih su

dimenzija, imaju manju sopstvenu potrošnju i pouzdanost rada im je velika.

Prema standardima Udruženja proizvođača električne opreme programabilni logički kontroler definisan je kao: “Digitalni na primeni relejne logike, zasnovane na relativno elektronskom uređaju koji koristi programabilnu memoriju za pamćenje naredbi kojima se zahteva izvođenje specifičnih funkcija, kao što su logičke funkcije, sekvenciranje, prebrojavanje, merenje vremena, izračunavanje, u cilju upravljanja različitim mašinama i procesima”.

II. PROGRAMABILNI LOGIČKI KONTROLERI

PLC kontroler je elemenat automatizovanog sistema, koji na osnovu prihvaćenih ulaznih signala sa ulaznih uređaja, po određenom programu, formira izlazne signale sa kojima upravlja izlaznim uređajima [1-5]. U automatizovanom sistemu, *PLC* kontroler je obično centar upravljanja. Izvršavanjem programa smeštenog u programskoj memoriji, *PLC* neprekidno posmatra stanje sistema preko ulaznih uređaja. Na osnovu logike implementirane u program *PLC-a* određuje se koje akcije treba da budu izvršene na izlaznim uređajima. Za upravljanje složenim procesima moguće je povezati više *PLC* kontrolera među sobom ili sa centralnim računarom.

Iako su elektromehanički releji pouzdana kola, kombinovanje više stotina releja u složenu električnu mrežu dovodi do sledećih problema:

- Fizičke dimenzije kabineta za smeštanje relejne logike
- Ukupna cena releja, žica i konektora, kao i cena njihove ugradnje i povezivanja
- Pouzdanost celokupnog sistema
- Otežano pronalaženje i otklanjanje kvarova i grešaka

Dodatno, svaka promena u logici upravljanja postrojenjem zahteva novi fizički raspored i novo povezivanje releja, a za sve to vreme postrojenje mora biti zaustavljeno. Takođe, releji su mehaničke komponente koje su, s obzirom da imaju pokretne delove, sklone habanju i vremenom spontano otkazuju. Dijagnosticiranje otkaza i otklanjanje kvarova je naročito teško u sistemima sa velikim brojem releja, veza i konektora, kakvi su tipični upravljački sistemi. Naravno, za vreme dok traje otklanjanje kvara ili zamena pohabanih releja, proizvodni proces mora biti prekinut.

A. Milovanović i S. Nikolić su sa katedre za Automatiku, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mails: milovanovic.aleksandra152@gmail.com, sasa.s.nikolic@elfak.ni.ac.rs

PLC kontroleri su razvijeni sa ciljem da se prevaziđu mnogi problemi koji su karakteristični za upravljačke sisteme zasnovane na elektromehaničkim relejima. Sa padom cene PLC kontrolera, uz istovremeno povećanje njihove funkcionalnosti i pouzdanosti, PLC kontroleri su danas u širokoj primeni. U odnosu na relejnu tehniku, prednosti PLC kontrolera su:

- Kompaktniji
- Jeftiniji, za najveći broj primena
- Pouzdaniji
- Omogućavaju lakše pronalaženje kvarova i održavanje sistema
- Omogućavaju laku promenu logike upravljanja.

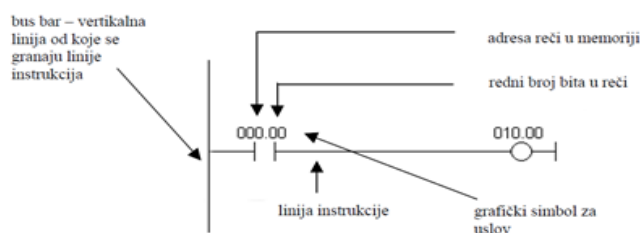
Međutim, i pored svih navedenih prednosti, ključ uspeha PLC kontrolera ipak leži u načinu njihovog programiranja. Za programiranje PLC kontrolera koristi se jezik lestvičastih logičkih dijagrama (ili leder dijagrama - *ladder diagram*), koji je već dugi niz godina u upotrebi u industriji pri projektovanju logičkih i sekvencijalnih relejnih uređaja. Ovaj jezik koristi grafičku notaciju koja je po vizuelnom izgledu i logici rada slična dijagramima električnih šema i zbog toga je lako razumljiv industrijskim inženjerima. Drugim rečima, industrijski inženjeri ne moraju biti eksperti za programiranje da bi u svojim sistemima koristili PLC kontrolere.

Program leder dijagrama se tipično razvija na PC računaru uz pomoć specijalizovanih softvera sa intuitivnim grafičkim interfejsom koji, dodatno, omogućavaju proveru i testiranje leder programa. Leder dijagram se upisuje u PLC kontroler uz pomoć programatora, a sam proces upisa ne traje duže od nekoliko minuta. Mogućnost brzog reprogramiranja je bitna jer proizvodni proces, uz minimalni zastoj, može biti lako prilagođen novim zahtevima.

Prvi PLC kontroleri su bili jednostavni uređaji za on/off upravljanje i koristili su se za zamenu zastarele relejne tehnike. Međutim, takvi PLC kontroleri nisu mogli obezbediti složenije upravljanje, kao što je upravljanje temperaturom, pritiskom, pozicijom. U međuvremenu, proizvođači PLC kontrolera razvili su i ugradili u PLC kontrolere brojna poboljšanja i funkcionalna unapređenja. Savremeni PLC kontroleri imaju mogućnost obavljanja izuzetno složenih zadataka kako što je upravljanje preciznim pozicioniranjem i upravljanje složenim tehnološkim procesima. Takođe, brzina rada PLC kontrolera je značajno povećana, kao i lakoća programiranja. Razvijeni su brojni moduli specijalne namene za primene kao što je radio komunikacija, vizija ili čak prepoznavanje govornih komandi.

Proizvođači PLC-a uz njih isporučuju namenske programske jezike, koji su manje više u skladu sa standardom IEC61131-1 (IEC=International Electrotechnical Commission) [1, 3]. Potom standardni programski jezici za kodiranje dele se na tekstualne i grafičke. Tekstualni programski jezici su IL-InstructionList (klasa asemblerskih jezika) i ST-StructuredText (klasa

proceduralnih jezika). Grafički programski jezici su LD - LadderDiagram (lestvičast dijagram) i FBD-Function Block Diagram (funkcionalni blok dijagram). Neki proizvođači nude i mogućnost programiranja pomoću BASIC i C programskih jezika, ali ti jezici nemaju širu zastupljenost. Na sledećoj slici je dat primer bus-bar linije.



Slika 1. Primer bus-bar linije.

Najčešće upotrebljavan PLC programski jezik je kontakti lestvičast dijagram. Ovaj način programiranja ima za osnovu relejnu upravljačku šemu, odnosno njen grafički izgled, prilagođen principima rada PLC kontrolera. Korišćen je već kod prvih primena PLC-a, kako bi korisnici navikli za izradu šema u relejnoj tehnici, bezbolno prešli na primenu PLC-a. Kako je ovaj grafički način programiranja lako shvatljiv i onima koji se nisu bavili relejnim upravljanjem, on se široko odomaćio.

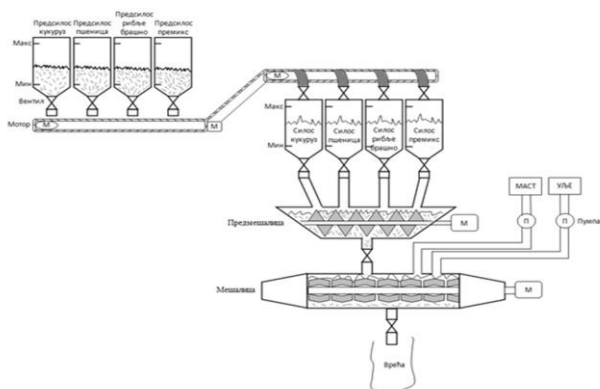
III. HRANA ZA ŽIVOTINJE

Sticanjem znanja, iskustva i školovanjem specijalista, postalo je jasno da pitanje proizvodnje hrane za životinje ne može uspešno da rešava nekoliko priučenih radnika sa opštim agronomskim znanjem [6]. Ubrzani razvoj i povećanje kapaciteta farmi životinja učinili su proizvodnju hrane za životinje velikim troškom. Nametnula se potreba za izgradnjom specijalizovanih industrijskih preduzeća, koja će biti opremljena savremenom tehnikom, upošljena specijalistima, laboratorijama i eksperimentalnim farmama i povezani sa univerzitetima i naučno-istraživačkim institutima. Sa ovakvom proizvodnjom hrane vršiće se uticaj ne samo na proizvodnju na farmama već još vise na proizvodnju na malim privatnim gazdinstvima. Industrija stočne hrane se manifestuje između ratarske i stočarske proizvodnje povećavajući efikasnost obe grane, ali i ekstraktivnih industrija koristeći njene sporedne proizvode.

Tehnologija krmnih smeša predstavlja danas integralni i kontinuirani proces koji obuhvata operacije: čišćenja, sušenja, prekrupljivanja ili mlevenja, doziranja komponenata, peletiranje krmnih smeša, uvrećavanje, signiranje, kontrolu kvaliteta i otpremu proizvoda. Mada su sve ove operacije u industriji međusobno povezane, efikasnost hraniva u finalnim krmnim smešama, najviše zavisi od tri bazične operacije: usitnjavanja ili mlevenja, mešanja prekrupce i hraniva sa potrebnim dodacima i izradu granula ili peleta. Mlevenje i krupljenje zrnastih hraniva, do poželjne veličine čestica izvodi se iz tri glavna razloga:

- 1) otvaranje zrna i kidanja ćelijskog integriteta da bi se povećala površina čestica za izlaganje faktorima varenja i postizanja veće svarljivosti,
- 2) olakšanja celokupne manipulacije u procesu pripremanja smeša,
- 3) omogućavanja propisanog mešanja kukuruzne ili žitne prekrupe sa potrebnim dodacima različitih fizičkih karakteristika.

Kako je udeo žitne prekrupe, posebno kukuruza, u smešama koje izrađuje naša industrija izrazito dominantan (50 do 85%), to njegove fizičke karakteristike kao što su: vlaga, tvrdoća, homogenost dimenzija, oblik, veličina, specifična težina, lepljivost i higroskopsnost čestica od značaja su za propisno mlevenje, a dobijena prekrupa za kvalitet smeša. Na narednoj slici vidi se jedan primer proizvodnje stočne hrane.



Slika 2. Prikaz primera proizvodnje stočne hrane.

IV. UPRAVLJAČKI ALGORITAM

Korisnički panel se sastoji iz tri prekidača i određenog broja tastera [6]. Režim rada može biti automatski i ručni, što je realizovano prekidačima. Sistem je moguće zaustaviti pomoću tastera dostupnog na panelu. Ukoliko je odabran ručni režim rada, korisnik ima mogućnost direktnog upravljanja ventilima i motorima. Po pokretanju automatskog režima stanja sistema se ponavljaju po unapred definisanom redosledu, odnosno po ispunjavanju određenih uslova.

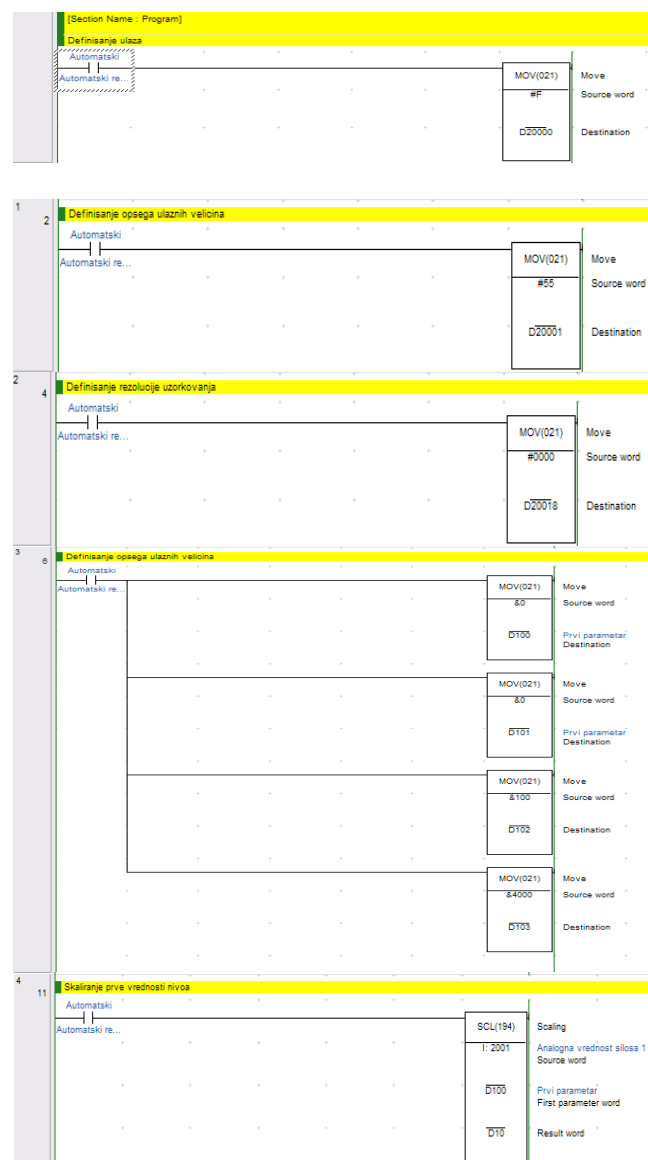
Konfiguracija sistema zasnovana je na Omron PLC kontroleru CJ1M koji je dopunjen ulazno-izlaznim modulima i analognim modulom.

TABELA I - PREGLED KORIŠĆENIH PROMENLJIVIH

Naziv	Adresa	Komentar
Automatski	2960.00	Automatski režim rada
Drugi_program	2960.03	Drugi program rada
Elevator	0.05	Motor elevator
Izlaz_mesalice	2961.04	Ventil mešalice
Motor_mesalice_1	0.11	Motor prve mešalice
Motor_mesalice_1_u	2960.04	Ručno upravljanje prvom mešalicom
Motor_mesalice_2	0.14	Motor druge mešalice

Motor_mesalice_2_u	2960.05	Ručno upravljanje drugom mešalicom
Pumpa_mast	0.12	Pumpa za mast
Pumpa_ulje	0.13	Pumpa za ulje
Punjenje	2961.05	Ventil za punjenje vreća
Rucno	2960.01	Ručni režim rada
Traka_1	0.04	Motor prve pokretne trake
Traka_2	0.06	Motor druge pokretne trake
Ventil_pedsilos_1	0.00	Ventil prvog pedsilosa
Ventil_pedsilos_2	0.01	Ventil drugog pedsilosa
Ventil_pedsilos_3	0.02	Ventil trećeg pedsilosa
Ventil_pedsilos_4	0.033	Ventil četvrtog pedsilosa
Ventil_silos_1	2961.00	Napojni ventil za prvi silos
Ventil_silos_1_1	0.07	Izlazni ventil prvog silosa
Ventil_silos_1_u	2960.06	Ručno upravljanje ventilom prvog silosa
Ventil_silos_2	2961.01	Napojni ventil za drugi silos

Zbog obimnosti rada dat je samo deo leder dijagrama.



V. ZAKLJUČAK

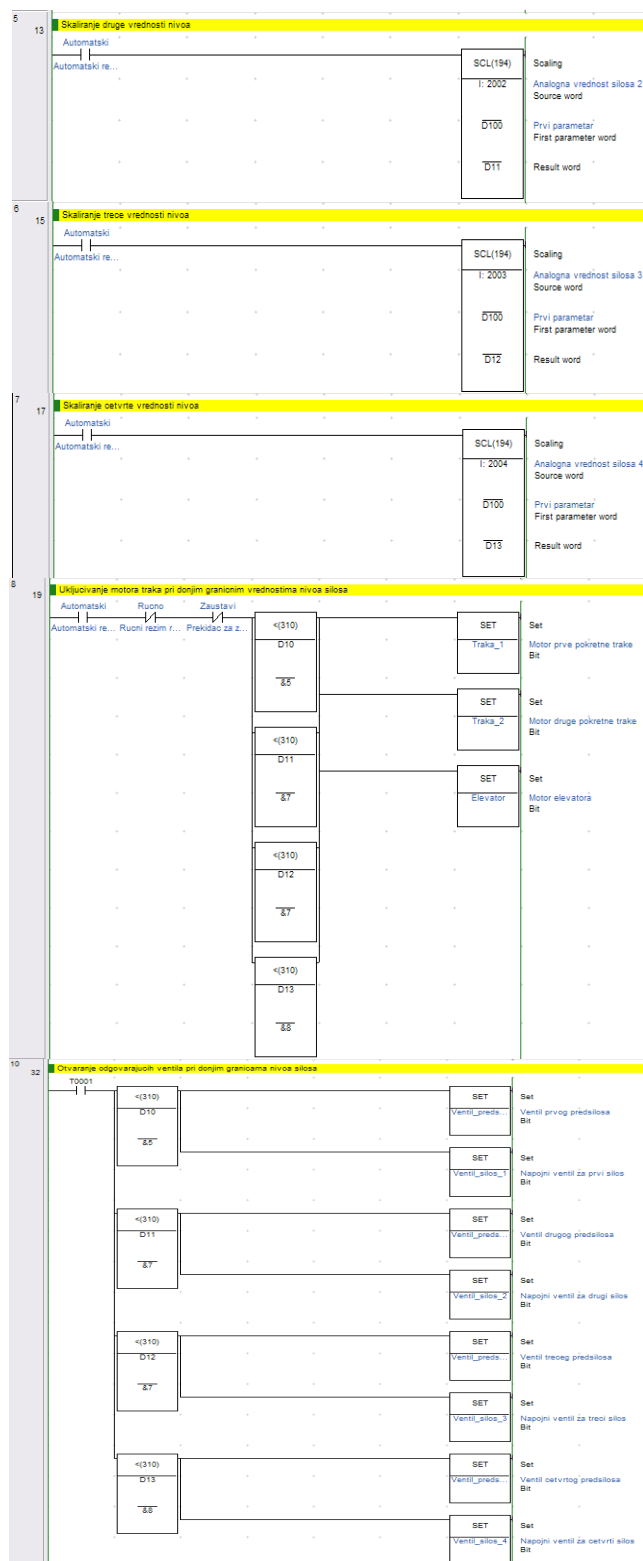
U današnje vreme nezamislivo je funkcionisanje nekog složenog industrijskog procesa bez primene automatskog upravljanja. Nagli tehnološki razvoj u poslednjih nekoliko decenija doprineo je razvoju i modernizaciji sistema za automatizaciju, a samim tim doneo je i nove izazove sa kojima su inženjeri suočeni prilikom projektovanja i realizacije automatizovanih sistema upravljanja.

U ovom radu detaljno je opisan složeni tehnološki proces proizvodnje hrane za životinje. Takođe, urađen je kompletan deo upravljanja ovim složenim sistemom uz pomoć programabilnog logičkog kontrolera. Uvođenjem centralnog sistema upravljanja, omogućio se visok stepen automatizacije pojedinih delova i postrojenja u celini, kao i nadzor kompletnog procesa i opreme.

Veoma je važno napomenuti, da implementiran PLC sistem je fleksibilan i primenljiv u ostalim granama industrije. Karakteriše ga i relativno niska cena, u odnosu na benefite koje nudi, uz optimalnu potrošnju energije i postizanje maksimalnih performansi sistema.

LITERATURA

- [1] Aleksandra Milovanović, "Primena programabilnih logičkih kontrolera u automatizaciji pokretnih traka", Završni rad, Elektronski fakultet u Nišu, 2017.
- [2] Vera Petrović, "Upravljanje u realnom vremenu", Priručnik za laboratorijske vežbe, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija Beograd, 2013.
- [3] Aleksandar Potić, "Primena programabilnog logičkog kontrolera OMRON u sistemu za distribuciju i sortiranje", Završni rad, Elektronski fakultet u Nišu, 2016.
- [4] Zoltan Jegeš, Milan Adžić, Robert Marton, Upravljanje primenom PLC uređaja, Viša tehnička škola, Subotica, 2005.
- [5] http://www.mikroknjiga.rs/Knjige/PLC/01_PLC.pdf (pristupljeno 20. februara 2019.)
- [6] Aleksandra Milovanović, "Primena programabilnog logičkog kontrolera u proizvodnji hrane za životinje", Master rad, Elektronski fakultet u Nišu, 2019.



Slika 3. Deo lestvičastog dijagrama upravljačkog algoritma.

Realization of H-bridge Gate driver with an External high-side MOSFET board using Altium Designer

Mihajlo Đorđević

Abstract – In this manuscript for the IEEEESTEC Student's papers Conference, two printed circuit boards were designed using the Altium Designer tool [1], which are parts of the H-bridge MOSFET gate driver system. The first board represents the driver itself, which houses the main component MC33883 [2], H-bridge gate driver (also known as a full-bridge pre-driver) integrated circuit with an integrated charge pump and independent high and low side gate driver channels. The gate driver channels are independently controlled by four separate input pins, thus allowing the device to be optionally configured as two independent high side and two independent low side gate drivers. The next part of this system is the board with the external MOSFETs that this driver will run, with the possibility of connecting a DC motor on its output terminal. The project itself is in a further stage of development, so in this paper, only the design of this entire system with schematics, 2D, and 3D views of printed circuit boards is presented.

I. INTRODUCTION

DC motor control in both directions requires a device called a driver in the H-bridge configuration. This device is a power switch that is most often derived with PWM (Pulse Width Modulation) control. The standard H-bridge design always contains transistors in its configuration. The idea of this project is to design a special PCB board that will carry an H-bridge driver that will drive external MOSFET transistors with its control signals. These transistors will be located on a separate board that will have an output terminal to which a DC motor can be connected and run. The idea of this project is presented in Figure 1.

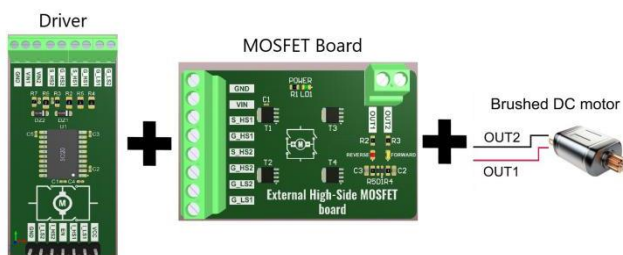


Fig. 1. H-bridge gate driver with an external high-side MOSFET board.

M. Đorđević is with the Department of Microelectronics, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: mihajlo628@hotmail.com

Let's start with how the H-bridge actually works. The name of this device, the H-bridge, is derived from its standard schematic layout in which the switching transistors and the motor form the letter H. Figure 2 shows the different operating modes that the H-bridge supports. Based on its configuration, we can see two sides or two half-bridges. The left side of the bridge consists of transistors Q1 and Q2, while the right side consists of transistors Q3 and Q4. Each of these half-bridges can supply power to the motor pin to which it is attached or connect it to the ground. For example, when Q1 is active and Q2 is inactive, the left pin of the motor will be at the power potential. If we also take Q4 active and Q3 inactive, connect the second pin to the ground, thereby closing the circuit the current will flow as shown by the arrow in the first configuration picture. In this way, we achieved engine rotation forward. In contrast, the bridge can also be configured in reverse mode. The forward and reverse modes hold one side of the bridge at the power potential and the other at ground potential.

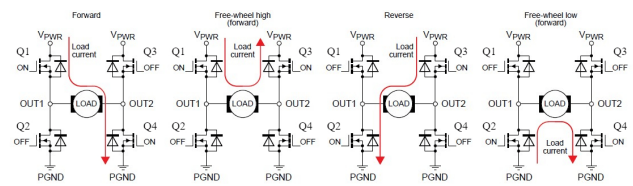


Fig. 2. H-bridge modes of operation.

Second mode on the Figure 2. (Free-wheel) provides a faster reduction in motor speed. When we enable Q1 and Q3 (or Q2 and Q4) we are creating a low-impedance path between the two motor terminals. This essentially shorts out the back EMF and thus allows the motor's stored energy to be dissipated much more quickly. The result is rapid deceleration, to the point that the term 'brake' is associated with slow decay mode.

In a bridge, you should never ever close both Q1 and Q2 (or Q3 and Q4) at the same time. This can create a really low-resistance path between power and GND, effectively short-circuiting power supply. This condition is called 'shoot-through' and is an almost guaranteed way to quickly destroy your bridge or something else in your circuit.

After a clear explanation of what the basis on which this project works is, it is time to return to the topic of this project, analyze each part, and explain what was done and how.

II. SCHEMATIC DIAGRAM AND DESIGN OF THE H-BRIDGE DRIVER PCB

The MC33883 is a H-Bridge gate driver with an integrated charge pump and independent high and low side gate drive channels. The gate driver channels are independently controlled by four separate input pins, allowing the device to be optionally configured as two independent high side gate drivers and two independent low side gate drivers (the low side channels are referenced to ground, while the high side channels are floating). The gate driver outputs can source and sink up to 1.0 A peak current pulses allowing large gate-charge MOSFETs to be driven and supports high PWM frequency. This integrated circuit is powered by SMARTMOS technology and has two supply voltages that can be applied on terminal sockets labeled as VIN1 and VIN2 (VIN1 operating voltage range from 5.5 V up to 55 V, and VIN2 operating range from 5.5 V up to 28 V). Figure 3 shows the schematic diagram of the MC33883 H-bridge gate driver.

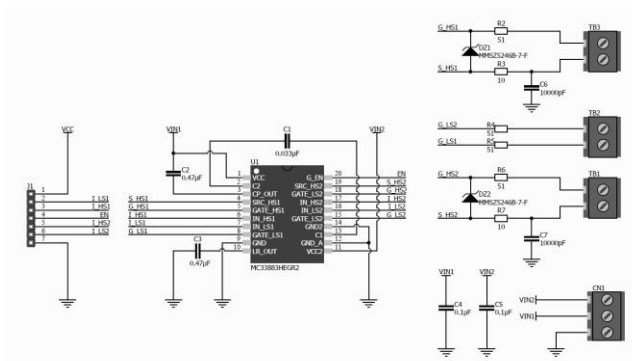


Fig. 3. Schematic diagram of the MC33883 H-bridge gate driver.

J1 is a 7-pin header that controls this board and is designed to connect the MC33883 and the microcontroller. It contains 5 control signals, as well as a ground pin and a logic supply voltage. The IN_HSx and IN_LSx pins represent input control pins used to control the gate outputs. These pins are 5.0 V CMOS-compatible inputs. IN_HSx and IN_LSx independently control GATE_HSx and GATE_LSx pins on MC33883, respectively. The EN pin is used to place the device in a Sleep Mode. When the EN pin voltage is in a logic LOW state, the device is in Sleep Mode. The device is enabled and fully operational when the EN pin voltage is logic HIGH, typically 5.0 V.

The most important pins of the MC33883 driver are 4 gate pins, 2 for the high state, and 2 for the low, as well as 2 source pins. The GATE_HSx and GATE_LSx pins are the gates of the external high and low-side MOSFETs. The external high and low-side MOSFETs are controlled using the IN_HSx and IN_LSx inputs. The S_HSx pins are controlled using the IN_HSx inputs and serve to connect with the sources of the external high-side MOSFETs. These pins are routed to the output terminals of the MC33883 PCB

and additionally marked to avoid the error when connecting to external MOSFETs.

The VIN1 and VIN2 pins are the power supply inputs to the device. VIN1 is used for the output high-side drivers and the charge pump, while the VIN2 is used for the linear regulation. They can be connected together or independent with different voltage values where VIN1 goes up to 55 V and VIN2 up to 28 V. Both supply pins have undervoltage and overvoltage shutdown. If one of the supply voltage drops below the undervoltage threshold or rises above the overvoltage threshold, the gate outputs are switched LOW in order to switch off the external MOSFETs. When the supply returns to a level that is above the undervoltage threshold or below the overvoltage threshold, the device resumes its normal operation according to the established condition of the input pins. The following images shows a 2D and 3D view of the driver PCB made in the Altium Designer tool.

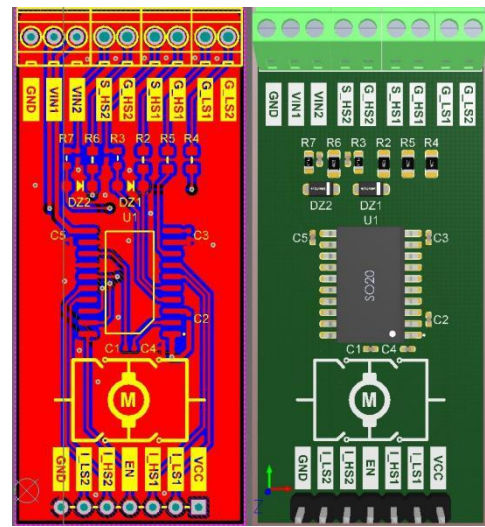


Fig. 4. 2D and 3D of H-bridge driver designed in Altium Designer.

III. SCHEMATIC DIAGRAM AND DESIGN OF THE EXTERNAL HIGH-SIDE MOSFET BOARD PCB

The next part of this project is the realization of the schematic diagram as well as the design of the printed circuit board with external MOSFETs. In this part 4 MOSFETs, the RJK0651DPB [3], with low drive current and more importantly low on-resistance are used, capable of 4.5V gate drive. The RJK0651DPB is a N-channel highly reliable and efficient low-voltage power MOSFET that support advanced power-management designs. The control signals from the driver board are fed to the marked locations of the input terminals of this board and thus control the MOSFETs. This board has one green diode labeled as POWER that serves as a Power LED indicator, which indicates when the board is ON and in operation. It also has a power supply terminal, the same values as the VIN1 power supply at the driver board, which is used to supply the MOSFETs. An

additional part on this board is the Schottky Barrier diode, RB480KTL [4], to which ends are attached LED diodes that indicates the direction of motor rotation. Yellow LED indicates when output is driving motor in the forward direction, while the red LED indicates when output is driving motor in the reverse direction. External MOSFET board has the following output signals labeled as OUT1 and OUT2 that are used to drive a load, such as a brushed DC motor.

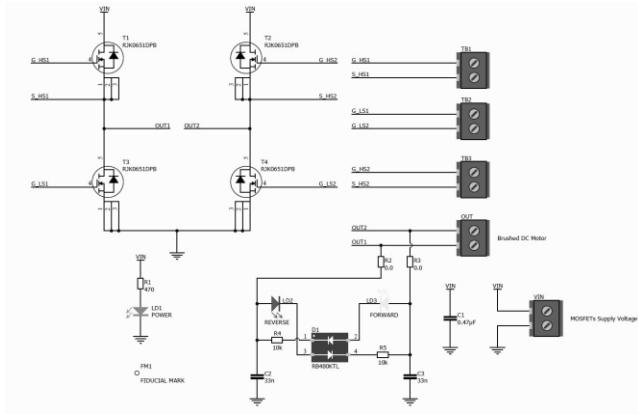


Fig. 5. Schematic diagram of the external high-side MOSFET board.

The following images shows a 2D and 3D view of the external high-side MOSFET board PCB made in the Altium Designer tool.

IV. CONCLUSION

An H-bridge is a circuit that allows a voltage to be applied across a load in either direction. They are commonly used for controlling DC motor in moving parts of robots. The advantage of using a DC motor is that we can reverse the polarity of the applied voltage across the load without modifying the circuit. Also, very high efficiency, low loss, and the possibility to be applied in small places represent some other advantages of H-bridge configuration. In summary, the H-bridge driver integrated circuit provides a monolithic solution to the control and output functions required to control the direction and speed of DC brush motors.

What I would like to emphasize once again is that this whole project is in a further phase of development and in order to complete it, it is necessary to make these printed circuit boards, and do a test example.

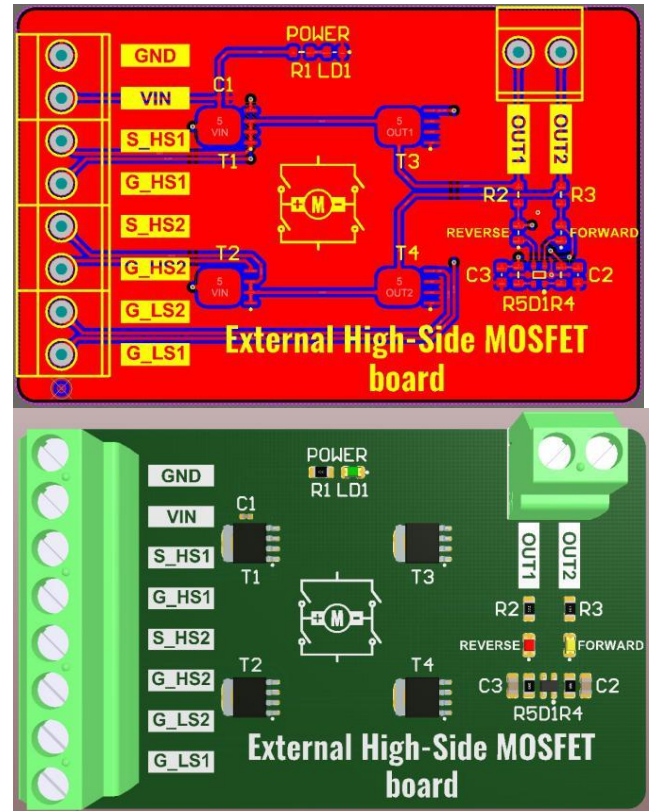


Fig. 6. 2D and 3D of H-bridge external high-side MOSFET board designed in Altium Designer.

REFERENCES

- [1] Altium Designer. Available at: <https://www.altium.com/altium-designer/>
- [2] MC33883. Available at: <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MC33883.pdf>
- [3] RJK0651DPB. Available at: https://www.renesas.com/us/en/doc/products/transistor/001/r07ds0076ej0200_rjk0651dpb.pdf
- [4] RB480KTL. Available at: http://rohmfs.rohm.com/en/products/databook/datasheet/discrete/diode/schottky_barrier/rb480ktl-e.pdf

Software Solution for Finding the Longest Word in English Language Suitable For a 7-Segment Display

Petar Randelović, Milan Danilović, Aleksa Krstić

Abstract – In this paper we present a simple software solution that searches the entire English dictionary and finds the longest words suitable for presenting on a sequence of 7-segment displays. In the first part of this paper, we give a short introduction on 7-segment displays, then we introduce and discuss our software solution for this problem.

I. INTRODUCTION

A seven-segment display is a form of electronic display device for displaying decimal numerals that is an alternative to the more complex dot matrix displays (see [2,3,4,7,9,10]). Seven-segment displays are widely used in digital clocks, electronic meters, basic calculators, and other electronic devices that display numerical information. Seven-segment displays are extremely simple electronic circuits which consists of four input leads: a BCD chip, which contains logic gates to translate the four leads into seven binary signals, or integrated circuit chip and the seven-segment display itself.

LED displays in general are extremely efficient. Diodes dissipate a very small amount of energy.

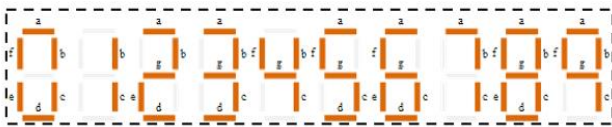


Fig. 1. 7-segment display.

There are several limitations in usage of seven-segment displays. Most seven-segment displays are limited to displaying the 16 hexadecimal characters. Some can display only the numbers 0 through 9. Integrated circuit technology can increase this somewhat, but there are still a

P. Randjelović, M. Danilović and A. Krstić are students of Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: petarrandelovic66@gmail.com

limited number of combinations for the seven segments on the display.

In this work, it was aimed to show the limitations of this component, such as displaying longest words in English language and possible letter combinations.

II. SOFTWARE SOLUTION

The idea for this work came from YouTube. After watching a YouTube video about presenting words and numbers on 7-segment displays we noticed that not all letters can be presented on a simple seven segment display. It is meant to present hexadecimal digits, and that is the main purpose of it. But what about letters and words? So we established the main question: “What would be the longest word that can be presented on such a display?”

In order to find a suitable software solution for this problem, we decided to use *Node.js* framework of the programming language JavaScript (see [1,6,11]). We created that software solution for this problem using simple functions and expressions already implemented in Node. As an asynchronous event-driven JavaScript runtime, Node.js is designed to build scalable network applications.

Node.js is similar in design to, and influenced by, systems like Ruby's Event Machine and Python's Twisted. Node.js is easy to learn and use, therefore it was used in this solution.

A. The longest word suitable for 7-segment display

Our software solution imports the entire English dictionary, loads and stores it into a variable, as a string and does a traversal through it finding the longest suitable word for a 7-segment display using the following criteria.

First, we must introduce a so-called Regular expression (regex). Regular expression is a pattern, used to match character combinations in strings. This regular expression contains all the letters that cannot be displayed on a simple 7-segment display. Upon matching our words with the formed regular expression, we compare the lengths of words fitting the criteria. The longest ones are put in a variable named ‘longestAcceptableString’ and presented with others of same length.

For 329 541 words in English dictionary (see [5,8]), the longest words that also match the criteria are presented in the following output are “chlorotrifluoroethylene” and “transubstantiationist”.

We selected, as an example, one of the resulting strings and present it in a sequence of seven-segment displays, as shown on Fig.2.



Fig. 2. Longest word shown on 7-segment display.

In next section we will show source code for this software solution.

B. Source code

In Fig.3 source code for this software solution is presented.

```
var fs = require("fs");
var englishDictionaryString =
fs.readFileSync("words.txt").toString();
allWords = englishDictionaryString.split("\n");

var forbiddenLetters = /[gkmpqvwxyz-]/;
var longestAcceptableString = "";
var longestAcceptableStringsList = "";

for(var testWord of allWords){
    if(testWord.length <= longestAcceptableString.length){
        continue;
    }
    if(testWord.match(forbiddenLetters)) { continue; }

    longestAcceptableString = testWord;
}

for(var testWord of allWords){
    if(testWord.length == longestAcceptableString.length){
        if(testWord.match(forbiddenLetters)) { continue; }

        longestAcceptableStringsList += testWord + "\n";
    }
}

console.log("Longest acceptable words found contain "
+ (longestAcceptableString.length-1) + " characters.\n");
console.log(longestAcceptableStringsList);
```

Fig. 3. Source code for software solution.

For solving this problem, we used Node.js, a framework of a programming language called JavaScript. As it is shown on Fig 3, we used variable *fs* (filestream), for loading a file into a string. Our solution also use *englishDictionaryString*, that contains the whole English dictionary as one long string.

Variable *allWords* that contains an array of substrings obtained from *englishDictionaryString*. There is, also, variable *forbiddenLetters* for our regular expression containing letters that are going to be matched with words.

Variable *longestAcceptableString* that holds the first string that meets all the criteria. Variable *longestAcceptableStringList* holds all strings of same length meeting the criteria. Variable *testWord* serves as an auxiliary variable in the loop.

Names of variables are chosen so they are obvious and easy for understanding.

Using the *require()* method, we are calling upon a file system module that allows working with the file system on your computer (text file containing the entire English dictionary, line 1). It is loaded into a string variable upon which is split into an array of substrings on every new row ("*\n*"), using the JavaScript *split()* function (line 3). In line 5 we form a regular expression used in matching characters in our string array, as explained in previous subsection.

Upon entering the first *foreach* loop we examine every single word of the string array (using our auxiliary variable *testWord*) and match lengths and characters using a simple algorithm for finding the maximum length of a string that meets the criteria of the regular expression (lines 9-16).

In the final loop, we are implementing a traversal through the string array once more in order to find all other words that have the same length as our *longestAcceptableString* and also meet the criteria of the regex (lines 18-25), after which they are all presented in the console output (line 29).

In next section, we present results that we got with our software solution.

III. RESULTS AND CONCLUSIONS

Full english dictionary contains 329541 words. We have it on our external file found in a git repository with the link [12]. This text file is streamed into a string variable, after which is split into substrings due to easier traversal. Overall time, needed to execute this software, and obtain results is shown in Fig 4.

```
Execution time: 138ms
Execution time (hr): 0s 137.721801ms
```

Fig. 4. Overall execution time.

We started our software and we get results, shown on Fig.5.

```
Longest acceptable words found contain 23 characters.

chlorotrifluoroethylene
transubstantiatinalist
```

Fig. 5 Results.

So there are two results, two longest words, appropriate for showing on a 7-segment display.

ACKNOWLEDGEMENT

Authors would like to thank to professor Branislav Randelović for all suggestions and continues support in work and in research.

REFERENCES

- [1] S. Artzi, J. Dolby, S. H. Jensen, A. Møller, and F. Tip. A Framework for Automated Testing of JavaScript Web Applications. In Proc. 33rd International Conference on Software Engineering (ICSE) (2011), pp. 571-580.
- [2] N. Cameron, 4-Digit 7-Segment Display. In: Arduino Applied. Apress, Berkeley, CA. (2019).
- [3] R. P. Ghugardare, S. P. Narote, P. Mukherji and P. M. Kulkarni, "Optical character recognition system for seven segment display images of measuring instruments," *TENCON 2009 - 2009 IEEE Region 10 Conference*, Singapore, 2009, pp. 1-6.
- [4] M. M. Islam, M. K. Hossain, K. S. Hasan and A. L. Haque, "A 7-segment display for Bangla, english and other Indian numerals," *2008 International Conference on Electrical and Computer Engineering*, Dhaka, 2008, pp. 631-635.
- [5] H. Kozima, T. Furugori, Similarity Between Words Computer by Spreading Activation on English Dictionary, Proceedings of EACL-93 (1993), pp. 232-239.
- [6] M. Madsen, F. Tip, O. Lhotak, Static Analysis of Event-driven Node.js Javascript Applications. SIGPLAN Not. 50, 10 (2015), pp. 505-519.
- [7] N. Radha and M. Maheswari, An Efficient Implementation of BCD to Seven Segment Decoder using MGDI, *2nd International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, Palladam, India, 2018, pp. 475-479.
- [8] L. Rotschild, The Distribution of English Dictionary Word Lengths, *Journal of Statistical Planning and Interference*, Vol 14 (2-3), (1986), pp 311-322.
- [9] T. Storm, Advantages and Disadvantages of 7=Segment displays, general use:
<https://www.techwalla.com/articles/advantages-disadvantages-of-7-segment-led-display>
- [10] About Node, JavaScript's framework:
<https://nodejs.org/en/about/>
- [11] Virtual 7-Segment Display used in presentation of results:
<http://www.uize.com/examples/seven-segment-display.html>
- [12] Git repository with a full English dictionary labeled as "words.txt": <https://github.com/PetarRandjelovic66/7-dig-display-proj/tree/master/VS%20Programme>

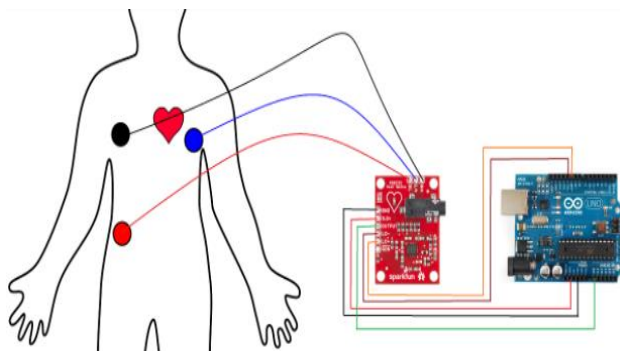
Primena Arduino platforme za merenje pulsa

Lazar Kovačević

Sadržaj – U ovom radu predstavljeno je korišćenje arduino platforme u sklopu uređaja za merenje pulsa. Osnovu sistema čine: Arduino Uno [1] i USB kabl, AD8232 EKG senzor [2], tri EKG elektrode, EKG konektor – 3.5mm, DATA kabl, protoploča i malo više kratko spojnika. Programiranje sistema vrši se u softverskom sistemu ArduinoIDE [3].

I. UVOD

Bolesti srca postale su veliki problem kod ljudi. Istraživanje Svetske zdravstvene organizacije takođe pokazuje da je veliki procenat ljudi koji su imali problema sa srčanim bolestima i preminulo. Stoga se bolesti srca trebaju ozbiljno shvatiti. Znamo da se analizom i praćenjem EKG signala srca bolesti mogu sprečiti u početnoj fazi. Samim tim većina zdravstvene opreme dizajnirano je da prate tok i razvoj bolesti. Osnovna šema sistema za praćenje mernog pulsa prikazana je na slici 1. Krajni rezultat rada merača pulsa prikazan je na slici 2.



Slika 1. Osnovna šema.

II. PRINCIP RADA MERAČA IMPULSA

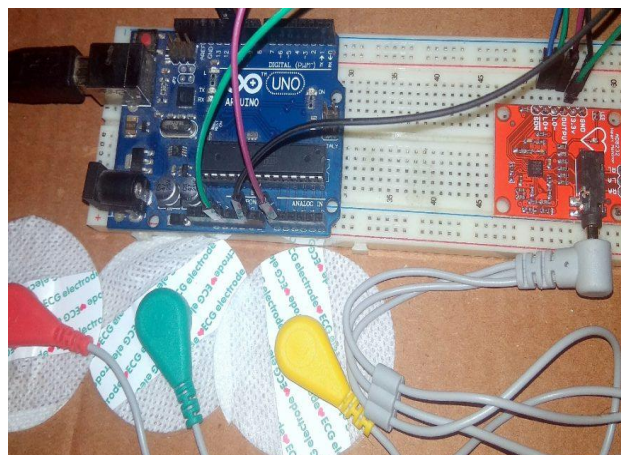
Nakon obrade prikupljenih informacija, rezultat prikazuje na ekranu u vidu EKG signala na slici 3.

A. Predstavljanje komponenata priprema za izradu

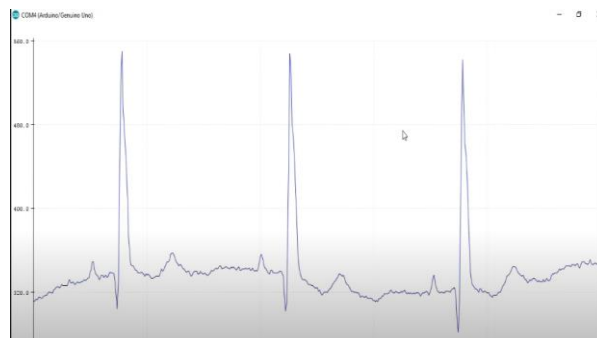
Arduino Uno je platforma otvorenog koda. Hardver se sastoji od jednostavnog otvorenog hardverskog dizajna Arduino ploče sa Atmel AVR procesorom i pratećim ulazno-izlaznim elementima, tačnije, na sebi poseduje mikrokontroler. Softver se sastoji od razvojnog okruženja koje čine standardni kompajler i bootloader koji se nalazi na samoj ploči.

L. Kovačević, učenik četvrtne godine smer: Elektrotehničar računara – ogled u „Tehničkoj školi Zaječar“, Knjeginje Ljubice 3-5, 19000 Zaječar, e-mail: lakica.lazar3@yahoo.com

Arduino ploču čine 8-bitni Atmel AVR mikrokontroler sa pripadajućim komponentama koje omogućavaju programiranje i povezivanje sa drugom elektronikom. Na slici 4 prikazan je Arduino Uno koji je korišćen u razvoju ovog projekta.



Slika 2. Izgled sistema.



Slika 3. EKG signal.



Slika 4. Arduino Uno.

AD8232 je integrisani blok za kondicioniranje signala za EKG i druge aplikacije za merenje biopotencijala. Dizajniran je za izdvajanje, pojačavanje i filtriranje malih biopotencijalnih signala u prisustvu bučnih uslova, poput onih stvorenih kretanjem ili daljinsko postavljanje elektroda. Ovaj dizajn omogućava analogno-digitalnom pretvaraču ultra male snage (ADC) ili ugrađenom mikrokontroleru lako dobijanje izlaznog signala. Na slici 5. prikazan je AD8232 integrisani blok.



Slika 5. AD8232 integrisani blok.

B. Izrada sistema

Povezivanje EKG senzora i Arduino Uno se vrši preko pločice. EKG senzor se povezuje tako što se pozitivan pin povezuje sa Arduinovim pinom za napajanje od 3,3V, a negativan na masu. LO- signal senzora se povezuje na Arduinov digitalni pin broj 11, a LO+ na 10. Izlazni signal povezujemo na analogni pin A2. Nakon povezivanja sistema napisan je kod u softverskom paketu, Arduino IDE. Kod se preko USB kabla učitava u Arduino Uno. Nakon pokretanja Arduina senzor prikuplja informacije sa elektroda i prikazuje EKG signal na monitoru. Kod signala pisan je u softverskom alatu Arduino IDE 1.8.12.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(10, INPUT);
  pinMode(11, INPUT);
}
```

```
void loop() {
  if ((digitalRead(10)==1) || (digitalRead(11)==1)) {
    Serial.println('!');
  }
  else{
    Serial.println(analogRead(A0));
  }
  delay(1);
}
```

III. 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. Nedostaci sistema su tačnost senzora. Unapređenja mogu da budu upotreba kvalitetnijih senzora i povezivanje Arduino platforme na mobilnu aplikaciju sa slanjem rezultata u bazu podataka.

ZAHVALNICA

Autor rada zahvaljuje se Tehničkoj školi u Zaječaru radi pružanja tehničkih i materijalnih sredstava. Takođe velika zahvalnost i profesorima elektro-informatičkog aktiva škole na pruženoj podršci, a posebno mentoru dip.inž.elek. Dejanu Nikoliću.

LITERATURA

- | | | | |
|-------------|------|---|----------|
| [1] Arduino | Uno. | Dostupno | na: |
| | | https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno | |
| [2] AD8232 | EKG | sensor. | Dostupno |
| | | | na: |
| | | https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad8232.pdf | |
| [3] Arduino | IDE | 1.8.12. | Dostupno |
| | | | na: |
| | | https://www.arduino.cc/en/Main/Software | |

Electric Vehicles as an Alternative to a Pollution

Aleksandra Stojkovska

Abstract – Electric car is a car that moves with the help of one or more electric motors, using electrical energy stored in batteries or other energy storage device. Electric motors enable instantaneous acceleration [1]. Batteries are charged via a power cord or by moving the motor. Electric cars have huge advantages over alternative cars with classic and old internal combustion engines, because of a radical reduction of air pollution and greenhouse gas emissions from the built-in energy source. This paper provides an overview of electric vehicles and highlights future strategies, as well as the benefits of using them and protecting the environment, to get an electric vehicle as an alternative to pollution.

I. INTRODUCTION

Renewable energy sources (RES), is any source of energy, that is generated in a shorter time, than it is used. There are few types of energy sources such as: Solar energy, wind energy, water (such as rivers, sea, waves), geothermal energy and biomass. The interest in energy efficiency, ecology and preservation of the environment is increasing, many analyzes and measures are being made on that topic, and all this enables rapid development in the field of electric vehicles. Opportunities for the use of renewable energy sources, apart from fossil fuels, are stability and balance of the power system and network, low noise and low maintenance costs are also visible [2].

In addition, electric vehicles are becoming more affordable and commercial and have a number of advantages over classic cars. This is due to higher energy efficiency, less pollution and due to greater economy and competitiveness. By charging them at night, they enable balancing of the load in the power system. There are no exhaust fumes, they work quietly and almost without vibration, which contributes to a significant preservation of the environment.

The basic elements of an electric car:

- electric motor
- batteries
- engine controller,

other additional parts of the electric car are:

- AC/DC converter for the gas pedal to obtain the desired speed by the driver
- contractor
- fuse or switch

- DC voltage converter for drive, usually for consumers such as (lights, direction indicator, wipers, beeps, radio, etc.) integrated into the vehicle, which are at a voltage level of 12V
- measuring instruments for vehicle management such as (indicator for remaining battery capacity, voltage, current, power, speed)
- battery charger.

Electrical energy received from the battery is converted into mechanical energy that moves the vehicle through the electric motor. Different types of motors are used in electric vehicles, together with the matching energy converter, whose role is to adjust the input voltage to the motor.

This paper provides an overview of electric vehicles and highlights future strategies, as well as the benefits of using them and protecting the environment, to get the electric vehicle as an alternative to pollution.

II. ELECTRIC VEHICLES AS AN ALTERNATIVE TO A POLLUTION

A key argument for the increased use of battery electric vehicle (BEV) is the expectation of significantly reduced carbon dioxide emissions, and thus a reduction in the impact of vehicles on climate change, compared to conventional vehicles. At the same time, there are claims that BEV may even increase carbon dioxide emissions and that is due to carbon dioxide pollution during the production of BEVs themselves and as a result of carbon dioxide emissions caused by the production of electricity with conventional technologies.

If we make a general analysis, we will conclude that electric vehicles consume significantly less energy than those vehicles that run on an internal combustion engine. The total energy consumed in electric vehicles from tank-to-wheel is three times less than in fossil-fuel vehicles of the same performance and weight. Electric vehicles generate significantly less CO₂ and other harmful emissions compared to conventional fossil fuel vehicles. If we analyze the total emission of CO₂ in the air obtained on the basis of the so-called "Well-to Wheel" fuel consumption, from the production of primary energy to the final transfer of energy to the wheels, electric vehicles emit an average of less than half CO₂ compared to conventional vehicles [1]. If we get the energy of electric vehicles from renewable sources (wind, water, sun), then electric vehicles are completely environmentally friendly and do not emit CO₂ (zero CO₂ emission). Electric cars contribute to cleaner air in cities because they do not create harmful

A. Stojkovska, Bachelor of Science in Electrical Engineering and Information Technologies, in Power Systems, currently on master studies - European University second cycle of studies at the Faculty of Economics, Study program – Business Management, E-mail: aleksandrasto10@gmail.com

pollution in the exhaust. The benefit of clean air is usually local because, depending on what source of electricity is used to charge the batteries, most of the air pollution takes place around the production plant area. The amount of carbon dioxide emissions depends on the amount of energy emitted by the energy source used to charge the vehicle, the efficiency of the same vehicle and the energy consumed during the charging process.

Electric vehicles are far quieter than vehicles with internal combustion engines. Noise reduction in urban areas provides better living and working conditions and reduces stress levels, which leads to lower health costs and increased productivity in people. The use of electric vehicles leads to a reduction of soil and water pollution, knowing the dangers of oil and gas spills as a part of conventional vehicles with internal combustion engine. The use of electric vehicles in the long run will significantly contribute to increasing competitiveness in the transport sector, especially due to significantly lower operating costs of vehicles during their lifetime.

In addition, electric vehicles have significantly fewer physical parts for maintenance, compared to conventional ones, due to which the maintenance costs are significantly lower and thus the operating costs. Charging the batteries of electric vehicles at night when the load on the power grid is significantly reduced, will result in better usage of electrical energy.

On the other hand, there are several restrictions on electric vehicles or negative sides such as:

- Electric vehicles have limited autonomy due to battery capacity and construction
- Charging the high voltage battery may take a long time, depending on the battery charge and the power source.
- The network of charging stations is not sufficiently developed
- If the destination is beyond the reach of electric vehicles, the driver must plan the trip and consider where to charge his vehicle.

Increased use of BEV in the future will contribute to a higher percentage share of batteries in waste materials. If batteries are not recycled, they can contribute to significant negative environmental impacts. In fact, the production of new battery systems contributes the most to the overall pollution and to the level of toxic effects on humans. In the future, recycling of battery systems from BEV will be more and more important.

At the same time, electric vehicles can be used in local networks and as storage for energy that would be released to the network as needed and at higher loads (so-called peaks). Electric vehicles can improve the share of renewable energy in the energy system. The vehicles are parked 80-95 percent of the time and if they are constantly connected to the network, they can be used for smart charging. Lack of space is a big problem to set up large fields with wind turbines or solar panels, but having a large

fleet of vehicles that can help store and return energy to and from the grid as needed, overcomes a major barrier [3].

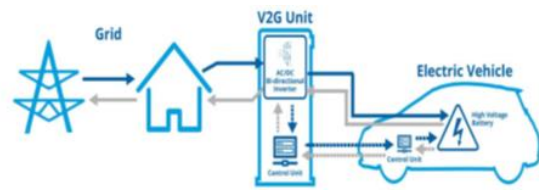


Fig. 1. This is an example of the Vehicle-to-grid (V2G) scheme.

This impact of electric vehicles on the electrical network infrastructure and its capacity will be additionally the subject of analysis and research.

Electrical energy is available in every household, at workplaces, shopping malls, public parking lots and multi-store garages in urban areas, so the installation of chargers for such vehicles should not cause significant problems, i.e. additional resources and time. for realization. Compared to the existing layout and representation of conventional petrol stations for conventional vehicles (petrol, oil or gas), the number of chargers for electric vehicles within urban areas will be significantly higher. The reason for this is the way of charging electric vehicles which the process takes significantly longer and even up to several hours, which in turn depends on the type of chargers through which the batteries of vehicles are charged [4].

III. ENVIRONMENTAL PROTECTION DURING THE RESTORATION OF “FICO” AND THE IMPLEMENTATION OF THE ELECTRICAL MOTOR IN IT

By buying a “Fico” that is practically rotten or is visibly waste in a parking lot is a great contribution to our environment. The technical characteristics of the project itself, the geographical location and the local / environmental conditions related to environmental protection are considered, as well as the application of technologies and procedures for prevention and control of pollution. Which are most adequate to avoid or, if not possible, to minimize or reduce the negative impacts on human health and the environment, while also being technically and financially possible and economical.



Fig. 2. This is an example of Basic model.

The procedure begins with the removal of the corroded parts of the body of the classic car Zastava 750-“Fico”. They are taken to specialized waste, where this corroded iron is melted and put back into use. Complete restoration of the classic car is done - complete restoration of the chassis, correction of distorted or damaged parts of the car shell, restoration of the undercarriage and replacement of all elements of the vehicle. Efforts are made to minimize the implementation of daily activities on the environment and human health. Impacts on air quality can be caused by the operation of vehicles, during inspection and service, as well as during the movement and parking of vehicles, and are manifested by emissions from vehicles.

The noise generated when moving and parking motor vehicles is discontinuous and intermittent. These impacts are estimated as neutral, this noise is also called working noise which is subject to the regulations in the field of protection, i.e. safety and health at work. In the operational phase, the waste generated during servicing of vehicles, waste engine parts, tires, oils, antifreeze, etc. are evident. The operation does not generate wastewater, because the vehicles are not washed before or after the service, but the vehicles are carried to the laundry at another location.

During the process of cleaning the corroded parts of these vehicles, efforts are made to avoid the release of pollutants or, where this is not possible, to minimize or control their emissions. In its work, measures for efficient energy management and protection of water and other resources, following the principles of cleaner production, have been taken.



Fig. 3. The interior of a basic model.



Fig. 4. The components of the basic model.

The future of the automotive industry is electric cars. One of the main reasons for this is the environmental awareness and CO₂ reduction directives that are prescribed and implemented in most countries in the world. The use of renewable energy while driving these cars is also a significant plus and a step in the future. Because the problem with expensive batteries has been solved, the price of these cars is lower and more affordable for customers.

Many countries provide certain subsidies, discounts and benefits for the purchase of electric cars, which is an additional incentive for sales growth, and these discounts may be associated with, free parking, lower registration and insurance costs. Member of the European Parliament have decided to forbid the sale of diesel and petrol cars until 2025 using an alternative vehicle [5].

In the long list of advantages of electric vehicles, ecology and preservation of the environment are leading. Electric vehicles are simply a workable alternative to air pollution! There are opportunities for greater use of renewable energy sources, apart from fossil fuels, such as stability of the electricity network, low noise and low maintenance costs.

The contribution of these vehicles to economic development is rounded off but does not end with high economy and energy efficiency. In electric cars it is from 80 to 95 percent, which is incomparable to internal combustion vehicles, where for 100 units of energy - gasoline or oil, only 25% contribute to the car moving. That is why a growing number of countries are allocating significant funds from budgets to support or subsidies for the purchase of electric cars.

IV. CONCLUSION

With the hope that soon new regulatory and financial measures in our country will stimulate the purchase of electrical cars. Sustainable transport is essential for the environment, and it is also very important for the economy and social aspects of our lives. Therefore, investing in sustainable transport is the best investment for the generations to come. It is necessary to activate all available capacities and resources. Achieving the goals of reducing global fossil fuel dependence and developing a clean energy economy are huge tasks that require greater technological innovation.

Through better and more efficient energy sources for power supply, the consumption of fossil fuels will be reduced, and thus the exhaust gases that are harmful to the environment will be reduced. There are indications that the introduction of electric vehicles, at least in addition to the classic transport or replacement of today's modes of transport can contribute to such a process.

Republic of Macedonia is a country that has ideal conditions for the use of electric vehicles. Although it is a mountainous country, the population is mainly scattered in the valleys and plains. At the environmental level, we have the opportunity to use the available natural resources: sun,

water and wind. If we keep in mind all aspects of transport, it is clear that this process can be relied on future science-based analysis of traffic flows, vehicle flow, average speed, braking, traction dynamic characteristics of electric vehicles and so on.

REFERENCES

- [1] Kiril Minanov, Notes on Transport Electrification in the City of Skopje - Vehicles and Safety *Analysis of Integrated Circuits IPFA 2001*, Singapore, 2001, pp. 243-248.
- [2] AD ESM, Renewable Energy Sources, http://www.esm.com.mk/?page_id=452,.
- [3] CLIMATE CHANGE, STUDY FOR THE TRANSPORT SECTOR ANALYSIS OF POLICIES AND MEASURES STRUCTURE, <https://klimatskipromeni.mk/data/rest/file/download/1f0666aa00550cac449ceffcd145140dcbedf398c1e9c2e17b710ac706f4dc658.PDF>.
- [4] ELECTRIC VEHICLES - AN ALTERNATIVE TO POLLUTION, <http://nvoinfocentar.mk/wp-content/uploads/2014/06/%D0%95%D0%9B%D0%95%D0%9A%D0%A2%D0%A0%D0%98%D0%A7%D0%9D%D0%98-%D0%92%D0%9E%D0%97%D0%98%D0%9B%D0%90-A%D0%BB%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B0-%D0%BD%D0%B0-%>.
- [5] MEPSO A.D., Study for Effects of ‘Plug-In’ electric vehicles (PEV) on the transmission network in Northern Macedonia (Final Report), Skopje-23 April 2019

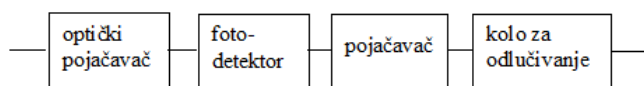
Realizacija optičkog prijemnika sa integrisanim pojačavačem

Dragoljub Denić, Nemanja Filipović, Danilo Niketić

Sadržaj – U ovom radu prikazano je projektovanje i opisana realizacija optičkog prijemnika u konfiguraciji sa velikom ulaznom impedansom, integrisanim linearnim pojačavačkim stepenom i izlaznim stepenom sa standardnim TTL naponskim nivoima, tako da optički prijemnik bude funkcionalan na frekvenciji od 5 MHz, odnosno bitskim brzinama do 10Mb/s. Motivacija za ovaj projekat je bila realizacija prijemnika sa integrisanim komponentama kako bi se smanjio uloženi inženjerski napor.

I. UVOD

Optički prijemnik konvertuje degradirani optički signal sa kraja optičkog vlakna (poslat optičkim predajnikom koji može biti LED dioda, laser) u električni signal, pojačava ga i ako je reč o digitalnom signalu donosi odluku o kom simbolu se radi (jedinica ili nula). Na slici 1 prikazan je blok dijagram ulaznog dela optičkog prijemnika.

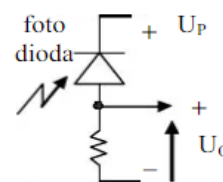


Slika 1. Blok dijagram prijemnika u digitalnom komunikacionom sistemu.

Osnovni blokovi optičkog prijemnika (optički pojačavač, fotodioda, pojačavač, kolo za odlučivanje) prikazanog na slici 1, obavljaju sledeće funkcije:

- Optički pojačavač: Pri prolasku optičkog signala kroz optičko vlakno dolazi do njegovog degradiranja (slabljenja) kao i izobličenja pre svega usled postojanja disperzije. Optički pojačavači se koriste u cilju pojačanja signala kada su u pitanju dugački linkovi.
- Fotodetektor (Fotodioda): U potpunom mraku, kroz fotodiodu teče struja mraka fotodiode koja je male vrednosti, reda nA. Pri osvetljenju fotodiode struja koja protiče kroz nju značajno raste, pri čemu se stvara odgovarajući pad napona na otporniku. Sa povećanjem otpornosti raste i vrednost napona, a time i osetljivost prijemnika. Na slici 2 ilustrovana je polarizacija fotodiode.
- Pojačavač: Ukoliko je intenzitet svetlosti nizak onda je napon na otporniku relativno mali i mora se pojačati. Postoje različite vrste pojačavača za ovu namenu, a potrebno je da imaju veliko pojačanje i da unose što manji nivo šuma.
- Kolo za odlučivanje: Pojačani napon poredi se sa

zadatom konstantnom vrednošću. Nivo napona veći od zadate vrednosti predstavlja entitet poslate jedinice, dok nivo napona manji od zadate vrednosti predstavlja entitet nule. Izlaz iz kola za odlučivanje predstavlja digitalni signal i zbog toga je potrebno da on prati propisane naponske nivoe, a samim tim i odgovarajuću digitalnu logiku. U ovom radu prikazana je realizacija optičkog prijemnika korišćenjem širokopojasnog integrisanog pojačavača. Sa tako realizovanim ulaznim delom, optički prijemnik je funkcionalan za bitske brzine do 10Mb/s.



Slika 2. Polarizacija foto diode.

II. REALIZACIJA

U praktičnoj realizaciji pomenutog prijemnika, odlučeno je da se zadrži samo minimalni broj komponenti i da se maksimalno upotrebe funkcionalnosti dostupnih integrisanih kola. Prva odluka se odnosi na izbor pojačavača koji treba da ima propusni opseg od najmanje 5MHz. Kriterijumi za izbor pojačavača su: ekonomičnost, odnosno cena pojačavača, potrebno napajanje – nivoi i polaritet, mogućnost nabavke u uslovima otežanim usled globalne pandemije Covid-19, kao i dostupnost katalogskih podataka. Na osnovu ovih kriterijuma izabrano je integrisano kolo NE592. Slika 3 prikazuje simulacionu šemu, sa pomenutim pojačavačem NE592, koja je korišćena u daljoj realizaciji.

Pojačanje jednog stepena u simulaciji se nije ispostavilo kao dovoljno pa je korišćen dvostepeni prijemnik. Na izlazu drugog stepena, dodato je integrisano kolo 74HC14 koje ima ulogu kola za odlučivanje. Kolo ima ugrađene Šmitove okidače na ulazima koji omogućavaju prenosnu karakteristiku sa histerezisom, što poboljšava otpornost kola prema šumu.

A. Komponente

U nastavku su nabrojane komponente korišćene u realizaciji prijemnika, uz poštovanje kriterijuma ekonomičnosti.

D. Denić, N. Filipović i D. Niketić su studenti četvrte godine osnovnih akademskih studija na Elektronskom fakultetu Univerziteta u Nišu, A. Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija. E-mails: denicdragoljub@elfak.rs, nefoss@elfak.rs, daniloniketic@elfak.rs

- 1) Strujni izvor I1 imitira rad fotodiode.
- 2) Naponski izvor V+ priključen na pojačavače.
- 3) Naponski izvor Vin priključen na razdelnik napona.

4) Otpornik R1 na kom se registruje napon uzrokovan inverznom strujom fotodiode.

5) Otpornik R2 koji ima ulogu da odvoji diferencijalni ulaz od mase.

6) Kondenzator C8 imitira parazitivne kapacitivnosti na ulazu.

7) Kapacitivnosti C1, C2, C3 i C5 odvajaju signale niskih frekvencija.

8) NE592 U1 i U2 su video pojačavači.

9) Otpornosti R3, R4, R5 i R6 imaju ulogu u polarizaciji diferencijalnog pojačavača unutar NE592.

10) Kapacitivnosti C7, C9 i C10 koriste se za filtriranje napajanja i eliminisanje fantomske povratne sprege preko napajanja.

11) Paralelna veza otpornika R7 i kondenzatora C6 se koristi za dobijanje željene karakteristike pojačanja.

12) Otpornici R8 i R9 čine razdelnik napona u vidu potencijometra.

13) Invertor A1 imitira odlučivač.

U tabeli 1, date su vrednosti pobrojanih elektronskih komponenti.

TABELA I
VREDNOSTI KOMPONENATA

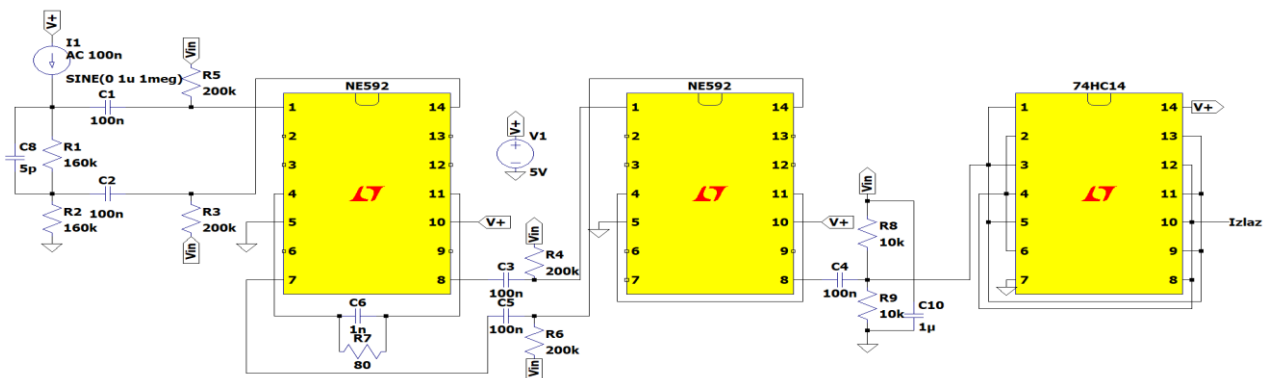
100nF	5pF	200kΩ	1μF	160kΩ	80Ω	1nF
C1	C8	R3	C10	R1	R7	C6
C2		R4		R2		
C3		R5				
C5		R6				
C4						

III. SIMULACIJA

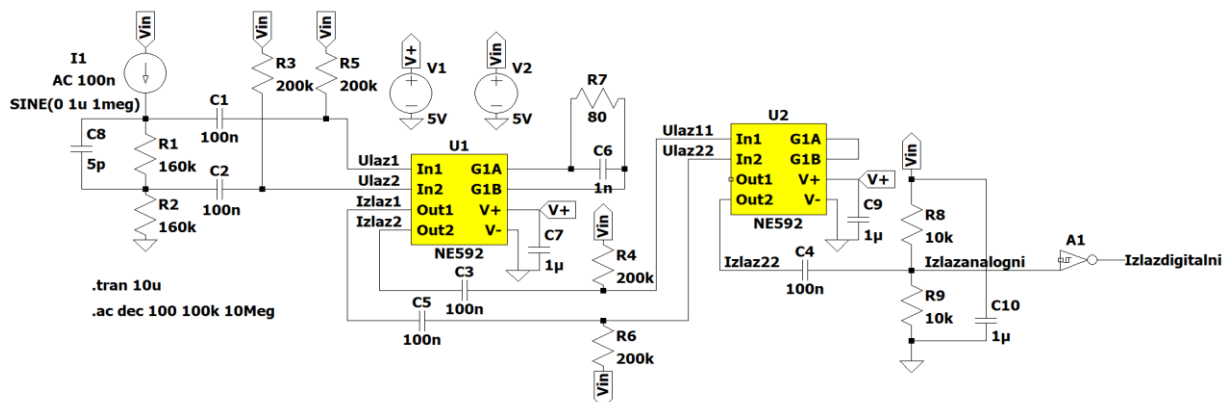
Simulacija kola izvedena je u simulacionom okruženju LTspiceXVII. Šema koja je dobijena u ovom okruženju prikazana je na slici 4.

Strujni izvor predstavlja fotostruju koja se generiše na fotodiode. Da be se simulirala parazitna kapacitivnost, na ulaz predpojačavača je vezan kondenzator relativno male kapacitivnosti 5pF. Nakon eksperimentisanja sa otpornostima, došlo se do zaključka da se otpornicima od 200kΩ postiže željeno pojačanje, a paralelnom vezom na gejnu prvog pojačavača željeni izgled karakteristike pojačanja.

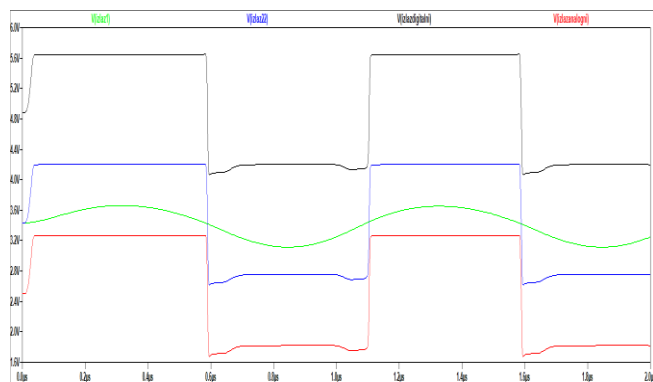
Sa ovako definisanim parametrima, dobijeni su rezultati merenja izlaza i ulaza signala pojedinih delova pojačavača koji su prikazani na slici 5.



Slika 3. Simulaciona šema ulaznog optičkog prijemnika.



Slika 4. Šema ulaznog optičkog prijemnika.



Boja markera	Zelena	Plava	Crna	Crvena
Oznaka	Izlaz 1 iz prvog pojačavača	Izlaz 2 iz drugog pojačavača	Izlaz iz odlučivača	Ulaz u odlučivač

Slika 5. Rezultati merenja u LTSpice-u.

IV. PRAKTIČNA REALIZACIJA

Prijemnik je realizovan na raster ploči TIP1 50x100. Ulaz je osiguran sa stabilizatorom napona (+5V), kao i LED diodom koja ima funkciju detekcije bilo kojih nepravilnosti vezanih za napajanje.

Usled nemogućnosti pronalaska dobrog video pojačavača na tržištu, projektovana je i realizovana približna verzija originalnog. Korišćen je video pojačavač NE592 sa određenim izmenama. Pomoću otpornosti od 200kΩ na ulazu pojačavača dobijeno je prihvatljivo pojačanje, dok je paralelna veza otpornika i kondenzatora na geju omogućila željeni izgled karakteristike pojačanja. U kombinaciji sa kondenzatorom postavljenim na napajanje koji kontroliše parazitivne kapacitivnosti, dobijeni su pojačavači željenih karakteristika.

Pri realizaciji odlučivača posebna pažnja je usmerena na kratko-spajanje svih ulaza, kao i svih izlaza, pošto je prijemnik namenjen za istovremeni rad sa više signala.

Na slici 6 prikazane su prednja i zadnja strana realizovanog prijemnika na raster ploči, a na slici 7, raster ploča tokom provere.

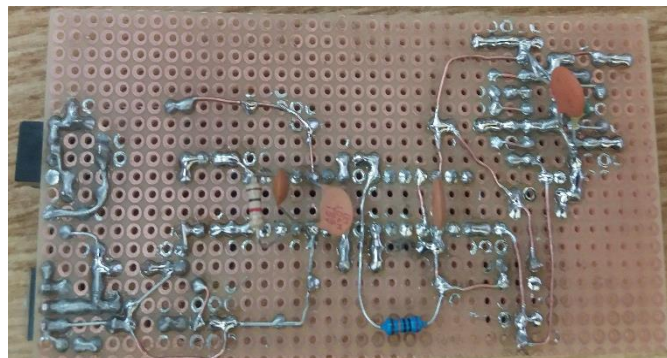
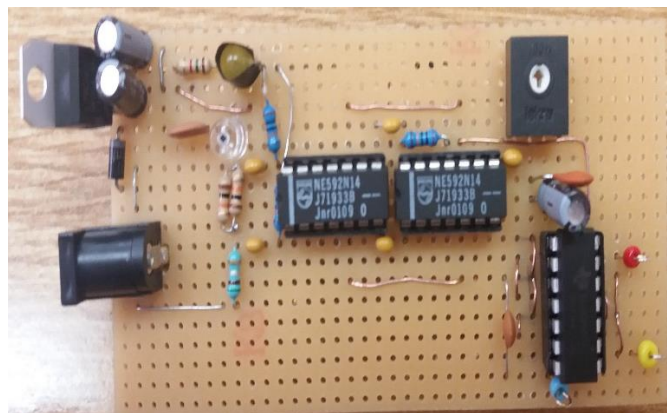
V. REZULTATI MERENJA

Nakon projektovanja šeme u LTSpice i izrade prototipa, izvršena je provera realizovanog.

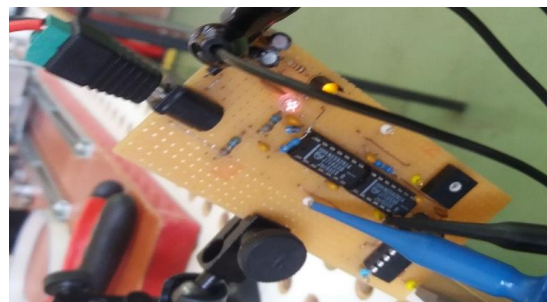
Na ulazu prijemnika doveden je napon od 7,5V koji se pomoću stabilizatora napona ograničava na 5V. Kao optička pobuda celog kola upotrebljen je laser modulisan prostoperiodičnim signalom čija se frekvencija i amplituda može precizno menjati. Osvetljena fotodioda generiše slabu struju, koja se pomoću otpornika može konvertovati u napon. Taj napon je previše mali da bi se sa njim moglo eksperimentisati, tako da se pojačava modifikovanim

NE592 pojačavačima, čije su vrednosti amplitude izlaza u odnosu na frekvenciju prikazane na slici 8.

Nakon podešavanja potencimetra i prolaska signala kroz odlučivač na izlazu se dobija regenerisana verzija signala (slika 9). Oblik izlaznog signala se objašnjava diferencijalnom prirodom pojačavača.



Slika 6. Prednja i zadnja strana raster ploče.



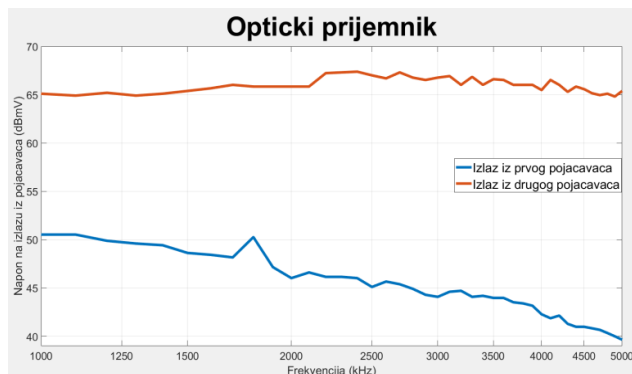
Slika 7. Raster ploča prilikom merenja.

VI. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio da se realizuje ulazni deo optičkog prijemnika sa bitskom brzinom od 10Mb/s. Izvršena je analiza postavljenog zadatka i obavljeno je projektovanje prototipa čija je validnost ispitana korišćenjem simulatora. Prototip je zatim praktično realizovan korišćenjem raster ploče, diskretnih i

integriranih komponenti. Njegovo funkcionisanje je potvrđeno konkretnim merenjima.

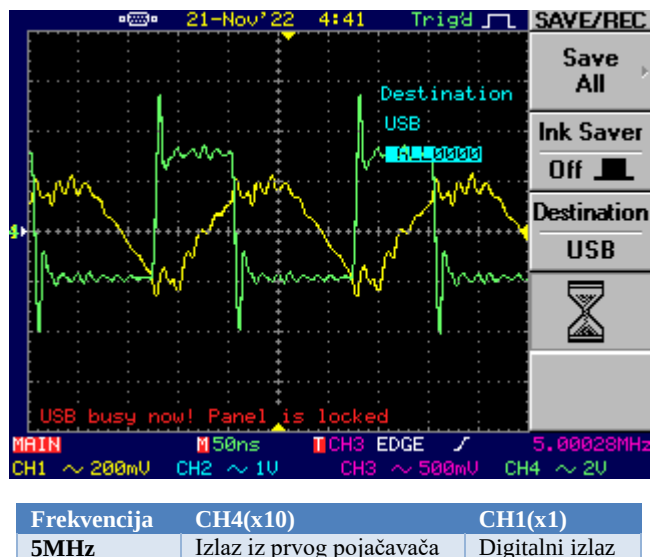
Utvrđeno je da gore realizovani ulazni deo optičkog prijemnika, može biti primenjen i do bitskih brzina od 20Mb/s. Pri niskim frekvencijama dolazi do manjih odstupanja od željenih rezultata, ali uz određenu korekciju dobijena je karakteristika tražena u projektnoj dokumentaciji.



Slika 8. Naponi na izlazu prvog i drugog pojačavača.

ZAHVALNICA

Ovaj rad napisan je kao deo studentskog projekta na ispitu Optičke komunikacije, na smeru Telekomunikacije, Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu. Ispit je u 6. semestru osnovnih akademskih studija. Hardverska realizacija projekta izvedena je pri laboratoriji za telekomunikacione sisteme, pod mentorstvom prof. dr Dejana Milića.



Slika 9. Digitalni izlaz i izlaz prvog pojačavača.

LITERATURA

- [1] Dejan Milić, *Optičke komunikacije*, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, 2016.
- [2] Selena Trajković, „Predajnici u optičkim mrežama“, seminarski rad, <http://www.ftn.kg.ac.rs/download/SIR/SIR%20Selena%20Trajkovic%208562017.pdf>
- [3] Texas Instruments, „NE592, SE592 Differential Video Amplifiers“, kataloški podaci, sa sajta: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/27249/TI/NE592.html>
- [4] Philips, „74HC14, 74HCT14 Hex inverting Schmitt trigger“, kataloški podaci, sa sajta: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/112419/PHILIPS/74HC14.html>
- [5] Siemens, „Silicon PIN Photodiode with Very Short Switching Time“, kataloški podaci, sa sajta: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/112419/PHILIPS/74HC14.html>

Digital Device for Blood Pressure Measurement Using Oscillometric Technique

Novak Radivojević, Bojan Draško, Nenad Nikolić

Abstract – In this paper the design flow of an electronic device used for blood pressure measurement is presented. The measurement method is based on the oscillometric technique. The theoretical grounds of this technique are first presented. After that, the design of the device is considered. The structure of the device including the structure of all its components is given, as well as the algorithm of software executed by the microcontroller part of the device. Advantages of the proposed method are discussed, along with presenting some ideas for expanding the device functionality.

I. THE OSCILLOMETRIC TECHNIQUE

The goal of blood pressure measurement is determining the two important values - systolic pressure, which is exerted on the artery walls during heart muscle contraction and diastolic pressure that occurs during the heart's relaxation period. An apparatus used for measurement usually contains a cuff that is wrapped around the patient's arm and pumped with air. In the oscillometric method, air pressure inside the cuff is being observed since it had been shown by experiments that there are certain variations in value of cuff air pressure. These variations are significant for determination of the systolic and diastolic blood pressure values.

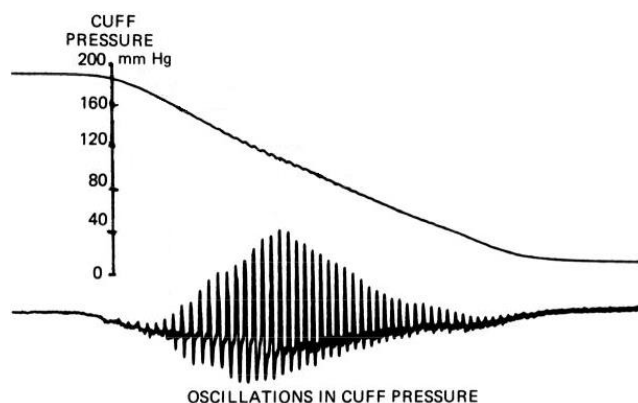


Fig. 1. Oscillations in cuff pressure and their effect on pressure curve.

Measurement process starts with inflating the cuff until its air pressure exceeds a predetermined value that is

N. Radivojević, B. Draško and N. Nikolić are with the Department of Electronics, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: thenovak97@gmail.com

assumed to be greater than the systolic pressure.

After reaching the limiting pressure value, the cuff is being slowly deflated, decreasing its pressure down to zero. By observing the cuff pressure value during the deflation phase, it is noticeable that the pressure value does not decrease monotonically with time, because there are oscillations in the pressure curve. Oscillations appear at one point during deflation with their amplitude rising slowly to some maximum value, and then decreasing in nearly the same manner. Fig. 1. shows the oscillations and the pressure curve as a function of time. The oscillations are synchronized to the cardiac activity and they are caused by the expansion of the artery walls during the rush of blood stream in every heartbeat. Experiments have shown that the pressure value at which the oscillations start correlates with the value of systolic blood pressure. The diastolic blood pressure corresponds to the cuff pressure at a moment when the amplitude of oscillations drops to approximately 80% of the amplitude maximum [1]-[2]. These results present the foundation for the process of measurement. Basically, for a blood pressure measuring device it is required to convert the pressure to an electric signal. Then, the signal is processed to find the value of the cuff pressure and to detect the presence of the oscillations which occur during the cuff deflation phase.

II. DEVICE STRUCTURE

The block diagram of the device is given in Fig. 2. Pumping the cuff with air is done using an electric pump. The valve regulates the amount of air in the cuff. It is used to prevent air leakage of the cuff during the inflation phase, and to control the rate at which the cuff pressure decreases during the deflation phase. The pressure sensor converts the cuff pressure to a voltage signal. A system of thin plastic tubes connects the cuff with the pump, valve and the sensor.

The sensor output generates an electric signal which directly depends on the cuff pressure level. The signal contains some important information about both the instantaneous cuff pressure and the amplitude of oscillations as well. This voltage signal is of very low amplitude (order of a few μV) and must be amplified. Otherwise, it would be impossible to detect the oscillations. Therefore, the sensor output is fed to an instrumentation amplifier input. Since detection of oscillations is significant for oscillometric method, it is convenient to observe them separately from the pressure signal. Using an analog band-

pass filter, the oscillations are extracted from the pressure signal and further amplified.

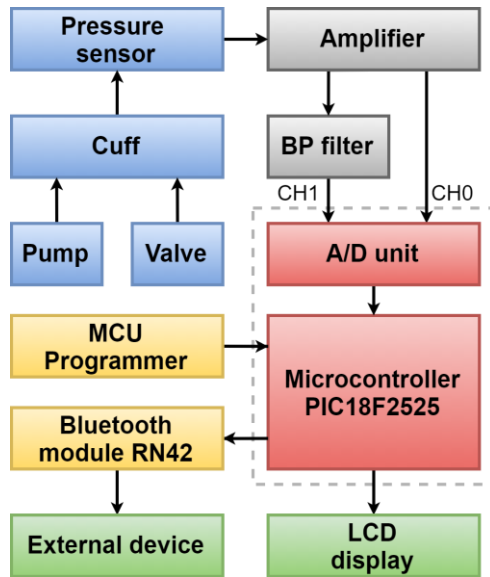


Fig. 2. Block diagram of the system.

The operation of this device is achieved by a PIC18F2525 microcontroller (MCU) which contains the software that implements the measurement operations. The operations specified in the code are realized through a finite state machine that describes a measurement cycle and drives all the peripheral components including the valve and the pump.

The MCU contains an A/D conversion unit which converts the analog signals obtained from the outputs of the instrumentation amplifier (i.e. the amplified pressure signal) and the band-pass filter (used for detecting the oscillations). Two separate A/D converter channels are used. The pressure signal doesn't truly represent the real cuff pressure value, since its value is lost after detection by the sensor, amplification and A/D conversion; therefore the signal is further transformed to represent a value expressed by physical units which are commonly used in pressure measurement processes.

The LCD display shows the results of measurement. There are two display modes: the *normal* mode which only shows the instantaneous value of cuff pressure, and the values of the systolic and diastolic pressure as well. The other mode is *debug* mode, which gives some additional information, for example the state of some variables in the microcontroller firmware that are very helpful for the code debugging during the process of device development.

An additional function of this device is the communication feature of sending the data to an external device or a PC using Bluetooth connection. This way, it is possible to have another device process the pressure and oscillation data. Another important feature is MCU reprogramming capability. Using a PIC programmer, a new MCU firmware can be easily transferred to the hardware.

III. THE MEASUREMENT ALGORITHM

There are many algorithms that are used for determination of blood pressure values which are based on the oscillometric method. The most of them utilize filters with empirically determined transfer functions and filter coefficients. In many of them, additional signal averaging improves the method accuracy. However, the algorithms differ in accuracy of the detection of oscillations in the cuff pressure, so different algorithms can give different results in terms of systolic and diastolic blood pressure. In our case, the measurement process relies on the filters which are described in the *Pan-Tompkins* algorithm, [3] which is used for the detection of QRS complexes in an ECG signal.

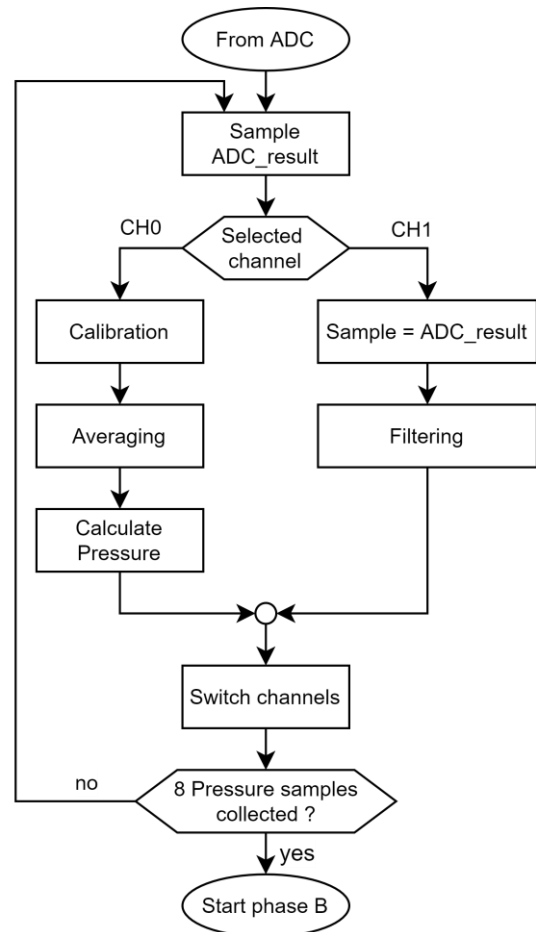


Fig. 3. Phase A algorithm.

The input data of the proposed algorithm – the signal *ADC_result* (the A/D converter result), is derived from one of two ADC channels: CH0 or CH1. The outputs of the algorithm are the variables *diffPressure* and *diffSample* which specify the conditions when the measured pressure value is adopted as systolic or diastolic pressure. The algorithm can be split into two phases:

- Pressure signal acquisition (Fig. 3).
- diffPressure* and *diffSample* calculation (Fig. 4).

A. Pressure signal acquisition

The first step is analog signal conversion. Depending on the chosen channel, signal *ADC_result* holds either a value representing the instantiations cuff pressure value (if channel CH0 is chosen) or *Sample* - the signal whose oscillations are detected (on channel CH1). After every A/D conversion step, the converter channel switches from CH0 to CH1 and vice versa, so that *ADC_result* periodically gives the pressure and oscillation signals. The sampling period is 4 ms.

In the next adaptation step, it is necessary to transform the ADC pressure signal to restore the true pressure value expressed in the mmHg units. The true value is lost after transformations that occurred in the sensor, amplifier and the AD converter. All these components were assumed to have approximately linear transfer functions, so the relation between the true pressure value and the A/D conversion result could also be considered linear. After series of experiments, the following equation was derived:

$$p = 0.4375a - 201 \quad (1)$$

where p is the real pressure value in mmHg, and a is the A/D conversion result (for PIC18F2525 a is an integer in range 0÷1023). The coefficients are calculated using the systolic and diastolic results measured by another, medical-grade device (e.g. a sphygmomanometer) and by reading the values obtained by the A/D converter. After the measurements are performed, a system of linear equations is formed and then solved to find the coefficients. The measurements showed that for pressure value of $p=20$ mmHg, A/D converter value is $a \approx 500$; For $p = 150$ mmHg, the result was $a \approx 800$. After solving the system of equations, the coefficients are $k \approx 0.4375$, $n \approx -201$.

The next step is signal averaging which uses multiple consecutive samples of the input signal to reduce the signal noise and to give more accurate results. The averaging is done using the following formula [3]:

$$pressure_{n+1} = 0.875pressure_n + 0.125p \quad (2)$$

Here, *Pressure* represents the averaged value of the instantaneous pressure signal and is used in further calculations. The algorithm continues to the phase B. Signal *Sample* (detecting the oscillations) is obtained in the case of converting the signal on channel CH1. Signal averaging is not performed this time. Instead, *Sample* is filtered using a low-pass and along with a high-pass digital filter which are implemented by the MCU software. The transfer functions are found from Pan-Tompkins algorithm:

$$H_{LP}(z) = \frac{(1 - z^{-6})^2}{(1 - z^{-1})^2} \quad (3)$$

$$H_{HP}(z) = \frac{-\frac{1}{32} + z^{-16} - z^{-17} + \frac{z^{-32}}{32}}{1 - z^{-1}} \quad (4)$$

B. Calculation of diffPressure and diffSample

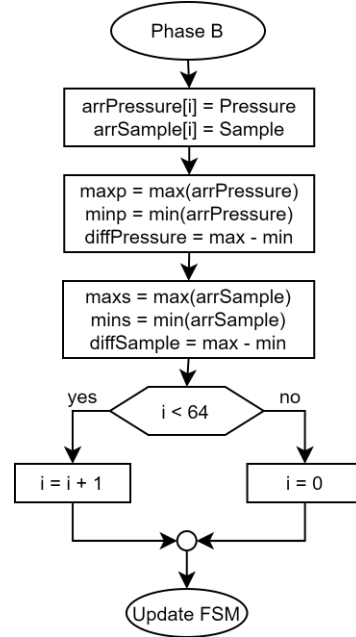


Fig. 4. Phase B algorithm.

Variables *diffPressure* i *diffSample* have a key role while determining the values of the systolic and diastolic pressure values. The *diffPressure* variable represents the difference between maximum and minimum values of *Pressure*, recorded during the past 2 seconds (among the past 64 samples). The value of *diffSample* is calculated the same way, but it is based on the values of signal *Sample*. MCU firmware implements the function which first fills two data arrays with the *Pressure* and *Sample*, finds their maximum and minimum elements and calculates their differences. These operations are done for both arrays separately. The *diffPressure* i *diffSample* are suitable for the detection of moments when the oscillations begin and end. Two conditions which specify whether the instantaneous *Pressure* value corresponds to the systolic or diastolic pressure have been found by experiments:

Condition I - Systolic condition: In a moment when inequality $diffSample > diffSampleLimit$ is met, the value of *Pressure* becomes equal to the systolic pressure. In other words, if signal *diffSample* exceeds a limit, equal to *diffSampleLimit*, it is assumed that the oscillations are large enough to indicate the moment at which the systolic pressure appears. The value of *diffSampleLimit* is set to 400, which is experimentally determined.

Condition II - The diastolic condition: If the value of *diffSample* drops below 87.5% of the maximum value (memorized by signal *diffSampleMax*), and at the same

time, *diffPressure* drops below 75% of *diffPressureMax*, the attenuation of oscillations is getting stronger, which means that *Pressure* corresponds to the value of diastolic blood pressure.

The calculation of *diffSample* i *diffPressure* is followed by an update of the finite state machine (FSM) state. The FSM controls the device's operations and it is explained in details.

IV. FINITE STATE MACHINE

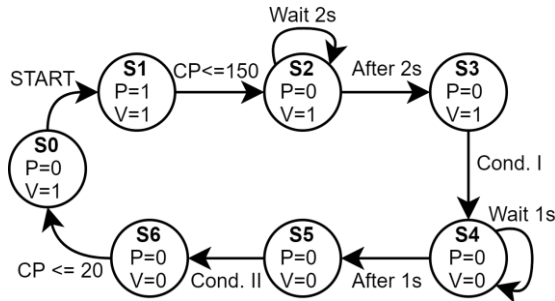


Fig. 5. FSM diagram.

The FSM gives the information of currently active parts of the measurement process and specifies the moments when exactly does the pump activate/deactivate or when the valve is opened or closed. Inputs of the FSM are signals *Pressure*, *diffPressure*, *diffSample*. There is also another input signal - *Start*, which indicates that the START button has been pressed, and the process of pressure measurement begins. The outputs are the systolic and diastolic pressure values expressed in mmHg. The FSM has 7 states:

- S0: Idle state. The valve is closed and the pump is off. Waiting for the START button to be pressed.
- S1: Pumping the air: START was pressed and the pump is on until the cuff pressure reaches 150 mmHg.
- S2: Pump is off, followed by 3 seconds pause.
- S3: Systolic pressure is measured.
- S4: The calculation of *diffPressureMax* and *diffSampleMax* is performed. The valve is open, and the cuff starts deflating more rapidly.
- S5: Diastolic pressure is measured.
- S6: End of the measurement process, the air is released from the cuff. When the cuff pressure drops below 20 mmHg, FSM is back to idle state.

V. RESULTS AND CONCLUSION

Fig. 6. shows the device under process of measurement. Device shows systolic and diastolic pressure values of 130 mmHg and 81 mmHg, respectively. Results are validated by comparing them with the values measured using a different measurement approach, e.g. by a stethoscope. Readings showed that the device is accurate in

allowable levels. Results are often rounded off to a nearest multiple of 10 when using a classical approach in a non-medical environment, which means that this device is suitable for such conditions, given its accuracy.



Fig. 6. Measurement process and validation of results.

Compared to other medical-grade devices, e.g. sphygmomanometers, the proposed device is simpler to use, although it has also simpler design. For example, the proposed device does not need a stethoscope and its measurement process does not rely on the detection of Korotkoff sounds, which would make the algorithm more complex. Another great feature is the capability of communication with external devices. The data can be sent using Bluetooth to other devices or even PC, where more advanced and accurate algorithms can be implemented. The ability to easily change MCU firmware is another advantage. Also, this device can be incorporated into some bigger systems like patient monitoring.

The drawback of oscillometric method is that the results cannot be obtained instantly. They demand some amount of time because the cuff must deflate slowly, otherwise, the oscillations would be left undetected. Another drawback is that the results depend on heart activity. The method can give inaccurate results in the case of a patient having heart problems like arrhythmia [1]. Also, body movements can interfere with the recorded signals and device becomes unusable in the conditions of intensive physical activity.

REFERENCES

- [1] G. Ogedegbe, T. Pickering, "Principles and techniques of blood pressure measurement" *Cardiol Clin.* 2010, vol. 28(4), pp. 571-586. doi:10.1016/j.ccl.2010.07.006
- [2] C. F. Babbs - "Oscillometric measurement of systolic and diastolic blood pressures validated in a physiologic mathematical model" *Biomed Eng Online.* 2012, doi:10.1186/1475-925X-11-56
- [3] J. Pan and W. J. Tompkins, "A Real-Time QRS Detection Algorithm" in *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. BME-32, no. 3, pp. 230-236, March 1985, doi: 10.1109/TBME.1985.325532

Prenosni punjač baterija na bazi vazdušnog strujanja

Nikola Tomašević, Marko Rosić, Viktor Savić, Nemanja Vidović, Igor Verkić,
Dušan Maksimović, Ivan Janka, Sreten Suvajdžić

Sadržaj – U ovom radu je prikazan uređaj u razvoju, gde će se energija vazdušnih strujanja pretvarati u mehaničku, a zatim u električnu energiju namenjenju za punjenje sopstvenog sklopa baterija, korišćenjem "ARDUINO" mikrokontrolerske hardversko - softverske razvojne platforme za kontrolu rada.

I. UVOD

Upotreba obnovljivih izvora energije - OIE (voda, vetar, bio-mase i dr.) je u tesnoj vezi sa energetsom efikasnošću sa bilo kog aspekta potrošnje energije u bilo kom njenom obliku, a kao alternativa za upotrebu fosilnih goriva. Upotreba OIE daje naglasak na zaštiti životne sredine u smislu održivog razvoja.

Energija vetra (vazdušnog strujanja) se transformiše u mehaničku energiju korišćenjem vetroturbine. Mehanički spoj uobičajeno u sebi uključuje menjačku kutiju s prenosnikom pomoću kojeg se niža brzina obrtaja rotora vetroturbine prilagođava višoj brzini obrtaja rotora generatora. Komercijalne vetroturbine novijeg dizajna koriste višepolne niskobrzinske generatore koji su uglavnom sinhroni s pobudnim namotajem ili pobudnim permanentnim magnetima kako bi se uklonila potreba za mehaničkim prenosnikom bez obzira na oblik i veličinu rotora turbine.

Uređaj koji je sa naše strane osmišljen i predstavljen u ovom radu je namenjen za upotrebu pri različitim brzinama strujanja vazduha na različitim lokacijama, a prenosiv od strane korisnika. Namena mu je da služi za punjenja jedne baterije ili više njih, koje su u njegovom sklopu. Predviđen je priključak (eventualno i adapter) za punjenje baterija različitih uređaja (npr. mobilnih telefona i dr.). Uz osnovnu ima više dodatnih funkcija (na LCD-u se prikazuje datum i vreme, brzina, temperaturu i vlažnost vazduha, procenat napunjenosti baterije, integrisana je LED svetiljka i dr.).

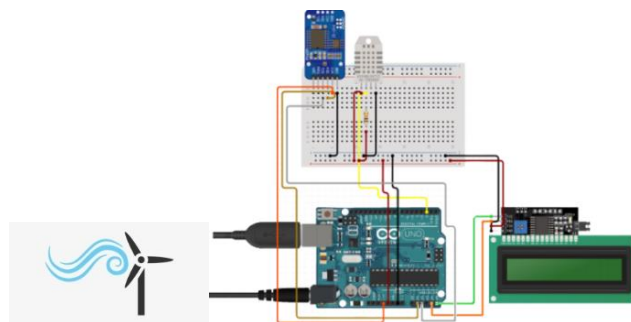
N. Tomašević (tomasevic444@gmail.com) i M. Rosić (thespykid2002@gmail.com), učenici IV razreda (obrazovni profil: Elektrotehničar informacionih tehnologija); V. Savić (viktorsavicprviprojekat.16@gmail.com) učenik III razreda (obrazovni profil: Elektrotehničar računara); D. Maksimović (dumax67@gmail.com), N. Vidović (vidovicnemanja123@gmail.com) i I. Verkić (igorverkić03@gmail.com), učenici III razreda (obrazovni profil: Elektrotehničar procesnog upravljanja); I. Janka (ivanjanka@yandex.ru) i S. Suvajdžić (sretensuvajdzic@gmail.com), učenici II razreda (obrazovni profil: Elektrotehničar računara); Srednja elektrotehnička škola "Mihajlo Pupin" – Futoška 17, Novi Sad, Srbija.

II. PRINCIP RADA PRENOSNOG PUNJAČA BATERIJA NA BAZI VAZDUŠNOG STRUJANJA

Naša ideja je da se konstruiše jedan prenosni uređaj, koji će koristiti energiju vazdušnog strujanja sa različitim brzinama na raznim mestima i pretvarati u mehaničku, a zatim u električnu energiju namenjenju za punjenje sopstvenog sklopa baterija. Time će biti omogućeno da se pune baterije raznih uređaja preko odgovarajućeg priključka koji je sastavni deo uređaja (opciono je planiran i dodatni adapter).

Prvi problem u analizi tehničkog rešenja za realizaciju ovog uređaja, je promenljiva brzina strujanja vazduha u kratkom vremenskom intervalu u varijaciji +/- nekoliko %. Drugi problem koji je uzet u obzir su različiti režimi rada turbine (brzine vazdušnog strujanja od 3 do 15 m/s) u dužem vremenskom intervalu. Tako je potrebno izvršiti u prvom redu izbor vrste (oblika) turbine, kao i njene veličine sa izdržljivom konstrukcijom. Treba imati u vidu da se predviđa veliki broj radnih sati gde su u pitanju i veće brzine, a da se što bolje iskoristi strujanje vazduha pa je neophodno po tome prilagoditi i njenu konstrukciju. Ništa manje važan izbor je vrste generatora i njegove snage sa što boljim stepenom korisnog dejstva (sinhroni sa pobudom ili sa permanentnim magnetima). S obzirom na prenosivost uređaja, nije zanemariva ni njegova veličina.

Neophodan je sklop za merenje brzine strujanja vazduha (anemometar) i kontrola pri različitim režimima rada (komercijalni ili sopstveno razvijen). Kako je osnovna ideja da se uređaj koristi u različitim uslovima rada (vezano za brzinu strujanja vazduha) i na raznim mestima (lokacijama korisnika), u određenim slučajevima su neophodni držači (sa dodacima) koji će ga učvrstiti za podlogu. Maketa tehničkog rešenja prikazana je na Slici 1.



Slika 1. Maketa tehničkog rešenja.

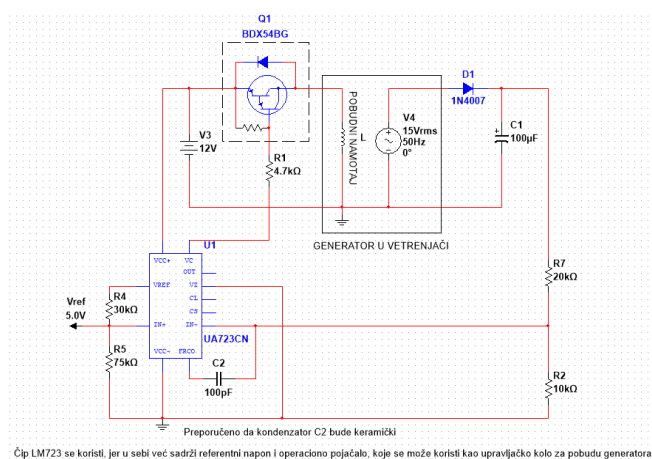
Tehničko rešenje obuhvata sledeće komponente:

- Turbina - radijalna
- Generator – sa permanentnim magnetima
- Mikrokontroler „ARDUINO“ – UNO (x2-opciono uz LCD 4x16 keypad Shield)
- Punjač baterija ca „BUCK“ DC-DC pretvaračem
- Senzor brzine strujanja vazduha (anemometar)
- Senzor temperature i vlažnosti vazduha DHT22
- RTC (Real Time Clock) 3231 modul
- LCD 4x20 (I2C konekcija) - KeypadShield - opciono uz drugi „ARDUINO“ - UNO
- Baterije

Princip rada koji će se primeniti u realizaciji uređaja je isti kao kod svih vetrogeneratora, a to je da se pod uticajem vazdušnog strujanja obrće turbina koja je u čvrstoj vezi sa osovinom rotora generatora, koji mehaničku energiju pretvara u električnu.

U planu je da se u uređaju koristi radijalna turbina (osa normalna sa smerom strujanja vazduha) koja je planirana za finalnu verziju uređaja. Aksijalna turbina (osa paralelna sa smerom strujanja vazduha) – vetrenjača sa tri elise nepogodnija je zbog promenljivog smera strujanja vazduha. Radijalna turbina za razliku od aksijalne kontinualno radi i pri promenama smera strujanja vazduha bez prilagođavanja položaja. Manje je težine i dimenzija u odnosu na aksijalnu, a lakše je obezbediti zaštitu od eventualnih povređivanja korisnika i oštećenja same turbine s obzirom na potrebnu prenosivost samog uređaja.

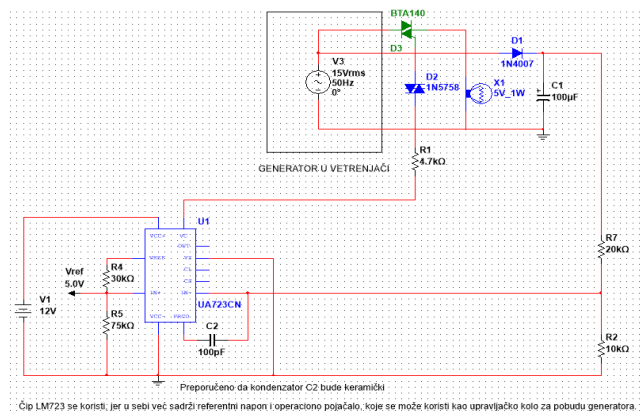
Kao što je već rečeno kod vetrogeneratora na rotoru se nalazi pobudni namotaj kroz koji se kontroliše struja. Kontrolišući struju kroz njega, kontroliše se i jačina magnetnog polja samog namotaja. Samim tim zaviso od brzine okretanja rotora, održava se konstantan napon na krajevima generatora. Pobudni namotaj bi se napajao iz nekog drugog izvora (baterija manjeg kapaciteta i solarni panel). Šema za upravljanje ovakvom vrstom generatora prikazana je na Slici 2.



Čip LM723 se koristi, jer u sebi već sadrži referentni napon i operaciono pojačalo, koje se može koristiti kao upravljačko kolo za pobudu generatora.

Slika 2. Upravljanje generatorom pomoću pobude.

Pošto se koristi generator sa stalnim (permanentnim) magnetima, pobuda se simulira tako da se na generator priključi neko opterećenje (npr. sijalica sa užarenim vlaknom), na kom se pomoću PWM-a (Pulse With Modulation) sa kontrolera u zavisnosti od brzine strujanja vazduha kontroliše struja i održava približno konstantan napon na krajevima generatora što je prikazano na Slici 3.

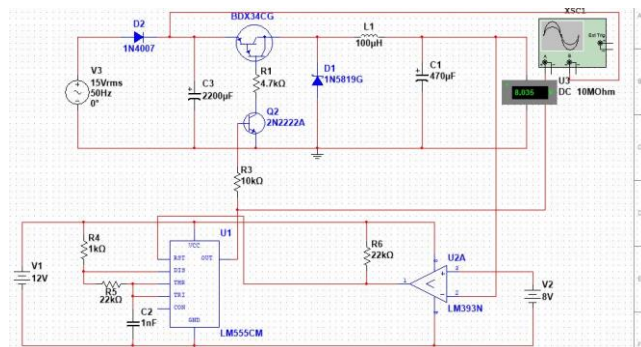


Čip LM723 se koristi, jer u sebi već sadrži referentni napon i operaciono pojačalo, koje se može koristiti kao upravljačko kolo za pobudu generatora.

Slika 3. Upravljanje generatorom pomoću potrošača.

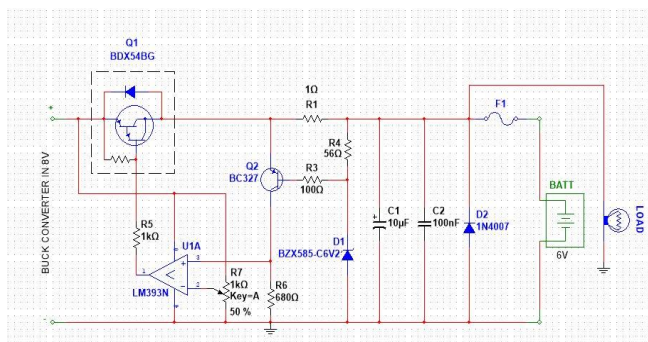
Planiran je poseban priključak za punjenje baterija mobilnih telefona, eventualno sa adapterom namenjenim za punjenje baterija drugih (mobilnih) uređaja.

Za tehničko rešenje u sklopu projekta će biti primenjen poseban DC-DC tzv. „BUCK“ pretvarač napona prikazan na Slici 4, sa ograničenjem struje u zavisnosti od kapaciteta baterije i struje generatora. Taj pretvarač je vrlo efikasan pretvarač za razliku od linearnog stabilizatora i ima veliki stepen iskorišćenja što je za razvoj ovog projekta veoma značajno, jer struja punjenja zavisi i od struje koju daje generator.



Slika 4. DC-DC BUCK pretvarač.

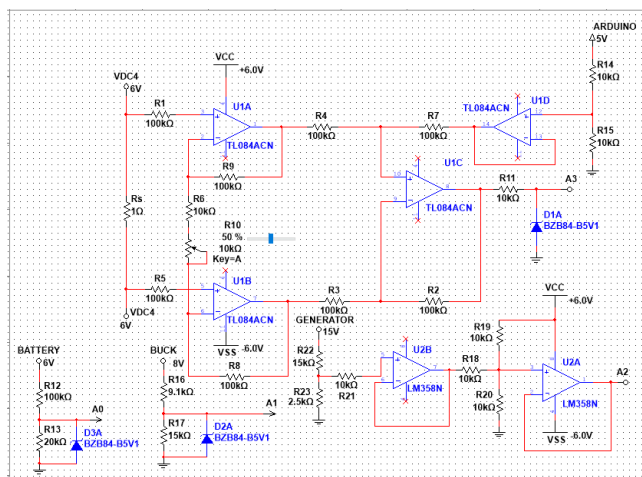
Punjač čija je šema prikazana na Slici 5., dopunjava bateriju pomoću elektronskog sklopa koji će da kontroliše napon, struju baterije, kao i druge potrebne parametre uzavisnosti od vrste baterije. Pošto je za realizaciji ovog projekta planirano korišćenje olovnih baterija (Pb), za njih je važno regulisati napon na njenim krajevima i ograničiti struju punjenja.



Slika 5. Punjač za olovnu bateriju.

Mikrokontroler ima za zadatak da meri veličine u okviru uređaja, pa ujedno da upravlja sistemom. Na njega će biti priključen RTC modul za generisanje datuma i vremena, senzor za temperaturu i vlažnost vazduha, senzor za merenje temperature u punjaču, kao i LCD na kome će se prikazivati programski definisani podaci, a sa integrisanim Key Pad-om na njemu po potrebi upravljati.

Takođe, mikrokontroler će meriti napon na izlazima generatora, na krajevima BUCK pretvarača, napon na bateriji i struju punjenja baterija. Samim tim će pored ovih veličina na LCD-u biti prikazane snaga punjenja baterije i napunjenost baterije, izražena procentima (npr. 50%, 80%). Šema mernog instrumenta je prikazana na Slici 6.



Slika 6. Merenje svih napona i struje punjenja baterije.

Dodatno u sklopu uređaja opciono može da se koristi LED sijalica s obzirom na lokacije gde se uređaj koristi, a raspolaze se naponom napajanja iz baterije.

A. Opis komponenti koje će biti korišćene u radu

Pored opisanih delova: turbine, generatora, upravljača pobudom generatora, DC-DC „BUCK“ pretvarača napona i punjača baterija, u realizaciji ovog projekta će biti upotrebljene i sledeće komponente/sklopovi:

1. "Arduino" UNO mikrokontroler kao centralni sklop, namenjen je za kompletnu kontrolu rada uređaja i prikazan je na na slici 7.



Slika 7. "Arduino" – UNO.

1. RTC (Real Time Clock) modul prikazan na Slici 8. služi za generisanje datuma i vremena koji su neophodni u funkcionisanju celokupnog sistema, sa baterijom koja omogućava kontinuitet rada nakon inicijalizacije modula.



Slika 8. RTC modul.

2. LCD prikazan na Slici 9., služi za vizuelni prikaz raznih parametara koji se prate prilikom rada uređaja. Na displeju se ispisuju poruke o datumu i vremenu, a zatim i drugi podaci (temperatura, vlažnost i brzina strujanja vazduha, napunjenost baterije).

Korišćena je varijanta LCD-a 4x20 karaktera i sa I2C konekcijom prema mikrokontroleru, pošto koristi samo četiri kratkospojnika i time oslobađa pinove za vezu drugih komponenti. U redovnoj varijanti ima mnogo više veza - time se povećava zauzetost pinova, a ujedno je povećana mogućnost pojave problema sa kontaktima.



Slika 9. LCD 4x20.

3. Anemometar (radijalni) prikazan na Slici 10. je planiran kao sastavni deo uređaja i služi za merenje brzine strujanja vazduha.



Slika 10. Anemometar.

4. Integrisani senzor DHT22 namenjen je za merenje temperature i vlažnosti vazduha koji struji u turbini. prikazan je na Slici 11.



Slika 11. Senzor temperature i vlažnosti vazduha DHT22.

III. ZAKLJUČAK

Opšte karakteristike uređaja su: da je prenosiv, jednostavan za korišćenje, malih dimenzija (nakon testiranja će se tačno utvrditi koje su, uključujući više varijanti), montaža u različitim uslovima strujanja vazduha i na raznim mestima rada je jednostavna (u određenim slučajevima

potrebni su sigurnosni držači koji bi bili izvedeni u više varijanti).

Može se koristiti: kod prevoznih sredstava na kopnu (bicikl, motocikl, kabriolet i dr.), za plovila (čamac, trajekt, brod i dr.), kod prisustva stalnog strujanja vazduha (obala reke, jezera ili mora i dr.), pri povremenom strujanja vazduha (prozor, terasa, zid ili krov objekta i dr.), za rekuperaciju (ponovno korišćenje) „otpadnih“ strujanja vazduha (ventilacija i klimatizacija) i dr.

U bližoj budućnosti moguće je usavršavanje i proširenje funkcionalnosti uređaja na korišćenje solarne energije, a u daljoj i na korišćenje hidropotencijala vodenih tokova.

ZAHVALNICA

Autori se posebno zahvaljuju Jovi Paloviću i Novici Gutoviću (mentor), rukovodiocima sekcije „Arduino“ u ETŠ „Mihajlo Pupin“ - Novi Sad, na intenzivnoj tehničkoj podršci i veoma uspešnoj saradnji.

Takođe, autori se zahvaljuju direktoru Milanu Vukobratu i Upravi ETŠ „Mihajlo Pupin“ - Novi Sad na logističkoj podršci i Branislavu Ušanu, rukovodiocu sekcije „PiLab“ u ETŠ „Mihajlo Pupin“ - Novi Sad na pruženoj tehničkoj podršci tokom realizacije ovog projekta.

LITERATURA

- [1] Buck konverter dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Buck_converter
- [2] Mikrokontroler Arduino UNO dostupno na: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3-smd>
- [3] LCD dostupno na: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/lcd-tutorial/>
- [4] Integralni senzor za merenje temperature i vlažnosti vazduha dostupno na: <https://fritzing.org/projects/dht22-temperaturehumidity>
- [5] RTC dostupno na: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-ds3231-real-time-clock-tutorial/>
- [6] LM35 senzor za merenje temperature dostupno na: <https://www.instructables.com/id/Arduino-Temperature-Sensor-Using-LM35/>
- [7] Prezentacija o principu rada vetroagregata dostupno na: <https://prezentacijavetroagregati.wordpress.com/category/rad-vetrogeneratora/>
- [8] Razni realizovani projekti u Arduino okruženju dostupno u: „ARDUINO“ UNO - 45 projekata za početnike i stručnjake“, Bert van Dam, InfoElektronika, 2016

Detekcija anomalija na mreži primenom autoenkoderske neuronske mreže

Nađa Gavrilović

Sadržaj – Svakodnevni razvoj Interneta i rast broja njegovih korisnika dobro su okruženje za različite vrste napada. Uprkos brojnim istraživanjima i dostupnim sigurnosnim alatima, razmena podataka preko Interneta postaje sve nesigurnija. Iz tog razloga, od velike je važnosti obezbediti sigurnost mreže kako bi se omogućila bezbedna razmena poverljivih podataka, kao i njihov integritet. Cilj ovog rada je projektovanje i implementacija autoenkoderske neuronske mreže koja ima za cilj detekciju mrežnih napada prepoznavanjem anomalija među mrežnim paketima. U radu će detaljno biti predstavljeni model i princip rada implementiranog sistema. Preciznost detekcije napada implementiranog sistema biće evaluirana nad NSL-KDD setom mrežnih podataka, nad kojim implementirani sistem detekciju napada vrši sa 90% tačnosti (eng. *accuracy*), i čak 98.4% odziva (eng. *recall*). Biće diskutovana zavisnost preciznosti izdvajanja anomalija iz test podataka od broja slojeva mreže i neurona u svakom od njih.

I. UVOD

Skorašnja tehnološka dostignuća dovela su do upotrebe tehnologije u veoma važnim oblastima, kao što su e-trgovina, bankarstvo, osiguranje, zdravstveni sistemi. Neograničene mogućnosti Interneta i lakoća komunikacije sa sobom nose i značajan rizik od različitih napada na korisnike i njihove podatke. Jedan od primarnih zahteva postalo je projektovanje bezbedne infrastrukture mreže koja će omogućiti siguran prenos i skladištenje podataka [1].

Razvoj Interneta i njegovih brojnih servisa rezultirao je nastankom mnogobrojnih načina za napade, koji mogu uticati na integritet, poverljivost i dostupnost podataka. Uprkos postojanju različitih sistema za detekciju i sprečavanje napada, problem je i danas prisutan. Jedan od razloga jeste i neprekidan razvoj novih, prethodno nepoznatih napada, sa kojima je posebno teško boriti se.

Posledica pomenute promenljive prirode mrežnih napada jeste sve značajnija uloga koncepta detekcije anomalija u sistemima za detekciju napada na mreži (eng. *intrusion detection system* - IDS). Anomalijom se može nazvati podatak koji tako značajno odstupa od ostalih, da pobuđuje sumnju da je generisan različitim mehanizmom [2]. Prisustvo anomalija u skupu podataka najčešće je pokazatelj malicioznog delovanja, otkaza sistema, pokušaja napada/prevare i sl. Detekcija anomalija među mrežnim paketima može biti jasan znak za uzbunu mrežnog administratora. Prednost IDS sistema zasnovanih na

detekciji anomalija je prepoznavanje bilo kog tipa napada koji odstupa od uobičajenog saobraćaja na mreži, bez obzira da li je tip napada poznat ili se sreće prvi put. Dobra strana implementacije ovakvog sistema je sposobnost prilagođavanja promenljivoj prirodi mrežnih napada.

Cilj ovog rada je projektovanje i implementacija sistema za detekciju mrežnih napada zasnovanog na konceptu detekcije anomalija, upotrebom dubokog učenja. U radu će autoenkoderska neuronska mreža biti implementirana i testirana nad NSL-KDD setom mrežnih podataka u cilju detekcije anomalija među izdvojenim mrežnim paketima, koje mogu ukazivati na mrežni napad. Biće prikazana evaluacija rada autoenkodera, za različite implementirane arhitekture. Takođe, biće diskutovana zavisnost preciznosti izdvajanja anomalija iz test podataka od broja slojeva mreže i neurona u svakom od njih.

Nakon uvoda, u drugom poglavlju biće data teoretska osnova neophodna za implementaciju predloženog sistema. Biće diskutovan princip rada autoenkoderske neuronske mreže, kao i njena primena u oblasti detekcije anomalija. U trećem poglavlju će biti dat pregled implementiranog sistema, zajedno sa opisom seta podataka nad kojim je sistem testiran. Četvrto poglavlje će predstaviti rezultate izvršenog testiranja. Zaključak će biti dat u petom poglavlju.

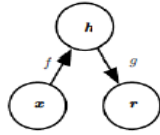
II. TEORETSKA OSNOVA

A. Opšta struktura autoenkoderske mreže

Autoenkoder predstavlja tip duboke veštačke neuronske mreže koji ima za cilj da na izlazu što preciznije rekonstruiše neobeležene ulazne podatke. Autoenkoder pokušava da pronađe aproksimaciju funkcije identiteta (eng. *identity function*), tako da izlazni podatak bude što sličniji ulaznom. Opšta struktura autoenkodera prikazana je na slici 1. Autoenkoder vrši mapiranje ulaza x na izlaz r , koji predstavlja rekonstrukciju ulaznog podatka. Mreža je sastavljena iz dva dela. Prvi deo ima funkciju enkodera $h = f(x)$, koji pronalazi reprezentaciju ulaznih podataka redukovanih dimenzija h . Drugi deo predstavlja dekodera, koji mapira podatak h na izlaz r , i na taj način generiše rekonstrukciju ulaznog podatka, funkcijom $r = g(h)$ [3].

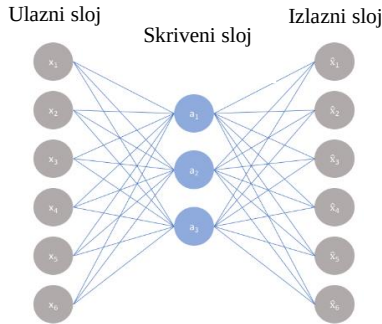
Mreža autoenkodera sastoji se od ulaznog sloja, jednog ili više skrivenih i izlaznog sloja. U slučaju većeg broja skrivenih slojeva, nazivaju se dubokim autoenkoderima (eng. *deep autoencoder*). Broj neurona u skrivenim slojevima je po pravilu manji od broja neurona u ulaznom i izlaznom sloju [4].

N. Gavrilović je student prve godine doktorskih akademskih studija na Katedri za računarstvo i informatiku, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, e-mail: nadja.gavrilovic@elfak.rs



Slika 1. Opšta struktura autoenkodera.

Arhitektura mreže autoenkodera prikazana je na slici 2. Karakteristična osobina autoenkodera je broj neurona u izlaznom sloju [4]. Autoenkoder ima isti broj jedinica na izlazu i ulazu, jer pokušava da na izlazu generiše podatak što sličniji ulaznom, pa stoga i istih dimenzija. Autoenkoderi koriste varijantu nenadgledanog obučavanja, tako što obrađuju skup podataka bez informacija o pripadnosti klasi.



Slika 2. Arhitektura mreže autoenkodera.

B. Proces učenja autoenkodera

Proces učenja autoenkodera svodi se na minimizaciju greške na izlazu, tj. razlike između ulaznog i izlaznog podatka. Funkcija enkodera mapira ulazni podatak x na h , gde se h naziva *kodom*, tj. reprezentacijom ulaza [3]. U najjednostavnijem slučaju, kada posmatramo jedan skriveni sloj, funkcija enkodera je

$$h = \sigma(Wx + b) \quad (1)$$

gde je σ aktivaciona funkcija (Sigmoidna funkcija, ReLU i sl.), W parametar težine a b bias parametar mreže. Treniranje autoenkodera vrši se povratnim širenjem greške (eng. *backpropagation of the error*). Parametri W i b obično se inicijalizuju na proizvoljne vrednosti, a onda se tokom *backpropagation* algoritma ažuriraju u svakoj iteraciji [3].

Dekoder mapira kod h na izlaz autoenkodera r , koji je iste dimenzije kao i ulaz x , funkcijom

$$r = \sigma'(W'h + b') \quad (2)$$

gde parametri σ' , W' i b' ne moraju biti povezani sa parametrima funkcije enkodera [3].

Cilj funkcije gubitka (eng. *loss function*) je minimizacija razlike između izlaza dekodera i ulaznog podatka. Na osnovu definisanih funkcija enkodera i dekodera, za slučaj srednje kvadratne greške kao funkcije gubitka, ona bi izgledala ovako [3]:

$$L(x, r) = \|x - r\|^2 = \|x - \sigma'(W'(\sigma(Wx + b)) + b')\|^2 \quad (3)$$

C. Detekcija anomalija upotrebom autoenkodera

Jedna od prvih primena autoenkodera bila je redukcija dimenzionalnosti podataka, tj. proces redukcije broja atributa koji opisuju podatak, ekstrakcijom njegovih ključnih svojstava. Cilj je podatke značajnih dimenzija predstaviti u redukovanom obliku, što manje gubeći na njihovom prvobitnom značenju [3].

Autoenkoder je dizajniran tako da nije moguće savršeno rekonstruisati ulazne podatke. Broj neurona skrivenih slojeva mora biti manji od broja neurona u ulaznom i izlaznom sloju, što ograničava rad autoenkodera tako da je moguće samo aproksimativno kopirati podatke sa ulaza. Model je primoran da prioritizuje deo ulaznih podataka koji je od najveće važnosti prilikom njihove rekonstrukcije, trudeći se da podaci na izlazu budu što približniji onima na ulazu. Skriveni sloj tako uči najvažnije obrasce u podacima, a zanemaruje tzv. šumove (eng. *noises*). Najčešće korišćen metod detekcije anomalija zasniva se upravo na redukciji dimenzionalnosti.

Razlika između ulaznog i izlaznog podatka autoenkoderske mreže naziva se greškom rekonstrukcije (eng. *reconstruction error*). Tokom treniranja, autoenkoder uči kako da minimizuje ovu grešku, tj. da izlaz mreže učini što sličnijim ulazu. Nakon treniranja mreže, od autoenkodera se očekuje da precizno, sa malom greškom rekonstrukcije, generiše izlazne podatke na osnovu ulaza. Tokom detekcije anomalija, greška rekonstrukcije koristi se kao indikator anomalije na ulazu mreže [5].

Treniranje autoenkodera vrši se nad neobebeženim podacima iz grupe normalnih (bez prisutnih anomalija). Zato, kada je tokom testiranja mreže na ulazu podatak koji ne predstavlja anomaliju (u odnosu na trening set podataka), autoenkoder će uz malu grešku rekonstrukcije uspeti da izvrši njegovu rekonstrukciju. U slučaju da je na ulazu mreže anomalija (podatak koji se po nekom kriterijumu razlikuje od uobičajenog ulaza) mreža neće uspeti da izvrši njegovu rekonstrukciju sa istom uspešnošću kao kada je reč o uobičajenim ulaznim podacima. Greška rekonstrukcije će biti značajna, što ukazuje na anomaliju na ulazu mreže [5].

Nakon rekonstrukcije ulaza, poređenjem greške rekonstrukcije ε_i i unapred definisane vrednosti praga θ (eng. *threshold*), podaci se mogu jednostavno klasifikovati:

$$C(X_i) = \begin{cases} \text{normalan podatak} & \varepsilon_i < \theta \\ \text{anomalija} & \varepsilon_i > \theta \end{cases}$$

III. PREGLED IMPLEMENTIRANOG SISTEMA

U radu će biti predstavljen model sistema za detekciju mrežnih napada koji se zasniva na autoenkoderu, projektovanom i implementiranom sa ciljem detekcije anomalija u setu podataka. Implementacija autoenkoderske mreže izvršena je u programskom jeziku *Python*,

korišćenjem biblioteka za rad sa neuronskim mrežama (*TensorFlow*, *Keras*). U nastavku biće dato testiranje predloženog modela nad NSL-KDD setom mrežnih podataka u cilju detekcije anomalija koje mogu ukazati na mrežni napad.

A. Korišćeni set podataka i proces preprocesiranja

Najpoznatiji i najšire korišćeni skup podataka za evaluaciju IDS sistema je skup KDD Cup '99. Pojedinačni ulazni podatak skupa predstavlja izdvojene informacije o individualnom mrežnom paketu. Problem prilikom upotrebe KDD Cup '99 seta jeste veliki broj redundantnih podataka. U cilju prevazilaženja ovog problema, kreiran je NSL-KDD set podataka, koji se sastoji od izdvojenih, prečišćenih ulaza kompletnog KDD Cup '99 skupa [6].

Trening skup podataka sastoji se od 21 različitog tipa napada, dok je u test skupu podataka prisutno 37 napada (dodatnih 16 napada postoji samo u test setu). Napadi su grupisani u četiri kategorije – Probe, DoS, U2R i R2L. DoS napadi (eng. *Denial of Service*) su pokušaji napadača da servis učini nedostupnim korisnicima kojima je on namenjen. U2R (eng. *User to Root*) napadi su pokušaj korisnika da dobiju privilegije administratora. U slučaju R2L (eng. *Remote to Local*) napada, napadač nema kreiran nalog na sistemu koji napada, a pokušava da dobije pristup. Probe je napad u kome napadač pokušava da prikupi informacije u cilju nalaženja sigurnosnih propusta. Podaci imaju 41 atribut, klasifikovan u četiri grupe - osnovna svojstva (1-9), svojstva sadržaja (10-22), vremenske karakteristike saobraćaja (23-31) i karakteristike saobraćaja zasnovane na određenoj hostu (32-41) [6]. U tabeli I nalazi se pregled strukture NSL-KDD skupa podataka.

Preprocesiranje podataka ima za cilj da sirove podatke iz skupa učini podložnijim obradi neuronskim mrežama. U slučaju NSL-KDD skupa podataka, koga čine već prečišćeni i izdvojeni podaci iz KDD Cup '99 skupa, neophodno je dodatno izvršiti binarizaciju, a zatim i normalizaciju svih vrednosti skupa.

TABELA I

STRUKTURA NSL-KDD SKUPA PODATAKA

	Ukupan broj ulaza	Normalni podaci	DoS	Probe	U2R	R2L
NSL-KDD Trening set	125973	67343	45927	11656	52	995
		53.46%	36.45%	9.25%	0.04%	0.79%
NSL-KDD Test set	22543	9711	7458	2421	200	2754
		43.08%	33.08%	10.74%	0.89%	12.22%

Binarizacija (prevođenje tekstualnih podataka u binarne) se primenjuje na kategoričke attribute, u cilju prilagođavanja tekstualnog tipa podataka za obradu od strane neuronske mreže. Ako kategorički atribut ima n vrednosti formira se n binarnih atributa. Svaki binarni atribut odgovara jednoj vrednosti kategoričkih promenljivih. U jednom ulaznom podatku tačno jedan od n atributa ima

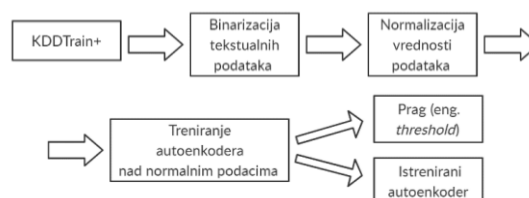
vrednost 1, dok ostali atributi imaju vrednost 0. U NSL-KDD skupu podataka postoje 3 kategorička atributa (*protocol_type*, *service*, *flag*).

Normalizacija je proces skaliranja podataka na vrednosti između 0 i 1. Uopšteno, nije sigurno unositi u neuronsku mrežu podatke koji imaju relativno velike vrednosti, kao i heterogene podatke (podatke čije su vrednosti u različitim opsezima). Takvi podaci mogu sprečiti uspešno konvergiranje mreže, jer mogu pokrenuti velika ažuriranja gradijenta. Opšta preporuka je da svi podaci imaju vrednost u opsegu (0,1).

Dodatno, podaci u izvornom NSL-KDD skupu podataka su označeni. Informacija o pripadnosti klasi nalazi se u koloni *outcome*, koja daje tekstualni naziv napada iz mrežnog paketa. Autoenkoder koristi tip nenadgledanog učenja, pa stoga u trening skupu nije neophodna informacija o pripadnosti klasi i ova kolona se tokom procesa preprocesiranja odbacuje. Kako bi rad autoenkoderske mreže mogao biti evaluiran (poređenjem rezultata generisanog od strane autoenkodera i informacije o klasi iz seta podataka), neophodna je informacija pripadnosti klase u test setu podataka. Zato se na osnovu vrednosti kolone *outcome*, u toku preprocesiranja formira nova kolona sa nazivom *Class*, dok se kolona *outcome* odbacuje. Vrednosti kolone *Class* su 1 (napad) ili 0 (normalan paket). Ova kolona se koristi samo u test setu podataka.

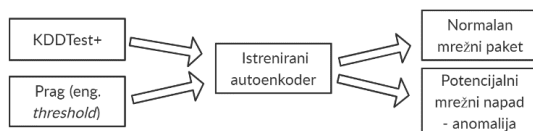
B. Model implementiranog autoenkodera

Trening skup *KDDTrain+* prethodno opisanog skupa podataka NSL-KDD koristi se tokom treniranja autoenkodera, kao što je prikazano na slici 3. Nakon preprocesiranja *KDDTrain+* skupa, autoenkoder u procesu treniranja nad podacima određuje poslednju vrednost gubitka (eng. *loss*) i nju koristi kao vrednost praga. Tokom treniranja AE koriste se samo normalni podaci iz skupa.



Slika 3. Faza treniranja implementiranog autoenkodera.

U procesu testiranja AE, koji je prikazan na slici 4, koristi se *KDDTest+* skup podataka u cilju evaluacije rada prethodno istreniranog autoenkodera. Vrednost praga, određena tokom treniranja autoenkodera, koristi se za klasifikaciju mrežnih paketa iz test skupa na normalne pakete i one koji predstavljaju anomalije, i stoga mogu ukazivati na napad na mreži. Ukoliko je greška rekonstrukcije ulaza iz test skupa veća od vrednosti praga, podatak se klasifikuje kao anomalija. U slučaju da je greška rekonstrukcije manja od postavljenog praga, mrežni paket se klasifikuje kao normalan.



Slika 4. Faza testiranja implementiranog autoenkodera.

C. Metrika za evaluaciju rada autoenkodera

Performanse implementiranog sistema biće posmatrane kroz mere date u nastavku. U tabeli II data je matrica konfuzije, koja omogućava vizuelizaciju performansi modela i neophodna je za definisanje mera. Pozitivni podaci su u implementiranom sistemu podaci koji predstavljaju anomalije.

TABELA II
MATRICA KONFUZIJE

	Predviđeni negativni podaci	Predviđeni pozitivni podaci
Stvarni negativni podaci	TN (eng. True Negative)	FP (eng. False Positive)
Stvarni pozitivni podaci	FN (eng. False Negative)	TP (eng. True Positive)

- **Tačnost (eng. Accuracy)** - Odnos tačno klasifikovanih podataka (TP + TN) i ukupnog skupa podataka.
- **Preciznost (eng. Precision)** - Odnos tačno klasifikovanih pozitivnih podataka (TP) i ukupnog broja pozitivno predviđenih podataka.
- **Odziv (eng. Recall)** - Odnos tačno klasifikovanih pozitivnih podataka (TP) i ukupnog broja stvarno pozitivnih podataka.
- **F1 Mera (eng. F1 Measure)** – računa se kao:

$$F1 \text{ Mera} = 2 * \frac{\text{Preciznost} * \text{Odziv}}{\text{Preciznost} + \text{Odziv}}$$
- **ROC kriva (eng. receiver operating characteristic curve) i AUC (eng. area under the curve)** – grafički prikazuje odziv u funkciji FPR mere, koja se računa kao odnos FP i ukupnog broja stvarno negativnih instanci. Mera AUC predstavlja površinu ispod ROC krive.

IV. REZULTATI TESTIRANJA

Variranjem broja skrivenih slojeva i broja neurona kreirano je više različitih arhitektura autoenkodera. Svaka arhitektura testirana je veći broj puta. Rezultati su u svakom izvršenju bili konzistentni, sa minimalnim odstupanjima. U tabeli III zabeleženi su rezultati izvršenog testa sa najvećom tačnošću (eng. accuracy) svakog od modela.

U tabeli su naglašeni najbolji rezultati po kolonama, tj. posmatranim merama. Uočava se da je u pogledu tačnosti i površine ispod ROC krive najviše uspeha imao model sa jednim skrivenim slojem i strukturom (122-8-122). Najviši odziv, tj. najveći broj tačno detektovanih anomalija u odnosu na ukupan broj anomalija, u vrednosti od 98.4%, imao je model sa tri skrivena sloja i strukturom (122-64-8-64-122). Ipak, povećanje odziva, rezultiralo je smanjenjem preciznosti, jer je većim brojem detektovanih anomalija povećan i broj podataka koji su pogrešno označeni kao

anomalije. F1 mera, koja daje odnos preciznosti i odziva (koji su u međusobnoj suprotnosti), ima približnu vrednost u dva modela koja su dala najbolje rezultate testiranja.

TABELA III
REZULTATI TESTIRANJA RAZLIČITIH ARHITEKTURA AUTOENKODERA

Broj skrivenih slojeva	Broj neurona u skrivenim slojevima	Tačnost	Odziv	Preciznost	F1 Mera	AUC
1	(8)	0.900	0.954	0.882	0.916	0.892
	(16)	0.897	0.958	0.873	0.914	0.884
	(32)	0.894	0.956	0.871	0.912	0.884
3	(16-8-16)	0.898	0.961	0.873	0.915	0.889
	(32-8-32)	0.897	0.966	0.867	0.914	0.886
	(32-16-32)	0.890	0.927	0.885	0.906	0.885
	(64-8-64)	0.899	0.984	0.859	0.917	0.843
	(64-16-64)	0.900	0.972	0.867	0.912	0.888
5	(16-8-4-8-16)	0.887	0.942	0.871	0.905	0.866
	(32-16-8-16-32)	0.882	0.971	0.845	0.904	0.869
	(64-16-8-16-64)	0.887	0.942	0.871	0.905	0.879

Implementirana neuronska mreža ima jednostavnu arhitekturu, čije treniranje ne zahteva značajno zauzeće resursa. Klasifikacija na normalne podatke i anomalije se efikasno izvršava nad novim podacima, što je od velikog značaja u primeni implementiranog sistema u realnom okruženju. Pritom, testiranje sistema pokazalo je da se detekcija anomalija na NSL-KDD skupu vrši sa veoma visokom preciznošću, tačnošću i odzivom. U daljem istraživanju u ovoj oblasti, ideja je implementirani sistem primeniti i evaluirati nad podacima u realnoj infrastrukturi.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu projektovan je i implementiran sistem za detekciju mrežnih napada, upotrebom dubokog učenja. Autoenkoderska neuronska mreža korišćena je za detekciju anomalija među mrežnim podacima, koji mogu ukazivati na napad. Autoenkoder je implementiran i testiran nad NSL-KDD setom mrežnih podataka. Prikazana je evaluacija rada autoenkodera, za različite implementirane arhitekture. Diskutovana je zavisnost preciznosti izdvajanja anomalija od broja slojeva mreže i neurona u svakom od njih.

LITERATURA

- [1] C. Tsai, Y. Hsu, C. Lin, W. Lin, *Intrusion detection by machine learning: A review*, Expert Systems with Applications, 2009.
- [2] D. M. Hawkins, *Identification of Outliers*, Chapman and Hall, Kluwer Academic Publishers, London, 1980.
- [3] I. G. Goodfellow, Y. Bengio, A. C. Courville, *Deep Learning*, The MIT Press, London, England, 2015.
- [4] J. Patterson, A. Gibson, *Deep Learning: A Practitioner's Approach*, 2017.
- [5] R. C. Aygun, A. G. Yavuz, *Network Anomaly Detection with Stochastically Improved Autoencoder Based Models*, IEEE 4th International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud), New York, 2017, pp. 193-198.
- [6] S. Choudhary, N. Kesswani, *Analysis of KDD-Cup'99, NSL-KDD and UNSW-NB15 Datasets using Deep Learning in IoT*, Procedia Computer Science, 2020, pp. 1561-1573.

Projektovanje beskontaktnog uređaja za dezinfekciju

Nikoleta Džunić, Katarina Božinović

Sadržaj – U ovom radu je prikazan proces projektovanja i realizacije beskontaktnog uređaja za dezinfekciju baziranog na *Arduino UNO* okruženju.

I. UVOD

Početkom ove godine sve nas je uzdrmala vest o novom virusu, koji se od samog pojavljivanja pomahnitalo i nezaustavljivo širio, što je ubrzo promenilo živote svih ljudi širom sveta, možda zauvek. Nešto što je ranije bilo bezbedno i potpuno normalno, u doba kada vlada COVID-19 postalo je nezamislivo. Odjednom, našli smo se usred globalne pandemije koja je glasno od nas tražila da se nivo higijene dovede do najvećeg mogućeg, a da se kontakti sa ljudima u našem okruženju svedu na minimum, takođe poželjno je da se svi predmeti u našem okruženju dezinfikuju, a da se izbegava dodirivanje predmeta na javnom mestu. Ovo je bio glavni podstrek za stvaranje našeg projekta.

II. PRINCIP FUNKCIONISANJA

Za realizaciju projekta korišćene su komponente:

- servo motor (SpringRC SM-S2309S) (slika 1)
- LCD displej (16x2) (slika 2)
- okruženje *Arduino UNO* (slika 3)
- ultra-zvučni senzor (HC-SR04) (slika 4)



Slika 1. Servo motor.

Uređaj poseduje električni i mehanički deo, električni deo čine ultra-zvučni senzor i *Arduino* okruženje, dok mehanički deo predstavlja servo motor i pumpica. *Arduino* okruženje, konkretno *Arduino UNO*, sa svojim mikrokontrolerom upravlja celim procesom. Kada ultra-zvučni senzor na određenoj udaljenosti registruje objekat, tj.

N. Džunić i K. Božinović su studenti osnovnih studija modula Elektronske komponente i mikrosistemi, Elektronskog fakulteta, Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija.
E-mail: nikoletadzunic@gmail.com, katarina.n.bozinovic@gmail.com.

ruku, signal se šalje u mikrokontroler okruženja *Arduino*, što je ujedno okidački signal za servo-motor koji dobija informaciju da menja položaj svog zupčanika i na taj način mehanički deluje na pumpicu dezinfekcionog sredstva, koja pod pritiskom koji stvara servo-motor izbacuje tečnost, na taj način korisnik bezbedno izvrši dezinfekciju ruku bez da je dodirnuo pumpicu, koja je potencijalni izvor zaraze ukoliko se nalazi na javnom mestu. LCD displej upotpunjuje ceo proces dezinfekcije, prikazuje poruku čiji je cilj da korisnik ostane sve vreme odgovoran i svestan trenutne situacije.



Slika 2. LCD displej.



Slika 3. *Arduino UNO*.

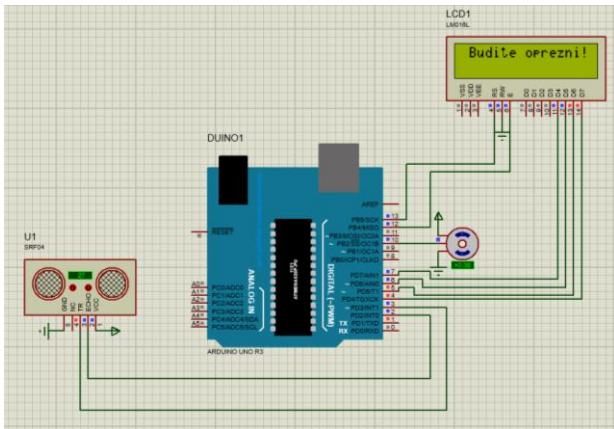


Slika 4. Ultrazvučni senzor.

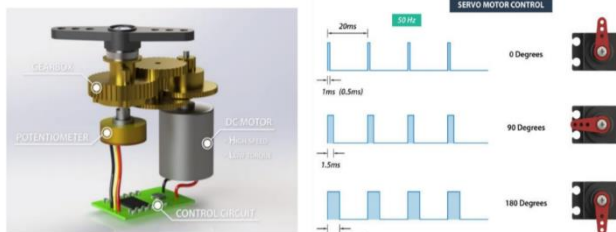
III. REALIZACIJA PROJEKTA U PROGRAMU PROTEUS

Električna šema okruženja *Arduino* sa ultrazvučnim senzorom SRF04, servo motorom i LCD displejem data je na slici 5. Senzor SRF04 pored pinova za napajanje, ima još dva pina: TR-triger pin i ECHO – echo pin, koji su povezani na pinove 3 i 2, respektivno. LCD displej je povezan prema standardnom načinu povezivanja LCD-ova. Servo motor osim pinova za napajanje ima i kontrolni pin koji je u ovom

slučaju povezan na pin 10. Na slici 6 ilustrovana je unutrašnjost RC (hobby) servo motora i prikazani kontrolni signali servo motora. Servo motor kontroliše se PWM tehnikom. Na primer, ako je potrebno da motor zauzme ugao 0°, na svakih 20 ms potrebno je poslati jedan naponski impuls u trajanju od 1 ms. Standardni servo motori omogućavaju pozicioniranje od 0-180°, ali postoje i servo motori sa rotacijom od 360°.



Slika 5. Prikaz šeme u simulatoru.

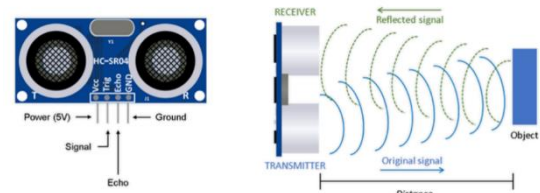


Slika 6. Ilustracija unutrašnjosti i oblik kontrolnih PWM signala Servo motora

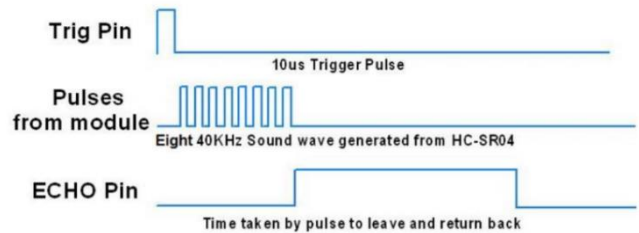
Da bi kod radio ispravno, potrebno je napisati biblioteku za ultrazvučni senzor sa funkcijom za određivanje rastojanja objekta od senzora. Neophodno je proučiti *datasheet* i na osnovu datih specifikacija formirati funkciju. Ultrazvučni senzor emituje iz predajnog zvučnika ultrazvuk na 40 kHz koji putuje kroz vazduh, signal se odbija od objekta/prepreke i vraća nazad u senzorski prijemni detektor. Na osnovu vremena i brzine zvuka moguće je odrediti rastojanje. Na slici 7 prikazan je izgled senzorskog modula SRF04 i ilustrovan je princip rada senzora.

Iz *datasheet*-a nalazimo da je na početku potrebno na TRIG pin poslati okidni impuls u trajanju od 10 μ s. Nakon okidnog impulsa senzorski modul iz predajnog zvučnika emituje 8 impulsa ultrazvuka frekvencijom 40 kHz, zvuk putuje do objekta i nazad u modul. Kada se završi emitovanje zvuka, ECHO pin se interno postavlja u stanje logičke jedinice i ostaje u tom stanju dok emitovani zvuk ne ode do objekta i vrati se nazad u senzorski modul (slika 8). Merenjem vremena t koliko je ECHO pin bio u stanju logičke jedinice moguće je odrediti rastojanje objekta od senzora. Kako je brzina zvuka $v = 340 \text{ m/s} = 0.034 \text{ cm}/\mu\text{s}$, za

rastojanje se dobija $s = vt/2$. Uzima se $t/2$ jer je vreme t proteklo od trenutka kad je zvuk od predajnog zvučnika putovao do objekta i nazad do modula.



Slika 7. Izgled i ilustracija principa rada ultrazvučnog senzorskog modula SRF04.



Slika 8. Signali ultrazvučnog senzorskog modula SRF04.

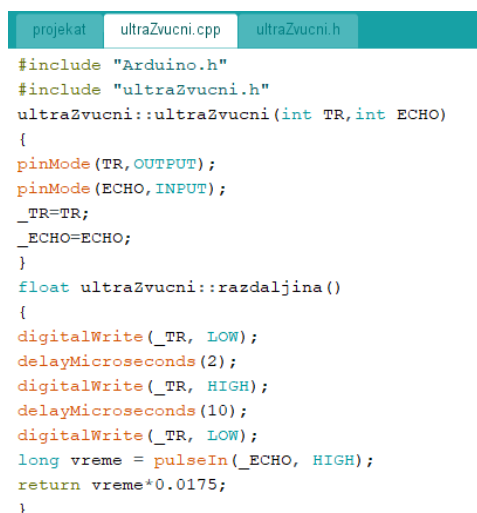
Biblioteka se sastoji od najmanje dva fajla: *header* fajl (*.h) i *source* fajl (*.cpp). *Header* fajl (*.h) sadrži definiciju biblioteke, u osnovi spisak svega što je unutar biblioteke, dok *source* fajl sadrži stvarni kod. U ovom projektu, kreiramo biblioteku *ultraZvucni*, pa će *header* fajl biti *ultraZvucni.h*. *Header* fajl sadrži klasu *ultraZvucni*. Klasa predstavlja skup funkcija i promenljivih za određeni objekat. Ove funkcije i promenljive mogu biti javne, što znači da im se može pristupiti i van same kalase; ili privatne, što znači da im se može pristupiti samo unutar klase. Svaka klasa ima konstruktor, koji se koristi za kreiranje instance klase. Konstruktor ima isto ime kao i klasa: *ultraZvucni(int TR, int ECHO)* (slika 9). U okviru *header* fajla moramo uključiti `#include "Arduino.h"` koji omogućava pristup standardnim tipovima i konstantama *Arduino* jezika [1]. Ovaj fajl se automatski dodaje sketch-u, dok u bibliotekama mora biti posebno uključena.

```
projekat  ultraZvucni.cpp  ultraZvucni.h

#ifndef ultraZvucni_h
#define ultraZvucni_h
#include "Arduino.h"
class ultraZvucni
{
public:
    ultraZvucni(int TR,int ECHO);
    float razdaljina();
private:
    int _TR;
    int _ECHO;
};
#endif
```

Slika 9. Prikaz header fajla.

Source fajl (*.cpp) počinje naredbama `#include "Arduino.h"` i `#include "ultraZvucni.h"`, kojim se ostatku koda daje pristup standardnim *Arduino* funkcijama i definicijama u header fajlu. Zatim dolazi konstruktor-kreiranjem instance na našu klasu konstruktorom se omogućava izvršenje funkcije. Biblioteka je osmišljena tako da korisnik specificira koje pinove želi da koristi, gde se TR definiše kao izlazni i ECHO kao ulazni pin, vrednosti se proslede u privatne promenljive za korišćenje u drugim funkcijama. Funkcija-konstruktor `ultraZvucni` je deo klase `ultraZvucni`, zato se piše `ultraZvucni::ultraZvucni()`. U nastavku *.cpp fajla nalazi se opis funkcije koja će se pozivati iz glavnog programa. U ovom projektu, pin TR kome se pristupa preko privatne `_TR` se spušta na LOW, a posle 2 μ s se postavlja na visok naponski nivo koji traje 10 μ s, potom se opet spušta na LOW stanje, čime se generiše okidni impuls da senzorski modul počne emitovanje ultrazvuka, interno senzorski modul podiže ECHO pin na HIGH, osluškuje emitovani zvuk, i vraća se u LOW kada se zvuk koji je emitovan vrati u modul. Kreira se promenljiva tipa long koja čuva vreme od emitovanja do prijema zvuka. Dobijeno vreme se isčitava pomoću *Arduino* funkcije `pulseIn(pin, STANJE)`. Na kraju, na osnovu izmerenog vremena i poznate brzine zvuka funkcija `razdaljina()` vraća rastojanje od objekta do senzorskog modula u cm, što se postiže sa return izraz [2]. Rezultat će biti u float formatu, jer je funkcija deklarirana kao float.

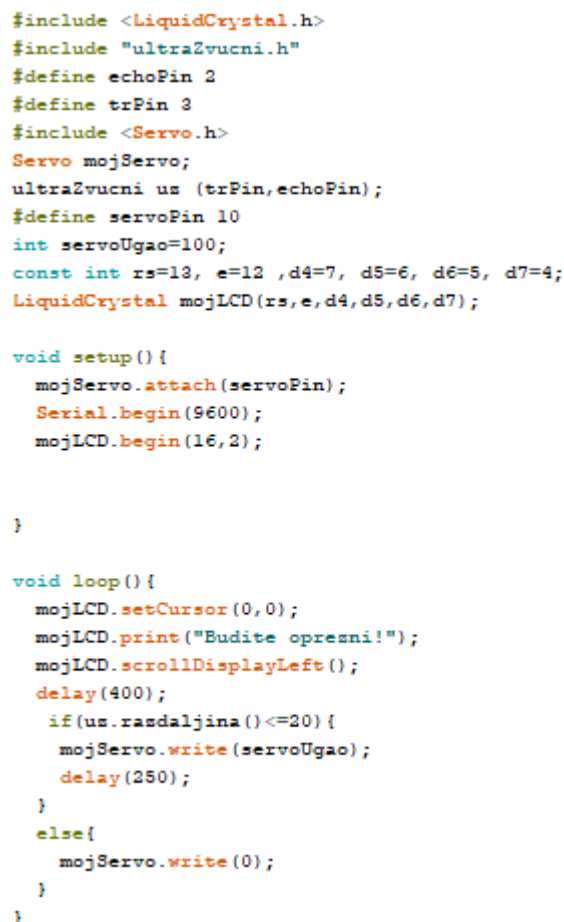


```
#include "Arduino.h"
#include "ultraZvucni.h"
ultraZvucni::ultraZvucni(int TR,int ECHO)
{
  pinMode(TR,OUTPUT);
  pinMode(ECHO,INPUT);
  _TR=TR;
  _ECHO=ECHO;
}
float ultraZvucni::razdaljina()
{
  digitalWrite(_TR, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(_TR, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(_TR, LOW);
  long vreme = pulseIn(_ECHO, HIGH);
  return vreme*0.0175;
}
```

Slika 10. Prikaz source fajla.

U glavnom programu, se uključuju potrebne biblioteke komandom `#include`, u našem slučaju uključuju se biblioteke za LCD displej i servo motor. Posebno treba obratiti pažnju da se uključuje i biblioteka `ultraZvucni.h` koju smo kreirali za potrebe projekta. U nastavku se definišu pinovi, u određenim promenljivama se čuvaju vrednosti pinova, kojima se kasnije pristupa preko zadate promenljive. Kreira se promenljiva tipa `Servo` i instanca na `ultraZvucni` klasu pod nazivom `uz(triggerPin, echoPin)`. Zatim, sledi

definisanje pinova za LCD displej i dodeljivanje inicijalne vrednosti promenljivoj `servoUgao`. U void `setup`-u se vrši povezivanje `mojServo` sa pinom na kome je vezan servo motor, `servoPin`. Definiše se tip LCD-a koji je korišćen u realizaciji projekta, 16x2. U void `loop`-u, kursor se postavlja na početku prvog reda LCD-a, vrši se prikazivanje poruke: "Budite oprezni" i pomeranje iste u desno. U if petlji se vrši proveravanje uslova, ukoliko je razdaljina manja ili jednaka 20cm, servo motor pomera svoj zupčanik tako da zaklapa ugao od 180°. Ukoliko to nije slučaj, servo motor postavlja zupčanik pod uglom od 0°. Inicijalna vrednost ugla je 90°.



```
#include <LiquidCrystal.h>
#include "ultraZvucni.h"
#define echoPin 2
#define trPin 3
#include <Servo.h>
Servo mojServo;
ultraZvucni uz (trPin,echoPin);
#define servoPin 10
int servoUgao=100;
const int rs=13, e=12, d4=7, d5=6, d6=5, d7=4;
LiquidCrystal mojLCD(rs,e,d4,d5,d6,d7);

void setup(){
  mojServo.attach(servoPin);
  Serial.begin(9600);
  mojLCD.begin(16,2);
}

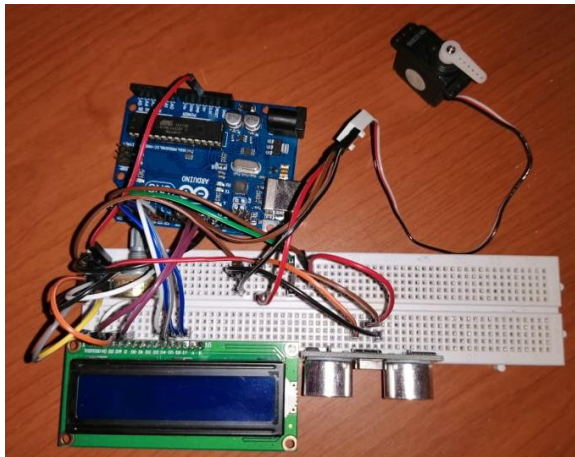
void loop(){
  mojLCD.setCursor(0,0);
  mojLCD.print("Budite oprezni!");
  mojLCD.scrollDisplayLeft();
  delay(400);
  if(uz.razdaljina()<=20){
    mojServo.write(servoUgao);
    delay(250);
  }
  else{
    mojServo.write(0);
  }
}
```

Slika 11. Prikaz koda u *Arduino* kompajleru.

IV. PRAKTIČNA REALIZACIJA

Pomoću *Arduino* paketa realizovali smo proto verziju projekta. Pored gore navedenih komponenata koristili smo i pumpicu koja izbacuje tečnost za dezinfekciju ruku. Da bi tečnost izašla iz flaše treba povući ručicu, servo motor [3] nam omogućava da to uradimo beskontaktno. On se pomeri za 90° kada mu ultrazvučni senzor [4] pošalje odgovarajući signal i na taj način povuče ručicu za koju smo pričvrstili njegov propeler. Vezu između pumpice i servo motora smo napravili pomoću strune kako bi bila što manje uočljiva, zbog samog fizičkog izgleda projekta. Na slici 12 je

prikazano povezano kolo bez pumpice, dok je na slici 13 prikazan izgled finalnog projekta.



Slika 12. Prikaz praktične realizacije.



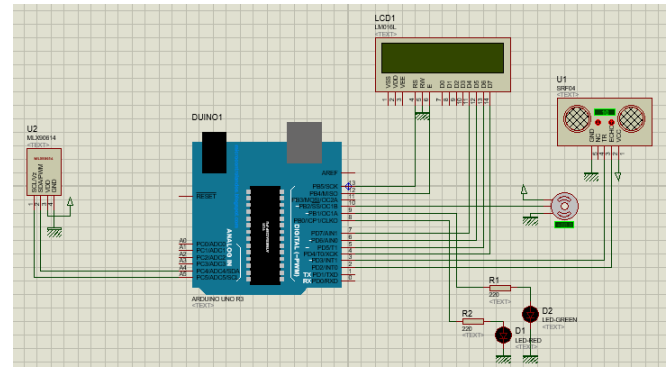
Slika 13. Izgled celokupnog projekta.

V. POBOLJŠANA VERZIJA

Dodavanjem beskontaktnog senzora temperature MLX90614, kao na slici 14 [5], dobijamo poboljšanu verziju našeg projekta. MLX90614 senzor, prikazan na slici 15, iz MLX serije senzora pripada grupi infracrvenih termometara za beskontaktno merenje temperature. U okviru senzora se nalaze IR detektor, ASSP za upravljanje analognim signalom, kao i 17-bitni ADC koji uz DSP (*digital signal processor*) omogućavaju visoku preciznost i rezoluciju termometra. MLX90614 dolazi fabrički kalibrisan sa digitalnim PWM i SMBus izlazom. Standardno, 10-bitni PWM je postavljen da konstantno šalje izmerene vrednosti. Raspon merenja temperature objekta je od -70 do 380 stepeni. Senzor radi na naponima od 3V do 5V, a za povezivanje sa mikrokontrolerom koristi I2C interfejs.

Nakon dodavanja biblioteke Adafruit_MLX90614 i pravljenja objekta `mlx` preko odgovarajućih funkcija prikazujemo izmerene vrednosti. Temperatura objekta se odnosi na onu koju emituje predmet prema kome smo

usmerili senzor. Senzor ima i svoje limite, koji se ogledaju u daljini do koje može da pruži precizna merenja.



Slika 14. Prikaz šeme sa senzorom temperature u simulatoru.



Slika 15. Beskontaktni senzor temperature.

Ovaj senzor, u našem projektu bi merio temperaturu osobe (objekta) koja mu se približi i u slučaju da je ona veća od 37°, tačnije ako ta osoba ima temperaturu, uključila bi se crvena LE dioda koja zapravo predstavlja alarm, a u slučaju da osoba nema temperaturu uključuje se zeleni LED. Na slici 16 je dat deo koda poboljšane verzije, gde se pomoću parametra temperature očitava temperatura osobe (objekta) i upoređuje sa fiksnom temperaturom od 37°C.

```
void loop() {
    float temp=mlx.readObjectTempC();
    if (temp>=37.0) {
        digitalWrite(crvenaPin,HIGH);
        digitalWrite(zelenaPin,LOW);
        mojLCD.setCursor(0,1);
        mojLCD.print(temp);
        mojLCD.write(byte(0));
    }
    else
    {
        digitalWrite(crvenaPin,LOW);
        digitalWrite(zelenaPin,HIGH);
    }
}
```

Slika 16. Deo koda poboljšane verzije.

ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je prototip beskontaktnog uređaja za dezinfekciju. Data su objašnjenja o korišćenim komponentama i kodova pisanih za *Arduino* okruženje. Naš

projekat predstavlja vid zaštite od širenja zaraze, jer mi ne znamo ko je pre nas upotrebljavao (dodirnuo) sredstva za dezinfekciju koja se nalaze na svim ulazima u radnjama, školama, fakultetima... Jedini način da se suprotstavimo virusu COVID-19 jeste sprečavanje njegovog širenja.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se profesorima sa Katedre za mikroelektroniku na pomoći koju su nam pružili tokom izrade projekta, posebno asistentu Milošu Marjanoviću i Nikoli Mitroviću.

LITERATURA

- [1] Internet izvori: <https://www.arduino.cc/reference/en>
- [2] Miloš Marjanović, Modeliranje i simulacija mikroelektronskih komponenata i kola ZBIRKA REŠENIH ARDUINO PROJEKATA, Katedra za mikroelektroniku, Elektronski fakultet Niš, 2020. Dostupno na: <http://mikro.elfak.ni.ac.rs/wp-content/uploads/Arduino-zbirka-resenih-projekata.pdf>
- [3] Servo motor SG90, datasheet. Dostupno na: www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/stores/sg90_data_sheet.pdf
- [4] Ultrazvučni senzor SRF04, datasheet. Dostupno na: <https://datasheetspdf.com/pdf/523589/ETC/SRF04/1>
- [5] Beskontaktni temperaturni senzor MLX90614, datasheet. Dostupno na: <https://datasheetspdf.com/pdf/774392/Melexis/MLX90614/1>

Pouzdanost *EPCOS* gasnog odvodnika prenapona

Marija Živković

Sadržaj – U ovom prikazani su rezultati ispitivanja pouzdanosti gasnog odvodnika proizvođača *EPCOS*. Rad predstavlja nastavak prošlogodišnjeg rada u kome su ispitani gasni odvodnici prenapona *Littelfuse*. Takođe, deo je master rada pod nazivom „Ispitivanje pouzdanosti različitih vrsta gasnih odvodnika prenapona“. Ispitivanja su vršena primenom i analizom raspodela vremena kašnjenja električnog proboja i probojnog napona. Eksperimentalni podaci srednje vrednosti probojnog napona su dobijeni za brzine porasta napona od 1 do 10 V/s. Analiza podataka izvršena je dinamičkom diskretizovanom metodom. Pored toga, ispitivan je uticaj prenapona na zavisnost vremena odziva u funkciji vremena relaksacije. U radu su takođe date Gausove i Laueove raspodele dobijenih podataka.

I. UVOD

Prenapon je iznenađno, a vrlo često i fatalno povećanje napona u energetske mreži. Napredni razvoj, složenost i kontinuirana minijaturizacija elektronskih komponenta čine ih sve ranjivijima na oštećenja prouzrokovana prenaponskim događajima. Prenaponi su obično izazivani udarom groma u blizini, odnosno atmosferskim pražnjenjima, zatim elektrostatičkim pražnjenjima, komutacionim prenaponima, radarskim impulsima, kao i elektromagnetnim impulsima nuklearne eksplozije. Prenapon zapravo predstavlja pojavu pri kojoj je potencijal jedne tačke neke komponente ili uređaja u odnosu na neku drugu tačku ili tačku nultog potencijala veći od dozvoljenog. Mogu da sprže elektronsku opremu, ali je verovatnije da će se samo pojaviti npr. svetlucanje na ekranu. Ove vrste pražnjenja značajno utiču i na telekomunikacione vodove preko kojih oštećuju komponente, odnosno uređaje. Nastanak atmosferskog pražnjenja je nepredvidiv, pa je samim tim ono i najopasnije.

Osnovna podela elementa za zaštitu od prenapona prema načinu primene napona njihovim krajevima, pri povećanju struje kroz njih je na linearne i nelinearne.

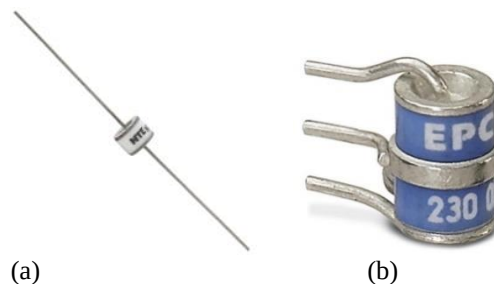
Među linearnim elementima za zaštitu od prenapona nalaze se električni filtri, dok je osnovna podela nelinearnih elemenata za zaštitu od prenapona prema tehnologiji izrade:

- gasni odvodnici prenapona (*Gas Filled Surge Arresters*, skraćeno *GFSA*) (slika 1).
- metaloksidni varistori (*Metaloxide Varistors*, skraćeno *MOV*),
- prenaponske diode (*Transient Suppressor Diodes*, skraćeno *TSD*),

Vrlo često se u cilju zaštite od prenapona koriste različite kombinovane odnosno hibridne šeme [1][2].

M. Živković je student doktorskih studija modula Primenjena fizika na Katedri za mikroelektroniku, Elektronskog fakulteta, Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: marija.zivkovich@elfak.rs

Gasni odvodnici prenapona se kao nelinearni elementi za zaštitu od prenapona izrađuju u dvoelektrodnoj ili troelektrodnoj simetričnoj konfiguraciji sa gasnom izolacijom, kao što je prikazano na slici 1. Kao izolacioni medijum koristi se plemeniti gas (najčešće argon, neon, kripton, ksenon) ili smeša plemenitih gasova na pritisku od 0.1 kPa do 70 kPa. Elektrode su zatopljene u keramičko ili stakleno kućište. Rad gasnih odvodnika prenapona je zasnovan na procesima koji dovode do električnog proboja i pražnjenja.



Slika 1. Gasni odvodnici (a) dvopinski i (b) tropinski.

Narednom jednačinom prikazana je zavisnost struje od napona kod svih nelinearnih elemenata za zaštitu od prenapona:

$$i = a \cdot U^b$$

gde su a i b konstante. U konkretnom slučaju $b = 1$ ova zavisnost postaje linearna. Pokazalo se da je element za zaštitu od prenapona bolji ukoliko je strujno-naponska karakteristika bliža pravoj liniji koja je paralelna naponskoj osi, odnosno kada je zavisnost struje od napona manja. Kod gasih odvodnika, rad se zasniva na principu proticanja električne struje kroz gas, odnosno na električnom pražnjenju u gasovima. Kao nelinearni elementi koriste se isključivo za zaštitu od prenapona. Brzina reagovanja elemenata za zaštitu od prenapona predstavlja njihovu najvažniju karakteristiku. Ona zavisi od nekoliko parametara:

- nagib prednje ivice prenaponskog impulsa (brzina porasta napona);
- statički nivo reagovanja (prag reagovanja na spore promene impulsa);
- dinamički nivo reagovanja (najveći napon koji se podstiče na zaštitnom elementu kada je nagib ivice veliki)
- vreme reagovanja (vremenski interval za koji prenaponski impuls promeni vrednost od statičkog do dinamičkog nivoa reagovanja bez dejstva zaštite pri određenoj brzini porasta napona).

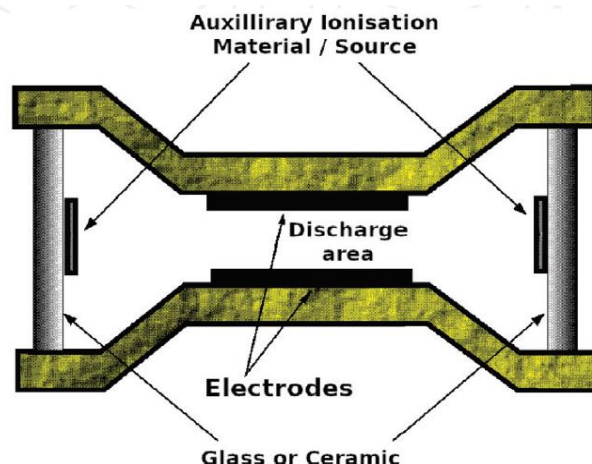
II. EKSPERIMENT

U opisanom eksperimentu je korišćen uzorak gasnog odvodnika proizvođača *EPCOS*. Korišćen gasni odvodnik se sastoji od dve elektrode (slika 2). Između elektroda je potrebno obezbediti homogeno električno polje, pa su iz tog razloga elektrode ravne i paralelne, a njihovo rastojanje je reda milimetra ili dela milimetra. Nalaze se u kućištu od keramike i metala. Kao izolacioni materijal koriste se ili plemeniti gasovi (argon, neon, kripton ili ksenon) ili njihove smeše na pritiscima od 0.1 kPa do 70 kPa.

Svi gasni odvodnici se izrađuju bez radioaktivnog izvora, dok su nekada u upotrebi bile dve vrste gasnih odvodnika prenapona – bez ugrađenog radioaktivnog izvora i sa ugrađenim radioaktivnim izvorom. Radioaktivni izvor se ranije koristio jer je obezbeđivao povećani broj jonskih parova u međuelektrodnom prostoru što je dovodilo do bržeg reagovanja odvodnika na pojavu prenapona.

Tehničke karakteristike ispitivanog gasnog odvodnika prenapona za obe komponente su: probojni napon 184-276 V DC, izolatorska otpornost 10 G Ω na 100 V i

kapacitivnost 1.5 pF. Detaljniji pregled tehničkih karakteristika ovog gasnog odvodnika dat je u Tabeli I.



Slika 2. Poprečni presek gasnog odvodnika prenapona.

TABELA I
SPECIFIKACIJA KORIŠĆENOG *EPCOS* GASNOG ODVODNIKA PRENAPONA NA 25°C

Komponenta	DC probojni napon (V)	DC proboj-tipično (V)	Izolatorska otpornost	Kapacitivnost (pF)	Napon luka (V)	Nominalna impulsna struja pražnjenja (x10@8/20 μ s) (kA)
EPCOS	184 do 276	230	10 G Ω na 100 V	1.5	~ 25	5

III. PARAMETRI KOJI DEFINIŠU ELEKTRIČNI PROBOJ U GASU

U ovoj glavi prikazani su rezultati merenja statičkog probojnog napona i memorijskih krivih *EPCOS* gasnog odvodnika. Ovaj gasni odvodnik prenapona je komercijalnog tipa, pa zato i nije poznato koji se gas nalazi unutar same komponente. Gasni odvodnici prenapona su nelinearni elementi koji se koriste za zaštitu od prenapona u uslovima visokog rizika. Osnovne veličine koje će biti spomenute dalje u radu a koje karakterišu proboj u gasu su:

- t_d – vreme kašnjenja električnog proboja
- τ – vreme relaksacije
- t_g – vreme žarenja (pražnjenja)
- σ – standardna devijacija
- U_s – statički probojni napon

Vreme kašnjenja električnog proboja t_d je veličina koja predstavlja izvesno vreme nakon koga dolazi do električnog proboja. Do električnog proboja ne dolazi odmah posle

priključivanja napona čak i onda kada je on znatno veći od statičkog probojnog napona.

Uglavnom se pod vremenom kašnjenja električnog proboja podrazumeva vreme koje protekne od momenta priključenja radnog napona U_w na elektrode gasne komponente, koji je veći od statičkog probojnog napona U_s , do nastanka proboja, tj. dostizanja zadate vrednosti struje pražnjenja.

Nad datom komponentom je izvršen veliki broj merenja (reda 10³), pod istim eksperimentalnim uslovima, radi dobijanja što pouzdanijeg oblika memorijske krive. Uzeta je srednja vrednost dobijenih podataka [3].

Razlog je stohaistički karakter vremena kašnjenja zbog njegovih fluktuacija. Stohaistički ili slučajni proces je matematički objekat koji je obično definisan kao familija slučajnih promenljivih.

Vreme relaksacije τ predstavlja vreme za koje se napon na elektrodama gasne komponente isključuje. To vreme se takođe unapred zadaje, a kada zadato vreme istekne proces počinje od početka.

Vreme žarenja poznatije i kao vreme pražnjenja t_g predstavlja vreme za koje, posle uspostavljanja samostalnog pražnjenja kroz gas, teče struja i_g .

Standardna devijacija predstavlja apsolutnu meru disperzije u osnovnom skupu podataka i govori nam koliko u proseku izmerene vrednosti odstupaju od srednje vrednosti vremena kašnjenja električnog proboja.

Električni proboj gasa može biti statički ili dinamički, i to zavisi od oblika primenjenog napona. Ako je brzina promene napona jednaka ili veća od brzine promene elementarnih procesa u gasu, proboj se naziva dinamičkim. Statički odnosno jednosmerni proboj nastaje kada je brzina promene napona mnogo manja od brzine promene elementarnih procesa koji dovode do proboja. [4]

Statički probojni napon (1) se definiše kao najveći radni napon U_w za koji je verovatnoća električnog proboja jednaka nuli, tj.

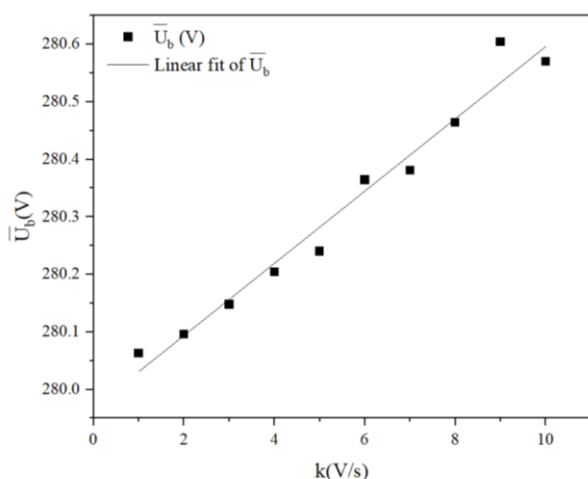
$$\lim_{P \rightarrow 0} U_w = U_s \quad (1)$$

Pojava memorijske krive predstavlja neželjeni efekat kod gasnih odvodnika, i taj efekat se javlja i kod korišćene komponente. Merenja su izvršena preko softvera koji naizmenično prikazuje svako uneto vreme relaksacije i vreme pražnjenja [4].

IV. DOBIJENI REZULTATI – ANALIZA I DISKUSIJA

Analize su izvršene sa vremenima relaksacije za komponentu EPCOS u opsegu [1, 30.000] ms, što se može i videti na grafiku. Broj merenja je postavljen na 1000.

Rezultati merenja statičkog probojnog napona dobijeni eksperimentom predstavljeni su na narednom grafiku (slika 3), gde zavisnost brzine porasta napona zavisi od naponskog stepa k .



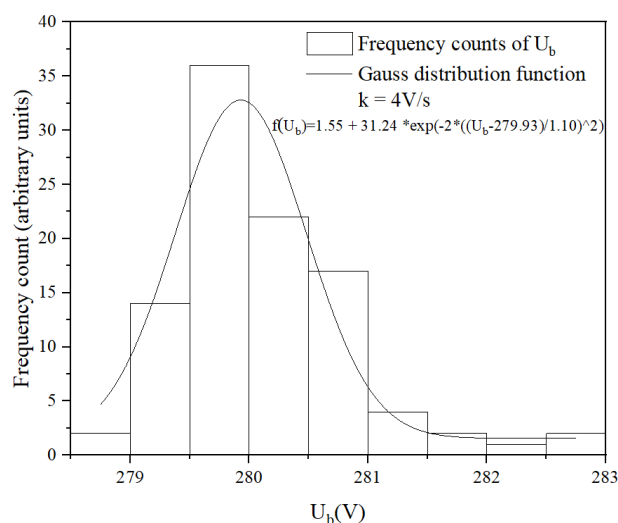
Slika 3. Srednja vrednost dinamičkog probojnog napona u funkciji brzine porasta napona k od 0 do 10 Vs^{-1} kod gasnog odvod.

Fitovanjem rezultata dobijenih vrednosti može se uočiti da eksperimentalni rezultati pokazuju dobru linearnu zavisnost od naponskog koraka k . Presekom fitovane krive sa U_b osom za $k = 0$ određuje se vrednost statičkog

probojnog napona U_s . Kod komponente EPCOS ona iznosi približno 280 V.

Na osnovu dobijenih rezultata sa 1000 merenja izvršena je funkcija *frequency counts* gde su dobijene očekivane Gausove raspodele. Na narednim primerima može se videti grafik kod odvodnika za naponski korak $k = 4 \text{ V/s}$ (slika 4).

Gausove, poznate kao i normalne raspodele, predstavljaju važniju familiju neprekidnih raspodela verovatnoće, čiji su članovi definisani preko dva parametra. To su matematičko očekivanje i varijansa (disperzija). Krenulo se od pretpostavke da srednja vrednost merenog uzorka ima normalnu odnosno Gausovu raspodelu, što je eksperiment i dokazao primenom χ^2 testa. Ova raspodela je često korišćena familija raspodela u statistici, i mnogi statistički testovi su bazirani na pretpostavci normalnosti.



Slika 4. Frequency counts za naponski step $k=4 \text{ V/s}$ kod komercijalne komponente EPCOS.

Na narednom grafiku, na slici 5, prikazane su zavisnosti srednjeg vremena kašnjenja izraženog u μs u zavisnosti od vremena relaksacije τ u ms za različite vrednosti prenapona kod merenog gasnog odvodnika.

Primenjeni napon je u odnosu na statički probojni napon redom: $U_w = 2U_s$, $U_w = 1.5U_s$, $U_w = 1.3U_s$, $U_w = 1.2U_s$, $U_w = 1.1U_s$. Kod ove komponente primećuje se da srednje vreme kašnjenja veoma malo raste sa porastom vremena relaksacije τ i reda je veličine oko 10 μs , za sve vrednosti prenapona, osim za primenjeni napon $U_w = 1.1 U_s$. Vidi se da u slučaju tog primenjenog prenapona (253 V), pri vrednostima τ reda veličine od 1000 ms, dolazi do blagog porasta srednjeg vremena kašnjenja, stoga i do pojave blage memorijske krive [5].

Poslednji grafik (slika 6) prikazuje Laueove raspodele kod vremena kašnjenja električnog proboja, poznatije kao lauegrami. Definisane su kao eksponencijalna zavisnost:

$$f(t_d) = \ln n(t_d) / N$$

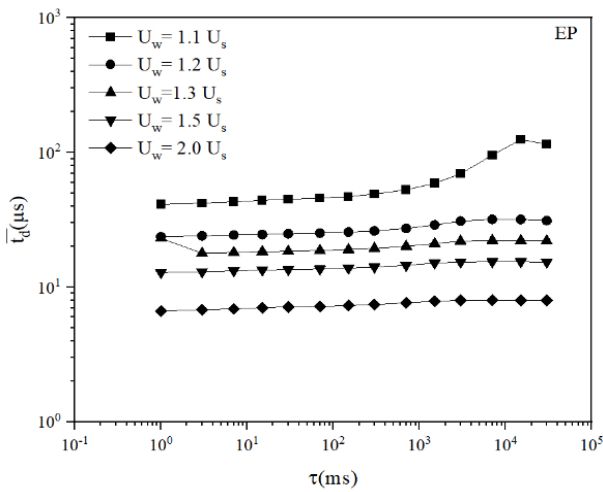
gde je N ukupan broj merenja vremena kašnjenja električnog proboja ($N=1000$ za sva merenja u ovom eksperimentu), a $n(t)$ broj izmerenih vrednosti vremena kašnjenja čije su vrednosti veće od t . Iz matematičke perspektive, to odgovara crtanju funkcije:

$$\ln R(t) = -\lambda(t - t_f)$$

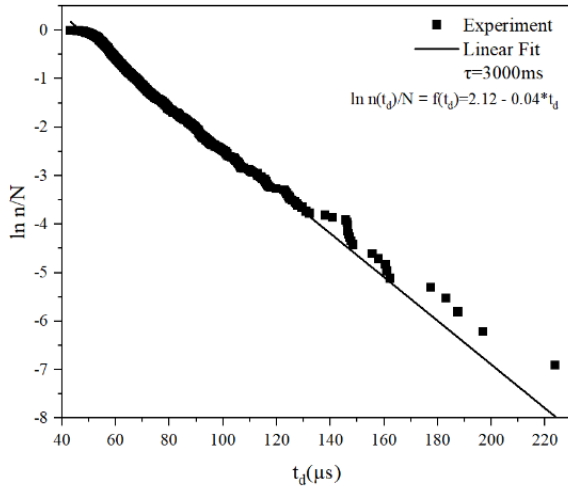
gde je

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_{t_f}^t \lambda \exp[-\lambda(x - t_f)] dx$$

funkcija verovatnoće da se proboj u cevi desi nakon vremena t .



Slika 5. Zavisnost srednjeg vremena kašnjenja izraženog u μs u zavisnosti od vremena relaksacije τ u ms za različite vrednosti prenapona kod komercijalnih komponenti EPCOS.



Slika 6. Laueova raspodela $\ln(n(t_d)/N)$ kod komercijalne komponente EPCOS za vreme kašnjenja $\tau = 3000$ ms

Približno linearna prava dobijena je i prikazana kod EPCOS za $\tau = 7000$ ms pri primenjenom naponu $U_w = 1.1 U_s$.

IV. ZAKLJUČAK

Analizom dobijenih rezultata može se zaključiti sledeće. Fitovanjem zavisnosti srednje vrednosti probojnog napona od brzine porasta napona vrlo dobro se može proceniti statički probojni napon. Tabela I prikazuje nominalne vrednosti statičkog probojnog napona i ona je u dobroj saglasnosti sa procenjenom vrednošću statičkog probojnog napona i iznosi 279 V.

Eksperimentalni podaci vremena kašnjenja električnog proboja su korišćeni za analizu vremenskog odziva gasnih odvodnika. Analiza čiji su rezultati prikazani na slikama pokazuje da za vrednosti prenapona većih od 10%, ova vrsta gasnog odvodnika pouzdano radi. Za prenapone manje od 10% takođe radi, ali manje pouzdano iznad vremena relaksacije od 1 s [5]. Nastavak ovog istraživanja će se usmeriti u pravcu proučavanja različitih gasnih odvodnika marke Littelfuse radi daljeg upoređivanja pouzdanosti.

ZAHVALNICA

Zahvaljujem se doc. dr Emiliji Živanović i doc. dr Miliću Pejoviću na nesebičnoj saradnji i izvanrednoj stručnoj pomoći i podršci koju su mi pružili od samog početka ove ideje. U saradnji sa njima, nastali su različiti naučni radovi, kao i završni master rad, pa samim tim i ovaj rad. Unapred se radujem budućoj saradnji u ovoj oblasti gasnih odvodnika prenapona.

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije kroz projekat br. 171007.

LITERATURA

- [1] Momčilo M. Pejović, "Uvod u električna gasna pražnjenja. Gasne elektronske komponente", Elektronski fakultet u Nišu, Niš, 2008., str. 49-81, 124-128
- [2] Momčilo M. Pejović, Milić M. Pejović, "Električni proboj gasova", Elektronski fakultet u Nišu, Niš, 2009.
- [3] M. M. Pejović, K. Stanković, I. Fetahović, M. M. Pejović, "Processes in insulating gas induced by electrical breakdown responsible for commercial gas-filled surge arresters delay response", *Vacuum*, 2017, vol. 137, pp. 85-91.
- [4] M. M. Pejović, G. S. Ristić and J. P. Karamarković, "Electrical breakdown in low pressure gases", *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2002, vol. 35, pp. R91-R103.
- [5] Emilija Živanović, Sandra Veljković, Marija Živković and Milić Pejović, "Reliability of Various Type of Gas-filled Surge Arresters Under DC Discharge", *Proc. 31st International Conference on Microelectronics (MIEL 2019)*, Niš Serbia, str. 4

Opis LOGO Siemens kontrolera i njegova primena u pogonu fabrike TF “Kable”

Katarina Božinović

Sadržaj – U ovom radu je opisan PLC kontroler iz LOGO familije kompanije Siemens, prikazana je i njegova primena u realnim uslovima kao što je pogon fabrike.

I. UVOD

Logo je univerzalni logički modul kompanije Siemens [1]. Integriše:

- Kontrolne funkcije
- Upravljačku i displej jedinicu
- Napajanje
- Interfejs za programske module i PC kabl
- Osnovne funkcije spremne za upotrebu koje su često potrebne u svakodnevnom radu, kao što su funkcije za odlaganje uključivanja/isključivanja
- Vremenski prekidač
- Binarne markere
- Ulaze i izlaze prema vrsti uređaja

Ovaj uređaj se može koristiti za kućne potrebe kao na primer: osvetljenje stepeništa, spoljna rasveta, pametne roletne, osvetljenje izloga, itd. Može se primenjivati u mašinstvu, neki od primera su: sistemi za kontrolu vrata, ventilacioni sistemi, pumpe za kišnicu, itd. Dostupni su različiti tipovi uređaja, postoje LOGO modeli za 12 V DC, 24 V DC, 24 V AC i 230 V AC i to različitih dimenzija sa varijacijama u broju ulaza/izlaza. Sve varijante uključuju 29 spremnih za upotrebu osnovnih i specijalnih funkcija za kreiranje programa.

II. STRUKTURA LOGO UREĐAJA

Na slikama 1 i 2 mogu se videti označeni delovi na LOGO PLC kontroleru:

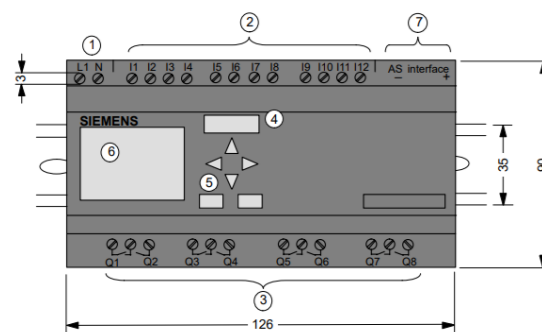
1. Napajanje
2. Ulazi
3. Izlazi
4. Osovina modula sa poklopcem
5. Kontrolna tabla
6. LCD
7. AS interfejs veza

Svaki se ulaz identifikuje slovom I i brojem. Kada se uređaj gleda sa prednje strane, na vrhu se vide konektori za ulaze. Svaki izlaz se označava slovom Q i brojem.

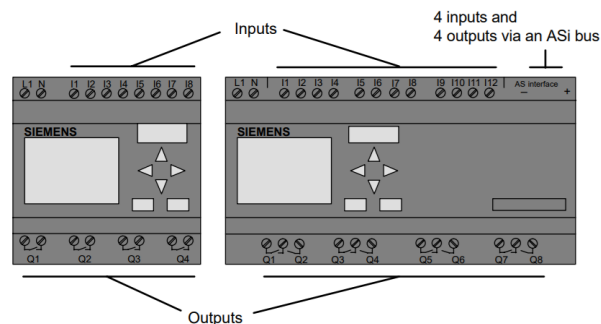
K. Božinović je student osnovnih akademskih studija modula Elektronske komponente i mikrosistemi, Elektronskog fakulteta, Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: katarina.n.bozinovic@gmail.com.



Slika 1. Izgled kontrolera Siemens Logo plc.



Slika 2. Izgled kontrolera sa zadnje strane.



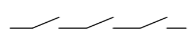
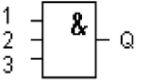
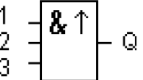
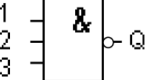
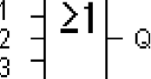
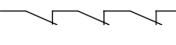
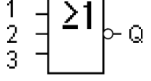
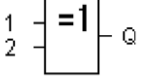
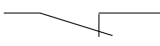
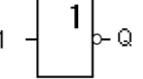
Slika 3. Prikaz ulaza i izlaza uređaja.

III. OSNOVNE FUNKCIJE

Osnovne funkcije koje pruža Logo kontroler predstavljaju osnovne operacije u Bulovoj algebri. Osnovne funkcije opisane su u tabeli I.

AND (I) FUNKCIJA: Izlaz je u stanju 1 samo ako svi ulazi imaju stanje 1 (tj. da su zatvoreni). Ako ulazni pin ovog bloka nije povezan (X), smatra se da je sledeće X= 1.

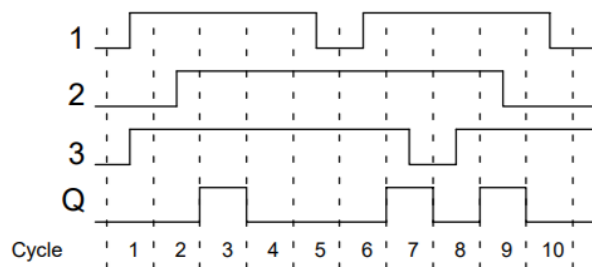
TABELA I
PRIKAZ OSNOVNIH FUNKCIJA

Dijagram kola	Prikaz u LOGO!	Naziv funkcije
 Redna veza normalno otvorenih kontakata		AND (I)
		AND sa RLO detekcijom ivice
 Paralelna veza normalno zatvorenih kontakata		NAND sa RLO detekcijom ivice
 Paralelna veza normalno otvorenih kontakata		OR (ILI)
 Redna veza normalno zatvorenih kontakata		NOR (NILI)
 Dvostruka promena		XOR (ekskluzivno ILI)
 Invertor		NOT (NE, invertor, negacija)

OR (ILI) FUNKCIJA: Izlaz usvaja stanje 1 ako bar jedan ulaz ima stanje 1 (tj. da je zatvoren). Ako ulazni pin ovog bloka nije povezan (X), na ulazu se smatra da je sledeće X = 0.

NOT (NE, negacija, invertor): Izlaz je u stanju 1 ako ulaz ima stanje 0. Drugim rečima, NE invertuje stanje na ulazu. Prednost funkcije NOT ogleda se u tome da se ne zahtevaju normalno zatvoreni kontakti za LOGO. Treba koristiti normalno otvoreni kontakt i pretvarati ga u normalno zatvoreni kontakt koristeći invertor.

AND sa RLO detekcijom ivice: Izlaz I sa RLO detekcijom ivica usvaja stanje 1 samo kada svi ulazi imaju stanje 1 i najmanje je jedan ulaz imao stanje 0 u prethodnom ciklusu (slika 4). Ako ulazni pin ovog bloka nije povezan (X), na ulaz se smatra da je sledeće X = 1.



Slika 4. Vremenski dijagram za I kolo sa RLO detekcijom ivice.

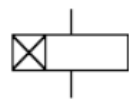
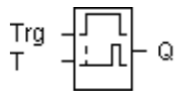
Ostale funkcije su kombinacija ove tri s varijacijama.

IV. SPECIJALNE FUNKCIJE

Veze koje se mogu uspostaviti sa drugim blokovima ili na ulaze LOGO uređaja. Neke od specijalnih funkcija (Tabela II) su:

- S (set): Ulaz S omogućava podešavanje izlaza na „1“.
- R (reset, resetovanje): Reset ulaz ima prednost nad svim ostalim ulazima I prebacuje izlaze na "0".
- Trg (trigger, okidač): Ovaj ulaz se koristi za pokretanje izvršenja funkcije.
- Cnt (count, broji): Ovaj ulaz beleži brojanje impulsa.
- Fre (frequency, frekvencija): Signali frekvencije koji se vrednuju primenjuju se na ulaz sa ovim opisom.
- Dir (direction, pravac): Ovim ulazom se postavlja pravac u kojem brojač treba brojati.
- En (enable, omogućiti): Ovaj ulaz omogućava funkciju bloka. Ako je ulaz na "0", ostali signali se blokiraju.
- Inv (invert, invertor): Izlazni signal bloka se invertuje kada je ovaj ulaz aktivan.
- Ral (reset all, resetovanje svih): Sve unutrašnje vrednosti se resetuju.

TABELA II
PRIKAZ NEKIH SPECIJALNIH FUNKCIJA

Dijagram kola	Prikaz u LOGO!	Naziv funkcije
		On delay

		Off delay
		On/off delay
		Prekidač
		Dvonamenski prekidač (Dual-function switch)
		Strujno impulsni relej (Current impulse relay)
		Leč relej (Latching relay)
		Brojač napred/nazad (Up and down counter)

V. PRIMENA KONTROLERA U POGONU FABRIKE TF“KABLE”

U ovom radu predstavljena je primena PLC kontrolera (slika 5) u automatizaciji utovara mase PVC ekstrudera vakuum pompom (slika 6). Ekstrudiranje je kontinualan postupak prerade plastičnih masa. Ovim postupkom plastična masa, kao polazna sirovina, u prahu ili što je najčešće u granulatu raznih oblika ubacuje se putem levka u cilindar mašine u kojoj je smešten jedan ili više puževa koji plastičnu masu transportuju, a pod uticajem dovedene toplote prevode je u tečno stanje. Dejstvom pogona za obrtanje puža kao i savlađivanjem otpora koji nastaju transportovanjem rastopljene plastične mase, kroz otvore između puža i cilindra masa se plastificira, homogenizuje i na kraju u alatu mašine formira se u željeni oblik. Ova mašina u kojoj se odvija pomenuti proces prerade plastike zove se ekstruder.

Savremeni industrijski procesi zahtevaju različite vrste pumpi i duvaljki, koje su neophodne za transport širokog spektra fluida. Pumpe su veoma bitan element u svakom industrijskom procesu, jer nepravilno izabrana pumpa može biti uzrok brojnih problema u radu sistema. U nastavku će biti opisan redosled koraka u automatizaciji procesa [2].

1. Vakuum pumpa za utovar se startuje i radi 10 s kada nivo mase u košu padne ispod zadatog nivoa,
2. Nivo se detektuje kapacitivnom sondom,
3. Nakon isteka od 10 s uključuje se elektro ventil koji se ciklično uključuje/isključuje 3 puta (perioda uključivanja/isključivanja od 1s), ukupno 6s,
4. Nakon isteka ciklusa uključivanja/isključivanja ventila se pumpa ponovo startuje nakon 4s,
5. Ciklus od 1 do 4 se ponavlja sve dok sonda ne detektuje da je koš pun.



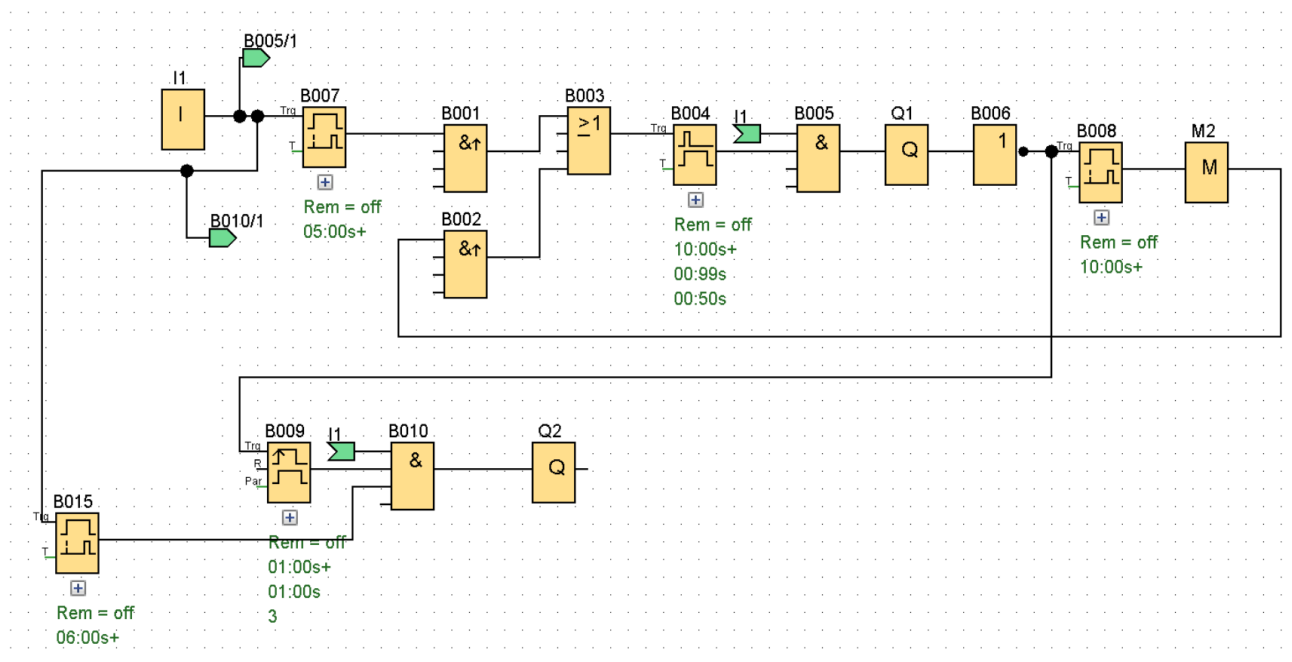
Slika 5. PLC kontroler [2].



Slika 6. PVC ekstruder [2].

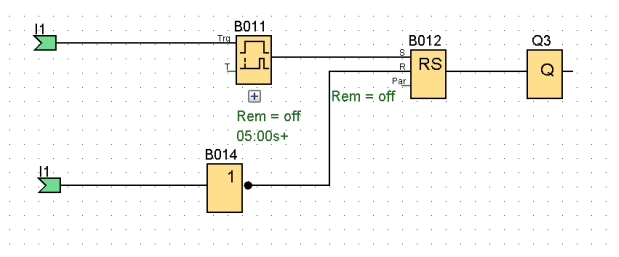
Na slici 7 je rešenje pisano u softveru Logo Comfort V8 za programiranje Siemensove familije LOGO PLC-ova. Ulaz I1 je kapacitivni senzor, predstavlja ulaz čije stanje se očitava, na taj način se dobija informacija da li je nivo u košu pao ispod određenog. Q1 je relejni izlaz koji uključuje vakuum pumpu. Q2 je izlaz koji uključuje elektro ventil. Sve ostalo su naredbe (instrukcije PLC-a) LOGO kontrolera (već pomenute kao osnovne i specijalne funkcije kontrolera).

- B007 je *on delay* funkcija, definiše vreme čekanja od momenta kada je sandom detektovano da je nivo u kašu pao ispod potrebnog,
- B001 i B002 su AND (I) kola sa RLO detekcijom ivice, predstavljaju triger naredbe i aktiviraju se na prednju ivicu signala samo jednom,
- B003 je logičko OR (ILI),
- B004 je prekidač koji se aktivira na prednju ivicu signala i aktivan je 10s, tada je izlaz Q1 aktivan i pumpa za utovar radi,
- B005 je logičko AND (I),
- B006 je inverter, kada Q1 postane 0 to aktivira ciklus rada ventila za čišćenje (izduvavanje cevi za utovar),
- B008 je takođe *on delay* funkcija, u ovom slučaju predstavlja tajmer sa kašnjenjem po uključenju,
- B009 je ciklus tajmer, ponavlja se ciklus 1s rada i 1s pauze 3 puta,
- B010 je logičko AND (I),
- B015 predstavlja funkciju sa kašnjenjem od 6s, povezuje ulaz I1 i logičko AND B010.



Slika 7. Rešenje u Logo Comfort V8.

Na slici 8 prikazana je indikacija rada utovara, Q3 je aktivno dok sistem radi. To je signalna sijalica koja indicira kada utovar radi.



Slika 8. Indikacija rada utovara.

VI. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je PLC Siemens Logo kontroler i njegova primena u pogonu fabrike kablova. Korišćen je

softver Logo Comfort V8 koji se primenjuje za programiranje upravo ove familije PLC-ova. U ovom projektu softver je korišćen za simulaciju procesa.

ZAHVALNICA

Zahvaljujem se profesorima sa Katedre za mikroelektroniku na pomoći koju su mi pružili tokom izrade projekta, posebno asistentu Milošu Marjanoviću i dipl. inž. el. Igoru Kociću iz firme TF "Kable" Fabrika kablova Zaječar. Ovaj projekat nastao je kao rezultat stručne prakse obavljene u TF "Kable" Zaječar.

LITERATURA

- [1] Tehnička dokumentacija PLC kontrolera: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/761/19625761/att_75981/v1/logo_e_09_99.pdf
- [2] Interna dokumentacija fabrike kablova TF "Kable" Zaječar.

Projektovanje platforme za dvosmernu IoT komunikaciju

Milan Đorđević, Nikola Mitrović

Sadržaj – U ovom radu prikazano je projektovanje platforme za dvosmernu IoT komunikaciju. Prikazano je projektovanje i hardverskog i softverskog dela platforme. Kao programski jezik za pisanje iskorišćen je JavaScript, kako za programiranje mikrokontrolera sa Wi-Fi modulom, tako i za pisanje softverskog dela platforme. Podatak o vrednosti napona sa fotootpornika prosleđuje se projektovanom serveru, koji u zavisnosti od te informacije vraća podatak o uključivanju LED.

I. TEORIJSKI UVOD

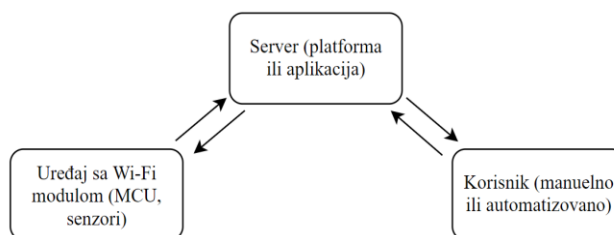
Internet of Things (IoT) tehnologije su tehnologije koje omogućavaju dvosmernu bežičnu komunikaciju između Wi-Fi modula i serverske platforme [1]. Wi-Fi moduli mogu biti integrisani sa mikrokontrolerom ili mogu biti eksterno povezani sa nekom kontrolnom jedinicom.

Ovaj tip tehnologije doživeo je procvat krajem prethodne decenije, kada se u svetu desila ekspanzija tehnologije bežičnog povezivanja na internet (*wireless internet connection*) [1]. Ovaj razvoj podstakao je projektovanje i proizvodnju modula koji se mogu relativno jednostavno povezivati sa mikrokontrolerima i samim tim uveo IoT tehnologiju na tržište. Ipak, pravi prijem na tržište, ove tehnologije su dostigle razvojem softverskih aplikacija instaliranim na servere kojima je širem opsegu korisnika omogućeno korišćenje IoT tehnologija. Vremenom, razvijeni su mnogobrojni raznovrsni alati kojima je moguće projektovati veliki broj platformi i aplikacija koje konstantno unapređuju ovu tehnologiju.

Glavna prednost ovakvih sistema je to što uređaj (merni čvor, Wi-Fi modul sa MCU i opcionalno još nekim drugim komponentama) i korisnik uređaja ne moraju biti blizu, i ne moraju biti u dometu, kao neki drugi klasični tipovi komunikacije. Sve dok korisnik ima pristup internetu, ne postoji ograničenje u pogledu udaljenosti. Jedini uslov za komunikaciju je da i uređaj i korisnik imaju pristup internetu.

Wi-Fi moduli su najčešće povezani tako da mogu da dobijaju podatke sa nekih senzora ili modula. Tehnologija je nazvana Internet „stvari” jer su svi ti senzori i moduli fizički opipljivi (pa su apstraktno označene kao stvari). Dobijeni podaci se obrađuju i šalju na server tako da se

podacima može pristupiti. Tako se završava proces komunikacije u jednom smeru. U zavisnosti od podataka, korisnik može da reaguje (ručno ili automatski). Ukoliko korisnik reaguje, server treba da podatke koji su posledica reakcije prosledi Wi-Fi modulu, Wi-Fi modul mikrokontroleru (Micro Controller Unit – MCU), nakon čega se aktivira potrebni aktuator ili indikator. Na ovaj način, zaokružen je proces dvosmerne komunikacije. Blok šema IoT komunikacije prikazana je na Slici 1.



Slika 1. Blok šema primera dvosmerne IoT komunikacije.

U ovom radu je prikazano očitavanje vrednosti napona sa fotootpornika i prosleđivanje informacije o osvetljenosti na projektovani server. U zavisnosti od toga kolika je ta vrednost, server može poslati podatke o uključivanju diode.

II. PRINCIP FUNKCIONISANJA

Sama realizacija platforme obuhvata realizaciju hardverskog i softverskog dela platforme. Pod hardverskim delom se podrazumeva projektovanje kola koje može da očitava odgovarajuće podatke, izvrši slanje tih podataka ka serveru kao i prijem podataka sa servera. Centralni deo ovog kola je modul ESP12S-E, prikazan na Slici 2 [2].



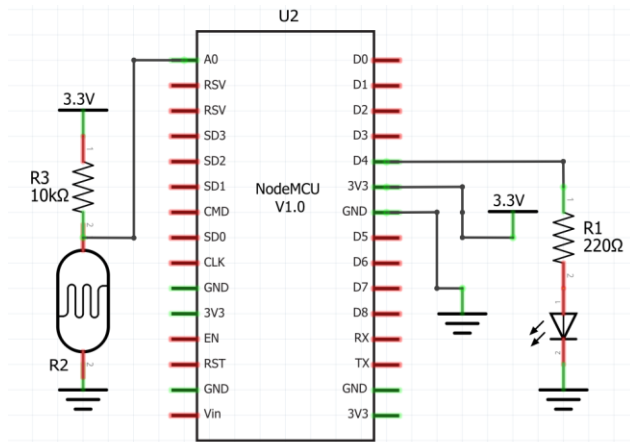
Slika 2. Korišćeno okruženje ESP12-E sa Wi-Fi modulom.

Ovaj modul predstavlja proširenje osnovnog Wi-Fi modula ESP12 (E u imenu je od *extended*), a koji je nastao kao

M. Đorđević je demonstrator na Akademiji Tehničko-Vaspitačkih Strukovnih Studija – Odsek Niš, Aleksandra Medvedeva 20, 18000 Niš, Srbija, E-mail: milan94srb@gmail.com

N. Mitrović je student doktorskih studija pri Katedri za mikroelektroniku, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: nikola.i.mitrovic@elfak.ni.ac.rs

unapređenje prvog komercijalno široko rasprostranjenog Wi-Fi modula ESP8266. Radni napon ovog modula je 3.3 V, ali može da se napaja i sa 5 V preko USB mikro kabla, jer na sebi ima AMS3V3 regulator. Šema hardverskog dela prikazana je na Slici 3.



Slika 3. Šema hardverskog dela platforme sa svim komponentama dobijena korišćenjem softverskog alata Fritzing [3].

Pored ESP12S-E, kolo se sastoji od fotootpornika koji je preko naponskog razdelnika povezan sa ulaznim pinom A0, na koji se može dovesti analogni signal i od LE diode povezane na digitalni pin D4, koji je označen kao izlazni. Uloga razdelnika sa fotootpornikom je da obezbedi niz podataka iz okruženja, konkretno podatke o ambijentalnoj osvetljenosti, koji će služiti kao ulazni podaci za softverski deo projektovane platforme. LE dioda ima ulogu indikatora, odnosno treba da se uključi kada platforma pošalje komandu za uključivanje. Platforma će poslati ovu komandu kada pristigli podaci o osvetljenosti okoline pokažu da je osvetljenost ispod nekog predviđenog nivoa.

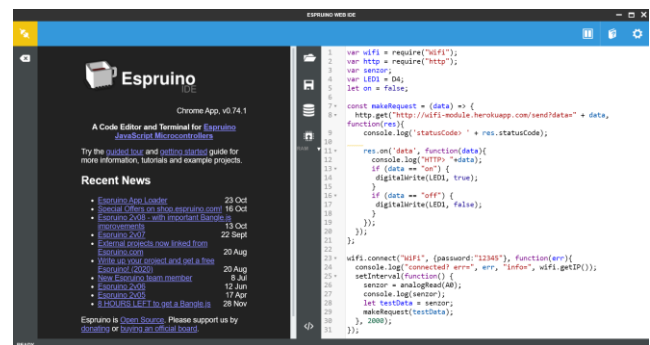
S obzirom da ovaj Wi-Fi modul ima integrisan MCU, da bi modul izvršavao očitavanja podataka, potrebno je isprogramirati MCU, odnosno uprogramirati potrebne komande u *Flash* memoriju modula.

III. KORIŠĆENI ALATI

Jedna od bitnih osobina prilikom odabira alata za rad (alata za programiranje Wi-Fi modula sa MCU kao i alata za projektovanje servera) bila je fleksibilnost programskih jezika koje alati koriste. Neretko, prilikom razvoja ovakvih sistema kao glavni problem nameće se interpretacija podataka. Dobar deo problema koji nastaju prilikom interpretacije moguće je rešiti odabirom odgovarajućih alata. To znači obezbediti da „pakovanje“ podataka sa strane hardvera bude usklađeno sa „raspakivanjem“ podataka sa strane servera (softvera). Najjednostavniji način za rešavanje ovog problema je korišćenje istog programskog jezika i za *firmware* (kod za MCU) i za server. Kako je trenutno najrasprostranjeniji jezik za projektovanje servera i web aplikacija JavaScript, ovaj

programski jezik iskorišćen je za pisanje oba entiteta sistema. Postoji veliki broj načina za projektovanje servera korišćenjem jezika JavaScript, međutim pisanje za *firmware* za MCU korišćenjem ovog jezika je još uvek nedovoljno razvijena oblast tehnike. Ipak, kao okruženje koje ispunjava sve navedene kriterijume iskorišćen je alat *Espruino* [4].

Espruino je softverski alat otvorenog tipa (*open-source*) koji je projektovan da bude interpreter za JavaScript za mikrokontrolere. Pre svega, projektovan je za uređaje sa malim RAM (*Random Access Memory*). Nastao je 2012. godine i prvobitno je projektovan za STM32 mikrokontrolere. Od 2014. godine, široko se koristi i za programiranje Espressif Wi-Fi modula sa MCU, gde se zbog usklađenosti jezika sa jezikom za projektovanje servera pojavljuje kao rešenje za IoT tehnologije. Izgled interfejsa *Espruino* platforme prikazan je na Slici 4.

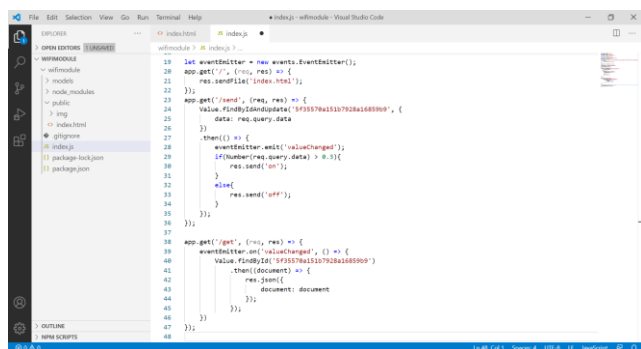


Slika 4. Interfejs softverskog alata *Espruino* koji omogućava programiranje MCU korišćenjem jezika JavaScript.

Bitna karakteristika *Espruino* alata je ta da se softverski alat ponaša i kao serijski terminal. Jako bitna karakteristika ploče ESP12-E, kao i drugih ploča firme *Espressif* (gotovo svih osim osnovnog ESP8266), je ta da je na ploči integrisano i kolo koje omogućava komunikaciju između MCU i računara (TTL na USB konverter, najčešće CP2102, ali se sreće i poznatije FTDI). Korišćenjem ovog softverskog alata, programiranje MCU vrši se preko serijskog porta koristeći ugrađeni *bootloader* unutar ove serije MCU, ali korišćenjem softverskog alata moguće je vršiti i klasičnu serijsku komunikaciju sa računarom.

Softverski deo platforme obuhvata projektovanje servera (aplikacije na serveru) i obezbeđivanje komunikacije sa bazom podataka. Za bazu podataka iskorišćen je besplatan program MongoDB, konkretno MongoDB Atlas [5]. Korišćenje odvojene baze suštinski nije neophodno, ali je svakako dosta bolje rešenje jer omogućava veću slobodu za organizaciju i arhitekturu baze podataka, za sortiranje i raspoređivanje podataka. Za projektovanje servera iskorišćen je node.js [6]. Node.js je okruženje otvorenog tipa (*open-source*) za projektovanje servera. Ekstenzija .js upućuje na to da se koristi sintaksa programskog jezika JavaScript. Unutar Node.js okruženja iskorišćen je paket Express, za podizanje servera i paket Mongoose za komunikaciju servera i baze. Za kreiranje

čitavog projekta kao tekstualni editor korišćen je *Visual Studio Code* [7]. Interfejs ovog softverskog alata sa pokrenutim projektom dat je na Slici 5.



Slika 5. Index.js fajl u projektu za platformu koji je prikazan korišćenjem *Visual Studio Code*.

Nakon projektovanja servera, potrebno je izvršiti postavljanje i aktiviranje servera, tzv. *deployment*. Ovo je neophodan korak kako bi kreirani softver mogao da bude pristupačan na internetu. Za *deployment* servera iskorišćena je platforma *Heroku* [8]. Naravno, u realnoj primeni, za ovaj zadatak bio bi odabran odgovarajući hosting, koji bi omogućio prisutnost servera na internetu. U demonstrativne svrhe, za ovu platformu trenutno je iskorišćena *Heroku* platforma. Za prikaz platforme iskorišćen je jezik html, a za pojedine elemente prikaza iskorišćen je ponovo JavaScript. Platforma je dostupna na linku: <http://wifi-module.herokuapp.com/>

IV. PRIMER RADA PLATFORME

Kao što je opisano u prethodnim odeljcima, korišćenjem platforme moguće je da server primi podatak sa Wi-Fi modula, kao i da Wi-Fi modul primi podatak sa servera. Ova dvosmerna komunikacija prikazana je na primeru šeme električnog kola prikazanog na Slici 3.

Najjednostavniji način očitavanja podataka sa servera je korišćenjem periodičnog ispitivanja podataka sa servera (*periodic polling*) [9]. Na određeni, kodom propisani, vremenski interval (npr. 10 sekundi), klijent šalje zahtev za dobijanje podatka (*request*). Server odgovara određenim podatkom. Ovo jeste rešenje koje radi, mada ima nedostataka. Naime, na ovaj način, klijent šalje zahtev za podatke na svakih 10 sekundi. U trenutku slanja zahteva, klijent nema informaciju o podacima koje treba da preuzme. Samim tim, nije moguće znati da li je došlo do promene podataka koje klijent želi da očitava. Ovo može dovesti do kontinualnog slanja zahteva bez ikakve svrhe koji mogu zakomplikovati rad platforme i koji nisu efikasni sa stanovišta potrošnje energije. Zbog toga, za ovu primenu iskorišćen je *long-polling* metod [9]. Korišćenjem ovog metoda, klijent šalje zahtev za podacima, i zahtev ostaje otvoren sve dok se podaci ne očitaju (ili dok se ne očitava promena podataka). Server tada odgovara podacima.

Nakon prijema, klijent odmah šalje novi zahtev za podacima. Taj zahtev ostaje otvoren sve dok do nove promene podataka ne dođe. Ovaj metod vrlo je sličan metodi korišćenja prekida (*interrupt*) u *embedded* sistemima. Oba metoda i *periodic* i *long polling* imaju svoje prednosti i mane, ali je za projektovanje ove platforme iskorišćen *long-polling* metod, koji je odabran kao napredniji. Ključni delovi koda prikazani su na Slici 6.

a)

```
fetch('http://wifi-module.herokuapp.com/get')
  .then((response) => {
    console.log(response.status);

    if(response.status == 503){
      getValue();
    }
    else{
      response.json()
        .then((data) => {
```

b)

```
app.get('/get', (req, res) => {
  eventEmitter.on('valueChanged', () => {
    Value.findById('5f35570a151b7928a16859b9')
      .then((document) => {
        res.json({
          document: document
        });
      });
  });
});
```

c)

```
app.get('/send', (req, res) => {
  Value.findByIdAndUpdate('5f35570a151b7928a16859b9', {
    data: req.query.data
  })
  .then(() => {
    eventEmitter.emit('valueChanged');

    if(Number(req.query.data) > 0.3){
      res.send('on');
    }
    else{
      res.send('off');
    }
  });
});
```

Slika 6. a) Deo fajla Index.html koji opisuje *long-polling* tehniku za komunikaciju sa strane klijenta; b) Deo fajla Index.js koji pokazuje *long-polling* tehniku za komunikaciju sa strane servera; c) Deo fajla Index.js koji pokazuje slanje informacije sa servera.

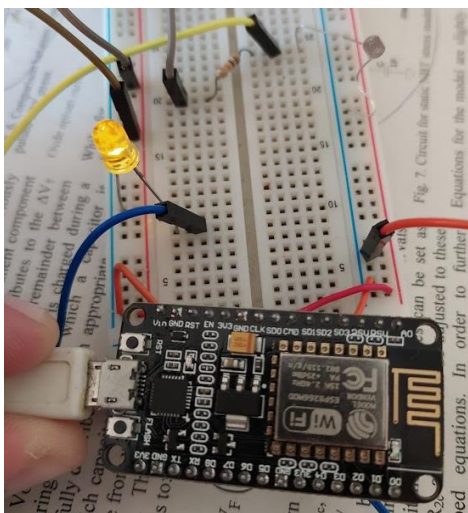
Korišćenjem opisane tehnike, prilikom prijema podatka, ispituje se da li je vrednost broja (napona na fotootporniku) veća od 0.3 V. U zavisnosti od vrednosti server prosleđuje poruku 'on' (za uključivanje diode), ili 'off' (za isključivanje diode). Komunikacija postaje zavisna od događaja (*event-triggered*), a ne od vremena (*time-triggered*). Deo interfejsa projektovane platforme prikazan je na Slici 7.

Platforma za IoT Komunikaciju

0.1328125 (isključiti diodu); 13/9/2020, 21:36:45
 0.1328125 (isključiti diodu); 13/9/2020, 21:36:47
 0.1328125 (isključiti diodu); 13/9/2020, 21:36:49
 0.134765625 (isključiti diodu); 13/9/2020, 21:36:51
 0.513671875 (uključiti diodu); 13/9/2020, 21:36:53
 0.580078125 (uključiti diodu); 13/9/2020, 21:36:55
 0.5654296875 (uključiti diodu); 13/9/2020, 21:36:57
 0.5634765625 (uključiti diodu); 13/9/2020, 21:36:59
 0.185546875 (isključiti diodu); 13/9/2020, 21:37:1
 0.1455078125 (isključiti diodu); 13/9/2020, 21:37:3

Slika 7. Interfejs projektovane platforme za dvosmernu IoT komunikaciju.

Sam dizajnerski deo interfejsa nije od uticaja na rad platforme pa su demonstrativno stavljeni samo neki primitivni dizajnerski elementi, konkretno logo konferencije i ime samog rada. Ispod ovih dizajnerskih elemenata nalazi se deset vrednosti sa prethodnih deset merenja vrednosti napona sa fotootpornika, stanje diode koje treba postaviti i vreme i datum očitavanja napona sa fotootpornika. Nove vrednosti napona sa fotootpornika zamenjuju stare po principu FIFO registra veličine deset. Kao što je ranije opisano, ukoliko je napon na fotootporniku veći od 0.3 V (manja osvetljenost okoline), potrebno je uključiti diodu (simulacija lampe). Ukoliko je napon na otporniku manji od 0.3 V (veća osvetljenost okoline), potrebno je isključiti diodu. Pored svake merene vrednosti dat je i datum i vreme merenja, što su bitne veličine za duži vremenski rad sistema. Praktična realizacija sistema sa uključenom LED prikazana je na Slici 8.



Slika 8. Izgled praktično realizovanog hardverskog dela sistema prilikom uključivanja LED.

U radu je prikazan proces projektovanja platforme za IoT komunikaciju. Dat je pregled i hardverskog i softverskog dela. Navedeni su svi korišćeni alati i detaljnije opisane korišćene metode. Postoje mnoge mogućnosti za unapređenje platforme, kako u hardverskom delu (proširenje broja senzora, dodavanje dodatnih komponenata i slično), tako i u softverskom delu (pre svega poboljšanje interfejsa i zaštita podataka). Takođe, prebacivanje kreiranog projekta u aktivni rad može dovesti do problema koji do sada nisu uzeti u obzir. Ispunjenjem svih ovih mogućih unapređenja, kreirana platforma ima mogućnost široke primene, kako u naučne, tako i u komercijalne svrhe.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije kroz projekat TR-32026. Autori se zahvaljuju prof. dr Danijelu Dankoviću na motivaciji i pomoći prilikom izrade rada.

LITERATURA

- [1] V. Madiseti, A. Bahga, "Internet of Things, A Hands-on Approach", 2014.
- [2] Tehnička specifikacija ploče ESP12-E. Dostupno na linku: https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/ESP12E%20Datasheet.pdf
- [3] Softverski alat Fritzing. Dostupno na: <https://fritzing.org/download/>
- [4] Softverski alat Espruino. Dostupno na linku: <https://www.espruino.com/Download>
- [5] Framework MongoDB. Dostupno na linku: <https://www.mongodb.com/>
- [6] Okruženje node.js. Dostupno na linku: <https://nodejs.org/en>
- [7] Softverski alat Visual Studio Code. Dostupno na linku: <https://code.visualstudio.com/download>
- [8] Platforma Heroku. Dostupno na linku: <https://www.heroku.com/>
- [9] E. Stratmann, J. Ousterhout, S. Madan, "Integrating Long Polling with an MVC Web Framework", 2011.

Realizacija sistema za glasanje pomoću sabirača

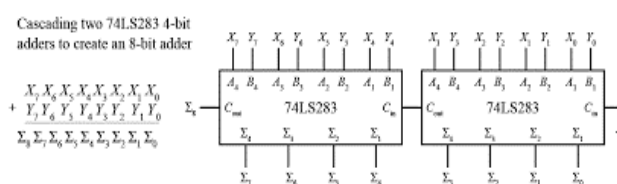
Lazar Šipić, Kristina Đorđević, Ljubica Krivokapić

Sadržaj – U radu je dat pregled realizacije sistema za glasanje korišćenjem osnovnih digitalnih kola. Dat je i detaljan prikaz svih komponenti i kola uz primer rada sistema. Ispravan rad sistema praktično je proveren logičkim analizatorom.

u vidu dekadne cifre. Kolo se sastoji iz:

A. 4 bitni sabirač-74LS283 (Slika 1)

Sabiranje višecifrenih brojeva ostvaruje se kaskadnom vezom više potpunih sabirača [3]. Broj potpunih sabirača u kaskadnoj vezi jednak je broju cifara, odnosno bitova koje imaju brojevi koji se sabiraju. Veza između sabirača se ostvaruje vezivanjem izlaznog prenosa nižeg stepena preko ulaza višeg stepena.



Slika 1. Prikaz dva 4 bitna sabirača.

B. Konvertor binarnog u dekadni broj 74LS47 (Slika 2)

Predstavlja komponentu koja na osnovu ulaznih binarnih bitova na izlazu prosleđuje logička stanja na sedam izlaznih pinova (a,b,c,d,e,f,g) [2].



Slika 2. Prikaz kola 74LS47.

C. 7-segmentni display (Slika 3)

Za realizaciju ovog projekta korišćen je sedmosegmentni displej sa zajedničkom anodom [4]. Na ulaze koji treba da budu uključeni dovodi se napon logičke nule, zato što je kolo 74LS47 u *Active Low* režimu rada.

Pored ovih komponenti, za realizaciju projekta su iskorišćeni i regulator napona LM7805 [5] i brojne LE diode i otpornici.

IV. ŠEMA KOLA KORIŠĆENJEM ALATA LOGISIM

Na Slici 4 prikazana je električna šema celokupnog kola za realizaciju projekta korišćenjem alata *LogiSim*.

I. UVOD U DIGITALNU ELEKTRONIKU

Digitalna elektronika je deo elektronike u kome se koriste digitalni signali. Digitalna elektronika se najčešće predstavlja Bulovom algebrom i osnova je za sva digitalna kola računara, mobilnih telefona i brojnih drugih uređaja. Najčešća “fundamentalna jedinica” digitalne elektronike je logički gejt [1]. Kombinovanjem brojnih logičkih gejtova (od 10 do stotina hiljada) se mogu stvoriti složeniji sistemi. Složeni sistem digitalne elektronike se obično naziva digitalno kolo. Mnogi elektronski sistemi su potpuno ili pretežno digitalizovani. Digitalni sistemi nisu samo računari, već su sastavni delovi kućnih aparata (bela tehnika, audiovizuelna tehnika), automobila, satova, mobilnih telefona, sistema za upravljanje industrijskim sistemima i slično.

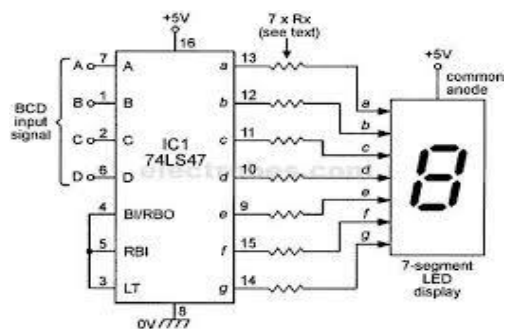
II. SISTEM ZA GLASANJE POMOĆU SABIRAČA

Sistem glasanja je jednostavan sistem koji koristi potpune sabirače kako bi obezbedio broj “da” glasova i “ne” glasova. Ovaj sistem se može koristiti tamo gde neka grupa ljudi mora velikom brzinom da glasa ili da donese neku odluku. U najjednostavnijem obliku ovaj sistem koristi samo taster za “da” glas ili za “ne” glas, međutim, lako se može optimizovati za naprednije sisteme za glasanje sa više opcija. Moguće je povezivanje projektovanog sistema sa drugim naprednijim elektronskim kolima koja mogu vršiti i kompleksniju obradu glasova.

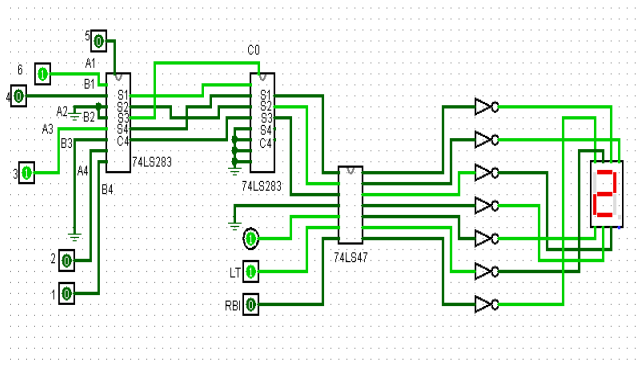
III. OPIS KOLA ZA TESTIRANJE

Objekat testiranja čini komunikacija između tastera, sabirača i BCD konvertora [2]. Princip rada zasniva se na tome da li je ulaz u sabirač logička “1” ili logička “0”, a to zavisi od toga da li je taster pritisnut ili nije. Sabirač isključivo detektuje pritisnute tastere, i na osnovu toga ih sabira i kao konačni rezultat dobija se trenutni broj glasova koji se pomoću BCD konvertora prikazuje na LED ekranu

L. Šipić, K. Đorđević i Lj. Krivokapić su studenti četvrte godine osnovnih studija na modulu Elektronske komponente i mikrosistemi, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija. E-mail: sdevlin998@gmail.com



Slika 3. Prikaz povezivanja kola 74LS47 i sedmosegmentnog displeja.

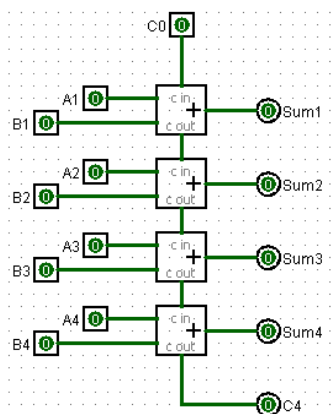


Slika 4. Šema kola projekta prikazanom korišćenjem alata LogiSim.

Za realizaciju prikazane šeme, neophodno je dodatno projektovati kolo 4-bitnog sabirača 74LS283 i kolo konvertora binarnog u dekadni kod 74LS47. Šeme ovih kola ne postoje incijalno u ovom alatu, pa ih je potrebno naknadno projektovati.

A. Šema kola 74LS283

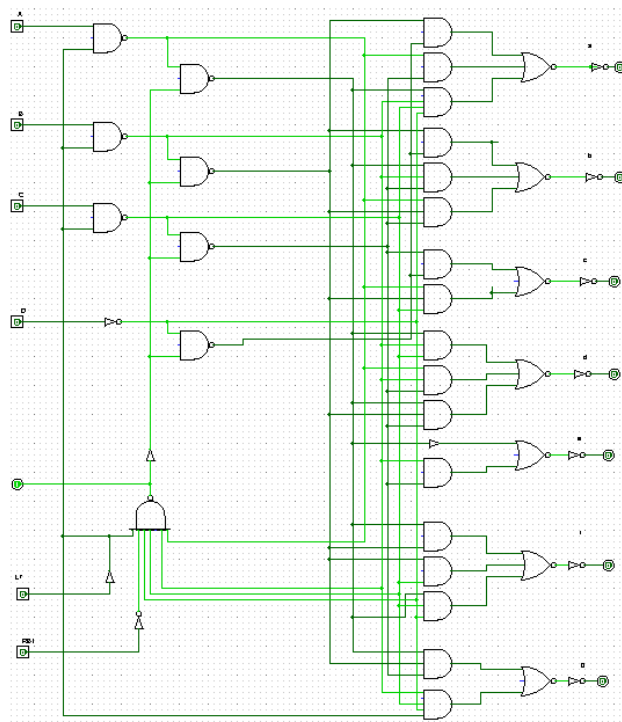
Na Slici 5 prikazano je naknadno realizovano kolo četvorobitnog sabirača 74LS283.



Slika 5. Šema kola četvorobitnog sabirača 74LS283 korišćenjem alata LogiSim.

B. Šema kola 74LS47

Na Slici 6 prikazano je naknadno realizovano kolo četvorobitnog sabirača 74LS47.



Slika 6. Šema kola četvorobitnog sabirača 74LS47 korišćenjem alata LogiSim.

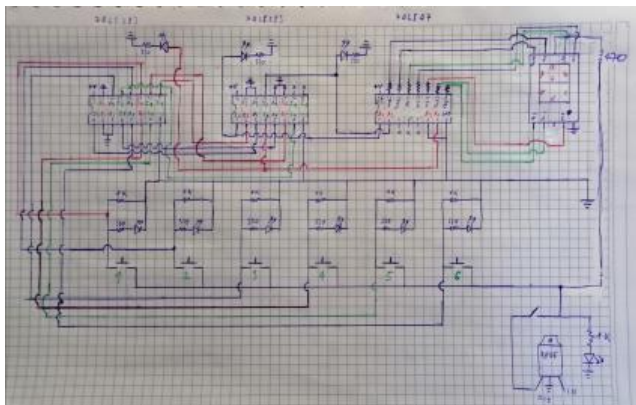
V. PROVERA RADA PROJEKTOVANOG KOLA LOGIČKIM ANALIZATOROM

Digitalni osciloskop i logički analizator serije MSO5000 [6] je dizaniran model osciloskopa visokih performansi zasnovan na RIGOL UltraVision II tehnologiji (Slika 7).



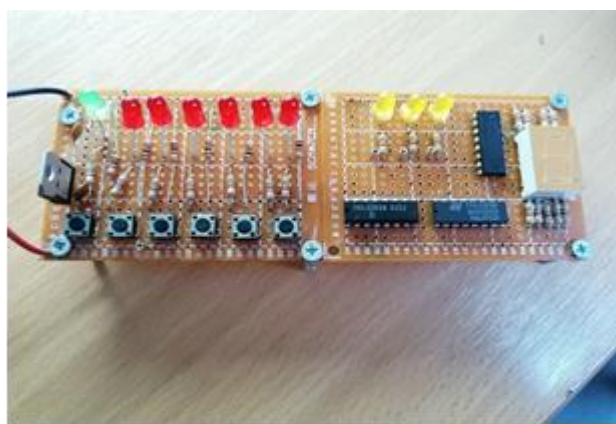
Slika 7. Korišćeni logički analizator RIGOL MSO5000.

Sa 9-inčnim kapacitivnim *multi-touch* ekranom, integriše 7 nezavisnih instrumenata u jedan, isporučujući dobar odnos propusnog opsega, izuzetno velikog kapaciteta memorije itd. Na Slici 8 prikazana je šema celokupnog kola, zajedno sa tasterima, diodama itd.



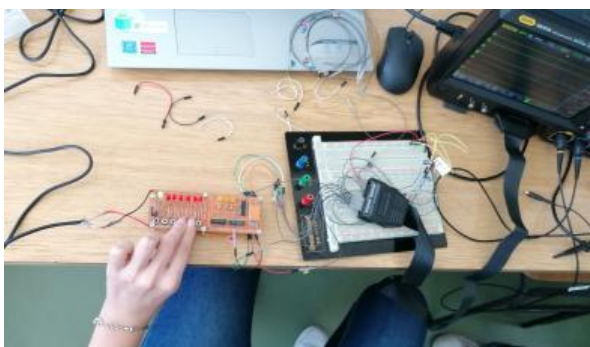
Slika 8. Šematski prikaz celokupnog kola.

Na Slici 9 prikazan je izgled praktične realizacije projekta na raster ploči.



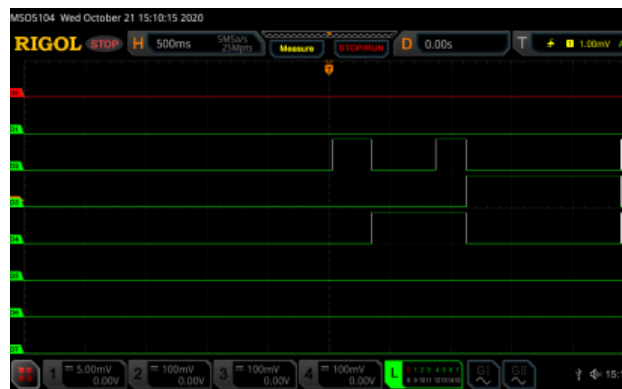
Slika 9. Praktično realizovano celokupno kolo na raster ploči.

Nakon praktične realizacije kola, brojač glasova smo povezali na osciloskop, kako bi bilo moguće uočiti sve promene logičkih stanja projektovanog kola. Na Slici 10 prikazano je radno okruženje sa svim povezanim elementima.



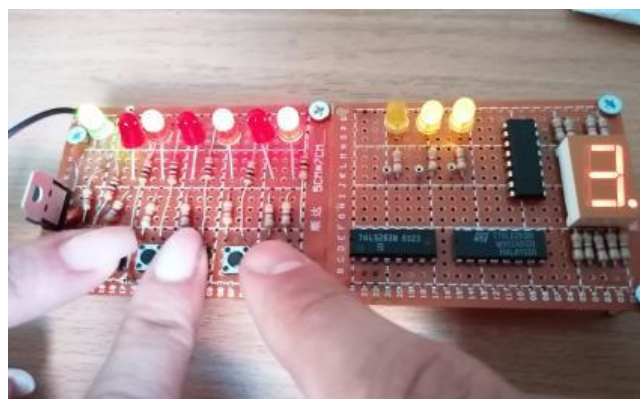
Slika 10. Prikaz povezanog radnog okruženja.

Digitalni pinovi logičkog analizatora povezani su prvo sa žutim LE diodama, odnosno pinovima brojača, a onda sa svim pinovima sedmosegmentnog displeja (a,b,c,d,e,f,g).



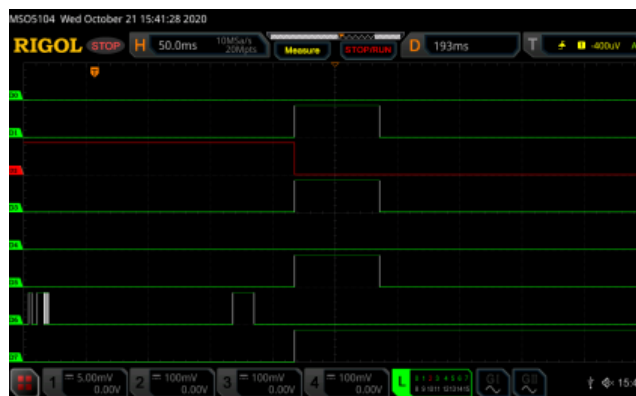
Slika 11. Prikaz sa logičkog analizatora.

Na Slici 11, signalima D2, D3 i D4 je prikazano stanje žutih dioda kojima se vrši brojanje trenutno pritisnutih tastera, pre priključivanja na 74LS47. Na Slici 12 prikazan je rad sistema za glasanje kada su pritisnuta 3 tastera.



Slika 12. Na slici je prikaz rada projektovanog sistema za glasanje kada su pritisnuta tri tastera.

Kada su trenutno pritisnuta 2 tastera, sedmosegmentni displej prikazuje broj 2. Na Slici 13 može se videti nivo logičkih stanja kada su pritisnuta dva tastera (uključeni su delovi a, c, e, f, g displeja) tj, kada je na displeju prikazan broj dva.



Slika 13. Očitavanje broja 2 sa sedmosegmentnog displeja.

VI. ZAKLJUČAK

Kolo može biti unapređeno dodavanjem još jednog dela kola koje bi činilo: sabirači i jedan 7-segmentni displej. Kako bi se pokazivao i trenutni broj 'NE' glasova. Takođe, kolo može biti unapređeno dodavanjem zvučne signalizacije pomoću Arduina u vidu izgovora trenutnog broja koji se nalazi na 7-segmentnom display-u kao i zvučne signalizacije kada se pritisne taster. Uz to, kolo je moguće proširiti dodavanjem dodatnih displeja, kao i naprednijim tehnikama za brojanje glasova.

ZAHVALNICA

Rad je realizovan u laboratorijama Elektronskog Fakulteta, kao deo praktičnog rada na modulu Elektronske komponente i mikrosistemi. Autori se zahvaljuju mentoru

prof. dr Danijelu Dankoviću i asistentu Nikoli Mitroviću na pruženom znanju i pomoći.

LITERATURA

- [1] Danijel Danković, Digitalna mikroelektronika. Dostupno na: <http://mikro.elfak.ni.ac.rs/predmeti/digitalnamikroelektronika/>
- [2] 74LS47 Datasheet. Dostupno na: <https://www.futurlec.com/74LS/74LS47.shtml>
- [3] 74LS283 Datasheet. Dostupno na: <https://mil.ufl.edu/4712/docs/sn74ls283rev5.pdf>
- [4] Sedmosegmentni displej. Dostupno na: <https://e-radionica.com/productdata/LD3361BS.pdf>
- [5] 7805 Voltage Regulation. Dostupno na: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf>
- [6] Oscilloscope MSO5000 RIGOL. Dostupno na: https://beyondmeasure.rigoltech.com/acton/attachment/1579/f-0907/1/-/-/-/-/MSO5000_datasheet.pdf

Navigator za navođenje slepe osobe kroz urbane sredine

Milutin Bačlija, Đorđe Stevanović, Lazar Mančić, Bojan Ćirić

Sadržaj – Sistem služi za olakšano navođenje slepih lica kroz naseljena mesta. Naš uređaj (u daljem tekstu navigator) obaveštava korisnika na kojoj se udaljenosti nalazi u odnosu na neki objekat, ustanovu ili neku drugu lokaciju od značaja.

I. PRINCIP RADA I PRAKTIČNA REALIZACIJA

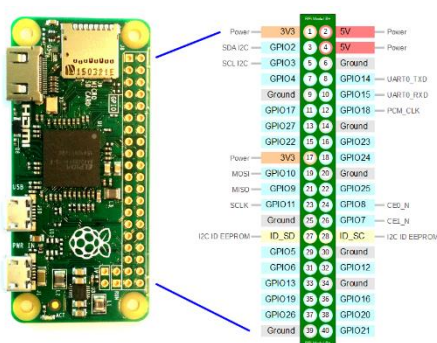
A. Princip rada sistema

Na osnovu GPS lokatora (GPS traker) koji se nalazi u kačketu/kapi moguće je pratiti kretanje kao i trenutnu lokaciju osobe. Uzimanjem podataka o trenutnoj poziciji osobe i upoređivanjem koordinata objekta u blizini, osobi se saopštava uz pomoć slušalice (bubice) približna udaljenost od objekta. Preko Raspberry Pi Zero W se programira i kontroliše navigator.

B. Komponente

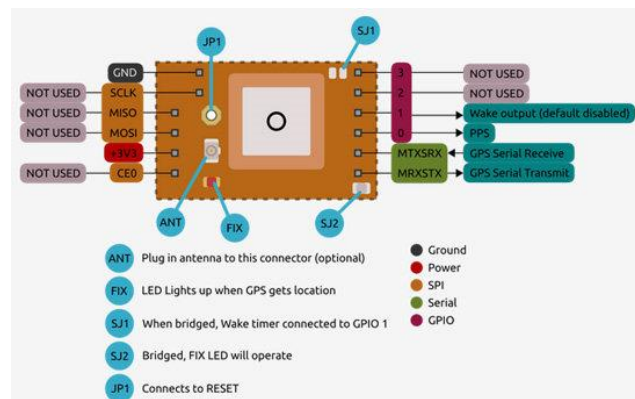
Komponente korišćene za izradu rada su Raspberry Pi Zero W, kačket ili kapa, GPS modul i neki zvučni uređaj koji se može povezati putem Bluetooth-a, poput slušalice, bubica ili zvučnika. Za napajanje samog uređaja je korišćen powerbank. Sve komponente, eventualno osim zvučnog uređaja, su smeštene unutar kape, odnosno kačketa. GPS modul i zvučni uređaj su povezani na Raspberz Pi Zero W ploči.

C. Šema Sistema i način povezivanja komponenti



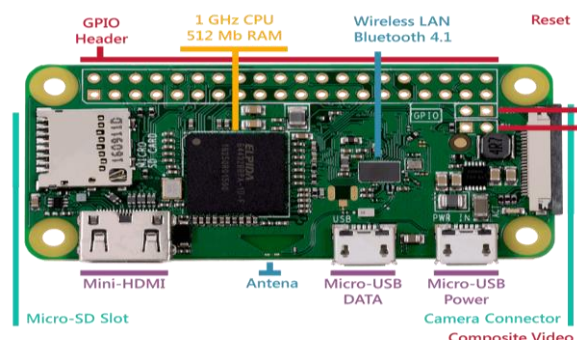
Slika 1. Pinout šema 1.

M. Bačlija, Đ. Stevanović i L. Mančić su učenici Tehničke škole u Pirotu. B. Ćirić je profesor na tehničkoj školi u Pirotu. E-mail: ciritc84@gmail.com



Slika 2. Pinout šema 2.

Na *Slici 1* i *Slici 2* možemo videti pinout šemu na osnovu koje je povezan GPS modul na Raspberry PI ploči.



Slika 3. Raspberry PI ploča.

Na *Slici 3*, možemo videti izgled Raspberry PI ploče sa označenim komponentama na samoj slici kao što su: CPU, Bluetooth 4.1 I Wireless LAN, Micro USB za podatke i za napajanje, Mini HDMI, GPIO Header, Micro SD slot, antenna...

D. Formule

Rastojanje između dve koordinate:

$$D = \arccos(\sin(a.lat) * \sin(b.lat) + \cos(a.lat) * \cos(b.lat) * \cos(a.lon - b.lon)) * 6371 \quad (1)$$

Formula (1) služi za izračunavanje rastojanje između dveju tačaka na osnovu njihovih koordinata. D predstavlja to rastojanje, između tih tačaka, a i b su oznake tih tačaka, dok su lon i lat , geografska dužina i geografska širina, respektivno. Ostalo su osnovne aritmetičke operacije i trigonometrijske funkcije u formuli.

E. Praktična realizacija

```
//lokacija.cpp
#include<iostream>
#include<math.h>
const double pi = 3.141592653589793;

class Lokacija
{
public:
    double lat, lon;
    Lokacija(double c1, double c2)
    {
        lat = c1;
        lon = c2;
    }
};

double toRad(double degree)
{
    return degree / 180 * pi;
}

double calculateDistance(Lokacija a,
Lokacija b)
{
    //izracunava distance izmedju dve
lokacije u metrima
    return acos(sin(toRad(a.lat)) *
sin(toRad(b.lat)) + cos(toRad(a.lat)) *
cos(toRad(b.lat)) * cos(toRad(a.lon -
b.lon))) * 6371000;
}
```

U kodu iznad mogu se videti klasa pomoću koje se definišu lokacije, i dve funkcije, jedna je za konverziju iz stepena u radijane, a druga je za izračunavanje razdaljine između dveju lokacija, posle čega se traži najmanja razdaljina uz pomoć koje se utvrđuje najbliža lokacija. Kada se utvrdi najbliža lokacija, uz pomoć Bluetooth-a se šalje audio koji korisniku nagoveštava njegovu trenutnu lokaciju

II. REZULTATI

Kao rezultat dobijen je vrlo jeftin uređaj od velike koristi slepim licima koji je jednostavan za korišćenje. Naravno, naš navigator i lica bez ikakvih smetnji kao pomoć pri snalaženju u nepoznatoj sredini.

Zahvaljujući malim dimenzijama i komponentama malih težina uspeali smo da naš praktično učinimo vizuelno neprimetnim, a sa druge strane itekako pogodnim za svakodnevnu upotrebu.

Planiramo dalji razvoj projekta uz mogućnost poboljšanja i nadogradnju istog.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se mentoru i našoj školi, Tehničkoj školi u Pirotu, jer su nam omogućili da učestvujemo na ovom takmičenju i steknemo nova iskustva u izradi praktičnog projekta.

LITERATURA

- [1] Tehnička specifikacija za Raspberry Pi Zero. Dostupno na: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/introducing-the-raspberry-pi-zero.pdf>
- [2] „Osnove Bluetooth komunikacija”, Dostupno na: <http://es.elfak.ni.ac.rs/rmif/Materijal/Bluetooth.pdf>

Projektovanje uređaja za merenje parametara životne okoline

Stefan Nikolić, Jovan Mijalković

Sadržaj – U ovom radu prikazan je postupak projektovanja uređaja za merenje parametara životne okoline. U procesu projektovanja korišćeni su softveri Altium Designer [1] i Solid Edge [2]. Izvršena je simulacija pojedinih delova kola korišćenjem simulatora Proteus [3].

I. UVOD

Živimo u doba kada je zagađenost vazduha velika pa se javlja potreba za merenjem i praćenjem parametara vazduha. Kvalitet vazduha može se pratiti na osnovu koncentracije štetnih gasova, kao što su NH_3 , NO , NO_2 , ... Takođe, potrebno je meriti i pratiti temperaturu i vazdušni pritisak životne okoline, vlažnost vazduha i osvetljenje. U ovom radu predstavljen je postupak projektovanja uređaja pod nazivom "Air Quality Station". Ovaj uređaj meri sve navedene parametre, upotrebom senzora temperature i vazdušnog pritiska BMP180 [4], senzora vlažnosti vazduha DHT11 [5], senzora osvetljenja SI1145 [6], gasnog senzora MQ135 [7]. Uređaj se napaja korišćenjem Micro-USB-a (5 V). Podaci sa senzora se direktno prenose preko USB porta, a takođe postoji i mogućnost čuvanja podataka na SD kartici. Za simulaciju kola za napajanje korišćen je simulator Proteus, dok je u procesu projektovanja štampane ploče korišćen softver Altium Designer. Za uređaj je projektovana i kutija, dizajn kutije rađen je u programu Solid Edge.

II. KARAKTERISTIKE KORIŠĆENIH SENZORA

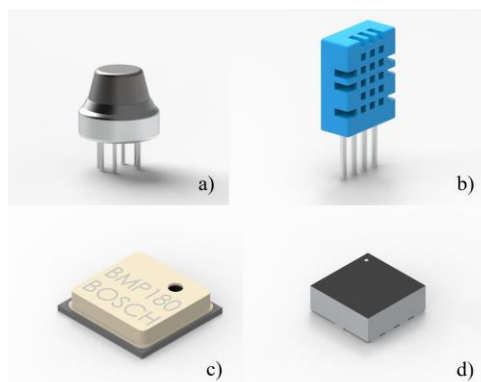
Na slici 1 prikazani su korišćeni senzori: a) gasni senzor MQ135, b) senzor vlažnosti vazduha DHT11, c) senzor temperature i vazdušnog pritiska BMP180, d) senzor osvetljenja SI1145.

MQ135 karakteriše veliki opseg merenja, brz je i veoma pouzdan senzor. Najviše se koristi u uređajima za merenje CO_2 , alkohola, benzina, dima, NH_3 , NO , NO_2 , ... Napaja se sa 5 V. Pre upotrebe potrebna je kalibracija senzora da detektuje 100 ppm NH_3 ili 50 ppm alkohola u vazduhu.

Za merenje vlažnosti vazduha iskorišćen je senzor DHT11 koji je veoma pouzdan i ima dug životni vek. Napaja se sa 3.3 V. Opseg merenja mu je od 20% RH do

90% RH, sa preciznošću od $\pm 5\%$ RH. Uz pomoć ovog senzora moguće je i merenje temperature, u ovom slučaju preciznost merenja je $\pm 2\%$ °C. Međutim zbog veće tačnosti merenja iskorišćen je BMP180.

BMP180 služi za merenje vazdušnog pritiska i temperature. Precizan je senzor i karakterišu ga male dimenzije. Radi na principu otpornosti piezo elementa i koristi I²C komunikaciju. Napaja se sa 3.3 V. Najpreciznija merenja su na temperaturi od 0 °C do 65 °C, a moguć je rad na temperaturi od -40 °C do +85 °C. Preciznost merenja temperature iznosi ± 0.5 °C. U slučaju merenja vazdušnog pritiska preciznost merenja je: na pritisku od 300 hPa do 1100 hPa i temperature od 0 °C do +65 °C greška merenja iznosi od -4 hPa do +2 hPa, a na pritisku od 300 hPa do 1100 hPa i temperature od -20 °C do 0 °C greška merenja iznosi od -6 hPa do +4.5 hPa.



Slika 1. Korišćeni senzori: a) gasni senzor MQ135, b) senzor vlažnosti vazduha DHT11, c) senzor temperature i vazdušnog pritiska BMP180, d) senzor osvetljenja SI1145.

Osvetljenje okoline se meri korišćenjem senzora SI1145. Koristi I²C komunikaciju kao i BMP180. Sadrži senzor UV zračenja, a takođe poseduje i fotodiode za merenje vidljive i infracrvene svetlosti. Funkcioniše i do 128 kLx (Sunčevo zračenje). Rezolucija merenja iznosi 100 mLux, ovo omogućava rad ispod zatamljenog stakla. Napaja se sa 3.3 V. Vreme pokretanja senzora je 25 ms. Opseg merenja je od 1 do 128 kLx, a radna temperatura iznosi od -40 °C do +85 °C.

III. BLOKOVI UREĐAJA

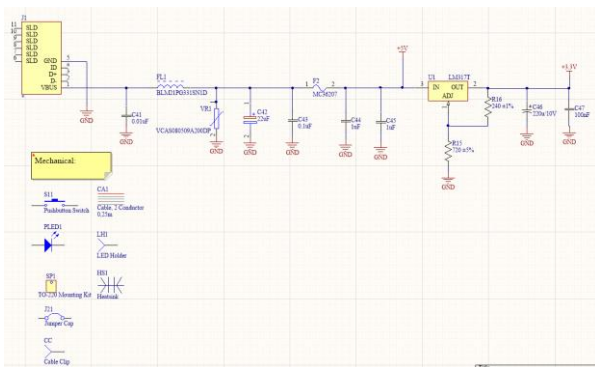
Uređaj se sastoji od sledećih blokova: a) napajanje, b) glavni blok, c) blok mikrokontrolera, d) Univerzalna

S. Nikolić i J. Mijalković su studenti na modulu Elektronske komponente i mikrosistemi, Elektronski fakultet, Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: stefan.s.nikolic@gmail.com, mijalkovic.jovan@gmail.com

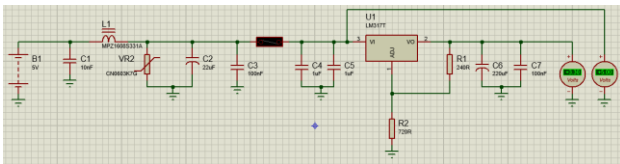
serijska magistrala (Universal Serial Bus -USB), e) SD kartica, f) blok senzora vazdušnog pritiska i temperature, g) blok senzora vlažnosti vazduha, h) blok senzora osvetljenja, i) blok gasnog senzora.

A. Blok napajanja

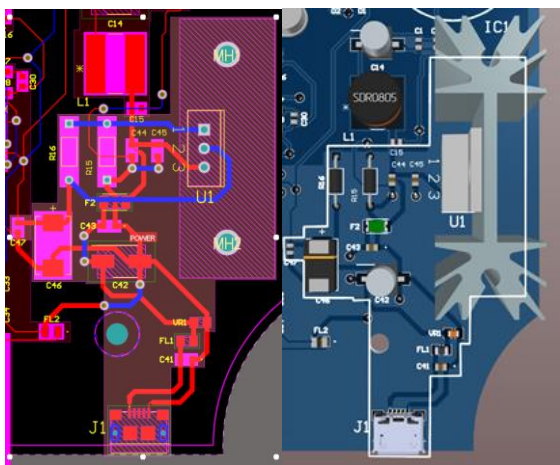
Na slici 2 prikazana je šema napajanja kreirana u Altium Designer-u. Za napajanje je upotrebljen Micro-USB, koji daje 5 V za napajanje gasnog senzora. Za napajanje ostalih senzora potreban je napon od 3.3 V. Ovo je urađeno promenljivim naponskim regulatorom LM317 [8] i otpornicima vezani na ADJ i OUT pinove. Kao zaštita ostatka kola, na ulazu se nalaze osigurač i varistor. Na slici 3 data je simulaciona šema iz programa Proteus, čime je potvrđena ispravnost projektovane električne šeme. Layout PCB-a, kao i 3D prikaz ovog dela PCB-a dati su na slici 4.



Slika 2. Šema napajanja.



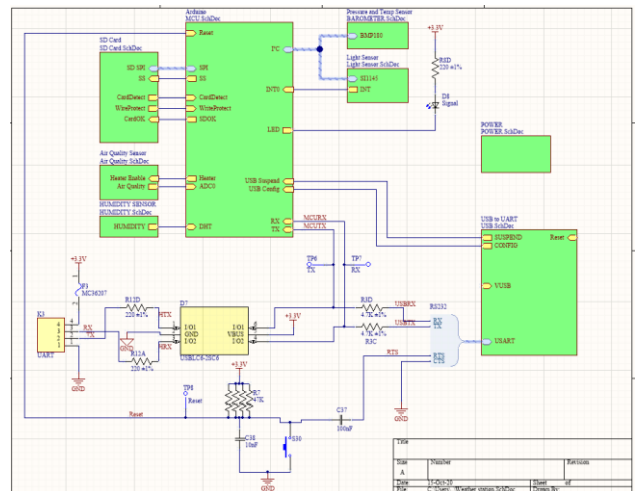
Slika 3. Simulacija bloka napajanja u Proteus-u.



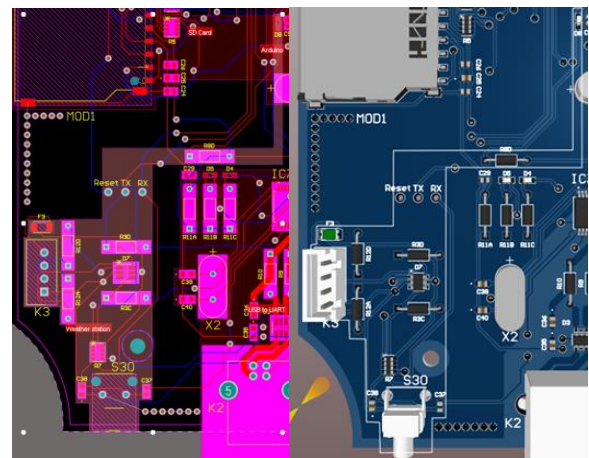
Slika 4. 2D i 3D prikaz i raspored komponenta napajanja.

B. Glavni blok

Na slici 5 prikazana je šema glavnog bloka. Glavni blok povezuje sve postojeće blokove uređaja. Sadrži kolo za programiranje mikrokontrolera i reset taster. Na ulazu K3 konektora se nalazi osigurač za zaštitu programatora, kao i USBLC6-2SC6 [9] koji štiti kolo od elektrostatičkog pražnjenja. Layout PCB-a u 2D i 3D prikazu dati su na slici 6.



Slika 5. Šema glavnog bloka.

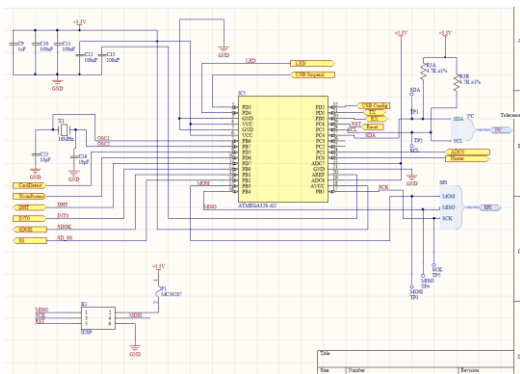


Slika 6. 2D i 3D prikaz i raspored komponenta glavnog bloka.

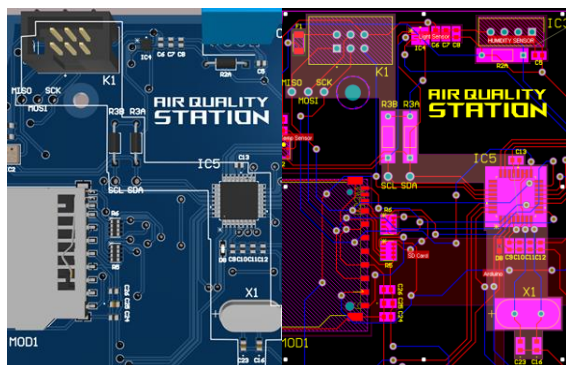
C. Blok mikrokontrolera

Na slici 7 prikazana je šema mikrokontrolera. Mikrokontroler ATmega328P [10] komunicira sa senzorima, očitava podatke sa senzora i prosleđuje ih na USB i SD karticu. Za generisanje takta iskorišćen je kristalni oscilator na 16 MHz. Komunikacija sa senzorima vrši se preko I²C i SPI protokola. Pull-up otpornici, R3A i R3B, održavaju linije na 5 V. Uz pomoć porta K1 korisnik ubacuje glavni set instrukcija mikrokontroleru. Kondenzatori C9, C10, C11, C12 i C13 su *decoupling*

kondenzatori, koji imaju ulogu dodatnog filtriranja. Na slici 8 dat je layout PCB-a ovog dela uređaja.



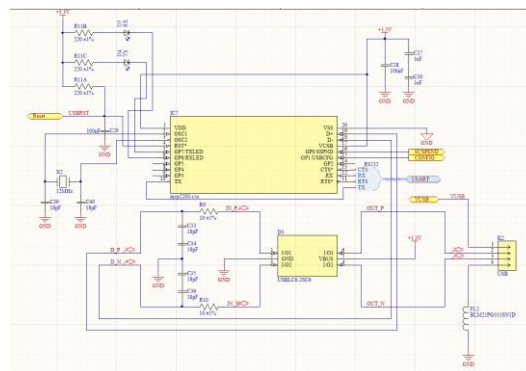
Slika 7. Šema mikrokontrolera.



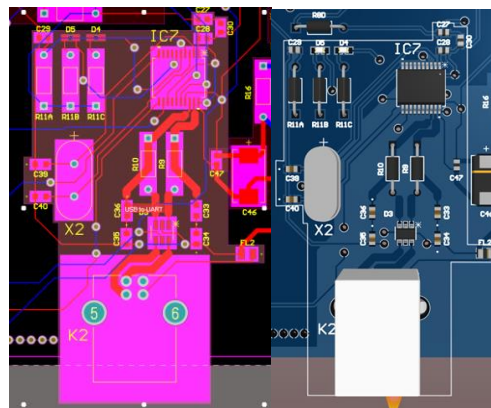
Slika 8. 2D i 3D prikaz i raspored komponenata mikrokontrolera.

D. USB blok

Na slici 9 prikazana je blok šema Univerzalne serijske magistrale (Universal Serial Bus - USB). Da bismo dobili potrebnu frekvenciju rada USB-a stavljen je kristalni oscillator od 12 MHz. Diode D4 i D5 služe za signalizaciju poslatih i primljenih informacija. Kao i kod glavne šeme USBLC6-2SC6 štiti kolo od elektrostatičkog pražnjenja. USB se, u osnovnoj varijanti, sastoji od diferencijalnog para linija za prenos podataka (D+ i D-), kao i linija napajanja i mase. Zaštita magistrale od elektrostatičkog pražnjenja na USB priključku izvodi se korišćenjem ESD dioda. Najčešći uzrok pojave elektrostatičkog pražnjenja koje može oštetiti uređaje potrošačke elektronike je dodir korisnika sa nekim od priključaka na uređaju. Naponi koji se mogu pojaviti su reda veličine kilovolta, a trajanje pražnjenja je reda veličine nanosekunde. Kolo USBLC6-2SC6 integriše ESD diode, koristi se kao zaštita od elektrostatičkog pražnjenja u kolima gde se podaci prenose velikom brzinom. Komunikacija između mikrokontrolera i MCP2200 [11] vrši se preko USART protokola. Na slici 10 prikazan je layout PCB-a ovog dela uređaja u 2D i 3D prikazu.



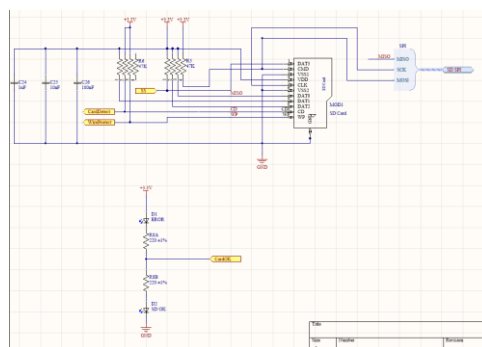
Slika 9. Šema USB-a.



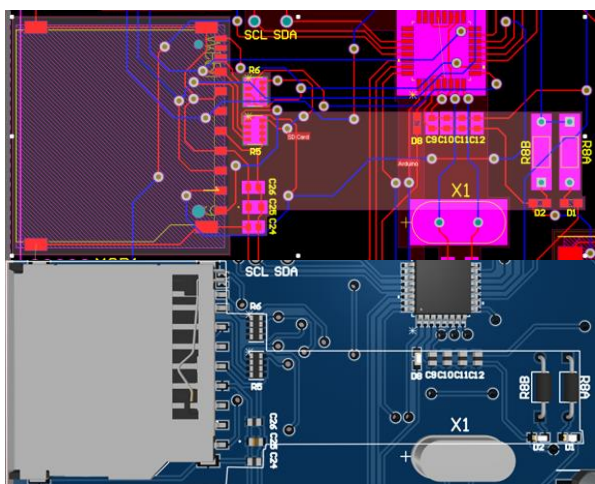
Slika 10. 2D i 3D prikaz i raspored komponenata USB-a.

E. Blok SD kartice

Na slici 11 prikazana je šema SD kartice, koja služi za čuvanje podataka merenja. Bez ubačene kartice šema nema funkciju, tek kada korisnik ubaci SD karticu preko linije "CardDetect" šalje se signal mikrokontroleru da je ubačena kartica i da je spremna za čuvanje vrednosti merenja. Nakon toga preko SPI protokola izmerene vrednosti se šalju i čuvaju na SD karticu. Potrebno je dodati *pull up* otpornike na svim DATA pinovima čak i ako pin nije iskorišćen, jer u suprotnom može doći do povećanja struje na datom pinu. 2D i 3D prikazi layout-a PCB-a ovog dela uređaja dati su na slici 12.



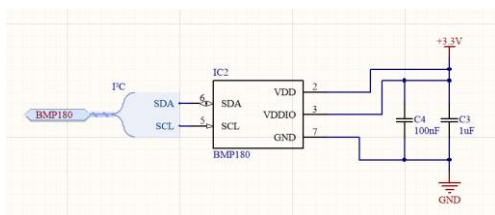
Slika 11. Šema SD kartice.



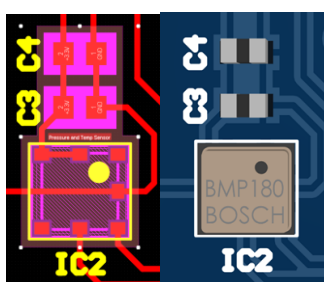
Slika 12. 2D i 3D prikaz komponenta bloka SD kartice.

F. Blok senzora vazdušnog pritiska

Za merenje vazdušnog pritiska iskorišćen je senzor BMP180, takođe uz pomoć ovog senzora se meri i temperatura okoline. Na slici 13 prikazana je šema senzora. BMP180 je digitalni senzor koji komunicira sa mikrokontrolerom preko I²C protokola. Mikrokontroler i BMP180 senzor međusobno šalju informacije preko SDA pina, dok se takt senzora dovodi na SCL pin. Na slici 14 prikazan je layout PCB-a ovog dela uređaja, u 2D i 3D prikazu.



Slika 13. Šema senzora vazdušnog pritiska.

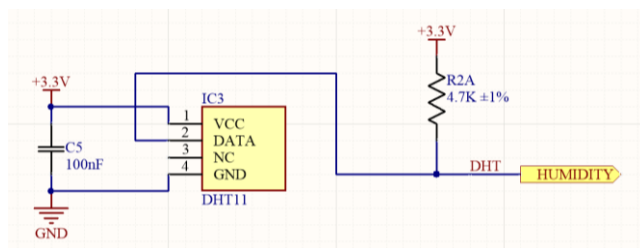


Slika 14. 2D i 3D prikaz bloka senzora vazdušnog pritiska i temperature na štampanoj ploči.

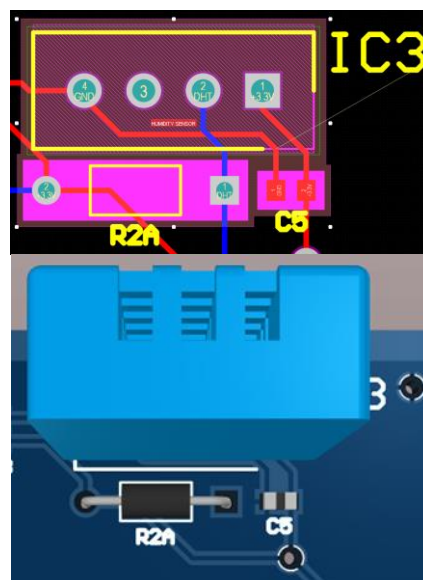
G. Blok senzora vlažnosti vazduha

Za merenje vlažnosti vazduha upotrebljen je senzor DHT11. Uz pomoć ovog senzora moguće je merenje i

temperature, međutim zbog manje tačnosti, u odnosu na BMP180, ova opcija nije iskorišćena. Na slici 15 prikazana je šema ovog senzora. Između VCC i GND pinova nalazi se kondenzator od 100 nF koji filtrira napon. Prilikom dovođenja napona, treba sačekati bar jednu sekundu, pre nego što se zadaju instrukcije, kako bi se senzor stabilisao. Kada mikrokontroler pošalje startni signal DHT11 iz *low-power* režima prelazi u *high speed* režim. Po završetku startnog signala, DHT11 šalje izmerenu vrednost. Podaci se čitaju, a senzor se vraća u prvobitno stanje. Na slici 16 prikazano je rešenje layout-a PCB-a ovog dela uređaja, u 2D i 3D prikazu.



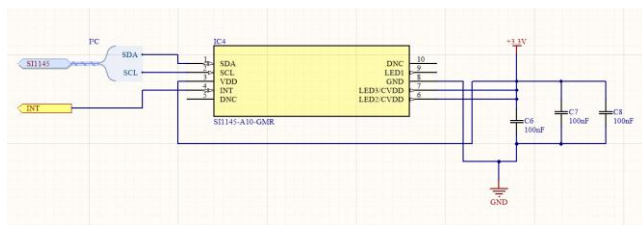
Slika 15. Šema senzora vlažnosti vazduha.



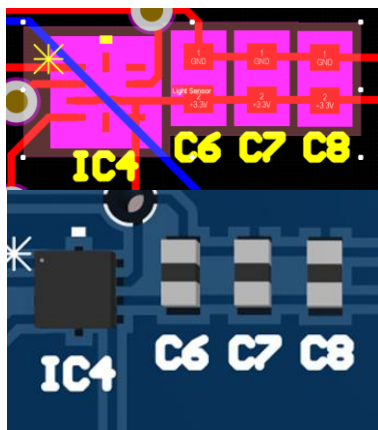
Slika 16. 2D i 3D prikaz senzora za merenje vlažnosti vazduha.

H. Blok senzora osvetljenja

Osvetljenost okoline se meri pomoću senzora SI1145. Na slici 17 prikazana je šema ovog senzora. Kao i prethodni senzor (senzor za merenje vazdušnog pritiska) SI1145, koristi I²C protokol. INT, SCL i SDA su dizajnirani tako da senzor može ući u *offline* mod, softverskom komandom, a da ne ometa rad drugih uređaja na I²C magistrali. INT služi za biranje režima rada. Pošto pinovi LED2 i LED3 nisu iskorišćeni, po datasheet-u vezuju se direktno na napajanje. Na slici 18 dat je layout PCB-a ovog dela uređaja.



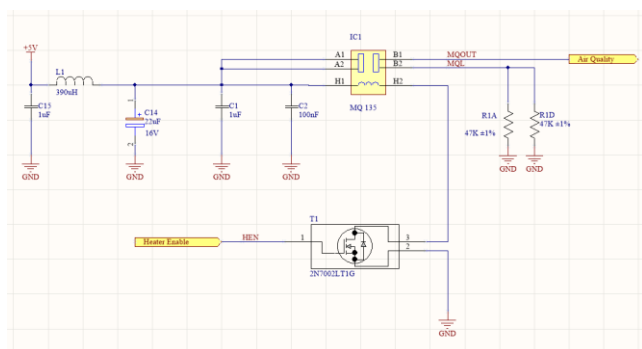
Slika 17. Šema senzora za merenje osvetljenosti okoline.



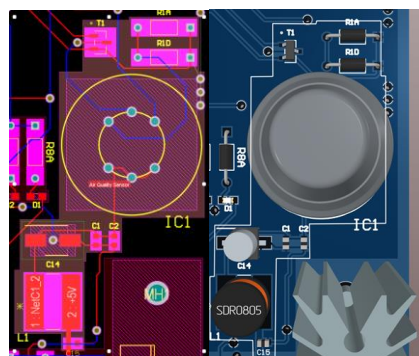
Slika 18. 2D i 3D prikaz senzora za merenje osvetljenosti.

I. Blok gasnog senzora

Kvalitet vazduha okoline meri se uz pomoć senzora MQ135. Šema ovog senzora prikazana je na slici 19. S obzirom da vlažnost i temperatura vazduha utiču na otpornost senzora, a samim tim i na preciznost merenja, ovaj sensor sadrži grejač uz pomoć kojeg senzorski element, na visokoj temperaturi, očitava precizna merenja. Signal za merenje šalje se preko NMOS tranzistora (2N7002L). Kada nema signala ovaj tranzistor je u zakočenju, a kada mikrokontroler pošalje signal preko linije „heater enable“, tranzistor provode i uključuje se grejač. Nakon toga senzor preko linije „Air Quality“ šalje izmerenu vrednost. Slika 20 prikazuje layout štampane ploče ovog dela uređaja.



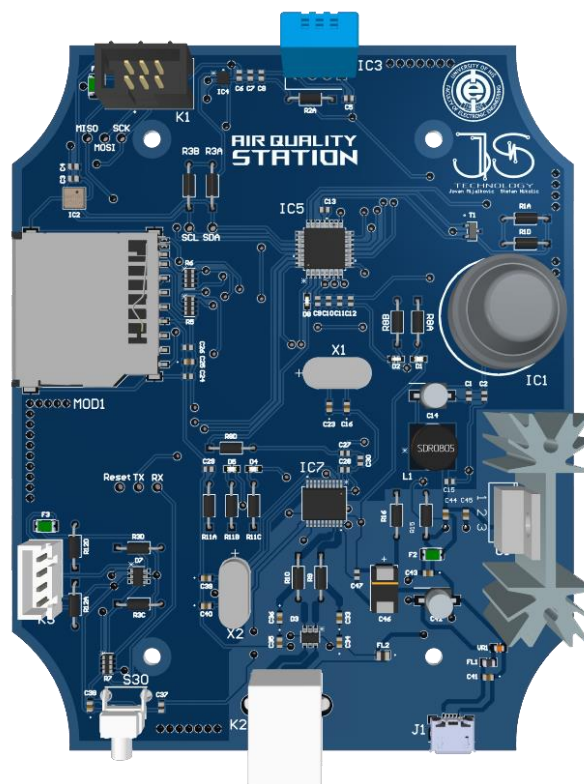
Slika 19. Šema gasnog senzora.



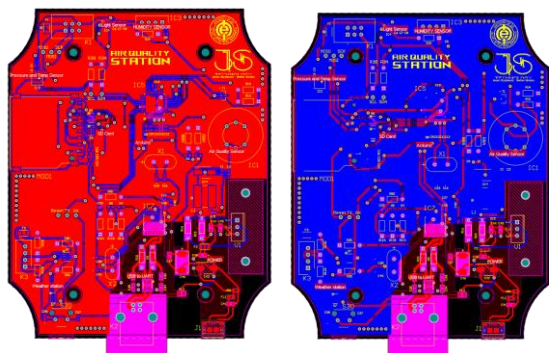
Slika 20. 2D i 3D prikaz gasnog senzora na štampanoj ploči.

IV. KONAČNI IZGLED ŠTAMPANE PLOČE

Na slici 21 prikazan je konačni izgled štampane ploče uređaja za merenje parametara okoline zasnovanog na mikrokontroleru projektovane u softveru Altium Designer. Pored 3D prikaza, layout gornje i donje strane PCB-a celog uređaja dat je na slici 22. Korišćenjem odgovarajućih opcija, generisani su fajlovi za fabričakuju PCB-a, prikaz gerber fajlova dat je na slici 23.



Slika 21. Konačni izgled štampane ploče, 3D prikaz.



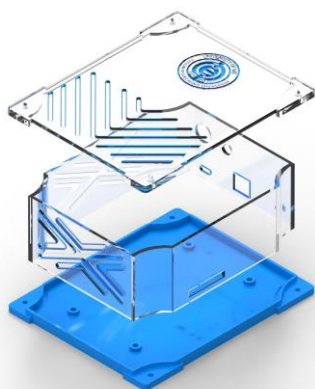
Slika 22. Štampana ploča sa razlijenom masom, gornji deo (slika levo) i donji deo (slika desno).



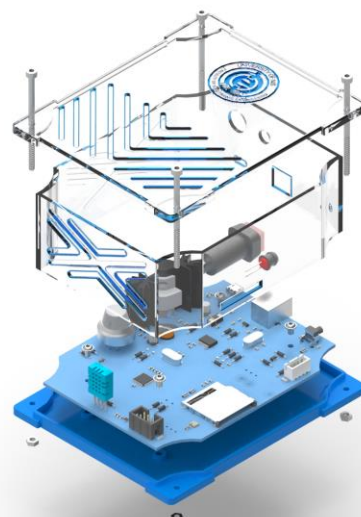
Slika 23. Prikaz gerber fajla za gornji deo (levo), odnosno donji deo štampane ploče (desno).

V. PROJEKTOVANJE KUTIJE

Kutija je dizajnirana iz tri dela, donjeg dela za koji se pričvrsti štampana ploča, zidova kutije i gornjeg dela. Nakon spajanja, šrafova se gornji i donji deo kutije pričvrste. Zidovi i gornji deo kutije moraju biti izrađeni od prozirnog materijala da bi senzor osvetljenja mogao precizno da izvrši merenje. Takođe zbog ostalih senzora moraju postojati prorezi na zidovima i gornjem delu kutije. Izgled kompletiranog uređaja sa pločicom, kutijom i ostalim delovima, dat je na slikama 24 i 25. U procesu projektovanja kutije korišćen je program SolidEdge.



Slika 24. Izgled kutije kreirane u programu SolidEdge.



Slika 25. Konačni izgled uređaja.

ZAHVALNICA

Ovaj rad predstavlja završni projekat u okviru predmeta Projektovanje štampanih ploča na modulu Elektronske komponente i mikrosistemi, na IV godini OAS. Autori se zahvaljuju predmetnim profesorima i asistentima na pomoći i sugestijama u procesu izrade projekta.

LITERATURA

- [1] Altium Designer, veb-sajt: <https://www.altium.com/altium-designer/>
- [2] Solid Edge, veb-sajt: <https://solidedge.siemens.com/en/>
- [3] Proteus, veb-sajt: <https://www.labcenter.com>
- [4] Digitalni senzor pritiska BMP180. Dostupno na: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP180-DS000-09.pdf>
- [5] Senzor temperature i vlažnosti vazduha DHT11. Dostupno na: https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/DHT11-Temperature-Sensor.pdf
- [6] Senzor osvetljenosti SI1145. Dostupno na: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SI1145-46-47.pdf>
- [7] Senzor gasova MQ135. Dostupno na: <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>
- [8] Naponski regulator LM317T, dostupno na: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/lm317.pdf>
- [9] Kolo za zaštitu od elektrostatičkog pražnjenja USBLC6-2SC6. Dostupno na: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/usb6-2.pdf>
- [10] Mikrokontroler ATmega328P. Dostupno na: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf
- [11] USB 2.0 u UART konvertor MCP2200. Dostupno na: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22228A.pdf>

Detekcija zero cross-a pomoću optokaplera

Anastasija Avramović, Hristina Todorović

Sadržaj – Cilj ovog projekta je primena optokaplera pri detekciji *zero crossing* (prolaska naizmeničnog signala kroz nultu vrednost) nastalog korišćenjem Grecovog spoja. Kao vizuelni indikator, iskorišćena je RGB dioda.

I. UVOD U OPTOELEKTRONSKE KOMPONENTE

Optoelektronske komponente su komponente koje proizvode svetlost ili reaguju na nju. Neke od optokomponenti su: LE diode, foto-tranzistori, foto-diode, foto-otpornici, razni svetlosni indikatori, optokapleri [1]. Takođe, u optoelektronske poluprovodničke komponente spadaju i laserske diode.

Kod naizmeničnih signala, tzv. zero crossing (prolazak kroz nulu iz jedinice) predstavlja trenutnu tačku u kojoj nema prisutnog napona. U sinusnom talasu na primer, to se dešava dva puta tokom jedne periode, tj kada signal prelazi u negativan i pozitivan deo. Ovaj prelaz je važan za sisteme koji šalju digitalne podatke preko naizmeničnih kola, kao što su modemi, sistemi za automatsku kontrolu i kotroleri na digitalnu komandu, takođe se koristi za procenu osnovne frekvencije govora.

II. KORIŠĆENE KOMPONENTE ZA REALIZACIJU PROJEKTA

A. Arduino UNO

Arduino Uno je mikrokontrolerska ploča bazirana na ATmega328 (prikazana na Slici 1). Ima 14 digitalnih ulaza/izlaza (od kojih se 6 mogu koristiti kao *PWM* (*Pulse-width modulation*) izlazi), 6 analognih ulaza, kristalni oscilator od 16 MHz, USB vezu, priključak za napajanje, *ICSP* (*In Circuit Serial Programming*) zaglavlje i dugme za resetovanje. Sadrži sve što je potrebno za podršku mikrokontroleru; jednostavno se povezuje na računar pomoću USB kabla ili se napaja DC adapterom ili baterijom. Analogni pinovi mogu biti samo ulazni, dok digitalni pinovi mogu biti ulazni i izlazni. [2].

A. Avramović i H. Todorović su studenti treće godine na modulu za Elektronske komponente i mikrosisteme Elektronskog fakulteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: anastasija.avram@elfak.rs, hristina.t@elfak.rs



Slika 1. Arduino Uno.

B. RGB dioda

RGB LED (prikazane na Slici 2) su diode koje mogu da svetle u više boja. One imaju četiri nožice, katodu i tri anode za svaku od RGB boja – crvenu (*Red*), zelenu (*Green*) i plavu (*Blue*). Kombinovanjem ove tri boje može se dobiti bilo koja boja [1].

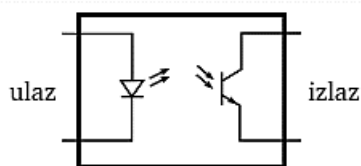


Slika 2. Izgled RGB dioda.

C. Optokapler

Optokapler je komponenta koja se sastoji od LE diode i fototranzistora integrisanih u jednom kućištu [3]. Električni simbol optokaplera prikazan je na Slici 3. Optokapler predstavlja komponentu sa svetlosnom spregom između ulaza i izlaza. Signal sa ulaza izaziva emisiju svetlosti LE diode. Ova svetlost predstavlja pobudu fototranzistora, tako da se na izlazu pojavljuje odgovarajući signal. Ulaz i izlaz su međusobno galvanski izolovani. Galvanska izolacija čini optokapler pogodnim za primenu u svim uređajima kod kojih korisnik može doći u dodir sa potencijalno opasnim nivoima signala (merni instrumenti, medicinski uređaji, telekomunikacioni uređaji, itd.) [4]. Optokapler se takođe može koristiti za prilagođenje

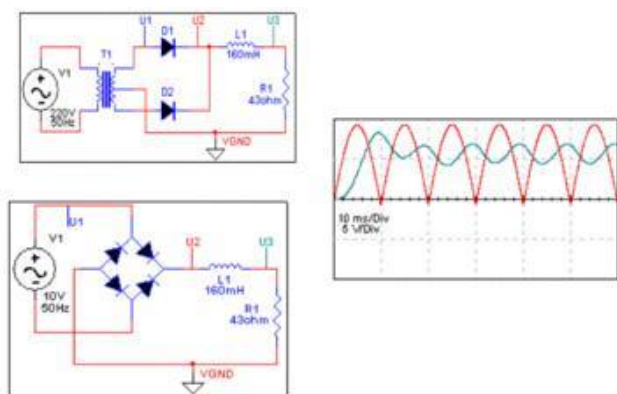
naponskih nivoa između dva kola, kao i za smanjenje uticaja elektronskog šuma



Slika 3. Električni simbol optokaplera.

D. Grečov spoj

U praksi se za ispravljanje naizmjeničnog signala najčešće koristi kolo prikazano na Slici 4 koje se sastoji od četiri diode povezane u konfiguraciju mosta. Tokom pozitivne poluperiode ulaznog napona provode diode $D1$ i $D2$, a diode $D3$ i $D4$ su zakočene. Situacija je obrnuta tokom negativne poluperiode, kada provode diode $D3$ i $D4$, dok su diode $D1$ i $D2$ zakočene. Rezultat je da se obe poluperiode ulaznog napona pojavljuju kao ispravljene na izlazu. Ova vrsta ispravljanja naziva se punotalasno (*full-wave*) ispravljanje naizmjeničnog signala. Amplituda izlaznog napona umanjena je za dvostruku vrednost pada napona na diodi [4].

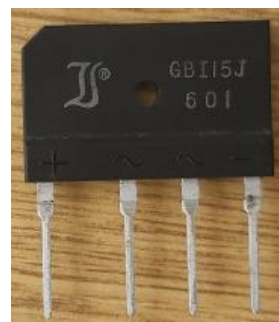


Slika 4. Kolo za punotalasno ispravljanje.

Pomoću punotalasnog ispravljača signala, odnosno Grecovog spoja (prikazanog na Slici 5), dobija se signal koji ima prekide na svakoj poluperiodi, tj javlja se *zero crossing* [5].

E. Potenciometar (trimer)

Potenciometar (trimer) (prikazan na Slici 6) je otpornik promenljive otpornosti. Sastoji se od otpornog dela na čijim su krajevima vezani kontakti i klizača koji se kreće po otpornom delu potenciometra i takođe ima poseban priključak. Okretanjem osovine klizača, korisnik menja vrednost otpornosti.



Slika 5. Grecov spoj.

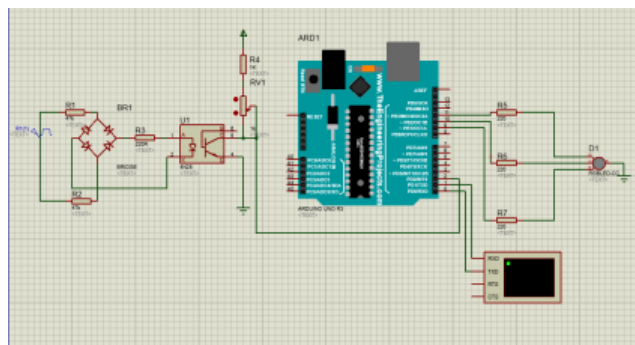


Slika 6. Potenciometar.

III. KREIRANJE ŠEME U PROTEUS-U

Proteus je softverski alat za dizajniranje šema, simuliranje i dizajniranje *PCB (Printed Circuit Board)* ploča. Postoji više konfiguracija u zavisnosti od veličine dizajna i zahteva za mikrokontrolere. Šeme u *Protesu* se koriste i za simulacije dizajna i za *PCB* ploče. Simulacija je rađena u programu *Proteus* i *Arduino*.

Električna šema (Slika 7) u programu *Proteus* sastoji se iz dva dela: kola za ispravljanje naizmjeničnog signala i kola za detekciju prolaska signala kroz nulu.



Slika 7. Kreirana šema u softverskom alatu Proteus.

Na slici (slika 8) prikazan je kod koji uz pomoć *interrupt-a* na svaki prolazak kroz nulu menja boju RGB diode.

Na datoj šemi (slika 9.) jasno se uočava kako izlaz optokaplera „hvata” sam prelazak kroz nulu, pa se i boja RGB diode menja.

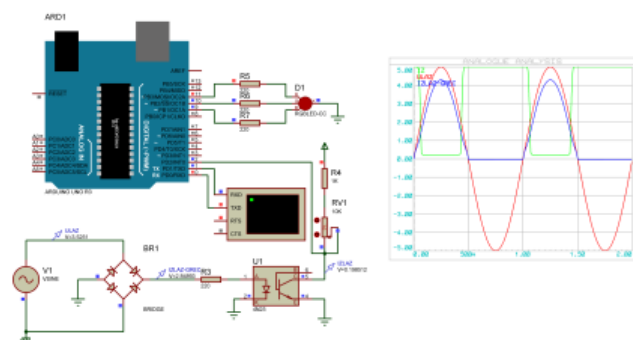
```

interrupt_kod

#define interruptPin 2
volatile boolean fleg;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(interruptPin, INPUT);
  pinMode(10, OUTPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(interruptPin), detectZC, RISING);
}
void detectZC(){
  fleg=true;
}
void loop() {
  if(fleg==true){
    digitalWrite(11,LOW);
    digitalWrite(10,HIGH);
    delay(500);
    Serial.println("Detektovan prolaz kroz nulu");
    digitalWrite(10,LOW);
    fleg=false;
  }
  else{
    digitalWrite(11,HIGH);
    Serial.println("Signal je van nule");
  }
}
}

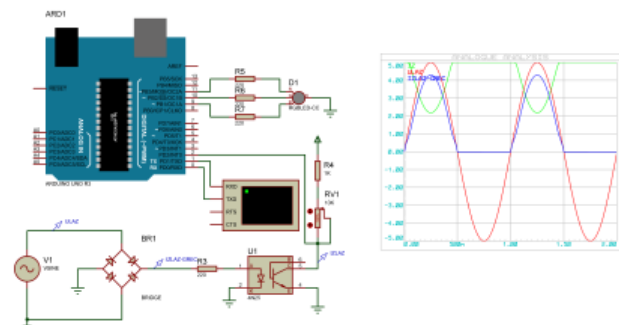
```

Slika 8. Kod iz Arduina.



Slika 9. Detekcija zero cross-a.

Na drugoj šemi (slika 10.) međutim nije snimljen prelazak u nulu i boja RGB diode ostaje nepromenjena.



Slika 10. Ne postoji detekcija zero cross-a.

IV. PRAKTIČNA REALIZACIJA

Signal generator (Slika 11.) je elektronski uređaj koji generiše signale na ulazu, postavljajući vrednost amplitude, frekvencije i oblik talasa.



Slika 11. Signal generator RIGOL DG1022.

Za merenje karakteristika signala iskorišćen je osciloskop RIGOL MSO5104 [6], prikazan na Slici 12.



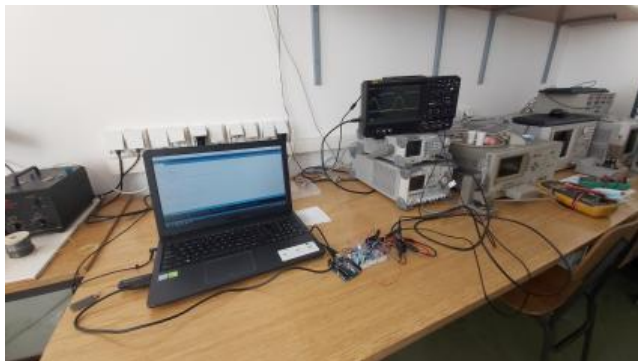
Slika 12. Korišćeni osciloskop RIGOL MSO5104.

Sonde osciloskopa je potrebno povezati na izlaze koje treba posmatrati. Na ovaj način na osciloskopu je moguće pratiti signale prikazane na Slici 13. Žutim signalom prikazan je izlaz sa Grecovog spoja, dok plavi signal predstavlja izlaz sa optokaplera.



Slika 13. Dobijeni signali na osciloskopu.

Povezivanjem opisanih elemenata na protopločici *Arduino*, koja se jednim delom vezuje na generator signala, a drugim na računar na kome je napisan kod (Slika 8), kojim se kontroliše šta kolo radi dobijeno je radno okruženje prikazano na Slici 14, gde smo iskorišćena protoploča *Arduino Uno* softverskog alata koja se povezuje sa laptopom, ne bi li se sam kod napisan u programu koji prati *Arduino* izvršio, a s druge strane same šeme na protoploči su osciloskop i generator signala.



Slika 14. Radno okruženje.

Na osnovu analize kola, postoje dve varijante izlaza koje ovo kolo pruža, tj postoji varijanta (na slici 9.) u kojoj kolo beleži prolazak kroz nulu, tj. detektuje *zero cross* i RGB menja svoju boju u toku perioda trajanja nule, ali postoji i varijanta (na slici 10.) gde se pomoću potencijometra menja izlaz optokaplera (koji posmatramo na osciloskopu), pa se i ne detektuje sam prolazak kroz nulu i stoga RGB ne menja svoju boju.

V. ZAKLJUČAK

Primena optokaplera je u priloženom projektu analizirana pomoću Grecovog spoja ,tzv. pojave *zero cross*-a i RGB diode, pritom radeći simulaciju u softverskom alatu *Proteus* i praktično uz pomoć *Arduino UNO* softverskog alata. Ovim smo zaključili da su rezultati iz simulacije i praktične realizacije istovetni.

ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju Nikoli Mitroviću i Milošu Marjanoviću na izdvojenom vremenu, sugestijama i pomoći pri realizaciji ovog projekta.

LITERATURA

- [1] V. Paunovic, "Optoelektronske komponente". Dostupno na: <http://mikro.elfak.ni.ac.rs/predmeti/optoelektronika/>
- [2] Tehnička dokumentacija za *Arduino UNO*. Dostupno: <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>
- [3] Tehnička dokumentacija 4N25 optokapler. Dostupno: <https://datasheetspdf.com/pdf/23617/MotorolaInc/4N25>
- [4] Z.Prijić, A.Prijić, „Uvod u poluprovodničke komponente i njihovu primenu” Niš, 2020. Dostupno na: <http://mikro.elfak.ni.ac.rs/predmeti/elektronske-komponente/>
- [5] Tehnička dokumentacija za Grecov spoj. Dostupno na: <https://datasheetspdf.com/datasheet/GB115J.html>
- [6] Osciloskop RIGOL MSO5104 https://beyondmeasure.rigoltech.com/acton/attachment/1579/f-0907/1/-/-/-/MSO5000_datasheet.pdf
- [7] Literatura iz predmeta „Komponente i kola snage” <http://mikro.elfak.ni.ac.rs/predmeti/komponente-i-kola-snage/>
- [8] D. Danković, "Laboratorijski praktikum sa zadacima za samostalni rad iz predmeta komponente za telekomunikacije"

Use, testing and calibration of capacitive sensor SKU:SEN0193

Milan Stojanović, Neda Stanojević

Abstract – The soil moisture sensors, based on different measurement techniques, have an important role in many areas. This paper presents capacitive soil moisture sensor SKU:SEN0193 connected to Nucleo-L4R5ZI board. The values obtained by this sensor are analyzed and compared with the values measured with the sophisticated device for soil moisture measurement MO750 made by EXTECH. It was shown that sensor SKU:SEN0193 has an almost linear transfer characteristic and the process of sensor calibration was also described.

I. INTRODUCTION

Wireless sensor network (WSN) is based on a global network of intelligent objects (nodes). The term node refers to a microcontroller that is connected with a sensor and RF module. A sensor measures different parameters (temperature, humidity, pressure, light, etc.) and converts them into electrically measurable values (usually voltage). A microcontroller takes obtained values, and after processing transmits data via RF module (for example Wi-Fi). The data is available for users on the server-side after transmission. The wireless transmission is the main advantage of WSN because it provides possibility to install nodes far (several km) from the base station.

WSN concept is an intelligent way of monitoring and control the conditions in numerous applications. One of the sensors in WSN node is the soil moisture sensor. Accurate measurement and determination of soil moisture are important in different areas and scientific fields. Some of them are agriculture, agronomy, soil physics, geology, hydraulics, and soil mechanics.

For example, one of the most critical resources in smart farming is water for irrigated areas. So, a soil moisture sensor is needed at these places to provide monitoring and control of the quality of the soil.

There are different methods of soil moisture measuring. Some of them are capacitive, gravimetric, nuclear, electromagnetic, hygrometric [1]. In this paper, the basic working principle and calibration of the capacitive-type soil moisture sensor were described. The research field and application of these sensors have been increased in the last

several years. This fact is confirmed by the number of published scientific papers.

The design of the low-cost autonomous sensor to automate the monitoring and control of irrigation systems in remote locations and the optimization of using water for irrigation farming was described in [2]. The central part of this autonomous sensor is the Arduino Uno board which manages the rest of the components (temperature, pH, humidity sensors, and 16 x 2 LCD to display the results).

The description of the experimental characterization of this sensor was shown in the paper [3]. The purpose of experimental characterization is to understand how the chosen sensor works in a well-controlled soil environment (clean silica sandy soil).

In the experiment described in [4], the Arduino platform is used to read the signal from the capacitive sensor. The inverse values of this voltage can be linearly fit in order to approximate volumetric soil moisture content obtained via the gravimetric method.

II. SOIL MOISTURE SENSOR

Capacitive soil moisture sensor detects a change in dielectric constant in the different surrounding medium. The capacitive soil moisture sensor SKU:SEN0193 (in the rest of paper will be write sensor), which was used in this experiment, is shown in Fig. 1.

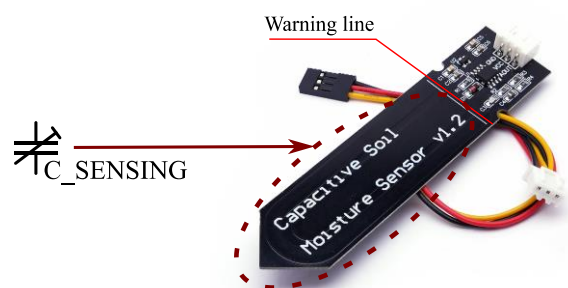


Fig. 1. Capacitive soil moisture sensor SKU:SEN0193 [5].

The capacitive soil moisture sensor is composed of two connected electrical parts. The first part is a coplanar capacitor (C_{SENSE}), and the second part is electronics circuits for generating an excitation signal. Schematic of this sensor is shown in Fig. 2.

The capacity of a coplanar capacitor depends on the dielectric constant of the surrounding material, so this part of the sensor has to be inserted in the soil. The content of the

M. Stojanović, the second-year Ph.D. student in the field of Nanotechnology and microsystems at the Faculty of Electronics in Nis, University of Nis, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Nis, Serbia, E-mail: milan.stojanovic@elfak.ni.ac.rs

N. Stanojević, the second-year Ph.D. student in the field of Nanotechnology and microsystems at the Faculty of Electronics in Nis, University of Nis, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Nis, Serbia, E-mail: neda.s@elfak.rs

water in the soil directly changes the dielectric constant, and it implicates the changing of capacitance, so the coplanar capacitor represents the measurement part of the sensor. More water means a higher value of dielectric constant and so on a higher value of capacitance.

The C_SENSE is charging by the impulse voltage of stable frequency, which is generated by the second part of the sensor (NE555 integrated circuit, resistors R_2 , R_3 , and capacitor C_3) across resistor R_1 . Capacitor C_SENSE is charging up to a certain voltage level, and this voltage (V_SENSE) goes to the output stage, and charge capacitor C_4 , across resistor R_4 . V_SENSE depends on the C_SENSE

value (higher C_SENSE value – lower V_SENSE voltage, and vice versa). Diode D_1 should prevent the electric current flow in the reverse direction (from C_4 to C_SENSE) when the impulse signal is equal to zero. If the capacitance increases the output voltage (V_{OUT}) will be decreased, and vice versa. So, the output voltage is inversely proportional to soil moisture.

It is important to note that the output signal of the soil moisture sensor is direct (DC) voltage. The output signal of the coplanar capacitor is also dependent on soil type and soil temperature. Thus, it is need to make calibration before the process of measurements.

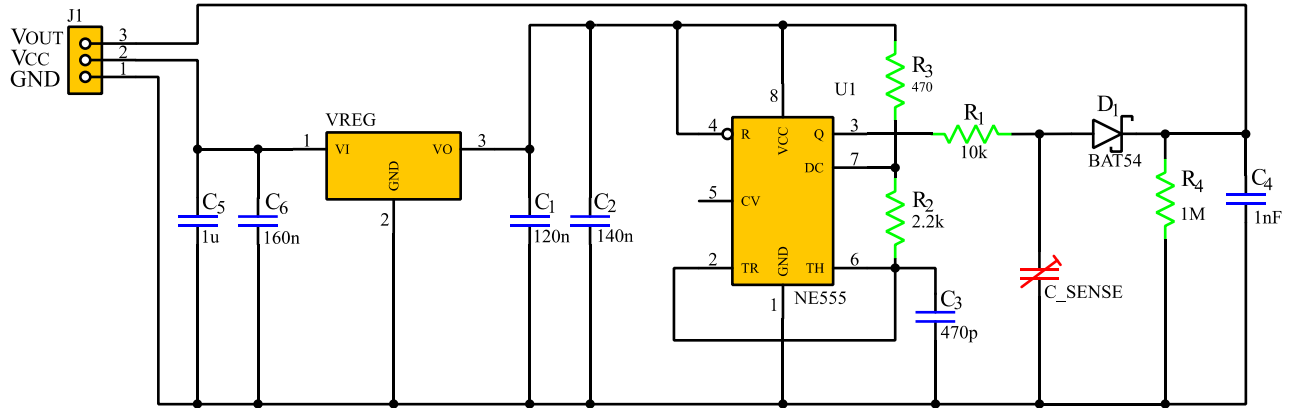


Fig 2. Schematic of solid moisture sensor SKU:SEN0193.

The onboard voltage regulator VREG with capacitors C_1 , C_2 , C_5 , C_6 provide to sensor can operate with voltage supply (V_{CC}) in the range 3.3 V – 5 V. SKU:SEN0193 sensor is commercially available on market and it required the minimal maintenance because it is made from corrosion-resistant materials. The other important characteristics of the sensor are noted in Table 1.

TABLE 1. CHARACTERISTICS OF SKU:SEN0193 [6]

Parameter	Value
Voltage Supply (V_{CC})	3.3 V - 5.5 V
Output Voltage	0 - 3.0 V
Operating Current	5 mA
Interface	PH2.0 - 3P
Dimensions	3.86 x 0.905 inches (L x W)
Weight	15 g

III. EXPERIMENTAL SETUP AND MEASUREMENT

The results of measurements of soil moisture directly depend on several important factors. The type and quality of the soil sample have an impact on the results, as well as on the analyzes, methods, and measurements that should be performed.

The design of the soil sample implies the number of samples taken, depth, type, place of taking, etc., and these are just some of the factors for observing during the measurement. Also, it is necessary to choose appropriate biological, chemical, and physical methods for soil testing and processing of the results [7].

In practice, the measurement begins when the soil sample is completely dry. To determine that the soil is completely dry, it is necessary to check the mass of the sample several times before measuring. As long as the mass of the sample changes, it means that there is the evaporation of water and that the measurement cannot be started yet. When the value of the mass of the soil sample is unchanged, it means that the soil is dry and that measurement can start.

During the measurement of soil moisture, the mass and volume of the sample must be measured each time water is added, because the addition of liquid directly affects the change in the mass of the sample [4].

In this experiment, the measurements of soil moisture were performed using the one sample of soil. The different values of soil moisture were obtained by adding the water in the sample.

As already said, the output parameter of the sensor is DC voltage. It is need to find a dependence between this voltage and soil moisture value. In this experiment linear dependence between these parameters was considered, so the used linear Eq. 1 is:

$$V_{MEAS} = k \cdot SOIL_{MOISTURE} + n \quad (1),$$

where, k and n are parameters of the linear curve, and the V_{MEAS} represents the sensor output voltage.

According to sensor datasheet, these parameters can be calculated by finding two typical pair of values (Sensor output voltage, Soil moisture). The first point is found by measuring the sensor output voltage when it is immersed in water (below the warning line shown in Fig. 1.), and the second when the sensor is in the air. It can be considered that the soil moisture values in these conditions have maximal and minimal value, respectively

($SOIL_{MOISTURE}^{WATER} = 100\%$, $SOIL_{MOISTURE}^{AIR} = 0\%$), and the measured sensor output voltages are $V_{MEAS}^{WATER} = 0.8549 V$, and $V_{MEAS}^{AIR} = 2.0469 V$. Now, putting these parameters in Eq. 1, Eq. 2, and Eq. 3 are obtained:

$$V_{MEAS}^{WATER} = k \cdot SOIL_{MOISTURE}^{WATER} + n \quad (2),$$

$$V_{MEAS}^{AIR} = k \cdot SOIL_{MOISTURE}^{AIR} + n \quad (3).$$

After inserting considered and measured values in the parameters of the linear curve were calculated. The obtained values are $k = -0.01192 V/\%$ and $n = V_{MEAS}^{AIR} = 2.0469 V$. Using these values and Eq. (1), the final form that represents dependence between soil moisture and sensor output voltage can be presented using Eq. 4:

$$SOIL_{MOISTURE} = \frac{V_{MEAS} - n}{k} = \frac{V_{MEAS} - 2.0469 V}{-0.01192 \frac{V}{\%}} \quad (4).$$

The experimental setup for measurements was shown in Fig. 3. The measurements and analysis of the values were done using the Nucleo-L4R5ZI board [8].



Fig 3. The experimental setup for measurements.

The microcontroller on this board has the analog to digital converter with 12 bits resolution. The measurement was performed every 500 ms, and the results were sent to PC via serial communication.

IV. RESULTS AND CALIBRATION

The results of measurements of soil moisture were shown in Fig.4. One point represents the mean value of ten measurements without changing the soil moisture.

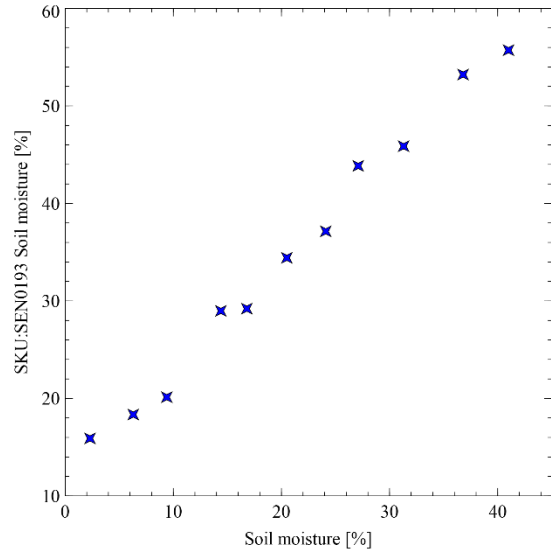


Fig 4. The values of soil moisture obtained by sensor.

The values of soil moisture obtained by the MO750 EXTECH device [9], are shown on the x-axis, and these values were considered as accurate measured values. It can be seen that obtained values can be approximated by linear curve with the linear rising of soil moisture.

The values from the sensor and values from the MO750 with differences between them are shown in Table 2.

TABLE 2. THE VALUES FROM SENSOR AND MO750 DEVICE OBTAINED BY MEASUREMENT

SKU:SEN0193 [%]	MO750 [%]	Difference [%]
15.90604	2.3	13.76774
18.35741	6.3	13.60604
20.13423	9.4	12.05741
28.98445	14.4	10.73423
29.21443	16.8	14.58445
34.42953	20.5	12.41443
37.14094	24.1	13.92953
43.85235	27.1	13.04094
45.87221	31.3	16.75235
53.22796	36.8	14.57221
55.72483	41	16.42796

Table 2 shows that values from the sensor can be presented as values from MO750 with appropriate offset. So, the calibration can be simply done by adding offset values on the measured values. Based on this fact the values from the sensor were fitted by linear curve:

$$SOIL_{MOISTURE}^{FITTED} = SOIL_{MOISTURE}^{MO750} + Offset \quad (5).$$

The measured values with the fitted linear curve are shown in Fig. 5.

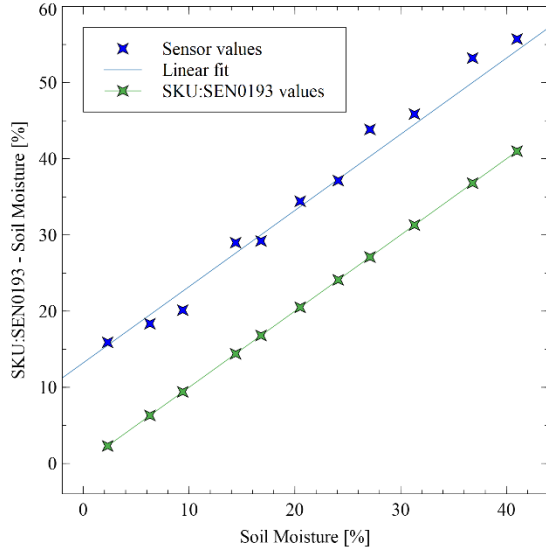


Fig 5. The values from the sensor with the appropriate fitted linear curve, and the values from the MO750.

The offset value, calculated by fitting is 13.2178 %. The final form of the equation for measuring soil moisture by sensor is obtained by inserting the offset values in Eq. 4.:

$$SOIL_{MOISTURE} = \frac{V_{MEAS} - n}{k} = \frac{V_{MEAS} - 2.0469 V}{-0.01192 \frac{V}{\%}} - 13.2178 \% \quad (6)$$

V. CONCLUSION

Based on obtained results it can be considered that the experimental setup composed of Nucleo-L4R5ZI board and

sensor SKU:SEN0193, can be used for accurate soil moisture measurements. It is important to note that it is necessary to do two things.

The moisture value dependence on sensor output voltage should be calculated first. Two typical points ($SOIL_{MOISTURE}^{WATER}, V_{MEAS}^{WATER}$) and ($SOIL_{MOISTURE}^{AIR}, V_{MEAS}^{AIR}$) should be measured and the linear transfer function calculated based on these values.

The second thing is to compare the values measured by the sensor and by some sophisticated device (MO750 in this case) to obtain and set appropriate the offset value.

For more accurate measurements the type and quality of the soil sample and temperature effect should be considered.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported in part by the Serbian Ministry of Education, Science and Technological Development under Grant TR-32026.

REFERENCE

- [1] F. S Zazueta and J. Xin. "Soil moisture sensors". Soil Sci, 73:391{401, 1994.
- [2] S. Abba, J. W. Namkusong, J.-A Lee, and M. L. Crespo, "Design and Performance Evaluation of a Low-Cost Autonomous Sensor Interface for a Smart IoT-Based Irrigation Monitoring and Control System". *Sensors* 2019, 19, 3643.
- [3] P. Placidi, L. Gasperini, A. Grassi, M. Cecconi, A. Scorzoni, "Characterization of Low-Cost Capacitive Soil Moisture Sensors for IoT Networks". *Sensors* 2020, 20, 3585.
- [4] J. Hrisko, "Capacitive Soil Moisture Sensor Theory, Calibration, and Testing". 10.13140/RG.2.2.36214.83522, 2020.
- [5] Available on: <https://nettigo.eu/products/capacitive-analog-soil-moisture-sensor>
- [6] Capacitive Soil Moisture Sensor SKU:SEN0193, Datasheet. Available on: https://wiki.dfrobot.com/Capacitive_Soil_Moisture_Sensor_SKU_SEN0193
- [7] J. A. Homburg, G. Bèye, "Agricultural Soil Productivity of the Oromin Concession", Senegal, Institut Fondamental d'Afrique Noir Campus Universitaire BP 206, Dakar, Senegal, 2010.
- [8] Available on: https://www.st.com/content/st_com/en/products/evaluation-tools/product-evaluation-tools/mcu-mpu-eval-tools/stm32-mcu-mpu-eval-tools/stm32-nucleo-boards/nucleo-l4r5zi.html#documentation
- [9] Available on: <http://www.extech.com/products/MO750>

Tehnologije izrade solarnih ćelija tankog filma

Sandra Veljković

Sadržaj – S obzirom da se neznatan deo sunčevog zračenja koristi i pretvara u korisne oblike energije, a mogućnosti su mnogo veće, javlja se potreba da se sve više razvijaju tehnike i tehnologije za konverziju sunčevog zračenja. Korišćenje solarnih ćelija je široko zastupljeno, kako u jednostavnim kolima za pokretanje pojedinih elemenata, tako i u velikim sistemima koji se koriste za proizvodnju električne energije. Za sada su dominantne solarne ćelije na bazi kristalnog silicijuma, ali se sve više koriste tankoslojne solarne ćelije zbog svoje fleksibilnosti. Međutim, efikasnost solarnih ćelija zavisi od mnogih faktora, među kojima jedan od najbitnijih predstavlja tehnologija koja je korišćena za izradu solarnih ćelija. Iz tog razloga, u ovom radu su opisane tehnologije koje mogu da se iskoriste za izradu tankoslojnih solarnih ćelija. Takođe, navedene su prednosti i mane korišćenja različitih tehnologija.

I. UVOD

Veoma mali deo sunčevog zračenja se praktično koristi, dok su mogućnosti za iskorišćenje mnogo veće [1-6]. Zato su razvijene solarne ćelije, koje su najpre našle primenu na samostalnim objektima, svetionicima, aerodromima, istraživačkim platformama na moru, stambenim i industrijskim objektima, čime je poboljšan komfor u tim objektima i osigurano kontinualno snabdevanje električnom energijom, ali je i smanjen negativan uticaj na životnu sredinu.

Maksimalni izlazni napon pojedinačne solarne ćelije iznosi oko 500-700 mV (uz gustinu struje oko 20 mA/cm²), pa se ćelije serijski povezuju kako bi se dobio željeni napon. Snaga koju proizvodi jedna fotonaponska ćelija je relativno mala pa se u praksi više ćelija povezuju u grupu čime se formira fotonaponski modul. Najčešće se oko 36 ćelija serijski povezuje stvarajući module nominalnog napona od 12 V i na ovim modulima su ćelije učvršćene i zaštićene od atmosferskih i drugih uticaja. Prema projektovanoj snazi moduli se spajaju redno i/ili paralelno, čime se formira fotonaponski panel koji proizvodi znatno veću struju, napon, a time i snagu. Paneli sa ostalim potrebnim elementima (pretvaračima, regulatorima, akumulatorima...) čine fotonaponski sistem. Za proizvodnju solarnih ćelija najčešće se koristi silicijum, pri čemu se u zavisnosti od njegove strukture mogu formirati solarne ćelije od monokristalnog, polikristalnog i amornog silicijuma [7-9]. Solarne ćelije od amornog silicijuma mogu da se izrađuju na staklu, na aluminijumu, čeličnom limu i na plastičnoj osnovi. Solarne ćelije od amornog silicijuma koje su izrađene na plastičnoj osnovi su

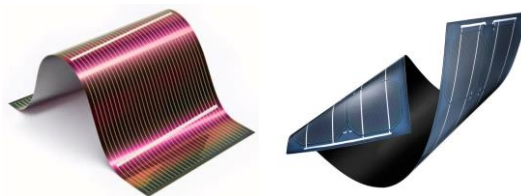
S. Veljković je student doktorskih studija na modulu Nanotehnologije i mikrosistemi na Katerdri za mikroelektroniku, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: sandra.veljkovic@elfak.rs

fleksibilne i lake.

Iako je razvijeno više tehnologija za izradu fotonaponskih ćelija, na tržištu su dominantne ćelije od kristalnog silicijuma, dok se predviđa da će u budućnosti sve veći udeo pripasti fleksibilnim ćelijama sa tankim filmom [10,11]. Tehnologija tankog filma omogućuje znatnu uštedu materijala i mnogo fleksibilniju ugradnju fotonaponskih solarnih ćelija, pošto ih je moguće savijati. Takođe, solarne ćelije napravljene tehnologijom tankog filma imaju znatno kraće vreme povratka uložene energije ali im je efikasnost nešto niža.

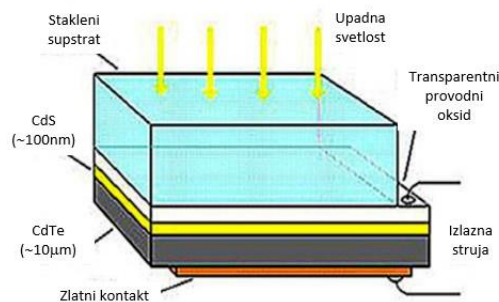
II. TEHNOLOGIJE IZRADE

Devedesetih godina prošlog veka su razvijene tankoslojne solarne ćelije čija je efikasnost prelazila 15%, čime je probijena granica za ovu tehnologiju (slika 1).



Slika 1. Tankoslojne solarne ćelije [12].

Takođe, devedesetih godina je razvijena i prva CdTe solarna ćelija (slika 2).



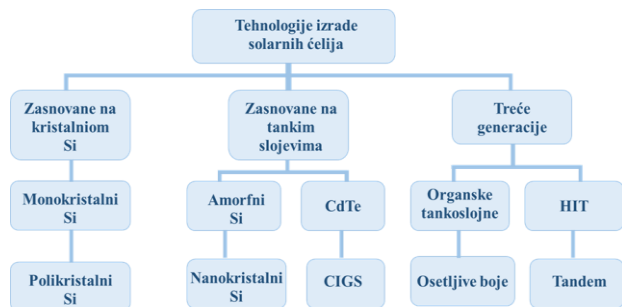
Slika 2. CdTe solarna ćelija [12].

Tankoslojni (*Thin films*) moduli trenutno predstavljaju 10% do 15% godišnje prodaje PV modula. Oni su podeljeni u tri kategorije [12]:

- amorfni (a-Si) i micromorphsilicon (a-Si/µc-Si),
- kadmijum teluridni - *Cadmium-Telluride* (CdTe), i
- bakar indijum diselenid Copper-Indium-Diselenide (CIS) i *Copper-Indium-Gallium-Diselenide* (CIGS).

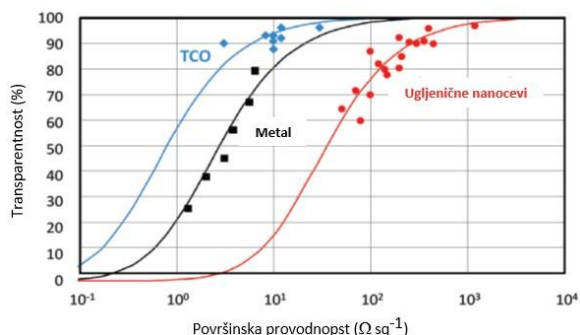
Generalno, solarne ćelije se mogu podeliti na neorganske i organske. Neorganske mogu biti formirane od silicijuma (monokristalnog ili polikristalnog) ili drugih materijala kao što je kadmijumtelurid ili silicijum karbid. Neorganske solarne ćelije su korišćene i za prvu i za drugu generaciju tipova solarnih ćelija i mogu biti monokristalne, polikristalne ili tankoslojne. Tankoslojne solarne ćelije formirane od organskih materijala predstavljaju treću generaciju u proizvodnji ovih ćelija.

Pored već navedene podele, tehnologije izrade solarnih ćelija se mogu podeliti i na one zasnovane na tankom filmu (tankoslojne solarne ćelije), kristalnom silicijumu, organskim materijalima, kao i najnovijim tehnologijama - HIT i tandem (slika 3).



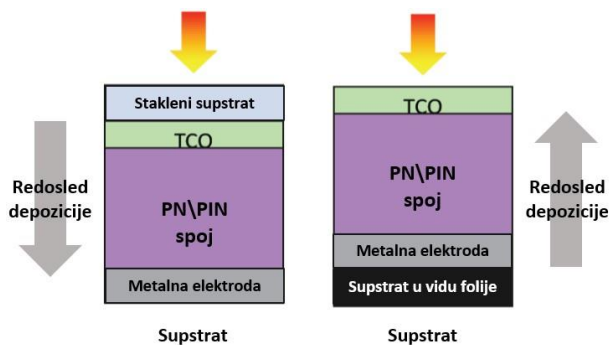
Slika 3. Tehnologije za izradu solarnih ćelija.

Za većinu tehnologija tankog filma je veoma bitan proces nanošenja transparentnih provodnih oksida (*transparent conductive oxides* -TCO). Kao što je poznato, generisani nosioci naelektrisanja se razdvajaju i sakupljaju na prednjoj i zadnjoj elektrodi. Ako je p-sloj na zadnjoj strani ćelije, šupljine se 'sakupljaju' na zadnjoj elektrodi koja pokriva celu zadnju stranu ćelije. S druge strane prednja elektroda, koja prikuplja elektrone pokriva samo mali deo prednje površine da bi se izbegli gubici usled zaklanjanja, odnosno gubitka aktivne površine. Zato materijali koji se koriste za tankoslojne solarne ćelije moraju da imaju značajnu lateralnu provodnost, ali i da budu transparentni. U tu svrhu se može koristiti više materijala, čije su karakteristike transparentnosti u funkciji površinske provodnosti prikazane na slici 4.



Slika 4. Karakteristike transparentnosti u funkciji površinske provodnosti materijala za prednje elektrode tankoslojne solarne ćelije [13].

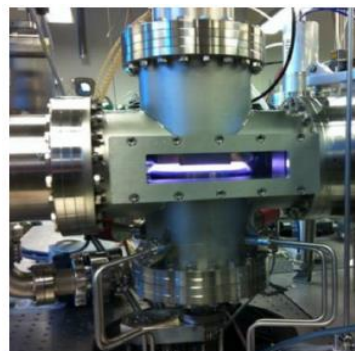
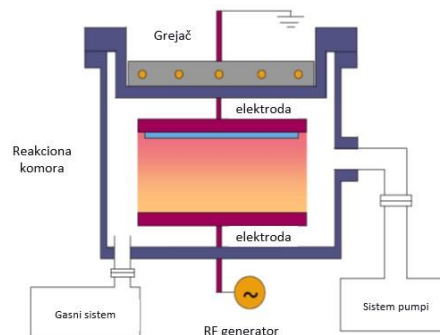
Naravno, sama tehnologija izrade igra značajnu ulogu, pri čemu su na slici 5 predstavljena dva pristupa u formiranju tankih filmova.



Slika 5. Redosledi koji se koriste pri formiranju tankih filmova [13].

Za formiranje tankih slojeva se mogu koristiti različite procesne tehnologije. Pri svakoj od tih tehnologija se slojevi nanose na specifičan način.

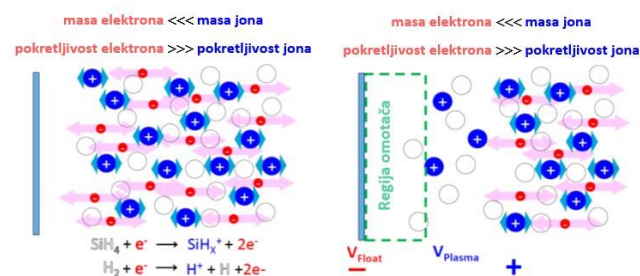
CVD metoda omogućava hemijsku depoziciju iz gasne faze, čime dolazi do narastanja čvrste materije na supstratu. Postoji više varijacija ove metode, a uglavnom se razlikuju po tome kako se inicira hemijska reakcija. Standardne metode uglavnom zahtevaju visoku temperaturu površine da bi došlo do disocijacije gasa. Veoma popularna metoda za tankoslojne ćelije je CVD metoda pojačana plazmom (*plasma enhanced chemical vapour deposition*) i na slici 6a je dat šematski prikaz ove metode i postrojenje za primenu ove metode (slika 6b).



Slika 6. Plazma CVD (a) šematski prikaz i (b) postrojenje [13].

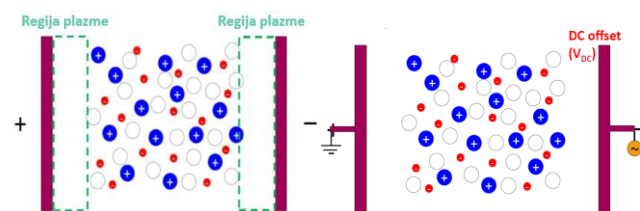
Plazma je stanje gasa pri kome je deo atoma jonizovan i u tako reaktivnom okruženju dolazi do disocijacije gasa-prekursora. Zato je ovom metodom moguća depozicija tankih filmova na niskim temperaturama - ispod 200 °C. Koristi se prvenstveno za depoziciju tankih slojeva silicijumskih legura.

Proces počinje uvođenjem gasa-prekursora u vakuumsku komoru. U zavisnosti od toga koji se materijal želi da dobije uvodi se silan, metan, vodonik ili ugljendioksid. Ukoliko je potrebna depozicija amornog silicijuma koriste se silan i vodonik (slika 7).



Slika 7. Disocijacija gasa pri plazma CVD [13].

U plazmi silana i vodonika neki elektroni su ekscitovani i jonizuju druge atome, što vodi do disocijacije gasa-prekursora. Elektroni se eksituju primenom spoljašnjeg napona (slika 8).



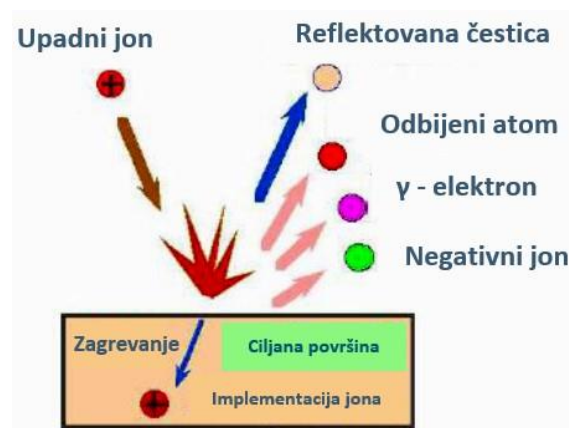
Slika 8. Plazma CVD [13].

Pored navedene plazma CVD, koja se primarno koristi, postoje i druge tehnike koje se koriste za nanošenje slojeva-formiranje tankoslojnih solarnih ćelija. To su: termičko naparavanje - depozicija evaporacijom (*Evaporation deposition*), depozicija spaterovanjem (*Sputtering deposition*), sublimacija (*Close space sublimation*), hemijska depozicija u tečnosti (*Chemical bath deposition*), epitaksijalno nanošenje snopom molekula (*Molecular beam epitaxy*), atomska depozicija (*Atomic layer deposition*) i prekrivanje rotacijom (*spin coating*).

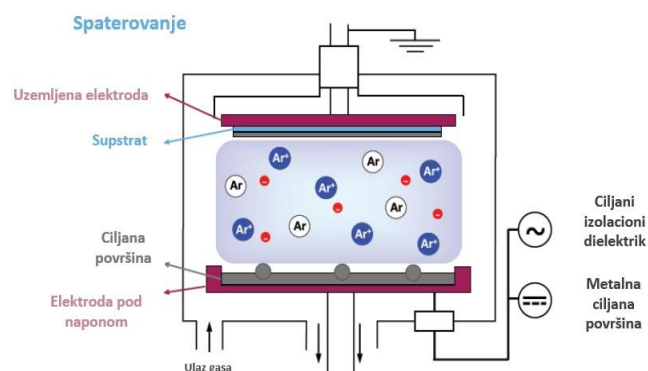
Spaterovanje spada u proces fizičkog naparavanja (*physical vapour deposition* - PVD). Kod ove tehnike se za dislokaciju atoma sa površine izvora materijala za deponovanje koriste joni velikih energija (slika 9). Može se primeniti za deponovanje bilo kojeg materijala i izvodi se u niskom-srednjem vakuumu ($\sim 1333.22 \text{ Pa}$) [14].

Pri spaterovanju incidentne jone visokih energija generiše plazma. Pri tome se magnetno polje koristi za ograničavanje plazme, a električno polje za ubrzanje

čestica. Na slici 10 je dat šematski prikaz procesa spaterovanja. Za metale se primenjuje DC plazma, dok se za dielektrike koristi Rf plazma.

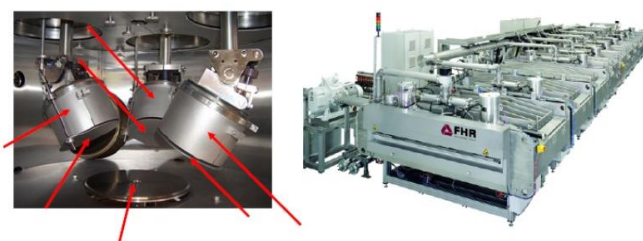


Slika 9. Proces spaterovanja [14].



Slika 10. Šematski prikaz procesa spaterovanja [14].

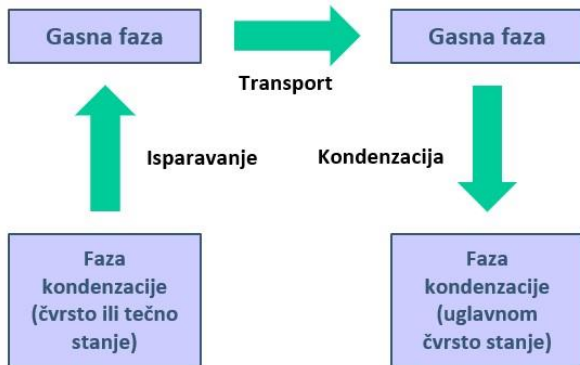
Prednosti ove tehnike su: uniformna debljina deponovanog filma po celoj površini supstrata čak i kada su oni veliki; laka kontrola debljine filma merenjem vremena; laka depozicija legura i dobro prekrivanje bez oštećenja X-zracima. S druge strane postoje i nedostaci ove tehnike kao što su: brzina depozicije nekih materijala je suviše mala; organski materijali se degradiraju zbog bombardovanja jona i laka ugradnja nečistoća zbog niskog-srednjeg vakuumu [14]. I pored toga, ovo je veoma često korišćena tehnika, a oprema za primenu spaterovanja je prikazana na slici 11.



Slika 11. Oprema za primenu procesa spaterovanja [13].

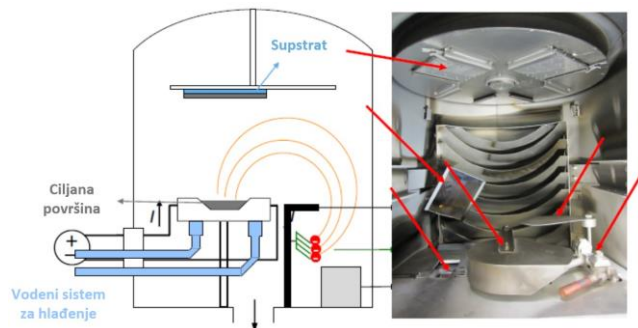
Termičko naparavanje (*Evaporation deposition*) takođe spada u proces fizičkog naparavanja i šematski se pojednostavljeno može predstaviti kao na slici 12. Materijal za depoziciju se prevodi u gasovito stanje grejanjem, a sam proces se izvodi u visokom vakuumu da bi se izbegla kontaminacija. Oprema za primenu procesa termičkog naparavanja je prikazana na slici 13.

Prednosti primene ove tehnike su velika brzina depozicije od 0.5 nm/min, i to što atomi niskih energija (~ 0.1 eV) ne oštećuju površinu supstrata. Pored toga, prednost je i to što nije potrebno grejanje supstrata. S druge strane, nedostaci su: loše prekrivanje stepenika; varijacije debljine deponovanog materijala kod velikih supstrata i oštećenja izazvana X-zracima [14].



Slika 12. Termičko naparavanje-šematski prikaz.

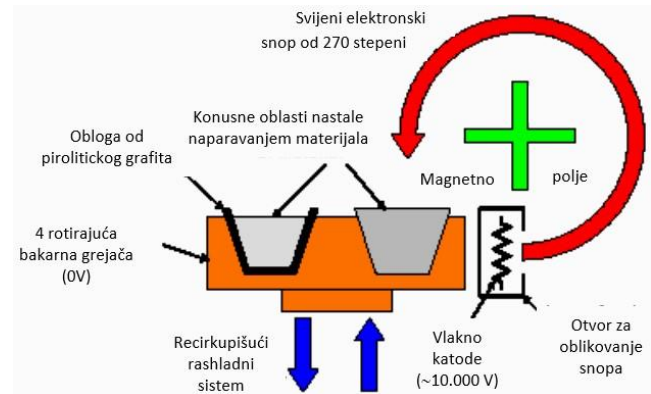
Mehanizmi koji se primenjuju za zagrevanje su otporno zagrevanje, zagrevanje snopom elektrona i induktivno zagrevanje. Kada se primenjuje otporno zagrevanje lažice sa materijalom koji treba deponovati najčešći materijali za grejače su volfram W (3410°C), tantal Ta (2996°C) i molibden Mo (2670°C). Potencijalni problem koji se može javiti pri primeni ovog mehanizma za zagrevanje je reakcija sa materijalom lažice. Zagrevanje se može vršiti i snopom elektrona, pri čemu se materijal za depoziciju bombarduje elektronima. Međutim, pri tome se generišu X-zraci koji oštećuju supstrat, odnosno samu komponentu. Pored ova dva mehanizma za zagrevanje može se primeniti i induktivno zagrevanje materijala za depoziciju koje nastaje usled gubitaka vihornih struja.



Slika 13. Oprema za primenu procesa termičkog naparavanja [13].

Otporno zagrevanje je najjednostavniji i široko zastupljen mehanizam. Koristi se za temperature do 1800°C , pri čemu se supstrati izlažu vidljivom i IR zračenju. Tipična brzina depozicije je 0.1-2 nm/s, a materijali koji se mogu deponovati su čisti elementi - zlato Au, srebro Ag, aluminijum Al, kalaj Sn, hrom Cr, antimon Sb, germanijum Ge, indijum In, magnezijum Mg, galijum Ga, kao i jedinjenja (sulfidi, hloridi i fluoridi) kadmijumsulfid CdS, olovosulfid PbS, natrijumhlorid NaCl, kalijumhlorid KCl, srebrohlorid AgCl, olovohlorid PbCl₂, kalcijumfluorid CaF₂ i magnezijumfluorid MgF₂.

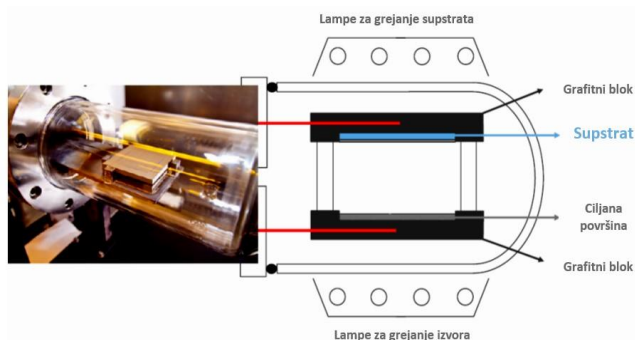
Zagrevanje snopom elektrona je složeniji metod i koristi se za temperature preko 3000°C , pri čemu se supstrati se izlažu zračenju sekundarnih elektrona i X-zraka (slika 14). Za ovaj mehanizam zagrevanja su tipični emisioni naponi od 8-10 kV, a tipična brzina depozicije je 1-10 nm/s. Materijali koji se mogu deponovati su svi koji se deponuju otpornim zagrevanjem, ali i elementi nikel Ni, platina Pt, iridijum Ir, rodijum Rh, titanijum Ti, cirkonijum Zr, volfram W, tantal Ta i molibden Mo, kao i jedinjenja (oksidi) aluminijumoksid Al₂O₃, silicijumdioksid SiO₂, kalajdioksid SnO₂, titanijumdioksid TiO₂, cirkonijumdioksid ZrO₂.



Slika 14. Zagrevanje snopom elektrona-šematski prikaz [14].

Pri termičkom naparavanju su značajni procesi apsorpcije, fiziozorcije i hemisorpcije. Adsorpcija je proces pričvršćavanja čestica (atoma ili molekula) za supstrat. Pri fiziozorciji molekul koji udara u supstrat gubi kinetičku (toplotnu) energiju. Zbog manje energije molekul ne može da preskoči prag energije potreban za njegovo oslobađanje. Pri hemisorpciji molekul koji udara u supstrat gubi kinetičku energiju tako što se odvija hemijska reakcija kojom se formira hemijska veza između molekula i drugih atoma supstrata.

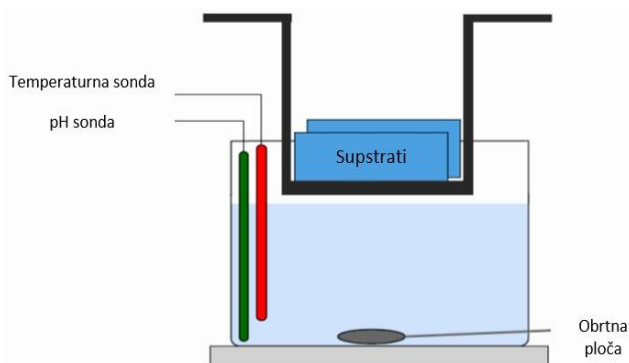
Pored navedenih postoje i druge tehnike za naparavanje tankih slojeva, koje se često koriste za nanošenje slojeva kao što je kadmijum telurid, a jedna od njih je sublimacija (*Close space sublimation*). Na slici 15 je data oprema koja se koristi za sublimaciju, kao i njen šematski prikaz.



Slika 15. Oprema koja se koristi za sublimaciju i njen šematski prikaz [13].

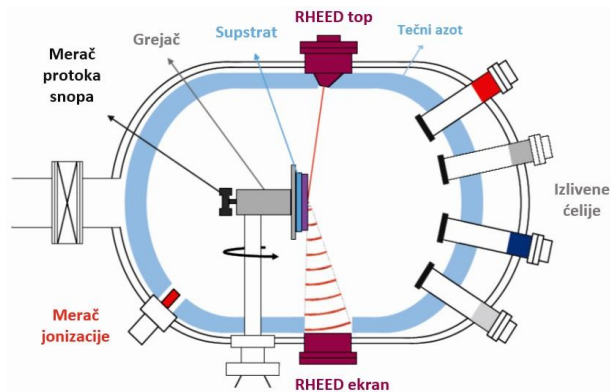
Kao i ostale tehnike za fizičko naparavanje sublimacija se odvija u vakuumskim komorama. Dva grafitna bloka se nalaze u komori na rastojanju od nekoliko milimetara do 1.5 cm. Na jednom bloku se nalazi supstrat, a na drugom materijal koji treba naneti (target). Grafitni blokovi se zagrevaju do temperature od oko 500 °C, tako da isparava materijal. Supstrat se drži na nešto nižoj temperaturi, a kao se materijal deponuje na površini sa nižom temperaturom doći će do taloženja na supstratu. U varijaciji se koriste inertni gasovi koji se uvode u komoru kako bi se kontrolisali procesi taloženja.

Pri primeni hemijske depozicije u tečnosti (*Chemical bath deposition*) materijal koji treba naneti na supstrat je rastvoren u tečnoj hemikaliji. Tečnost se zagreva, a željeni materijal taloži na supstratu (slika 16).



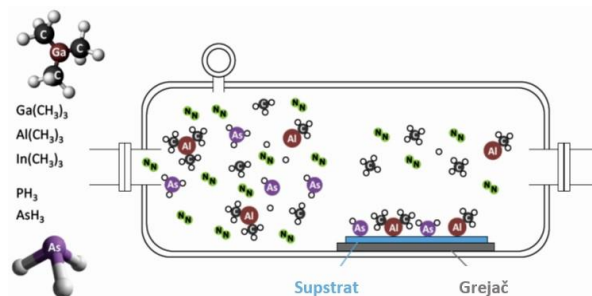
Slika 16. Šematski prikaz tehnike *Chemical bath deposition* [13].

Za nanošenje materijala kao što je galijum arsenid koristi se proces epitaksije. Pri epitaksijalnom nanošenju se kristalni sloj nanosi na kristalni supstrat. Pri tome naneti sloj ima kristalnu strukturu supstrata. Postoje dve osnovne tehnike epitaksije, a to su epitaksija snopom molekula (*Molecular beam epitaxy*), koja je prikazana na slici 17 i hemijska depozicija iz gasne faze metalorganskih jedinjenja (*Metal-organic chemical vapour deposition*) koja je prikazana na slici 18.



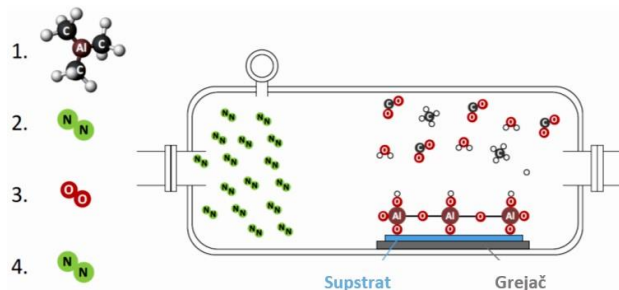
Slika 17. Šematski prikaz tehnike *Molecular beam epitaxy* [13].

Pri epitaksiji snopom molekula u vakuumskoj komori supstrat se zagreva do 600 °C. Kao supstrat se obično koristi vejer (pločica) monokristalnog germanijuma. Komora sadrži i nekoliko dovoda (*Effusion cells*) različitih elemenata visoke čistoće. Svaki od dovoda ima zatvarač koji se otvara po potrebi, u zavisnosti od toga koji sloj treba da se nanese. Atomi se talože na supstratu sloj po sloj.



Slika 18. Šematski prikaz tehnike *Metal-organic chemical vapour deposition* [13].

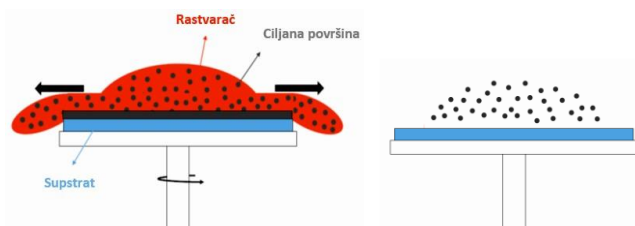
Sledeća tehnika depozicije je atomska depozicija (*Atomic layer deposition*). Za razliku od standardne hemijske depozicije iz gasne faze, kod ove tehnike taloženja atomskih slojeva procedura se sastoji od naizmeničnog pulsnog uvođenja gasova koji reaguju sa supstratom (slike 19). S obzirom na ograničeni dovod gasova na supstratu nastaje monosloj.



Slika 19. Šematski prikaz tehnike atomske depozicije (*Atomic layer deposition*)-1. uvođenje trimetilaluminijuma, 2. uvođenje azota, 3. uvođenje kiseonika, 4. uvođenje azota [13].

Ako je potrebno formiranje aluminijumoksida najpre se uvodi trimetilaluminijum. Slabo vezane metil grupe se oslobađaju, a aluminijum se apsorbira na supstratu vezujući se sa kiseonikom. U drugom koraku se uvodi inertni gas kao što je argon ili azot. U trećem koraku se uvodi kiseonik i to molekularni ili u novijim sistemima se uvodi plazma kiseonika. Kiseonik se vezuje za aluminijum oslobađajući metil grupe. Zatim se ponovo uvodi azot i proces se ponavlja.

Za organske solarne ćelije se najčešće primenjuje tehnika prekrivanja rotacijom (*spin coating*), koja je šematski predstavljena na slici 20.



Slika 20. Šematski prikaz tehnike prekrivanja rotacijom (*spin coating*) [13].

Supstrat se postavlja na rotirajuću platformu, a rastvor materijala koji se nanosi (naziva se ink) postavlja se preko njega. Supstrat se okreće sa preko 600 rotacija u minuti (10 u sekundi). Centripetalna sila omogućava širenje rastvora materijala preko celog supstrata. Pošto se materijal rastvara u supstanci koja lako isparava, taj rastvarač isparava tokom okretanja i na supstratu ostaje samo željeni materijal.

III. ZAKLJUČAK

Solarni sistemi imaju sve širu primenu, njihov razvoj je sve brži i značajniji, tako da su razvijene tehnologije izrade i od kristalnih poluprovodnika i u obliku tankog filma. Iako na tržištu preovladavaju ćelije od kristalnog silicijuma, predviđa se da će u budućnosti sve veći udeo pripadati tankom filmu jer tehnologija tankog filma omogućava znatnu uštedu materijala i mnogo fleksibilniju ugradnju fotonaponskih ćelija. Efikasnosti solarnih ćelija i

mogućnosti korišćenja solarne energije kao dominantnog obnovljivog izvora energije svakako je doprineo značajan napredak u razvoju i unapređenju za izradu solarnih ćelija.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije kroz projekat OI 171026.

LITERATURA

- [1] Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e.Vm <http://www.dgs.de/>
- [2] Ljubomir Majdandžić, "Fotonaponski sustavi", priručnik, HSUSE, IPA-OIE, http://www.solarni-paneli.hr/pdf/01_handbook_fotonapon.pdf
- [3] P. Rakin, Zbornik radova sa osmog Jugoslovenskog savetovanja o autonomnim električnim izvorima i njihovom korišćenju u redovnim i vanrednim uslovima, Opatija, 21-23. maj, 1979.
- [4] Tomislav Pavlović, "Fizika i tehnika solarne energetike", Građevinska knjiga, Beograd, 2007.
- [5] Uroš Jeremić, "Fotonaponsko pretvaranje energije", diplomski rad, 2007. <http://maturskiradovi.net/downloads/Fotonaponsko%20pretvaranje%20energije%20%28solarne%20celije%2.pdf>
- [6] <http://www.enfsolar.com/directory/material>
- [7] <http://www.efikasnost.org/2015/06/solarne-celije-uspreju.html>
- [8] <http://www.grejanje.com/strana.php?PID=172>
- [9] T. Pavlović, D. Milosavljević, D. Mirjanić, "Obnovljivi izvori energije", Akademija nauka i umetnosti Republike Srpske, Banja Luka, 2013.
- [10] Adolf Goetzberger, Joachim Knobloch, Bernhard Voss, "Crystalline Silicon Solar Cells: Technology and Systems Applications", Wiley; 1st Edition (April 1, 1998)
- [11] Thomas Dittrich, "Materials Concepts for Solar Cells", Wscpc (Europe), Second Edition, 2018.
- [12] Dragan Pantić, Sanja Aleksić, "Solarne komponente i sistemi", predavanja 2017/18, Elektronski fakultet u Nišu.
- [13] Solar Energy: Photovoltaic (PV) Technologies, live webinar, PV laboratory at the TU Delft, 2019.
- [14] Biljana Pešić, Vesna Paunović, "Tehnologije mikrosistema", predavanja 2017/18, Elektronski fakultet u Nišu.

Elektronski sklop za merenje niskih struja na bazi transimpedansnog pojačanja

Luka Spahić

Sadržaj – Da bi se uspešno izmerila vrednost niskih nivoa struje mora se primeniti određena metoda merenja. U radu je prikazano rešenje koje se bazira na konceptu transimpedansnog pojačanja. Izvedeno tako da se obezbedi visoka preciznost merenja uz maksimalnu moguću imunost na spoljašnje elektromagnetne smetnje. Pojedinačno je predstavljen način projektovanja električne šeme, njenih pojedinačnih delova i simulacija električne šeme. Na kraju rada prikazana je diskusija rezultata merenja.

I. UVOD

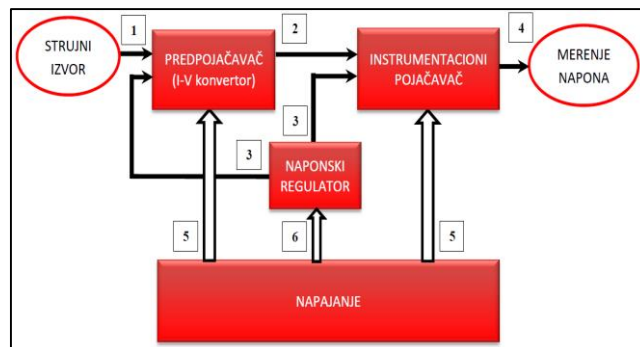
U mnogim aplikacijama postoji potreba za merenjem veoma niskih nivoa jednosmerne struje, u opsegu od nekoliko nA do nekoliko μ A. Iako su tehnička rešenja merenja vrlo niskih nivoa jednosmerne struje dobro poznata, realizacija odgovarajućeg elektronskog sklopa predstavlja veliki izazov zbog uticaja raznih oblika šumova, kako onih koji se javljaju u samom elektronskom kolu tako i onih koji potiču od spoljnjih izvora. Na osnovu toga, realizacija elektronskog sklopa za precizno merenje niskih nivoa jednosmerne struje zahteva primenu posebnih merenih metoda. Merenje niskih nivoa jednosmerne struje se izvodi konverzijom struje u napon, uz određenu proporciju između dobijenog napona i ulazne struje. U radu je upotrebljena konverzija struje u napon bazirana na primeni transimpedansnog pojačanja.

Transimpedansni pojačavač se u osnovi sastoji od operacionog pojačavača i otpornika velike otpornosti u negativnoj povratnoj sprezi pojačavača. Jednostavnost ovakve konfiguracije ne obezbeđuje visoku preciznost prilikom merenja niskih nivoa struje, pa se za takve potrebe koriste modifikovane varijante osnovnog transimpedansnog pojačavača.

II. PRINCIP RADA

Na slici 1 dat je blok dijagram projektovanog elektronskog sklopa koji se sastoji od: ulaznog predpojačavača, instrumentacionog pojačavača, naponskog regulatora i bloka preko koga se eksterno dovodi dvostrani izvor napona napajanja.

L. Spahić, student master akademskih studija na Elektronskom fakultetu, Univerzitet u Nišu, smer Elektronika i mikrosistemi, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija.
E-mail: luka.spahic@gmail.com



Slika 1. Blok dijagram projektovanog elektronskog sklopa.

Posmatranjem slike 1 može se uočiti da se na ulazu (1) dovodi signal sa strujnog izvora. Taj signal jeste struja koju treba izmeriti. Merena struja se dovodi na invertujući ulaz predpojačavačkog bloka. Zajedno sa njim, na neinvertujući ulaz predpojačavača dovodi se referentni napon (3) sa naponskog regulatora.

Predpojačavački blok čini transimpedansni pojačavač koji pojačava strujni signal, idealno bez pojačanja šuma. U istom bloku, radi lakše obrade signala, merena struja se konvertuje u napon. Izlaz predpojačavačkog bloka (2) je povezan na invertujući ulaz instrumentacionog pojačavača. Isto tako, izlazni napon sa naponskog regulatora (3) se dovodi na neinvertujući ulaz instrumentacionog pojačavača. Referentni napon na neinvertujućem ulazu prvog stepena (predpojačavača) predstavlja dobro rešenje sa aspekta stabilnosti pojačanja umesto korišćenja nulte referentne tačke (mase). Dovedeni napon sa naponskog regulatora na neinvertujući ulaz predpojačavača se oduzima u instrumentacionom pojačavaču čime se obezbeđuje očuvanje korisnog signala. [1]

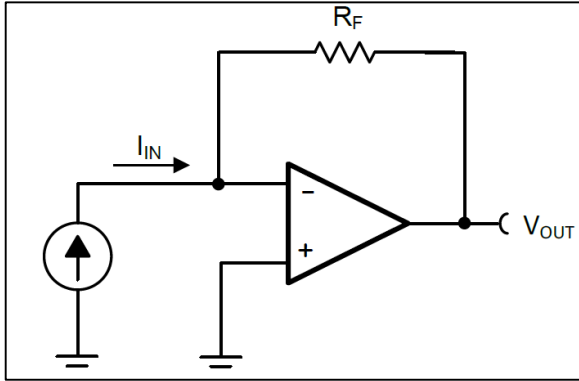
Na samom izlazu instrumentacionog pojačavača (4) nalazi se precizni merni instrument kojim se meri trenutni odziv izlaznog napona na strujnu pobudu na ulazu (1).

Napajanje celokupnog elektronskog kola je eksterno i dvostrano. Ovaj tip napajanja je odabran jer je preporučen od strane proizvođača pojačavača koji su korišćeni u ovom radu. Kao što se vidi na slici 1 oba pojačavača se napajaju dvostrano (5). Napon koji se dovodi na neinvertujućim ulazima pojačavača (3) značajno je manji od napona napajanja, pa ga je potrebno smanjiti. Za smanjenje napona korišćen je naponski regulator na čijem ulazu (6) se dovodi pozitivni napon dvostranog napajanja, a na njegovom izlazu (3) dobija se stabilni jednosmerni napon manje amplitude od pozitivnog napona dvostranog napajanja.

Bitno je napomenuti da elektronski sklop, odnosno svi njegovi osetljivi delovi moraju biti oklopljeni da bi se elektronsko kolo zaštitilo od elektromagnetnih smetnji.

III. PREDPOJAČAVAČ

Predpojačavač je elektronsko kolo koje pretvara slab električni signal u izlazni signal dovoljno veliki da bude tolerantan na šum i dovoljno veliki za dalju obradu ili za dodatno pojačanje. Na slici 2 prikazana je uprošćena električna šema transimpedansnog operacionog pojačavača.



Slika 2. Uprošćena šema transimpedansnog pojačavača [2].

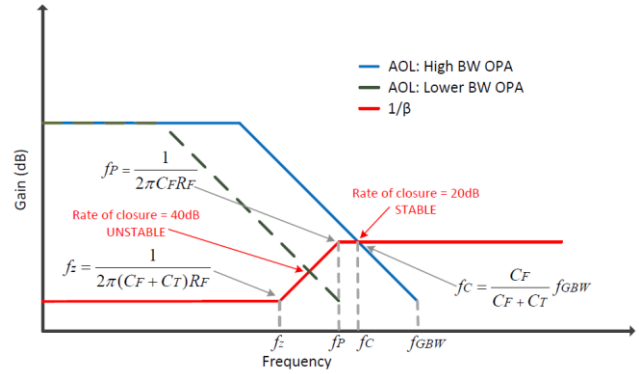
Na slici 2, otpornik u povratnoj sprezi R_F određuje pojačanje transimpedansnog operacionog pojačavača, a povratnim kondenzatorom C_F se definiše širina frekventnog opsega zatvorene petlje. Pored toga, potreban je povratni kondenzator C_F zbog stabilnosti, a i koristi se za kompenzaciju ukupne parazitne kapacitivnosti C_T na invertujućem ulazu pojačavača. Treba obratiti pažnju da iako imamo kondenzator C_F u povratnoj sprezi, ovakva konfiguracija ne predstavlja pojačavač na bazi integracionog pojačanja, već se ovim načinom rešava problem sa parazitnom kapacitivnošću i definiše širina frekventnog opsega.

Da bi pojačavač pravilno radio potrebno je da u toku rada bude stabilan.

Način na koji se TIA projektuje da bude u stabilnom režimu rada jeste da treba da se ispoštuju neka pravila, a pre svega izgled izlazne amplitudske karakteristike pojačanja u odnosu na frekvenciju.

To se radi tako što se na osnovu određenih frekvencija (nula i polova funkcije pojačanja) biraju vrednosti eksternih komponenata.

Na slici 3 predstavljen je Bode-ov grafik amplitudske karakteristike pojačanja tipičnog transimpedansnog pojačavača (otvorene petlje AOL i $1/\beta$ grafik tipičnog TIA). Crvena kriva $1/\beta$ predstavlja nule f_z i polove f_p funkcije frekventnog odziva. Iznad frekvencije f_z kriva $1/\beta$ raste za +20 dB/dec. a frekvencije iznad f_p kriva $1/\beta$ je ravna i konstantna. AOL kriva preseca $1/\beta$ krivu na frekvenciji f_c .



Slika 3. Bode-ov grafik AOL i $1/\beta$ tipičnog transimpedansnog pojačavača [3].

$$V_{OUT} = -R_F I_{IN}, \quad (1)$$

$$f_c = \frac{C_F}{C_F + C_T} f_{GBW}, \quad (2)$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi C_F R_F} \quad (3)$$

$$f_z = \frac{1}{2\pi(C_F + C_T)R_F} \quad (4)$$

U izrazu (2) f_{GBW} predstavlja frekvenciju na kojoj je pojačanje pojačavača jednako jedinici – jedinično pojačanje (eng. *Unity gain*).

Analizom pri kojim frekvencijama se seku krive AOL i $1/\beta$ može se utvrditi stabilnost operacionog pojačavača. Da bi sa sigurnošću tvrdili da je operacioni pojačavač u stabilnom stanju, onda rast od f_z do f_p mora biti +20 dB/dec. AOL kriva mora preseći krivu $1/\beta$ kada ona postane ravna da bi se održala stabilnost, a ukoliko se dogodi da AOL seče krivu $1/\beta$ dok ona raste onda dolazi do moguće nestabilnosti pojačavača [3]:

$$f_c > f_p \quad (5)$$

Izraz (5) nam daje sigurnost da izbegnemo nestabilnost pojačavača.

Sledeći izraz nam određuje minimalni potrebni bandwidth pojačavača da bi se mogla garantovati stabilnost TIA operacionog pojačavača.

$$f_{GBW} > \frac{C_T + C_F}{2\pi R_F C_F^2} \quad (6)$$

Ovim je rešen problem stabilnosti, ali još uvek nije rešen problem nastajanja termičkog šuma na otporniku R_F , njegovo superponiranje na korisni signal i pojačanje samog šuma.

Termički šum nastaje usled termičke fluktuacije nosioca naelektrisanja u provodniku. Ovaj šum je prisutan u svim pasivnim elementima. Takođe, termički šum nije zavisao od jačine struje. Ovakav šum se može modelovati kao napon ili kao struja. Kada ga modelujemo kao napon,

onda ga postavljamo kao naponski generator redno sa bešumnim otpornikom. Ono što najviše povećava taj termički šum jeste velika vrednost otpornika u povratnoj sprezi i radna frekvencija. Srednja kvadratna vrednost šuma e_n na provodniku otpornosti R koji se nalazi na temperaturi T u sistemu propusnog opsega Δf može se definisati kao:

$$e_n = \sqrt{4k_B T R \Delta f}. \quad (7)$$

IV. INSTRUMENTACIONI POJAČAVAČ

Kao što je već prikazano na blok dijagramu, ulazni signal se pojačava pomoću dva redno vezana pojačavača – predpojačavača i instrumentacionog pojačavača.

Teorijski, može se koristiti i samo prvi stepen, ali bi otpornik u povratnoj sprezi morao biti veoma veliki, reda veličine $G\Omega$. Velika otpornost bi prouzrokovala veliko pojačanje, ali samim tim bi se znatno povećao uticaj termičkog šuma, koji nije poželjan i degradira koristan signal. Praktično je mnogo bolje koristiti dva pojačavačka stepena.

Razlog zašto je odabran instrumentacioni operacioni pojačavač, a ne diferencijalni jeste taj što instrumentacioni ima mnogo bolji koeficijent potiskivanja (CMRR), kao i veću imunost na šumove zahvaljujući izolaciji u vidu bafera.

Na invertujući ulaz instrumentacionog pojačavača se dovodi signal V_{preamp} , a na neinvertujući signal se dovodi stabilnan napon 5 V. Konvertovani signal struje u napon je pojačan i pritom superponiran na napon od 5 V u predpojačavačkom bloku. Takav signal se dovodi na inverujući ulaz instrumentacionog pojačavača. Na ulazu instrumentacionog pojačavača dolazi do algebarskog zbira napona, odnosno oduzimanja $V_{INS}^+ - V_{INS}^-$.

Prema sledećim izrazima se dokazuje prethodna tvrdnja:

$$V_{PREAMP} = 5V + (-R_1 I_{PD}), \quad (8)$$

$$V_{OUT} = V_{INS}^+ - V_{INS}^-, \quad (9)$$

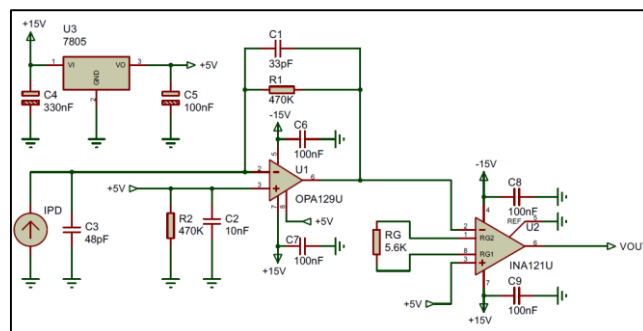
$$V_{OUT} = 5V - V_{PREAMP}. \quad (10)$$

Naponi V_{INS}^+ i V_{INS}^- predstavljaju napone na neinvertujućem i invertujućem ulazu instrumentacionog pojačavača, a napon V_{OUT} predstavlja izlazni napon. Takođe, V_{OUT} predstavlja i izlazni napon elektronskog sklopa.

V. SIMULACIJA RADA ELEKTRONSKOG SKLOPA

U ovoj sekciji je predstavljena celovita električna šema elektronskog sklopa, a na osnovu električne šeme data je i grafik simulacije zavisnost izlaznog napona V_{OUT} od ulazne električne struje I_{PD} . Električna šema i simulacija su odrađene uz pomoću *Proteus 8* softverskog alata. Na slici 4

je prikazana električna šema gde se može uočiti strujni generator I_{PD} i njemu paralelno vezan kondenzator C_1 . Na taj način je uprošćeno simuliran način rada inverzno polarisane fotodiode kao izvora električne struje kada je ona osvetljena.



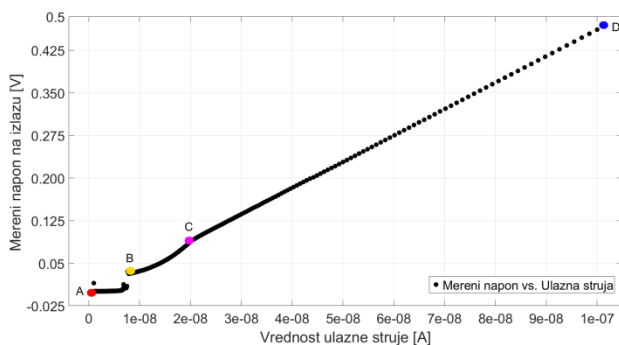
predstavlja pojačanu vrednost struje konvertovanu u izlazni napon.



Slika 6. Prikaz okruženja, postavke merenja i realizovanog elektronskog sklopa.

Na slici 7 predstavljen je grafik zavisnosti izlaznog napona od ulazne struje. Opseg merenja struje je 1 nA – 100 nA u 300 tačaka. Merenje je ponovljeno 10 puta.

Treba napomenuti da prilikom ovog merenja elektronski sklop nije oklopljen i nije zaštićen od elektromagnetnih smetnji!

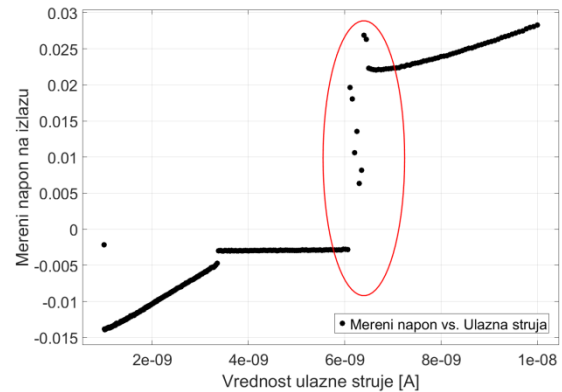


Slika 7. Kriva odziva izlaznog napona na ulaznu struju opsega 1 nA – 100 nA.

Kao što se može videti, izlazni napon za ulaznu struju opsega od tačke A do tačke B nije linearan i negativan je. Pretpostavlja se da je razlog ovako dobijenih vrednosti napona na izlazu ne zaštićenost kola od elektromagnetnih smetnji (kolo nije oklopljeno), dodatan šum koji se javlja unutar samih operacionih pojačavača ili termički šum nastao od otpornika u povratnoj sprezi prepojačavača. Može se reći da od tačke B do tačke C očitana približno linearna kriva, dok je od tačke C do tačke D kriva apsolutno linearna. Da bi se struja precizno izmerila, ulazna struja mora biti linearna sa naponom. Najkritičnija oblast merenja je oblast između tačaka A i B, gde se za određene

vednosti napona na izlazu, ne može utvrditi struja na ulazu. Već od tačke B ka tačkama C i D kriva je linearnija i tačnost merenja je veća. Da bi se dobio bolji uvid i realno predstavila greška merenja, ponovljeno je merenje za opseg od 1 nA do 10 nA u 300 tačaka.

Na grafiku sa slike 8 može se videti uveličana nelinearnost sa predhodnog grafika između najkritičnijih tačaka A i B. Detaljno se može uočiti negativni izlazni napon koji linearno raste sa povećanjem struje, a onda ulazi u zasićenje uprkos rastu struje na ulazu.

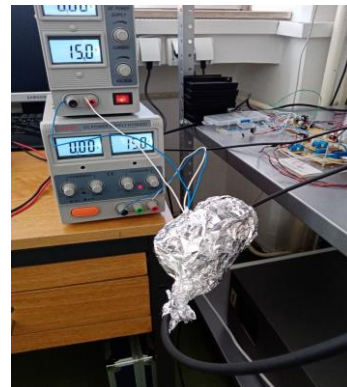


Slika 8. Naponski odziv na izlazu za strujnu pobudu u opsegu 1 nA do 10 nA.

Zatim je urađeno merenje kada se elektronski sklop nalazi u improvizovanom uzemljenom oklopu.

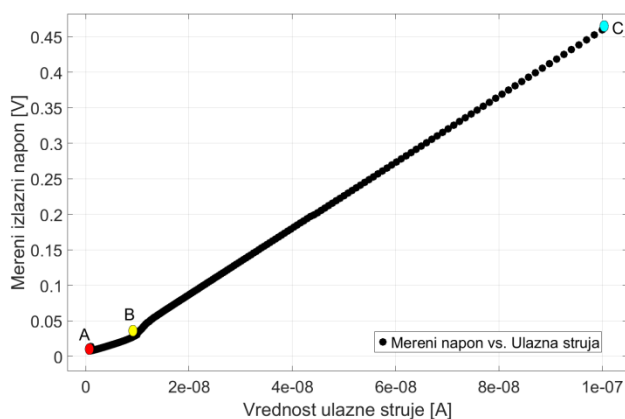
Oklop se sastojao od kartonskog šupljeg valjka koji je obložen aluminijumskom folijom. Unutar šupljeg valjka ispunjenim vazduhom se nalazi elektronski sklop. Aluminijumska folija je uzemljena preko SMU-a.

Na slici 9 je ilustrovana postavka eksperimenta. Eksperiment ima zadatak da se testira zaštita od EM smetnji.



Slika 9. Postavka eksperimenta sa improvizovanom zaštitom od EM smetnji.

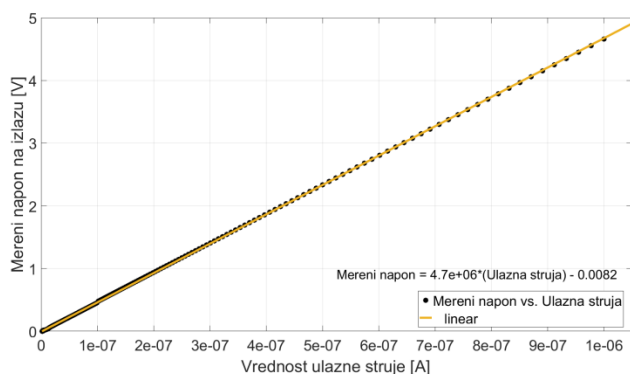
Ulazna struja je postavljena u opsegu 1 nA do 100 nA sa 300 tačaka. Pod ovakvim uslovima eksperimenta na slici 10 se može videti naponski odziv elektronskog sklopa u odnosu na strujnu pobudu na ulazu kola.



Slika 10. Kriva odziva izlaznog napona za vrednost ulazne struju kada postoji zaštita od EM zračenja.

Može se primetiti da se grafici sa slike 7 i slike 10 razlikuju po tome što kada je elektronski sklop oklopljen karakteristika je linearnija, čime se i dokazuje da visokofrekventno EM zračenje utiče na karakteristike rada elektronskog sklopa, bez obzira na način projektovanja i dizajn štampane ploče. Dobar dizajn može da ublaži ili da maksimalno smanji uticaj šumova na ceo električni sklop. Čak se i na grafiku sa slike 10 može uočiti određena nelinearnost krive. Ako posmatramo od tačke A do tačke B kriva je linearna, ali u okolini tačke B kriva blago poraste, a kasnije sve do tačke C kriva ima linearan rast.

Na kraju je urađeno merenje u opsegu od 1 nA do 1 μ A, a kasnije u programu MatLab i *linear fit*. Grafik izlazne karakteristike je prikazan na slici 11.



Slika 11. Linearizacija izlaznog napona u odnosu na ulaznu struju za opseg od 1 nA do 1 μ A u 300 tačaka.

Ako uporedimo grafik sa slike 5 i grafik sa slike 11 može se utvrditi da elektronski sklop daje linearni odziv na ulaznu pobudu kao što je simulacijom i predstavljeno. Problem se javlja pri niskim ulaznim strujama pa tako sa sigurnošću se može tvrditi da je elektronski sklop pouzdan za merenje struje od 20 nA - 1 μ A kada nije oklopljen, a kada jeste onda od 10 nA - 1 μ A.

VII. ZAKLJUČAK

Kroz rad je opisana ideja, a kasnije i sam način projektovanja elektronskog sklopa. Svaka funkcionalna celina je objašnjena, a kasnije u rezultatima merenja je dokazano da elektronski sklop ispunio projektovana očekivanja do 90 %. Ostalih 10 % jesu greške u rezultatima merenja. Da bi se te greške smanjile na minimum i povećale performanse elektronskog sklopa, kao što je veća otpornost na šumove, za naredni prototip treba iskoristiti sličan dizajn. Dva ili više predpojačavača vezanih kaskodno sa manjim otporom u povratnoj sprezi dodatno bi umaljile termički šum nastao zbog velike otpornosti u povratnoj sprezi. Takođe, moguće je iskoristiti dva otpornika u povratnoj sprezi sa različitim temperaturnim koeficijentom (jedna pozitivan i jedan negativan) gde bi došlo do nuliranja temperaturne zavisnosti otpora u povratnoj sprezi. Kvalitetno i profesionalnije oklopljavanje elektronskog sklopa bi sprečilo problem šuma nastalog od strane visokofrekventnog elektromagnetnog zračenja.

ZAHVALNICA

Autor rada se zahvaljuje prof. dr Goranu Ristiću na pomoći i dozvoli korišćenja Laboratorije za primenjenu fiziku na Elektronskom fakultetu u Nišu. Takođe, posebnu zahvalnost izražavam Marku Anđelkoviću, sa IHP Instituta u Nemačkoj, na izuzetno značajnoj pomoći. Rad je baziran na Master radu pod naslovu "Projektovanje i realizacija elektronskog sklopa za merenje niskih struja na bazi transimpedansnog pojačavanja".

Master rad je urađen u okviru ELICSIR projekta koji je finansiran od strane Horizont 2020 programa za istraživanja i inovacije Evropske Unije prema sporazumu o grantu broj 857558

LITERATURA

- [1] M. Anđelković, U. Jovanović, G. S. Ristić, „Realizacija dva pojačavača na bazi transimpedansnog pojačavanja za merenje niskih nivoa jednosmernih struja u dozimetrijskim aplikacijama“, zbornik radova XXVI Simpozijuma Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore, str. 349-353, Tara, 12-14. oktobar 2011.
- [2] John Caldwell "Single-Supply, 1 MHz., Photodiode Amplifier Reference Design TIDU535" Texas Instruments, November 2014. Dostupno na: <https://www.ti.com/lit/ug/tidu535/tidu535.pdf>
- [3] Raphael Puzio, Luis Chioye "Simplify Transimpedance Applications with High bandwidth, Precision JFET Op Amps", Texas Instruments, May 2019. Dostupno na: <https://www.ti.com/lit/an/sboa354/sboa354.pdf>
- [4] Miloš Petrović, Predavanja iz predmeta Savremena merenja u tehnologiji, Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija, Maj 2019. Dostupno na satju: <https://elektrotehnika.tmf.bg.ac.rs/SMBT-2019/SMBT-2019-5.pdf>

Projektovanje štampane ploče za audio pojačavač

David Filipovski

Sadržaj – Ovaj rad ima za cilj, prikaz postupka projektovanja štampane ploče, uređaja za pojačanje audio signala. U procesu projektovanja korišćeni su softveri Altium Designer [1] i LTspice IV [2]. Pre samog projektovanja štampane ploče u cilju provere funkcionalnosti, izvršena je simulacija pojedinih delova kola korišćenjem simulatora LTspice IV.

I. UVOD

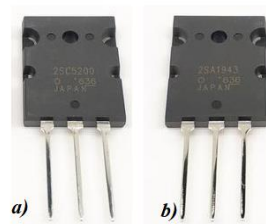
Audio pojačavači su elektronski uređaji pomoću kojih se pojačavaju i pomoću zvučnika ili slušalica reprodukuju električni signali, koji se dobijaju na izlaznim priključcima mikrofona, detektora radio i TV prijemnika, kasetofona ili gramofona, CD plejera, zvučne kartice kompjutera i ostalih izvora audio signala. Učestanosti ovih signala se nalaze u opsegu od oko 20 Hz do oko 20 kHz.

Akcenat je na principu rada audio pojačavača, kao i na funkciji pojedinih komponenata. Simulacijom u programu LTspice IV pokriveni su teorijski principi rada ovog pojačavača, kao i simulacija rada u realnom vremenu. U programu Altium Designer je zatim projektovana štampana ploča, posle čega je audio pojačavač spreman za izradu, pakovanje i nakon svega toga, upotrebu. Ovaj uređaj za pojačanje koristi 2SC5200 [3] i 2SA1943 [4] tranzistore. 2SC5200 je NPN tranzistor velike snage sa naponom V_{CE0} od 230 V i strujom kolektora I_C od 15 A. 2SA1943 je PNP tranzistor sa naponom V_{CE0} od -230 V i strujom kolektora I_C od -15 A.

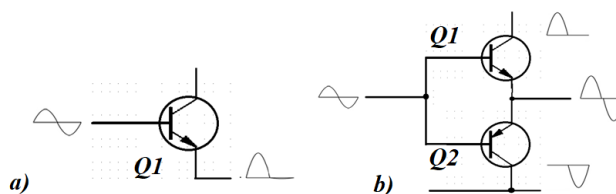
II. PRINCIP RADA POJAČAVAČA

Na slici 1 prikazani su korišćeni tranzistori: a) 2SC5200 tranzistor, b) 2SA1943 tranzistor. Tranzistori 2SC5200 i 2SA1943 čine osnovnu konstrukciju *push-pull* pojačivača [3]. Kroz tranzistor Q1 će proći samo gornja polovina sinusnog signala (slika 2a), dok negativna poluperioda neće, jer će za to vreme tranzistor biti zakločen i delovaće kao otvoreni prekidač. Napon na bazi je tako polarizovan, da struja kroz kolektor teče samo za vreme pozitivne poluperiode signala. Sa ovako odsečenim signalom i samo jednim tranzistorom ne može da se uradi mnogo, međutim, ako se pojačivaču doda transistor Q2 komplementarnog tipa (PNP), koji će pojačavati negativnu poluperiodu signala, sastavljanjem ove dve polovine moguće je rekonstruisati ceo oblik signala na izlazu (slika 2b).

D. Filipovski je student na modulu Elektronske komponente i mikrosistemi, Elektronski fakultet, Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: david.filipovski@gmail.com



Slika 1. Korišćeni tranzistori.



Slika 2. Uz objašnjenje principa rada pojačavača.

U radu komplementarnog para tranzistora praktično je nemoguće ostvariti savršen spoj gornje i donje polovine signala u tački gde se sastaju u nuli. Umesto toga, javlja se takozvana *crossover* ili prelazna distorzija, koja je čujna i neprihvatljiva za audio aplikacije. Zahvaljujući diodama koje predpolarisu tranzistore *crossover* izobličenja biće izbegnuta.

III. BLOKOVI KOJI ČINE UREĐAJ

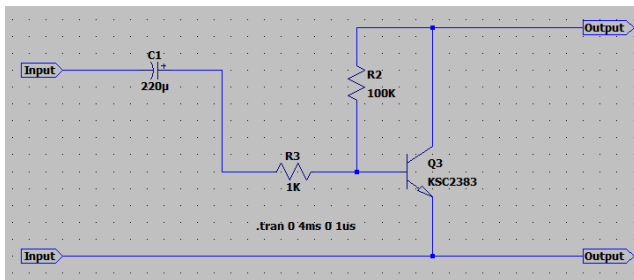
Audio pojačavač koji za pojačanje koristi 2SC5200, 2SA1943 tranzistore, sastoji se od sledećih blokova: A) blok pretpojačavača, B) blok pojačavača, C) blok za regulaciju visine i boje tona.

A. Blok pretpojačavanja

Pretpojačavač (slika 3) ima ulogu da ulazni signal pojača na nivo potreban za pobuđivanje sledećeg stepena. Signal koji se pojačava (ulazni signal) se dovodi između levog kraja kondenzatora C2 i mase, a pojačani signal (izlazni signal) se prenosi na sledeći stepen.

Kondenzator C2 propušta naizmenični audio signal, a blokira jednosmerni kako prethodni stepen ne bi remetio predpolarizaciju Q3 i rad celog pojačavača. Otpornik R3 ograničava struju koja ulazi u tranzistor, štiteći ga od elektrostatičkog pražnjenja kondenzatora C2. Jedsosmerna struja kroz tranzistor, od koje zavisi veličina pojačanja tranzistora Q3, kao i veličina šuma koji se stvara u tranzistoru Q3, može da se podešava menjanjem otpornosti

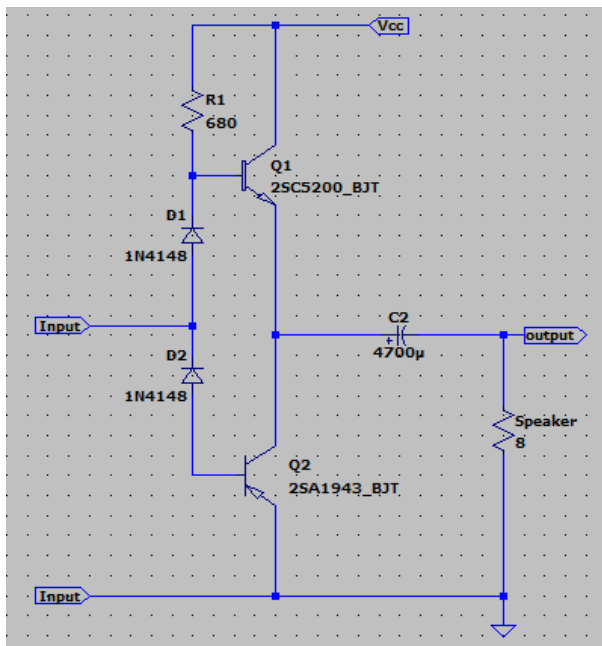
otpornika R2, manja otpornost - veća struja i obrnuto. Kada pretpojačavač bude povezan sa sledećim stepenima, menjanjem otpornosti otpornika R2 (njegovom zamenom otpornikom manje ili veće otpornosti), može da se podešava pojačanje pretpojačavača, tako da ono bude što veće, uz minimalna izobličenja i šum.



Slika 3. Električna šema pretpojačavača.

B. Blok pojačavača

Sam audio pojačavač sastoji se iz dva dela, i to pretpojačavača i pojačavača. Osnovna uloga pojačavača je da signal koji se dovede na njegov ulaz pojača, a zatim ga prosleđuje na pojačavač. Električna šema pojačavača prikazana je na slici 4.

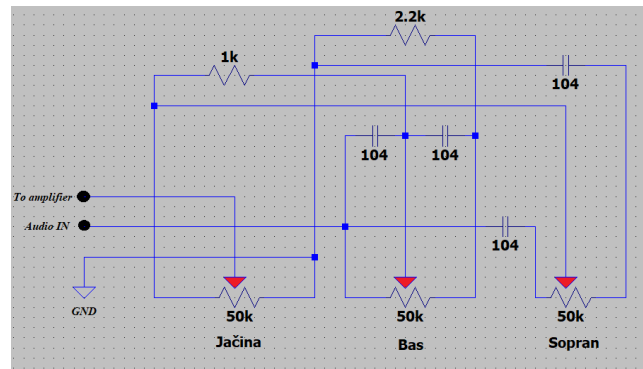


Slika 4. Električna šema pojačavača.

C. Blok za regulaciju visine i boje tona

Kola za regulaciju visine i boje tona omogućuje korisniku da "prepravlja" frekvencijsku karakteristiku svog audio pojačavača i prilagođava je karakteristikama upotrebljenih zvučnika, akustičnim osobinama prostorije u kojoj se pojačavač koristi, vrsti muzike koja se reprodukuje

itd. Na slici 5 je električna šema jednog vrlo jednostavnog kola za regulaciju boje i visine tona. Pomoću potenciometra *Bas*, vrši se regulacija pojačanja u oblasti niskih učestanosti, tako što okretanjem osovine u smeru kazaljke na satu pojačanje raste, a pri okretanju osovine suprotnom smeru kazaljke na satu, pojačanje se smanjuje. Na isti način se, pomoću potenciometra *Sopran*, vrši regulacija pojačanja u oblasti visokih učestanosti. Potenciometar *Jačina* služi za regulaciju jačine, a signal koji postoji između njegovog klizača i mase vodi se na sledeći stepen.



Slika 5. Kolo za regulaciju boje i visine tona.

Pasivna kola za regulaciju boje i jačine tona sastoje se isključivo od pasivnih komponenti, otpornika, potenciometara i kondenzatora. Njihove dobre strane su mali broj komponenti, jednostavna konstrukcija i niska cena, a glavni nedostatak su prilično veliki gubici, to znači da je signal na njihovom izlazu manji od signala na ulazu.

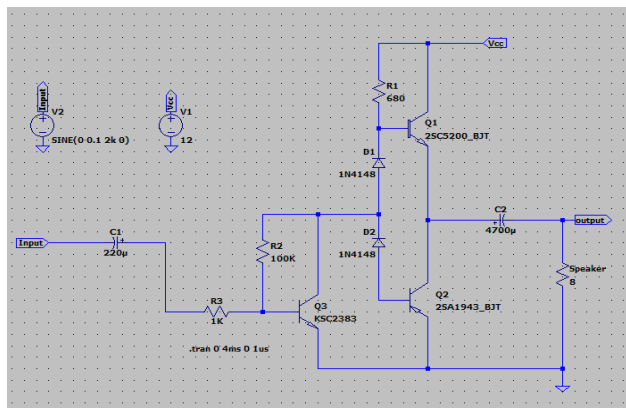
IV. SIMULACIJA AUDIO POJAČAVAČA U PROGRAMU LTSPICE IV

Električnu šemu za simulaciju, koja je prikazana na slici 6, čine:

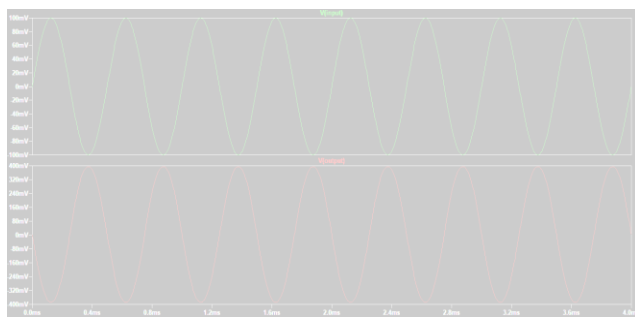
- Bipolarni tranzistori 2SC5200, 2SA1943 i 2SC2383;
- Dve diode 1N4148;
- Otpornik od 680 Ω/1W, otpornik od 1 kΩ, otpornik od 100 kΩ, otpornik od 8 Ω (zvučnik);
- Kondenzator od 220 µF/16 V, kondenzator od 4700 µF/25 V;
- DC izvor napajanja;
- AC izvor audio signala.

Na slici 7 su prikazani signali ulaznog i izlaznog napona dobijeni simulacijom u LTSpice-u. Kako je amplituda ulaznog audio signala 100 mV, posle pojačanja ona će biti oko 400 mV. Audio pojačavač je ograničen svojim izvorom napajanja što je u ovom slučaju 12 V, ako bi smo hteli da poboljšamo njegove performanse, morali bi smo da povećamo izvor napajanja. Kao što je već pomenuto pojačanje se u praksi retko daje u obliku, kao prost odnos izlaznog i ulaznog napona, ono se češće daje u

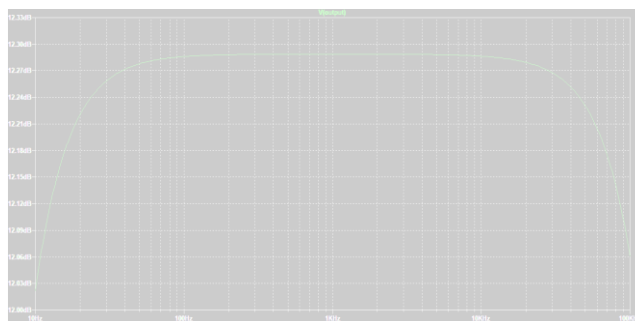
decibelima (dB). U ovom konkretnom primeru, $U_{iz}=400\text{ mV}$, $U_{ul}=100\text{ mV}$. Primenom formule za određivanje pojačanja u decibelima dobijamo: $A = 20\log(4)=12.04\text{ dB}$ (slika 8).



Slika 6. Električna šema audio pojačavača realizovana u LTSpice-u.



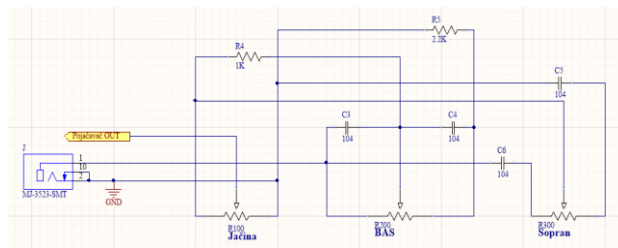
Slika 7. Prikaz simulacije u LTSpice-u, ulazni napon i izlazni.



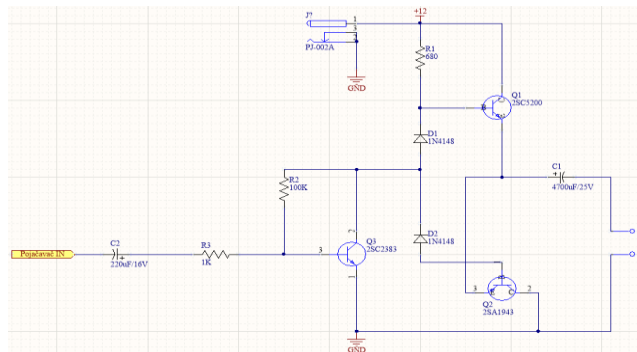
Slika 8. Prikaz simulacije u LTSpice-u, pojačanje u dB.

V. PROJEKTOVANJE ŠTAMPANE PLOČE U PROGRAMU ALTIIUM DESIGNER

Nakon odrađenih simulacija u programu LTSpice IV, električno kolo audio pojačavača realizovano je i na štampanoj ploči.



Slika 9. Električna šema kolo za regulaciju boje i visine tona u programu Altium Designer.

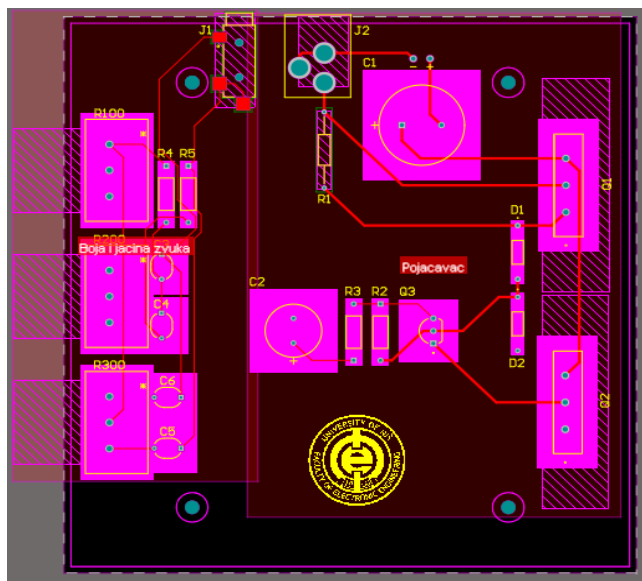


Slika 10. Električna šema pojačavača u Altium Designer-u.

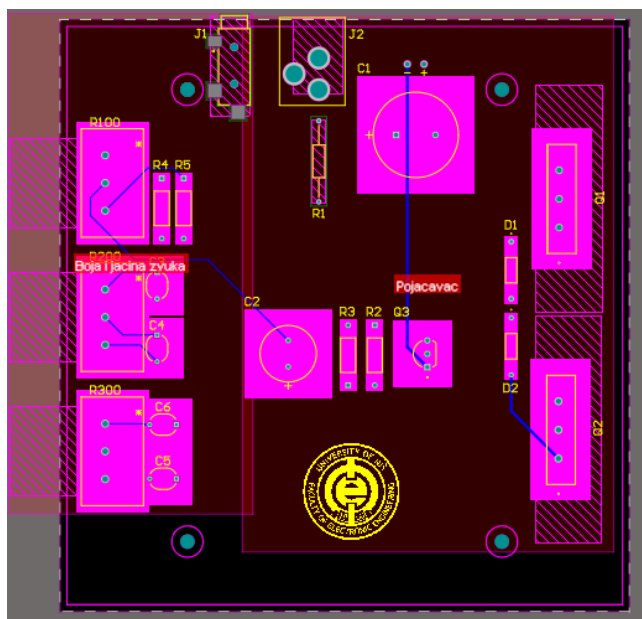
Kada se radi projektovanje nekog sistema u Altium Designer-u, potrebno je da komponente koje se koriste za izradu datog sistema imaju svoj simbol, otisak (*footprint*) i 3D model. Simbol je neophodan kako bi komponenta koju koristimo mogla da se prikaže na električnoj šemi (slika 9 i 10), dok je otisak potreban radi raspoređivanja komponenti na štampanoj ploči, kao i zbog veličina rupa na ploči, dok 3D model je potreban da bi se imao uvid u to koliko gabarita zauzima neka komponenta na štampanoj ploči. Problem može nastati kada neka komponenta ne postoji u bibliotekama koje programski paket nudi. Ovaj problem se relativno lako rešava, i to na taj način što Altium Designer nudi mogućnosti crtanja novih komponenti, kao i njihovih otisaka. Podatke o simbolu, rasporedu nožica komponente, kao i dimenzija komponente koju treba nacrtati, mogu se naći u tehničkoj dokumentaciji, odnosno datasheet-u komponente. Kada je završeno crtanje električne šeme, potrebno je ažurirati *šematik* na pločicu, što je prikazano na slikama 11 i 12.

Kada su *šematici* (slike 9 i 10) preneti na pločicu, jasno se mogu videti otisci svih komponenti (slika 11 i 12). Pored toga, potrebno je komponente što bolje rasporediti kako bi njihovo povezivanje bilo što jednostavnije. Kada su prethodno navedeni koraci obavljeni, potrebno je proveriti da li svaka komponenta ima i 3D model. Modeli komponenti se relativno lako nalaze na sajtu proizvođača, ali ako za neku od komponenti nema dostupnih 3D modela. Altium Designer nudi mogućnost crtanja 3D modela za željenu komponentu. Opcija pod nazivom *Extrude* omogućava crtanje željenog 3D modela. Kada je dodeljivanje 3D modela komponentama završeno, moguće

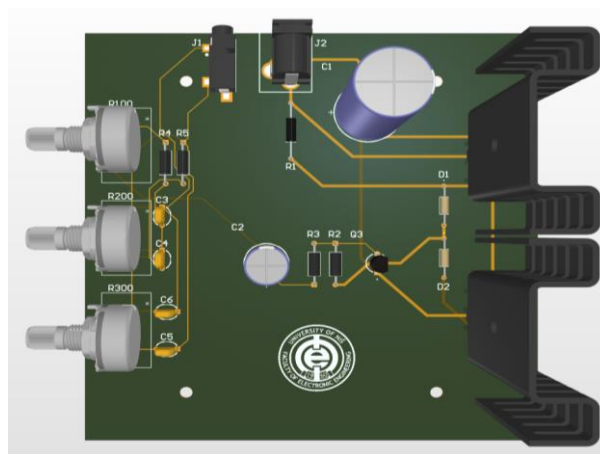
je videti 3D model pločice, što je prikazano na slikama 13 i 14.



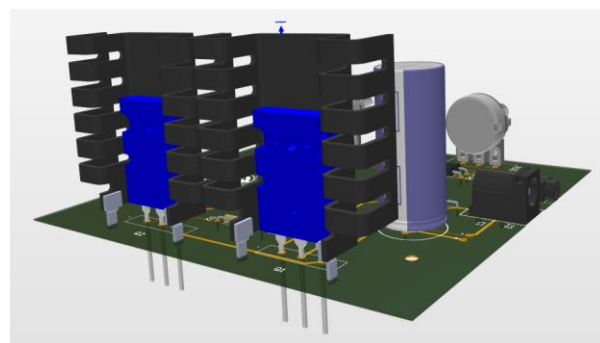
Slika 11. Prikaz otisaka komponenata (gornji sloj) audio pojačavača.



Slika 12. Prikaz otisaka komponenata (donji sloj) audio pojačavača.



Slika 13. Prikaz 3D modela pločice audio pojačavača odozgo.



Slika 14. Prikaz 3D model pločice audio pojačavača (sa pogledom na tranzistore).

LITERATURA

- [1] Altium Designer, dostupno na: <http://www.altium.com/>
- [2] LTspice IV, dostupno na: <http://www.linear.com/designtools/software/#LTspice>
- [3] 2SC5200 tranzistor, dostupno na: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/408788/TOSHIBA/2SC5200.html>
- [4] 2SA1943 tranzistor, dostupno na: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/248715/TOSHIBA/2SA1943.html>
- [5] Pojačavačke klase, dostupno na: <https://www.hi-files.com/pojacala-klase/>
- [6] Digitalna mikroelektronika, Danijel Danković, dostupno na: http://mikroelektronika.elfak.ni.ac.rs/lit_sr.php
- [7] Analogna mikroelektronika, Zoran Prijić, dostupno na: http://mikroelektronika.elfak.ni.ac.rs/lit_sr.php
- [8] Projektovanje štampanih ploča dostupno na: <http://mikro.elfak.ni.ac.rs/wp-content/uploads/PCB-1.pdf>

Poređenje karakteristika ultrazvučnih modula

Nikola Mitrović

Sadržaj – U ovom radu dat je prikaz više tipova ultrazvučnih modula. Analizirane su osnovne osobine ovih modula, sličnosti i razlike među njima i opisani su osnovni principi rada. Merenje udaljenosti do prve naredne prepreke izdvojeno je kao najzastupljenija primena ove vrste modula. Projektovano je okruženje za merenje korišćenjem svakog od modula. Izvršena su merenja svakim od modula nakon čega su diskutovani rezultati merenja.

I. UVOD

Ultrazvučni talasi su mehanički talasi (kao i zvuk) čija je učestanost iznad gornje granice sluha za čoveka (iznad 20 kHz) [1]. Ultrazvučne komponente su komponente koje generišu ili prihvataju ultrazvučne (*ultrasonic*) talase. Ove komponente su najčešće praćene nekim kolima za prilagođavanje, pa se prilikom rada sa ultrazvučnim talasima gotovo uvek govori o ultrazvučnim modulima. Ovi moduli mogu da vrše predaju (*transmitter*), prijem (*receiver*) ili i predaju i prijem (*transceiver*) ultrazvučnih signala.

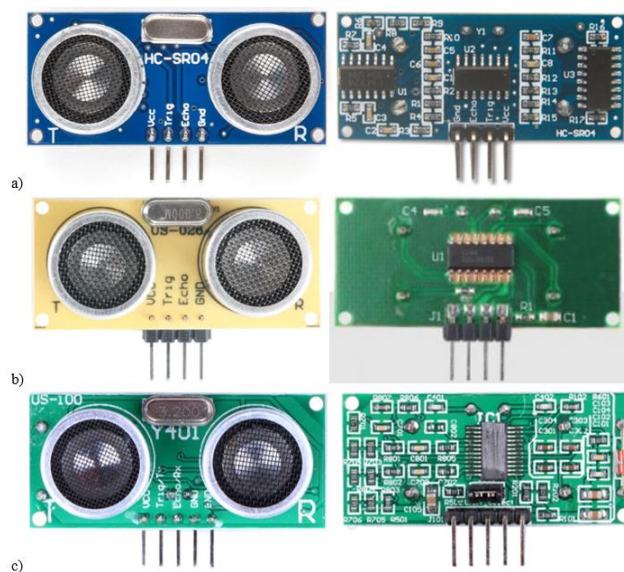
Najrasprostranjenija primena ovih modula je u sistemima gde je potrebno dobiti informacije o osobinama sredine. Prostiranjem ili reflektovanjem ultrazvučnih signala moguće je dobiti informacije o tome postoje li neke prepreke u okolini, rupe ili nešto slično. Jedna od najširih upotreba ovih modula je za merenje distance do prve naredne prepreke.

II. KARAKTERISTIKE MODULA

Zbog širokog spektra primene, razvijen je veći broj ultrazvučnih modula. Moduli čije će karakteristike biti analizirane su prikazani na Slici 1. To su modul HC-SR04 [2] (plava boja), modul US-026 [3] (žuta boja) i modul Y401 [4] (zelena boja).

Iako je prednja strana svakog od modula gotovo identična, pravu razliku moguće je uvideti kada se moduli pogledaju sa zadnje strane. Različita konfiguracija modula utiče na performanse modula. Dva od tri modula imaju 4 pina (HC-SR04 i US-026), dok jedan od modula ima 5 pinova (Y401). Svi moduli poseduju pin za napajanje (VCC), pin za masu (GND) i dva upravljačka pina. To su pin Trig (*Trigger*) i pin Echo (*Echo*). Svaki od ovih modula zahteva povezivanje sa kontrolnom jedinicom, najčešće mikrokontrolerom, ili nekim drugim sistemom koji je zadužen za obradu podataka.

N. Mitrović je student doktorskih studija pri Katedri za mikroelektroniku, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: nikola.i.mitrovic@elfak.ni.ac.rs



Slika 1. Moduli čije će karakteristike biti upoređivane: a) Modul HC-SR04; b) Modul US-026; c) Modul Y401.

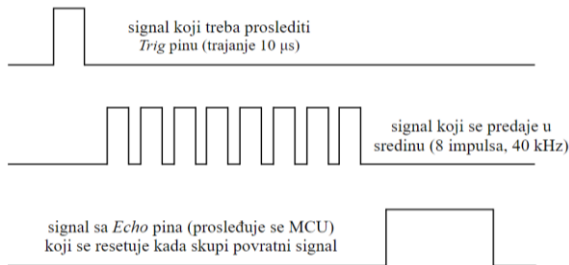
Načelno merenje svakim tipom prikazanih ultrazvučnih senzora gotovo je identično. Modul na prednjoj strani ploče ima dva cilindra, tipa TCT40-16 [5]. Ovi cilindri nalemljeni su na prednju stranu ploče (prikazani su na Slici 2).



Slika 2. Cilindrični transdjuseri (u tekstu „cilindri“) koji su deo svakog od UZ modula.

Jedan od cilindra konfigurisan je kao predajnik (emituje ultrazvučni signal), a drugi cilindar je konfigurisan kao prijemnik (vrši prijem ultrazvučnih signala iz okoline). Ukoliko postoji prepreka u pravcu u kome se prostire UZ talas, talas se reflektuje i prijemni deo modula detektuje prostiranje UZ talasa. Pored dobijanja informacije da u okolini prepreka postoji, merenjem vremena od emitovanja do prijema signala, moguće je izračunati udaljenost do prepreke.

Proces rada ovih modula počinje aktiviranjem Trig pina, koji je ulazni pin modula. Kada Trig pin detektuje impuls trajanja 10 μ s sa mikrokontrolera, aktivira se cilindar koji je označen kao predajnik. Preko tog dela modula emituje se povorka od 8 impulsa učestanosti 40 kHz (opseg UZ) sa cilindra. Od trenutka kada se emituje poslednji od 8 impulsa (konkretno opadajuća ivica tog impulsa), Echo pin, koji je izlazni pin modula, se postavlja na logičku jedinicu (prikazano na Slici 3).



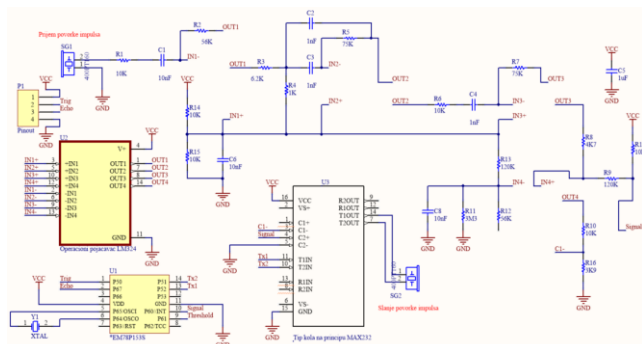
Slika 3. Oblik signala na pinovima UZ modula.

Logička jedinica traje sve dok se cilindar koji je označen kao prijemnik ne detektuje signale koje je poslao predajnik. Kada se izvrši detekcija, Echo pin se resetuje (postavlja se na logičku nulu). Ulazni pin mikrokontrolera treba da prati Echo pin i da startuje tajmer kada dođe do setovanja Echo pina. Tajmer se zaustavlja kada dođe do resetovanja Echo pina. Relacijom između izmerenog vremena sa tajmera i poznavanjem brzine zvuka moguće je odrediti udaljenost od prepreke.

Kako su svi ovi moduli proizvedeni u Kini, često je jako teško pronaći odgovarajuću tehničku specifikaciju svake od korišćenih komponenata. Ova činjenica dolazi u prvi plan tek kada se krene u dublju analizu modula.

A. Modul HC-SR04

Ovaj modul predstavlja najstariji od prikazanih UZ modula. Napon napajanja kola je 5 V. Po tehničkoj specifikaciji, ima domet merenja do 4 m, sa preciznošću od 3 mm. Šema električnog kola ovog modula prikazana je na Slici 4.

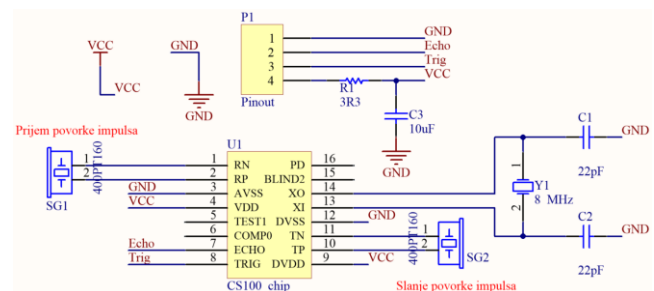


Slika 4. Šema električnog kola modula HC-SR04 data softverskim alatom Altium Designer.

Kao što je prikazano na Slici 4, kolo sadrži dosta komponenata od kojih su glavne kolo EM78P153S (mikrokontroler), LM324 (operacioni pojačavač), varijacija kola MAX232 i delovi TCT40-16. Mikrokontroler EM78P153S ima glavnu ulogu u kolu. Preko busterskog kola koje je varijacija kola MAX232 pobuđuje predajni cilindar TCT40-16. Sa druge strane, izlaz prijemnog cilindra prvo prolazi kroz kolo operacionih pojačavača kako bi se signal prilagodio za naponski nivo mikrokontrolera EM78P153S, nakon čega dolazi do očitavanja signala.

B. Modul US-026

Ovaj modul predstavlja unapređenje prethodnog modula. Glavno unapređenje je to što napon napajanja potreban za pouzdan rad modula nije više ograničen na 5 V, već modul radi za napone napajanja u opsegu od 3 V do 5.5 V. Ovo ga čini optimizovanim za module koji rade na 3.3 V. Treba spomenuti da i prethodno opisani modul može da radi sa logičkim nivoima od 3 V do 5 V, ali ima fiksne zahteve u vezi napona napajanja. Pored toga, prema tehničkoj specifikaciji, domet merenja udaljenosti ovim modulom je proširen do 6 m, sa istom preciznošću. Šema električnog kola ovog modula prikazana je na Slici 5.



Slika 5. Šema električnog kola modula US-026 data softverskim alatom Altium Designer.

Unapređenje ovog modula, sa hardverske strane, ogleda se u tome što je veliki broj komponenata sa prethodnog modula integrisan u jednu (kolo CS100). Na ovaj način, neutralisani su neki šumovi i parazitetni elementi koji nastaju povezivanjem velikog broja komponenata, što omogućava veću preciznost tokom merenja (pogotovo na višim učestanostima koje se koriste u ovom slučaju).

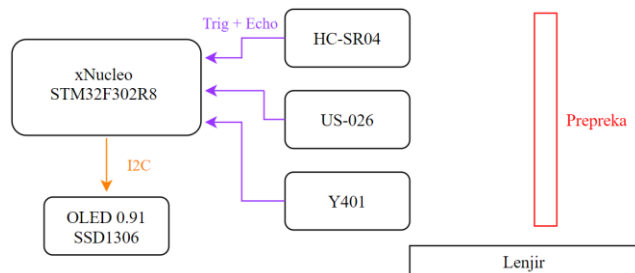
C. Modul Y401

Modul Y401 (ili US-100 kako se još može naći u literaturi) je unapređenje osnovnog modula HC-SR04, ali na drugačiji način u odnosu na modul US-026. Bitno je uočiti da je ovaj modul ima 5 pinova, za razliku od prethodno prikazana dva, koja imaju po 4 pina. Radni napon napajanja ovog modula se takođe može kretati u opsegu od 3 V do 5.5 V, ali ima isti merni domet udaljenosti kao i modul HC-SR04. Ipak, šema ovog modula

je drastično kompleksnija u odnosu na šeme prethodna dva modula, što se može videti prema broju komponenata na Slici 1. Veći broj komponenata uslovljen je time što ovaj modul može da eksterno povezanom mikrokontroleru prosledi informacije o merenju na dva različita načina u zavisnosti od pozicije kratkospojnika (džampera) koji se nalazi sa zadnje strane modula. Ukoliko džamper nije postavljen, modul Y401 vrši merenje na identičan način kao i prethodna dva modula (Trig i Echo). Međutim, postavljanjem džampera, modul sam vrši merenje, preračunavanje udaljenosti do prepreke i tu vrednost prosleđuje eksterno povezanom MCU korišćenjem serijske komunikacije (UART). Peti pin na modulu je dodat baš zbog toga da ova dva nezavisna načina rada modula ne bi imali iste mase. U režimu rada serijske komunikacije, Y401 čak preko serijske komunikacije može da prosledi i informacije o temperaturi (na Slici 1.c sa desne strane zadnje strane modula može se uočiti termistor), međutim to merenje temperature nije od interesa u ovom radu.

III. POREĐENJE TAČNOSTI MERENJA UDALJENOSTI

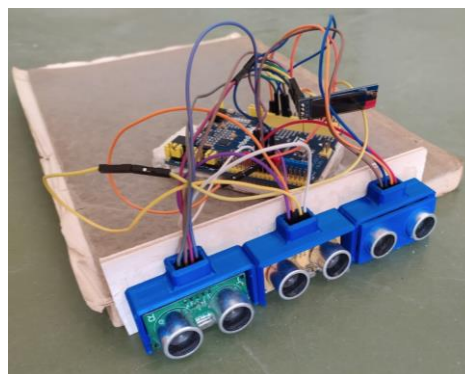
Da bi se ispitala preciznost merenja udaljenosti, potrebno je prvo projektovati odgovarajuće merno okruženje. Merno okruženje sastoji se od mikrokontrolera (MCU) na koji su povezani opisani moduli koji vrše slanje i prijem UZ talasa, od indikatora koji će pokazivati rezultate merenja i od samih modula. Blok šema mernog okruženja prikazana je na Slici 6.



Slika 6. Blok šema mernog okruženja.

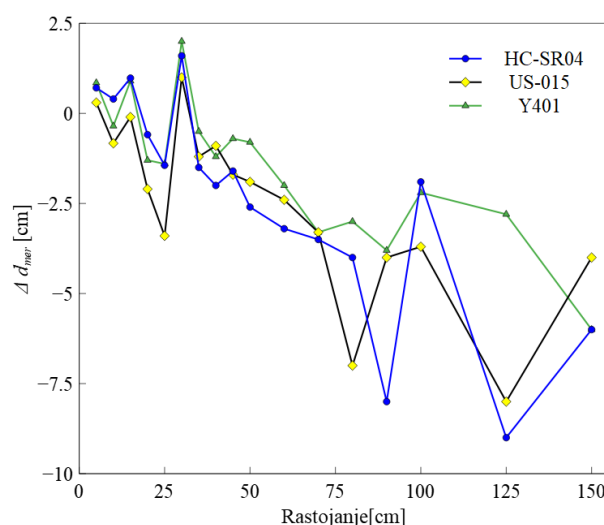
Kao MCU iskorišćen je STM32F302R8 sa ARM Cortex M3 arhitekturom, koji je glavni deo okruženja xNucleoF302 [6]. Rezultati merenja sa opisanih modula se prikazuju na OLED 0.91 displeju kojim se upravlja preko SSD1306 kontrolera koji je integrisan u displejski modul [7]. Slika praktično realizovanog mernog okruženja prikazana je na Slici 7. Za jednako postavljanje modula u ravan iskorišćeni su držači koji su istampani korišćenjem 3D štampača Creality Ender 5.

Rezultati svakog od merenja se upoređuju sa vrednošću udaljenosti koja se očitava na lenjiru ili metru. Merenja su vršena za udaljenosti od 5 cm, pa do 1.5 m, sa različitim koracima.



Slika 7. Povezano okruženje spremno za merenje.

Vrednosti razlike merenih i realnih vrednosti prikazane su na Slici 8.



Slika 8. Prikaz razlike merenja metrom i merenja modulima sa promenom udaljenosti.

Na grafiku prikazanom na Slici 8, na x-osi se nalazi rastojanje između modula i prepreke izmereno metrom. Na y-osi se nalazi razlika između rastojanja izmerenog metrom i rastojanja izmerenog modulom. Svaki modul paralelno meri rastojanje do prepreke. Plavom bojom su prikazani rezultati merenja modulom HC-SR04, žutom bojom su prikazani rezultati merenja modulom US-026, a zelenom bojom su prikazani rezultati merenja modulom Y401. Merenje svakim od modula ukazuje na to da je preciznost merenja veća na manjim udaljenostima (manje od 50 cm). Prilikom merenja ovih rastojanja, greške pri merenju su u proseku manje od 1 cm. Ipak, povećanjem rastojanja, povećava se i nepreciznost merenja. Kada je rastojanje od modula do prepreke veće od 100 cm, razlike između merene i realne vrednosti može biti i 5 cm. Na celom merenom opsegu, najpribližniji rezultati rezultatima za vrednost rastojanja koji su izmereni metrom se dobijaju korišćenjem modula Y401, ali su tek malo bliži od rezultata dobijenih korišćenjem modula US-026.

IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat pregled osnovnih karakteristika više različitih UZ modula. Date su neke osnovne šeme i opisane su sličnosti i razlike ovih modula. Svaki od modula je povezan i njima je vršeno merenje distance do prve fizičke prepreke. Nakon toga izvršeno je i poređenje tačnosti merenih rezultata. Mogućnost za dalje unapređenje rada sa ovom vrstom modula je izračunavanje udaljenosti do prepreke koja nije u potpunosti normalna na pravac visine cilindra modula, nego se nalazi pod nekim uglom. Za ovaj proračun potrebno je napisati malo kompleksniji *firmware* za MCU, koji će praktično vršiti izračunavanje korišćenjem sinusne teoreme.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije kroz projekat TR-32026. Autor se zahvaljuje prof. dr Danijelu Dankoviću na motivaciji i pomoći prilikom izrade rada.

Takođe, autor se zahvaljuje kolegi Milanu Stojanoviću za pomoć pri realizaciji merenja.

LITERATURA

- [1] M. Pejović „Opšta fizika“, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, 2006.
- [2] Tehnička dokumentacija za modul HC-SR04. Dostupno na: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>
- [3] Tehnička dokumentacija za modul US-026. Dostupno na: <http://arduinolearning.com/code/arduino-and-us-026-ultrasonic-detector-example.php>
- [4] Tehnička dokumentacija za modul Y401. Dostupno na: <https://mirrobo.ru/micro/wpcontent/uploads/2017/01/ultrasonic-sonar-module-1r0.pdf>
- [5] Tehnička dokumentacija za TCT40-16. Dostupno na: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/541085/Waitrony/TR40-16>
- [6] Tehnička dokumentacija za xNucleoF302R8. Dostupno na: <https://www.waveshare.com/wiki/XNUCLEO-F302R8>
- [7] Tehnička dokumentacija za OLED 0.91 displej. Dostupno na: https://www.mcielectronics.cl/website_MCI/static/documents/0.91inch_OLED_Module_User_Manual_EN.pdf

Sistem za informisanje o zauzetosti radnih prostorija baziran na *Arduino* platformi

Stefan Popović

Sadržaj – Koncept rada na daljinu je inovativan i još uvek u fazi razvijanja tako da je suočen sa brojnim problemima. Jedan takav problem predstavljaju neželjena ometanja i prekidi iz okoline prilikom rada. Ovaj problem je često prouzrokovan zbog nemogućnosti da se na efikasan način obaveste ukućani o tome da li je pojedinac u datom trenutku na sastanku, zauzet poslom ili je slobodan. Ideju za ovaj rad dodatno je podstakla situacija sa karantinom koji je prouzrokovan pandemijom virusa kovid-19. Zbog ovakve situacije u svetu veliki broj ljudi je bio primoran da radi od kuće i problem neželjenog ometanja u radu je ozbiljno ugrožavao produktivnost, ali za mnoge i odnose sa ukućanima. Cilj ovog rada je realizacija sistema koji može predstavljati potencijalno rešenje za ovaj problem i pruži doprinos razvijanju koncepta rada na daljinu.

I. UVOD

Rad na daljinu ili rad od kuće može se definisati kao način rada prema kome zaposleni imaju mogućnost da rade van tradicionalnog kancelarijskog okruženja. Zasnovan je na konceptu da se posao ne mora obavljati na određenom mestu da bi se uspešno izvršio. Statistički podaci i analize mnogih konsultantskih kompanija ukazuju na sve veću implementaciju ovakvog načina rada [1]. Način organizacije rada na daljinu zavisi, najpre od same vrste posla i određenih pravila i ograničenja koja propisuje poslodavac. Takođe veliki uticaj imaju lična interesovanja i sposobnost pojedinca da organizuje svoje vreme. U velikom broju slučajeva zaposleni odlučuju da benefite rada na daljinu iskoriste iz topline svojih domova.

A. Prednosti i mane rada na daljinu

Prednosti:

- Veća produktivnost
- Ušteda vremena i novca
- Fleksibilniji način života
- Više vremena za privatni život
- Rad iz udobnijeg okruženja
- Očuvanje životne sredine
- Manji stres i bolje fizičko i mentalno zdravlje

S. Popović je diplomirani inženjer elektrotehnike i računarstva na modulu Elektronske komponente i mikrosistemi sa Katedre za mikroelektroniku na Elektronskom fakultetu, Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: stefan.popovic@elfak.rs.

Glavne mane ovakvog načina rada proizilaze iz nemogućnosti pojedinca da dobro organizuje svoje vreme, problem sa opremom koja treba da omogući ovakav rad, loša komunikacija sa kolegama i klijentima, usamljenost ali i neželjena ometanja i prekidi iz okoline.

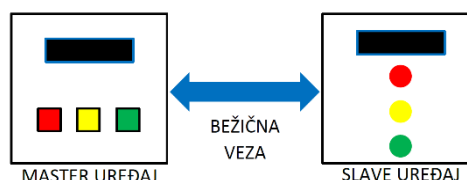
II. OPIS RADA SISTEMA

Sistem služi za pružanje informacija o zauzetosti radnih prostorija u realnom vremenu sa ciljem smanjenja neželjenih prekida i ometanja prilikom rada. Prevažodno je namenjen za korišćenje pri radu od kuće ali njegova implementacija je moguća i u kancelarijskom okruženju.

Blok šema sistema prikazana je na slici 1. Sistem je baziran je na *Arduino* platformi i sastoji se od dva podsistemska uređaja, *master* uređaja i *slave* uređaja. *Master* uređaj se može nalaziti na radnom stolu ili na bilo kom mestu unutar radnog prostora. Služi da zaposleni odabere stanje zauzetosti radne prostorije, u kojoj se trenutno nalazi, pritiskom na odgovarajući taster ili da izvrši odabir vremena trajanja sastanka u minutima korišćenjem rotacionog enkodera. Informacije se bežičnom komunikacijom prenose na *slave* uređaj koji je pozicioniran na vidnom mestu, kao što su ulazna vrata radne prostorije. *Slave* uređaj je opremljen OLED displejem i LE diodama odgovarajuće boje. *Slave* služi da prikaže stanje zauzetosti radne prostorije u vidu odgovarajućeg teksta i na taj način pruži informaciju koja treba da utiče na smanjenje neželjenog ometanja.

Stanja zauzetosti radne prostorije kao i njihova indikacija inspirisani su već postojećim platformama koje se u današnje vreme koriste za ličnu i poslovnu komunikaciju preko interneta. Ovim sistemom je moguće postaviti jedno od četiri stanja:

- Zauzet
- Na sastanku
- Odsutan
- Slobodan



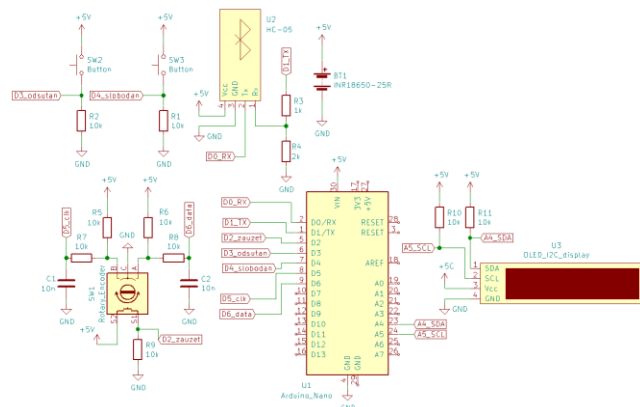
Slika 1. Blok šema sistema za informisanje o zauzetosti radnih prostorija.

III. MASTER I SLAVE PODSISTEMSKI UREĐAJI

A. Master uređaj

Elementi *master* uređaja prikazani su na slici 2:

- Rotacioni enkoder (SW1)
- Dva tastera (SW2 i SW3)
- *Arduino Nano* (U1)
- *Bluetooth* modul (U2)
- OLED displej (U3)
- Otpornici (R1 – R11)
- Kondenzatori (C1 i C2)
- Baterijsko napajanje (BT1)



Slika 2. Šematski prikaz *master* uređaja dat korišćenjem softverskog alata KiCad [2].

B. Postavljanje željenog stanja na master uređaju

Stanje *zauzet* – postavlja se jednostavnim pritiskom osovine rotacionog enkodera (SW1) koja je povezana za unutrašnji taster. Nakon pritiska na displejima oba uređaja se prikazuje odgovarajući tekst koji sadrži informaciju o trenutnom stanju.

Stanje *na sastanku* – neophodno je okrenuti osovinu rotacionog enkodera (SW1). Prilikom okretanja osovine u smeru kazaljke na satu povećava se vreme trajanja sastanka u minutima, koje se prikazuje na displeju *master* uređaja (U3). Vreme se povećava u inkrementima od 5 minuta sa početnim vremenom 5 minuta i krajnjim vremenom od 60 minuta. Nakon odabira vremena trajanja sastanka pritiskom na osovinu enkodera postavlja se stanje na sastanku. Tekst sa informacijom o trenutno postavljenom stanju prikazuje se na displeju *master* uređaja.

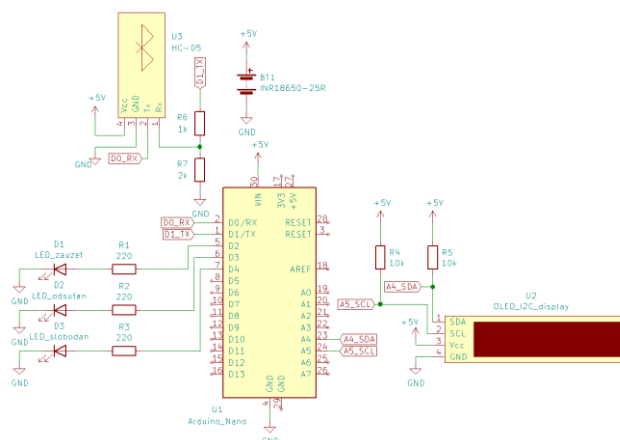
Stanja *odsutan* i *slobodan* – postavljaju se pritiskom na odgovarajući taster (SW2 i SW3). Nakon pritiska na displejima *master* i *slave* uređaja ispisuje se tekst koji sadrži informacije o trenutno postavljenom stanju.

C. Slave uređaj

Elementi *slave* uređaja prikazani su na slici 3:

- LE diode (D1, D2 i D3)

- Otpornici (R1, R2 i R3)
- *Arduino Nano* (U1)
- OLED displej (U2)
- *Bluetooth* modul (U3)
- Baterijsko napajanje (BT1)



Slika 3. Šematski prikaz *slave* uređaja dat korišćenjem softverskog alata KiCad.

D. Indikacija željenog stanja na slave uređaju

Stanje *zauzet* – predstavljen svetlom crvene LE diode (D1) i odgovarajućim tekstom na displeju (U2).

Stanje *na sastanku* – predstavljen treptućim svetlom crvene LE diode (D1), odgovarajućim tekstom na displeju (U2) i vremenom trajanja sastanka u minutima koje se odbrojava. Nakon završetka odbrojavanja *slave* uređaj bežičnom vezom šalje povratnu informaciju koja se prikazuje na displeju *master* uređaja u vidu podsetnika da se ažurira trenutno stanje.

Stanje *odsutan* – Predstavljen svetlom žute LE diode (D2), odgovarajućim tekstom na displeju (U2) i dodatnim tekstom koji pruža kontaktne informacije.

Stanje *slobodan* – Predstavljen svetlom zelene LE diode (D3) i odgovarajućim tekstom na displeju (U2).

IV. KOMPONENTE KORISĆENE U REALIZACIJI

A. Arduino Nano

Arduino Nano, prikazan na slici 4, je mala i kompaktna razvojna ploča bazirana na mikrokontroleru iz serije *Atmel* sa oznakom ATmega328 [3]. Može se direktno postaviti na proto ploču čime se omogućava lakše povezivanje sa ostalim komponentama.



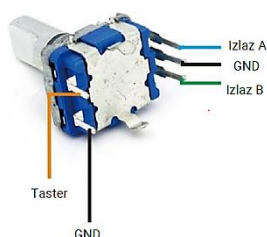
Slika 4. Prikaz *Arduino Nano* razvojne ploče korišćene u realizaciji sistema.

Neophodni prateći hardver koji omogućava korišćenje mikrokontrolera se već nalazi na ploči, tako da je sav fokus usmeren ka samoj upotrebi i programiranju mikrokontrolera. Za pisanje koda i programiranje koristi se razvojno okruženje *Arduino IDE* [4]. U pitanju je besplatan *open-source* softver koji sadrži okruženje za unos teksta (engl. *editor*) i prevodilac (engl. *compiler*).

U ovom radu *Arduino Nano* predstavlja centralni procesorski element oba podsistemska uređaja. Kod *master* uređaja *Arduino* prima podatke sa tastera i rotacionog enkodera, obrađuje ih i šalje *Bluetooth* modulu. Takođe kontroliše ispis na OLED displeju. Kod *slave* uređaja prima podatke sa *Bluetooth* modula koje šalje *master*, obrađuje ih i na osnovu njih reguliše ispis na displeju kao i LED koji trenutno svetli.

B. Rotacioni enkoder

Rotacioni enkoder je elektromehanička komponenta koja se koristi za detektovanje i merenje ugaonog pomeraja (rotacije) na nekoj osovinu. Rotaciono kretanje se prevodi u niz impulsa koji daju informaciju o tome koliko se osovina pomerila i u kom smeru. Ove komponente se mogu podeliti na osnovu implementacione tehnologije odnosno načina pretvaranja rotacionog kretanja u električne impulse i principa rada. U ovom radu iskorišćen je mehanički inkrementacioni rotacioni enkoder sa 20 koraka i tasterom prikazan na slici 5.



Slika 5. Prikaz rotacionog enkodera korišćenog u ovom radu.

C. I2C modul sa OLED displejem

Za ispisivanje teksta na *master* i *slave* uređajima iskorišćen je modul sa OLED displejem prikazan na slici 6, koji se I2C serijskom komunikacijom povezuje na *Arduino*. Dimenzije displeja su 32 px visine i 128 px širine.

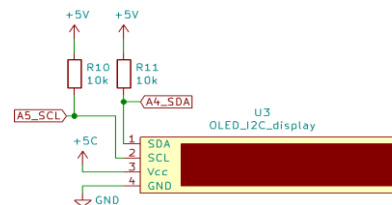


Slika 6. Prikaz korišćenog I2C modula sa OLED displejem.

I2C serijska komunikacija [5] je veoma popularan i moćan način komunikacije između različitih uređaja u elektronici. I2C je namenjen za komunikaciju na malim rastojanjima. Omogućava povezivanje jednog *master* uređaja, kao što je mikrokontroler; sa 128 *slave* uređaja

preko samo dve linije SDA (*Serial Data*) za prenos podataka i SCL (*Serial Clock*) za sinhronizaciju.

Povezivanje korišćenog modula sa OLED displejem na *Arduino* je prikazano na slici 7. Modul ima 4 pina i to VCC i GND za napajanje, SCL koji se povezuje na analogni pin A5 i SDA koji se povezuje na analogni pin A4.



Slika 7. Šematski prikaz povezivanja modula sa OLED displejem na *Arduino*.

D. HC-05 Bluetooth modul

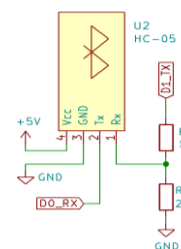
Za implementaciju bežične komunikacije između *master* i *slave* uređaja upotrebljena su dva HC-05 *Bluetooth* modula od kojih je jedan prikazan na slici 8. *Bluetooth* je standardizovan protokol za bežični prenos podataka između uređaja na malim rastojanjima i predstavlja pogodnu zamenu za serijske komunikacione interfejske.



Slika 8. Prikaz HC-05 *Bluetooth* modula.

Ovaj modul se može koristiti u dva režima rada. Jedan je režim podataka u kome se vrši slanje i primanje podataka ka i od drugih *Bluetooth* uređaja. Drugi je AT komandni režim u kome se vrši konfiguracija samog modula. Jedan modul je neophodno konfigurisati kao *master* a drugi kao *slave*. Konfiguracija se vrši putem Serijskog monitora u *Arduino IDE* razvojnom okruženju pisanjem AT komandi.

Na slici 9 prikazan je način povezivanja HC-05 *Bluetooth* modula na *Arduino*. Neophodno je RX pin povezati preko razdelnika napona koji snižava napon logičke jedinice Arduina od 5 V na napon logičke jedinice koji koristi modul 3,3 V.

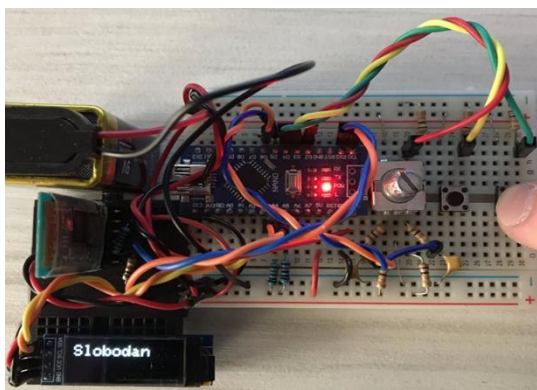


Slika 9. Šematski prikaz povezivanja HC-05 *Bluetooth* modula na *Arduino*.

IV. PRAKTIČNA REALIZACIJA

Za praktičnu realizaciju ovog sistema iskorišćene su proto ploče, žice za povezivanje (džamperi) i sve već pomenute komponente i moduli.

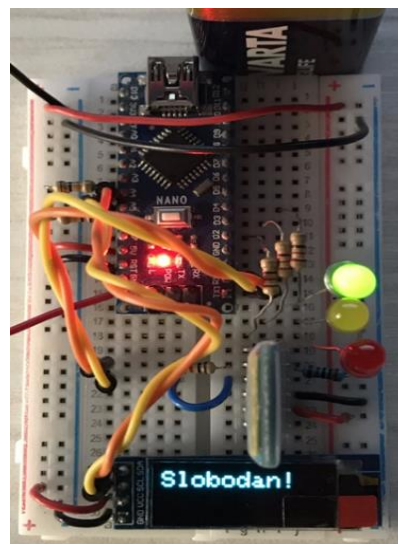
Na slici 10 prikazan je *master* uređaj realizovan na proto ploči, koji je postavljen u stanje *slobodan* pritiskom na odgovarajući taster. *Arduino Nano* razvojna ploča zauzima centralno mesto na proto ploči. U donjem levom uglu može se videti manja crna proto ploča na kojoj se nalazi OLED displej na kome je ispisan odgovarajući tekst, u skladu sa odabranim stanjem. Iznad displeja nalazi se HC-05 *Bluetooth* modul. Sa desne strane, pored *Arduino*, nalazi se rotacioni enkoder i još dva tastera. Ispod rotacionog enkodera nalaze se otpornici i kondenzatori koji čine *low-pass* filter iskorišćen kao hardverska metoda za otklanjanje signala nastalih poskakivanjem kontakata enkodera. Na slici se takođe mogu videti ostali otpornici i džamperi.



Slika 10. Postavljanje stanja *slobodan* pritiskom na taster.

Na slici 11 prikazan je *slave* uređaj realizovan na proto ploči. *Slave* prikazuje stanje *slobodan* koje je prethodno odabrano pritiskom na taster *master* uređaja. Najveći deo proto ploče zauzima *Arduino Nano* razvojna ploča. U donjem delu proto ploče može se videti OLED displej na kome je ispisan odgovarajući tekst kojim se vrši indikacija odabranog stanja. Iznad displeja nalazi se HC-05 *Bluetooth* modul. Sa desne strane nalaze se tri LE diode od kojih zelena dioda svetli i pomaže pri indikaciji odabranog stanja. Na slici se takođe mogu videti otpornici i korišćeni džamperi.

Sistem se može unaprediti projektovanjem štampanih ploča za *master* i *slave* uređaje, kao i realizacijom kućišta za oba uređaja 3D štampom. Takođe, moguće je dodati modul sa SD karticom kao način logovanja podataka i veći OLED displej na *slave* uređaj radi preglednijeg prikaza teksta. Zbog implementirane I2C komunikacije, moguće je dodati različite kompatibilne module za nadogradnju ovog sistema, kao što je RTC modul za praćenje realnog vremena koje bi moglo da se ispisuje na displeju.



Slika 11. Indikacija stanja *slobodan* na *slave* uređaju.

V. ZAKLJUČAK

Ovaj sistem nastao je iz želje da se olakša rad na daljinu svim osobama koje su se odlučile za ovakav način rada ili su primorane zbog trenutne situacije u svetu. Korišćenjem ovog sistema olakšala bi se komunikacija pojedinca sa ukućanima ili drugim kolegama. Na taj način smanjili bi se neželjeni prekidi i ometanja prilikom rada i povećala bi se produktivnost. Daljim usavršavanjem ovog sistema moguće je modifikovati njegovu primenu i u drugim sferama života i rada pojedinca.

ZAHVALNICA

Autor ovog rada se zahvaljuje prof. dr Danijelu Dankoviću i studentu doktorskih studija, na Katedri za mikroelektroniku, Nikoli Mitroviću na izdvojenom vremenu, sugestijama i pomoći pri realizaciji ovog rada.

LITERATURA

- [1] Statistički podaci o radu na daljinu, dostupni na: <https://www.flexjobs.com/blog/post/flexjobs-gwa-report-remote-growth/>
- [2] Softverski alat *KiCad*, dostupan na: <https://kicad-pcb.org/>
- [3] *Arduino Nano*, dostupan na: <https://store.Arduino.cc/Arduino-nano>
- [4] *Arduino IDE* razvojno okruženje, dostupno na: <https://www.Arduino.cc/en/Main/software>
- [5] Texas Instruments „Understanding the I2C Bus“, Jonathan Valdez, Jared Becker, dostupno na: <https://www.ti.com/lit/an/slva704/slva704.pdf?ts=1602836570532>

Prototyping PIC16-based COVID-19 Indoor Safety Solutions within Microcomputer Systems Course

Nenad Petrović

Abstract – In this paper, it is discussed how the recent COVID-19 pandemic has influenced the laboratory sessions of third year Computer Science bachelor degree's Microcomputer Systems course at the Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Serbia. As a response to the new circumstances, microcontroller simulation software within Proteus Design Suite was adopted instead of physical PIC-based development boards in order to enable remote exercise sessions. Accordingly, the exam exercises themselves were adapted to give the idea how the knowledge obtained during this course can be leveraged to tackle the current pandemic crisis. As a case study, COVID-19 indoor safety system implementation in Proteus environment based on PIC16 microcontrollers is given.

I. INTRODUCTION

The pandemic of COVID-19 respiratory disease (the so-called *coronavirus*) since the beginning of this year has brought us many difficulties when it comes to daily routine. Due to lack of widely adopted medication and vaccine, different emergent measures were applied by governments around the world to reduce its spread, especially when it comes to activities involving large groups of people.

One of the most challenging areas being affected by COVID-19 is certainly education. As a consequence of pandemic, most of the universities around the world have switched to distance learning. However, this shift has imposed many issues related to teaching process and methodology [1, 2]. It is especially the case with laboratory sessions, as they often require specific equipment and interaction between students and teachers or between students for group exercises. When it comes to computer science university courses, laboratory sessions are constituent part for most of them [3]. It is also the case with laboratory sessions of Microcomputer Systems course taught at our faculty. Previously, the laboratory sessions were held in groups of up to 20 students doing exercises related to PIC16 microcontrollers [4] which are later executed on EasyPIC 7 [5] development boards (we had 4 boards) and shown to the teacher.

In this paper, it is shown how the laboratory sessions of Microcomputer Systems course were adapted for distance learning scenario during pandemic, outcome of these changes, benefits and opportunities. For that purpose, we adopted Proteus development and simulation

environment instead of physical boards, which has been already approved in microcontroller education [6]. Moreover, a case study of Proteus exercise showing how COVID-19 indoor safety solutions can be prototyped during the course to motivate students is shown.

II. BACKGROUND AND RELATED WORK

A. PIC microcontroller family

PIC (Peripheral Interface Controller) refers to a family of microcontrollers produced by Microchip Technology, originating from model PIC1650 introduced in 1976. The early models used ROM or programmable EPROM for program storage. The program and data memory are distinct. Within Microcomputer Systems course at our faculty, PIC16F84A [7] model from PIC16 family is studied in details at both lectures and exercise sessions [4]. It has 14-bit program memory, 8-bit data memory and 8-level deep stack. For program storage, 1K flash memory is used, while data can be stored in either RAM (68 general purpose registers and 24 special purpose registers) or EEPROM (64 locations). In RAM, there are two memory banks, while the first twelve locations in both banks are special function registers which are used for different purposes. Some of them which are commonly used are: STATUS register, OPTION register for prescaler configuration, PORTA and PORTB registers to access the ports, TRIS registers which are used to configure direction (input/output) for each port, INTCON register for input or output pins configuration words, to enable/disable interrupts, to keep status information and access the input/output pins (the *ports*). PIC16F84A has one 8-bit timer, called TMR0. Moreover, this microcontroller has four possible interrupt sources: TMR0 overflow, RB0 pin (external interrupt), RB4-RB7 pin change and EEPROM write completion. In this paper, one unit of PIC16F84A is equipped with ultrasonic sensor in order to detect the passengers, while another unit is responsible for centralized control of the COVID-19 indoor system.

Apart from this model, we also consider the usage of PIC16F870 [8] microcontroller, due to several advantages: additional PORTC, 5 channels of 10-bit Analog-to-Digital (A/D) converter, 2 additional timers, a capture/compare/PWM functions and a Universal Asynchronous Receiver Transmitter (USART). In this paper, PIC16F870 is used for passenger temperature measurement using analog temperature sensor within the

N. Petrović is a PhD student and teaching assistant at Department of Computer Science, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Nis, Serbia, E-mail: nenad.petrovic@elfak.ni.ac.rs

case study, as it is equipped with A/D converter which is necessary for that purpose.

B. Proteus Design Suite

Proteus Design Suite is a proprietary software package which aims PCB design, virtual system modelling and circuit simulation. It combines mixed-mode SPICE circuit simulation, animated visual components and various microprocessor models in order to enable the simulation of complex microcontroller-based systems. Moreover, it also gives the ability to simulate the interaction between software running on a microcontroller and any analog or digital circuits that are connected to it, or even other microcontrollers. When it comes to simulation, it includes input/output ports, interrupts, timers, USARTs and many other peripherals (such as temperature or distance sensors). Moreover, custom components can also be imported. Known for its large set of capabilities, extendibility, flexibility and ease of usage, Proteus is widely used for both educational purposes and in industry [6].

Due to wide microprocessor and microcontroller support (from 8086, to PIC, Arduino and Raspberry Pi), it was decided to adopt the Proteus Design Suite (version 8.6) within our Microcomputer Systems course. The main topics of this course are 8086 and PIC16-based systems, which are both covered.

III. CASE STUDY

A. System overview

The case study presented this paper is COVID-19 indoor safety system based on PIC16 microcontrollers. It consists of four main parts: 1) main control unit 2) passenger detection 3) temperature measurement 4) external mask detection system based on Raspberry Pi and computer vision [9]. In Fig. 1, a Proteus scheme screenshot of the proposed system taken during simulation is shown. Despite the fact that only one microcontroller from PIC16 series (such as PIC16F870) could be enough for implementation, three units are used for educational purposes to demonstrate how complex system can be designed by coordinating several microcontrollers and to show the usage of different languages (assembly and XC8).

The passenger detection component leverages ultrasonic sensor for periodic checks of human presence and sends the activation signal via pin RA0 to the pin RB0 of control unit if the measured distance is below pre-defined threshold and number of persons inside the building is below the allowed value. After that, RB0 interrupt is triggered on the control unit, which checks if the passenger's temperature measured by another subsystem is greater than threshold value (typically around 37 °C) by testing its pin RA0, which receives value "1" via RC3 pin temperature measurement subsystem in that case (otherwise it is "0"). Moreover, pin RA1 is also tested to conclude whether the person wears mask properly, which is handled by an external system, as presented in [9]. If it is concluded that person who tries to enter the building wears mask properly and does not have fever, the entrance door will be opened by sending signal "1" via pin RA2 (shown as green LED). Otherwise, red LED will be turned on and the door will stay closed by sending signal "1" via pin RA3.

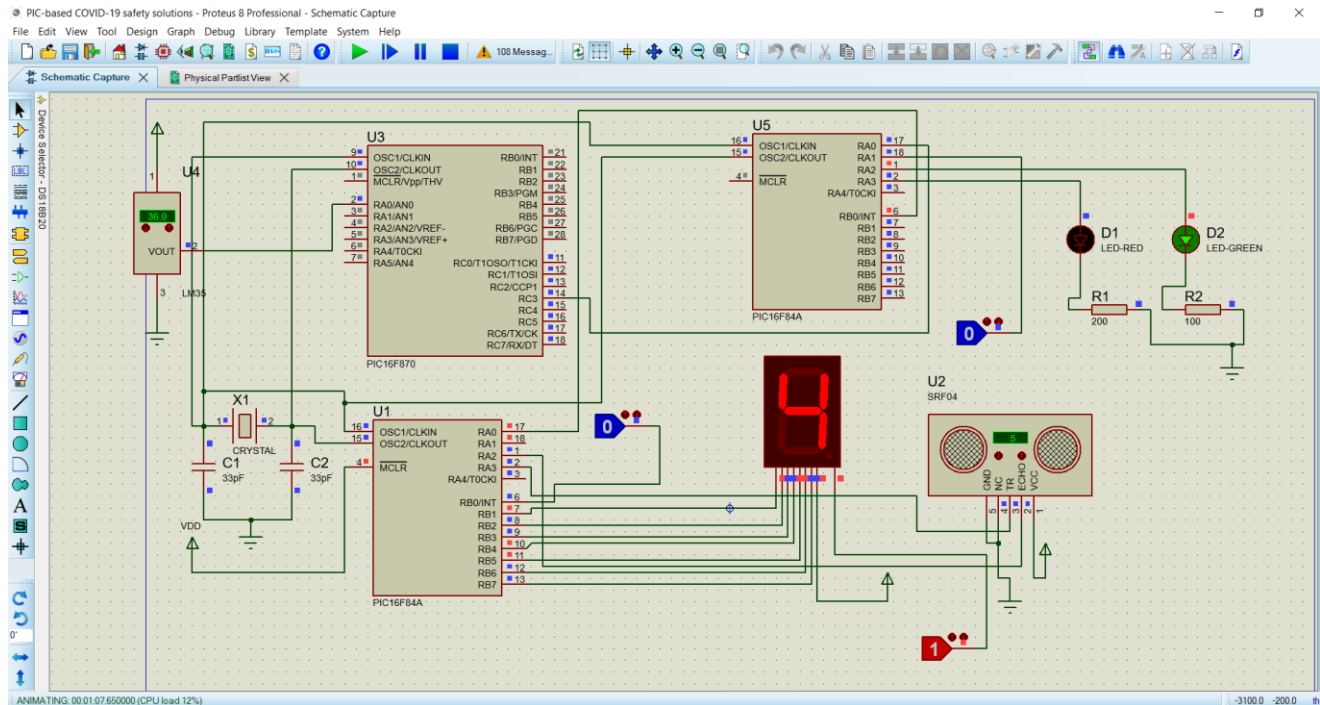


Fig. 1. COVID-19 indoor safety system based on PIC16 microcontrollers in Proteus Design Suite.

B. Main control unit

The code of main control unit is written in PIC assembly and run on a PIC16F84A microcontroller. The key parts of code are shown in Listing 1. As it can be seen, the whole control logic is contained within the RB0 interrupt activated when new passenger is detected.

```
Start:
    banksel TRISA
    movlw 0x03
    movwf TRISA
    movlw 0x01
    movwf TRISB

    banksel PORTA
    clrf PORTA
    clrf PORTB

    clrf INTCON
    movlw 0xB0
    movwf INTCON

loop:
    goto loop

InterruptCode:
    //SAVE_CONTEXT

    BTFSS INTCON,INTF
    goto skip

    btfsc PORTA,0
    goto violation
    btfsc PORTA,1
    goto violation
    bsf PORTA,2
    bcf PORTA,3
    goto no_violation

violation:
    bsf PORTA,3
    bcf PORTA,2

no_violation:
    bcf INTCON,INTF

skip:
EndInt:    //RESTORE_CONTEXT
    retfie

End
```

Listing 1. Control unit code excerpt written in PIC assembly.

C. Passenger detection using ultrasonic sensor

The passenger detection mechanism relies on PIC16F84A running C code (shown in Listing 2) and equipped with SRF04 ultrasonic sensor. However, due to potential health issues of ultrasonic exposure, PIR sensor usage can be also considered as an alternative. If distance is below than a given threshold (in code it is assumed that sensor can detect a person at 8 cm distance), then it is checked what is the number of persons inside the building. This number depends on organization's policies and government regulations, so it is stored in EEPROM.

If the current number of persons inside the building is below that threshold, then the activation signal will be sent via pin RA0 to the control unit. Otherwise, the person

has to wait until signal "1" on RB0 pin triggers the interrupt that decreases the number of persons when someone exits the building. The number of persons currently inside the building is shown on a 7-segment display. In what follows, the distance measurement method will be described.

```
void main(void)
{
    init_eeprom();
    max_persons=read_eeprom(0x03);
    PORTA=0x00;
    PORTB=0x00;

    TRISB=0x01;
    TRISA=0x04;

    show_digit(num_persons);
    __delay_ms(3000);

    INTCON=0xB0;

    while (1)
    {
        PORTAbits.RA0=1;
        PORTAbits.RA1=1;

        duration=0;
        //Sending trigger signal to sonar
        PORTAbits.RA3=1;
        __delay_us(10);
        PORTAbits.RA3=0;

        //Waiting for echo signal
        while(!PORTAbits.RA2);
        while(PORTAbits.RA2)
        {
            __delay_us(5);
            duration++;
        }
        distance_cm=(duration*5)/29;
        duration=0;

        if(distance_cm<8 && num_persons<max_persons){
            num_persons++;
            PORTAbits.RA0=1;
            __delay_ms(1000);
            PORTAbits.RA0=0;
        }
        show_digit(num_persons);
        __delay_ms(2000);
    }
}

void interrupt intcode(){
    if(INTCONbits.INTF==1)
    {
        num_persons--;
        INTCONbits.INTF=0;
        show_digit(num_persons);
    }
}
```

Listing 2. XC8 code of passenger detection using ultrasonic sensor.

To measure the distance, ultrasonic sensor emits a very short pulse (10 μ s) via trigger pin (TR). After that, the ultrasonic sensor will generate a HIGH pulse at ECHO pin which is received by microcontroller via RA2. The duration of HIGH pulse is measured and used for distance calculation relying on the following facts. Let us assume that d is the distance between sensor and person. The overall distance traveled by the ultrasonic burst is $2d$ (forward and backward). The speed of sound in the air is 340 m/s, which is equivalent to 29.412 μ s/cm. Therefore, the distance (in cm) is calculated using the formula:

$$d = \frac{\text{time_counter} \cdot \text{unit_duration}}{2} \cdot \frac{1}{29.412} [\text{cm}] \quad (1)$$

In this case, the *unit_duration* was 5 μs , while *time_counter* represents the number of time units spent for round trip of the echo signal.

D. Temperature measurement subsystem

The temperature measurement subsystem consists of PIC16F870 and LM35 analog temperature sensor connected via RA0 pin. This pin is used in A/D conversion to read the 10-bit value coming from LM35, stored in ADRESL and ADRESH registers. This value is converted to voltage multiplied by 4.88 (equations 2 and 3) and result divided by 10 in order to get the temperature (equation 4), as LM35 output has linear +10 mV/°C scale factor. In what follows, the derivation of equation which converts this value to temperature is given. Despite the fact that LM35 is ambient temperature sensor, it is used for illustrative purposes, but in real system, contactless sensors like MLX90614ESF should be adopted, instead.

$$\text{ADC_Resolution} = \frac{5[\text{V}]}{2^{10}-1} \quad (2)$$

$$V_{\text{OUT}} = \text{ADC_Resolution} \cdot \text{ADRES} \quad (3)$$

$$\text{Temperature} = V_{\text{OUT}} / 10\text{mV} \quad (4)$$

In Listing 3, the C code of the described temperature measurement method is given.

```
void ADC_Initialize()
{
    ADCON0 = 0b01000001; //ADC ON and Fosc/16 is selected
    ADCON1 = 0b11000000; // Internal reference voltage is selected
}

unsigned int ADC_Read(unsigned char channel)
{
    ADCON0 &= 0x11000101; //Clearing the Channel Selection Bits
    ADCON0 |= channel<<3; //Setting the required Bits
    __delay_ms(2); //Acquisition time to charge hold capacitor
    GO_nDONE = 1; //Initializes A/D Conversion
    while(GO_nDONE); //Wait for A/D Conversion to complete
    return ((ADRESH<<8)+ADRESL);
}

void main(void)
{
    ADC_Initialize();
    TRISB=0xFF;
    TRISA=0xFF;
    TRISC=0x00;
    PORTA=0x00;
    PORTC=0x00;
    INTCON=0xB0;

    while (1)
    {
        temp = (ADC_Read(0)*4.88);
        temp = (temp/10.00);
        if (temp>37)
            PORTCbits.RC3=1;
        else
            PORTCbits.RC3=0;

        __delay_ms(1000);
    }
}
```

Listing 3. XC8 code of temperature measurement using analog sensor.

IV. EVALUATION AND RESULTS

Several aspects of evaluation are considered. When it comes to the presented case study, distance measurement accuracy and temperature measurement precision are taken into account. On the other side, the comparison of students' results by adopting Proteus simulation environment for online laboratory sessions instead of development boards is also observed, considering the number of students involved and achieved grades. In Table I, the summary of the achieved results is given.

TABLE I
EXPERIMENT RESULTS

Aspect	Result	
Distance accuracy	1 cm	
Temperature precision	0.1 °C	
Number of students involved	Traditional (2019) 112/253 44%	Online (2020) 152/186 82%
Average grade	6.90/20.00	10.17/20.00

IV. CONCLUSION

According to the course outcomes, it can be concluded that the proposed approach has shown better results when it comes to both student engagement and average laboratory session grades. It can be explained by the fact that in past, due to limited number of development boards, the students were not able to try running the actual code before session. The full code of case study project is available on GitHub¹.

ACKNOWLEDGMENT

This work has been supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

REFERENCES

- [1] H. Kaur, R. Keshri, A. Sharma, "Casualties Caused by COVID-19 on Education System", International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology, vol. 7 issue 5, pp. 125-133, 2020. <https://doi.org/10.31033/ijrasb.7.5.18>
- [2] D. C. Darma, Z. Ilmi, S. Darma, Y. Syaharuddin, "COVID-19 and its Impact on Education: Challenges from Industry 4.0",

¹ <https://github.com/penenadpi/pic16covid19safety>

- Aquademia, 2020 - Volume 4 Issue 2, pp. 1-4, 2020.
<https://doi.org/10.29333/aquademia/8453>
- [3] N. Petrovic, V. Nejkovic, M. Tosic, "Dealing with Scalability of Laboratory Sessions in Computer Science University Courses", TELFOR 2018, pp. 1-4, 2018.
<https://doi.org/10.1109/TELFOR.2018.8612090>
- [4] V. Vučković, T. Tokić, *Programiranje mikrokontrolera*, Elektronski fakultet, Niš, 2016.
- [5] EasyPIC v7 [online]. Available on:
<https://www.mikroe.com/easypic-v7>, last accessed: 29/10/2020.
- [6] D. Cika, D. Grundler, "Proteus Virtual System Modelling used for microcontroller education", MIPO 2010, pp. 1-5, 2010.
- [7] PIC16F84A Data Sheet [Online]. Available on:
<https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/35007b.pdf>, last accessed: 28/10/2020.
- [8] PIC16F870/871 Data Sheet [Online]. Available on:
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30569b.pdf>, last accessed: 28/10/2020.
- [9] N. Petrović, Đ. Kocić, "IoT-based System for COVID-19 Indoor Safety Monitoring", IcETRAN 2020, pp. 1-6, 2020.

Computer-Supported Afterlife: Near Future or Far Cry for Human Race

Nenad Petrović

Abstract – This paper deals with questions of artificial computing device consciousness, after brain information is uploaded and stored into it (but the procedure of achieving “brain upload” is not taken into account). The goal is to provide an answer whether these actions could hypothetically provide some kind of posthuman afterlife – can person be still conscious of her/himself after being transferred at the current state of art. Generally, arguments are based on computation theory, combined with discussion on physical limitations and potential usage of quantum computers that are still in early development phase. At the current state of art, it is concluded that computational limits prevent this from being possible. The key is finding more powerful computational model than Turing machine. Also, the potential consequences, together with legal, social and ethical issues are discussed.

I. INTRODUCTION

Centuries ago, first computational machines were mechanical and their task was quite simple compared to computers available now – they were used to automatize process of simple arithmetic operations. Later, more and more complex from mathematical domain were solved using these machines.

In 1930s, revolution in this field happened: theory of computation was born and theoretical foundation of computer science were becoming more and more complete. Concept of Turing machine has been introduced together with Church’s thesis determining the limit of computational power and capabilities of universal computers constructed this way [3]. This concept still holds as a main concept today and is considered as a theoretical limit for computational power in computer science. In other words, universal computing machine’s computational power is bounded by the power of Turing machine.

Soon after that, in 1950s there comes another set of questions related to these machines. Can these artefacts somehow show intelligent behavior as humans do? Is it possible to make them think as humans do and make conclusion based on their knowledge. The field called Artificial Intelligence was born and started its development.

However, many questions come to our minds - can these machines think and do they really understand what they do or they just apply a set of rules in order to give the

answer without any understanding? Turing test [2] and Chinese room argument [3] are significant thought experiments dealing with such questions.

In modern days, computer hardware technologies inconceivable in terms of speed, power and low price decades ago are becoming reality (Moore’s law). Artificial intelligence and its sub-fields are becoming more and more complex – the age of Big Data has begun and enormous amount of information is being processed every moment in order to extract knowledge from it. But, we should recall that since the beginning of the modern computer era, human had visions of constructing artefacts which are able to act exactly like humans, and even have life after death in form of such machine. Many blockbusters from last four decades presented us different kinds of robots which are able to act like human – but even have emotions and in some cases.

So, at the current state of art, the question is – are we going to be able to construct machines soon? Is current development of computer science enough for this or the solution of this problem is only present in science fiction movies?

Many philosophers, visioners, futurists and transhumanists¹ tried to predict and give us some kind of answer in recent past. Ray Kurzweil, one of the most influential visioners of the modern times, states that, by 2050, we will be able to upload our brains and later use their data for different purposes. Iranian transhumanist known as FM-2030 stated that it could be possible in 2030.

These years are closer and closer to our reality. This is one of the reasons why this topic is becoming more and more relevant and interesting today.

II. PROBLEM STATEMENT

In this section, the problem that is going to be discussed is formulated – going from more general questions towards more concrete which can be explained by existing models and knowledge more precisely.

N. Petrović is a PhD student and teaching assistant at Department of Computer Science, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Nis, Serbia, E-mail: nenad.petrovic@elfak.ni.ac.rs

¹ Transhumanism [4] is an international and intellectual movement dealing with transforming the human condition by developing and creating widely available sophisticated technologies to greatly enhance human intellectual, physical, and psychological capacities. The most common transhumanist thesis is that human beings may eventually be able to transform themselves into different beings with abilities so greatly expanded from the natural condition - called “posthuman” beings.

The formulation of our question could be restructured as: “Even if we have mind uploading possible, is it really a way to achieve eternal life?”

Let us assume that brain, as something which physically exists can be scanned and information can be somehow modelled, transferred and stored into computing device.

Next, the problem of intentionality appears – do we, by storing all the information from the brain, still have the intentionality of the person who owned that brain or we just have some raw data representing the brain information. Is modelling the brain structure of the person enough to achieve functions representing this person’s mind – such as behavior, intentions and emotions. Let us recall that mental processes are results of many different biological phenomena – such as hormones. They do affect our intentionality and behavior to a certain level.

In what follows, assumptions taken as a starting point are going to be presented.

First, let us also assume that we can also model the hormones behavior and simulate it somehow in near future. Also, assume that we can also model some other internal and external factors that can cause intentionality – like health condition, environment conditions and so on. With current development of technology it doesn’t seem impossible at first sight. So, let us assume that we somehow achieved the brain uploading and modeled all the phenomena that could affect the intentionality of the person that is being transferred to a computer.

And then, after finishing this procedure (not dealing with how is it going to be performed and how long does it last) – we decide to somehow test whether we achieved our goal – did we really successfully have all the conditions to provide someone an eternal life outside her/his body and is this the same person at all? Is, by transferring mind, also the consciousness of the person transferred?

Let us consider a thought experiment where we have two entities – one of them is a human, another one is its computer-based counterpart.

Computer-based counterpart is actually a computer which contains this person’s brain information (achieved by brain uploading) and executes application which uses the information provided in order to be as conscious as person is.

Now, we are interested in giving some kind of justification which could lead us to conclusion if it is possible that the computer is as conscious as the corresponding person or not.

In what follows, arguments based on two different approaches are going to be provided.

III. COMPUTATION THEORY APPROACH

In this section, computation theory arguments are provided in order to find an answer to the questions from the problem statement.

Let us consider these two entities as two different Turing machines related to these two physical computers (one of them is human, another is computer).

The first one, representing the human is denoted as M_x and the second, which represents the computer executing program is M_y . Consciousness is considered as a function which is executed by corresponding Turing machine. We would like to know if the computer performing that function can be somehow conscious of the other Turing machine performing exactly the same function (the human being observed). Illustration is given in Fig. 1.

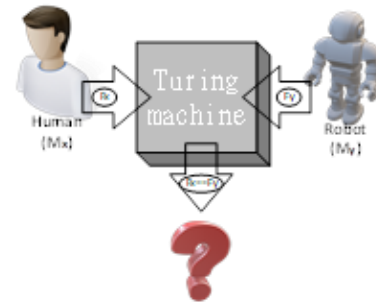


Fig. 1. Problem statement illustration from computation theory perspective.

The dual question is: can we construct Turing machine M_z also performed by the computer, that can give us answer if the functions being executed by Turing machines denoted previously as M_x and M_y are the same [5]?

Here, we recognize the program equivalence problem from the computation theory [1]. It is formulated as: does Turing machine M_x compute function that constitutes the set $F=\{f_y\}$. From computation theory, it is known that Turing machine which gives the answer if two Turing machines (M_x , M_y) calculate the same function doesn’t exist – so this problem is unsolvable in domain of Turing machines.

We can also make a bit different question – is there a such Turing machine which tells us if program P solves specified problem, or, in domain of Turing machines – does M_x compute the function that constitutes the set $F=\{f\}$? The answer is no (known as program correctness problem in computation theory) [1].

Now, knowing that such Turing machine doesn’t exist, we are interested in finding an alternative. There are many questions - Is there anything else that could solve this problem? - Which problems can be solved by computers? - Can we solve any problem we want somehow, or there are some limitations? - Is there any way to overcome these limitations?

Relying on Church’s thesis, which states that there is no any computational model which is solvable by mechanic device that is more powerful than the Turing machine itself, we can conclude that this problem is unsolvable by computer (because it is not solvable by Turing machine), which is a kind of mechanic device

considered in this case. At the current state of art – the Church's thesis still holds and the problem previously considered is unsolvable by any mechanic device.

The solution to the problem would be providing more powerful computational model than the Turing machine – which is not likely to happen soon. If it happens, it would be as revolutionary as the invention of the computing machines or even more and would give us ability to solve by reduction a large amount of problems which would make our life completely different.

It could, for example lead to development of extremely accurate prediction real-time systems which could be used in everyday life – from weather forecast to betting and playing lottery. Most of the decision-making problems could become trivial and easy to solve. Also, the more powerful computational model could bring us many difficulties – our information could become less secure or even not secure at all, because these models will be able to execute password-breaking activities extremely quickly compared to methods used today (brute force, for example).

Looking at possible benefits and consequences and knowing the nature of world and humanity – even if such model is developed, this is not going to happen soon nor it is going to be publicly available, because it could be considered dangerous. Such powerful computational model could completely change the current virtues and values in human society.

However, what about Moore's law? Can we just sit, relax, rely on Moore's law and wait for the revolution to happen? The answer is definitely no. Let us remember what is Moore's law about. It states that the number of transistors in a dense integrated circuit doubles every two years. Considering this prediction, we could ask ourselves does it mean that we are each year a step closer to achieving this goal. It will give us ability to construct faster and more powerful devices, which are more compact at the same time, but it doesn't have to do anything with the computational power – we will still have the same universal Turing machines implemented inside our computers and smartphones, which cannot solve new problems. They could be only more convenient to use, but they won't be able to bring us revolution which is necessary in order to achieve the previously stated goal.

Taking into account all the things stated in this chapter, we can conclude that humanity is still far away from computer-based eternal life, when it comes to computational theory. Turing machines are upper bound of the computational power performed by any kind of mechanical device. There is direct relationship between computer algorithm and Turing machines. So, it is necessary to find more powerful model than Turing machine which would give us ability to solve problems that are not algorithmically solvable (as consciousness is).

If we consider an algorithm as something that could be explicitly explained by human being (using language, symbols, diagrams, for example), we can conclude that

consciousness doesn't belong to this category, as it still cannot be precisely explained or defined.

Human's effective intelligence is not limited to problems solvable by Turing machines. Mechanical devices are actually capable to solve only a subset of the problem solvable by humans. Humans are also able to solve problems relying on intuition, which could be compared to the highest (infinite) level of heuristics which is not able to be achieved by any mechanical computing device. Consciousness definitely belongs to this category of problems – it is something that is extremely easy to be performed by humans, but still unreachable by computers.

IV. PHYSICAL AND QUANTUM COMPUTING APPROACH

In previous section, it was concluded that current computational power is limited and not enough for achieving the eternal life by such devices.

But, in this chapter, the problem is going to be analyzed from the different standpoint – physical limitations and potential usage of quantum computers. In recent years, quantum computing is very interesting topic. The question is if and how these kinds of computers could lead us to our goal.

It is assumed that both human beings and mechanical devices obey to law of physics (so called “physical symbol systems” [6]). If we assume that consciousness is something that obeys to laws of physics – we could think that having a quantum computer executing function of somebody's consciousness is the solution that would actually work. Could we have the same consciousness present in two different places at the same time – person's body and quantum computer? An illustration is given in Fig. 2.

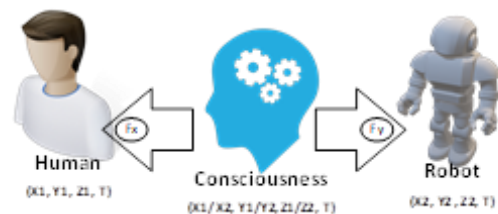


Fig. 2. Problem statement illustration from physical approach perspective.

Quantum computing studies theoretical computation systems that make direct use of quantum-mechanical phenomena to perform operations on data. Whereas typical digital computer uses the data encoded into binary digits (bits) – each of them is in one of two definite states (0 or 1), quantum computation uses quantum bits (qubits), which can be in superpositions of states [7]. Quantum computers share theoretical similarities with non-deterministic and probabilistic computers. Large-scale quantum computers would theoretically be able to solve certain problems much

more quickly than classical computers [7]. However, several more facts should be taken into account. As of today, the development of actual quantum computers is still in its infancy. One of the most important facts – quantum computation does not violate the Church – Turing thesis, which means that given sufficient computational resources a classical computer, in theory, could be made to simulate any of the quantum algorithms.

So, we still didn't increase the computational power. Quantum computers may be able to efficiently solve problems which are very difficult for classical computers within a reasonable amount of time [6]. In other words – this model is more suitable for some kinds of problems, but doesn't give us ability to solve new, previously unsolved problem, as the one stated before (Turing machine which gives us the answer if two machines execute the same function).

Recalling once again the computational theory – non-deterministic Turing machine isn't more powerful than the deterministic one. It could be more efficient and suitable for problems from certain domains, but obeys to same computational limitation laws (Church's thesis). So, quantum computers are still in early development stage and share the same limitations in terms of computational power as classical computers and they are not the solution.

V. SOCIAL, ETHICAL AND LEGAL ISSUES

It is concluded that afterlife achieved this way is still not possible, but we must not forget about social, ethical and legal issues which may rise in opposite case.

In computational theory it is possible to solve problems by reduction. So, solving one of the currently unsolvable problems would lead to solution to many other unsolvable problems with is likely to completely change our perception of space and time.

For example, even the most powerful cryptography algorithms could have been broken within a moment. Bank accounts could be easily hacked. It is also obvious that cryptocurrencies would lose any sense in such conditions.

However, even more serious questions related to human existence rise. Who is going to be owner of someone's digital life counterpart? What if someone doesn't want to be transferred to a computer after death, is there are any way to prevent it? Is person living like this still responsible for his/her behavior and actions in terms of legal acts? How many ways to misuse the previous facts actually exist? These and countless many questions can be posed with no clear answer, which makes us still hope that this won't happen in near future and that consciousness is unique biological phenomena which cannot be simulated or performed by any kind of other computational device than the human being itself.

Taking into account the previously stated problems – we could conclude that this kind of innovation could potentially bring us more problems than true benefits.

VI. CONCLUSION

Due to computational and physical limitations previously stated, computer-based afterlife utilizing the brain information that is modeled and uploaded into computing device is still not possible nor it is likely that is going to be performed in near future.

The key is in breaking the computational limits stated by Church's thesis, or in other words – finding computational model more powerful than the Turing machine [1, 2].

Ability to solve such kind of problems could be considered as "Holy Grail" – it would lead human society, virtually, a step closer to something that is perceived as God, which means unlimited control and prediction power of anything happening. At the current state of art, computer-based after life is still in domain of science fiction and imagination. But, it doesn't mean that we won't be able to see more and more "intelligent" devices in near future. It is not likely that we will meet real "cyborgs" or "androids" similar, but it is certain that „small robots“ or „assistants“ integrated into different forms of digital devices (smart home, car, mobile phone, etc.) being able to deal with repetitive and boring tasks that could make our lives easier and more comfortable are becoming reality.

On the other side, if breaking of the computational limit happens one day, it would bring us more struggles than benefits considering all the possible consequences, problems and issues that could rise in such conditions which would dramatically affect our perception of life and previously established systems of values and virtues.

ACKNOWLEDGMENT

This paper is built upon the author's assignment as a student within the master degree course "Philosophical Issues of Computer Science" at Politecnico di Milano (academic year 2015/2016), thanks to the support of course instructor, professor Viola Schiaffonati.

REFERENCES

- [1] D. Mandiroli, C. Ghezzi, *Theoretical foundations of computer science*, John Wiley & sons, 1987.
- [2] A. M. Turing, "Computing machinery and intelligence", *Mind*, 59, pp. 433-460, 1950.
- [3] J. R. Searle, "Minds, brains, and programs", *Behavioral and Brain Sciences* 3 (3): 417-457, 1980.
- [4] J. M. Gidley, "Transhumanism", *Critical Terms in Futures Studies*, pp. 319-326, Springer, 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28987-4_49
- [5] V. Schiaffonati, "From Philosophy of Science to Philosophy of Engineering: The Case of AI", *WPE* 2008, pp. 46-47.
- [6] A. Newell, "Physical Symbol Systems", *Cognitive Science* 4, pp. 135-183, 1980.
- [7] H. Md H. Babu, "Quantum Computing: A pathway to quantum logic design", IOP Publishing, 2020. <https://doi.org/10.1088/978-0-7503-2747-3>

Beskontaktni IC senzor temperature sa primenom u IoT tehnologijama

Veljko Vučković

Sadržaj - Osećaji toplog i hladnog su oduvek predstavljali neke od osnovnih nadražaja na koje osoba može da reaguje, ili na osnovu koje osoba može da izvuče neki zaključak. Merenje temperature, ili termometrija, opisuje proces merenja trenutne temperature za neposrednu ili kasniju analizu. Danas se preciznim merenjem temperature kontrolišu mnogi tehnološki procesi ili prate globalne promene temperature koje utiču na životnu sredinu. IC merenje temperature se zasniva na merenju termičkog zračenja koje odaje telo. U ovom radu će biti predstavljen princip rada sistema za merenje temperature upotrebom preciznog IC (infracrvenog) termometra, sa grafičkim prikazom dobijenih podataka na veb stranici u realnom vremenu.

I. UVOD

U gradovima danas živi polovina svetskog stanovništva, a kako se gradovi neprestano šire, a ljudi sa sela sve više odlaze u gradove, javljaju se mnogi problemi poput prenaseljenosti gradova, gužvi u saobraćaju i visoke potrošnje resursa, međutim, uticaj urbanizacije se ne vidi samo u gradovima, već i van grada, tj. u njegovoj okolini - krčenje šuma i uništavanje zelenih površina, izgradnja brana i zagađenje reka, stvaranje deponija i slične aktivnosti stvaraju često nepovratno uništenje životne sredine dok beton i zgrade stalno rastućih gradova ne prekriju uništene, nekada zelene, površine, maskirajući probleme koje čovek stvara. Ne postoji univerzalno rešenje za svaki od ovih problema, ali se smatra da su pametni gradovi i primena informacionih i komunikacionih tehnologija (ICT) u infrastrukturi samih gradova početak rešenja, jer se naziv "Pametan grad" ne odnosi samo na tehnološki napredne gradove, već i na način razmišljanja svih njegovih stanovnika.

A. Automatizacija gradova - autonomni mikrosistemi u svakodnevnom aktivnostima

Jedna od najprivlačnijih stvari vezanih za koncept pametnih gradova je automatizacija mnogih procesa, kao i optimizacija mnogih aktivnosti. Kako su mobilni telefoni sve kompleksniji, a mikroračunari se ugrađuju u mnoge proizvode koji se nalaze u svakoj kući, poput frižidera, rerni itd., olakšava se život ljudima, a analizom podataka dobijenih iz svih naših pametnih uređaja, tehnologija koju

V. Vučković je diplomirani inženjer elektrotehnike i računarstva na modulu Elektronske komponente i mikrosistemi sa Katedre za mikroelektroniku na Elektronskom fakultetu, Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: vuckovicveljko98@gmail.com.

svakodnevno koristimo nam omogućava da optimizujemo mnoge svakodnevne zadatke, stvarajući više vremena za lični napredak ili rad u zajednici.

Kao što pametni uređaji u kući olakšavaju život pojedinca ili porodice, tako i pametne tehnologije primenjene na nivou grada olakšavaju život svim građanima pametnog grada. Kako se analiza i obrada podataka koriste u skoro svakoj sferi života, teško je zamisliti gde se ne mogu primeniti dobijeni podaci. Neke od ideja koje se primenjuju ili su u planu za primenu kod pametnih gradova su:

- Pametne raskrsnice
- Pametan parking
- E-cigle

B. Prikupljanje i distribucija podataka

Jedan od prvih koraka u životu u pametnim gradovima je prihvatanje prikupljanja naših podataka, što podrazumeva poverenje organima koji prikupljaju i analiziraju naše podatke, ali i veoma sigurnu informacionu mrežu unutar samog grada. Kako su mnoge kompanije i ustanove u svetu na svakodnevnom udaru "sajber napada" i "hakera", može se razumeti rezervisan način razmišljanja mnogih stručnjaka kada su u pitanju čuvanje i obrada veoma važnih informacija poput ličnih podataka, stanja na putevima, kontrole pametnih raskrsnica i sl., ali se mora razumeti da postoje i mere opreza, prevencije i zaštite naših podataka. Pored prikupljanja ličnih podataka građana, integracijom senzorskih sistema u puteve, zgrade itd. se verodostojnije mogu ispitivati stabilnost i pouzdanost građevina, čime bi se smanjila verovatnoća prevara na tenderima i korišćenja manje kvalitetnih građevinskih materijala. Kako su prikupljanje informacija i sigurnost podataka aktuelne teme, podeljena su mišljenja i postoje argumenti za obe strane.

II. MLX90614

MLX90614 je infracrveni termometar za beskontaktno merenje temperature [1]. Detektorski čip koji sadrži termoelement osetljiv na IC zračenje i ASSP (*Application-specific standard product*) za obradu podataka su integrisani u istom TO-39 kućištu. Blok šemu senzora prikazuje slika 1.

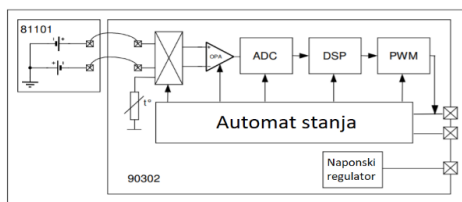
Sistem sadrži i pojačavač sa malim šumom, 17-bitni analogno-digitalni konvertor i moćnu DSP (*Digital signal processing*) jedinicu, čime se postižu visoka tačnost i dobra rezolucija termometra.

Termometar je fabrički kalibrisan sa digitalnim PWM (*Pulse-width modulation*) i SMBus (*System Management Bus*) izlazima. Desetobitni PWM izlaz je podešen da neprestano šalje merenu temperaturu u opsegu od -20°C do 120°C sa izlaznom rezolucijom od 0.14°C.

MLX90614 je izgrađen od dva čipa koje je razvio Melexis:

- Infracrveni detektor - termoelement MLX81101
- ASSP za obradu signala MLX90302, posebno projektovan da obradi izlaze infracrvenog senzora

Izračunate temperature tela i ambijenta su smeštene u RAM MLX90302 čipa sa rezolucijom od 0.01°C, a moguće im je pristupiti dvožičnim SMBus kompatibilnim protokolom (rezolucija od 0.02°C) ili desetobitnim PWM izlazom sistema.



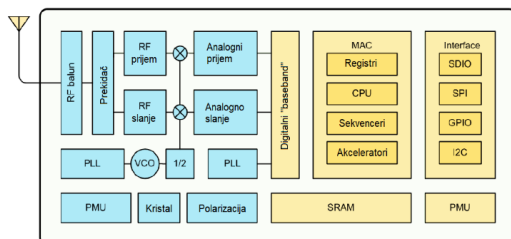
Slika 1. Blok šema senzora MLX90614.

III. ESP01 WiFi MODUL

Ovaj modul omogućava mikrokontrolerima izlaz na internet i predstavlja SOC (*System on a chip*) koji zahvaljujući ugrađenom mikrokontroleru može samostalno da funkcioniše kao server i manipuliše izlazima i ulazima modula. Blok šema modula prikazana je na slici 2.

Sam čip koji se nalazi u modulu i omogućava WiFi komunikaciju je ESP8266 [2] - jeftin WiFi mikročip, koga proizvodi kompanija *Espressif Systems*, koji poseduje puni TCP/IP stek i mikrokontrolerske sposobnosti, koji je jedan od najprimenjenijih čipova za ove potrebe u industriji. ESP8266 se napaja sa 3.3V i sadrži RF balun, pojačavač snage, ulazni pojačavač sa malim šumom, filtre, module za kontrolu snage...

Modul ima ugrađenu UART komunikaciju, sa modulom se lako komunicira preko "AT" komandi, a poseduje i određen broj GPIO (*General-purpose input/output*) pinova koji omogućavaju različite vrste komunikacije - analogni ulazi, digitalni ulazi, PWM, itd.



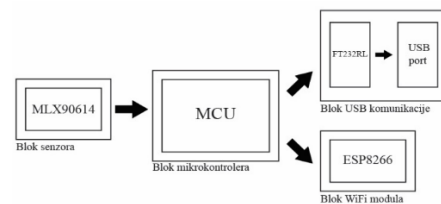
Slika 2. Blok šema WiFi modula ESP01.

IV. SISTEM ZA MERENJE TEMPERATURE PRIMENOM SENZORA MLX90614ESFBAA

A. Opis problema

Kao što je već rečeno u ovom radu, tehnologija napreduje svakog dana i neprestano se otkrivaju nove potrebe i nove primene za postojeće tehnologije. Temperatura se često zanemaruje kao merljiva veličina, ali su primene merenja temperature veoma raznovrsne. Od merenja ljudske temperature, preko praćenja tehnoloških procesa do primena u pametnim gradovima, primenom samo jednog senzora temperature se dobijaju veoma vredne informacije, a primenom matrice ili mreže ovakvih senzora omogućene su veoma kvalitetne praktične primene.

Postoje različite vrste senzora, od kojih svaki ima svoju primenu u različitim sistemima i uređajima. Neki zahtevaju dodatne pasivne komponente, neki zahtevaju dodatnu konverziju izlaznih veličina, a neki su spremni za rad odmah nakon ugradnje u sistem. MLX90614 je bez dodatnih podešavanja spreman za komunikaciju preko dvožičnog interfejsa, pri čemu daje veoma tačne podatke sa velikom rezolucijom. Zbog svojih karakteristika, ovaj senzor je odličan za ilustraciju mnogih primena beskontaktnih temperaturnih senzora. Blok šema sistema prikazana je na slici 3.



Slika 3. Blok šema sistema.

B. Blok šema sistema i kratak opis blokova

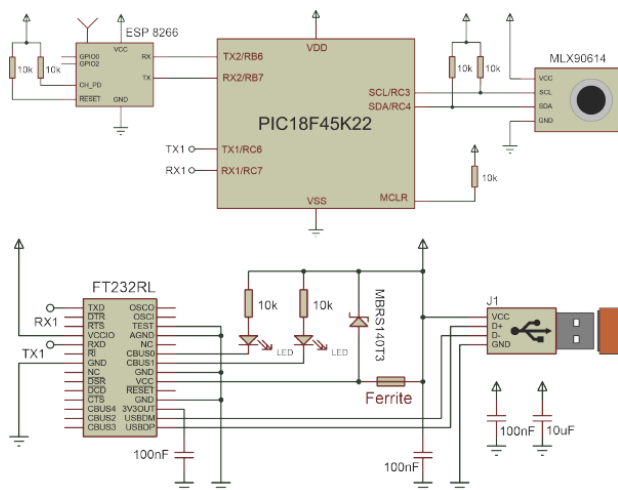
Blok mikrokontrolera - Mikrokontroler koji je primenjen u sistemu je PIC18F45K22 [3] - mikrokontroler sa naponom napajanja od 2.3V do 5.5V, sa dva MSSP (*Master Synchronous Serial Port*) modula (za serijsku komunikaciju sa računarom i WiFi modulom istovremeno).

Blok senzora - Serija senzora koja je primenjena u sistemu je MLX90614ESFBAA, senzor sa mikrokontrolerom komunicira preko dve žice, pri čemu su pinovi preko kojih se uspostavlja komunikacija NMOS sa otvorenim drejnom, pa se na ovim linijama nalaze *pull-up* otpornici.

Blok WiFi modula - WiFi modul primenjen u sistemu je ESP01, a modulu su dodati i *pull-up* otpornici na "RST" i "CH_PD" pinovima, a modul sa mikrokontrolerom komunicira preko dvožične komunikacije na drugom MSSP modulu mikrokontrolera.

Blok USB komunikacije - Kako bi se podaci gledali na računaru, potrebno je izvršiti konverziju iz UART na USB protokol. Ovaj blok sadrži integrisano kolo FT232RL

koje je USB-UART interfejs kome je potrebno samo par pasivnih komponenti kako bi se izvršila pouzdana konverzija protokola. Slika 4 prikazuje izgled šeme u Proteus softverskom alatu [4].



Slika 4. Izgled šeme sistema u Proteus softverskom alatu.

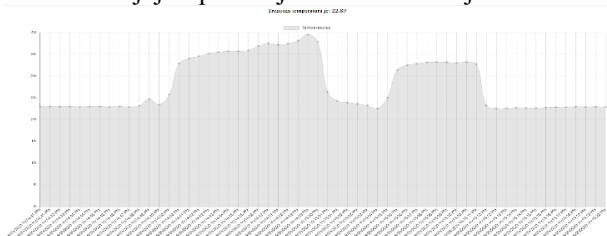
C. Princip rada sistema

Senzor temperature neprestano meri temperaturu i podatke o poslednjem merenju smešta u RAM. Mikrokontroler preko dvožične komunikacije čita ove podatke i konvertuje ih u odgovarajući oblik. Nakon konverzije u mikrokontroleru je smeštena poslednja izmerena vrednost temperature, koja se dalje šalje USB bloku za prikaz na računaru i bloku WiFi komunikacije za prikaz na web stranici.

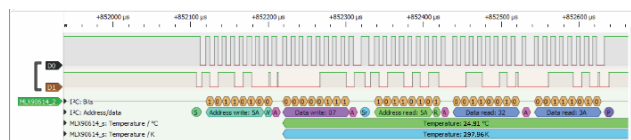
Kod veb stranice je napisan u JavaScript programskom jeziku i zahvaljujući dobro opisanoj i moćnoj *Chart.js* biblioteci [5] omogućen je grafički prikaz podataka u više formata (za ovaj projekat je odabran linijski grafički prikaz).

Zbog jednostavne konstrukcije sistema i pouzdanosti primljenih podataka, sistem je pogodan za različite primene uz male modifikacije. Jedna od primena koja će biti opisana dalje u radu je beskontaktno merenje temperature čoveka.

Uređajem za paralelno snimanje protoka podataka i *PulseView* softverom za logičku analizu je analizirana komunikacija između senzora i mikrokontrolera. Slika 5 prikazuje dobijene rezultate na kojima se jasno vidi komunikacija sa senzorom, a Slika 6 predstavlja izgled veb stranice na kojoj se prikazuju rezultati merenja.



Slika 5. Izgled signala u PulseView softveru.



Slika 6. Izgled veb stranice tokom rada sistema.

V. BESKONTAKTNO MERENJE TEMPERATURE ČOVEKA

A. Opis problema

Telesna temperatura čoveka je jedno od najvažnijih indikatora zdravlja osobe koja je veoma često indikator viralnih i bakterijskih oboljenja. Ljudsko telo obično održava telesnu temperaturu između 36.1°C i 37.2°C. Glavni cilj merenja telesne temperature je uočavanje bilo kakvih naznaka sistemske infekcije u prisustvu groznice. Iz ovih razloga je veoma važno odrediti najmanje promene u telesnoj temperaturi čoveka.

Kako bi se izbegao kontakt sa ljudima u pandemijskim situacijama, potrebno je koristiti potpuno beskontaktni sistem za merenje temperature, koji ima adekvatnu brzinu rada i pouzdanost dobijenih podataka. Stoga se u prethodno opisanom sistemu koristi beskontaktni, infracrveni senzor. Zbog činjenice da termoelementi izlazni napon daju na osnovu zračenja tela čija se temperatura meri, nemoguće je izmeriti unutrašnju temperaturu čoveka, pa je potrebno definisati specifične opsege za spoljašnju temperaturu čoveka.

B. Eksperimentalni rezultati

Uslovi eksperimenta:

- Eksperiment je vršen u provetреноj prostoriji na sobnoj temperaturi
- Merena je temperatura čoveka na udaljenosti od <1cm, 5cm i 10cm i 15cm kao i živinim termometrom
- Merenja su obavljena nakon 10 min. mirovanja

Rezultate eksperimenta prikazuju tabela I i slika 7.

TABELA I
REZULTATI EKSPERIMENTA MERENJA TEMPERATURE ČOVEKA

Udaljenost senzora od tela	<1cm	5cm	10cm	15cm	Hg
Temperatura	36.26°C	30.36°C	27.95°C	26.54°C	36.2°C

C. Zaključak eksperimenta

Senzor je kao termometar najtačniji kada se nalazi neposredno uz kožu osobe čija se temperatura meri, a tačnost mu opada kako se povećava udaljenost od tela. Pošto ne postoji "tačna" temperatura tela, već "normalni"

temperaturni opseg zavisi od mesta gde se vrši merenje, određenim korekcijama se može dobiti opseg temperatura na koji smo navikli.



Slika 7. Grafički merena temperatura na zadatim udaljenostima od tela.

VI. POREĐENJE SENZORA MLX90614 I TERMALNE KAMERE FLIR ONE PRO

Termografske kamere su uređaji koji stvaraju sliku koristeći infracrveno zračenje po sličnom principu kao i optičke kamere, sa razlikom da su kamere osjetljive na različite talasne dužine. FLIR One PRO [6] je termalna kamera za pametne telefone, pri čemu kamera meri temperature do 400°C, primećuje razlike u temperaturi od čak 70mK, a tipična tačnost kamere je $\pm 3^{\circ}\text{C}$.

A. Opis zadatka

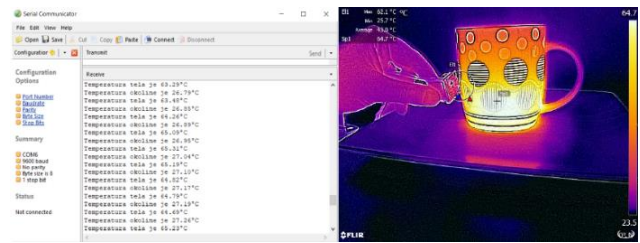
S obzirom da senzor daje samo podatak o srednjoj temperaturi svih objekata u FOV-ju (*Field of view*) senzora, jedan senzor nam ne može dati spektar temperatura određenog tela ili površine. Za ove potrebe se koriste infracrveni matricni senzori ili termografske kamere. Kako bi se praktično potvrdili rezultati dobijeni u prethodnom eksperimentu, odrađeno je poređenje sa termografskom kamerom.

Eksperiment je izvršen pod narednim uslovima:

- Eksperiment je vršen na sobnoj temperaturi u zatvorenoj prostoriji
- Merena je temperatura šolje sa kafom
- MLX90614 se nalazio na <1cm od šolje, a kamera na približno 100cm od šolje

B. Zaključak eksperimenta

Poređenjem spektra dobijenog termalnom kamerom i podataka koji su poslali računaru koji su prikazani na slici 8, ustanovljeno je da se vrednosti poklapaju, čime se potvrđuje tačnost podataka koje šalje senzor. Termalne kamere su moćni uređaji sa mnogo primena, ali su zbog svoje cene manje pristupačne od infracrvenih senzora temperature. Potrebno je za svaku primenu istražiti koje su mogućnosti i odabrati odgovarajući senzor/sistem kako bi se postiglo efikasno, tačno i precizno rešenje zadatog problema.



Slika 8. Podaci poslani računaru i slika sa termalne kamere.

VII. ZAKLJUČAK

U gradovima danas živi polovina svetskog stanovništva, a taj broj se neprestano povećava. Problemi koje izaziva širenje gradova su i dalje prisutni, ali se sve veći broj ljudi priključuje traženju alternativnih rešenja i načina rada koji će spasiti našu okolinu. Prenaseljenost gradova, gužve u saobraćaju i visoka potrošnja resursa nisu problemi koji su iza nas, ali podizanjem svesti o ovim problemima se stvari stavljaju u perspektivu, izoluju se pozitivni i negativni faktori i radi se na adekvatnijoj primeni dobijenih informacija. U ovom radu je opisan sistem za merenje temperature ne zbog svojih primena, već zbog mogućnosti koje postoje u svakoj elektronskoj komponenti. Ako jedan temperaturni senzor može u isto vreme i da meri telesnu temperaturu čoveka, temperaturu predmeta, detektuje prolazak osobe, šta tek može da radi mreža ovakvih senzora? Koncept pametnih gradova je veoma popularna tema i postoji mnogo načina definisanja ovog pojma, ali tek kada se promeni kolektivno mišljenje društva i kada se prihvati pomoć koju nam tehnologija pruža, jednog dana u možda čak bliskoj budućnosti možemo živeti u pametnom gradu i biti deo pametne zajednice.

LITERATURA

- [1] Melexis, "MLX90614 family Datasheet", dostupno na: <https://www.melexis.com/en/product/MLX90614/Digital-Plug-Play-Infrared-Thermometer-TO-Can>
- [2] Espressif Systems, "ESP8266EX Datasheet", dostupno na: <https://www.espressif.com/en/support/documents/>
- [3] PIC18F45K22 tehnička dokumentacija, dostupno na: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F45K22>
- [4] Proteus softverski alat, dostupan na: <https://www.labcenter.com/>
- [5] Chart.js dokumentacija, dostupna na: <https://www.chartjs.org/docs/latest/>
- [6] FLIR One PRO termalna kamera, dostupna na: <https://www.flir.com/products/flir-one-pro/?model=435-0011-03>

Projekat Centra za promociju nauke “Za IEEEESTEC se spremi” na Elektronskom fakultetu u Nišu

Danijel Danković, Miloš Marjanović

Sadržaj – Cilj ovog rada je da predstavi značaj Centra za promociju nauke u realizaciji projekata promocije i popularizacije nauke. Opisana je saradnja Elektronskog fakulteta u Nišu i Centra za promociju nauke tokom realizacije nekoliko projekata i značaj IEEEESTEC konferencije koja čini sponu ovih eminentnih naučno-istraživačkih i obrazovnih ustanova.

I. SARADNJA ELEKTRONSKOG FAKULTETA U NIŠU I CENTRA ZA PROMOCIJU NAUKE

Elektronski fakultet u Nišu osnovan je 1960. godine kao obrazovna i naučna ustanova [1]. Elektronski fakultet danas se nalazi u sastavu Univerziteta u Nišu (slika 1) i predstavlja vrhunsku obrazovnu i naučnoistraživačku organizaciju i instituciju od posebnog društvenog interesa koja uspešno prati razvoj elektronike i informaciono-komunikacionih tehnologija u svetu i koja predstavlja osnovu za modernu privredu u okviru tehnološkog razvoja Republike Srbije [2]. Studijski programi osnovnih akademskih, master akademskih i doktorskih studija koji se realizuju na Elektronskom fakultetu usvojeni su po proceduri utvrđenoj Zakonom o visokom obrazovanju, Statutom Univerziteta u Nišu i Statutom Elektronskog fakulteta u Nišu. O kompetencijama diplomiranih studenata Elektronskog fakulteta u Nišu, magistrima i doktorima nauka svedoči činjenica da je diploma koju steknu na Fakultetu priznata u svetu, a da im nivo stečenog znanja omogućava, nastavak usavršavanja i uspešnu poslovnu karijeru. Nastavnici i saradnici Fakulteta, osim obavljanja nastavnih aktivnosti, aktivno su uključeni u realizaciju naučnoistraživačkog rada kroz učešće u brojnim naučnoistraživačkim projektima koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, međunarodni fondovi, privredne i vanprivredne institucije i organizacije. Nastavnici Fakulteta su članovi stručnih timova i ekspertske grupe i komisije koje formiraju državni organi, ali i naučne organizacije od međunarodnog značaja. Pojedini nastavnici su kao gostujući profesori bili uključeni u izvođenje nastave na renomiranim svetskim univerzitetima. Nastavnici Fakulteta su dopisni i redovni članovi SANU, članovi Inženjerske akademije, međunarodnih i nacionalnih naučnih i stručnih udruženja. Bogato profesionalno iskustvo nastavnika i saradnika dovelo je do toga da je u prethodnim decenijama Fakultet

bio organizator većeg broja domaćih i međunarodnih naučnih konferencija koje su stekle zapaženu reputaciju i visoko mesto na listi naučnih skupova.

Pola veka nakon osnivanja Elektronskog fakulteta u Nišu, 2010. godine, od strane Ministarstva nauke Republike Srbije, osnovan je Centar za promociju nauke (CPN) sa zadatkom da promoviše nauku i tehnologiju (slika 1) [3]. CPN svoje programe i aktivnosti sprovodi radeći sa istraživačkim i obrazovnim institucijama u Srbiji i širom sveta. Misija CPN-a je da premosti jaz između nauke i društva okupljajući sve relevantne aktere i širu javnost u procesu istraživanja i inovacija. Krajnji cilj je integracija društva u istraživačke procese kako bi se stekao što bolji uvid u potrebe građana i što adekvatnije suočavalo sa društvenim izazovima. CPN organizuje veliki broj izložbi, predavanja, panel-diskusija, radionica i drugih događaja na različite teme. Prepoznatljiva nit svih formata je da su najčešće interaktivni, tako da posetioci, ukoliko to žele, imaju aktivnu ulogu u realizaciji programa.



Slika 1. Logoi Univerziteta u Nišu, Elektronskog fakulteta u Nišu i Centra za promociju nauke.

D. Danković i M. Marjanović su sa Katedre za mikroelektroniku, Elektronski fakultet Niš, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš. E-mail: danijel.dankovic@elfak.ni.ac.rs, milos.marjanovic@elfak.ni.ac.rs

Dve eminentne naučno-istraživačke i obrazovne ustanove, Elektronski fakultet u Nišu i Centar za promociju nauke, poslednjih nekoliko godina su kroz niz zajedničkih aktivnosti ostvarile veoma čvrstu saradnju. Zajednički učesnici svih ovih aktivnosti su učenici više desetina srednjih škola i studenti nekoliko različitih fakulteta iz Srbije i inostranstva, a najvažnije zajedničko mesto okupljanja je IEEEESTEC konferencija [4]. Na regionalnom nivou predstavnici Elektronskog fakulteta u Nišu su kroz niz projekata uspostavili zajedničku saradnju sa predstavnicima Regionalnog centra za profesionalni razvoj zaposlenih u obrazovanju iz Niša i predstavnicima Centra za stručno usavršavanje u obrazovanju iz Leskovca, kao i predstavnicima njihovih Naučnih klubova [5-7]. Članovi Saveta Elektronskog fakulteta prepoznali su značaj ove saradnje, pa su tokom proslave Dana Elektronskog fakulteta (59 godina postojanja i rada), na glavnoj svečanosti, održanoj u petak 29. novembra 2019. godine, dodeljene dve značajne Zahvalnice (slika 3) za izuzetan doprinos radu i razvoju Elektronskog fakulteta.



Slika 2. Logoi Regionalnih centara Niš i Leskovac i njihovih Naučnih klubova [5-7].



Slika 3. Zahvalnice NK Niš i NK Leskovac. Više detalja dostupno u [1, 8].

Autori ovog rada realizovali su, a neki se i sada realizuju, više projekata pod pokroviteljstvom Centra za promociju nauke:

- “Pretočimo znanje u praktičan rad”,
- “Praktičnim radom do znanja”,
- “Idemo i mi na IEEEESTEC konferenciju” i
- “Za IEEEESTEC se spremi”.

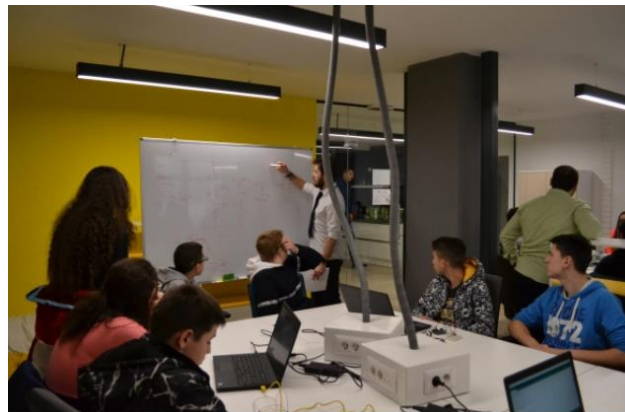
Kao rezultat realizacije ovih projekata Centar za promociju nauke dodelio je Priznanje Elektronskom fakultetu u Nišu za unapređenje promocije i popularizacije nauke u okviru Javnog poziva CPN-a (slika 4).



Slika 4. Priznanje CPN-a Elektronskom fakultetu u Nišu.

U sklopu IEEEESTEC konferencije u Start-up centru na Elektronskom fakultetu godinama unazad održavaju se radionice u sklopu projekata finansiranih od strane CPN-a

koji se realizuju u NK Niš i NK Leskovac. Elektronski fakultet u Nišu pokazao se kao dobar domaćin i pored projekata koji se realizuju od strane autora ovog rada realizovani su i brojni drugi projekti: “Misli”, “Igraj GO i razvijaj vijuge”, “Magične kutije”... Pored opreme koja je obezbeđena ovim projektima za realizaciju radionica Elektronski fakultet stavio je na raspolaganje i svoju opremu koja se koristi u nastavi i nauci.



Slika 5. Radionice u Start-up centru na Elektronskom fakultetu.

II. ZAKLJUČAK

Članovi tima izuzetno su zadovoljni realizacijom projekata u okviru Javnog poziva CPN-a i smatraju da sa istim aktivnostima treba nastaviti i u budućnosti. IEEEESTEC konferencija je idealno mesto gde svi projekti mogu biti prikazani i promovisani velikom broju posetilaca.

ZAHVALNICA

Ovaj rad deo je aktivnosti na projektu Centra za promociju nauke “Za IEEEESTEC se spremi”.

LITERATURA

- [1] Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu. [OnLine] Dostupno na: <https://www.elfak.ni.ac.rs/>
- [2] Univerzitet u Nišu. [OnLine] Dostupno na: <https://www.ni.ac.rs/>
- [3] Centar za promociju nauke. [OnLine] Dostupno na: <http://www.cpn.rs/o-centru/>
- [4] Zvanični sajt IEEEESTEC konferencije. [OnLine] Dostupno na: ieee.elfak.ni.ac.rs
- [5] Regionalni centar za profesionalni razvoj zaposlenih u obrazovanju u Nišu. [OnLine] Dostupno na: <http://www.rcnis.edu.rs/>
- [6] Centar za stručno usavršavanje u obrazovanju Leskovac [OnLine] Dostupno na: <http://www.csuleskovac.edu.rs/>
- [7] Naučni klubovi. [OnLine] Dostupno na: <http://www.cpn.rs/prograi/mreza-naucnih-klubova/>
- [8] Zvanični sajt projekta “Pretočimo znanje u praktičan rad”. [OnLine] Dostupno na: <https://pretocimoznanje.wordpress.com/>

Koncept *shadow* registara u verifikacionim okruženjima

Nikola Radisavljević

Sadržaj – U radu će biti opisani *shadow* registri, njihova primena i različiti metodi funkcionisanja u verifikacionim okruženjima. Takođe, biće demonstrirani primeni njihove upotrebe i razlozi zbog kojih je poželjno iste koristiti.

Slici 2. Međutim, za razliku od pravih registara, pristup pomenutim registrima može biti trenutni, što olakšava i ubrzo ne samo poređenje, već i debugovanje određenih problema u procesu razvoja čipa.

I. UVOD

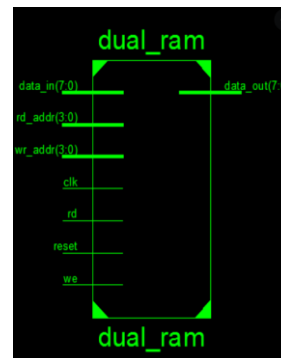
Verifikaciona okruženja se često koriste za verifikaciju kompleksnih čipova koji se sastoje od velikog broja interfejsa, registara i komponenti. Neretko, čipovi sadrže veliki broj registara kojima se pristupa koristeći neki interfejs za komunikaciju sa njima (npr. OCP - Open Core Protocol interfejs). Međutim, čitanje registara zahteva vreme, a nekada registrima ne može da se pristupi iz određenih blokova. U tom slučaju, jako je korisno koristiti registrarske mape koje sadrže takozvane *shadow* registre, koji olakšavaju dobijanje vrednosti određenih registara i olakšavaju rešavanje bagova i monitoring rada samog čipa.

II. PRINCIP FUNKCIONISANJA

Razlog korišćenja *shadow* registara se najlakše može objasniti korišćenjem jednog tipa memorije koji je naširoko poznat – RAM (Random Access Memory) [1], čiji se jedan tip može videti na Slici 1. Nakon što se neka vrednost upiše u RAM, da bi se ta vrednost pročitala, potrebno je komunicirati sa samim RAM-om, što zahteva da prođe određeni vremenski interval, podešavanje i kontrolu određenih signala interfejsa za komunikaciju sa datom memorijom. Iako je uvek potrebno testiranje RAM-a kao memorije na *hardware*-skom nivou, nekada je potrebno samo imati uvid u vrednosti koje se nalaze u RAM-u i uporediti ih sa nekim drugim ulaznim/izlaznim vrednostima u čipu[2]. Ukoliko je potrebno pročitati i ispitati veliki broj lokacija, bio bi povećan vremenski interval koji je potreban za taj postupak, što dovodi do povećanja kompleksnosti testova.

Za olakšavanje pomenutog postupka, koriste se *shadow* registri. Način rada ovih registara je jako jednostavan – svaki put kada se upisuje u neki registar ili neku memorijsku lokaciju, istovremeno se ista vrednost upisuje i u odgovarajući *shadow* registar – senku samog registra. Princip rada *shadow* registra se može videti na

N. Radisavljević je student doktorskih studija na Katedri za mikroelektroniku na Elektronskom Fakultetu, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, i trenutno zaposlen kao verifikacioni inženjer u kompaniji Veriest. E-mail: nikola.radisavljevic@elfak.rs



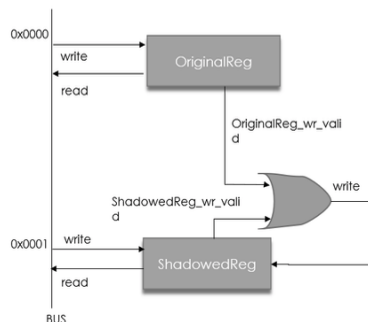
Slika 1. Primer jednog tipa RAM-a – izlazni i ulazni signali.

Razlog korišćenja *shadow* registara ne mora da bude isključivo zbog uštede vremena, već je nekada i neophodan za određeno testiranje. Na primer, ukoliko čip ima registre u koje je moguće vršiti samo upisivanje (*write-only*), ukoliko postoji *shadow* registar, moguće je čitati vrednost iz njega i na taj način pratiti koja se vrednost nalazi u pravom registru i koristiti tu informaciju za komparaciju i proveru. Takođe, registri mogu da budu volatilni, što znači da pri direktnom čitanju registra dolazi do gubljenja podataka koji se do tada nalazio u registru. Ovo nije željeno ponašanje ukoliko je željen ishod da se zna tačna vrednost podatka koji se nalazi u tom volatilnom registru. *Shadow* registar će u tom slučaju omogućiti da proveravamo i čitamo vrednost iz pravog registra neograničeni broj puta, pri čemu se čitanjem *shadow* registra ne gubi vrednost iz stvarnog registra.

III. RAZLOG KORIŠĆENJA

Jedno pitanje koje se može postaviti nakon čitanja prethodnog dela jeste, zašto uopšte koristiti *shadow* registre? Zašto jednostavno ne definisati veliki broj promenljivih i onda u njima čuvati te vrednosti, tako što će se u njima upisivati vrednosti registara svaki put kada se upiše i u prave registre? Odgovor na to pitanje jeste postojanje takozvanog registrarskog modela, koji olakšava i poboljšava *update*-ovanje samih registara. Naime, kod kreiranja i povezivanja registrarskog modela, moguće je povezati *shadow* registre sa njihovim pravim, hardverskim

parovima i na taj način automatizovati proces upisivanja u oba registra. Ovaj pristup je jako pogodan u slučaju postojanja jako velikog broja registara u nekom čipu (neretko i čipovi modernih senzora sadrže desetine, ako ne i stotine registara) jer smanjuje vreme potrebno za definisanje raznih promenljivih i pisanje koda za rad sa njima. Još jedna pogodnost je to što registarski model sadrži razne funkcije koje omogućavaju ne samo napredni rad sa tim registrima, već i emuliraju ponašanje registara na softverskom nivou.

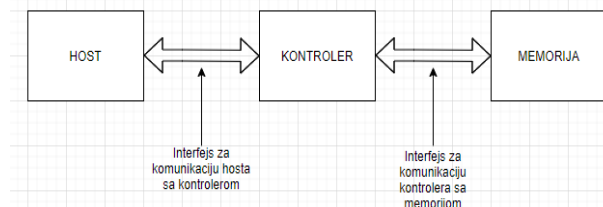


Slika 2. Jedan od načina hardverske realizacije *shadow* registra.

Korišćenjem registarskih mapa – skupova softverskih registara, se olakšava rad ne samo verifikatorima, već i hardverskim dizajnerima u procesu debugovanja čipa i registara. S obzirom da *shadow* registri menjaju vrednosti samo pri validnim upisima u prave registre, moguće je ispitati da li kod nekog registra dolazi do upisa greškom, tako što se porede vrednosti stvarnog i *shadow* registra. *Shadow* registri su jako pogodni kod testiranja volatilnosti registara. Naravno, uvek je moguće pročitati sam registar i ispitati da li je došlo do nestajanja podataka iz njega, ali sa postojanjem registarske mape i *shadow* modela, ovaj proces je automatizovan. To je zbog mogućnosti podešavanja da pri svakom čitanju bilo kog hardverskog registra, verifikaciono okruženje uporedi ili samo pročitani registar ili kompletnu mapu sa njihovim stvarnim vrednostima. Na ovaj način se ne samo dobija informacija u slučaju nastajanja greške u trenutku kada je zapravo i nastao potencijalni loš upis, već se otklanja mogućnost da se „zamaskira“ greška u slučaju proveravanja vrednosti registarske mape samo na kraju testa. Na primer, ukoliko se u nekom delu testa dogodi nevalidan (loš) upis u neki registar, a odmah nakon toga dođe do validnog upisa i upoređivanje se vrši tek na kraju testa, moguće je da se greška „sakrije“ zbog nepravovremenog upoređivanja vrednosti.

Još jedna prednost korišćenja *shadow* registara je u čipovima gde se memorijama ne pristupa direktno, već preko kontrolera memorija. Da bi se komuniciralo sa memorijom, potrebno je poslati kontroleru preko interfejsa informacije o tome kom registru pristupamo. Nakon toga, a sam kontroler komunicira sa memorijom i izvršava čitanje ili upis, pri čemu vraća informaciju o tome da li je uspešno izvršena operacija [3]. Međutim, iz ovog primera je

očigledno da je zapravo potrebno vremena, ne samo da se pristupi memoriji i izvrši operacija, već i da se vrati informacija od strane memorije i odgovarajući izlazi interfejsa podeše na prave vrednosti. Takođe, u slučaju da se registarski interfejs deli između više kontrolera, potrebno je da protekne određeni vremenski interval dok host ne krene da komunicira sa kontrolerom registra koji želimo da pročitamo. Kako izgleda komunikacija hosta sa memorijom se može videti na Slici 3.



Slika 3. Princip komunikacije hosta sa memorijom preko kontrolera.

IV. ZAKLJUČAK

Na današnjem tržištu, kompanije se takmiče da proizvod plasiraju što brže kako bi ostali konkurentni. S obzirom da čipovi moraju biti u potpunosti testirani, cilj je da se što brže i efektivnije u potpunosti verifikuju sve mogućnosti i funkcionalnosti čipa. Takođe, uzimajući u obzir sve veće prisustvo registara u modernim čipovima, koji postaju sve kompleksniji, kreiranje registarskih mapa sa *shadow* registrima štedi vreme tokom razvoja čipa i omogućava verifikatorima da brže i efikasnije pronađu bagove u dizajnu. Manje vremena potrošeno na kodiranje i povezivanje registara omogućava da više vremena bude potrošeno na optimizaciju postojećeg koda i proveravanje ekstremnih i graničnih slučajeva.

ZAHVALNICA

Autor se zahvaljuje kompaniji Veriest na pružanju znanja potrebnog za izradu ovog rada i Katedri za mikroelektroniku Elektronskog fakulteta za pruženo znanje tokom studija.

LITERATURA

- [1] Abburi K.K., Evani S.S., Thomas S., Aprem A. (2012) Reusable and Scalable Verification Environment for Memory Controllers. In: Rahaman H., Chattopadhyay S., Chattopadhyay S. (eds) Progress in VLSI Design and Test. Lecture Notes in Computer Science, vol 7373. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [2] Bruce Jacob, David T.Wang, "Overview of DRAMs in Memory Systems", 2008.
- [3] Mohan Dass, Manikandan Sriram, "Design and Verification of a Dual Port RAM Using UVM Methodology" (2018). Thesis. Rochester Institute of Technology. Accessed from. <https://scholarworks.rit.edu/theses/9792>

Upotreba veštačke inteligencije u kombinaciji sa PLC kontrolerima u industriji

Marjan Đorđević

Sadržaj – U ovom radu biće opisani načini upotrebe veštačke inteligencije u kombinaciji sa PLC kontrolerima u industriji. Takođe biće dat osnovni uvid u različite tipove veštačke inteligencije kao i organizacije istih. Na kraju biće predstavljeni primeri gde se veštačka inteligencija upotrebljava sa PLC kontrolerima za rešavanje konkretnog problema.

I. UVOD

Industrijska revolucija u periodu od 1760. pa do negde između 1820. i 1840. ima za cilj da u proces proizvodnje uvede aktivne mašine umesto do tada pasivnih alata. Organizacija procesa proizvodnje gde je mašina služila kao dodatak čovekovoj fizičkoj snazi, a negde je i u potpunosti zamenila čoveka, pokazala se kao izuzetno dobra. Međutim, jednu stvar mašina nije mogla nikako da nadomesti – čovekovu inteligenciju. Uvođenjem mašine u proces proizvodnje smanjila se interakcija čoveka sa materijalom. Ta interakcija je sada bila usmerena u pravcu čovek-mašina. Ovim postupkom su se ljudi pretvorili iz zanatlija u operatere [1].

Programabilni kontroler je moćna mašina, ali kao i svaka druga mašina on može raditi ono šta mu se kaže da uradi. Svoje zadatke kontroler dobija od programa, seta instrukcija ili upravljačkih algoritama koji su kreirani od strane programera. Programabilni logički kontroler ili kako ga popularno nazivaju PLC, je član računarske porodice koji koristi integrisana kola umesto elektromehaničkih delova za realizovanje upravljačkog programa. PLC kontroler je sposoban da obavlja složene instrukcije poput brojanja, merenja vremena, izvršavanja aritmetičkih operacija, manipulisanja podacima i komuniciranja sa drugim uređajima kako bi upravljao radom industrijskih mašina. Međutim na PLC se može gledati kao na industrijski računar sa specijalno dizajniranim komponentama koje čine sam kontroler a i njegove komponente za interfejs (ulazno/izlazne konekcije sa realnim svetom). Svaki sistem automatskog upravljanja se odlikuje nekim zakonom ili zakonima upravljanja. Zakon upravljanja predstavlja matematičku zavisnost na osnovu koje upravljački uređaj generiše određena upravljačka dejstva. Upravljački uređaji koji obavljaju ovu vrstu posla nazivaju se regulatori [2].

M. Đorđević je student doktorskih akademskih studija na modulu Upravljanje sistemima na Elektronskom fakultetu u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš. E-mail: marjan.djordjevic@outlook.com.

Veštačka inteligencija (VI) se u današnje vreme sve više praktikuje od strane inženjera. Veštačka inteligencija nije sama po sebi komercijalna oblast, već se više na nju gleda kao na nauku i tehnologiju. Postoji više razloga zašto bi trebalo dodati takozvane "Inteligentne Agente" industrijskim mašinama. Kao prvo, Intelligentni Agent je računarski sistem koji se nalazi u nekoj okolini i sposoban je da nezavisno donosi odluke kako bi ispunio zadati cilj. Nezavisnost je nešto što se u ovakvim slučajevima teško određuje, ali misli se na to da sistem deluje bez direktne intervencije ljudi ili drugih agenata i da sam može da donosi odluke u procesu. Suština svega napisanog do sada je da će se upotrebom PLC kontrolera i programskih jezika koji su stvoreni za programiranje istih, zastarela mašina modernizovati i njena iskorišćenost i kvalitet proizvoda povećati dramatično. Uz upotrebu veštačke inteligencije će se pak dobiti jedan potpuno autonoman sistem koji će biti u stanju da nezavisno odlučuje i tako će se dodatno smanjiti uticaj ljudi na proces proizvodnje [3].

II. TIPOVI SISTEMA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

Tačnu klasifikaciju sistema veštačke inteligencije je teško formalizovati baš iz razloga što definicija samog sistema veštačke inteligencije nije jedinstvena. Za pisanje ovog rada korišćena je podela sistema veštačke inteligencije na tri tipa i to:

- Dijagnostički sistemi veštačke inteligencije
- Sistemi zasnovani na bazama znanja
- Ekspertski sistemi veštačke inteligencije

Svaki od ovih tipova sistema veštačke inteligencije ima slične karakteristike, i u stvari svaki od ovih sistema evoluira veoma brzo. Kako ovi sistemi postaju sve složeniji, tako raste i veličina baza podataka a takođe se povećava i opseg podataka o procesu koji se sakupljaju i interpretiraju.[2]

A. Dijagnostički sistemi veštačke inteligencije

Dijagnostički sistem veštačke inteligencije je najniži nivo implementacije veštačke inteligencije. Ovi sistemi se uglavnom koriste za pronalaženje grešaka u nekom sistemu, ali ne pokušavaju da ih otklone. Na primer, ovakav sistem može otkriti prestanak rada pumpe u nekom rezervoaru za mešanje tako što će detektovati pad pritiska u rezervoaru ili pak detektovati smanjene vrednosti protoka iz rezervoara.

Dijagnostički sistem veštačke inteligencije dolazi do zaključka da se javila greška na osnovu tehnika za zaključivanje koje su bazirane na znanjima eksperata i tako

su implementirane u sistem detekcije. Ovaj sistem veštačke inteligencije se koristi kod aplikacija koje imaju male baze podataka i koje ne zahtevaju komplikovana znanja o procesu. Ovakav jedan sistem obično donosi RADI/NE RADI odluke i ponekad pruža informacije o verovatnom uzroku same greške [1].

B. Sistemi zasnovani na bazama znanja

Sistem znanja veštačke inteligencije je u stvari poboljšani dijagnostički sistem. Sistem znanja ne samo da identifikuje grešku i nadgleda ponašanje procesa, već donosi neke odluke koje su vezane za proces i/ili daje informacije o mogućem uzroku same greške [1].

Na primer u sistemu sa rezervoarom za mešanje, koji je pomenut kod opisivanja dijagnostičkog sistema, sistem ne bi samo identifikovao grešku. Ovakav sistem bi dao sugestije o potencijalnim uređajima koji mogu da uzrokuju grešku, a takođe bi doneo odluku o tome da li nastaviti (ako greška nije ozbiljnije prirode) sa procesom ili ne (ako je greška ozbiljnije prirode). Ovakve odluke sistem znanja donosi na osnovu znanja koje je programer uz pomoć eksperata implementirao u sistem a takođe i na osnovu pravila koja definišu uslove pojavljivanja greški [2].

Moguće je da greška koja je opisana u primeru bude lažno identifikovana. Jedna od dodatnih osobina sistema znanja veštačke inteligencije odnosi se na to da ovakav sistem proverava da li elementi sistema koji signaliziraju grešku (npr. protokomer, pretvarač pritiska) ispravno rade. Nakon toga ovaj sistem proverava povratne informacije (informacije od procesa) sa procedurama i merama koje su bazirane na ovim informacijama. Na primer, ako je greška detektovana i to je validna greška a takođe i nije ozbiljne prirode, upravljački sistem može izdati komande nastavi sa procesom, zaustavi se nakon završetka i upozori osoblje [1].

C. Sistemi zasnovani na bazama znanja

Ekspertski sistemi veštačke inteligencije su na vrhu liste po primeni u procesima u industriji; ovaj sistem poseduje sve mogućnosti sistema znanja pa i više. Ekspertski sistem donosi jednu dodatnu mogućnost za ispitivanje podataka iz procesa – statističku analizu. Upotreba statističke analize podataka omogućava sistemu da predvidi ishode na osnovu trenutne procene stanja sistema. Predviđeni ishod može biti da se nastavi sa procesom bez obzira na identifikovanu grešku [1].

U primeru koji je upotrebljen pri opisivanju prethodna dva tipa sistema, ekspertski sistem bi mogao da odluči da se sa procesom nastavi sve dok nekritična greška ne uzrokuje neku drugu grešku. Sistem bi mogao doći do ovog zaključka na osnovu povratne informacije recimo o srednjoj vrednosti pritiska u rezervoaru koji je unutar tolerancije (očitanje vrednosti su srednje vrednosti pritiska). Tako sistem nastavlja sa operacijom mešanja bez obzira što je pretvarač pritiska dao vrednosti koje su manje nego uobičajeno. Ovakav

sistem nastavlja sa radom i upozorava osoblje da pretvarač pritiska ili sama pumpa ne rade ispravno [2].

Znanje koje treba implementirati u ekspertski sistem je mnogo kompleksnije nego kod bilo kog drugog sistema; tako da ekspertski sistemi zahtevaju mnogo više verifikacije podataka (povratnih informacija). Odluke koje bi ekspertski sistem trebalo da donosi takođe zahtevaju daleko sofisticiranije programiranje, zbog toga što stabla za odlučivanje kod ovakvih sistema uključuju mnogo više opcija i osobina [3].

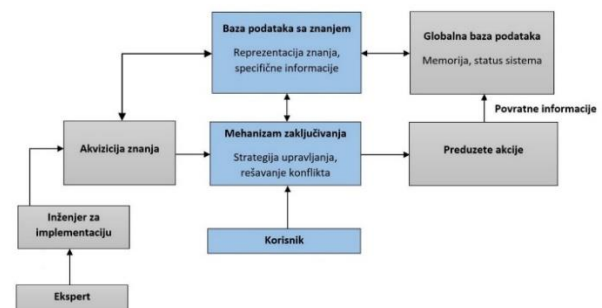
Implementacija ekspertskih sistema veštačke inteligencije zahteva ne samo dosta složenije programiranje već i dosta naprednije hardverske sposobnosti komponenata. U ceo sistem bi morali biti ugrađeni dodatni pretvarači pritiska koji bi kontrolisali druge pretvarače. Što se tiče samog kontrolera, u proces bi se moralo ugraditi minimum dva PLC-a, i to jedan za izvršavanje upravljačkog programa dok bi drugi sadržao sistem veštačke inteligencije. Takođe, mreža sistema bi morala da bude dosta brza kako bi se podaci vezani za proces prenosili u realnom vremenu. Na kraju, memorija samog sistema bi morala da bude dosta veća jer znanja o procesu moraju biti integrisana unutar sistema veštačke inteligencije [1].

III. ORGANIZACIONA STRUKTURA SISTEMA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

Jedan tipični sistem veštačke inteligencije se sastoji od tri elementa:

- Globalne baze podataka
- Baza podataka sa podacima o procesu
- Sistema za zaključivanje

Na slici 1 prikazan je blok dijagram arhitekture jednog sistema veštačke inteligencije. Kao što je prikazano na slici, sistem veštačke inteligencije mora dobiti svoje podatke od osobe koja temeljno razume proces ili mašinu kojom se upravlja. Ova individua, koju nazivamo ekspertom, mora obezbediti sve podatke o održavanju sistema, uzrocima grešaka itd. i preneti ih inženjeru koji vrši programiranje i implementaciju sistema. Proces prikupljanja podataka od strane eksperata i njihovo prenošenje inženjeru koji implementira sam sistem se naziva *akvizicija znanja* [1].



Slika 1. Arhitektura sistema veštačke inteligencije.

A. Globalna baza podataka

Sekcija sistema veštačke inteligencije koja se naziva globalna baza podataka sadrži sve dostupne informacije o upravljanju procesom. Ove informacije se uglavnom odnose na ulazne i izlazne podatke procesa. Globalna baza podataka se može porediti sa oblašću za skladištenjem gde se nalaze i ažuriraju sve informacije o procesu. Sistem veštačke inteligencije može u bilo kom trenutku pristupiti ovim podacima. Nakon pristupa sistem veštačke inteligencije nad ovim istorijskim podacima primenjuje postupak statističke analize kako bi na osnovu programiranih pravila preduzeo odgovarajuće akcije [1].

Globalna baza podataka se smešta u memoriju upravljačkog sistema kako bi se mogao implementirati sistem veštačke inteligencije. Ako se PLC koristi za implementiranje dijagnostičkog sistema veštačke inteligencije, globalna baza podataka će se najverovatnije smestiti u tabele podataka samog PLC-a. Ako se pak PLC koristi u kombinaciji sa PC računom ili računarskim modulom kako bi se implementirao sistem veštačke inteligencije, onda će globalna baza podataka biti smeštena na hard disku PC računara ili računarskog modula [1].

B. Baza podataka sa podacima o procesu

Sekcija koja se naziva baza podataka sa znanjem sadrži informacije koje su dobijene od raznih eksperata. Kao i globalna baza podataka, i ova baza podataka sadrži informacije o procesu; međutim, takođe sadrži i informacije o greškama, zajedno sa njihovim mogućim uzrocima i rešenjima. Štaviše, baza podataka sa znanjem sadrži sva pravila na osnovu kojih sistem veštačke inteligencije donosi svoje odluke. Što je sistem veštačke inteligencije zastupljeniji u procesu, to je baza podataka sa znanjem veća. Prema tome, baza podataka sa znanjem kod dijagnostičkog sistema veštačke inteligencije je mnogo manje kompleksnija od ekspertskog sistema veštačke inteligencije. Baza podataka sa znanjem je smeštena u sistemskoj memoriji koja je zadužena za implementaciju sistema veštačke inteligencije [2].

C. Mehanizam za zaključivanje

Mehanizam za zaključivanje kod sistema veštačke inteligencije je mesto gde se donose sve odluke. Ovaj deo sistema koristi informacije smeštene u bazi znanja kako bi došao do nekog zaključka a potom primenio sva definisana pravila i odluke na odgovarajući proces. Mehanizam za zaključivanje takođe konstantno interaguje sa globalnom bazom podataka kako bi obradio istorijske podatke i podatke u realnom vremenu koji dolaze od procesa.

Mehanizam za zaključivanje se obično nalazi u glavnom procesoru (npr. onom koji izvršava sistem veštačke inteligencije). Međutim, kod sistema koji je baziran na PLC-u, mehanizam za zaključivanje može ali i ne mora biti smešten u glavni procesor, sve zavisno od kompleksnosti

procesa (da li je tip procesa dijagnostički, ekspertski itd.) [3].

IV. REPREZENTACIJA ZNANJA

Reprezentacija znanja je način na koji je čitava strategija sistema veštačke inteligencije organizovana – tj. kako inženjer za implementaciju sistema prenosi znanje eksperta na proces putem programiranja. Ova reprezentacija je smeštena u bazu znanja sistema veštačke inteligencije. U reprezentaciji znanja koja je zasnovana na pravilima, znanje eksperata se transformiše u IF i THEN/ELSE instrukcije, što olakšava akcije i odluke.

Svi upravljački sistemi u kojima je zastupljen i sistem veštačke inteligencije, bilo da je tip sistema dijagnostički, sistem znanja ili ekspertski sistem, izvršavaju upravljačku strategiju (upravljačka strategija je u stvari izvršavanje upravljačkog programa) u mehanizmu zaključivanja. Uvek kada se mora doneti odluka zbog nastale greške ili nekog drugog događaja, mehanizam zaključivanja pristupa reprezentaciji znanja kako bi pribavio odgovarajuću odluku, a sa njom odgovarajuće akcije i mogući uzrok problema. Ova odluka je rezultat rada grupe softverskih potprograma. Kada sistem veštačke inteligencije pronade odgovarajuću odluku u bazi znanja, mehanizam za zaključivanje će odrediti odgovarajuću akciju koja će biti preduzeta. U zavisnosti od toga kako je formulisana strategija upravljanja (kako je napisan glavni program), mehanizam za zaključivanje može takođe pristupiti i globalnoj bazi podataka kako bi verifikovao podatke ili prikupio dodatne informacije [2].

A. Reprezentacija znanja bazirana na pravilima

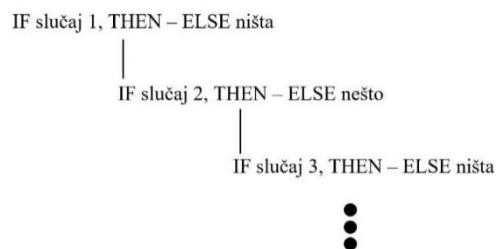
Reprezentacija znanja bazirana na pravilima definiše kako se ekspertsko znanje koristi da bi sistem veštačke inteligencije donosio odluke. Pravila koja se koriste su ili uzročna (IF se nešto desi) ili posledična (THEN preduzmi ovu akciju). Na primer, na pitanje "Šta bi moglo da izazove da se zapremna tečnosti u rezervoaru smanji?", ekspert bi mogao da odgovori kvar sistema za održavanje zapremine u rezervoaru. Inženjer za implementaciju može na osnovu ovog odgovora napisati sledeće pravilo: IF zapremna u tanku < od zadate vrednosti, THEN pokreni zaustavljanje procesa zbog gubitka tečnosti.

Pravila mogu biti dugačka i složena, tj. što je komplikovaniji proces to su komplikovanija i duža pravila. Ovo takođe definiše i upotrebu sistema VI-e. Na primer, u jednostavnom sistemu baziranom na pravilima (sistemu koji sadrži nekoliko manje kompleksnih pravila) mogu se formulisati jednostavna dijagnostička pravila:

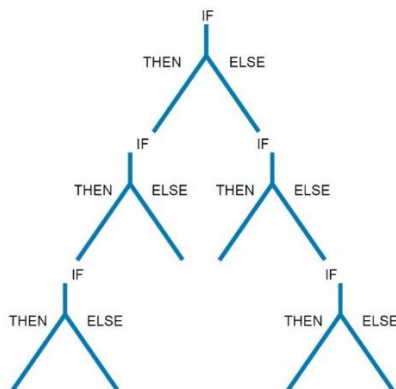
*IF temperatura < od zadate vrednosti, THEN otvori ventil
za paru*

Nešto kompleksnija dijagnostička pravila bi uključivala pravila koja zavise od tzv. roditeljskih pravila gde svaki od

slučajeva predstavlja nezavisno merenje, poređenje, ili situaciju[1]:



Na slici 2 prikazano je stablo odluke za formiranje pravila sistema veštačke inteligencije.



Slika 2. Stablo odluke.

Reprezentacija znanja koja se zasniva na pravilima se malo kompleksnije implementira ukoliko pravilo ima nekoliko mogućih uzroka. Na primer:

IF zapremina opadne, THEN { Kvar Ventila, ili
Kvar pumpe, ili
Nema povratne informacije

U ovom slučaju, posledice se moraju dodatno razmotriti kako bi se formiralo sveobuhvatno pravilo. Mehanizam zaključivanja može iskoristiti razložene posledice u reprezentaciji znanja kako bi bolje identifikovao uzrok nastalog problema. Sistem zasnovan na bazama znanja i ekspertski sistem veštačke inteligencije koriste ovaj proces kako bi se poboljšale sposobnosti za donošenje odluka.

B. Primer

Transportna traka kojom se upravlja PLC-om transportuje dve različite dimenzije kutija. Na kraju transportne trake nalazi se pneumatski cilindar koji usmerava kutije na dva različita paletizera u zavisnosti od visine kutije. Visine kutije mere se optičkim senzorima. Radom pneumatskog cilindra upravlja elektromagnetni ventil. Napisati pravila koja će baza znanja iskoristiti za identifikovanje mogućih uzroka prestanka rada elektromagnetnog ventila.

C. Rešenje.

Jedan od dva faktora može da utiče na prestanak rada elektromagnetnog ventila: kvar upravljačkog dela ventila (još nazivanog špulna ili kalem) i mehaničko oštećenje ventila. Uslovi i mogući uzroci koji su pridruženi prethodno navedenim faktorima prikazani su u tabelama 1 i 2.

TABELA I
PRAVILA ZA BAZU PODATAKA ZNANJA (PRAVILO 1)

Pravilo 1		
Rezultat	Uslov	Uzrok
Kvar upravljačkog dela (kalema)	Zbog smanjene struje dolazi do pregrevanja kalema	- Zbog smanjenog napona napajanja cilindar radi otežano - Previsoka temperatura okruženja - Mehanički blokiran cilindar - Operacija usmeravanja prebrza

TABELA II
PRAVILA ZA BAZU PODATAKA ZNANJA (PRAVILO 2)

Pravilo 2		
Rezultat	Uslov	Uzrok
Mehaničko oštećenje ventila	Oštećenje nastalo zbog delovanja prevelike sile na klip cilindra	- Previsoki napon - Smanjena težina kutija

V. ZAKLJUČIVANJE ZNANJEM

Zaključivanje znanjem je metodologija koja se koristi za prikupljanje i analiziranje podataka u cilju donošenja zaključaka. Proces zaključivanja znanjem se izvršava u mehanizmu zaključivanja u toku izvršavanja glavnog programa. Takođe, zaključivanje znanjem se izvršava i u bazi znanja prilikom operacija poređenja i izračunavanja podataka na osnovu kojih su definisana pravila.

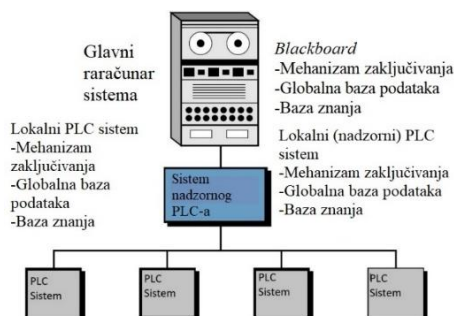
Program, koji je deo sistemskog softvera, odlučuje na koji način će se primenjivati rešenja sistema veštačke inteligencije. Interakcija operatera u procesu upravljanja može poboljšati postupak pronalaženja odgovarajućeg rešenja. Na primer, ako sistem prilikom inspekcije identifikuje kvar, on može izdati upozorenje operateru i ponuditi mu verovatne uzroke. Neki napredniji sistemi posle izdatog upozorenja očekuju informaciju od operatera (npr.

da operater proveriti podešenost senzora, tj. da li je ugao predajnika i prijemnika isti) i da onda iskoriste tu operaciju u cilju razvijanja inteligentnijeg rešenja problema.

Stepen zastupljenosti sistema veštačke inteligencije u procesu odlučuje o tome koliko hardvera će se upotrebiti (npr. koliko računarskih modula, velikih ili malih PLC-a itd.). Kada se uspostavi komunikacija između globalnih baza podataka, tako omogućavajući da informacije koje su dobijene u procesu zaključivanja znanjem proslede od jednog kontrolera prema drugom, za takav sistem se kaže da ima *blackboard* arhitekturu. U svim tipovima inteligentnih sistema, određene metode evaluacija pravila se koriste kako bi se implementirao proces zaključivanja znanjem. Ove metode uključuju *forward chaining* i *backward chaining*. Intelligentni sistemi takođe analiziraju statističke informacije kao deo procesa zaključivanja znanjem a sve u cilju predviđanja ishoda [1].

A. Blackboard arhitektura

Veliki, kompleksni, distribuirani upravljački sistemi uključuju proces interakcije različitih podsistema koji kontinualno komuniciraju jedni sa drugima ili direktno ili putem lokalne mreže. Kada se sistem veštačke inteligencije doda ovim velikim sistemima, elementi tog sistema, kao što su mehanizam zaključivanja, globalna baza podataka i baza znanja, su distribuirani kroz arhitekturu upravljačkog sistema. Bez obzira da li svaki od kontrolera poseduje mehanizam zaključivanja, globalna baza podataka i baza znanja zavise od stepena zaključivanja koji se događa na lokalnom nivou. *Blackboard* arhitektura je ime kojim je nazvan ovaj tip velikih sistema, koji u svom radu koristi nekoliko podsistema zajedno sa globalnom bazom i bazom znanja [1]. Slika 3 prikazuje *blackboard* konfiguraciju inteligentnog upravljačkog sistema. PLC kontroleri na nivou podsistema mogu da sadrže računarske module kako bi lakše obavljali proračune bitne za mehanizam zaključivanja. Hijerarhija upravljačkog sistema dozvoljava nadzornom PLC-u da prikuplja podatke od svih podsistema kao i podatke iz njihovih lokalnih baza podataka. Glavni računar (*blackboard*) u ovoj upravljačkoj strukturi sadrži sve informacije iz podsistema prikupljene od strane nadzornog PLC-a. Mehanizam zaključivanja se onda aktivira u glavnom računaru i implementira kompleksna rešenja prema sanzanjima o upravljačkom sistemu [2].

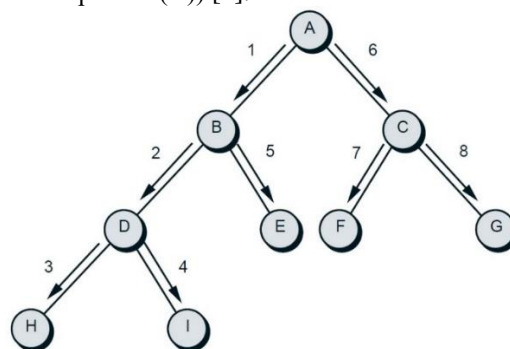


Slika 3. Primer *blackboard* arhitekture.

B. Forward chaining

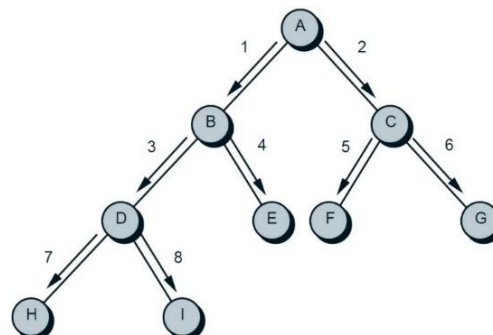
Forward chaining je metoda pomoću koje se na osnovu zadatih ulaza mogu predvideti mogući ishodi nekog procesa. *Forward chaining* mehanizmi zaključivanja obično dobijaju informacije preko globalne baze podataka a usput prate i promene određenih ulaza, pa na osnovu toga određuju moguće izlaze iz procesa. U primeru 1 koji je opisan u ranijem tekstu *forward chaining* metoda specificira sledeće posledice usled otkazivanja špulne: zaglavljena transportna traka ili pogrešno usmerena kutija za paletiziranje[1].

Dva različita tipa pretraživanja činjenica se odvijaju prilikom izvršavanja metode *forward chaining*: pretraga u dubinu (*depth first*) i pretraga u širinu (*breadth first*). Obe pretrage se bave time kako je ishod dobijen. Metoda pretraga u dubinu prikazana, na slici 4, procenjuje pravila iz baze znanja (A, B, C, itd.) po prioritetu idući prema dnu u drvu pravila. U primeru 1 kada upravljački sistem identifikuje kvar špulne ventila (A), proceniće prvo pravilo koje glasi da li se desilo zaglavljivanje (B). Ukoliko je transportna traka zaglavljena, onda će sistem ispitati posledice koje se mogu desiti (npr., sadržaj kutija se može polomiti ili se sadržaj kutije može prosuti (D)) [2].



Slika 4. *Forward chaining* metoda (pretraga u dubinu).

Suprotno tome, pretraga u širinu prvo procenjuje pravila koja se nalaze na "istom nivou" u drvetu pravila a tek onda prelazi na sledeći nivo (slika 5). U primeru sa transportom i paletiziranjem kutija, pretraga u širinu radi na sledeći način: posle identifikovanja kvara špulne ventila (A) sistem proverava mogućnost zaglavljivanja na traci (B), a onda proverava da li je paletizer loše pozicioniran (C) i tako redom.



Slika 5. *Forward chaining* model (pretraga u širinu).

C. Backward chaining

Backward chaining je metoda za pronalaženje uzorka na osnovu ishoda. Pozivajući se na primer 1, pravila koja su definisana u tabelama predstavljaju *backward chaining* informacije – tj. uzroke za kvar špulne ventila. Kvar špulne predstavlja ishod. Prosto rečeno, *backward chaining* metoda analizira posledice kako bi se identifikovali uzroci.

Slično *forward chaining* metodi, *backward chaining* koristi i pretragu u dubinu i pretragu u širinu kao metode za pretragu pravila. U primeru 1, nakon što se desi otkazivanje špulne ventila, *backward chaining* pretraga u dubinu proverava jedno stanje a nakon toga proverava sve uzroke koji mogu dovesti do ispunjenosti istog. Suprotno tome, pretraga u širinu će prvo proveriti oba stanja a nakon toga će proveriti uzroke za ista [2].

D. Statistička analiza i analiza verovatnoće

Statistička analiza i verovatnoća igraju značajnu ulogu u sistemima veštačke inteligencije. Ovi aspekti veštačke inteligencije su veoma bitni posebno za ekspertске sisteme koji predviđaju ishode. Globalna baza podataka upravljačkog sistema skladišti informacije koje će biti korišćene u statističkim analizama od strane veštačke inteligencije [2].

Neke od metoda za interpretaciju i dobijanje statističkih podataka su srednja vrednost, modus, standardna devijacija itd. Ova statistička izračunavanja pomažu pri određivanju budućih ishoda na osnovu toga šta se trenutno odvija u procesu. Odluke bazirane na statističkim podacima mogu se porediti sa posledicama pravila koja su definisana u procesu reprezentacije znanja. Na primer, samo zato što sistem identifikuje grešku to ne znači da je greška stvarno prisutna, iako senzori koji daju povratnu informaciju rade ispravno. Koristeći statističku analizu, mehanizam zaključivanja može odlučiti da ne upozori operatere ili da ne primeni odgovarajuće upravljanje prema anomaliji koja je prisutna, već da odluči da pažljivije nadgleda situaciju [1].

E. Primer

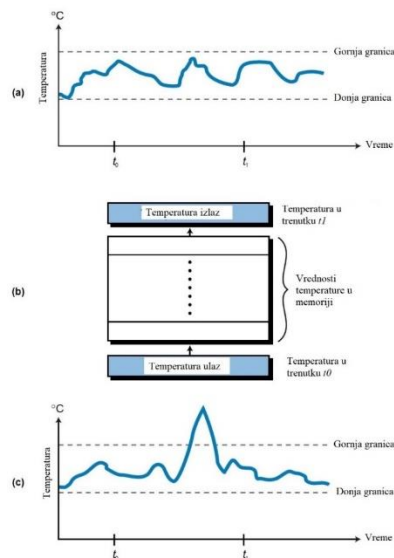
Sistem za upravljanje nadgleda i upravlja šporetom u temperaturnoj petlji prema specifikacijama prikazanim na slici 6. Dati predlog kako se u postojeći sistem može integrisati veštačka inteligencija koja bi detektovala probleme sa temperaturom. Takođe, dati predlog kako sistem veštačke inteligencije može isključivati sve lažne greške vezane za upravljanje temperaturom.

F. Rešenje

Na slici 6a prikazan je dijagram očitavanja temperature. PLC nadgleda i skladišti podatke o temperaturi od vremena t_0 do vremena t_1 koristeći FIFO instrukcije za skladištenje podataka u memoriju sa ograničenim brojem registara (slika 6b). Program takođe računa srednju

vrednost, medijan, i standardnu devijaciju podataka o trenutnoj temperaturi.

Ukoliko se dogodi prekoračenje gornje granice temperature (slika 6c), uobičajeni sistem bi upravljao šporetom tako što bi podesio temperaturnu petlju. Međutim, greška možda nije izazvana kvarom temperaturne petlje; šum koji je detektovao senzor temperature može biti jedan od uzroka za javljanje alarma o prekoračenju.



Slika 6. (a) Dijagram očitavanja temperature, (b) FIFO metoda za skladištenje (c) alarm za prekoračenje gornje granice temperature.

Inteligentni sistem je u mogućnosti da izračuna medijan i srednju vrednost temperature u intervalu od t_0 do t_1 . Na osnovu ovih vrednosti sistem će zaključiti da očitana vrednost temperature jeste daleko iznad uobičajenih vrednosti time detektujući veliku standardnu devijaciju. Implementirajući pravila koja će koristiti ove statističke podatke, sistem veštačke inteligencije će ignorisati lažni alarm i neće dodati očitane vrednosti temperature u formulu za računanje srednjih vrednosti. Štaviše, globalna baza podataka će dobiti informaciju o vrednosti i vremenu kada se desio skok u očitavanju temperature. Sistem će onda pažljivo analizirati porast temperature u slučaju da se javio pravi alarm. To se računa na osnovu brzine promene vrednosti očitane temperature.

Verovatnoća može biti korisna kada se određuje ili aproksimira mogući uzrok greške u dijagnostičkom sistemu. Jedna od čestih metoda verovatnoće je Bajesova teorema. Korišćenje ove vrste verovatnoće u sistemima veštačke inteligencije je poznato kao *zaključivanje uslovljenom verovatnoćom*. Da bi se primenile matematičke formule u sistemu, međutim, sistem mora sadržati prethodne informacije o procesu. Eksperti su ti koji uglavnom daju ove vrste informacija.

Bajesova teorema definiše verovatnoću da se događaj X desi bazirano na činjenici da se događaj Y već desio [$P(X/Y)$] kao:

$$P[X/Y] = \frac{P\left(\frac{Y}{X}\right)[P(X)]}{P\left(\frac{Y}{X}\right)[P(X)] + P\left(\frac{Y}{\bar{X}}\right)[P(\bar{X})]} \quad (1)$$

gde je:

- $P(Y/X)$ Verovatnoća da se Y desi kada se X desi
 $P(X)$ Verovatnoća da se X desio
 $P(Y/\bar{X})$ Uslovna verovatnoća da se Y desi kada se X nije desio
 $P(\bar{X})$ Prethodna verovatnoća da se X nije desio

VI. ZAKLJUČAK

Kao što je rečeno na početku, cilj ovog rada bio je da se pruži uvid u mogućnosti kombinacije programabilnih kontrolera i sistema veštačke inteligencije. Uvođenje sistema veštačke inteligencije u proces proizvodnje dodatno olakšava rad operaterima. Međutim sa druge strane

projektovanje ovakvih mašina postaje dosta komplikovanije.

Takođe predstavljeni su različiti tipovi veštačke inteligencije, od dijagnostičkih koji su se pokazali kao najjednostavniji za implementaciju do ekspertskih koji zahtevaju ne samo odlično poznavanje procesa već i dosta složenije načine programiranja PLC kontrolera. Međutim najveća prednost integracije ova dva sistema ogleda se u tome što će inženjeri kroz svoja istraživanja značajno uticati na kvalitet života ljudi u pozitivnom smislu.

LITERATURA

- [1] L.A.Bryan, E.A.Bryan, "Programmable Controllers Theory and Implementation Second edition" pp 774-778.
- [2] Frank D Petruzella "Programmable Logic Controllers Forth Edition" pp 156-168.
- [3] Ishola, Eniola Olaniyi and Jenny, K. Anto, „Artificial Intelligence in Industrial Automation“ pp 3-8.

Mogućnosti ispitivanja pouzdanosti elektronskih sistema i komponenti

Sandra Veljković

Sadržaj – U ovom radu je razmatran značaj ispitivanja pouzdanosti u dizajnu, razvoju i primeni elektronske opreme i elektronskih komponenta. Dat je pregled metoda za ispitivanje pouzdanosti, kao i standarda koji se najčešće primenjuju. Pored toga, naveden je pregled testova pouzdanosti koji se sprovode u okviru tih standarda, pri čemu su navedene oblasti primene nekih od metoda koje se koriste. Navedeno je i ispitivanje perioda pouzdanog rada VDMOS tranzistora snage i istaknuta je mogućnost da se izvrši provera da li ovi uzorci prilikom ugrađivanja u elektronska kola, pored ostalih bitnih i neophodnih uslova, ispunjavaju i uslov normalnog funkcionisanja u željenom vremenskom periodu.

I. UVOD

Kako se nauka i tehnika neprekidno razvijaju, dolazi do porasta složenosti sistema kao i procedura koje se primenjuju pri njihovom projektovanju. Jedan od problema koji se javljaju i pri projektovanju a kasnije i pri primeni, je pouzdanost njihovog rada, kao i funkcionisanje u dužem vremenskom periodu. Pouzdanost uopšte može da se definiše kao svojstvo sistema da njegovi parametri zadati pri projektovanju ostaju nepromenjeni, tj. kreću se u okviru zadatih granica i nakon određenog vremena eksploatacije. Naravno, uslovi u kojima sistem radi moraju da se uzmu u obzir, njegova namena, kvalitet izrade i osobine samog sistema [1].

Kod pouzdanosti tehničkog sistema osnovni problem predstavlja kako kvantitativno odrediti pouzdanost. Prvi način je utvrđivanje pouzdanosti posebno komponenta, sklopova i samih uređaja. Drugi, eksperimentalnim putem se testira sistem u strogo kontrolisanim uslovima, dok je treći analiza podataka dobijenih iz eksploatacije u realnom okruženju. Na osnovu toga kako su dobijene brojne vrednosti o pouzdanosti, razlikuje se više vrsta pouzdanosti: utvrđena, ocenjena, ekstrapolirana, prognozirana i stvarna pouzdanost [2].

Za svaki testirani parametar postoje granice ispravnog rada, dok je ispravan rad uređaja okarakterisan skupom parametara. Ukoliko se desi da neki od parametara izađe iz definisanih opsega, dolazi do otkaza. Na osnovu različitih kriterijuma, može da se napravi klasifikacija [1]. Prvi kriterijum je promena stanja, pri čemu može da dođe do promene jednog ili više parametara gde otkaz može da bude iznenađan ili postepen. Drugi kriterijum je zavisnost,

odnosno, promena jednog parametra može da zavisi od promene drugog parametra ili da bude potpuno nezavisan od ostalih otkaza. Takođe, otkaz može da bude potpuni ili delimični, tj. nakon prvog, uređaj uopšte ne može da se koristi, a nakon drugog, uređaj i dalje može da se koristi ali sa degradiranim karakteristikama. Sledeći kriterijum je trajnost. Neke komponente nakon otkaza moraju da se zamene, a neke, npr. nakon pregrevanja, treba da se ostave da se ohlade, nakon čega rade normalno. I poslednji kriterijum je intenzitet otkaza. Otkazi mogu da budu slučajni i sistematski [1]. Sistematski otkazi se javljaju ili na samom početku (loša izrada sistema) ili samom kraju korišćenja (dotrajnost sistema), dok se slučajni otkazi javljaju u toku rada sistema.

U analizi pouzdanosti tehničkog sistema je bitno da li su elementi u sistemu povezani redno ili paralelno. Ukoliko su povezani redno, za rad sistema je neophodno da je svaki element radi ispravno, a ukoliko je za rad sistema potrebno da radi bar jedan element, to znači da je konfiguracija sa paralelnom vezom. U koliko se radi o sistemu i sa paralelnom i sa rednom vezom, prvo se računa pouzdanost elemenata u paralelnoj vezi. Za slučaj da dođe do otkaza jednog elementa, a da ostali čekaju u pripravnosti i uključuju se u slučaju otkaza prethodnog elementa, radi se o konfiguraciji „hladna rezerva“ [1].

Mnoge kompanije se bave testiranjem pouzdanosti komponenta, a neke od njih su *Renesas Electronic Corporation, Mitsubishi Electric Semiconductor, Austin Reliability Labs, Quality Testing Services...* I u Srbiji posluju kompanije koje sprovode testiranje pouzdanosti komponenta koje ugrađuju u sisteme, kao što je *Panasonic Lighting Devices*, u Svilajncu.

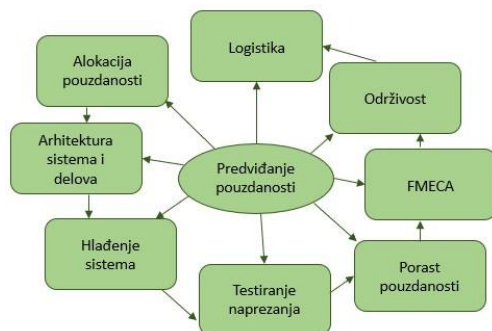
II. PREDVIĐANJE POUZDANOSTI U DIZAJNU, RAZVOJU I PRIMENI ELEKTRONSKE OPREME

Smatra se da ispitivanja pouzdanosti mogu da pomognu u dizajnu i razvoju proizvoda, pri čemu je utvrđeno da mnoge metode ispitivanja pouzdanosti treba preispitati i unaprediti jer ti modeli ne predviđaju kvarove na terenu, rezultati ne mogu da se primene na drugim slučajevima ili u prvi plan postavljaju trendove koji nisu od suštinske važnosti. Slika 1 prikazuje povezanost između predviđanja pouzdanosti i dizajna, razvoja i primene elektronskih sistema.

Prvo treba obratiti pažnju na definisanje minimalnih potreba koje sistemi treba da zadovolje na osnovu unapred definisane primene. Na osnovu toga se prave kompromisi u

S. Veljković je student doktorskih studija na modulu Nanotehnologije i mikrosistemi na Katedri za mikroelektroniku, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: sandra.veljkovic@elfak.rs

dizajnu sistema i specifikaciji uređaja. Bitan element u utvrđivanju pouzdanosti je okruženje u kome se predviđa njegova primena, jer temperatura, vlažnost, električna polja, vibracije i zračenje u značajnoj meri utiču na pouzdanost.



Slika 1. Uticaj pouzdanosti na elektronske sisteme [3].

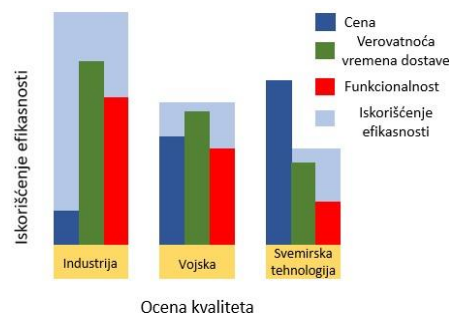
Pouzdanost elektronskih komponenta kao delova elektronskih sistema je od posebnog značaja. Pouzdanost predstavlja verovatnoću da će komponenta ispunjavati zadatu funkciju tokom određenog vremenskog perioda i pri određenim uslovima [4].

Smanjenje dimenzija komponenta dovodi do pojave efekata koji značajno utiču na rad komponenta. Naime, veliko povećanje broja tranzistora na čipu (omogućeno pre svega smanjivanjem dimenzija samih tranzistora) prate i problemi vezani za povećanu disipaciju po jedinici površine čipa i samu pouzdanost. Komponente malih dimenzija imaju u svojoj strukturi veoma tanke slojeve materijala u kojima se javljaju novi fizički efekti, kao što je tunelovanje. Ove komponente zbog svojih dimenzija rade na vrlo malim naponima napajanja, ali je ipak disipacija ključni činioc koji može da ugrozi njihovu pouzdanost [4].

U zavisnosti od oblasti primene, period u kome komponenta zadržava svoje karakteristike varira. Za svemirske tehnologije i medicinsku opremu, taj period dostiže i do 30 godina, dok za vojnu i civilnu primenu iznosi od 15 do 25 godina. U proizvodima visokih tehnologija, najpouzdanije elemente predstavljaju upravo elektronske komponente pa zato i raste potreba za povećanjem njihove pouzdanosti [5, 6].

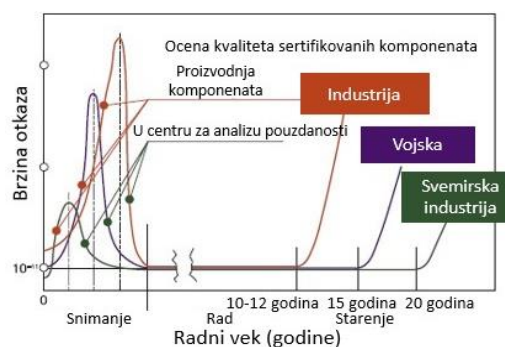
Na slici 2 su uporedo prikazane efikasnost korišćenja, cene, verovatnoća vremena isporuke i funkcionalnost za komponente koje se koriste u industriji, u vojne svrhe i svemirskim programima.

Na slici 3 prikazana je zavisnost brzine otkaza od radnog veka komponente. Može se videti da komponente koje se koriste u svemirskim tehnologijama prolaze rigoroznije testove i nastoji se da se svi nedostaci otklone jer je zamena ovih komponenta u većini slučajeva nemoguća. Nasuprot tome, komponente koje se koriste u industriji često nisu prošle dovoljno strogo testiranje i odabiranje, pa korisnici dobijaju i komponente koje brzo otkazuju. Međutim, sve šira primena proizvoda visoke tehnologije zahteva i primenu pouzdanih komponenta.



Slika 2. Iskorišćenje efikasnosti komponenta primenjenih u industriji, vojsci i svemirskoj tehnologiji [5].

Kako bi se iz određenog kontingenta proizvedenih mikroelektronskih komponenta eliminisale one sa ranim otkazima, može da se pristupi postupku odabiranja kroz koji prolaze sve komponente, što predstavlja 100% ispitivanje. Primenjuje se niz testova od kojih je najvažnije žarenje – *burn in*. Ukoliko treba da se eliminišu „dečije bolesti“ (što predstavlja otkaze do kojih dolazi nakon ugradnje komponenta u sistem), komponente treba izložiti kratkom žarenju, od 10 do 30 sati pri normalnim ili blago pojačanim radnim uslovima. Pored toga, rane otkaze je moguće otkloniti ukoliko se komponente dovoljno dugo žare pri pojačanim radnim uslovima [4].



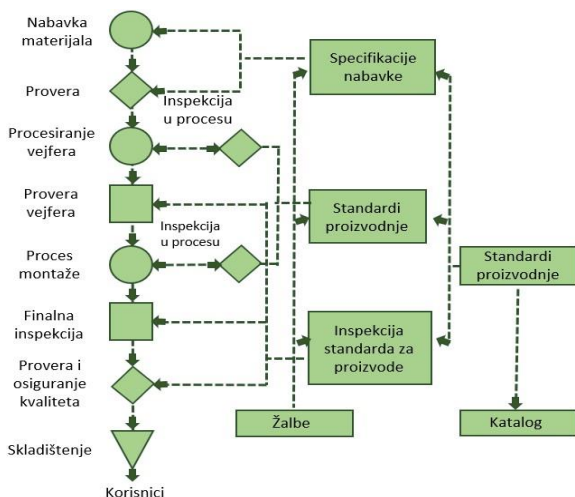
Slika 3. Brzina otkaza u funkciji radnog veka komponente [5].

Nakon odabiranja vrši se testiranje radnog veka kako bi se dobili podaci o glavnoj raspodeli gustine otkaza. Iako se najrealniji podaci o elektronskim komponentama svakako dobijaju u toku eksploatacije, ovi podaci nisu od interesa jer je neophodno da se podaci o pouzdanosti komponenta dobiju pre ugradnje u sisteme. Iz tog razloga je potrebno da se sprovedu odgovarajući testovi koji će dati podatke o pouzdanosti komponenta. Međutim, elektronske naprave koje prođu ovakva testiranja su oslabljene pa ne mogu da se ugrađuju u sisteme. Zato se ovim testovima ne podvrgavaju sve komponente, već se zaključci o celoj seriji komponenta donose na osnovu uzoraka. Pored toga, testiranja pri normalnim radnim uslovima bi trajala suviše dugo (više desetina godina), pa se vrši testiranje pouzdanosti pri strožim uslovima. [4]. Ovakvi testovi se fokusiraju na specifična naprezanja prouzrokovana uticajem sredine u kojoj se inače komponente koriste.

III. STANDARDI I TESTOVI POUZDANOSTI

Uspostavljeno je više standarda koji se odnose na testiranje poluprovodničkih komponenata, uključujući standarde Japanske asocijacije industrije elektronike i informacionih tehnologija (*Japan Electronics and Information Technology Industries Association - JEITA*), američke vojne standarde (*U.S. Military standards - MIL*), standarde Međunarodne elektrotehničke komisije (*International Electrotechnical Commission standards - IEC*) i Saveta za elektronske komponente asocijacije za tehnologije čvrstog stanja (*Joint Electron Device Engineering Council Solid State Technology Association - JEDEC*). Iako se postupci i uslovi ispitivanja malo razlikuju, njihova svrha je ista [7].

Jedna od kompanija koja takođe sprovodi testove pouzdanosti je *Mitsubishi*, koja primenjuje Japanski industrijski standard (*JIS*). U okviru ispitivanja se osiguravaju visoki standardi pouzdanosti kroz rigorozne inspekcije kontrole kvaliteta. Takođe, inspekcijom se postiže osiguranje kvaliteta u svakoj proizvodnoj seriji. Sprovode su brojna ispitivanja pouzdanosti kako bi se održao ovaj standard pouzdanosti. Na slici 4 je prikazan algoritam koji predstavlja proces ispitivanja pouzdanosti poluprovodničkih komponenti [8].

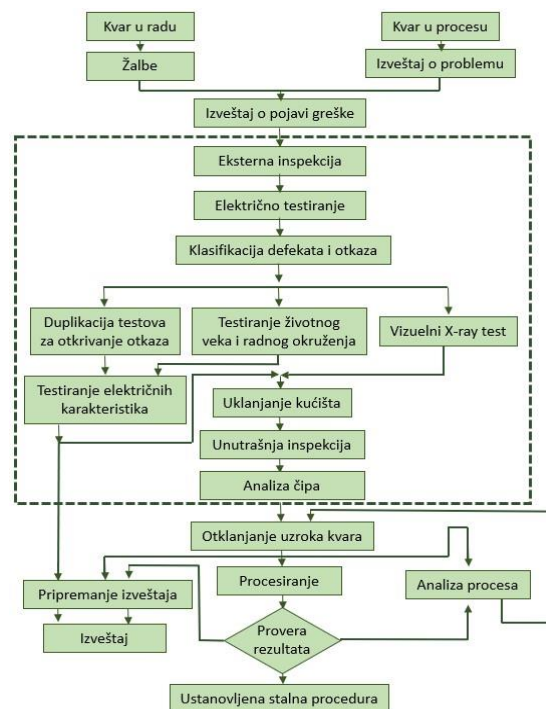


Slika 4. Dijagram toka osiguranja kvaliteta poluprovodničkih komponenti [8].

Rezultati različitih testova pouzdanosti i analize otkaza otkrivaju način i mehanizam otkaza, a ove informacije se vraćaju procesnoj tehnologiji i inženjerima kako bi mogli da preduzmu odgovarajuće mere za poboljšanje konačnog proizvoda [8]. Dijagram analize otkaza prikazan je na slici 5.

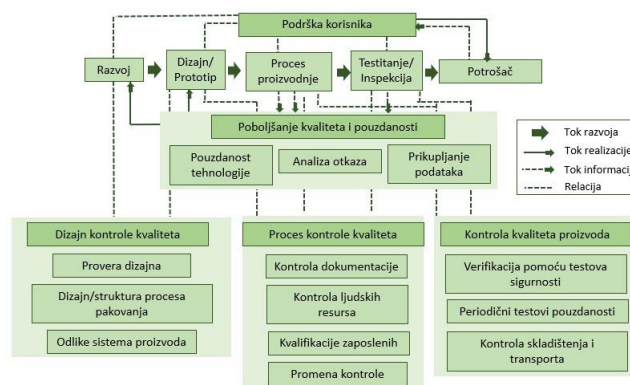
Još jedan primer pristupa u procesu obezbeđenja kvaliteta poluprovodničkih komponenata koji sprovodi kompanija *Renesas Electronics* šematski je predstavljen na slici 6. Proces obezbeđenja kvaliteta poluprovodničkih komponenata koji sprovodi kompanija *Renesas Electronics* je složen i sastoji se od velikog broja različitih provera kojima se ispituju sve faze proizvodnje komponenata, od

izbora materijala koji se koristi pri izradi do podrške koja se obezbeđuje korisnicima nakon isporuke komponenata. Na taj način se povećava pouzdanost komponenata ali i kvalitet usluga koje su jako bitan deo poslovanja svake kompanije [7].



Slika 5. Dijagram analize otkaza [8].

Primeri primene naprezanja u ubrzanim testovima za ispitivanje radnog veka su stalno naprezanje i postepeno povećavanje naprezanja. Metoda stalnog naprezanja je test gde se naprezanje, temperatura ili napon, održavaju konstantnim i procenjuje se stepen pogoršanja svojstava i vreme do otkaza ili kvara. Kod postepene metode naprezanja, za razliku od metode konstantnog naprezanja, na uzorku se postepeno povećavaju vrednosti određenog parametra i beleži se porast naprezanja sve dok ne dođe do otkaza.



Slika 6. Šematski prikaz pristupa u procesu obezbeđenja kvaliteta poluprovodničkih komponenata [7].

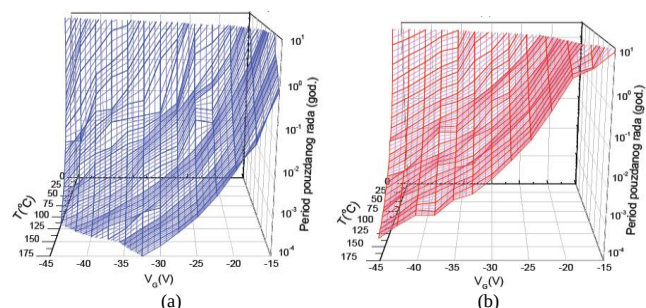
Reprezentativni primeri testova koji koriste metodu stalnog naprezanja, metodu sekvencijalnog naprezanja,

metodu cikličnog naprezanja i varijaciju metode konstantnog naprezanja, prikazani su u tabeli 1 [7].

TABELA 1. PRIMERI UBRZANIH TESTOVA ZA OTKRIVANJE RANIH OTKAZA KOMPONENATA [7].

Metoda primene naprezanja	Svrha	Ubrzani test	Glavni način stresa	Otkaz
Metod konstantnog naprezanja	Istraživanje efekata konstantnog naprezanja na komponente	Test visokih temperatura tokom skladištenja	Temperatura	Degradacija spoja, nečistoće u deponovanom sloju, omski kontakti
		Test vremena života	Temperatura Napon Struja	Nečistoće na površini, degradacija spoja, pokretni joni, elektromigracija
		Test koji obuhvata i visoku vlažnost i visoku temperaturu	Temperatura Vlažnost	Korozija, nečistoće na površini
		Testiranje prenapona pri visokoj vlažnosti i visokoj temperaturi	Temperatura Vlažnost Napon	Korozija, nečistoće na površini, degradacija spoja, pokretni joni
Metod sekvencijalnog naprezanja	Istraživanje efekata ponovljenog naprezanja na komponente	Temperaturno cikliranje	Temperaturna razlika Faktor ispuhe	Pukotine, termički zamor, oštećene žice i metalizacija
		Cikliranje napona	Temperaturna razlika Faktor ispuhe	Nedovoljna čvrstoća omskih kontakata
		Cikliranje temperature i vlažnosti	Temperaturna razlika Razlike u vlažnosti	Korozija, nečistoće na površini
Metod cikličnog naprezanja	Istraživanje granica izdržljivosti komponenta usled naprezanja	Test operativnosti	Temperatura Napon Struja	Nečistoće na površini, pokretni joni, degradacija spoja, elektromigracija
		Inverzna polarizacija pri visokim temperaturama	Temperatura Napon	Nečistoće na površini, degradacija spoja, pokretni joni

Jedan od primera testiranja pouzdanosti komponenta, koji je sproveden i na Elektronskom fakultetu u Nišu, je određivanje perioda pouzdanog rada VDMOS tranzistora snage u normalnim radnim uslovima na osnovu rezultata koji su dobijeni temperaturno-naponskim naprezanjem pri pooštrenim radnim uslovima (povišen napon i povišena temperatura). Na slici 7 je prikazana zavisnost perioda pouzdanog rada od primenjene temperature i napona na gejt kod p-kanalnih VDMOS tranzistora snage IRF9520 pri kontinualnom i impulsnom naprezanju. [9, 10].



Slika 7. Zavisnost perioda pouzdanog rada od primenjene temperature i napona na gejt kod p-kanalnih VDMOS tranzistora snage IRF9520 pri kontinualnom (a) i impulsnom (b) naprezanju [9].

Pokazano je da kombinovana primena temperaturnog modela i nekog od naponskih modela omogućava predviđanje perioda pouzdanog rada istraživanih komponenta za proizvoljnu kombinaciju radnog napona i temperature. Na ovaj način je omogućeno da se izvrši provera da li ovi uzorci prilikom ugrađivanja u elektronska kola, pored ostalih bitnih i neophodnih uslova, ispunjavaju i uslov normalnog funkcionisanja u željenom vremenskom periodu.

IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu date su opšte ideje o ispitivanju pouzdanosti, povećanju i prognoziranju pouzdanosti poluprovodnika. Od velikog značaja u praktičnoj upotrebi su navedena ispitivanja pouzdanost poluprovodničkih komponenti kako bi se razumele njihove karakteristike i odabrali oni koji su pogodni za specifičnu opremu. Takođe je važno dizajnirati poluprovodničke uređaje uzimajući u obzir efekte koji se javljaju pri njihovom smanjenju, i kako utiču na njihov rad. Još jedna od suštinskih stvari koje treba uraditi je „otklanjanje grešaka“ u opremi i setovima, kao i analiza podataka dobijenih u procesu izrade i rada u realnim uslovima kako bi se ti rezultati primenili u poboljšanju dizajna i izrade. Pre primene u elektronskim sistemima, jako je bitno sprovesti dodatne testove pouzdanosti kako bi se osigurao optimalan izbor komponenti. Poluprovodničke uređaje je moguće uspešno koristiti uz sveobuhvatno razumevanje njihovog kvaliteta, pouzdanosti i ekonomičnosti.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije kroz projekat OI 171026.

LITERATURA

- [1] D. Čović, „Vejbulova raspodela i njena primena u teoriji pouzdanosti“, Master rad, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, 2017.
- [2] R. Ramović: „Pouzdanost sistema elektronskih, telekomunikacionih i informacionih“, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet u Beogradu. Beograd, 2005.
- [3] M. Pecht, „Reliability Engineering in the 21st Century – A Focus on Predicting the Reliability of Electronic Products and Systems“, CALCE Electronic Products and Systems Center, University of Maryland, College Park, MD 20742, USA, 2001.
- [4] V. Davidović, Predavanja iz predmeta „Pouzdanost mikroelektronskih komponenta“ 2016.
- [5] V. A. Kharchenko „Problems of reliability of electronic components“, *Modern Elec. Materials*, vol. 1, pp. 88-92, 2015.
- [6] A. Bensoussan, „Microelectronic reliability models for more than moore nanotechnology products“, *Facta Univers., Series: Electronics and Energetics*, vol. 30, no 1, pp. 1–25, 2017.
- [7] Renesas Electronics, „Semiconductor Reliability Handbook“, 2017.
- [8] Mitsubishi High Power Semiconductors, „Semiconductor Device Reliability“, <https://pdfslide.net/documents/mitsubishi-high-power-semiconductors-semiconductor-device-high-power-semiconductors.html>, 1998.
- [9] D. Danković, A. Prijić, I. Manić, V. Davidović, S. Golubović, Z. Prijić, N. Stojadinović, S. Đorić-Veljković, "Određivanje perioda pouzdanog rada p-kanalnih VDMOS tranzistora snage podvrgnutih kontinualnim i impulsnim NBT naprezanjima", Zbornik radova LVI konferencije za ETRAN, (str. MO1.1-1-MO1.1-4), Zlatibor, 11-14 Jun 2012
- [10] D. Danković, I. Manić, S. Djorić-Veljković, V. Davidović, S. Golubović, and N. Stojadinović, "Implications of Negative Bias Temperature Instability in Power MOS Transistors" in *Micro Electronic and Mechanical Systems*, edited by Kenichi Takahata, IN-TECH Press, Boca Raton, pp.19.319-19.342, 2009

Prepoznavanje predmeta korišćenjem tehnika mašinskog učenja za osobe sa oštećenim vidom

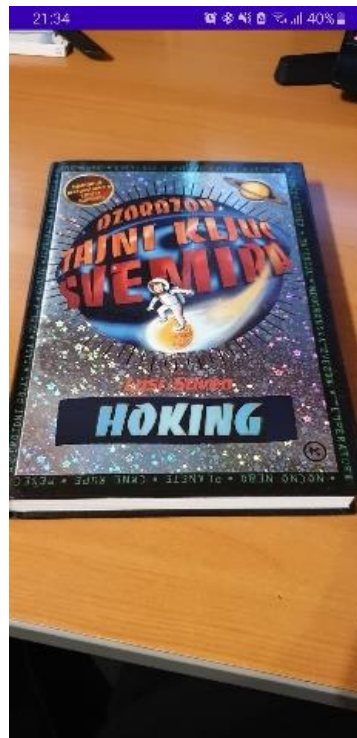
Predrag Aleksov, Damjan Denić, Igor Vučković

Sadržaj – U ovom radu je opisana mobilna aplikacija koja pomoću konvolucione neuronske mreže prepoznaje predmete i zatim ih saopštava korisniku pomoću text to speech modula. Za realizaciju mobilne aplikacije korišćen je programski jezik Kotlin i razvojno okruženje Android Studio, dok je server realizovan u Python-u sa Tensorflow-om kao konvolucionom neuronskom mrežom. Aplikaciju bi koristile prvenstveno osobe sa oštećenim vidom kao alat za bolje razumevanje neposredne okoline.

I. UVOD

Čulo vida je specijalizovano čulo koje reaguje na stimulse svetlosne energije. Čulo vida, kod zdrave osobe, pruža preko 80% utisaka iz spoljašnje sredine. Slepilo predstavlja zdravstveni poremećaj koji se ogleda u delimičnoj ili potpunoj nemogućnosti vizuelne percepcije. Slepilo je širok pojam i ovaj rad se fokusira na pomoć osobama koje imaju teško oštećenje vida sa rezidualnim vidom što označava da njihove oči reaguju na svetlost ali instrumenti za korekciju vida (naočare, sočiva) nisu u mogućnosti da povrate svu funkcionalnost čula vida. Ta pomoć se ogleda u mobilnoj aplikaciji koja pomoću konvolucione neuronske mreže prepoznaje predmete koji se nalaze u vidokrugu kamere telefona i korisnik se pomoću text to speech modula pametnog mobilnog telefona obaveštava o tome koji se objekti nalaze ispred njih. Korisnički interfejs mobilne aplikacije je veoma jednostavan kako bi je osobe oštećenog vida mogle bez problema koristiti. Glavni mehanizam interakcije sa aplikacijom su glasovne komande korisnika. Zavisno od izgovorene glasovne komande aplikacija kreće sa detekcijom svih objekata u vidokrugu kamere, detekcijom jednog (centralnog) objekta ili u vidokrugu kamere kreće tražiti objekat zadat glasovnom komandom. Nakon odabira moda aplikacija šalje ili fotografiju ili video stream (zavisno od moda) serveru koji vrši detekciju i rezultate vraća mobilnoj aplikaciji. Interfejs aplikacije je prikazan na slici 1.

D. Denić, I. Vučković i P. Aleksov su apsolventi Elektronskog Fakulteta u Nišu na modulu Računarstvo i informatika, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: d.damjan97@gmail.com, igorvuckovic25@gmail.com, predrag.aleksov@elfak.rs



Slika 1. Interfejs aplikacije.

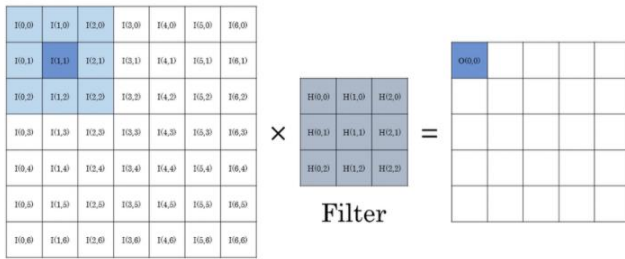
II. PRINCP RADA I ELEMENTI SISTEMA

A. Konvolucionna neuronska mreža [1]

Konvolucione neuronske mreže se najviše koriste kod prepoznavanja i klasifikacije slika, detekcije objekata, lica i slično.

Mreža kao ulazni podatak uzima sliku koju provlači kroz niz konvolucionih, ujedinjavajućih (pooling), putpono povezanih i softmax slojeva kako bi se na izlazu iz mreže dobio rezultat klasifikacije kao i procenat tačnosti, odnosno koliko je mreža sigurna u datu klasifikaciju.

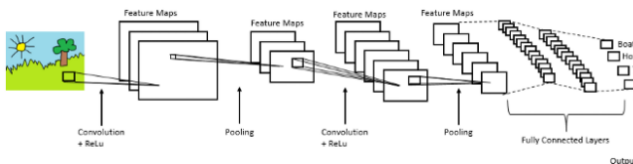
Na slici 2 se nalazi primer obrade podataka jednog konvolucionog sloja. Računica se vrši uz pomoć matrice piksela slike i *kernela*, odnosno konvolucionog filtera od interesa. Cilj je da se održe odnosi između filtera i izvuku iz njih bitne informacije.



Slika 2. Matrica dimenzije 7x7 uz pomoć kernela dimenzija 3x3 (najčešće korišćene dimenzije za kernel) ima za rezultat matricu 5x5.

Ujedinjavajući slojevi imaju za zadatak da smanje broj parametara koje moraju konvolucion i kasnije potpuno povezani slojevi da obrađuju. Ovo je potrebno u slučajevima kada slika ima previše informacija za obradu, i kada grupisanje vrednosti pojedinih piksela neće dovesti do značajnih gubitaka informacija. Tipičan pooling 2x2 filter bi označavao da svaka naredna „matrica“ piksela dimenzija 2x2 se preslikava u jedan jedini piksel koji ima vrednost izabrane pooling funkcije (maksimalna, srednja ili suma vrednosti piksela).

Nakon obrade konvolucinih i ujedinjavajućih slojeva prvobitna matrica se transformiše u odgovarajući vektor koji služi kao ulaz za potpuno povezan sloj. Na osnovu vrednosti vektora potpuno povezan sloj preko odgovarajućih aktivacionih funkcija aktivira odgovarajući neuron koji označava klasu koju je model prepoznao. Na slici 3 nalazi se ilustracija jedne konvolucione mreže.

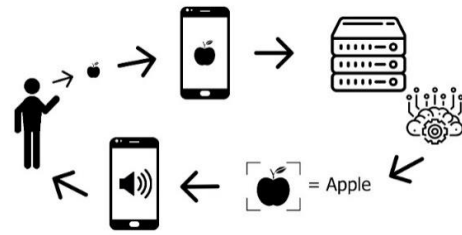


Slika 3. Kompletan pregled konvolucione mreže.

III. REALIZACIJA

A. Tok informacija kroz sistem

Na mobilnoj aplikaciji se korišćenjem kamere na smart telefonu pravi slika objekta koja se nakon kompresije šalje serveru. Server prima sliku i stavlja je na ulaz konvolucione neuronske mreže. Ona nam na izlaz izbaci predikciju šta se nalazi na slici. Ime pronađenog objekta se sa servera šalje na mobilnu aplikaciju i kao argument prosleđuje TTS-u kako bi se reč vokalizovala. Ilustracija pomenutog toka rada aplikacije se može videti na slici 4.



Slika 4. Tok rada aplikacije.

B. Python server i obrada podataka

Aplikacija na backend strani koristi python-ovu „Flask“ biblioteku za obrađivanje zahteva [2]. Zahtevi se šalju POST zahtevom sa formom u kojoj se nalazi slika za obradu. Na slici 5 vidi se ruta /submit koja primljeni fajl prosleđuje funkciji startProcesing() i njen rezultat vraća korisniku kao tekst.

```
@app.route('/submit', methods=['POST'])
def submit():
    if request.method == 'POST':
        if 'file' not in request.files:
            print("No file submitted")
            return "No file submitted"
        file = request.files['file']
        if file.filename == '':
            print("No file selected")
            return "No file selected"
        if file and allowed_file(file.filename):
            result = startProcessing(file)
            return 'The model recognized ' + result
        return ""
```

Slika 5. Ruta na serveru za prijem slika.

Slika 6 prikazuje kôd funkcije startProcesing() čiji rad ćeće menjanjem dimenzija dopremljene slike. Ovo se radi iz razloga što konvolucionoj mreži u praksi nije neophodna slika veća od dimenzija 512x512 ili 256x256 za dobijanje adekvatnih rezultata, a smanjenjem originalne slike sa nekog od standardnih rezolucija (720p, 1080p, 4k) eksponencijalno smanjuje vreme obrade kroz konvolucionu mrežu.

Od izmenjene slike se pravi matrica vrednosti piksela korišćenjem „Numpy“ biblioteke za obradu slika [3] i takva matrica se dalje šalje na obradu [4]. Kao rezultat se dobijaju liste svih detektovanih objekata kao i procenat koliko je model siguran u svoju predikciju. Aplikacija u trenutnoj verziji uzima vrednost objekta za koji je model najsigurniji i njega vrati kao konačan rezultat. Primer obrađene fotografije (na primeru knjiga) može se videti na slici 7.

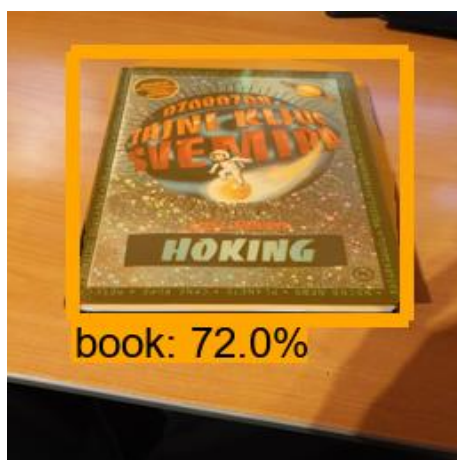
```

size = 512, 512

def startProcessing(file):
    image = Image.open(file)
    resized = image.resize(size)
    image_np = load_image_into_numpy_array(resized)
    image_np_expanded = np.expand_dims(image_np, axis=0)
    output_dict = run_inference_for_single_image(image_np, detection_graph)
    vis_util.visualize_boxes_and_labels_on_image_array(
        image_np,
        output_dict['detection_boxes'],
        output_dict['detection_classes'],
        output_dict['detection_scores'],
        category_index,
        instance_masks=output_dict.get('detection_masks'),
        use_normalized_coordinates=True,
        line_thickness=8)
    maxScore = np.argmax(output_dict['detection_scores'])
    detectedClass = output_dict['detection_classes'][maxScore]
    print(category_index[detectedClass]['name'])
    img = Image.fromarray(image_np, 'RGB')
    img.save('test.png')
    return category_index[detectedClass]['name']

```

Slika 6. Prvobitna obrada slike, slanje modelu i obrada dobijenih rezultata.



Slika 7 Fotografija nakon prepoznavanja objekta i obrade.

C. Mobilna aplikacija

Mobilna aplikacija je razvijana u programskom jeziku Kotlin [5] unutar Android Studio razvojnog okruženja. S obzirom na jednostavnost korisničkog interfejsa vizuelni prikaz aplikacije je u potpunosti pokriven „pogledom“ kamere pametnog telefona. Za prikazivanje vidokruga pametnog telefona, kao i za slikanje korišćen je CameraX modul [6] pomoćne biblioteke Jetpack razvijene od strane Google-a čija inicijalizacija se može videti na slici 8.

Za komunikaciju sa serverom korišćena je OkHttp3 biblioteka [7]. Na slici 9 prikazana je funkcija uploadFile() koja upućuje post request serveru i prima response.

Za implementaciju text to speech komponente iskorišćen je ugrađeni text to speech modul Android operativnog sistema koji se nalazi unutar paketa *android.speech.tts.TextToSpeech* [8]. To obezbeđuje jednostavnu implementaciju koja se ogleda u inicijalizaciji modula unutar *onCreate* lifecycle funkcije i kasnijem pozivu funkcije *speak* članice klase *TextToSpeech*. Na slici 10

prikazan je isečak koda inicijalizacije *TextToSpeech* modula.

```

private fun startCamera() {
    val cameraProviderFuture = ProcessCameraProvider.getInstance(context)

    cameraProviderFuture.addListener(Runnable {
        // Used to bind the lifecycle of cameras to the lifecycle owner
        val cameraProvider: ProcessCameraProvider = cameraProviderFuture.get()

        // Preview
        val preview = Preview.Builder()
            .build()
            .also { it.setSurfaceProvider(viewFinder.createSurfaceProvider()) }

        // Select back camera as a default
        val cameraSelector = CameraSelector.DEFAULT_BACK_CAMERA

        try {
            // Unbind use cases before rebinding
            cameraProvider.unbindAll()

            // Bind use cases to camera
            cameraProvider.bindToLifecycle(
                lifecycleOwner, this, cameraSelector, preview, imageCapture
            )
        } catch (exc: Exception) {
            Log.e(TAG, "Use case binding failed", exc)
        }
    }, ContextCompat.getMainExecutor(context))

    imageCapture = ImageCapture.Builder()
        .build()
}

```

Slika 8. Implementacija funkcije zadužene za pokretanje kamere.

```

fun uploadFile(sourceFile: File, uploadedFileName: String? = null) {
    Thread {
        val mimeType = getMimeType(sourceFile)
        if (mimeType == null) {
            Log.e("tag", "File error", msg: "Not able to get mime type")
            return@Thread
        }
        val fileName: String = uploadedFileName ?: sourceFile.name
        try {
            val requestBody: RequestBody =
                MultipartBody.Builder().setType(MultipartBody.FORM)
                    .addFormDataPart(
                        name = "file",
                        fileName,
                        sourceFile.asRequestBody(mimeType.toMediaTypeOrNull())
                    )
                    .build()

            val request: Request = Request.Builder().url(serverURL).post(requestBody).build()

            val response: Response = client.newCall(request).execute()

            if (response.isSuccessful) {
                Log.d("tag", "File upload", msg: "success, path: $serverUploadDirectoryPath$fileName")
            } else {
                Log.e("tag", "File upload", msg: "failed")
            }
            response.close()
        } catch (ex: Exception) {
            ex.printStackTrace()
            Log.e("tag", "File upload", msg: "failed")
        }
    }.start()
}

```

Slika 9. Implementacija funkcije za komunikaciju sa serverom.

```

//TTS
tts = TextToSpeech(applicationContext, TextToSpeech.OnInitListener { status ->
    if (status != TextToSpeech.ERROR) {
        tts?.language = Locale.UK
    }
})

```

Slika 10. Inicijalizacija *TextToSpeech* modula unutar *onCreate* lifecycle funkcije.

Za implementaciju speech to text komponente iskorišćen je ugrađeni speech to text modul Android operativnog sistema koji se nalazi unutar paketa *android.speech.SpeechRecognizer* [9]. Speech to text komponenta ima malo komplikovaniju implementaciju u odnosu na text to speech komponentu ali se ona takođe ogleda u inicijalizaciji modula unutar *onCreate* lifecycle funkcije i kasnijem pozivu funkcije *startListening* članice klase *SpeechRecognizer*. Na slici 11 prikazan je isečak koda inicijalizacije *SpeechRecognizer* modula.

```
speech = SpeechRecognizer.createSpeechRecognizer( context: this)
log.i(logTag, "msg: "isRecognitionAvailable: " + SpeechRecognizer.isRecognitionAvailable( context: this))
speech.setRecognitionListener(this)
recognizerIntent = Intent(RecognizerIntent.ACTION_RECOGNIZE_SPEECH)
recognizerIntent.putExtra(RecognizerIntent.EXTRA_LANGUAGE_PREFERENCE, value: "US-en")
recognizerIntent.putExtra(RecognizerIntent.EXTRA_LANGUAGE_MODEL,
    RecognizerIntent.LANGUAGE_MODEL_FREE_FORM)
recognizerIntent.putExtra(RecognizerIntent.EXTRA_MAX_RESULTS, value: 3)
```

Slika 11. Inicijalizacija *SpeechRecognizer* modula unutar *onCreate* lifecycle funkcije.

IV. UNAPREĐENJA

Predikcioni model trenutno radi samo samo na engleskom jeziku, ali, u cilju lokalizacije aplikacije moguće je dodati podršku za druge jezike koje modul *SpeechRecognizer* prepoznaje.

Takođe, postoji mogućnost treniranja modela personalizovanog za svakog korisnika. Ta personalizacija modela neuralne mreže bi se obavljala tako što bi korisnikov staratelj skenirao objekte u okolini korisnika (na primer, u kući ili na poslu) usput putem glasa obaveštavati neuralnu mrežu o tome koji predmet je skeniran.

Serverska struktura omogućuje menjanje modela (kao zamenu jedne funkcije sa serverske strane) bez potrebe za promenom mobilne aplikacije. Još jedna od mogućih unapređenja aplikacije se ogleda u mogućnosti ubacivanja real time feed-a u vidu konstantnog čitanja onoga što se pojavilo na ekranu ili SEARCH MODE-a gde se traženi objekat zada preko *SpeechRecognizer* modula, nakon pronalaska traženog objekta *TextToSpeech* modul obaveštava korisnika o položaju traženog objekta.

Izračunavanje pozicije je serverska funkcija koja se pokreće nakon pronalaska objekta. Radi lakšeg razumevanja pozicija objekta u odnosu na ekran je podeljena u osam zona: [top] [bottom] [left] [right] [top left] [top right] [bottom left] [bottom right] kao što se može videti na slici 12.

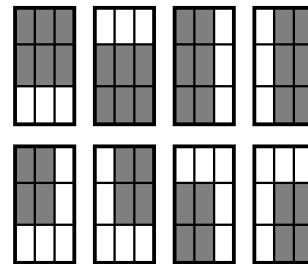
Pomoću modula *SpeechRecognizer* moguće je izabrati jedan od režima rada aplikacije:

Režim jednog - „Mode Single“: U ovom režimu server vraća samo objekat koji se nalazi u centru vidokruga kamere.

Režim vise - „Mode Many“: U ovom režimu server vraća sve objekte koje je model uspeo da detektuje.

Režim pronadi - „Mode Search“: Aplikacija u ovom režimu zahteva od korisnika da svojim govorom, koristeći *SpeechRecognizer* modul izabere objekat za pretragu nakon čega se video stream šalje na server. Ako server prepozna traženi objekat server obaveštava korisnika da je telefon bio

uperen u traženi objekat putem *TextToSpeech* modula. Svaki od ovih režima rada bi koristio modele specijalizovane za konkretni režim.



Slika 12. Nazivi pozicija predstavljeni u odnosu na ekran [top][bottom][left][right] [top left][top right][bottom left][bottom right].

V. ZAKLJUČAK

Prvom fazom projekta razvijenom u okviru EESTech Challenge-a je uspešno pokazana komunikacija između mobilne aplikacije i servera sa tačnim predikcijama objekata. Drugom fazom projekta planirana su unapređenja funkcionalnosti informacionog sistema. Sistem je razvijen sa ciljem olakšavanja svakodnevnog života osoba sa oštećenim vidom. Neophodno je samo izvršiti instalaciju na android smart telefonu.

ZAHVALNICA

Tim “Skynet” se zahvaljuje organizacionom timu i sudijama EESTech Challenge-a, kao i Milošu Marjanoviću koji je prepoznao značaj projekta i uputio ka IEEEESTEC konferenciji.

LITERATURA

- [1] R. Prabhu, “Understanding of Convolutional Neural Network (CNN) — Deep Learning”, dostupno na: <https://medium.com/@RaghavPrabhu/understanding-of-convolutional-neural-network-cnn-deep-learning-99760835f148>
- [2] T. Christie, “Flask API documentation (1.1.x)”, dostupno na: <https://flask.palletsprojects.com/en/1.1.x/api/#api>
- [3] T. Oliphant, “Numpy v1.19 Manual”, dostupno na: <https://numpy.org/doc/stable/>
- [4] K. Keshari, “Object Detection Tutorial in TensorFlow: Real-Time Object Detection”, dostupno na: <https://www.edureka.co/blog/tensorflow-object-detection-tutorial>
- [5] JetBrains, “Learn Kotlin”, dostupno na: <https://kotlinlang.org/docs/reference/>
- [6] Google, “CameraX overview”, dostupno na: <https://developer.android.com/training/camerax>
- [7] Square, “OkHttp”, dostupno na: <https://square.github.io/okhttp/>
- [8] Google, “TextToSpeech”, dostupno na: <https://developer.android.com/reference/kotlin/android/speech/tts/TextToSpeech>
- [9] Google, “SpeechRecognizer”, dostupno na: <https://developer.android.com/reference/android/speech/SpeechRecognizer>

Softversko rešenje za pomoć pri praćenju nastave kod dece sa hiperaktivnim poremećajem

Dorđe Antić, Petar Randelović, Milan Danilović, Aleksa Krstić, Anđela Kostić

Sadržaj – U ovom radu predstavljen je softver baziran na veštačkoj inteligenciji i računarskom vidu, koji ima namenu da pomogne pri onlajn (*online*) radu sa decom koja pate od ADHD-a. Softver je kreiran pomoću programskog jezika Python.

I. UVOD

ADHD (*Attention Deficit Hyperactivity Disorder*), odnosno poremećaj pažnje, je prvi psihijatrijski poremećaj koji je dijagnostifikovan kod dece. Širom sveta čak 8 do 12% dece uglavnom uzrasta od 5 do 18 godina pati od ovog poremećaja. Od ukupnog broja dijagnoza koje deca dobijaju čak 70% se odnosi na ovaj poremećaj. ADHD karakteriše dosta različitih simptoma, a oni najvažniji su nedostatak pažnje, hiperaktivnost i impulsivnost [1].

Deca koja pate od poremećaja pažnje imaju dosta poteškoća u praćenju nastave pa zbog toga zahtevaju poseban tretman od strane predavača. Trenutno, kada se masovno prelazi na onlajn nastavu zbog zatvaranja škola izazvanog pandemijom corona virusa, veliki problem javlja se kod dece sa ADHD-om kod kojih je neophodan poseban pristup pri radu.

Veštačka inteligencija (eng. *Artificial Intelligence* - *AI*) je grana računarstva koja se bavi razvojem softvera koji bi u određenim situacijama imao ponašanje koje se može okarakterisati kao inteligentno. Veštačka inteligencija je jedan od glavnih predstavnika Industrije 4.0. Programski jezik Python omogućava da lako i efikasno implementiramo različite tehnologije veštačke inteligencije. Prednost ovog programskog jezika je to što se lako može povezati sa ostalim programskim jezicima koji su pogodni za razvoj programa na različitim uređajima.

Računarski vid (eng. *Computer Vision* – *CV*) je oblast veštačke inteligencije koja uči računar kako da „vidi“ i razume sadržaj digitalne slike. Računarski vid uz pomoć modela dubokog učenja može da uoči i klasifikuje određene objekte [2].

Ovaj softver baziran na veštačkoj inteligenciji prati pažnju učenika u toku časa i detektuje trenutke kada učeniku opadne pažnja.

Đ. Antić, P. Randelović, M. Danilović, A. Krstić i A. Kostić su studenti na modulu Računarstvo i informatika na Elektronskom Fakultetu Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija.

Email: djordje.antic@elfak.rs, petarran@elfak.rs, danilovic.m@elfak.rs, krlekrle@elfak.rs, endziko@elfak.rs

II. PRINCIP RADA

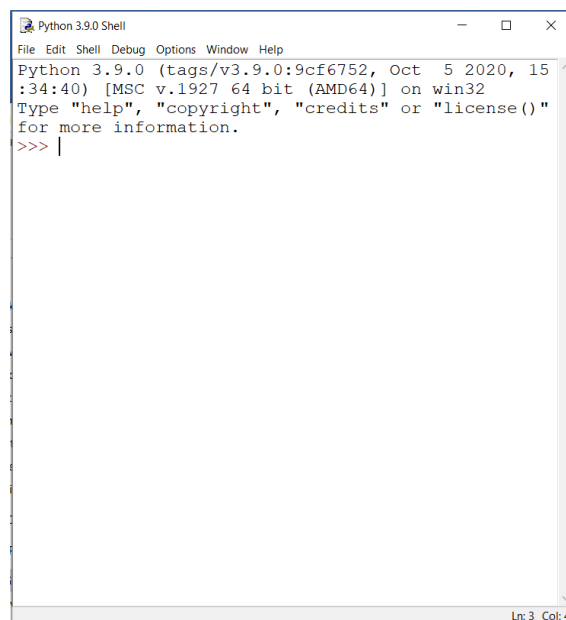
Tehnologije implementirane u softveru prate promenu pravca lica učenika tako da svaki put kada učenik ne gleda u ekran vremenski period duži od 3 sekunde, reaguje glasovnom porukom kojom ga poziva da vrati pažnju na čas. Predavaču stiže informacija o tome da je učeniku opala pažnja kako bi mogao da adekvatno odreaguje. Kada program uoči da lice učenika nije u vidnom polju beleži vreme početka nepažnje, kao i vreme trajanja te nepažnje.

Softver unosi takozvane vremenske pečate u tekstualni fajl i generiše histogram na osnovu koga se može zaključiti u kojim vremenskim intervalima je učeniku značajno opala pažnja. Po završetku predavanja softver računa procenat nepažnje u toku časa.

III. IMPLEMENTACIJA SOFTVERA

A. Python interpretator

Za izvršavanje programa pisanog u Python-u, neophodno je instalirati Python interpretator (slika 1.) sa čijom instalacijom se dobija integrisano okruženje za razvoj i učenje (*IDLE*) koje sadrži školjku u kojoj se mogu izvršavati Python programi [3].



Slika 1. Python shell.

B. Detekcija lica i orijentiri na licu

Detekcija lica je tehnologija bazirana na veštačkoj inteligenciji čija je namena da uoči, locira i identifikuje ljudsko lice [4]. Ova tehnologija koristi različite algoritme kao što su duboko i mašinsko učenje. Projektovan softver koristi biblioteke *dlib* i *OpenCV* koje nam pronalaze orijentire na licu.

Orijentiri na licu (eng. *Face Landmarks*) se postavljaju na istaknutim delovima lica kao što su oči, nos, usta, vilica i obrve. Biblioteka *Dlib* omogućava prepoznavanje 68 tačaka koje će nam biti orijentiri za ključne strukture na licu. Ovi orijentiri lako i uspešno prate poziciju i pokrete lica. Detekcija orijentira na licu se sastoji iz 2 koraka:

1. Lociranje lica na slici
2. Detekcija ključnih struktura na licu

Za lociranje lica i detekciju ključnih struktura na licu neophodno je uvesti biblioteke *OpenCV*, *DLIB* i *Numpy*.

```
import cv2
import numpy as np
import dlib
```

Osim ovih biblioteka neophodno je uvesti i biblioteke *Winsound*, *Random*, *Datetime*, *Pandas* i *Plotly.express* koje omogućavaju reprodukciju zvuka, nasumičan odabir zvučnog zapisa koji će se reprodukovati, prikaz vremena, manipulaciju podacima i analizu i izradu histograma, respektivno.

TABELA I

OPSEG TAČAKA NA KLJUČNIM STRUKTURAMA LICA

Istaknuta crta lica	Opseg tačaka
Leva linija vilice	0-7
Brada	8
Desna linija vilice	9-16
Leva obrva	17-21
Desna obrva	22-26
Gornji deo nosa	27-30
Donji deo nosa	31-35
Levo oko	36-41
Desno oko	42-47
Spoljna ivica usni	48-59
Unutrašnja ivica usni	60-67

Orijentiri na licu su predodređeni, tako da kada je neophodno uočiti vrh nečije brade, uočavaju se tačke orijentira na licu i obraća se posebna pažnja na tačku broj 8, koja prati vrh brade na licu. Takođe ako je neophodno pratiti obrve, uočavaju se tačke iz opsega 17-21 i 22-26.

Ove tačke će omogućiti praćenje položaja lica na osnovu posmatranja kako se one pomeraju u toku vremena [5].

Na slici 2. prikazan je raspored ovih orijentira. Ovakav raspored je univerzalan za svako ljudsko lice tako da će ga program bez problema detektovati na bilo kojoj slici ili video zapisu.



Slika 2. Orijentiri na licu (*Face landmarks*).

Za detekciju lica sa snimka neophodno je pozvati sledeću funkciju iz *dlib* biblioteke.

```
dlib.get_frontal_face_detector()
```

Slika 3. Pozivanje funkcije iz *dlib* biblioteke.

Za prepoznavanje lica korišćena već istreniranu mašinu „*shape_predictor_68_face_landmarks.dat*” koja se nalazi na *opensource github-u* [6].

Kao izlazni podatak dobijaju se koordinate uočenog lica sa snimka. Tačke koje se dobiju predstavljaju pravougaonik koji predstavlja naše lice. Prva tačka se odnosi na gornji levi ugao, a druga na donji desni ugao.

```
[(228, 294) (377, 443)]
```

Slika 4. Izlazni podatak prethodno pozvane funkcije

Sledeći deo koda ima namenu da prati *FaceMap* vrednosti radi određivanja položaja lica.

```
# position - 33
xposCrit33 = landmarks.part(33).x
# position - 1
xposCrit1 = landmarks.part(1).x
# position - 15
xposCrit15 = landmarks.part(15).x
# position - 2
xposCrit2 = landmarks.part(2).x
# position - 14
xposCrit14 = landmarks.part(14).x
# position - 3
xposCrit3 = landmarks.part(3).x
# position - 13
xposCrit13 = landmarks.part(13).x
```

Nakon što je položaj lica utvrđen, pratimo *FaceMap* vrednosti za preklapanja tačaka na očima, a zatim se proveravaju vrednosti i poklapanje kritičnih tačaka lica.

```
yposCrit37 = landmarks.part(37).y
yposCrit38 = landmarks.part(38).y
yposCrit40 = landmarks.part(40).y
yposCrit41 = landmarks.part(41).y
yposCrit43 = landmarks.part(43).y
yposCrit44 = landmarks.part(44).y
yposCrit46 = landmarks.part(46).y
yposCrit47 = landmarks.part(47).y

if (xposCrit33 == xposCrit1) or (xposCrit33 == xposCrit3) or
(xposCrit33 == xposCrit2) or \ (xposCrit33 == xposCrit15) or
(xposCrit33 == xposCrit14) or (xposCrit33 == xposCrit13) or \
(yposCrit37 == yposCrit41) or (yposCrit38 == yposCrit40) or \
(yposCrit43 == yposCrit47) or (yposCrit44 == yposCrit46) :
    winsound.PlaySound('glas' + voiceNum.__str__() + '.wav',
        winsound.SND_ASYNC | winsound.SND_ALIAS)
    cv2.rectangle(frame, (x1, y1), (x2, y2), (0, 0, 255), 3)
    tEnd = datetime.datetime.now()
    delta_time = tEnd - tStart
    sec = delta_time.seconds
    sec = sec / 60
```

Ukoliko je vreme koje je lice provelo van vidnog polja veće od definisanog, softver će reagovati reprodukovanjem zvučnog zapisa i dodavanjem vremenskog pečata u fajl.

```
if time.time() - startCount > 3:
    winsound.PlaySound('glas' + voiceNum.__str__()
        + '.wav', winsound.SND_ASYNC | winsound.SND_ALIAS)
    tEnd = datetime.datetime.now()
    delta_time = tEnd - tStart
    entryLoop1 = 1
    sec = delta_time.seconds
    sec = sec / 60
```

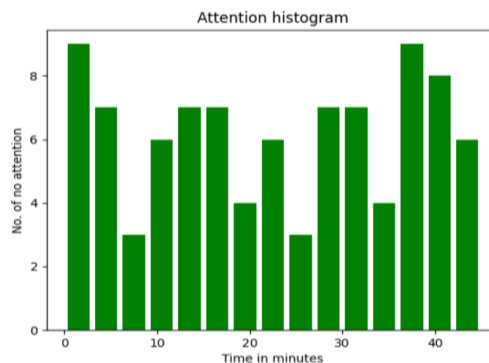
C. Histogram

Po završetku predavanja program generiše histogram na osnovu .csv fajla u kome se nalaze vremenski intervali u kojima je osobi skrenuta pažnja. Svaki od stubića na histogramu predstavlja interval od 3 minuta u predavanju koje traje 45 minuta. Na y-osi nalazi se broj opomena u tom vremenskom intervalu, a x-osa služi kao vremenska osa.

```
df = pd.read_csv('attention_time_file.csv',
    usecols = ["Time[min]"])
secon = df["Time[min]"]
range = (0, 45)
bins = 15
plt.hist(secon, bins, range, color = 'green',
    histtype = 'bar', rwidth = 0.8)
plt.xlabel('Time in minutes')
plt.ylabel('No. of no attention')
plt.title('Attention histogram')
plt.show()
```

Histogram daje uvid u rast i opadanje pažnje u toku predavanja i olakšava predavaču da po potrebi promeni pristup rada u tom vremenskom intervalu.

Za generisanje histograma korišćena je *matplotlib* biblioteka na koji je primenjen osmišljen algoritam za inkrementiranje i dekrementiranje određenih vrednosti. Na slici 5. prikazan je histogram generisan testiranjem programa.



Slika 5. Histogram generisan testiranjem programa.

IV. ZAKLJUČAK

Razvoj ove tehnologije omogućuje predavaču lakši rad sa učenicima koji pate od hiperaktivnog poremećaja. Predavač će znati u kojim vremenskim intervalima treba da napravi pauzu ili obrati posebnu pažnju na učenika. Softver i AI daju informacije predavaču koje učenik možda ne bi umeo da objasni. Takođe daje statistički podatak koji se može iskoristiti u naučne svrhe.

ZAHVALNICA

Autori rada se zahvaljuju prof. dr Aleksandru Milosavljeviću, sa Elektronskog fakulteta u Nišu na pruženoj pomoći tokom izrade ovog rada.

LITERATURA

- [1] J. Kudek Mirošević, S. Opić "PONAŠANJA KARAKTERISTIČNA ZA ADHD", u *Odgojne znanosti* Zagreb, 2010, vol. 12 br. 1 str. 167-183.
- [2] H. Lawaniya, "Computer Vision", *IET Computer Vision*, 2020, Suresh Gyan Vihar University, Jaipur
- [3] Python interpreter <https://www.python.org/downloads/>
- [4] Facial landmarks with dlib, OpenCV, and Python <https://www.pyimagesearch.com/2017/04/03/facial-landmarks-dlib-opencv-python/> (posećen 29.10.2020.)
- [5] Detect Facial Landmark Points With C# And Dlib <https://medium.com/machinelearningadvantage/detect-facial-landmark-points-with-c-and-dlib-in-only-50-lines-of-code-71ab59f8873f> (posećen 29.10.2020.)
- [6] Shape predictor 68 face landmarks <https://github.com/topics/shape-predictor-68-face-landmark>

Primena grafovskih algoritama za optimizaciju protoka saobraćajne mreže

Milan Danković

Sadržaj – U ovom radu detaljno je opisana primena grafovskih algoritama za optimizaciju protoka jedne saobraćajne mreže. U prvom delu dat je teorijski pregled problema saobraćajnih gužvi u većim gradovima. Nakon toga opisano je rešavanje problema na primeru pojednostavljene saobraćajne mreže. Na kraju je grafički ilustrovano kako je ovaj algoritam moguće primeniti u realnim uslovima, na saobraćajnici u jednom delu grada.

I. UVOD

Poznato je da niko ne želi da provodi vreme u automobilu između gomile drugih automobila, koji se ili sporo kreću ili ne kreću uopšte. Nažalost, takva slika je svakodnevica u većini većih gradova, čije su saobraćajnice pre mnogo godina projektovane za daleko manji broj vozila nego što ih gradovi sada imaju. Posebno je intenzivan saobraćaj u takozvanim “špicovima”, kada ljudi idu ili se vraćaju sa posla. Takve situacije zahtevaju veliko strpljenje i oprez prilikom kretanja jer se tada češće dešavaju neželjene situacije, usled kojih dolazi do dodatnog usporavanja saobraćaja (smanjuje se broj raspoloživih saobraćajnih traka ili se čak vozila iz oba pravca naizmenično propustaju kroz istu saobraćajnu traku). Dodatno usporenje saobraćaja može biti izazvano i nepovoljnim vremenskim uslovima, kada veći broj građana koristi automobile, a sa druge strane vožnja je zbog vlažnih kolovoza znatno sporija. Na kraju, zbog radova na putu, planiranih ili neplaniranih, vrlo često se zatvaraju pojedine saobraćajnice ili neki njihovi delovi, što dovodi do preusmeravanja saobraćaja i dodatnog usporavanja saobraćaja.

Za razliku od “privremenog poremećaja” saobraćaja (neželjene situacije, nepovoljni vremenski uslovi i radovi na putu), “ponavljajuće gužve” u saobraćaju dešavaju se svakodnevno i posledica su nedostatka kapaciteta, odnosno neadekvatne saobraćajne infrastrukture. Više od polovine gužvi pripada grupi “ponavljajuće gužve” u saobraćaju, a takva svakodnevica kod nekih vozača može da ostavi negativne posledice u vidu stresa, poremećaja krvnog pritiska, telesne težine i slično. Kako bi izbegli gužve u saobraćaju vozači na osnovu iskustva iz prethodnih dana vrlo često se odlučuju da se kreću nekim “manjim” ulicama, ali bez upotrebe nekog vida “veštačke

inteligencije” nije moguće pronaći optimalno rešenje. Naime, savremena tehnologija omogućila je rešavanje mnogih saobraćajnih izazova, a poslednjih godina sve veći broj istraživača bavi se proučavanjem “saobraćajnih koridora” u kojima je se protok vozila odvija za najkraće vreme [1-7]. Pored uštede u vremenu, za koju mnogi misle da je primarni aspekt ovih proučavanja, sigurno je i da rezultati ovih istraživanja imaju sasvim pozitivan uticaj na ljudski organizam.

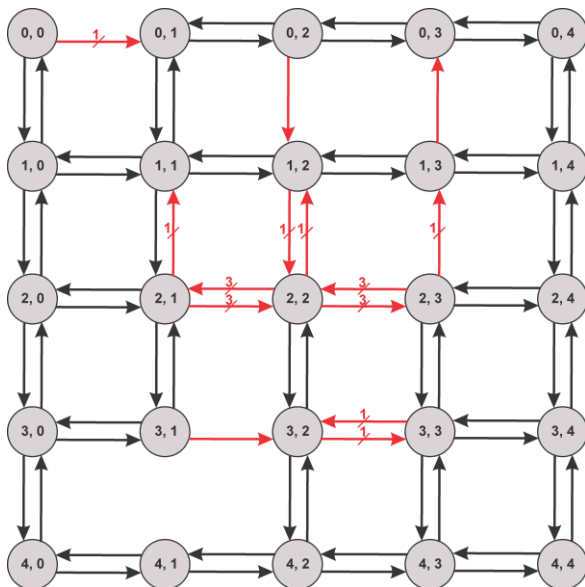
Treba imati u vidu da je pronalaženje saobraćajnih koridora u kojima se protok vozila odvija za najkraće vreme izuzetno važno i za optimalno kretanje vozila hitne pomoći, vatrogasnih službi i vozila pod pratnjom. Bez obzira što oni imaju prioritet u saobraćaju, ako je neka saobraćajnica opterećena prolaz vozila će u svakom slučaju biti značajno usporen. Sve ovo jasno ukazuje na značaj upotrebe veštačke inteligencije u rešavanju problema saobraćajne gužve.

II. PRINCIP POSTAVKE PROBLEMA I NJEGOVOG REŠENJA

Poznatno je da mnogi situacioni faktori, na dnevnom, časovnom ili čak minutnom nivou, menjaju stanje protoka saobraćaja u nekom delu grada, pa iz tih razloga bez konstantnog monitoringa saobraćaja nije moguće napraviti optimalnu rutu i smanjiti saobraćajnu gužvu. Postoje različite metode i tehnike prikupljanja podataka o protoku saobraćaja na saobraćajnicama ili zadržavanju vozila na raskrsnicama (kamere sa odgovarajućim softverom, različiti tipovi senzora, NFC moduli...). Predmet istraživanja ovog rada je kako na osnovu prikupljenih podataka, koristeći već postojeću infrastrukturu, izvršiti optimizaciju saobraćajne mreže i obezbediti optimalnu protočnost saobraćaja.

Na slici 1 prikazana je pojednostavljena saobraćajna mreža jednog dela grada koja je korišćena za optimizaciju protoka saobraćaja u njoj. Čvorovi predstavljaju raskrsnice, odnosno mesto spajanja dve ili više ulica, a grane koje ih spajaju predstavljaju ulice između njih. Svaki smer kretanja između raskrsnica prikazan je zasebno. Podrazumevano, broj traka u jednom smeru je 2, a sve ulice čije se osobine razlikuju od podrazumevanih jasno su označene crvenom bojom. Prikazan je najjednostavniji slučaj sa ekvidistantnim raskrsnicama i identičnom maksimalnom dozvoljenom brzinom na tim deonicama.

M. Danković je student Softverskog inženjerstva na Elektrotehničkom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija, E-mail: dankovicmilan@gmail.com



Slika 1. Grafička ilustracija pojednostavljene saobraćajne mreže.

Kada je realan problem apstrahovan i preveden na problem pronalaženja optimalnog puta između dva čvora u grafu, za njegovo rešavanje može se upotrebiti neki od poznatih algoritama. Jedan od najpoznatijih algoritama predložio je holandski naučnik *Edsger W. Dijkstra* [8] pedesetih godina prošlog veka. Pseudokod ovog dobro poznatog i često korišćenog algoritma u računarskoj nauci prikazan je na slikama 2 i 3.

```

1  Dijkstra(Graph, source, destination):
2
3      for(node n : Graph.nodes()):
4          distances[n] = INFINITY
5          previous[n] = NULL
6          Q.add(n)
7
8      distances[source] = 0
9
10     while(not Q.empty()):
11         u = node in Q with min distances[u]
12         Q.remove(u)
13
14         if(u.equals(destination)):
15             return distances[u], previous
16
17         // only v that are still in Q
18         for(node v : u.neighbors()):
19             alt = distances[u] + length(u, v)
20             if(alt < distances[v]):
21                 distances[v] = alt
22                 previous[v] = u
23
24     return INFINITY, NULL

```

Slika 2. Pseudokod Dijkstrinog algoritma.

Algoritam poredi grane grafa po zadatim cenama (težinama) i na osnovu toga formira optimalan put između startnog čvora i cilja. Vremenska složenost do koje može da se svede algoritam je $O(e + n \cdot \log n)$ gde je e broj grana,

a n broj čvorova u grafu. Cene grana mogu se prilagoditi odabranim parametrima na osnovu kojih korisnik planira svoju putanju. One mogu predstavljati udaljenost između raskrsnica, vreme zadržavanja na toj deonici puta, kvalitet puta, broj traka ili kombinaciju svih navedenih parametara.

```

1  Path(previous, source, destination):
2
3      u = destination
4
5      if(previous[u] != NULL or u.equals(source)):
6          S.push(u)
7          u = previous[u]
8
9      return S

```

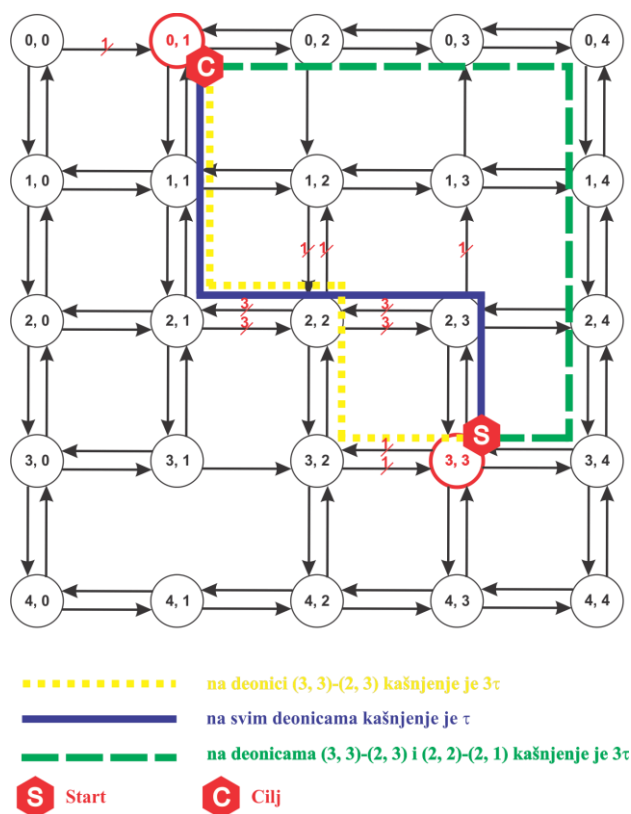
Slika 3. Pseudokod rekonstrukcije puta.

Osnovni problem ovog algoritma je veliki prostor pretraživanja. Veliko poboljšanje bilo bi na neki način od samog početka usmeriti pretragu ka željenoj destinaciji. Heuristički algoritmi poput Best First Search i A* algoritma to omogućavaju [9]. Oni koriste dodatnu funkciju, heuristiku, na osnovu koje odlučuju koji će sledeći čvor biti obrađen. Heurističko pretraživanje obezbeđuje izbor opšte putanje koju treba slediti i na taj način eliminiše deo prostora pretraživanja. Na ovaj način može da se zaobiđe optimalna putanja, ali u praksi zbog ograničenih resursa ne postoji uvek mogućnost da se pretražuje čitav graf (saobraćajna mreža). Osnovna heuristika za ovakav tip problema bila bi vazdušno rastojanje između dve lokacije, međutim to bi moglo da bude i zapamćeno vreme koje su ostvarili prethodni korisnici na toj ruti. Ovakav način rešavanja dovodi do bržeg pronalaženja rešenja, ali ne i nužno najboljeg.

Saobraćajna mreža može se predstaviti veoma dobro strukturiranom apstrakcijom koja se naziva hijerarhijski graf [10]. Ova struktura podataka modeluje realan problem njegovom predstavom u više nivoa počevši od najjednostavnijeg, pa sve do najdetaljnijeg opisa dela problema. Hijerarhijski graf sastoji se od čvorova i grana između njih, ali za razliku od običnog grafa, svaki čvor može sadržati graf u sebi. Graf koji se nalazi u nekom čvoru naziva se podgraf tog čvora, a taj čvor predstavlja roditeljski čvor za taj podgraf. Ovakav način modelovanja problema omogućava smanjenje složenosti pretrage između udaljenih mesta. Ovo postiže tako što se pretraga vrši na najvišem nivou, a zatim se nakon toga vrši pretraga u dubljim slojevima koji detaljnije opisuju manje celine problema. U našem primeru saobraćajna mreža mogla bi se podeliti po geografskim regijama, okruzima, gradovima i na kraju samom saobraćajnom mrežom grada. Na taj način pretragu puta između Niša i Subotice počecemo spajanjem ovih gradova autoputem, a zatim uključenja i isključenja na autoput povezati sa odgovarajućim lokacijama unutar samih gradova. Tako se izbegava nepotrebno pretraživanje puta unutar gradova kroz koje konačna putanja neće proći.

Prvi opisani algoritam detaljno je testiran na primeru pojednostavljene saobraćajne mreže koja je prikazana na

slici 1. Na slici 4 prikazana je preporučena putanja od starta, $S(3, 3)$, do cilja, $C(0, 1)$, određena opisanim algoritmom. Punom plavom linijom određena je putanja kada se vozila ekvidistantnim linijama između raskrsnica kreću maksimalnom dozvoljenom brzinom. Međutim, usled “privremenog poremećaja” saobraćaja ili “ponavljajuće gužve”, u određenom trenutku na putanji između dve raskrsnice, može da dođe do usporenog kretanja vozila. Ako se to kojim slučajem desi na optimalnoj putanji određenoj opisanim algoritmom (plava linija) onda novi proračun može da dovede do nove optimalne putanje. Na primer, ako je na delu puta $(3, 3)-(2, 3)$ zadržavanje vozila 3τ , pri čemu je τ regularno zadržavanje na ovom delu puta, onda je idealna putanja kojom bi vozila trebalo da se kreću opisana žutom tačkastom linijom. Treba istaći da u ovom slučaju optimalna putanja nije mnogo promenjena. Međutim, kada bi pored dela puta $(3, 3)-(2, 3)$ do identičnog zadržavanja vozila, 3τ , došlo i na delu puta $(2, 2)-(2, 1)$, putanja bi bila promenjena u potpunosti, što je na slici 4 ilustrovano zelenom isprekidanom linijom.



Slika 4. Grafička ilustracija pojednostavljene saobraćajne mreže.

Korišćeni algoritam i analiza prikazanih rezultata na slici 4 jasno će ukazati na značaj upotrebe veštačke inteligencije u rešavanju problema saobraćajne gužve [11].

Plava i žuta linija imaju istu dužinu, $5d$. To je minimalna dužina koju vozač mora da prođe od Starta do Cilja. I bez upotrebe veštačke inteligencije većina vozača

bi se kretala ovim putanjama. Takođe, kada bi vozač na samom Startu video zadržavanje vozila na delu puta $(3, 3)-(2, 3)$ on bi verovatno odmah krenuo ka čvoru $(3, 2)$. Treba istaći da bi većina vozača išlo putanjama čija je dužina $5d$, ali nije sigurno da bi to bila optimalna putanja.

Zelena linija ima dužinu $7d$. Mala je verovatnoća da bi se na samom Startu neko od vozača odlučio za ovu putanju, a naročito ako nije upoznat da pored zakrčenja na delu puta $(3, 3)-(2, 3)$ (što može da vidi) postoji i zakrčenje na delu puta $(2, 2)-(2, 1)$ (što nije u mogućnosti da vidi iz čvora $S(3, 3)$). Ova tvrdnja potiče iz prakse, zato što kretanje zelenom linijom stvara utisak kod vozača da se oni kreću dužim putem i da im je potrebno više vremena.

Konačan zaključak je da najkraća putanja nije uvek optimalno rešenje za kretanje vozila u nekom delu grada, ali i da bez upotrebe veštačke inteligencije nije tako lako doći do optimalne putanje.

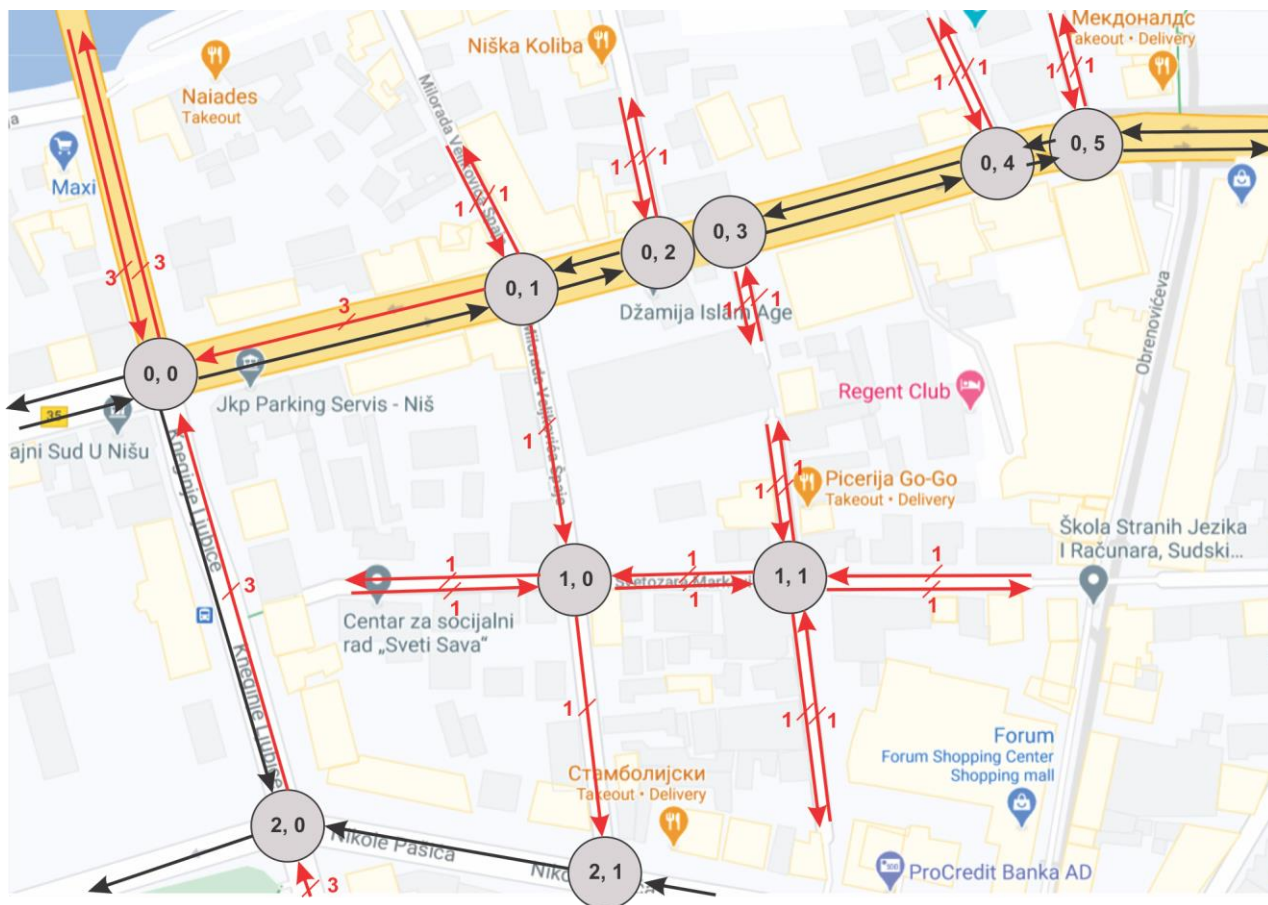
Na slici 5 prikazano je kako bi izgledala primena grafovskih algoritama za optimizaciju protoka jedne realne saobraćajne mreže [12]. Jednostavnosti radi izabran je deo grada koji obuhvata oko polovinu pojednostavljene saobraćajne mreže analizirane u ovom radu (slike 1 i 4). Može se uočiti da se realna saobraćajna mreža prilično razlikuje od pojednostavljene (čvorovi nisu na istom rastojanju, različita ograničenja brzine, mnogi čvorovi nedostaju usled postojanja slepih ulica, i slično). Sa aspekta primene grafovskih algoritama ovo uopšte ne predstavlja problem. Treba istaći da je za analizu kompletnog saobraćaja u Nišu potrebno organizovati oko 200 ovakvih delova, odnosno mreža na koju se primenjuje algoritam imala bi oko 2500 čvorova. Međutim, analiza pokazuje da nije neophodna upotreba veštačke inteligencije za kompletnu teritoriju grada, već samo za glavno gradsko jezgro koje je najviše i opterećeno saobraćajem, pa je i adekvatna infrastruktura neophodna za prikupljanje podataka potrebna samo za ove delove grada.

III. ZAKLJUČAK

Detaljno je opisana primena grafovskih algoritama za optimizaciju protoka jedne saobraćajne mreže. Rešavanje problema prikazano je na primeru pojednostavljene saobraćajne mreže, a na kraju je grafički ilustrovano kako je ovaj algoritam moguće primeniti u realnim uslovima, na saobraćajnici u jednom delu grada. Treba napomenuti da je ovakav vid regulisanja saobraćaja već u primeni u pojedinim delovima nekih gradova, a da se intenzivno radi na tome u mnogim gradovima [13].

ZAHVALNICA

Inspiracija za ovaj rad potiče sa više predmeta koji se slušaju na smeru SI na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu.



Slika 5. Primena grafovskog algoritma na deo grada Niša.

LITERATURA

- [1] M. Jakimavičius, M. Burinskienė, "Route planning methodology of an advanced traveller information system in Vilnius city", *J. Transport*, 2010, vol. 25, no. 2, pp. 171-177.
- [2] Vi T. N. Nha, S. Djahel, J. Murphy, "A comparative study of vehicles' routing algorithms for route planning in smart cities", *In Proceedings of the 2012 First International Workshop on Vehicular Traffic Management for Smart Cities (VTM)*, Dublin, Ireland, 2012, pages 6.
- [3] Y. Shiftan, S. Bekhor, G. Albert, "Route choice behaviour with pre-trip travel time information", *Intelligent Transport Systems, IET*, 2011, vol. 5, no. 3, pp. 183-189.
- [4] M. Mahmoudi, X. Zhou, "Finding optimal solutions for vehicle routing problem with pickup and delivery services with time windows: A dynamic programming approach based on state-space-time network representations", *Transportation Research Part B: Methodological*, 2016, vol. 89, pp. 19-42.
- [5] D. Smith, S. Djahel, J. Murphy, "A SUMO Based Evaluation of Road Incidents' Impact on Traffic Congestion Level in Smart Cities", *In Proceedings of the 39th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks Workshops*, Edmonton, AB, Canada, 2014.
- [6] H.O. Al-Sakran, "Intelligent Traffic Information System Based on Integration of Internet of Things and Agent Technology", *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 6, no. 2, 2015, pp. 37-43.
- [7] A. Sodagaran, N. Zarei, Z. Azimifar, "Intelligent Traffic Information System a Real-Time Traffic Information", *In Proceedings of the MATEC Web of Conferences*, vol. 81, p. 04003, 2016.
- [8] Edsger W. Dijkstra, holandski naučnik, Dostupno na: <https://history.computer.org/pioneers/dijkstra.html>
- [9] Best First Search & A* Algorithm, Lecture, UCI Donald Bren School of Information & Computer Sciences, Dostupno na: <https://www.ics.uci.edu/~welling/teaching/271fall09/InfSearch271f09.pdf>
- [10] J. A. Fernandez, J. Gonzalez, "Hierarchical Graph Search for Mobile Path Planning", *In Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation (ICRA '98)*, Leuven, Belgium 1998, p. 6.
- [11] Internet inteligentnih uređaja, Dostupno na: <https://www.bpa.edu.rs/FileDownload?filename=a3b40351-0733-4f9a-87b6-b2568be53e9d.pdf&originalName=iot-predavanje-14.pdf>
- [12] Nš-Google My Maps, Dostupno na: https://www.google.com/maps/d/embed?mid=1ZS_t9iRG_NvGPpMCwJPKYoEx8bU&msa=0&hl=en&ie=UTF8&t=m&ll=43.31967846328825%2C21.89372959587861&spn=0.005464%2C0.009141&z=17&iwloc=0004ee9caf3bccdb171aa&output=embed
- [13] An Interactive Live Traffic Map of London, Dostupno na: <https://londonist.com/london/transport/an-interactive-live-traffic-map-of-london>

Solar Powered, Autonomous, Low-Power System as a Wireless Multi-Sensor Platform

Laza Kostić

Abstract – In this paper the flow and procedures of designing and realization of a prototype system for this purpose, that is able to use multiple sensors, uses a GPS module in order to gather information about its location and uses a GSM module to send all the information to a base station is shown. The system is powered by a lithium battery, which is charged by a solar cell via a lithium battery charger circuit. The total power consumption of the system is reduced by using a power management circuit. The system as a whole is very compact and modular, hence it is flexible and easy to conform to multiple use cases and conditions.

I. INTRODUCTION

As electronic devices are getting cheaper and easier to manufacture a lot of small and smart connected devices are being made for diverse purposes. Some for gathering information about a phenomena, some for sensing stimuli in an industrial setting, the applications are many and new ways of solving and implementing devices are getting better all the time. As a small contribution to this kind of way for solving problems the device described in this paper can be used for multiple purposes.

II. COMPONENT SELECTION

A. Powering the system

The system is powered by solar energy. The way it converts solar energy to electrical energy is by a solar cell. Then that electrical energy is used to charge a lithium battery via a lithium battery charger module. The lithium battery is what powers the whole system. The battery and charger are used because of their familiarity and versatility, and other means of storing electrical energy can be used, such as different battery technologies or super-capacitors or other means. For the modular purpose of this device, the low-power aspect is achieved by using a dedicated power management circuit. It is composed of a TPL5111 low-power timer, and a TPS73733 3.3 V LDO voltage regulator.



Fig. 1. TPL5111 (left), TPS73733 (right).

L. Kostić is a master student at the program for Electronics and Microsystems at the Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: laza.kostic@elfak.rs

The power management circuit draws only about 50 nA when in sleep. When the set time period passes, the timer turns on the voltage regulator which then regulates the battery voltage and powers the entire system. After the system completes its task, it sends a signal to the timer and then the timer turns off the regulator which turns off the system and resumes the countdown. The time period is set by an external resistor, and can be configured to be anywhere between 100 ms and 7200 s. And also, there exists a small circuit that cuts-off the solar cell from the charger when the regulator is on, in order for the battery voltage to be measured correctly if needed. This kind of modularity in the power system gives a lot of flexibility to use almost whatever battery or renewable energy source to power the device.

B. Controlling the system

For the "brain" of the device a microcontroller is used. Specifically the ATtiny3216 8-bit microcontroller, shown in Fig. 2. It has a 20 MHz internal oscillator and can be powered from a 1.8 V to 5.5 V voltage source. It also has USART, SPI and I2C peripherals, as well as 18 I/O pins. The internal 10-bit ADC is available on most of the I/O pins. The interesting thing about this microcontroller is that it is programmed via a single UPDI pin. That means programming and debugging this kind of microcontroller is made easy.



Fig. 2. ATtiny3216 8-bit microcontroller.

C. Wireless communication

If there is a possibility of running wire to the device for communication that means that power can also be wired to the device. Since that is not the case, wireless means of communication are used. For this example, a GSM SIM800L module is used, shown in Fig. 3. This particular module is made to be powered by a single cell lithium battery, from 3.4 V to 4.4 V. It has a Stand-by power consumption of 18 mA, a Sleep power consumption of below 1 mA and a peak 2 A power draw during communication with the base station for messaging, calls

and data transfer. The module communicates to the microcontroller via UART and can be put in Sleep mode using serial communication, without intervention to the modules power pins. This can be of help if some other microcontroller is used with a smaller pin count.



Fig. 3. SIM800L module with antenna.

In this exact device only the SMS text message functionality of the GSM module is used. This is to reduce the complexity of the source code and as a proof of concept for the system sending out information to the base station or mobile phone.

D. Locating the system

If the system is used outside then there is a chance that rain, water, wind or something else can move the device from the location it has been placed in. Or, if many of these kind of devices are used in a large area the location of each one may be needed for making sense of the data. For this purpose the GPS NEO-6M module is used, shown in Fig. 4.



Fig. 4. NEO-6M module with antenna.

It can be powered by a 2.7 V to 3.6 V voltage source, such as the TPS73733 voltage regulator. It has a 45 mA continuous power consumption. The cold-start location acquisition is 27 s if there are available satellites. The module uses UART communication to communicate with the microcontroller. For faster location acquisition the module has an on-board mini rechargeable lithium battery and EEPROM chip. The way that works is the module stores the last acquired location and other information on the external EEPROM chip, and when the power is cut to the module it retains that information since it is powered by the mini lithium battery. When it is powered again the module uses that last known location to guess the current location and more easily calculate it, hence it can find the

current location faster. The mini battery can power the EEPROM chip for up to 2 weeks. The module can refresh its location at 0.2 s intervals at the fastest. It is important to note that the module does not have a Sleep mode like the GSM module, hence power needs to be physically connected and disconnected to its power pins in order to reduce its power consumption while not in use. In this system an N-channel MOSFET is used to toggle the power to the module via its ground pin, the MOSFET is controlled by the microcontroller.

E. Sensors and sensing units

The title of the paper states that this is a multi-sensor platform. Indeed multiple sensors and sensing units can be equipped to this system, via UART, SPI, I2C protocol or a voltage or current can be measured from the sensor or sensing unit using the internal ADC. The possibilities are almost endless. It is possible to use an I/O extender chip, external ADC or if a different communication protocol is needed to interface the sensor a different microcontroller can be used or a protocol bridge. For example, the kind of sensors that can be used in conjunction with this system, to name a few, are:

- Temperature sensors
- Light sensors
- Microphones
- Moisture sensors
- Rain sensors
- Humidity sensors
- Gas sensors, and many more...

For the system described in this paper, a sensor that can measure the absorbed dose of ionizing radiation is used. The particular sensor is called a RADFET, meaning a radiation-sensitive, field-effect transistor. For a constant current, its threshold voltage V_T increases as the dose it absorbs increases. For a RADFET that hasn't been exposed to ionizing radiation, the V_T is about 2.5 V. In Fig. 5 a schematic for connecting a constant current source to a RADFET is shown. It is also stated that a constant current of 10 μA is used, and where the threshold voltage V_T is measured.

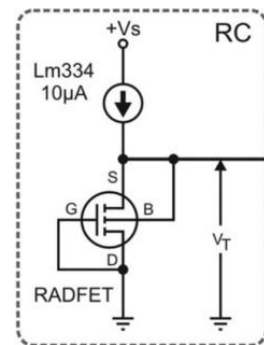


Fig. 5. Schematic for connecting a RADFET to a constant current source for measuring the absorbed dose of ion.

III. DESIGN AND REALIZATION

In order to connect all of the components and modules together a PCB, shown in Fig. 6, was designed and built. It has all of the microcontroller pins conveniently routed to header pins on the sides of the PCB. It also has the voltage regulator output, ground and battery terminals broken out to header pins on the side of the PCB, so that connecting sensors and modules to the power pins is not a hassle.

There are also SOT-23 and SSOP-10 footprints directly beneath the microcontroller. They are not connected to the rest of the system and their pins are broken out on to small circular pads. The purpose for these footprints is to solder by hand, test or experimental components that are small (SOT-23 and SSOP-10), for prototyping reasons. This allows greater and faster prototyping possibilities for future systems.



Fig. 6. Printed circuit board - PCB.

There is also a smaller 14-pin SOIC150 footprint inside the larger 20-pin SOIC300 footprint meant for the ATtiny3216 8-bit microcontroller. This is again to make the PCB and system more flexible to changes, as in having a smaller footprint for another microcontroller. Its pins are also connected to the header pins, as they are connected to the larger footprint.

The power and signal traces from the power management circuit to the microcontroller are not connected, unless connected by a solder jumper. This exists for the case of a different microcontroller being used, whose pin-out doesn't match the ATtiny3216 pin-out, so that those connections can be connected to other pins, or somewhere external.

It is important to note that because the GSM module needs the ability to draw peak currents of 2 A, the battery trace going to the battery header pins will need to be able to handle that kind of current. Since other modules can be connected to that important battery header, and this battery can source a peak current of 10 A, a 100 mils trace width was used.

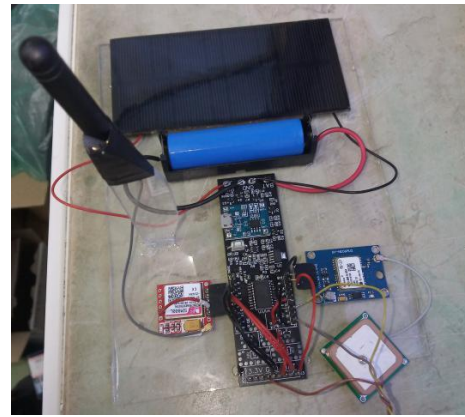


Fig. 7. Assembled system.

In Fig. 7 the assembled system is shown. The solar cell, the battery in a battery holder, soldered PCB and connected GSM and GPS modules with their respective antennas are all affixed to a piece of acrylic glass. This is done so that it is easy to handle and move the whole system.

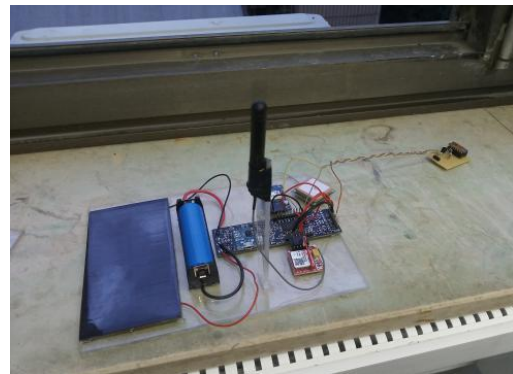


Fig. 8. Assembled system connected with the sensing unit for measuring the absorbed dose of ionizing radiation.

The system connected with the sensing unit for measuring the absorbed dose of ionizing radiation is shown in Fig. 8. This is the final configuration that was tested, and it is placed near a window so that the GPS and GSM modules can find their respective signals.

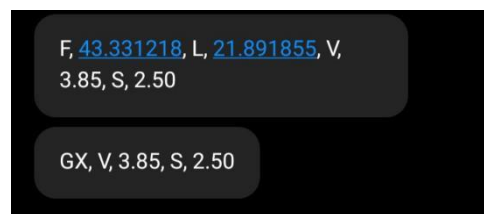


Fig. 9. Screenshot of the received SMS messages.

In Fig. 9 a screenshot of the received SMS messages from the system are shown. In the first message the letter "F" (stands for ϕ) is the latitude and the letter "L" (stands

for λ) is the longitude of the GPS location, the number after the letter “V” is the measured voltage of the battery and the number after the letter “S” is the measured voltage of the sensor unit. In the second message the letters “GX” stand for “GPS location not found”, this is because the GPS antenna was covered so that it could not find its location.

IV. CONCLUSION

The system is made to be flexible as stated many times, and so there are no clear fixes or improvements to the system that can be made since it is built open-ended. But, there are many ways for the system to be changed and reconfigured.

The purpose of building this system was to make a wireless, multi-sensor platform that is autonomous, solar powered and low-power. It is relatively inexpensive to make and can also be used for teaching and learning since the complexity can be scaled up or down according to the modules and components used.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was done in the framework of project ELICSIR, which has received funding from the European Union’s Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 857558.

REFERENCE

- [1] Microchip, *ATtiny3216 / ATtiny1616 8-bit tinyAVR® 1-Series Microcontroller*, Datasheet Preliminary, 2018, http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATtiny3216_ATtiny1616-data-sheet-40001997B.pdf
- [2] Microchip, *ATtiny1614 8-bit tinyAVR® 1-Series Microcontroller*, Datasheet Preliminary, 2018, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATtiny1614-data-sheet-40001995A.pdf>
- [3] SIMCom, *SIM800H&SIM800L Hardware Design V2.02*, Product description, Shanghai, 2015, <https://datasheetspdf.com/pdf-file/989664/SIMCom/SIM800L/1>
- [4] u-blox, *NEO-6 u-blox 6 GPS Modules GPS.G6-HW-09005-E*, Datasheet, 2011, https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf
- [5] Texas Instruments, *TPL5111 Nano-Power System Timer for Power Gating*, Datasheet, September 2018, https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tpl5111.pdf?ts=1602960117497&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F
- [6] Texas Instruments, *TPS737xx 1-A Low-Dropout Regulator With Reverse Current Protection*, Datasheet, December 2019, https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps737.pdf?ts=1602960175030&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F
- [7] NanJing Top Power ASIC Corp., *TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8*, Datasheet, <http://www.tp4056.com/d/tp4056.pdf>

Switched Capacitor Circuits - Tolerance to Catastrophic Faults

Bojan Draško, Laza Kostić, Miljana Milić

Abstract – Switched-capacitor circuits are used widely in integrated circuits, as they are cheap and reliable. Their functionality is based on ratios of the capacitances used in the circuit, and not on their absolute value. But due to manufacturing processes, defects in the switching elements (switches) can occur, which can hinder the way the circuit is supposed to behave. In this paper a basic SC integrator (Low-Pass filter) is modeled, and also the catastrophic faults that can occur in its switching elements are modeled (Always On and Always Off). The results of the simulation are shown and discussed.

I. INTRODUCTION

Integrated circuits are based on using resistors, capacitors and transistors. It is the nature of integrated circuitry that small, accurate resistors are harder and more expensive to build than small, accurate capacitors. Because making capacitors is easier and cheaper, techniques are developed to use capacitors to build accurate analog circuitry. These techniques have led to the use of switched capacitor (SC) architectures. These architectures control the movement of charge between capacitors with the precise timing of switches, instead of relying on resistors.

II. CHARGE TRANSFER

A. Comparison to a resistor

To see how could resistors be substituted with switched-capacitors, let's examine how they act with certain input voltage, as shown in Fig. 1.

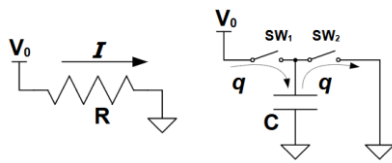


Fig. 1. Charge transfer via a resistor (left) and via a switched capacitor circuit (right).

B. Draško and L. Kostić are master students at the Electronics and Microsystems program at the Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: drako_bojan@elfak.rs, laza.kostic@elfak.rs.

M. Milić is with the Department of Electronics, Faculty of Electronic Engineering, University of Niš, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: miljana.milic@elfak.ni.ac.rs.

Charge transfer over resistor is continuous with time, forming current I_R , and is proportional to voltage across it V_0 and it's nominal resistance R .

But charge transfer over a switched-capacitor circuit is completely different transient wise. To avoid a short circuit from input to output, switches can't be in same state at the same time, so they have to have a delay between either one opening or closing. The capacitor will charge with the closing of the first switch and discharge with the closing of the second switch, thus moving the charge from its input to its output. In that way charge moves in discrete chunks, that also forms a discrete-time current. Charge that is acquired with closing of the first switch q_C , is proportional to the input voltage V_0 and capacitance of capacitor C , as stated in equation (2). As charge moves in chunks, the effective current I_C that it forms is inversely proportional to the switching rate f_s , as stated in equation (3).

$$I_R = \frac{V_0}{R} \quad (1)$$

$$q_C = CV_0 \quad (2)$$

$$I_C = \frac{q_C}{T_s} = f_s q_C = f_s CV_0 \quad (3)$$

As currents in the two examples are completely different, one continuous, and the other discrete, we can express total charge that is transferred in unit time, over the resistor (1) and over the switched-capacitor (3), and then equate them to find equivalent resistance R_{eq} of switched-capacitor, but only equivalent in charge transfer, as stated in equation (5).

$$I_R = I_C \Rightarrow \frac{V_0}{R} = f_s CV_0 \quad (4)$$

$$R_{eq} = \frac{1}{f_s C} \quad (5)$$

To summarize, as larger the capacitance is, bigger the charge chunks will be. Also, as faster the switching rate is, lower the effective resistance will be. To avoid forming a short circuit we should also always leave some time for one switch to close before opening the other. For the circuit to operate as predicted by equation (5) the appropriate switching rate that gives enough time for complete charging and discharging of the capacitor should be chosen.

B. Charge transfer between capacitors

As there will not be any resistors in the SC circuit it is necessary to examine the charge transfer between two capacitors. A simple example circuit is shown in Fig. 2.

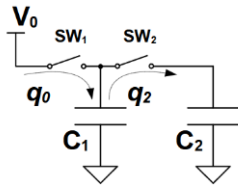


Fig. 2. Charge transfer between two capacitors in a switched capacitor circuit.

Instead of charge traveling directly to ground when the second switch closes, now the charge stored on the first capacitor gets distributed over both capacitors proportional to their relative capacitances.

It is known that charge acquired on the first capacitor q_0 is as stated in equation (6). And when the second switch closes the capacitors will be connected in parallel, and their total capacitance will be their sum, as stated in equation (7). From this the transferred charge can be calculated by equation (8).

$$q_0 = C_1 V_0 \quad (6)$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2 \quad (7)$$

$$q_2 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} q_0 < q_0 \quad (8)$$

Only one cycle of charge transfer has been considered, that consisted out of the first switch being closed and opened, and then the second switch being closed. If the next cycle is to be performed, it is important to make sure the second capacitor is discharged before transferring charge to it again. To do that an additional switch is added in parallel with the second capacitor, that will be on at the same time the first switch does, as shown in Fig. 3.

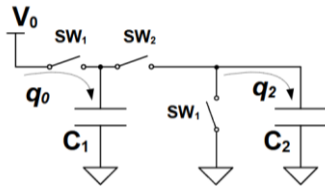


Fig. 3. Circuit with an additional switch for the discharge of the second capacitor.

It can be seen from equation (9) that, as the capacitance C_2 of the second capacitor is increased, more charge q_2 will be transferred to it.

$$C_2 \rightarrow \infty \Rightarrow q_2 = q_0 \quad (9)$$

To transfer all of the charge q_0 , the second capacitor would need to be infinite. As this is practically impossible to have an infinite capacitor there exists a circuit that accomplishes this task, shown in Fig. 4. It acts as a much greater capacitor than one it uses in its feedback loop. This is called the Miller effect and thus the equivalent capacitor will be called a Miller capacitor.

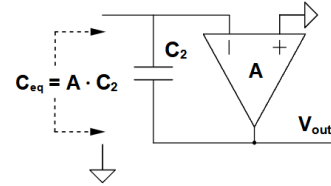


Fig. 4. Multiplication of capacitance.

To ensure a complete transfer of charge from one capacitor to the other the mentioned Miller circuit can be used, and to ensure the discharge of the second capacitor a switch parallel to it can be used, as explained. This circuit is shown in Fig. 5.

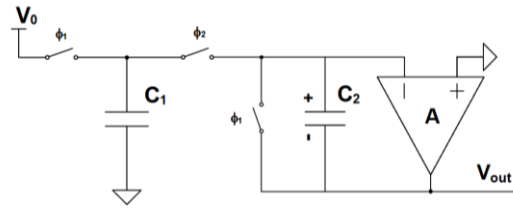


Fig. 5. Circuit for the complete charge transfer between two capacitors.

As the operation of the circuit will be explained in steps, the switches have been renamed to the phases that correspond to when they are closed. During the first phase, the charge acquisition on the first capacitor is ongoing. Hence the first phase is called the acquisition phase. And also, the capacitor in the feedback loop is getting discharged. As a side note, it is interesting to notice that the operational amplifier acts as voltage follower during this phase. During the second phase the Miller effect produces a complete transfer of charge from the first to the second capacitor. The output voltage is now taken from the output of the operational amplifier. That also means it will be buffered, which won't change the charge on the second capacitor, because the current is sourced from the operational amplifier. As the operational amplifier is trying to equalize its input ports, the output voltage V_{out} , expressed in equation (10), will need to be as negative, as the negative terminal is positive V_2 (10), as stated in equation (11).

$$V_2 = \frac{q_0}{C_2} \quad (10)$$

$$V_{out} = -V_2 = -\frac{q_0}{C_2} \quad (11)$$

Knowing the initially acquired charge q_0 , from equation (6), that moved across the capacitors and developed a different voltage relative to their capacitances, C_1 and C_2 , the voltage gain A_v can be expressed as in equation (12):

$$A_v = \frac{V_2}{V_0} = \frac{-\frac{q_0}{C_2}}{-\frac{q_0}{C_1}} = -\frac{C_2}{C_1} \quad (12)$$

III. PRACTICAL CONFIGURATIONS

A. Parasitic influence on gain

As theory and practice are almost never the same there is still one problem which prevents the practical realization of this kind of circuit. Namely, every node in an integrated circuit has a parasitic capacitance tied to ground. As the amplification depends directly from the capacitances that are referenced to ground, parasitics will directly impact the amplification (12). This is undesirable and needs to be mitigated for the practical realization of this circuit.

The problem is that during sampling phase ϕ_1 , when the input capacitance C_1 is being charged, the parasitic capacitance seen from input node to ground is also being charged. That extra charge accumulated would get directly transferred to C_2 during the transfer phase ϕ_2 . A way to solve this problem is to aim to discharge the input parasitic capacitance in the transfer phase [1]. A circuit derived for this purpose is shown in Fig 6.

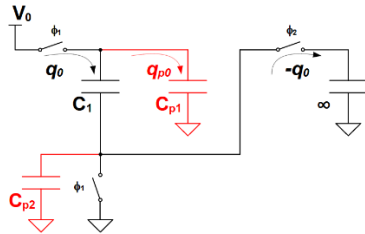


Fig. 6. Parasitic-resistant charge transfer between two capacitors.

The fact that this circuit will change the polarity of the charge transferred and subsequently the sign of amplification A_v is not a concern. In this topology a new node is introduced that has its own parasitic capacitance to ground. Luckily it will never get charged, as during the transfer phase it will be connected to ground. Using this circuit for a complete charge transfer, a new circuit more resistant to parasitics is derived, shown in Fig. 7.

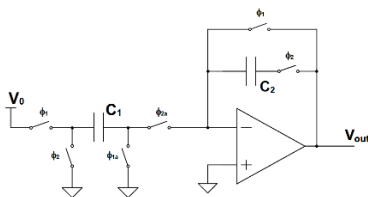


Fig. 7. Circuit for the complete charge transfer resistant to parasitic capacitance.

There is also a problem of charge injection during switch openings. To mitigate their effects, it is good to follow a general rule to open switches connected to the virtual ground first. New voltage gain would be:

$$A_v = \frac{C_1}{C_2} \quad (13)$$

B. Elimination of unnecessary switches

During the ϕ_1 phase one side of C_1 is connected to ground, which is already tied to the virtual ground. Also, there are three switches responsible for the charge transfer in the ϕ_2 phase. By eliminating the central ϕ_2 switch and moving the central ϕ_1 switch to the opposite plate of C_2 the same functionality is maintained, but with one less switch. The C_1 capacitor can be renamed to C_A for accumulation capacitor, and the C_2 capacitor to C_F for feedback capacitor. The final circuit is shown in Fig. 8.

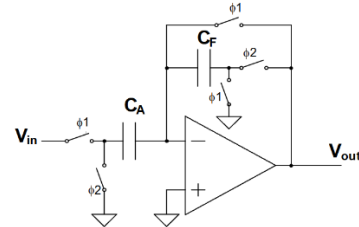


Fig. 8. Non-inverting switched capacitor circuit amplifier with one less switch.

IV. INTEGRATOR - LOW PASS FILTER

The basic non-inverting amplifier has been shown using switched capacitors in Fig. 8. If the phases of the input switches are reversed the result is a negative gain at the output, meaning the circuit now behaves as an inverting amplifier. Hence, if a 2x2 crossbar switch is placed in front of the switches to multiplex the inputs to individual switches a selectable inverting/non-inverting operational amplifier is created, shown in Fig. 9.

For the purposes of this paper a configuration of the crossbar switch that results in positive gain is set by default. In order to do some basic filtering at least an integrator or differentiator is needed, that would act as a low-pass or a high-pass filter respectively.

Previously, the capacitor in the feedback loop would be purposefully discharged so that at the end of transfer phase it would always store the charge most recently acquired. As the operational amplifier has negative feedback, it will always try to equalize its input voltages. Meaning that, if the discharge switch is removed, charge will keep accumulating via the feedback switch. Its functionality can be described in the z-domain as (14).

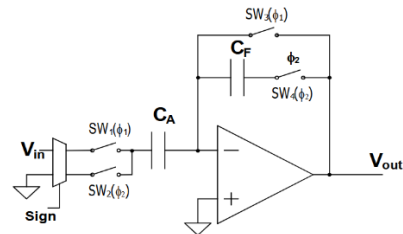


Fig. 9. Integrator with selectable polarity.

$$V_{out} = V_{out}z^{-1} + V_{in}\frac{C_A}{C_F} \quad (14)$$

Manipulating (14), a transfer function approximation is obtained (15). Which corresponds to a transfer function of an integrator [2]:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{C_A}{C_F} \frac{1}{1-z^{-1}} \cong \frac{1}{s} \left(f_s \frac{C_A}{C_F} \right) \quad (15)$$

V. MODELING FAULTS

Most sensitive parts of switching capacitor circuits are switches and operational amplifiers. In this paper catastrophic faults in switches are considered, where the possibility that any one transistor can fail and act as constant short or open circuit are taken into account. The switching frequency used is 100kHz with a 10μs delay between on-stages of the two phases.

The simulation is done using LTspice XVII and the switches without faults are modeled using the following SPICE directive:

```
.MODEL SW1 VSWITCH(VOFF=0.3 VON=0.7 RON=10m
ROFF=10meg)
```

A constant open-circuit fault in a switch is modeled as:

```
.MODEL SW2 VSWITCH(VOFF=0.3 VON=0.7 RON=10MEG
ROFF=10MEG)
```

A constant short-circuit fault in a switch is modeled as:

```
.MODEL SW3 VSWITCH(VOFF=0.3 VON=0.7 RON=100m
ROFF=100m)
```

To get a frequency response of the circuit, first the sweep of the input frequency is done linearly with time, with unity amplitude [3]. Next, using the envelope detector circuit, an amplitude characteristic is acquired. At the end, MATLAB is used to detect input and output signal zero crossings, and by calculating their timing differences, a phase characteristic is acquired.

VI. RESULTS

The integrator (LP filter) circuit without any faults has 5.45 gain and 80 Hz cut-off frequency. For all other cases with faults, results of voltage gain and frequency cut-off change will be shown in percent refereed to ideal case.

For the case of open-circuit fault on input switches SW₁ and SW₂ and feedback switch SW₃, big resistance is seen while acquiring charge in the first phase or while transferring charge in the second phase. This prevents one of the capacitors from fully charging and effectively lowers gain. Thus the gain is 8.84 % of the reference gain, for the

first two mentioned cases and 10.83 % for the third case. In all three cases functionality of low-pass filter is kept. The Cut-off frequency remains the same for first two cases and for the third case is 78.9 % of the ideal.

For the case of short-circuit fault on input switch SW₁, the operational amplifier will have to counter the input voltage even during second phase to keep inverting the input on virtual ground, so that it outputs a voltage proportional to derivative of input voltage. Effectively making a high-pass filter with 0.37 % of the ideal gain. The Cut-off frequency is 81.7 % of the ideal.

For the case of short-circuit fault on input switch SW₂, there is constant zero input signal. And for the case of short-circuit fault on feedback switch SW₃ there is unity feedback. Both resulting in constant zero output signal.

For the case of open-circuit fault on feedback switch SW₄, the operational amplifier needs to work harder and output a bigger voltage to try and keep virtual ground on the inverting input. Effectively increasing gain to 678.7 % of the ideal gain. The reason this is not actually used in real circuits is that there is a lot of power wasting, also output voltage can only go and saturate at the power source voltage level, effectively distorting the signal. For the case of short-circuit fault on feedback switch SW₄, feedback capacitor will constantly be connected to the output. That will cause it to discharge during acquisition phase as one of side effects and the gain drops to only 0.05 % of the ideal. In both of these configurations, circuit acts as an inverting amplifier, keeping the amplification for all frequencies of interest.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was done in the framework of project ELICSIR, which has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No. 857558.

REFERENCES

- [1] Shanthi Pavan, Richard Schreier and Gabor C. Temes. "Switched-Capacitor Integrator, " in *Understanding Delta-Sigma Data Converters*, 2nd Edition, Wiley-IEEE Press, January 2017, ch. 7.3.
- [2] Dave Van Ess, AN2041 - *Understanding PSoC®1 Switched Capacitor Analog Blocks*, Cypress Application Notes, April 2017.
- [3] M. Lj. Milić and D. P. Milovanović, *A Spice-Based Method for Determining AC Characteristics of Black-Box SC Filter Systems Using Time-Domain Analysis Data*, XII International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements, Niš, Serbia, November 2014, ISBN 987-86-6125-117-7 (FEE).

Razvoj uređaja za razvrstavanje objekata po bojama

Aleksandra Stojković

Sadržaj – U ovom radu prikazan je razvoj uređaja za sortiranje objekata u zavisnosti od njihove boje. Dat je detaljan opis korišćenih komponenata i objašnjen njihov princip rada. Sistem je realizovan na razvojnom okruženju *Arduino Uno*. Za detekciju boje objekta korišćen je modul sa *TCS3200* senzorom boje. Transportacija objekta ostvarena je servo motorima *Tower Pro SG90*. Za pisanje *firmware*-a, korišćeno je besplatno softversko okruženje *Arduino IDE*.

I. UVOD

U današnje vreme se pribegava automatizaciji procesa kako bi se kontrolisali uređaji, ubrzao željeni proces i zamenili ljudski operateri. Jedan od ciljeva automatizacije je smanjenje potrebe za ljudskim senzornim i mentalnim sposobnostima. Iako je razvoj senzora u porastu, još uvek nije izmišljen nijedan uređaj koji bi mogao da se poredi sa ljudskim okom u preciznosti i tačnosti izvršavanja mnogih zadataka. Ipak, postoji veliki broj senzora koji se mogu koristiti za detekciju različitih parametara koje ljudi mogu registrovati svojim čulima. Kombinacijom takvih senzora, mikrokontrolera i dodatnih aktuatora moguće je razviti uređaje koji će olakšati i ubrzati rad ljudi. Primer uređaja koji bi vršio razvrstavanje predmeta po bojama, opisan je u ovom radu.

II. PRINCIP RADA

Rad ovog uređaja je zamišljen kroz sledeće etape. Niz predmeta posmatranja se doprema u uređaj. Uloga prvog servo motora (*Servo_prijem*) je transport objekta od početne pozicije (Pozicija 1) do senzora boje (Pozicija 2), gde se vrši detektovanje njegove boje. U zavisnosti od očitane boje, drugi servo motor (*Servo_otpremanje*) rotira mehanički deo za otpremanje na odgovarajuću poziciju. Pozicije su definisane bojom: crvena (Pozicija 1), zelena (Pozicija 2), plava (Pozicija 3), žuta (Pozicija 4), narandžasta (Pozicija 5), a Pozicija 6 je za sve nesvrstane objekte čija se boja nije mogla tačno utvrditi iz nekog razloga. Zatim prvi motor (*Servo_prijem*) nastavlja pomeranje objekta od senzora do dela za otpremanje (Pozicija 3), i na taj način obezbeđuje put do željenog mesta. Nakon toga, ciklus se ponavlja za ostale objekte.

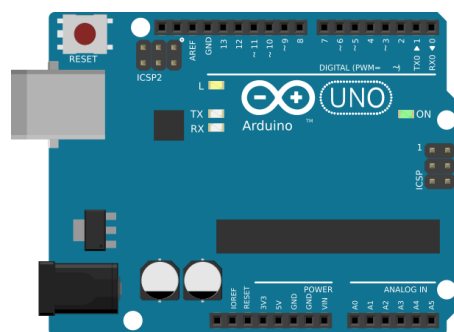
A. Stojković, Katedra za mikroelektroniku, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: aleksandra.stojkovic@elfak.ni.ac.rs

A. Razvojno okruženje Arduino Uno

Arduino Uno [1] (slika 1) je razvojno okruženje koje koristi *ATmega328P* mikrokontroler. Okruženje je moguće napajati preko USB-B konektora, kada se vrši i programiranje, ili preko konektora za eksterno napajanje (5-12 V). U slučaju napajanja preko USB konektora, maksimalna jačina struje sa pinova okruženja iznosi 500 mA, a korišćenjem eksternog napajanja kreće se i do 1 A. Sa okruženja je moguće izvesti napajanje od 3.3 V ili 5 V za napajanje ostalih elemenata sistema.

Između ostalog, okruženje poseduje 14 digitalnih i 6 analognih pinova. Analogni pinovi se koriste za očitavanje analognih signala predstavljenih različitim naponima i automatski su konfigurisani kao ulazni. Digitalni pinovi mogu se konfigurisati kao ulazni (*input*) za potrebe očitavanja dolaznih signala ili kao izlazni (*output*) kada se pomoću njih vrši dalja kontrola elemenata.

Digitalne pinove koji su obeleženi znakom tilda (~) moguće je koristiti kao PWM pinove (označeni su brojevima: 3, 5, 6, 9, 10 i 11).



Slika 1. Izgled i raspored pinova razvojnog okruženja *Arduino Uno*.

PWM (*Pulse Width Modulation*) ili impulsno-širinska modulacija predstavlja tehniku dobijanja analognih vrednosti pomoću digitalnih impulsa konstantne amplitude. PWM signal se smatra digitalnim signalom jer je u svakom trenutku vremena nivo signala ili na nuli ili na maksimumu. Napon, tj. struja, se dovode do analognog primaoca kao povorka impulsa, a informacija o amplitudi analognog signala se predstavlja širinom (trajanjem) impulsa PWM signala. Amplituda analognog signala zavisi od odnosa trajanja impulsa i periode. Ovaj odnos se naziva faktor ispune signala (*Duty Cycle*) i izražava se u procentima (0-100 %).

B. Servo motor Tower Pro SG90

Servo motori su aktuatori sa ugrađenim mehanizmom povratne sprege koji reaguju na kontrolni signal pomeranjem na određenu ugaonu poziciju ili okretanjem kontinualnom brzinom. Sastoje se iz tri dela: motora sa zupčanicima, uređaja povratne sprege i kontrolera. Povratnu spregu najčešće čini potencijometar. Motor, preko niza zupčanika, okreće izlaznu osovinu i potencijometar istovremeno. Upravljački modul očitava otpornost potencijometra i na taj način utvrđuje trenutnu poziciju izlazne osovine. Na osnovu te informacije određuje da li je i dalje potrebno okretati motor i izlaznu osovinu ili ih treba stopirati.

Za kontrolu servo motora nije potrebno poznavanje početne pozicije a snaga se disipira samo tokom okretanja. Postoje različiti nastavci (propeleri) koji se mogu montirati na izlaznu osovinu kako bi se uticalo na okolinu. Servo motor ima tri pina, jedan upravljački, jedan za napajanje i jedan za masu. Ugaona pozicija izlazne osovine se kontroliše upravljačkim signalom – najčešće se koristi PWM signal. Pri pojavi PWM signala, motor rotira osovinu u smeru u kom će se najpre ostvariti zadata pozicija. Nakon zauzimanja željene pozicije, osovina se zaustavlja i zadržava poziciju.

Postoje dva tipa servo motora, konvencionalni i kontinualno rotirajući. Kontinualno rotirajući servo motori se mogu okretati 360° , a impulsima se definiše njihov smer i brzina rotiranja. Konvencionalni servo motori imaju mogućnost okretanja do 180° , a impulsima se određuje pozicija koju će zauzeti.

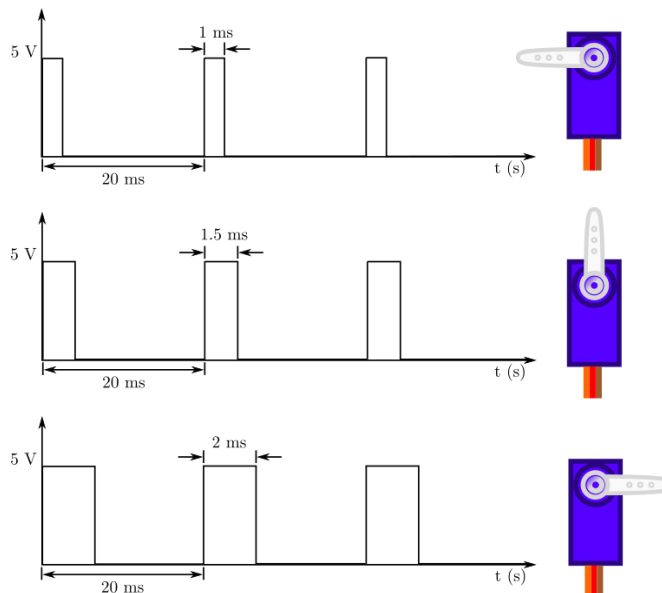
Servo motor korišćen u ovom radu, *Tower Pro SG90* [2] (slika 2), je konvencionalni servo motor sa mogućnošću rotacije 180° . Ima tri pina od kojih se na narandžasti pin dovodi upravljački signal, na crveni pin napajanje, a na braon pin masa. Malih je dimenzija i težak samo 9 grama. Dolazi sa tri nastavka, i odgovarajućim šrafovima za montiranje. Posедуje obrtni moment od 1.8 kg/cm , a za 0.1 s može se zarotirati 60° . Napon napajanja se kreće od 4.8 V do 6 V .



Slika 2. Izgled *Tower Pro SG90* servo motora, nastavaka i dodatnih montažnih elemenata.

Perioda upravljačkog signala ovog servo motora iznosi 20 ms . Promenom faktora ispune signala određuje se pozicija izlazne osovine. Ukoliko pozicija „1“ predstavlja

krajnji levi položaj, „0“ središnji položaj, a „1“ krajnji desni položaj, impulsi koje treba dovesti za pozicioniranje osovine na date položaje iznose 1 ms (faktor ispune 5%), 1.5 ms (faktor ispune 7.5%) i 2 ms (faktor ispune 10%), respektivno. Zaključuje se da je podešavanjem trajanja impulsa kontrolišućeg signala u opsegu od $1\text{--}2 \text{ ms}$ omogućeno zauzimanje svih položaja osovine u opsegu od $0\text{--}180^\circ$, kao što se može videti na slici 3. Primećuje se da duži impulsi okreću osovinu u smeru kazaljke na satu, a kraći impulsi okreću osovinu u suprotnom smeru.



Slika 3. Položaj izlazne osovine servo motora u zavisnosti od dovedenog upravljačkog signala.

C. TCS3200 modul za određivanje boje

Vidljiva svetlost predstavlja opseg talasnih dužina svetlosti koju čovečje oko može detektovati. Svetlost određene talasne dužine oko registruje kao boju. Bela boja predstavlja skup svih talasnih dužina. Pri emitovanju bele svetlosti na željeni objekat, deo svetlosti se može apsorbovati, a deo reflektovati, u zavisnosti od karakteristika površine objekta. Do posmatrača dolazi samo reflektovana svetlost, a na osnovu njene talasne dužine ljudsko oko registruje boju. Na primer, u slučaju da je objekat plave boje, doći će do refleksije plave boje, a ostale boje će se apsorbovati od strane objekta.

TCS3200 modul [3] za određivanje boje (slika 4) sadrži senzor boje *TCS3200* i četiri LED diode bele boje smeštene na jednoj pločici.

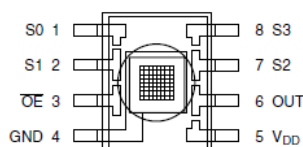
LED diode koriste se za obezbeđivanje potrebnog osvetljenja kako bi se na osnovu reflektovane svetlosti detektovala tačna boja predmeta. Izolacija senzora od svetlosti LED dioda postignuta je crnim plastičnim delom vidljivim na slici 4. Ovim je onemogućeno da se svetlost LED dioda detektuje kao svetlost reflektovana od predmeta.

TCS3200 je programabilni senzor boje koji se sastoji od silicijumskih fotodioda i strujno-frekvencijskog konvertora, integrisanih na jednom čipu [4].



Slika 4. *TCS3200* modul za određivanje boje.

Na slici 5 je prikazan senzor boje *TCS3200* i raspored njegovih pinova.



Slika 5. Izgled *TCS3200* senzora za određivanje boje i raspored njegovih pinova.

Fotodiode su presvučene odgovarajućim filterima i raspoređene tako da formiraju matricu dimenzija 8x8. Matrica se sastoji od 64 fotodiode (16 sa crvenim filterom, 16 sa zelenim filterom, 16 sa plavim filterom i 16 bez filtera). Sve fotodiode sa istom bojom filtera su vezane paralelno i predstavljaju jednu grupu. Svaka grupa fotodiode vrši detektovanje prisustva odgovarajuće boje. Pinovi S2 (7) i S3 (8) se koriste za selektovanje grupe fotodiode koje vrše merenje. Kombinacije signala za aktiviranje odgovarajućih grupa fotodiode su prikazane u tabeli I. Nizak naponski nivo je obeležen sa L (*Low*), a visok sa H (*High*).

TABELA I. KOMBINACIJA SIGNALA NA KONTROLNIM PINOVIMA S2 I S3 ZA AKTIVACIJU ODGOVARAJUĆIH GRUPA FOTODIODA.

S2	S3	Grupa fotodiode
L	L	Crveni filter
L	H	Plavi filter
H	L	Bez filtera
H	H	Zeleni filter

Na primer, u slučaju aktiviranja grupe fotodiode sa crvenim filterom, samo crvena svetlost prolazi kroz filter, dok je svetlost svih drugih talasnih dužina stopirana. Daljim aktiviranjem zelene a potom i plave grupe fotodiode

omogućava se prolazak tačno definisanih talasnih dužina svetlosti i dobija se informacija da li su date boje prisutne.

Svaka boja se može predstaviti kombinacijom crvene, zelene i plave boje, pa se zato i vrši njihova detekcija. Na osnovu udela ovih boja moguće je odrediti tačnu boju objekta.

Uloga strujno-frekvencijskog konvertora je generisanje signala određene frekvencije u zavisnosti od intenziteta svetlosti detektovanog aktivnom grupom fotodiode. Interno se generiše impulsni signal čija je frekvencija direktno proporcionalna intenzitetu reflektovane svetlosti. Dovodenjem tog signala na niz delioca frekvencije omogućeno je skaliranje frekvencije izlaznog signala na tri predefinisane vrednosti: 2 %, 20 % ili 100 %. Skaliranje se vrši brojanjem impulsa signala osnovne frekvencije, pa zato period izlaznog signala predstavlja srednju vrednost svih perioda osnovne frekvencije. Odabir relativne izlazne frekvencije se vrši pomoću dva kontrolna pina S0 (1) i S1 (2), kao što je prikazano u tabeli II. Izlazni signal je impulsnog oblika, sa fiksnim faktorom ispune 50 %, i očitava se sa pina OUT (6).

Na pin GND (4) se dovodi masa, a na pin V_{DD} (5) napajanje. Napajanje senzora kreće se u opsegu od 2.7 V do 5.5 V, a tipično se koristi 5 V.

TABELA II. KOMBINACIJA SIGNALA NA KONTROLNIM PINOVIMA S0 I S1 ZA SKALIRANJE FREKVENCije IZLAZNOG SIGNALA.

S0	S1	Skaliranje frekvencije
L	L	-
L	H	2 %
H	L	20 %
H	H	100 %

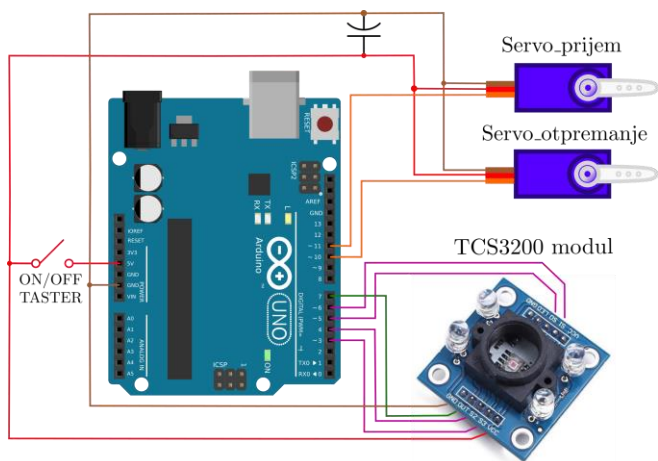
D. Električna šema uređaja

Električna šema uređaja prikazana je na slici 6. Za razvoj sistema korišćeno je razvojno okruženje *Arduino Uno* sa eksternim napajanjem od 5 V. Napajanje ostalih elemenata u kolu realizovano je preko razvojnog okruženja, naponom od 5 V.

ON/OFF TASTER služi za uključenje i isključenje celokupnog sistema.

Upravljački pinovi servo motora, povezani su na PWM pinove okruženja, pin 10 (Servo_otpremanje) i pin 11 (Servo_prijem). Pinovima za napajanje i masu servo motora, paralelno je vezan elektrolitski kondenzator vrednosti 100 µF čija je uloga sprečavanje pada napona u trenutku uključivanja servo motora.

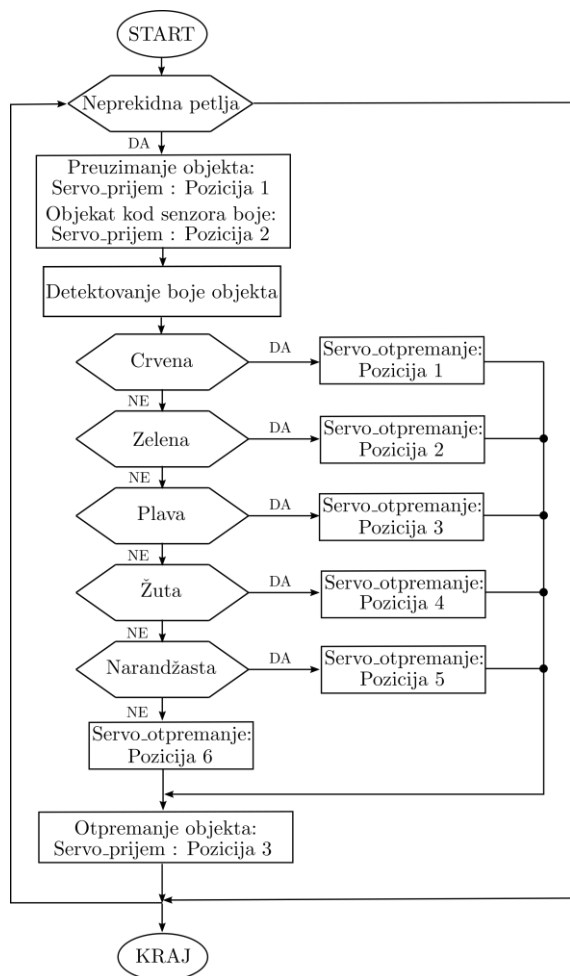
Kontrolni pinovi S0, S1, S2 i S3 na *TCS3200 modulu*, povezani su na digitalne pinove okruženja 5, 6, 4, 3, respektivno. Izlazni pin modula OUT povezan je na digitalni pin 7.



Slika 6. Električna šema uređaja.

E. Tok programa

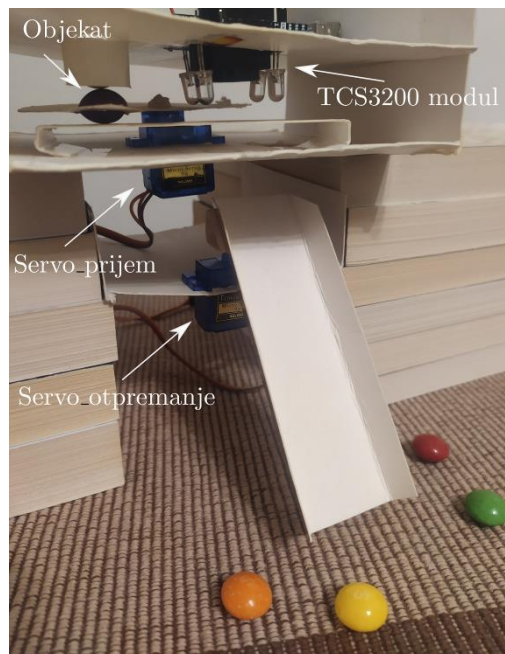
Algoritam funkcionisanja sistema dat je na slici 7. Razvoj firmware-a je realizovan u besplatnom softverskom okruženju *Arduino IDE*.



Slika 7. Tok programa.

F. Prototip uređaja

Na slici 8 prikazan je prototip uređaja, napravljen od kartona, radi ispitivanja funkcionalnosti. Plan autora je odštampati uređaj na 3D štampaču.



Slika 8. Prototip uređaja izrađen od kartona.

III. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisan postupak razvoja uređaja za razvrstavanje objekata po bojama. Prototip uređaja je izrađen od kartona. Za ispitivanje funkcionalnosti, kao predmeti posmatranja iskorišćene su raznobojne bombone. Planirana je izrada uređaja korišćenjem tehnike 3D štampe, kao i omogućavanje detektovanja objekata drugih dimenzija. Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije kroz projekat br. TR 32026.

LITERATURA

- [1] Tehnička dokumentacija *Arduino Uno*. [OnLine] Dostupno na: <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>
- [2] Tehnička dokumentacija *TowerPro SG90*. [OnLine] Dostupno na: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/791970/TowerPro/SG90/1>
- [3] Tehnička dokumentacija - *TCS3200* modul. [OnLine] Dostupno na: <https://www.e-gizmo.net/oc/kits%20documents/GY31%20Color%20sensor/GY-31%20Color%20Module.pdf>
- [4] Tehnička dokumentacija - *TCS3200* senzor boje. [OnLine] Dostupno na: https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/TCS3200-Color-Sensor-Module.pdf

Kontrolisanje unipolarnog koračnog motora Arduino mikrokontrolerom

Dušan Golubović

Sadržaj – U ovom radu opisane su osnovne karakteristike koračnog motora i njegovo upravljanje pomoću mikrokontrolera, sa svim šemama povezivanja i kodom za programiranje.

I. UVOD

Sama reč koračni motor navodi nas na zaključak da se on vrti u koracima, tj. u diskretnim inkrementima ugaonog pomeraja. U nekim slučajevima se javljaju i u translatornoj izvedbi, ali je rotaciona daleko zastupljenija u praksi. Dakle, koračni motori su elektromehanički konvertori energije koji pulseve struje pretvaraju u koračni mehanički pomeraj.

Razlikujemo dve osnovne vrste koračnog motora, unipolarni i bipolarni. Fokusiraćemo se samo na unipolarnom jer je lako upravljiv i jednostavan za pokretanje.

Unipolarni koračni motor ima najmanje dva namotaja sa srednjim krajem (Slika 1), na koje se sekvencionalno dovode impulsi sa upravljačke jedinice. Dva popularna moda za koračanje su puni korak i polu korak. Puni korak može imati dva tipa, jednofazni i dvofazni.

Za dobijanje jednofaznog koraka upravljačka jedinica napaja po jedan namotaj u trenutku. Ovakav tip punog koraka troši manje struje ali ima manju snagu. Za dobijanje dvofaznog punog koraka upravljačka jedinica napaja dva namotaja u isto vreme. Ovaj tip punog koraka troši duplo više struje i daje dvostruko veću snagu. Polu korak jeste kombinacija dva tipa punog koraka. Ovaj mod povećava preciznost deljenjem svakog koraka na dva.

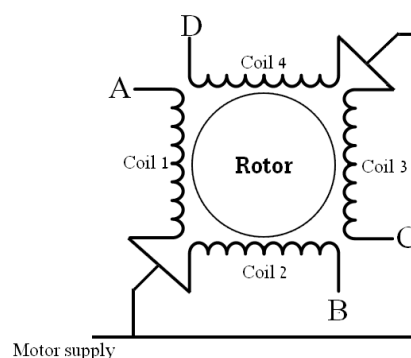
U ovom primeru koristimo unipolarni koračni motor oznake 28BYJ-48 [1], koji obično dolazi sa svojim drajverom [2] (Slika 2), u modu dvofazni puni korak. Za pokretanje unipolarnog koračnog motora može se koristiti integrisano kolo oznake L293D ili ULN2003A (niz Darlington tranzistora).

II. PRAKTIČNA REALIZACIJA I ŠEME POVEZIVANJA

Cilj je da pritiskanjem tastera određujemo smer obrtanja koračnog motora, a da potencijetrom podešavamo brzinu obrtanja. Za to su nam potrebne sledeće komponente:

D. Golubović je učenik T.Š. Rade Metalac, Dimitrija Tucovića bb, 16000 Leskovac, Srbija, E-mail: golubovic.dusan555@gmail.com

- ArduinoUno mikrokontroler sa svojim softverom (Arduino IDE)
- 28BYJ-48 unipolarni koračni motor
- Pločica sa integrisanim kolom ULN2003A
- Potencijometar vrednosti 10 kΩ
- Taster
- Napajanje od 5 V do 12 V
- Proto ploča (*breadboard*)
- Kratkospojnici.



Unipolar Stepper Motor

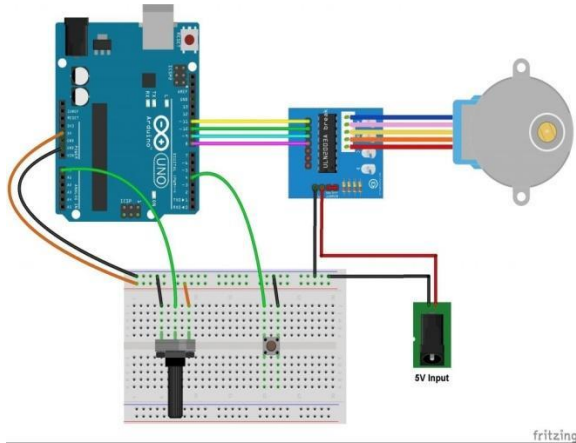
Slika 1. Raspored namotaja oko rotora, pri čemu su srednji krajevi oba namotaja povezani u jednu tačku.



Slika 2. ULN2003A driver board.

Eksterno napajanje od 5 V do 12 V je potrebno jer preko pinova za napajanje sa Arduino razvojnog okruženja nije moguće obezbediti dovoljno struje. U ovom projektu, koristimo punjač mobilnog telefona sa naponom od 5 V. Na slici 3 data je električna šema projekta. Koračni motor povezan je konektorom sa ULN2003A pločicom koja na sebi ima ugrađene LED diode. Svrha ovih dioda je da nas obavestavaju o tome koji namotaji su pod naponom u

trenutku. Ulazi na kolu označeni su: IN1, IN2, IN3 i IN4 i povezani su sa digitalnim I/O pinovima na Arduino sledećim redosledom: IN1- pin 11, IN2 – pin 10, IN3 – pin 9, IN4 – pin 8. Eksterno napajanje od 5 V povezano je sa pločicom. Jedan pin tastera povezan je na masu, a drugi preko Arduino I/O pinom 4 na integrisani otpornik u arduinu koji će mo aktivirati prilikom pisanja koda. Srednji pin potencijometra povezan je sa Arduino analognim pinom A0, dok su ostala dva povezana sa napajanjem iz Arduina kao na slici 3.



Slika 3. Šema povezivanja komponenti.

III. PROGRAMIRANJE I TESTIRANJE

A. Programiranje

Osnovna programska struktura Arduino razvojnog okruženja se sastoji od dve osnovne funkcije: *setup* i *loop*. Funkcija *setup* će se izvršiti samo jednom, i to pri pokretanju programa na Arduino ploči. U *setup* funkciji vrši se definisanje pinova (da li je pin ulaz ili izlaz) i definisanje konstantnih vrednosti. *Loop* funkcija se izvršava konstantno nakon izvršenja *setup* funkcije beskonačan broj puta. U *loop* segmentu treba opisati sistem i definisati primanje i slanje podataka. Kao što je prikazano u prvom delu programa (Slika 4.), funkcijom *Stepper* definisano je ime koračnog motora, broj koraka i pinovi na koje je priključen. Da bi se motor okretao potrebno je ispisati pinove u odgovarajućem redosledu, što zavisi od rasporeda namotaja oko rotora motora.

Pin za koji je vezan taster definišemo kao *INPUT_PULLUP*, zbog toga što nam je potreban otpornik koji je integrisan u Arduino i koji je jednim krajem vezan na +5 V, a drugim krajem na pin 4. Da nema tog otpornika, kada taster nije pritisnut stanje na pinu 4 ne bi bilo definisano. Kada taster nije pritisnut, na pin 4 se preko internog otpornika čita logička jedinica (+5 V). Kada je taster pritisnut, preko mase na koju je vezan taster, čitaće se logička nula (0 V).

Postavljanjem odgovarajućih uslova sa *if* i *while*, možemo odrediti kada će se u kom smeru motor okretati.

Korišćenjem *map* funkcije, vrednost potencijometra preslikavamo na vrednost brzine, gde se menjanjem vrednosti potencijometra srazmerno menja i vrednost brzine u definisanim okvirima. U ovom slučaju najmanja brzina iznosi 1, a najveća 500.

```
#include <Stepper.h>
#define STEPS 32 //Ovde definišemo broj koraka po jednom punom okretu rotora.

Stepper stepper(STEPS, 8,10,9,11); //Definisanje koračnog motora(ime(broj koraka,pinovi)).

const int taster = 4; //Pin na koji je povezan taster.
const int pot = A0; //Pin na koji je povezan potencijometar.

void setup() {
  pinMode(taster, INPUT_PULLUP); //Definisanje tastera kao ulaz i aktiviranje PULLUP otpornika.
  int direction = 1, speed = 0; //Definisanje početnog smera i brzine.
}

void loop() {
  if (digitalRead(taster) == 0) //Ako taster nije pritisnut(čitanje logičke nule preko mase), ne menjati smer obrtanja.
  {
    if (debounce()) //Ako je taster pritisnut(čitanje logičke jedinice preko pullup otpornika),
    {
      direction *= -1; //promeniti smer obrtanja
      while( debounce() ); //do sledećeg pritiskanja tastera.
    }
  }

  int val = analogRead(pot); //Čitanje analogne vrednosti potencijometra.
  if (speed != map(val, 0, 1023, 1, 500) ) //Ako vrednost brzine nije jednaka vrednosti potencijometra,
  //funkcijom map preslikavamo vrednost potencijometra na vrednost brzine
  {
    speed = map(val, 0, 1023, 1, 500); //promeniti vrednost brzine dok se ne izjednače.
    stepper.setSpeed(speed); //Primeniti zadatu vrednost brzine.
  }
  stepper.step(direction); //Pokrenuti motor u datom smeru.
}
```

Slika 4. Prvi deo programa.

U drugom delu programa (Slika 5.) prikazan je kod za uklanjanje "odskakivanja", neidealne karakteristike realnog tastera (button bounce). Kada pritisnemo taster, zbog njegovih mehanickih delova i materijala od kojih je napravljen, dolazi do pojave više uzastopnih električnih lukova izmedju kontakata tastera u kratkom vremenskom roku, što može predstaviti problem. Odsakivanje tastera manifestuje se kao višestruka promena logičkih nivoa na logičkom ulazu mikrokontrolera.

Kroz *for* petlju se taster očita nekoliko puta, zatim se proverí da li je novo stanje različito od prethodnog. Ako jeste, to znači da se taster još uvek nije stabilizovao. Kada se zadovolji uslov, odnosno kada se taster stabilizovao, vracamo vrednost funkciji.

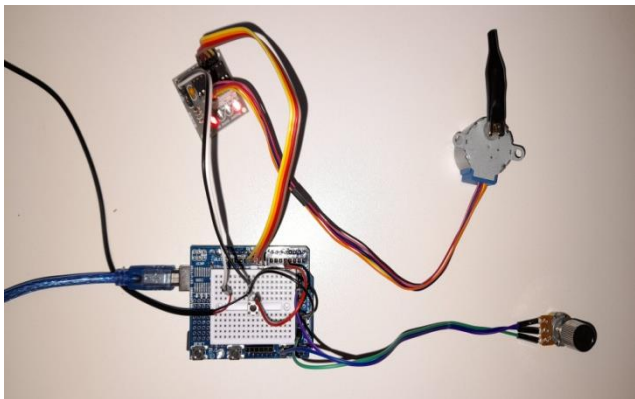
```
//Ovaj kod koristi se za debouncing tastera i biće objašnjen u tekstu.
bool debounce()
{
  byte count = 0;
  for(byte i = 0; i<5; i++){
    if (digitalRead(taster) == 0)
      count++;
    delay (10);
  }
  if(count > 2) return 1;
  else return 0;
}
```

Slika 5. Drugi deo programa.

B. Testiranje

Prilikom testiranja uočeno je da se LED diode uvek uključuju u paru (Slika 6.), zbog toga što koristimo mod dvofazni puni korak, gde se u isto vreme napajaju dva namotaja. Uočeno je takođe i da se na najmanjoj vrednosti potencijometra osovina motora neprimetno zaokreće, zbog definisane najmanje vrednosti koja iznosi 1. Menjanjem vrednosti potencijometra, brzina okretanja osovine se povećava srazmerno, do najveće definisane koja iznosi 500.

Jednim pritiskom na taster promeniće se smer obrtanja, ponovnim pritiskanjem će se vratiti u prethodni.



Slika 6. Testiranje prototipa projekta.

IV. ZAKLJUČAK

Koračni motori imaju veoma veliku primenu u automatizaciji mašina i robotici. Ni jedna savremena mašina se ne može zamisliti bez ovih motora, jer se koriste za svako precizno pomeranje delova i sklopova mašine. Sastavni su deo CNC mašina, a mogu se naći i u CD room čitačima.

ZAHVALNICA

Hteo bih da se zahvalim Elektronskom fakultetu u Nišu za opremu koju su nam poklonili i bez koje realizacija ovog rada ne bi bila moguća. Ovaj rad deo je aktivnosti na projektu "Za IEEEESTEC se spremi". Takođe, želim da se zahvalim Milošu Marjanoviću, asistentu na Katedri za mikroelektroniku, Elektronskog fakulteta Niš na datim smernicama.

LITERATURA

- [1] 28BYJ-48: <https://components101.com/motors/28byj-48-stepper-motor>
- [2] ULN2003A driver board: <https://easyeda.com/adrirobot/Stepper-motor-driver-board-ULN2003A>
- [3] Arduino Unipolar Stepper Motor Control: <https://simple-circuit.com/arduino-unipolar-stepper-motor-control>
- [4] Arduino language reference: <https://www.arduino.cc/reference/en/>

Merenje visine ljudi pomoću *Arduino* okruženja

Nemanja Nedeljković

Sadržaj – U ovom radu je realizovan sistem za merenje visine, koji se sastoji od ultrazvučnog senzora za merenje, dok je za ispis izmerene visine korišćen LCD displej. Rad ovog senzora uz LCD displej su omogućeni preko *Arduino Uno* okruženja. Detaljan opis korišćenih komponenata i demonstracija primene će biti detaljnije objašnjeni u nastavku rada.

I. UVOD

Još od pamtiveka, ljudi su beležili razne dimenzije, dužine i rastojanja, istorijski gledano prvo su koristili dužinu prsta, veličinu šake i druge jedinice za merenje dužine. Najstarija mera za dužinu je egipatski lakat, korišćen 3000 godina pre nove ere [1]. Dužina jednog egipatskog lakta je od zgloba lakta do najdužeg opruženog prsta. Stari Grci su koristili širinu 16 prsta što je bilo jednako jednoj stopi. Rimljani su tu meru uzeli od Grka podelili je sa 12 i nazvali uncia. Kasnije je ta mera dobila naziv inč i dalje se koristi u Americi. Merenje visine predstavlja određivanje veličine objekta ili ljudi, ta veličina se iskazuje brojem i jedinicom. Osnovna jedinica za dužinu (visnu) je metar (m), a kada je merenje visine ljudi u pitanju najčešće se visina izražava u cm. Etalon metra je šipka koja u poprečnom preseku ima oblik slova x. Sastoji se od platine i iridijuma u odnosu 90/100. Taj oblik ima zato što je najotporniji na uvijanje i spoljašnje uticaje. Prednost etalona metra je u tome što ta šipka ne predstavlja meru metra, nego samo materijalizuje tu dužinu. Dužina je jedna od osnovnih veličina u međunarodnom sistemu jedinica (SI sistem). Neke od definicija metra kroz istoriju su;

- 1872. godine- jedan metar je desetomilioniti deo kvadranta Zemlje.
- 1875. godine - potpisana konvencija jednog metra.
- 1878/89. godine - priprema za merenje 30 etalona metra i usvajanje etalona u obliku slova x.
- 1887. godine - Majkelson je predložio korišćenje optičkih interferometra za merenje dužine. On je 1907. godine dobio Nobelovu nagradu za fiziku.
- 1960. godine – CGPM (*General Conference on Weights and Measures*) je usvojio definiciju metra koja glasi: jedan metar

N. Nedeljković je student III godine studija na studijskom programu Elektronske komponente i mikrosistemi, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Serbia, E-mail: neca.nedeljkovic@gmail.com

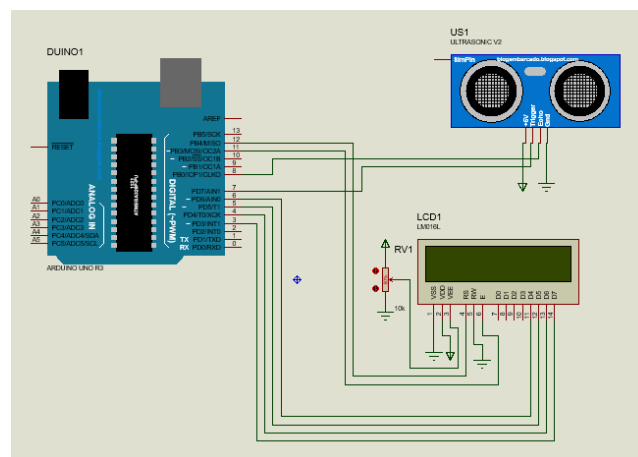
predstavlja 1650763,73 talasnih dužina narandžastocrvene emisije linije u elektromagnetnom spektru zračenja u vakuumu kriptona-86 pri prelasku elektrona sa nivoa $2p^{10}$ na nivo $5d^5$.

- 1983. godine - CGPM promenio definisanje metra tako da je jedan metar dužina puta koji svetlost pređe u vakuumu za $1/299792458$ sekundi.

Aktivnost merenja je uglavnom eksperimentalne prirode. Metar je kalibrisani instrument za merenje dužine (visine). U ovom radu biće predstavljen koncept elektronskog savremenog metra za merenje visine ljudi zasnovan na ultrazvučnom senzoru.

II. ELEKTRIČNA ŠEMA I ELEMENTI KOLA

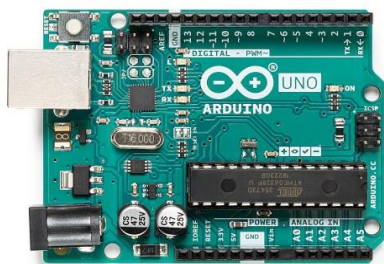
Pre same praktične realizacije urađena je i simulacija projekta, a ujedno i nacrtana električna šema u programskom paketu Proteus. Električna šema data je na slici 1.



Slika 1. Električna šema urađena u programskom paketu Proteus.

A. *Arduino UNO*

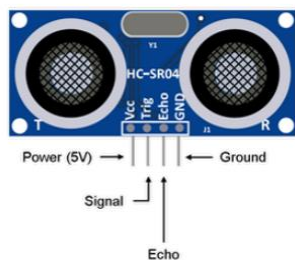
Arduino Uno je ploča mikrokontrolera zasnovana na ATmega328 mikrokontroleru [2] (prikazana na slici 2). Ima 14 digitalnih ulaza/izlaza (od kojih se 6 mogu koristiti kao PWM izlazi), 6 analognih ulaza, kristalni oscilator od 16 MHz, USB vezu, priključak za napajanje, ICSP konektore za programiranje i dugme za resetovanje. Sadrži sve što je potrebno za podršku mikrokontroleru; jednostavno se povezuje na računar pomoću USB kabla, preko koga se i napaja. Napajanje može biti i DC adapterom ili baterijom.



Slika 2. Arduino UNO.

B. Ultrazvučni senzor HC-SR04

Ultrazvučni senzori daljine se koriste za merenje rastojanja između senzora i objekta koji se nalazi ispred njega. Ovi senzori nude dobru preciznost i jednostavni su za upotrebu. Ultrazvučni senzor SRF04 [3], prikazan je na slici 3. Ovaj senzor pored pinova za napajanje (Vcc i GND), za komunikaciju ima još dva pina: pin za okidanje (Trig), i Echo pin. Rezolucija senzora je 0,3 cm, a opseg detektovanja objekta od 2 cm do 500 cm. Senzor pokriva horizontalni ugao do 15°.



Slika 3. Izgled ultrazvučnog senzora HC-SR04.

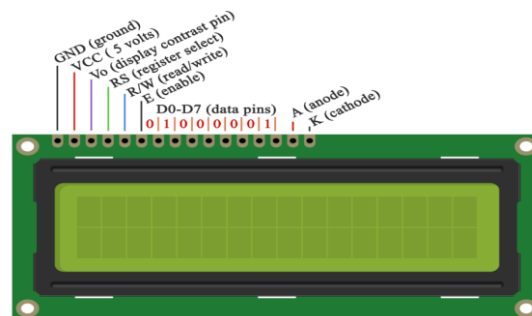
C. LCD displej

Displej koji je korišćen je LCD displej 16x2, što znači da LCD ima 2 linije i da može prikazati 16 znakova po redu. Zbog toga LCD ekran od 16x2 može istovremeno prikazati do 32 znaka, dok je klizanjem moguće prikazati i više od 32 znaka. Na slici 4 dat je izgled LCD displeja sa označenim pinovima [4]. Pored pinova za napajanje, LCD ima pin za kontrolu kontrasta (Vo) korišćenjem potencijometra, pinove za kontrolu sadržaja registara, dozvolu rada, pinove za prenos podataka, kao i pinove za pozadinsko LED osvetljenje.

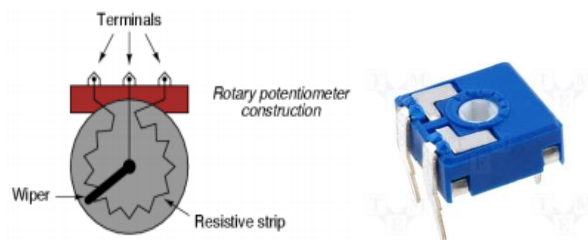
D. Potencijometar

Potencijometar je otpornik promenljive otpornosti. Sastoji se od otpornog dela na čijim su krajevima vezani kontakti, i klizača koji se kreće po otpornom delu potencijometra. Okretanjem osovine klizača, korisnik menja vrednost otpornosti. U ovom projektu je korišćen

potencijometar od 10 k Ω . Na slici 5 dat je prikaz izgleda potencijometra [4]. On je priključen na LCD displej, tako da njegovim podešavanjem (promenom otpornosti) možemo na displeju dobiti svetliji ili tamniji ispis poruke.



Slika 4. Prikaz LCD displeja.



Slika 5. Prikaz potencijometra.

E. Otpornik

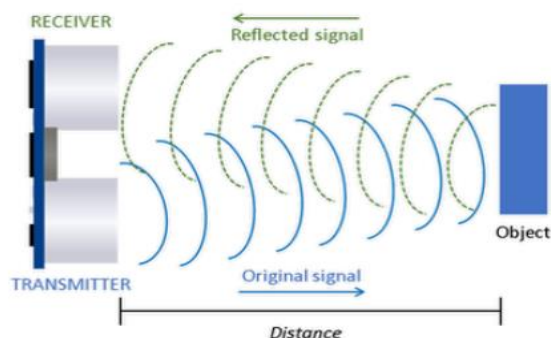
Otpornik je pasivna elektronska komponenta koja se koristi kao osnovni element elektronskih uređaja. Upotrebljava se kako bi se obezbedio određen otpor koji bi ograničio protok struje i kontrolisao napon u kolu. U ovom projektu je korišćen otpornik od 220 Ω . Njegova uloga je da ograniči struju kroz LED diode koje omogućavaju pozadinsko osvetljenje LCD displeja.

III. PRINCIP RADA

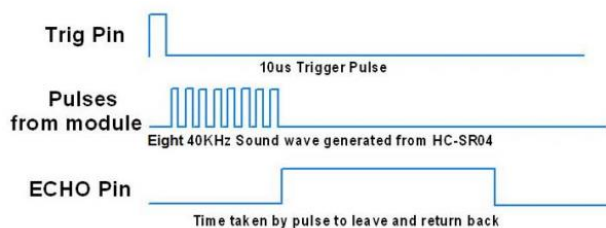
Ideja projekta je da se izmeri visina čoveka bezkontaktno preko ultrazvučnog senzora. Sve što je potrebno uraditi je stati ispod senzora, koji se tada inicijalno aktivira. Način rada samog senzora je prilično jednostavan. Senzor emituje zvučne impulse frekvencije 40 kHz (ultrazvuk) koji se prostiru do objekta koji se nalazi ispred samog senzora [3]. Zvučni implusi se odbijaju od objekta nazad prema senzoru (slika 6). Merenjem vremena koje protekne od trenutka emitovanja talasa iz samog senzora i trenutka kada se odbijeni talas vrati do senzora uz poznatu brzinu prostiranja zvuka kroz vazduh (340 m/s) moguće je odrediti udaljenost objekta od senzora.

Da bi dobili ovu informaciju, određivanje rastojanja objekta od senzora, potrebno je na TRIG pin poslati okidni impuls u trajanju od 10 μ s. Nakon okidnog impulsa senzorski modul iz predajnog zvučnika emituje 8

ultrazvučnih impulsa frekvencijom 40 kHz, zvuk putuje do objekta i nazad u modul. Kada se završi emitovanje zvuka, ECHO pin se interno postavlja u stanje logičke jedinice i ostaje u tom stanju dok emitovani zvuk ne ode do objekta i vrati se nazad u senzorski modul (slika 7). Merenjem vremena t koliko je ECHO pin bio u stanju logičke jedinice moguće je odrediti rastojanje objekta od senzora. Kako je brzina zvuka $v = 340 \text{ m/s} = 0.034 \text{ cm/}\mu\text{s}$, za rastojanje se dobija $s=vt/2$. Uzima se $t/2$ jer je vreme t proteklo od trenutka kad je zvuk od predajnog zvučnika putovao do objekta i nazad do modula.



Slika 6. Ilustracija principa rada ultrazvučnog senzorskog modula SRF04.



Slika 7. Signali ultrazvučnog senzorskog modula SRF04.

Kada imamo rastojanje od senzora do objekta, možemo krenuti sa razmatranjem merenja visine čoveka. Prvo treba da postavimo uređaj na nekoj određenoj visini, u našem slučaju to je 200 cm, koja je prethodno definisana u kodu, a na slici 8 je označena slovom H . Kada neko stane ispod uređaja, senzor meri udaljenost h . Zatim kod izračunava udaljenost $H-h$ koja zapravo predstavlja visinu osobe ispod uređaja i prikazuje ovu vrednost na LCD-u. Kada ispod uređaja nema nikoga, izračunata vrednost je nula jer je u ovom slučaju $H = h$ i $H-h$ je nula.

IV. PROGRAMSKI KOD

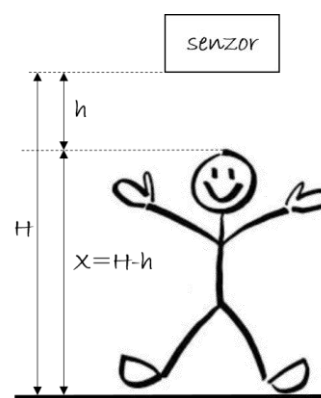
Prikazan je programski kod uz pomoć kojeg je realizovan rad ultrazvučnog senzora i ispis izmerene visine na LCD displeju.

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
#define triggerPin 7
#define echoPin 8
long vreme;
float rastojanje;
LiquidCrystal myLCD(12,11,6,5,4,3);

void setup() {
    pinMode(triggerPin,OUTPUT);
    pinMode(echoPin,INPUT);
    myLCD.begin(16,2);
    myLCD.setCursor(0,0);
}

void loop() {
    digitalWrite(triggerPin,LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(triggerPin,HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(triggerPin,LOW);
    vreme=pulseIn(echoPin,HIGH);
    rastojanje=0.017*vreme;
    float visina=200.0-rastojanje;
    myLCD.print("Vasa visina je");
    myLCD.setCursor(0,1);
    myLCD.print(visina);
    myLCD.print(" cm.");
    delay(500);
}
```



Slika 8. Prikaz ideje za merenje visine.

Za rad sa funkcijama za upravljenje i kontrolu LCD displeja koristi se biblioteka *LiquidCrystal*, koja se uključuje preko header fajla na početku koda. Kao primer dobre prakse, kako ne bi alocirali memoriju za čuvanje broja pina na koji su odgovarajuće hardverske komponente vezane, koristi se naredba `#define`. Na ovaj način definisani su brojevi pinova na koje su povezani trigger i echo pin ultrazvučnog senzorskog modula. Na početku su deklarirane dve promenljive: vreme, tipa long – koja će čuvati vrednost proteklog vremena dok je echo pin bio u stanju logičke jedinice (dok zvuk putuje iz modula do objekta i nazad) i rastojanje, tipa float, koja čuva izmerenu vrednost rastojanja od senzora do objekta. Zatim se kreira LCD objekat, imenovana instanca za rad sa LCD

bibliotekom, u ovom projektu myLCD i deklariraju se pinovi na koje je povezan [5]. Kao što je dato u listingu koda, register select pin povezan je na pin 12 *Arduino* okruženja, enable pin na 11, dok se za prenos podataka koriste pinovi 3-6.

U okviru funkcije void setup() koja se izvršava samo jednom, kada mikrokontroler dobije napajanje, definisani su trigger pin kao izlazni i echo pin kao ulazni, korišćenjem funkcije pinMode() [5]. Takođe, inicijalizovan je interfejs LCD-a i specificirane su dimenzije displeja (16x2), korišćenjem funkcije myLCD.begin(16,2). Ova funkcija mora biti pozvana pre bilo koje druge funkcije iz LCD biblioteke. Funkcijom myLCD.setCursor(0,0) pozicioniran je kursor na LCD-u, tj. podešena je lokacija od koje će krenuti ispisivanje podataka. U ovom slučaju, prva kolona, prvi red.

Funkcija void loop() predstavlja beskonačnu petlju i ovde je napisan korisnički deo programa. Pri svakom prolasku kroz beskonačnu petlju prvo se okine ultrazvučni modul, tako se trigger pin postavi u stanje logičke jedinice u trajanju od 10 μ s. Ovo je realizovano korišćenjem funkcija digitalWrite() za postavljanje pinova u odgovarajuća logička stanja: LOW – logička nula i HIGH – logička jedinica i delayMicroseconds() za definisanje trajanja odgovarajućeg signala [5]. Nakon toga meri se vreme za koje je echo pin u stanju logičke jedinice i to vreme se upisuje u vreme. Za merenje vremena koristi se funkcija pulseIn() [5]. Sledi izračunavanje rastojanja senzora od objekta čija se visina meri, zatim i visine tog objekta (čoveka). Izmereni podaci prikazuju se na LCD-u. Štampa teksta na displeju realizuje se funkcijom myLCD.print(). Treba napomenuti da se štampaju i string i vrednost promenljive tipa float.

V. REZULTATI MERENJA

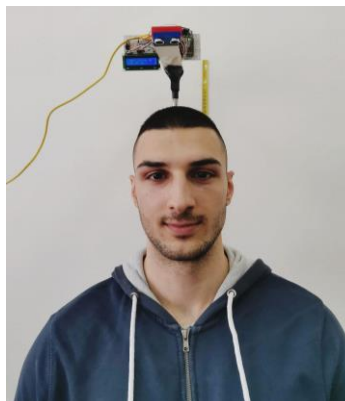
Na kraju je ostalo da praktično prikažemo kako senzor meri visinu na osnovu prethodno napisanog koda i postavljene aparature.

Prvi korak je kao što smo rekli, da čovek stane ispod senzora, što je prikazano na slici 9. Senzor se aktivira i izmerena visina se ispisuje na LCD displeju. Nakon prethodno poznate visine, koja iznosi 190cm, dobijamo približno tačnu vrednost izmerene visine čoveka od 190.57cm, što je prikazano na slici 10.

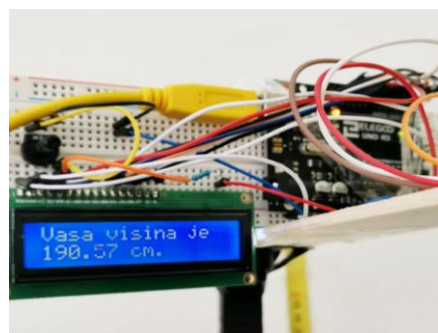
VI. ZAKLJUČAK

Iako su ljudi visinu merili od davnina, različitim metodama, razvoj savremene mikroelektronike omogućio je druge načine za merenje visine. U ovom radu predstavljena je praktična realizacija sistema za beskontaktno merenje visine pomoću ultrazvučnog senzorskog modula za merenje rastojanja upravljanog *Arduino* mikrokontrolerskom platformom. Projekat može biti unapređen dodavanjem senzora mase (*load cell*), tako da sistem pored merenja visine, meri i masu čoveka, a onda

na osnovu tih podataka određuje BMI (Body Mass Index). Ovo će biti predmet budućih istraživanja.



Slika 9. Postavljanje ispod senzora.



Slika 10. Ispisana visina nakon merenja.

ZAHVALNICA

Autor se zahvaljuje Katedri za mikroelektroniku na Elektronskom fakultetu, Univerziteta u Nišu, a posebno asistentu Milošu Marjanoviću na pruženoj pomoći i saradnji, kao i usmeravanju tokom realizacije ovog projekta.

LITERATURA

- [1] Istorija mera za dužinu. Dostupno na: <https://www.astronomija.org.rs/nauka/fizika/4682-istorija-mera-za-duinu>
- [2] ATmega 328 datasheet. Dostupno na: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf
- [3] SRF04 tehnička dokumentacija. Dostupno na: <http://inside.mines.edu/~whoff/courses/EENG383/lab/SRF04%20Technical%20Documentation.pdf>
- [4] Arduino Projects Book, ed. S. Fitzgerald, M. Shiloh, T. Igoe, Arduino LLC, 2012.
- [5] Arduino funkcije. Dostupno na: <https://www.arduino.cc/reference/en/>