



# Ispitni rad iz predmeta Biomedicinska instrumentacija, FTN, Novi Sad

## IMPLEMENTACIJA EMG CLICK PLOČICE I REGISTROVANJE VEĆIH I MANJIH KONTRAKCIJA NA OSNOVU LED DIODA

Milica Tomić, BI 1/2020, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*  
Mentor rada: doc. Novaković Đorđe

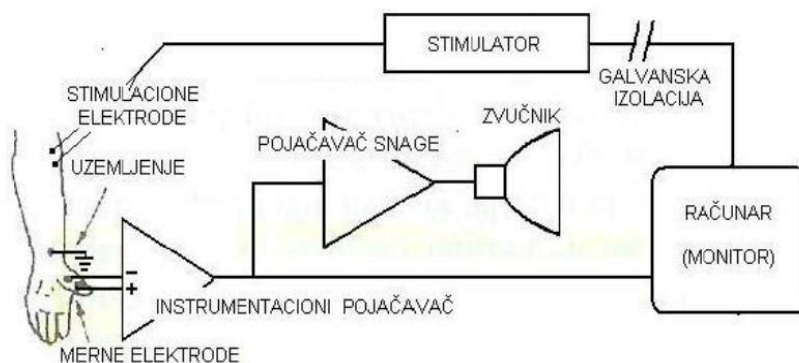
**Kratak sadržaj** – Elektromiografija (EMG) je elektrofiziološka metoda registrovanja akcionih potencijala mišićnih ćelija. Izvodi se specijalnim aparatom, elektromiografom i koriste se elektrode (površinske ili iglene) preko kojih se registruju neuromišićni potencijali. Postoji niz primena merenja i analize EMG signala: u rehabilitaciji, ortopediji, analizi hoda, u sportu, u slučaju bolesti perifernog nervnog sistema, bolesti motornog neurona, oboljenja mišića i slično. Ovaj projekat se bavi implementacijom EMG click pločice i obradom signala kako bi se predstavile veće i manje kontrakcije pomoću LED dioda. Korišćena je EMG click pločica i EasyPIC PRO V7 razvojna ploča koja sadrži PIC18F87K22 mikrokotroler.

**Ključne reči:** EMG, mišići, elektrode, A/D konvertor, EMG click pločica, mikrokotroler PIC18F87K22, mašina stanja, cirkularni bafer, median, standardna devijacija.

### 1. UVOD

Elektromiografija (EMG) je elektrofiziološka metoda koja se izvodi specijalnim aparatom, elektromiografom i koriste elektrode (površinske ili iglene) preko kojih se registruju neuromišićni potencijali, koji aktiviraju mišićna vlakna, sa pacijenta na aparat koji vrši njihovu kvantitativnu i kvalitativnu obradu kako bi se opisala slabost mišića usled oštećenja mišića ili motorog nerva. Ispitivanje se obavlja najčešće na ekstemitetima, pretežno na šakama i stopalima, a izuzetno retko na licu (usled paralize facialisa) ili nekim drugim delovima tela.

Osnovne karakteristike EMG signala: vreme trajanja praćenja aktivnosti je između 3 i 15 ms, amplituda je između 0.1 – 3 mV i dominantna učestanost je između 50 - 150 Hz. EMG uređaj za snimanje akcionih potencijala na nervima i mišićima sastoji se od: simulacionih elektroda, mernih elektroda, elektroda za uzemljenje, iglenih elektroda, računara koji integriše A/D konvertor, pojačavača.



Slika 1. Šematski prikaz mernog sistema za EMG

Postoje dva tipa EMG-a, površinski i intramuskularni EMG. Intramuskularni EMG se najčešće koristi u dijagnostičke svrhe, za procenu i detekciju neuromišićnih oboljenja, za analizu patoloških promena u motornoj kontroli i u oblasti kineziologije, dok se površinski EMG ne koristi u dijagnostičke svrhe, ali je zato našao primenu u rehabilitaciji, fizioterapiji, analzi pokreta, i slično.

## 2. EMG CLICK POLČICA

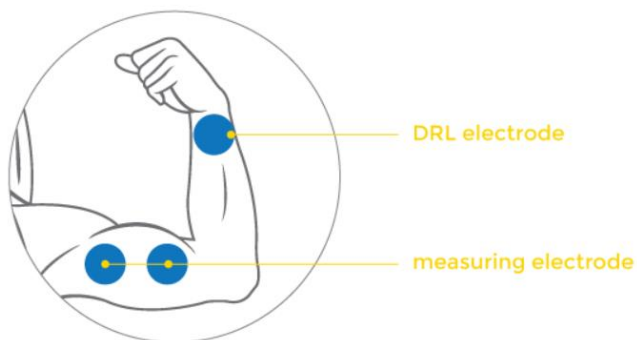
EMG click meri električnu aktivnost koju proizvedu skeletni mišići. Sadrži MCP609 operacioni pojačavač i MAX6106 mikronaponski referentni napon i ima analogni izlaz. Na njemu je ugrađen 3.5 mm audio priključak koji se koristi za povezivanje elektroda. Koriste se tri elektrode, DRL elektroda koja se postavlja na zglob šake, a preostale dve se postavljaju na željeni mišić. EMG click se postavlja na EasyPIC PRO V7 razvojnu ploču koja sadrži PIC18F87K22 mikrokotroler. Ovaj sistem komunicira sa računarom preko USB UART – a.



Slika 2. EasyPIC PRO V7 razvojna ploča na koju je povezana EMG click pločica

## 3. IMPLEMENTACIJA

Prvo je potrebno postaviti elektrode na željeni mišić, u ovom slučaju mišić bicepsa i taj sistem elektroda povezati sa click pločicom. EMG click pločica daje analgni signal, zbog čega je potrebno upotrebiti A/D konvertor koji će analogni signal pretvoriti u digitalni. Nakon toga, dobija se signal koji je moguće upotrebiti u daljoj obradi.

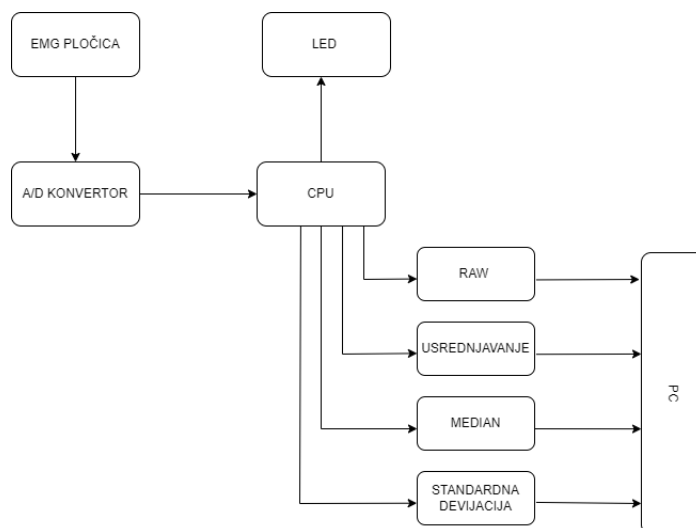


Slika 3. Položaj DRL elektrode i preostale dve elektrode na mišić

Compare mod CCP modula mikrokotrolera se koristi kako bi se dobilo pravilano odabiranje A/D konvertora u zadatim vremenskim intervalima. Komparator CCP modula poredi vrednosti sa tajmerom i kada se vrednosti izjednače generiše se reset tajmera i *special event trigger* koji daje signal A/D konvertoru da može započeti odabiranje. Po završetku konverzije A/D konvertor generiše prekid i tada se preuzima konvertovana vrednost. Podešeno je da je brzina odabiranja 100 Hz, odnosno potrebno je podesiti granicu compare modula na 0x4E20 što odgovara vremenu od 10 ms.

Dobijeni signal nakon konverzije sadrži jednosmernu komponentu koju je potrebno ukloniti. To se postiže tako što se od trenutnog signala oduzme srednja vrednost signala dobijena od vrednosti signala u prethodnih nekoliko trenutaka. Ovim se dobija raw signal koji je spreman za dalju obradu.

Sledeći korak je implementirati nekoliko algoritma kako bi bolje uvideli ponašanje signala i izabrati najbolji koji će se koristiti prilikom postavljanja praga koji će odvajati veće kontrakcije od manjih. U ovom radu implementirani su algoritmi za usrednjavanje signala, median i standardnu devijaciju.

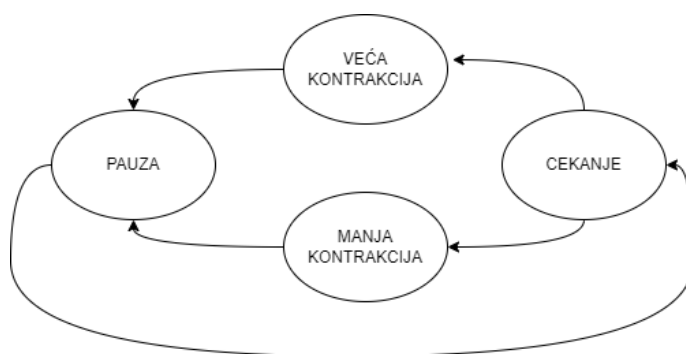


Slika 4. Blok šema

### 3.1. Mašina stanja

Za pronalaženje većih ili manjih kontrakcija i paljenje određenih dioda na osnovu kontrakcija korišćena je mašina stanja koja se sastoji iz 4 stanja:

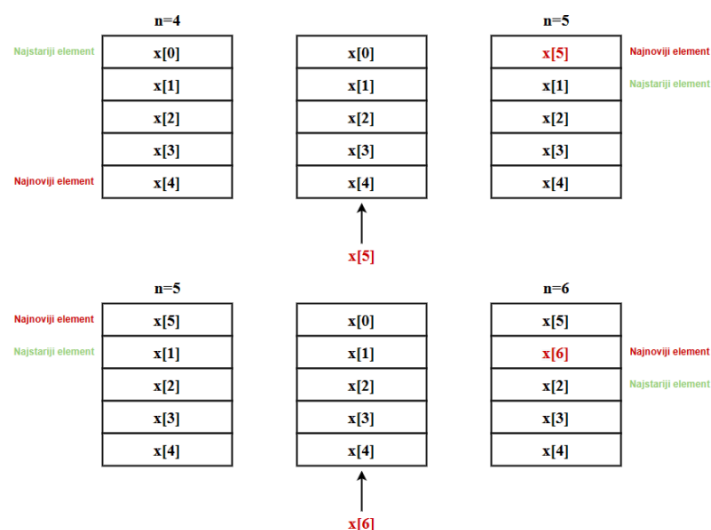
- *Čekanje* – diode se inicijalno postave da ne svetle i proverava se na osnovu zadatog praga da li je ostvarena veća ili manja kontrakcija.
- *Veća kontrakcija* – ako je ostvarena veća kontrakcija mišića, određena dioda počinje da svetli, dok druga ostaje ugašena.
- *Manja kontrakcija* – ako je ostvarena manja kontrakcija mišića, određena dioda počinje da svetli, dok druga ostaje ugašena.
- *Pauza* – postavlja se kako bi se sprečile brze promene paljenja i gašenja diode, odnosno ukazuje da je prošao neki zadati vremenski period nakon čega se prebacuje na početno stanje, odnosno stanje čekanje.



Slika 5. Mašina stanja

### 3.2. Cirkularni bafer

Kako bi se pronašla srednja vrednost, median i standardna devijacija potrebno je pamtit i vrednosti signala u datom trenutku i u nekoliko prethodnih trenutaka. Najčešće se za ovaj problem u digitalnoj obradi signala koriste cirkularni baferi za skladištenje vrednosti. Osnovna ideja jeste, kada se napuni registar u baferu, dolazi do zamene najstarije vrednosti signala sa vrednošću najnovijeg odbirka.



Slika 6. Upis vrednosti u cirkularni bafer

### 3.3. Opis koda

Nakon što je signal prošao kroz A/D konvertor, potrebno je iz signala ukloniti jednosmernu komponentu. To je postignuto tako što se od trenutnog signala oduzme srednje vrednosti, koja je izračunata na osnovu 20 prethodnih signala. Opisani signal se kasnije koristi prilikom izračunavanja usrednjenog signala, median i standardne devijacije.

```
int16_t srednja_vrednost (int16_t *niz, int16_t n)
{
    int32_t suma = 0;
    for (int8_t i=0; i < n; i++)
        suma += niz[i];

    return (int16_t)( suma/n);
}

konacno[i] = adc[i] - adc_srednje;
```

Slika 7. Funkcija za izračunavanje srednje vrednosti i deo koda u main-u koji prikazuje kako se dobija raw signal

Usrednjeni signal se dobija tako što se izračuna srednja vrednost od 20 prethodnih signala.

Median se dobija tako što se prvobitno sortira niz od 20 članova i uzima se srednji član. Sortiranje je izvršeno na osnovu *Bubble sort* – a.

```
void Sort(int16_t *niz, int16_t n)
{
    int i, j;
    for (i = 0; i < n-1; i++)
        for (j = 0; j < n-i-1; j++)
            if (niz[j] > niz[j+1])
                swap(&niz[j], &niz[j+1]);
}
```

Slika 8. Funkcija koja sortira članove datog niza

Standardna devijacija se dobija kao suma kvadrata razlike trenutnog signala i prethodno izračunate srednje vrednosti.

```
int16_t standardna_devijacija (int16_t *niz, int16_t srednja_vrednost, int16_t n)
{
    int32_t suma = 0;
    for (int8_t i=0; i < n; i++)
        suma += (niz[i] - srednja_vrednost)*(niz[i] - srednja_vrednost);

    return (int16_t)( suma/n);
}
```

Slika 9. Fucija za izračunavanje standardne devijacije

Mašina stanja je implementirana na osnovu switch/case logike. Ako je, na osnovu prethodno određenog praga, ostvarena manja kontrakcija zasvetleće LED dioda porta B, suprotno zasvetleće LED dioda porta D.

```
switch(stanje)
{
    case cekanje:

        LATB = 0x00;
        LATD = 0x00;
        if (mediana > 130)
        {
            stanje = vece;
        }

        if (mediana < 90 && mediana > 60)
        {
            stanje = manje;
        }
        break;

    case vece:
        LATD = 0xFF;
        LATB = 0x00;

        stanje = pausa;
        TMR0_Reload();
        INTCONbits.TMR0IE = 1;
        break;

    case manje:
        LATB = 0xFF;
        LATD = 0x00;

        stanje = pausa;
        TMR0_Reload();
        INTCONbits.TMR0IE = 1;
        break;

    case pausa:

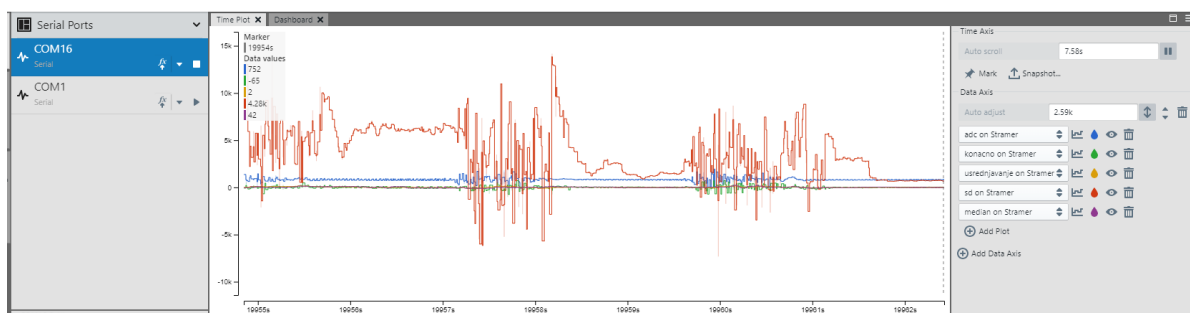
        if(flag)
        {
            flag = false;
            INTCONbits.TMR0IE = 0;

            stanje = cekanje;
        }
        break;
    default:
        stanje = cekanje;
}
}
```

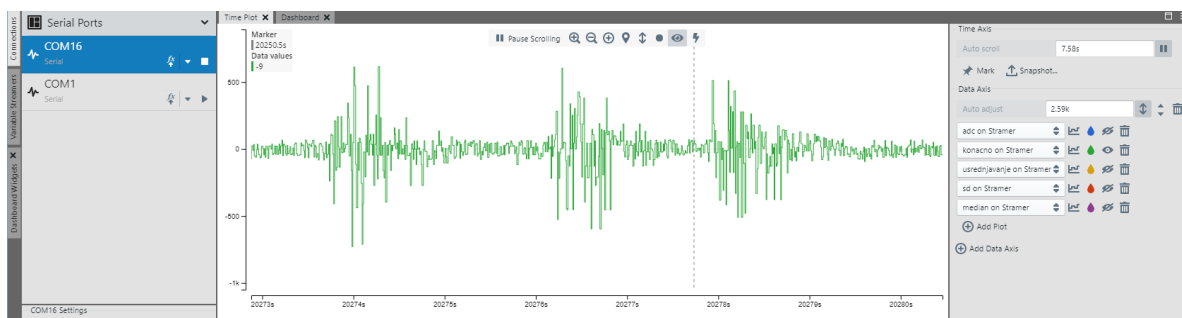
Slika 10. Deo koda koji prikazuje implementaciju mašine stanja

## 4. REZULTATI

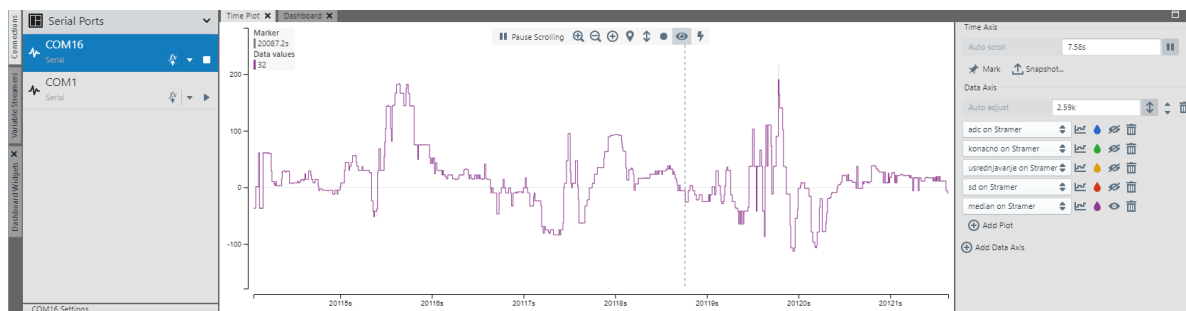
Na slici 11. prikazani su signali dobijeni nakon A/D konverzije, raw signali dobijeni uklanjanjem jednosmerne komponente, signal nastao usrednjavanjem, median signal i standardna devijacija signala. Na slikama 12-15, mogu se videti pojedinačno navedeni signali. Rezultati su prikazivani u Data\_Visualzer-u. Najbolji rezultat je dao median signala, koji se kasnije koristio pri definisanju praga za određivanje većih i manjih kontrakcija.



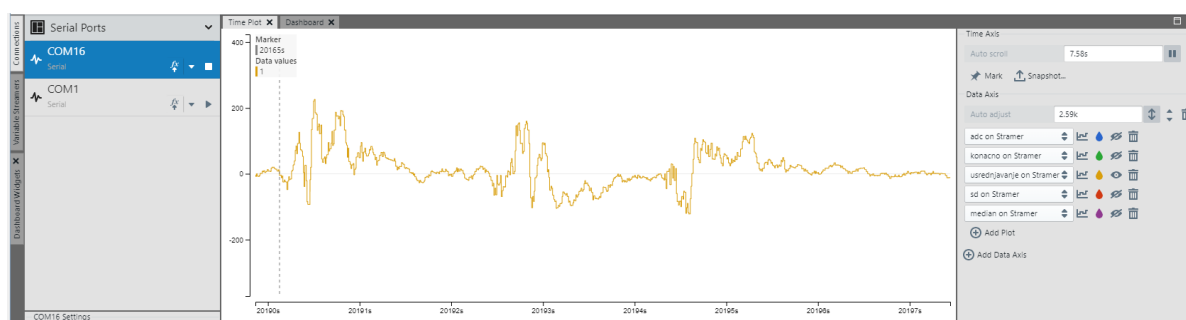
Slika 11. plavi signal – signal posle A/D konverzije, zeleni signal – raw signal, žuti signal – usrednjen signal, crveni signal – standardna devijacija, ljubičasti signal – median



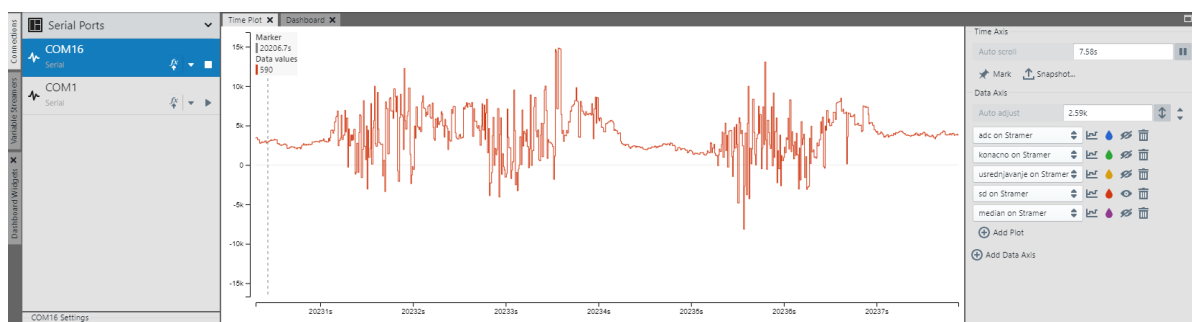
Slika 12. Signal kojem je uklonjena jednosmerna komponenta



Slika 13. Median signal



Slika 14. Usrednjen signal



Slika 15. Standardna devijacija signala

## 5. ZAKLJUCAK

EMG ima široku primenu u medicini i rehabilitaciji. Ovakvi sistemi bi mogli pomoći pacijentima koji su izgubili privremenu funkciju mišića nakon moždanog udara ili neke povrede. Vizuelnim prikazom, u ovom slučaju pomoću LED dioda, pacijent može pratiti svoji napredak i može mu pomoći da nauči efikasniji način korišćenja ekstremiteta tokom oporavka. Takođe, ovaj projekat se može unaprediti korišćenjem drugih načina za vizuelni prikaz, kao i dodavanjem zvučnih efekata koji će za određenu kontrakciju proizvesti određeni zvučni efekat.

## 6. LITERATURA

- [1] D.Popović, M.Popović, M.Janković „Biomedicinska merenja i instrumentacija”, Elektrotehnički fakultet Beograd
- [2] Mihalj M, Nada M, Mijatov-Ukopina Lj, Stojic-Dzunja Lj. “Anatomija za studente zdravstvene nege”, Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet, 2020.
- [3] Prof.dr Drapsin M, Prof. dr Lukac D, Prof. dr Naumovic N, Prof. dr Barak O. “Fiziologija za studente zdravstvene nege” , Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet, 2018.
- [4] <https://www.mikroe.com/emg-click>
- [5] <http://kelm.ftn.uns.ac.rs/bmi-biomedicinska-instrumentacija/>
- [6] Woodford H, Price C. EMG biofeedback for the recovery of motor function after stroke. Cochrane Database Syst Rev. 2007 Apr 18. 2007.

## NAPOMENA

Za proveru rada datuma 25.2.2023. korišten je softver/sajt <https://www.grammarly.com/plagiarism-checker> za detekciju plagijarizma, koji je ustanovio da u radu ne postoji plagijarizam.

## Kratka biografija:



**Milica Tomić** rođena je u Kragujevcu 2002. god. Završila je specijalno informatički smer u Prvoj kragujevačkoj gimnaziji u Kragujevcu 2016. godine. Student je III. godine studijskog programa Biomedicinsko inženjerstvo.