



Simulacija šeme pametnog prstena za merenje brzine otkucaja srca, prikazivanje pulsog signala i oksigenisanosti krvi u programu LabVIEW

Miroslav Dočoš, BI 55/2019, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Marija Vejin, BI 28/2019, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Mentori rada: Platon Sovilj, Jelena Rafailović

Kratak sadržaj – U datom radu predstavljena je šema pametnog prstena zasnovana u programu LabVIEW. Predstavljen je dizajn i simulaciju pametnog prstena koji može meriti brzinu otkucaja srca, prikazati pulsni signal i meriti oksigenisanost krvi u realnom vremenu. Pametni prsten se sastoji od dve led diode (jedna emituje svetlost na talasnoj dužini crvene a druga infracrvene boje) i jedne pin diode koja detektuje neapsorbovanu svetlost sa druge strane prsta. Predloženi dizajn pametnog prstena koristi akviziciju pulsog signala za kategorizaciju fizičke aktivnosti u aktivni režim i pasivni režim. SpO2 senzor meri oksigenaciju krvi, upoređuje je sa normalnim vrednostima i ispisuje poruku u zavisnosti od toga da li korisnik treba da promeni prostoriju ili da se pobrine za disanje.. Predloženi pametni prsten ima potencijalnu primenu u praćenju zdravlja i fitnesa, gde je od suštinskog značaja kontinuirano praćenje vitalnih znakova u realnom vremenu. Dizajn i simulacija pametnog prstena nude ekonomičnu i neinvazivnu alternativu tradicionalnim sistemima za praćenje zdravlja.

Ključne reči: LabVIEW, pametni prsten, monitoring, biomedicinsko inženjerstvo, oksigenisanost krvi, puls, zdravlje, fitnes

1. UVOD

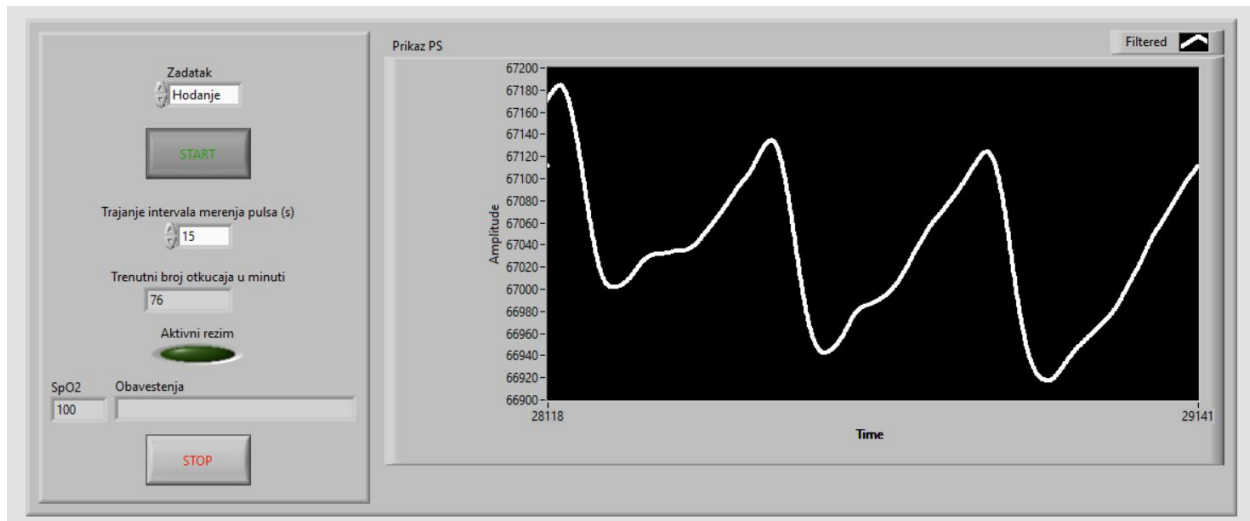
Činjenica je da sve više ljudi provodi većinu svog budnog vremena u sedećem, ili ležećem položaju što vremenom ostavlja posledice po zdravstveno stanje čoveka. Pronalaskom pametnih gedžeta kao što su satovi, narukvice ili prstenje se doprinelo tome da ljudi povedu više računa o svojim navikama, kao i tome da se razne kardiovaskularne, ali i bolesti kičme preveniraju, čime se postiže zdraviji i kvalitetniji život. Prednost ovakvog prstena jeste u tome što je vrlo mali, i jeftin, te bi svako mogao da ga priušti. Postavlja se na prst, što znači da je akvizicija pulsog signala mnogo jednostavnija, a pomoću softvera se iz pulsog signala računa brzina otkucaja srca kao i zasićenost krvi kiseonikom. Ovakav uređaj se vrlo lako može konektovati sa mobilnim uređajem preko bluetooth-a, što doprinosi mogućnosti trajnog beleženja podataka i vođenju zapisnika o aktivnostima i zdravlju korisnika. Naravno, ukoliko mobilni uređaj nije konektovan, prsten i dalje vrši svoju funkciju monitoringa i obaveštavanja. Podaci sa kojima su vršene simulacije preuzrti su od [1]

2. OPIS VIRTUELNIH INSTRUMENATA PAMETNOG PRSTENA

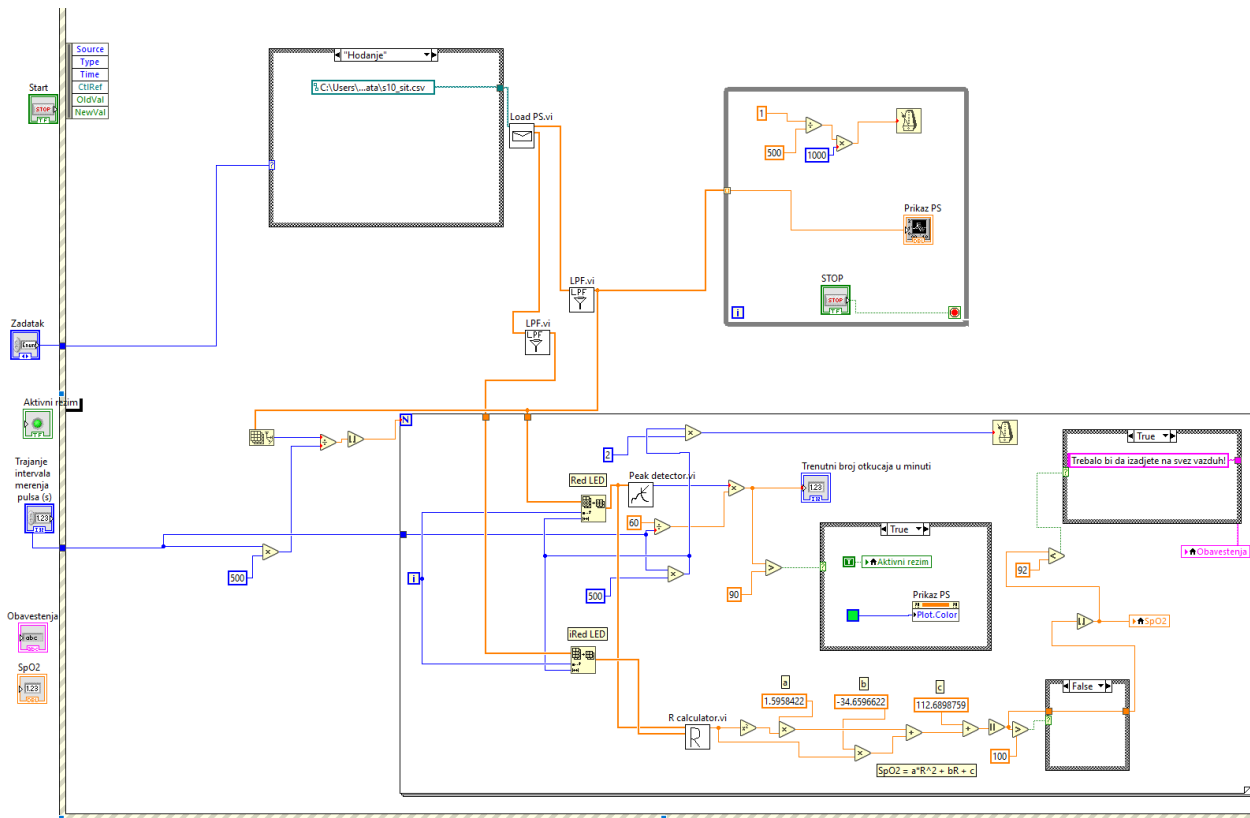
Grafički prikaz glavnog dela VI prikazan je na *slici 1* dok se deo blokovskog koda koji izvršava sve funkcije može videti na *slici 2*. Analizom *slike 2* može se primetiti da se cela funkcionalnost može podeliti na nekoliko funkcionalnih jedinica kao što su:

- Učitavanje signala (učitavanje signala kao takvo koristi se samo radi simulacije, dok u realnom sistemu bi direktno dobijeni signali sa A/D konvertora dolazili na ulaz)
- Filtriranje signala

- Prikaz signala
- Kalkulacija brzine otkucaja srca
- Kalkulacija SpO₂



Slika 1: Grafički prikaz funkcionalnosti uređaja



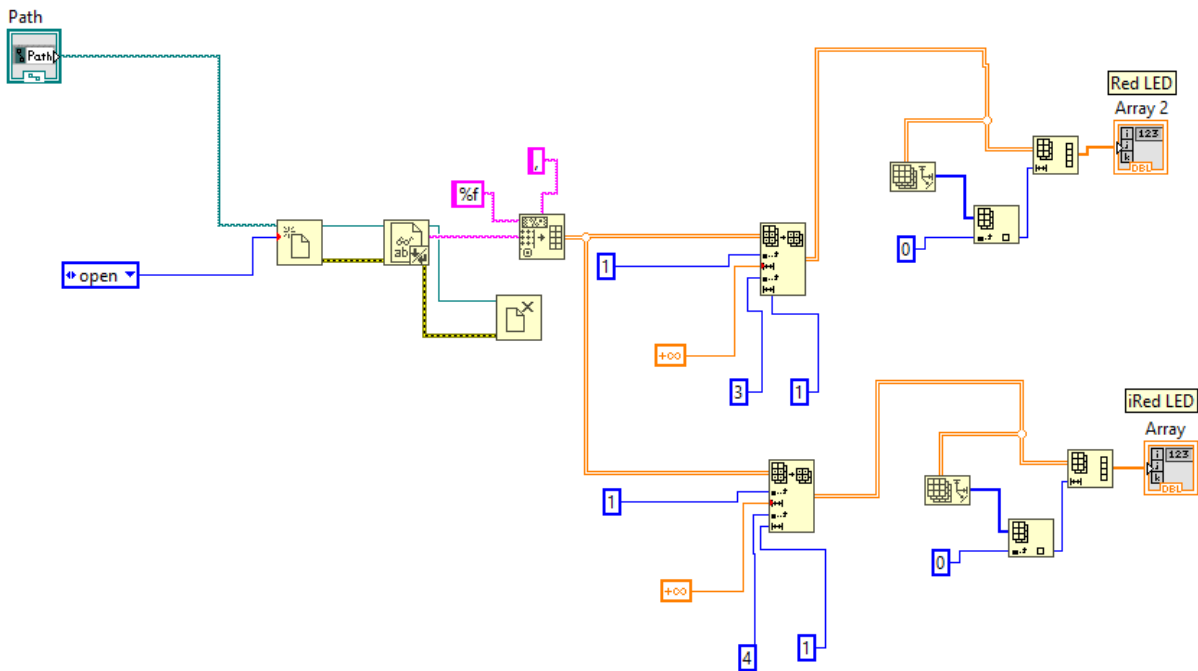
Slika 2: Prikaz blokovskog koda glavne funkcionalnosti

U daljem tekstu biće analizirana svaka funkcionalnost detaljnije.

2.1. Učitavanje podataka

Kao što je već spomenuto u ranijem tekstu, ovakvo učitavanje korišćeno je samo radi simulacije. Kod realnog sistema bi se signal direktno sa A/D konvertora dovodio te ovog segmenta ne bi bilo.

Funkcionalnost učitavanja vrši se pomoću subVI-ja „Load PS.vi“. Ovaj subVI ima 1 ulaz koji zahteva putanju do fajla sa podacima, dok na izlazu daje dva signala. Jedan signal je dobijen snimanjem transmisije crvene led diode, dok je drugi dobijen snimanjem infracrvene led diode. Detaljniji prikaz ove funkcionalnosti može se videti na *slici 3*.



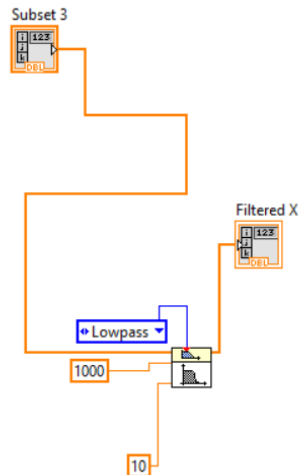
Slika 3: Prikaz sistema za učitavanje podataka

Ovakva izvedba sistema za učitavanje podataka bila je neophodna zbog same konstrukcije fajla u kojem su se podaci nalazili.

2.2. Filtriranje signala

Učitani signali su neobrađeni i puni šuma (takvi bi bili i realni snimljeni). Pošto u ovim signalima postoji značajna komponenta šuma koja se nalazi na dosta višim frekvencijama od samog korisnog signala, upotrebljen je niskopropusni filter sa graničnom frekvencijom od 10 Hz. Niskopropusni filter je takođe konstruisan kao subVI pod nazivom „LPF.vi“ a njegova šema se može videti na *slici 4*. Ovo je vrlo jednostavan subVI koji prima kao ulaz signal koji treba filtrirati, dok na izlazu vraća filtriran signal.

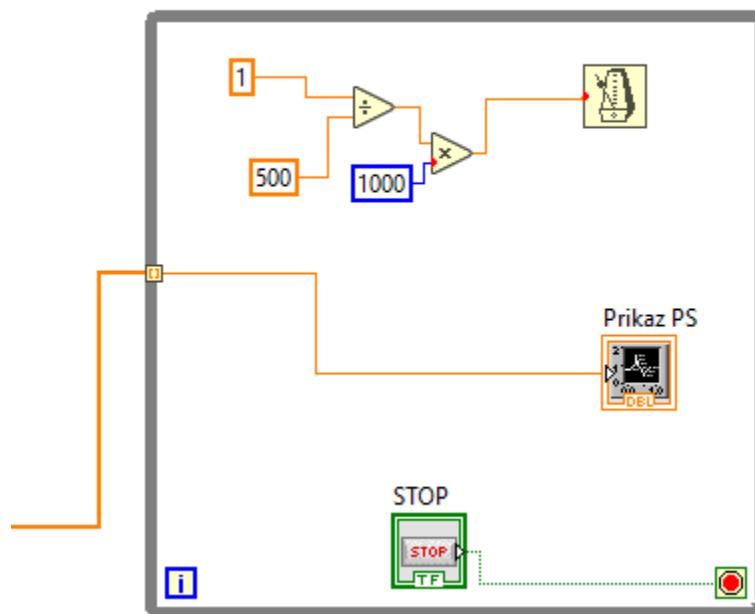
Filtriranje signala je značajno kako radi prikaza istog, tako i za samo izvršavanje proračuna SpO_2 i broja otkucaja srca u minuti.



Slika 4: Prikaz sistema za filtriranje signala

2.3. Prikaz signala u realnom vremenu

Jedna od mogućnosti pametnog prstena koji je opisan u ovom radu jeste prikaz pusnog signala. Iako u opštem slučaju korisnik ne može da isčita mnogo informacija iz samog signala, dodata je funkcionalnost signalizacije aktivnog režima. U uobičajnom režimu, kada korisnik ne troši mnogo kalorija, pulsni signal se prikazuje belom bojom, dok kada korisnik trenira, trči, ili brzo hoda, signal će se prikazivati zelenom bojom (ova funkcionalnost promene boje u zavisnosti od režima biće prikazana kasnije u tekstu). Detaljan prikaz ove funkcionalnosti može se videti na slici 5.

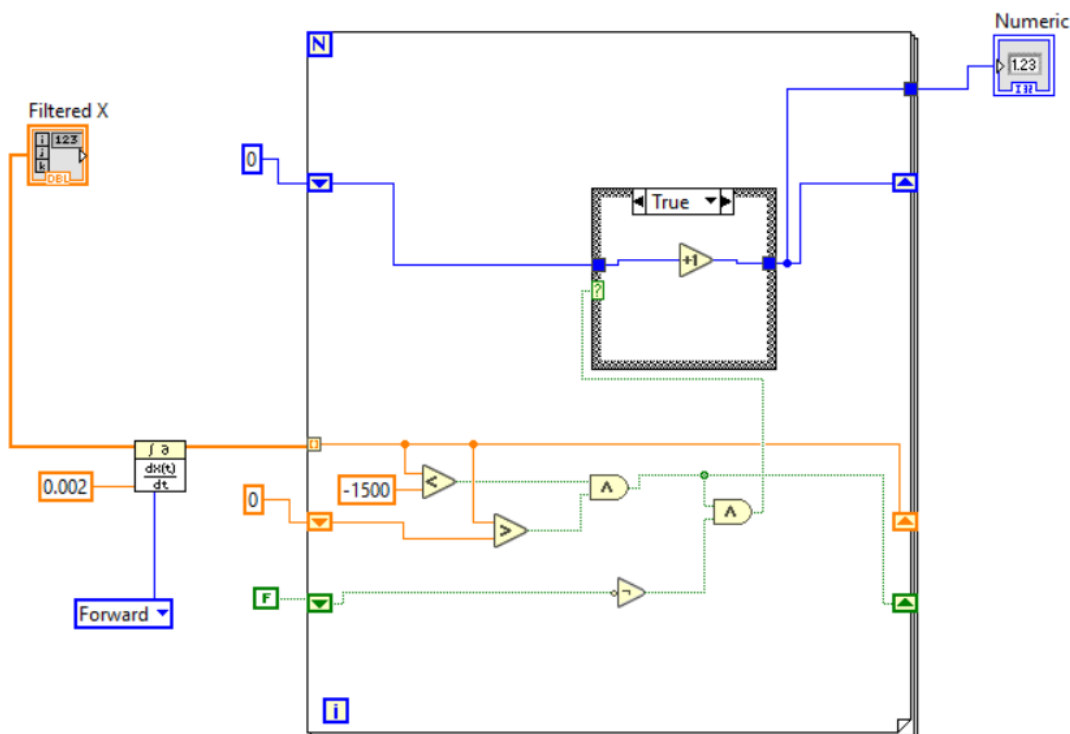


Slika 5: Prikaz sistema za iscrtavanje pusnog signala

Analizom *slike 5* može se primetiti da se ova while petlja izvršava na svakih 2 ms. Ovo je urađeno jer signal koji je korišćen za simulaciju je sniman sa frekvencijom odabiranja 500 Hz.

2.4. Kalkulacija brzine otkucaja srca

Da bi se brzina otkucaja srca mogla očitati sa pulsno signalu, neophodno je detektovati pikove istog. U ovoj izvedbi, detekcija pikova se vrši pomoću subVI-a „Peak detector.vi“ čij prikaz se može videti na *slici 6*. Ovaj subVI prima kao ulaznu vrednost filtriran signal, dok na svom izlazu daje broj detektovanih pikova. Jasno je da u realnom vremenu ne može da se prosledi ceo pulsni signal, te je neophodno čuvati vrednosti pulsno signalu korisnikom definisano vreme nakon čega se taj signal prosleđuje ovom subVI-u.



Slika 6: Prikaz sistema za detekciju i brojanje srčanih otkucaja

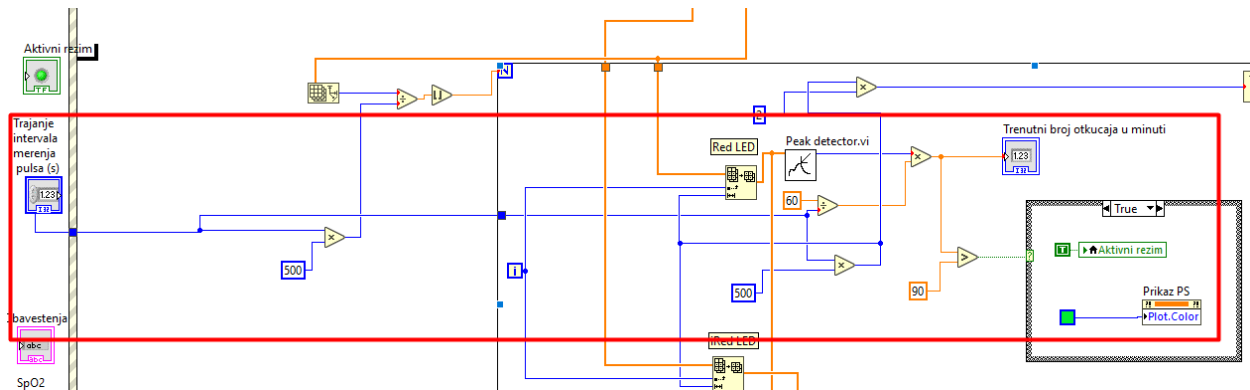
Sistem prikazan na *slici 6* ne samo da detektuje pikove u signalu, već ih i broji.

Pošto nije moguće estimirati broj otkucaja u minuti u realnom vremenu, korisniku se daje izbor frekvencije računanja ovog broja. Što je frekvencija računanja manja, račun je tačniji, ali daje ređe podatke. Sa druge strane, utisak o estimaciji u realnom vremenu korisnik dobija ako postavi veliku frekvenciju estimacije, ali nesigurnost u toj estimaciji postaje veća. Preporuka je da se ova estimacija vrši na svakih 15 sekundi, jer za to vreme se nakupi dovoljna dužina signala za relativno dobru estimaciju, dok korisnik ima dovoljno sveže podatke. Broj otkucaja u minuti dobija kao u *jednačini (1)*.

$$\frac{\text{Puls}}{\text{min}} = \text{br. pikova} * \frac{60}{T_s} \quad (1)$$

gde T_s predstavlja vreme za koje se prikupljaju podaci. Postavljanjem $T_s = 15$ s, nesigurnost koja se javlja pri estimaciji pulsa jeste ± 4 otkucaja u minuti što je prihvatljivo malo.

Na *slici 7* prikazano je gde se ovaj sistem pojavljuje u glavnom delu blokovskog koda. Analizom *slike 7* može se primetiti da ukoliko je puls veći od 90 otkucaja u minuti, uključuje se indikator za aktivni režim, dok prikaz pulsno signalu postaje zelene boje.



Slika 7: Prikaz sistema za detektovanje aktivnog režima i obaveštavanje korisnika o tome

2.5. Kalkulacija SpO₂

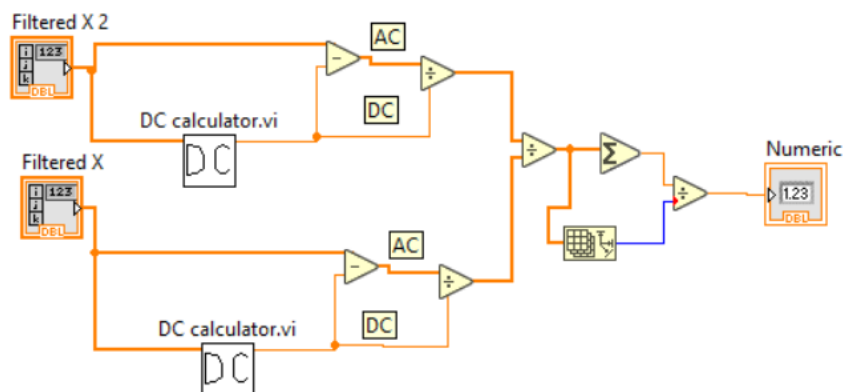
SpO₂ je skraćenica za saturaciju kiseonika u krvi (engl. oxygen saturation), koja se izražava kao procenat kiseonika koji je vezan za hemoglobin u crvenim krvnim zrnima. Merenje ovoga na neinvazivan način doprinelo je neverovatne olakšice u današnjem zdravstvu. Merenje se pre svega zasniva na Beer-Lambert-ovom zakonu i Maxim-ovoj kalibraciji opisanom u jednačini (2) i jednačini (3) respektivno [2].

$$R = \frac{AC_{red}/DC_{red}}{AC_{ired}/DC_{ired}} \quad (2)$$

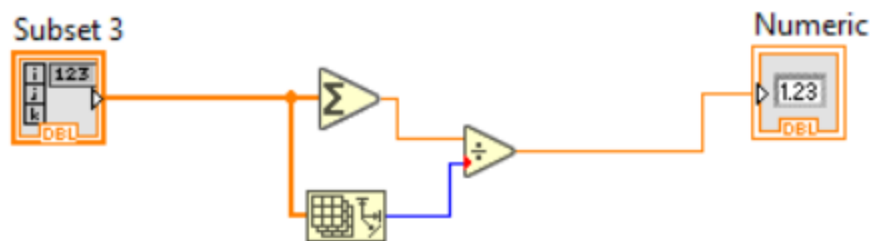
$$SpO_2 = aR^2 + bR + c \quad (3)$$

Saturaciju hemoglobina kiseonikom nije moguće direktno izračunati zbog same DC komponente. Sada se može videti razlog za korišćenje dve različite diode. Korišćenjem dve različite diode uklanja se uticaj DC komponente, nakon čega je lako izračunati samo SpO₂.

Da bi se izračunao R , kreiran je subVI po imenu „R calculator.vi“ koji prima isečak filtriranog signala dobijenog apsorpcijom crvene, i isečak filtriranog signala dobijenog apsorpcijom infracrvene svetlosti dobijene u istom vremenskom intervalu. Na svom izlazu daje srednju vrednost R , izračunatih za svaki odbirak signala. Prikaz ovog subVI-a se može videti na slici 8. Za računanje R neophodno je razdvojiti AC i DC komponente. SubVI koji je konstruisan za tu namenu nazvan je „DC calculator.vi“ i može se pogledati na slici 9.

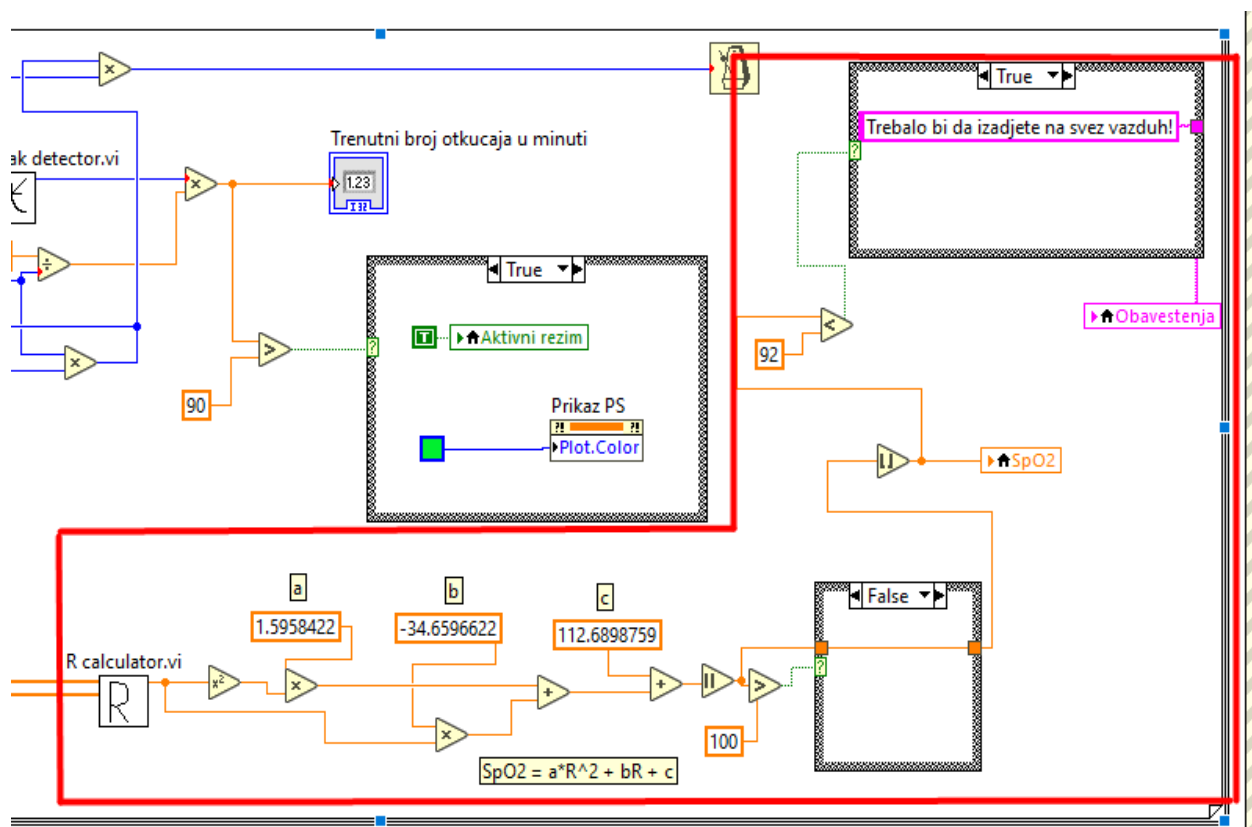


Slika 8: Prikaz sistema za računanje koeficijenta R



Slika 9: Prikaz sistema za računanje DC komponente signala

Od ovako izračunatog koeficijenta R , potrebno je izračunati vrednost SpO_2 , prikazati je, i obavestiti korisnika u slučaju da je ova vrednost mala (ispod 92). Izvršavanje ove funkcionalnosti prikazano je na slici 10.



Slika 10: Prikaz sistema za računanje saturacije hemoglobina kiseonikom i obaveštavanje korisnika o istoj

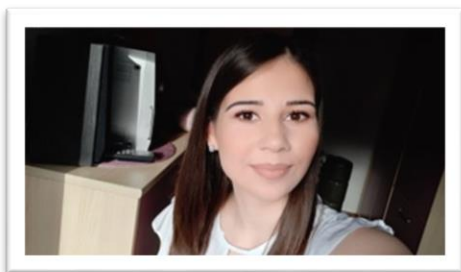
3. ZAKLJUČAK

Iako je ovakav prsten vrlo jednostavan, ovaj uređaj može znatno poboljšati kalitet života. U ovom radu obrađena je samo njegova osnovna ideja, ali mogućnosti za unapređenje ovakve ideje su neograničene. Uz jednostavnu i jeftinu ugradnju još nekoliko senzora, prsten bi mogao da meri temperaturu, trajanje mirovanja, kvalitet spavanja, hidriranost kože i još mnogo toga. Ako se uzme u obir da njegov ekran jako mali, baterija bi mu mogla trajati jako dugo. Uz tempo života kojim čovečanstvo živi, vrlo je lako zanemariti osnovne zdravstvene potrebe i zato si gedžeti nalik ovakvom prstenu neophodni.

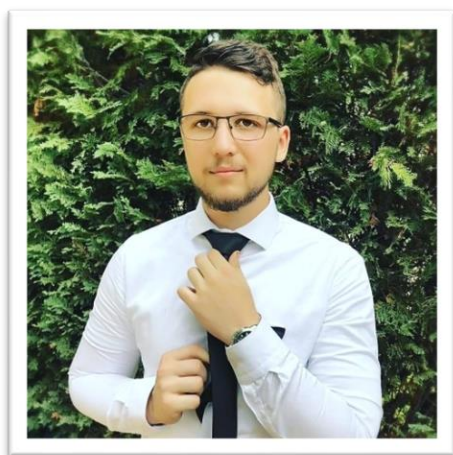
4. REFERENCE

- [1] Mehrgardt, Philip, et al. "Pulse Transit Time PPG Dataset." *PhysioNet* 10 (2022): e215-e220.
[2] [Guidelines for SpO2 Measurement | Analog Devices](#)

5. BIOGRAFIJE AUTORA



Marija Vejin, rođena u Novom Sadu 2000. godine. Završila sam medicinsku školu „7. april“, smer „stomatološka sestra“ u Novom Sadu. Student sam Fakulteta tehničkih nauka od 2019. godine, smer biomedicinsko inženjerstvo. Učestvovala sam na brojnim kongresima i konferencijama, a jedni od njih su međunarodni akademski seminar, “Budućnost protetike, korak bliže bioničkom čoveku.”, međunarodnoj konferenciji “Infoteh”, gde sam predstavila rad “A python-based Pipeline for Processing and Plotting Automatization of Nanoindentation Data”, medicinskom kongresu, gde sam predstavila rad pod nazivom “Karakterizacija biofilmova za primene u zelenoj elektronici”, kao i mnoge druge. Član sam inženjerskog kreativnog centra od 2020. godine i volonter instituta „BioSense“ od 2021. godine, gde sam učestvovala na mnogobrojnim projektima i radovima od kojih je jedan od njih “3D-Printed Microfluidic Chip for Real-Time Glucose Monitoring in Liquid Analytes”.



Miroslav Đoćoš, rođen u Novom Sadu 1999. godine. Završio sam medicinsku školu „7. april“, smer „Laboratorijski tehničar“ u Novom Sadu. Student sam Fakulteta tehničkih nauka od 2019. godine, na smeru „Biomedicinsko inženjerstvo“. Pored redovnih studija, kao neformalno obrazovanje bih izdvojio da sam član studentske naučne sekcije „Inženjerski kreativni centar“ od 2020. godine, kao i volonter naučnog instituta „BioSense“ od 2021. godine. Tokom svog neformalnog obrazovanja učestvovao sam na brojnim konferencijama i kongresima od kojih bih kao najznačajnije naveo: „Icibel“ – Kuala Lumpur, „IEEE NAP“ – Krakow 2022. i „IEEE Infoteh“ – Jahorina 2022. Pored toga, jedan sam od autora na radu objavljenom u časopisu „Micromachines“ pod nazivom „3D-Printed Microfluidic Chip for Real-Time Glucose Monitoring in Liquid Analytes“.