

**PC APLIKACIJA ZA EDUKATIVNI ELEKTROFIZIOLOŠKI SISTEM****A PC APPLICATION FOR AN EDUCATIONAL ELECTROPHYSIOLOGICAL SYSTEM**Aleksa Mitreski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast: RAČUNARSTVO I AUTOMATIKA**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad daje uvid u jedno softversko rešenje za elektrofiziološki sistem koji bi se koristio u edukativne svrhe za studente biomedicinskog inženjerstva. Cilj rada je da se preko elektrofiziološkog akvizicionog sistema prikupe bioelektrični signali u vidu digitalnih podataka koji bi se nadalje slali računarskoj aplikaciji radi prikaza, čuvanja i obrade istih. Aplikacija je na kraju bila testirana.

**Gljučne reči:** PC aplikacija, elektrofiziološki sistem, edukativni sistem

**Abstract** – The paper offers an insight to a new software solution for an electrophysiological system which would be used in educational purposes. The goal of the project was to use an electrophysiological data acquisition system which would transfer data to the PC application so that it could be viewed, stored and processed. In the end, the application was evaluated.

**Keywords:** PC application, electrophysiological system, educational system

**1. UVOD**

Tradicionalne metode prenošenja znanja i veština u savremenom dinamičnom dobu gube smisao, te bivaju zamenjene novim edukativnim tehnologijama, koje se mogu definisati na sledeći način :

„Edukativne tehnologije predstavljaju izučavanje i primenu poboljšanog podučavanja stvaranjem, upravljanjem i upotrebom adekvatnih tehničkih sredstava i procesa [1].“ Kao i svi aspekti tehnologije i edukativna je doživela nagli razvoj poslednjih decenija i sve se više primenjuje u obrazovnim sistemima širom sveta.

Međutim, kako u nauci, tako i u tehnologiji, nastaju nove istraživačke grane, u kojima se otvaraju nove mogućnosti zbog kojih i edukativne tehnologije doživljavaju još intenzivniji razvoj. Jedna takva grana je biomedicinsko inženjerstvo. Ova interdisciplinarna tehnička oblast bazira se na primeni raznih inženjerskih znanja i veština iz oblasti biologije, hemije i medicine, u cilju produžavanja i održavanja kvaliteta zdravlja ljudi. Medicinska disciplina koja je od posebnog značaja za biomedicinsko inženjerstvo je elektrofiziologija. U okviru ove oblasti vrše se istraživanja električne aktivnosti ćelija u živim organizmima, kao i procesa prenošenja ove aktivnosti na ćelijskom i molekularnom nivou. Ova aktivnost može se meriti i tretirati kao bilo koji električni signal [2].

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Darko Stanišić, docent.

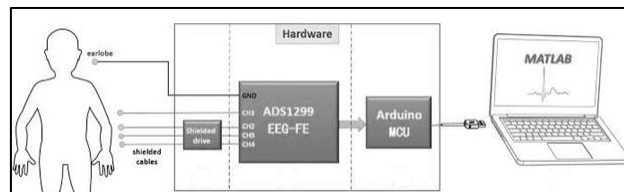
**2. OSNOVE ELEKTROFIZIOLOŠKOG MERENJA****2.1. Elektrofiziologija i bioelektrični signali**

Određene ćelije u živim organizmima imaju sposobnost generisanja električnih signala koji se nadalje provode kroz tkivo. Ove vrste ćelija nazivaju se ekscitabilnim ćelijama i u njih spadaju: neuroni, mišićne i srčane ćelije. Najzastupljeniji bioelektrični signali su: elektrokardiogram (EKG), elektromiogram (EMG) i elektroencefalogram (EEG).

Njihova analiza ima veliku ulogu u medicinskoj dijagnostici jer se na osnovu njih mogu izvući mnogi zaključci u vezi aktivnosti srca, mozga i mišića [3]. EKG signali se mogu aproksimirati kao periodični. Imaju frekventijski opseg od 0.05 Hz do 100 Hz dok je amplitudski opseg od 0.1 – 5 mV. EEG i EMG signali su za razliku od EKG-a stohastičke prirode te je njihova analiza kompleksnija. Frekventijski i amplitudski opseg EEG-a su 0.1 – 100 Hz i 0.025 – 0.1 mV, respektivno; dok su ove vrednosti za EMG 0 - 500 Hz za frekventijski i 0.1 – 10 mV za amplitudski opseg [4].

**2.2. Elektrofiziološko merenje i instrumentacija**

Prema radu istraživača Yanbing Jianga [5], jedan elektrofiziološki akvizicioni sistem (Slika 1) mogao bi da se sastoji iz nekoliko celina. Ovakva implementacija je jedna od mogućih i njeni delovi mogu se razlikovati.



Slika 1. Shematski prikaz jednog elektrofiziološkog sistema

Prvu celinu predstavljaju elektrode, pretvarači jonske struje organizma u struju slobodnih elektrona u provodniku [6].

Drugu celinu predstavlja integrisano kolo, u ovom slučaju ADS1299 EEG-FE proizvođača *Texas Instruments*. Jedna od bitnih komponenti integrisanih kola koja se proizvode za elektrofiziološke sisteme su instrumentacioni pojačavači. Naime, naponski signali koji se dobijaju preko elektroda imaju nisku amplitudu i dominantan šum te mora postojati element koji ovaj šum smanjuje dok signal od interesa, bioelektrični signal, pojačava toliko da on postaje dominantan u odnosu na šum. U tom cilju se koriste instrumentacioni pojačavači [6].

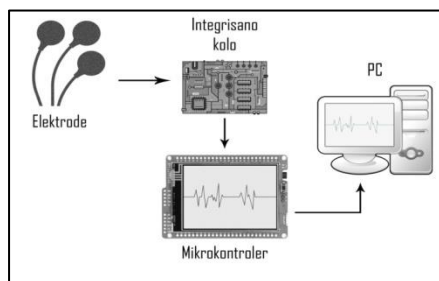
Integrirano kolo takođe vrši analognu – digitalnu (A/D) konverziju signala. Kako bi se signal analizirao i procesirao na digitalnom uređaju, neophodno je prvo da se prevede u digitalni oblik. Zato ova integrirana kola poseduju niz A/D konvertora.

Treću celinu sistema predstavlja digitalni uređaj koji služi za prikupljanje i obradu podataka koje dobija od A/D konvertora. To je najčešće mikrokontrolerski uređaj. U svom projektu, Yanbing Jiang koristio je Arduino razvojno okruženje.

Poslednju celinu predstavlja računar. Podaci se šalju sa mikrokontrolera određenim vidom komunikacije, u ovom slučaju USB serijskom komunikacijom, na računar gde sledi dalja obrada i prikaz, kao i analiza signala [5].

### 3. OPIS REALIZOVANOG SISTEMA

Realizovani elektrofiziološki sistem (Slika 2) sastoji se iz četiri celine: elektroda, integrisanog kola ADS1299, mikrokontrolera ATxmega128A1 i aplikacije na računaru.



Slika 2. Shematski prikaz realizovanog elektrofiziološkog sistema

Osam elektroda povezano je na integrirano kolo preko DB25 (engl. *DataBus*) konektora. ADS1299, proizvođača *Texas Instruments* spada u grupu integriranih kola koja se mogu koristiti za elektrofiziološka merenja. Neke od istaknutih specifikacija ovog integriranog kola su:

- 8 analognih ulaza sa filtrima elektromagnetnih interferencija
- Multiplekser na ulazu
- 24-bitni analognu–digitalni konvertori
- programabilni pojačavači
- interfejs za serijsku komunikaciju [7].

Mikrokontroler *ATxmega128A1*, proizvođača *Atmel*, spada u grupu *AVRMEGA* kontrolera. U njegovom sastavu nalazi se 8 – bitni mikroprocesor RISC (engl. *Reduced Instruction Set Computer*) arhitekture. U njemu je integrirano 128 kilobajta programske ili *flash* memorije, 8 kilobajta SRAM(engl. *Static Random – Access Memory*) memorije i 2048 bajtova EEPROM(engl. *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*) memorije. Neki od bitnijih modula ovog uređaja su: ulazno – izlazni portovi opšte i specifične namene, osam 16 – bitnih tajmera i brojača i modul za serijsku komunikaciju [8]. Ovaj mikrokontroler ulazi u sastav razvojnog multimedijalnog kompleta *Mikromedia for Xmega*. Pored mikrokontrolerskog uređaja u sastav ovog kompleta ulaze:

- TFT (engl. *Thin – Film – Transistor*) displej tipa LCD (*Liquid Crystal Display*), koji je osetljiv na dodir, sa rezolucijom od 320x240 piksela
- Čitač za SD (engl. *Secure Digital*) karticu
- Konektor za USB (engl. *Universal Serial Bus*) tipa mini-B
- Baterijsko i direktno napajanje sistema [9].

### 3. RAZVIJENA RAČUNARSKA APLIKACIJA ZA ELEKTROFIZIOLOŠKI SISTEM

Računarska aplikacija za predstavljeni elektrofiziološki sistem razvijana je u *Microsoft Visual studio* okruženju, verziji 2019. Programski jezik koji je bio korišćen je C# (engl. *C sharp*), dok je tip aplikacije *Windows form application*. Cilj aplikacije je da se preko nje preuzmu sirovi podaci sa mikrokontrolera putem USB komunikacije, izvrši njihovu obradu i prikaz. U okviru aplikacije razvijene su sledeće funkcionalnosti:

- Kreiranje i izmena korisničkih naloga
- Podešavanje snimanja
- Učitavanje i čuvanje elektrofiziološkog snimka u direktorijumu korisnika
- Izvršavanje novog elektrofiziološkog snimanja

#### 3.1. Korisnički interfejs aplikacije

Grafički interfejs sastoji se od nekoliko obrazaca ili *Windows Form*-i. Nakon inicijalnog obrasca, *WelcomeScreen\_Form* pojavljuje se obrazac glavnog menija. U njemu, korisnik mora korak po korak da odabere opcije kako bi došao do sledećeg obrasca. Preostali obrasci u aplikaciji su :

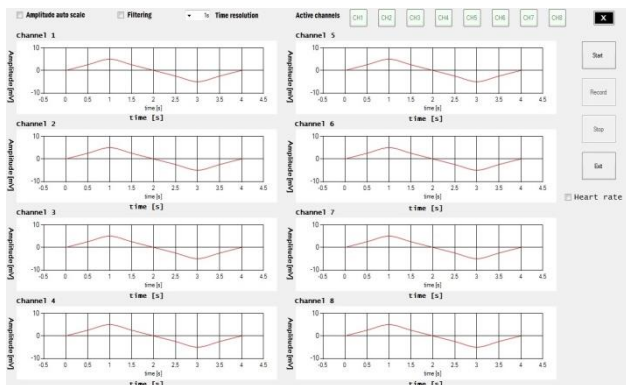
- *New\_patient\_Form* – kreiranje novog korisnika
- *Show\_recording\_Form* – prikaz postojećih snimaka
- *USB\_Form* – povezivanje na određeni komunikacioni ulaz
- *Impedance\_recording* – snimanje impedanse elektroda
- *EKG\_Form* – snimanje EKG signala
- *Signal\_record\_Form* – druga snimanja elektrofizioloških signala

Korisnik ima mogućnost kreiranja novog naloga ili korišćenja postojećeg. Prilikom kreiranja novog naloga, neophodno je uneti bitne podatke o klijentu.

Nakon unošenja podataka, formira se tekstualna datoteka u kojoj se podaci čuvaju. Ukoliko se uvozi postojeći nalog, neophodno je pronaći i odabrati ovu tekstualnu datoteku.

Kada se izvrši snimanje, u direktorijumu trenutnog klijenta formira se novi direktorijum i tekstualna datoteka sa podacima snimanja. Podaci u datoteci su raspoređeni tako da prva kolona predstavlja broj odbirka signala, dok ostale kolone predstavljaju vrednosti amplitude nefiltriranog signala. Nakon kreiranja naloga ili

prijavljivanja na postojeći, korisnik može da bira da izvrši novo snimanje. Računarska aplikacija je povezana sa mikrokontrolerom preko USB komunikacije. Kada se aplikacija poveže sa uređajem, moguće je preći u obrazac za snimanje signala (Slika 3). U njemu je moguće menjati parametre snimanja kao što su: podešavanje vremenske rezolucije, uključivanje ili isključivanje filtriranja signala, skaliranje amplitudske ose, uključivanje ili isključivanje pojedinačnih kanala.



Slika 3. Obrazac za snimanje signala

### 3.1. Programska realizacija aplikacije

U programskoj realizaciji aplikacije korišćena je *Windows Form* platforma. Ona je zasnovana na kreiranju grafičkih elemenata, obrazaca ili *form*-i sa kojima korisnik vrši interakciju.

Najbitnije funkcionalne celine aplikacije predstavljaju *USB* komunikacija sa mikrokontrolerom, radnje nad podacima kao što su: primanje, obrada, prikazivanje i čuvanje, kao i obrada dobijenih signala. Proces povezivanja aplikacije i mikrokontrolera počinje kada korisnik u glavnom meniju odabere opciju da se započne komunikacija i kada odabere odgovarajući komunikacioni ulaz, *COMPORT* (engl. *CommunicationPort*). Nakon toga može da se pokrene snimanje preko serijske veze. Svaki put kada se podaci sa serijskog ulaza prime, uključuje se programski prekid ulaza, *Port\_DataReceived*. U okviru ovog prekida radi se preuzimanje i obrada podataka. Podaci od interesa su poruke. Kako bi se sadržaj nepotpunih odnosno nedovršenih poruka sačuvao, bilo je neophodno formirati pomoćnu kružnu memoriju, odnosno kružni bafer.

Kada se poruka izvuče iz bafera, ona se obrađuje. Poruka sadrži vrednosti signala sa svih osam kanala. Neophodno je izvršiti pretvaranje vrednosti svakog kanala iz formata 3 bajta u decimalnu, označenu vrednost. Integrisano kolo *ADS1299* šalje podatke za jedan kanal u vidu 3 bajta u formatu komplementa dvojke koji služi za binarno predstavljanje označenih brojeva. Opseg vrednosti kola je  $2^{24}$ . Polovinu ovog opsega predstavljaju pozitivne, dok drugu polovinu predstavljaju negativne vrednosti. Najmanje promena vrednosti napona koju kolo može da detektuje definisana je izrazom [7]:

$$\frac{2 \times V_{ref}}{2^{24} \times Gain} \quad (1)$$

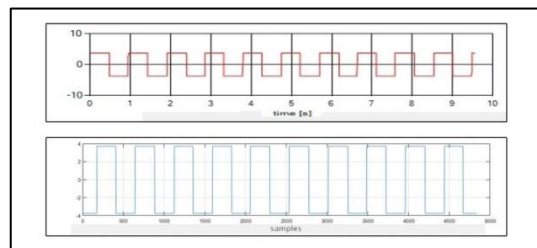
$V_{ref}$  je referentni napon kola koji iznosi 4.5V,  $Gain$  predstavlja pojačanje kola koje je podešeno na 24x.

Nakon uspešne konverzije podataka aktivira se događaj preko kojeg se podaci šalju u obrazac za njihov prikaz. Kako bi se prikazala stvarna vrednost signala neophodno ih je prvo filtrirati. Elektrofiziološki signali obično imaju pomerenu baznu liniju i prisutan šum električne mreže. Zbog toga su projektovani filtri za uklanjanje ovih komponenti. Pomeranje bazne linije nastaje usled postojanja jednosmerne komponente te je za njeno otklanjanje projektovan filter propusnik visokih učestanosti. Šum električne mreže javlja se na frekvenciji mreže od 50 herca. Za otklanjanje šuma projektovan je *notch* filter koji otklanja komponentu određene frekvencije iz signala [10].

Filtri su projektovani u Matlab okruženju kako bi se izračunali njihovi koeficijenti koji su se kasnije koristili u *Visual Studio* okruženju.

### 4. PROVERA REALIZOVANE APLIKACIJE

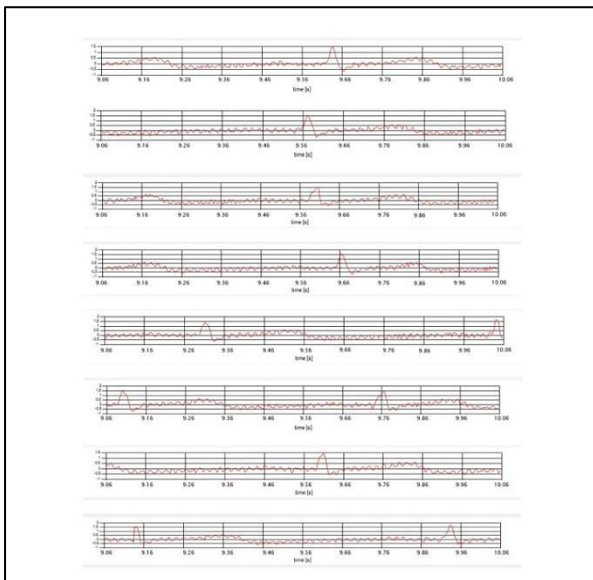
Prvu fazu verifikacije aplikacije predstavlja provera serijske komunikacije. Korišćen je periodičan pravougaoni test signal, sa amplitudom  $\pm 3.75$  mV i periodom od jedne sekunde. Na Slici 4 prikazan je test signal u obrascu za prikaz snimanja kao i u Matlab programskom okruženju u cilju utvrđivanja validnosti podataka. Takođe je bilo uključeno vremensko skaliranje na 10 sekundi kako bi se signal mogao bolje videti.



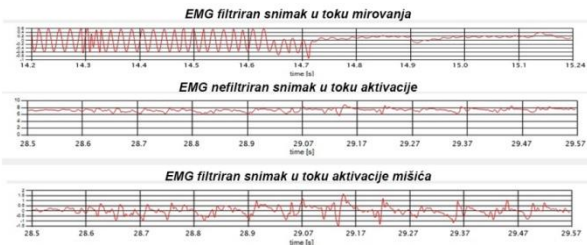
Slika 4. Test signal u aplikaciji i u Matlab okruženju

U drugoj fazi izvršeno je EKG snimanje svih kanala i EMG snimanje jednog kanala i korišćeno je amplitudsko skaliranje kao i filtriranje signala. EKG signali na Slici 5 propušteni su kroz filter za otklanjanje bazne linije i kroz filter za uklanjanje šuma mreže.

EMG signal na Slici 6 prikazan je u mirovanju i prilikom aktivacije mišića. Takođe je prikazan filtriran i nefiltriran signal kada je aktiviran mišić. Skaliranje amplitude nije bilo uključeno prilikom prikazivanja nefiltriranog signala kako bi se videla pomerena bazna linija.



Slika 5. Filtrirani EKG signali sa svih osam kanala prikazani u aplikaciji



Slika 6. EMG signali prikazani u aplikaciji

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljen je jedan edukativni sistem i računarska aplikacija koji bi trebali da služe kako predavačima da lakše objasne materiju, tako i studentima da je bolje savladaju. Aplikacija se može primeniti za objašnjavanje elektrofizioloških pojava i obradu signala dobijenih snimanjem, kao i za ilustrovanje toga kako se analizom dobijenih rezultata mogu izvesti zaključci iz oblasti medicine. Studenti bi imali mogućnost da vide kako se vrši jedno elektrofiziološko snimanje i da ga sami izvrše.

## 6. LITERATURA

- [1] Richey, R. C., Silber, K. H., Ely, D. P. , „Reflections on the 2008 AECT Definitions of the Field“, *TechTrends*, 52(1), pp. 24-25. , 2008
- [2] Matt Carter, Jennifer Shieh, „*Guide to Research Techniques in Neuroscience (Second Edition)*“, Academic Press, 2015
- [3] [http://www.fasper.bg.ac.rs/do2016/nastavnici/Milovanovic\\_Maja/predavanja/4-%20Bioelektrici%20fenomeni%20ekscitabilnih%20celija.pdf](http://www.fasper.bg.ac.rs/do2016/nastavnici/Milovanovic_Maja/predavanja/4-%20Bioelektrici%20fenomeni%20ekscitabilnih%20celija.pdf) (pristupljeno u avgustu 2019.)
- [4] <http://mx.nthu.edu.tw/~yuclu/3271/p07.pdf> (pristupljeno u avgustu 2019.)
- [5] <https://pdfs.semanticscholar.org/8bc0/c375c65371b747dc43c8366815ec3cde16eb.pdf> (pristupljeno u avgustu 2019.)
- [6] [http://www.automatika.ftn.uns.ac.rs/images/predmeti/Osnove%20biomedicinskog%20inzenjerstva/Predavanja/Elektrode\\_3.pdf](http://www.automatika.ftn.uns.ac.rs/images/predmeti/Osnove%20biomedicinskog%20inzenjerstva/Predavanja/Elektrode_3.pdf) (pristupljeno u avgustu 2019.)
- [7] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1299.pdf> (pristupljeno u avgustu 2019.)
- [8] [http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-8067-8-and-16-bit-AVR-Microcontrollers-ATxmega64A1-ATxmega128A1\\_Datasheet.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-8067-8-and-16-bit-AVR-Microcontrollers-ATxmega64A1-ATxmega128A1_Datasheet.pdf) (pristupljeno u avgustu 2019.)
- [9] <https://download.mikroe.com/documents/smart-displays/mikromedia/3/xmega/mikromedia-xmega-manual-v111b.pdf> (pristupljeno u avgustu 2019.)
- [10] <http://www.jscholaronline.org/articles/JBER/Sig-nal-Processing.pdf> (pristupljeno u avgustu 2019.)

### Kratka biografija:

**Aleksa Mitreski** rođen je u Novom Sadu 1995. godine. Gimnaziju „Svetozar Marković“ u Novom Sadu završava 2014. godine i potom upisuje osnovne studije na Fakultetu tehničkih nauka, smer Računarstvo i automatika. Osnovne studije završava 2018. godine i iste godine upisuje master studije. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, iz oblasti Biomedicinskog inženjerstva, odbranio je 2019. godine. Kontakt: [aleksa\\_mitreski@uns.ac.rs](mailto:aleksa_mitreski@uns.ac.rs)