

ELEKTROENCEFALOGRAFSKA MERENJA

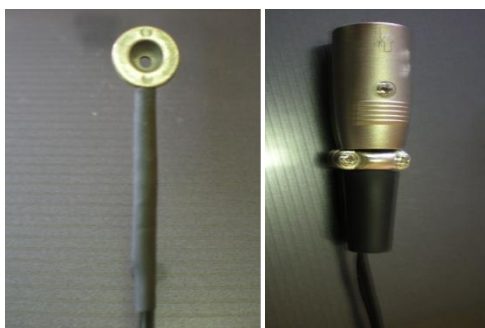
ZADATAK 1

Napraviti kablove sa elektrodama za unipolarno merenje EEG signala.

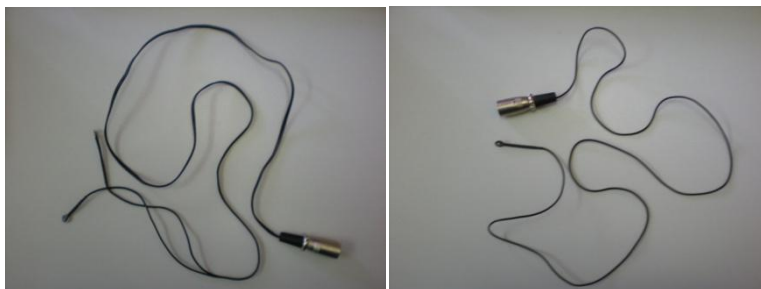
REŠENJE

Prilikom merenja EEG signala koriste se Ag/AgCl disk elektrode. Kada se vrše unipolarna merenja, referentna elektroda se postavlja na mastoidnu kost, a druga elektroda na jednu od standardnih tačaka postavljanja elektroda po sistemu 10-20. Takođe, potrebno je koristiti i treću tzv. DRL elektrodu u svrhu eliminacije uticaja zajedničkog napona.

Elektroda se sa provodnikom može spojiti pomoću moleks konektora (slike 1 i 2), koji ulazi u vrat elektrode. Preko konektora se tada postavlja izolacija u vidu termo-bužira. Kao provodnik koristi se tanak i fleksibilan oklopljeni kabl zbog smanjenja uticaja kapacitivnog i induktivnog sprežanja neželjenih signala okoline sa korisnim signalom. Provodnik se sa pojačavačem spaja XLR konektorom, zbog dobre oklopljenosti koja opet smanjuje uticaje neželjenih signala.



Slika 1. Izgled elektrode (levo) i XLR konektora (desno).



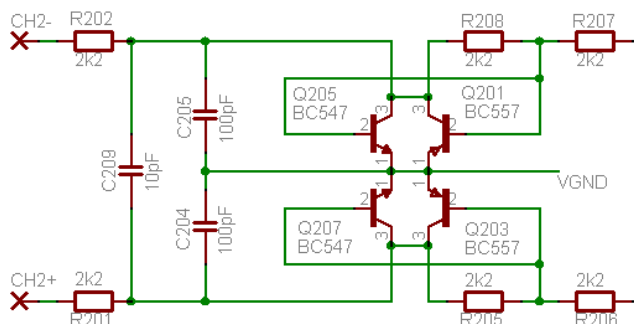
Slika 2. Izgled kabla sa elektrodama za merenje (levo) i kabla sa DRL elektrodom (desno).

Kabl za jedan kanal može biti dvostruki oklopljeni kabl. Na jednoj strani kabla nalazi se par elektroda, a na drugoj strani provodnici su spojeni sa odgovarajućim pinovima trolejnog muškog XLR konektora. Treći pin XLR konektora je spojen sa oklopom kabla i na taj način oklop kablova se povezuje sa virtuelnom masom pojačavača. U ovom slučaju, potrebno je da se na elektroencefalografu nalaze dva trolejna ženska XLR konektora – jedan za merni kanal a drugi za DRL kanal. DRL izvod se vodi ka provodniku jednostrukog oklopljenog kabla, a virtuelna masa se vodi na oklop kabla. Sa jedne strane DRL kabla se nalazi elektroda, a na drugoj strani muški trolejni XLR konektor. Dužina kablova predstavlja kompromis između potrebe da kablovi budu što kraći zbog što manjeg puta za prenos EEG signala do

pojačavača i potrebe da kablovi budu dovoljno dugački kako bi se elektrode nesmetano mogle postaviti na ispitanika.

ZADATAK 2

Na električnoj šemi EEG pojačavača na slici 3 je uočen sledeći blok. Analizirati ovaj blok.



Slika 3. Blok za analizu.

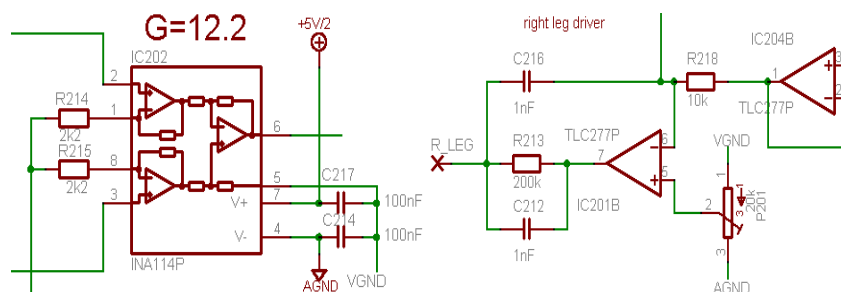
REŠENJE

Na slici 3 je prikazano zaštitno kolo na ulazu u jedan kanal pojačavača.

Zaštitno kolo ima ulogu zaštite od elektrostatičkog pražnjenja i ograničavanja struje koja teče kroz merno kolo (čiji deo je i ispitanik). Osim zaštite, ovo kolo ima ulogu NF filtra za potiskivanje signala viših frekvencija. Kondenzatori C204, C205, C209 i otpornici R201 i R202 čine NF filter. Tranzistori Q201, Q203, Q205 i Q207 ograničavaju napon, a otpornici R206 i R207 ograničavaju struju.

ZADATAK 3

U električnoj šemi EEG pojačavača na slici 4 su uočena dva blok prikazana na slici. Analizirati ove blokove.



Slika 4. Blokovi za analizu.

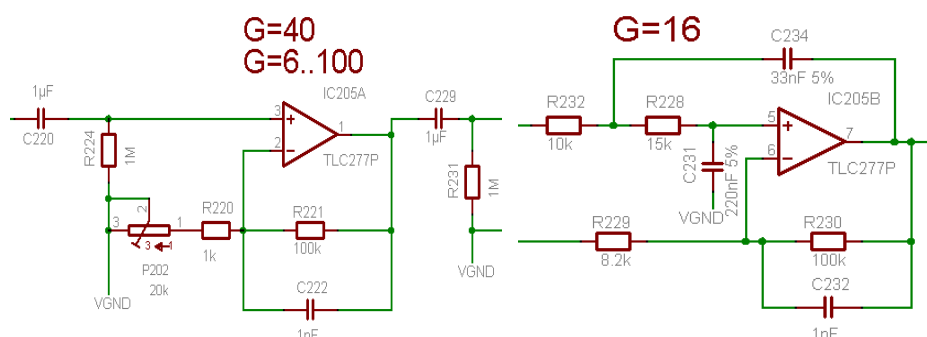
REŠENJE

Na slici 4 su predstavljeni pretpojačavački stepen (levo) i DRL kolo (desno).

Pretpojačavački stepen čine instrumentacioni pojačavač INA114 i otpornici R214 i R215, kojima se podešava pojačanje. Pojačanje instrumentacionog pojačavača (prema katalogu ovog pojačavača) za ove otpornosti iznosi 12,2 puta. Napon sa zajedničke tačke otpornika R214 i R215 se vodi ka DRL povratnoj sprezi, odakle se vraća na telo ispitanika radi poništavanja zajedničkog napona. Glavni element DRL kola predstavlja invertujući pojačavač na čiji se ulaz dovode potencijali koji odgovaraju zajedničkim naponima sa instrumentacionih pojačavača.

ZADATAK 4

U električnoj šemi EEG pojačavača su uočena dva blok prikazana na slici 5. Analizirati ove blokove.



Slika 5. Blokovi za analizu.

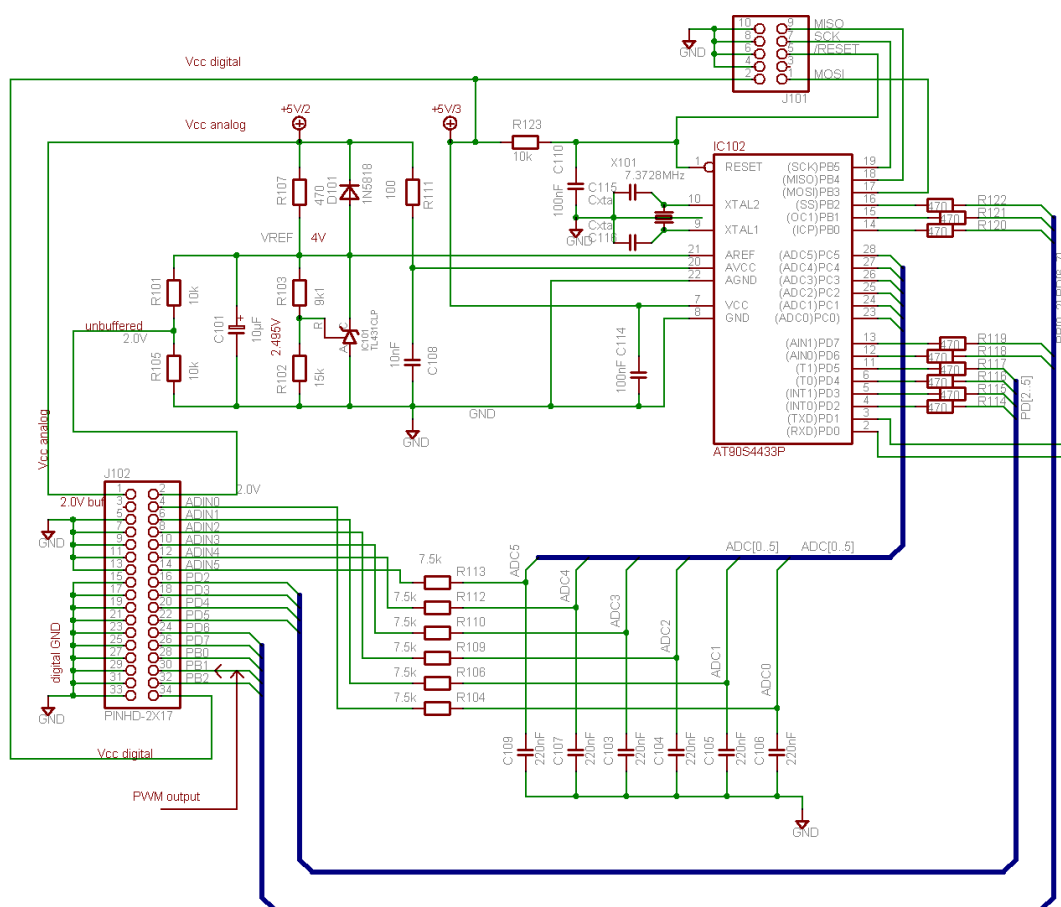
REŠENJE

U pitanju su glavni pojačavački stepen (levo) i izlazni pojačavački stepen (desno)

Na ulazu u glavni pojačavački stepen i na njegovom izlazu postavljeni su VF filteri granične frekvencije 0,16 Hz. VF filter na ulazu čine kondenzator C220 i otpornik R224, a VF filter na izlazu se sastoji iz kondenzatora C229 i otpornika R231. Ovaj stepen ima najveće pojačanje i ono se može menjati potencijometrom P202 od $G=4$ do $G=100$. Potencijometar je podešen tako da pojačanje bude 40. Uloga VF filtera je da eliminišu jednosmernu komponentu, kako pojačavač ne bi ušao u stanje zasićenja. Izlazni pojačavački stepen osim pojačavača sadrži i anti-aliasing filter, odnosno NF filter koji ima ulogu da frekvencijski ograniči signal. Pojačanje ovog stepena je $G=16$. Signal se dalje vodi na ulaz A/D konvertora.

ZADATK 5

Analizirati mikrokontrolerski blok EEG uređaja prikazan na slici 6.



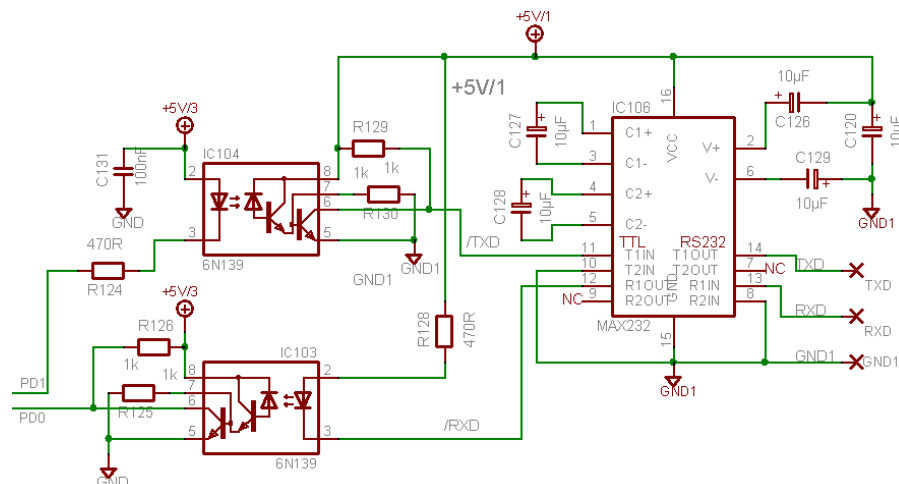
Slika 6. Mikrokontrolerski blok.

REŠENJE

Centralnu komponentu ovog bloka predstavlja 8-bitni mikrokontroler Atmega AT80S4433P sa internim 10-bitnim A/D konvertorom. Na ulazne analogne pinove mikrokontrolera dovodi se pojačani EEG signal koji se meri, a A/D konvertor ima šest kanala. Referentni napon A/D konvertora od 4 V se obezbeđuje pomoću TL431. Ovaj napon se, takođe, vodi na naponski razdelnik gde se obezbeđuje naponski nivo od 2 V za virtuelnu masu na analognoj ploči. Digitalni pinovi mikrokontrolera PD0 i PD1 se koriste za serijsku komunikaciju. Mikrokontroler generiše kalibracioni PWM signal na pinu PB1.

ZADATAK 6

Analizirati komunikacioni blok EEG uređaja prikazan na slici 7.



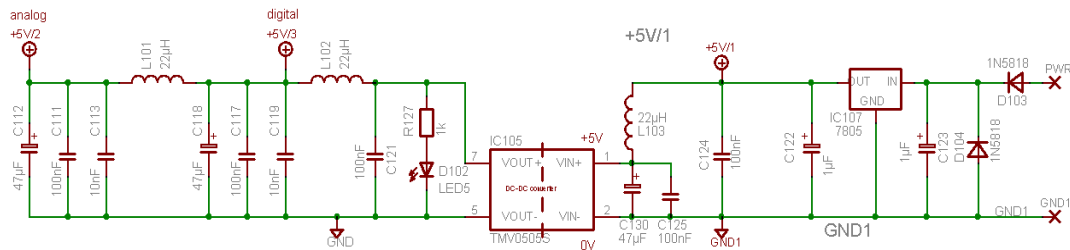
Slika 7. Električna šema komunikacionog bloka..

REŠENJE

Da bi uređaj mogao da komunicira sa računarom putem RS232 serijske veze potrebno je prilagoditi naponske nivoe mikrokontrolera i računara. To se postiže korišćenjem čipa MAX232. Zbog mrežnog napajanja računara potrebno je obezbediti galvanski izolaciju sa uređajem kako bi se ispitanik zaštitio. U tu svrhu se koriste optokapleri 6N139, sa vrednošću izolacionog napona u vremenu od 10 kV/ μ s. Optokapleri se postavljaju između mikrokontrolera i čipa MAX232.

ZADATAK 7

Analizirati naponski blok EEG uređaja prikazan na slici 8.



Slika 8. Električna šema naponskog bloka.

REŠENJE

Predviđeno je da se uređaj napaja pomoću baterije od 9 V ili pomoću mrežnog adaptera. Blok za napajanje je smešten na digitalnoj ploči i sastoji se iz tri dela. Prvi deo predstavljaju zaštitne diode (štite od pogrešnog povezivanja), naponski stabilizator 7805 i DC/DC konvertor TMV0505S. Ovaj konvertor služi za galvansku izolaciju ostatka dela uređaja od mrežnog napajanja. U drugom delu naponskog bloka se vrši

stabilizacija napona za napajanje digitalnih komponenti, a u trećem stabilizacija napona za napajanje analognih komponenti uređaja.

ZADATAK 8

Analizirati firmver iz priloga 5, koji je napisan za EEG uređaj prikazan u prethodnim zadacima.

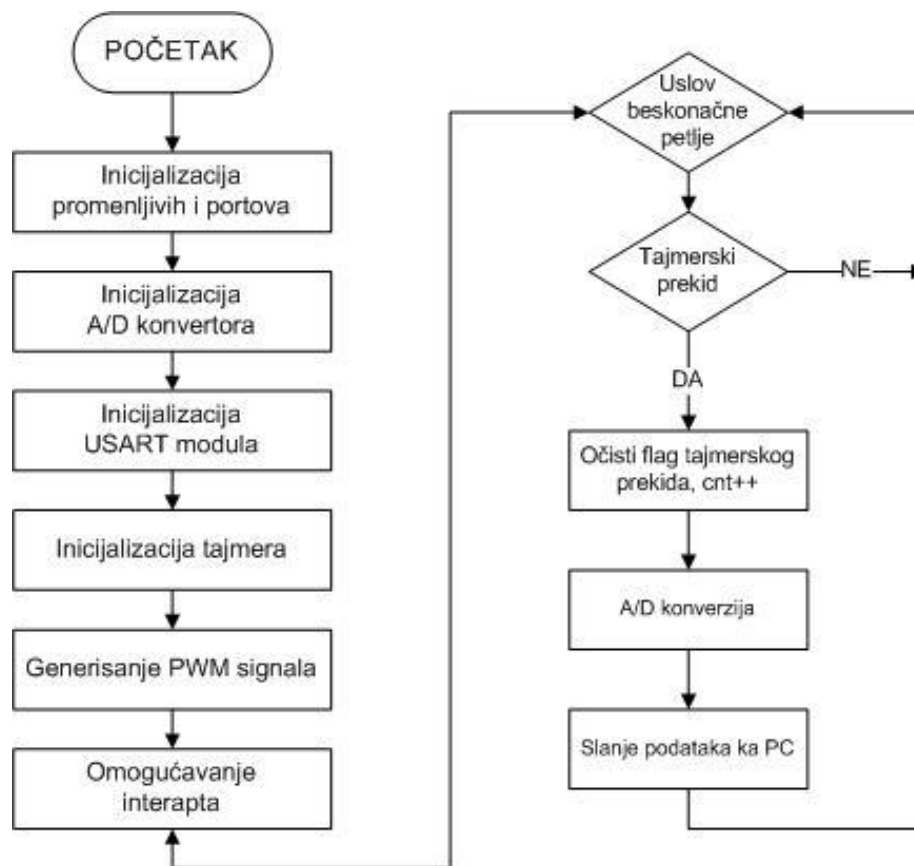
REŠENJE

Firmver je napisan tako da se analogni signal odmerava taktom 256 Hz pri čemu se digitalni odmerci pakuju po određenom protokolu definisanom na osnovu maksimalnog broja kanala i šalju serijskom vezom. Firmver je podeljen u četiri bloka i naredbe u tim blokovima se izvršavaju generisanjem određenih interapta.

Prvi zadatak firmvera je da generiše interapte frekvencijom od 256 Hz, što predstavlja takt odmeravanja A/D konvertora. Prilikom generisanja ovog interapta, ostali interapti se isključuju, a zatim se pokreće A/D konverzija. A/D konverzija se izvršava na svakom od šest kanala, a rezultati konverzije se smeštaju u niz promenljivih tako što se prvo smešta viši bajt (ADCH registar), a zatim niži bajt (ADCL registar) sa svakog kanala. Definisan je raspored kanala sa kojih se vrši A/D konverzija. Taj raspored predstavlja način povezivanja kanala sa jedne ili više analognih ploča na ulaze A/D konvertora. Konverzija se prvo vrši sa kanala 0 i kanala 3, zatim sa kanala 1 i kanala 4 i na kraju sa kanala 2 i kanala 5.

Nakon okončanja konverzije na poslednjem kanalu, startuje se UART prenos podataka kojim se, bajt po bajt, paket podataka šalje ka računaru. Ovaj paket sadrži 17 bajtova i neophodno je poznavati njihov redosled kako bi PC aplikacija mogla da rekonstruiše numeričke vrednosti rezultata A/D konverzije. Prva dva bajta u ovom paketu služe da bi se prepoznao početak paketa (sync0 i sync1). U sledećem bajtu šalje se verzija protokola, a nakon njega sledi bajt koji sadrži informaciju o broju poslatih paketa. U narednih dvanaest bajtova se šalju izmerene vrednosti sa A/D konvertora. Poslednji bajt u ovom paketu prenosi informaciju o stanju bita na pinovima PD2, PD3, PD4 i PD5 koji se koriste prilikom merenja P300 signala.

Da bi se uskladilo slanje podataka sa mikrokontrolera i njihov prijem na računaru potrebno je odabrati optimalnu brzinu prenosa podataka. Minimalna brzina prenosa, izračunata na osnovu frekvencije slanja i veličine paketa, iznosi 43520 bita u sekundi. Za stvarnu brzinu prenosa podataka uzeta je prva veća standardna vrednost od 57600 bita u sekundi. U firmveru je napisana i funkcija za generisanje PWM kalibracionog signala frekvencije 14 Hz. Algoritam source koda firmvera prikazan je na slici 9.



Slika 9. Algoritam source koda firmvera.

ZADATAK 9

Analizirati softver iz priloga 6, koji je napisan u Delphi programskom jeziku, za PC aplikaciju namenjenu za rad sa EEG uređajem prikazanim u prethodnim zadacima.

REŠENJE

Zadatak PC aplikacije u ovom projektu je prikupljanje podataka koje šalje mikrokontroler, njihova obrada i grafički i numerički prikaz rezultata merenja. Osnovni zahtevi koje PC aplikacija treba da ispuni su: uspostavljanje komunikacije sa mikrokontrolerom, rekonstrukcija prispelih podataka, njihova obrada i prikaz i dodatne opcije koje omogućavaju korisniku jednostavniji rad.

Korišćenje VCL komponenti Delphi programskog paketa u mnogome pojednostavljuje izradu programa. Za uspostavljanje komunikacije računara sa mikrokontrolerom potrebno je definisati komunikacioni port i njegove parametre kako ne bi došlo do greške prilikom prenosa podataka. Najvažniji parametri koje treba definisati su port na koji se povezuje uređaj i brzinu prenosa podataka (*baud rate*). Korisniku je ostavljena mogućnost izbora porta. Inicijalna vrednost *baud rate*-a je podešena tako da odgovara vrednosti *baud rate*-a definisanoj u mikrokontroleru, pa je potrebno samo izabrati odgovarajući port. Klikom na dugme

„Konekcija“ uspostavlja se veza sa mikrokontrolerom. Ako veza nije uspešno uspostavljena, pojaviće se prozor sa porukom „Greska u konekciji“. Ako je veza uspešno uspostavljena, PC aplikacija je spremna da primi podatke koje šalje mikrokontroler. Nakon prijema podataka potrebno je prepoznati početak paketa da bi se kasnije rezultati merenja uspešno rekonstruisali. Ovaj deo koda prikazan je na slici 10.

```
procedure TForm1.RS232ReceiveByte(Sender: TObject; Data: Byte);
begin
    index2:=index2+1;
    bajt1[index2]:=Data;
    if (state_order=False) and (index2>=2) and (bajt1[index2-1]=165) and (bajt1[index2]=90) then
    begin
        bajt1[1]:=bajt1[index2-1];
        bajt1[2]:=bajt1[index2];
        index2:=2;
        state_order:=True;
    end;
end;
```

Slika 10. Deo koda u kome se određuje početak paketa podataka.

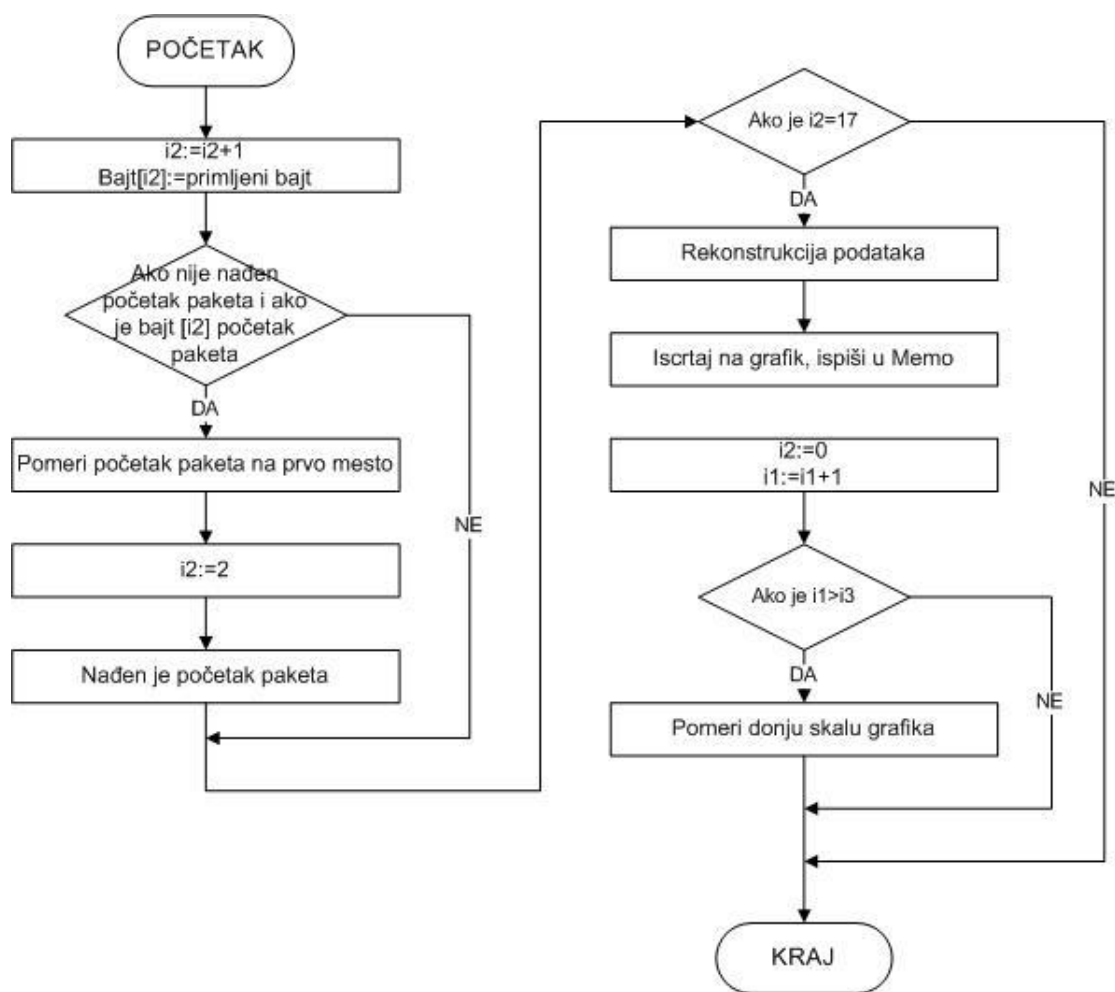
Po prijemu bajta, promenljiva index2 se inkrementira (početna vrednost je 0), a primljeni bajt se smešta u niz bajt1 sa indeksom index2. Zatim se proverava da li je početak paketa prethodno pronađen. Ukoliko nije, čeka se da pristignu bar dva bajta. Po prijemu drugog bajta, proverava se da li je prethodni podatak jednak vrednosti prvog bajta u paketu (sync0) i da li je vrednost trenutnog podatka jednak vrednosti drugog bajta u paketu (sync1). Ova provera se vrši sve dok se među prispelim podacima pronađu prvi i drugi bajt paketa. Kada se odredi gde se nalazi početak paketa, niz bajt1 se inicijalizuje tako da prva dva člana niza dobijaju vrednosti prva dva bajta paketa, a promenljiva index2 dobija vrednost 2, da bi sledeći prispeli bajt imao indeks 3. Nakon toga se promenljivom state_order definiše da je pronađen početak niza, da bi se ubrzalo dalje izvršavanje programa.

Nakon što je usklađen prijem paketa podataka koje šalje mikrokontroler sa redosledom prihvatanja u PC aplikaciji, sledi rekonstrukcija podataka kako bi se prikazali rezultati merenja. Ovaj deo koda prikazan je na slici 11. Nakon što pristignu svih 17 bajtova paketa, ulazi se u petlju gde se vrši rekonstrukcija, skaliranje, iscrtavanje na grafik i ispis u Memo kontrolu. Vrednost merenja sa svakog kanala se rekonstruiše na osnovu činjenice da se prvo šalje viši bajt A/D konverzije, a zatim niži. Dakle, prvi bajt treba pomnožiti sa 256 i sabrati sa drugim. U istom delu koda se vrši i skaliranje da bi se dobila početna vrednost EEG signala sa ulaza u pojačavač. Broj koji predstavlja odnos signala na ulazu u pojačavač i vrednost A/D konverzije se određuje prilikom kalibracije uređaja. Znajući da je vrednost napona kalibracionog signala koji se dovodi na ulaz pojačavača 250 μ V od vrha do vrha, a da se pri tome vrednost A/D konverzije kreće od 256 do 768, zaključeno je da od vrednost dobijene A/D konverzijom treba oduzeti 512, da bi se offset signala postavio na 0 V, a zatim pomnožiti sa faktorom 0,488. Ovaj koeficijent je dobijen iz relacije da naponu od 250 μ V odgovara vrednost A/D konverzije 512. Nakon dobijanja rezultata merenja sa dva kanala, oni se iscrtavaju na grafik i ispisuju u kontrolu Memo. Ispis u Memo kontrolu se vrši da bi se kasnije rezultati merenja mogli sačuvati radi njihove dalje obrade. Rezultati merenja se obično čuvaju u eksel fajlu, tako što se u prvu kolonu upisuje datum i vreme merenja, u drugu kolonu vrednost napona sa prvog kanala u mikrovoltima, a u treću kolonu vrednost napona sa drugog kanala, takođe u mikrovoltima. Nakon ispisa rezultata u Memo kontrolu, indeks index2 se resetuje, a indeks index1 se inkrementira. Korisniku je ostavljena mogućnost da izabere vreme za koje će se izmereni EEG signal zadržati na grafiku. U zavisnosti od izbora vremena (10 sekundi ili 1 minut) promenljiva

index3 dobija odgovarajuću vrednost (2556 ili 15359). Ova vrednost predstavlja broj odmeraka koji pristižu za izabrano vreme zadržavanja signala na grafiku. Nakon što indeks index1 dostigne izabranu vrednost, pri svakom sledećem prispelom rezultatu, minimalna i maksimalna vrednost donje ose grafika će se pomeriti za jedan u desno, pomerajući vrednosti na grafiku u levo. Na ovaj način, vremensko trajanje prikaza signala ostaje nepromenjeno. Uprošćena verzija algoritma ovog dela koda je prikazana na slici 12.

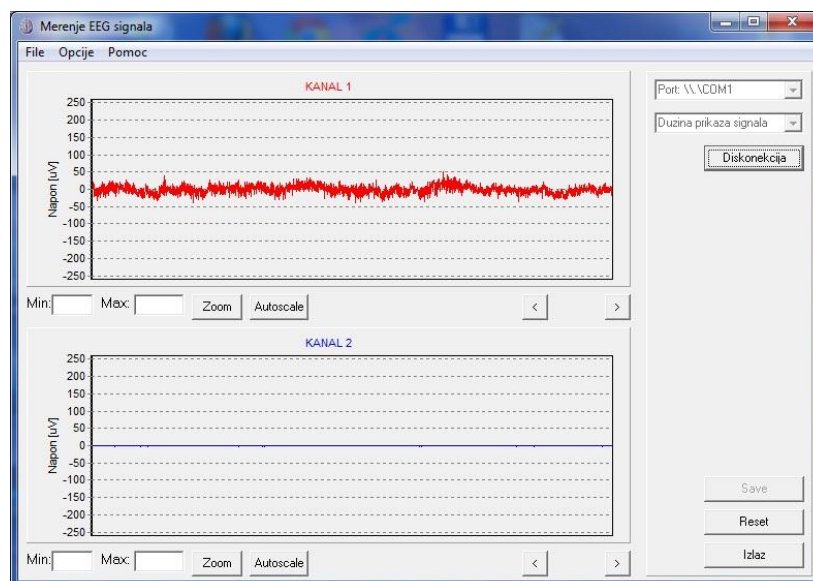
```
if index2>=17 then
begin
    // Ovim redom pristizu vrednosti
    kanal1[0]:=((256.0*bajt1[5]+bajt1[6])-512)*0.488;
    kanal1[3]:=((256.0*bajt1[7]+bajt1[8])-512)*0.488;
    //kanal1[1]:=((256.0*bajt1[9]+bajt1[10])-512)*0.488;
    //kanal1[4]:=((256.0*bajt1[11]+bajt1[12])-512)*0.488;
    //kanal1[2]:=((256.0*bajt1[13]+bajt1[14])-512)*0.488;
    //kanal1[5]:=((256.0*bajt1[15]+bajt1[16])-512)*0.488;
    Chart1.Series[0].Add(kanal1[1]);
    Chart2.Series[0].Add(kanal1[4]);
    Memo1.Lines.Add(FormatDateTime('yyyy.mm.dd. hh:mm:ss:zzz',Now)+#9+
        FormatFloat('0.00',kanal1[0])+#9+FormatFloat('0.00',kanal1[3]));
    index2:=0;
    index1:=index1+1;
    if index1>=index3 then
    begin
        Chart1.BottomAxis.Minimum:=Chart1.BottomAxis.Minimum+1;
        Chart1.BottomAxis.Maximum:=Chart1.BottomAxis.Maximum+1;
        Chart2.BottomAxis.Minimum:=Chart2.BottomAxis.Minimum+1;
        Chart2.BottomAxis.Maximum:=Chart2.BottomAxis.Maximum+1;
    end;
    state_save:=False;
end;
end;
```

Slika 11. Deo koda u kome se vrši rekonstrukcija i prikaz rezultata merenja.

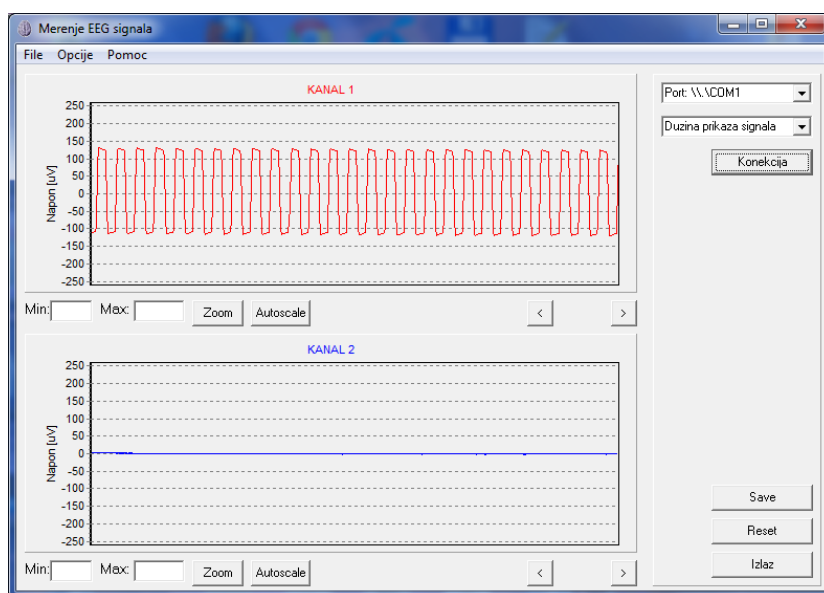


Slika 12. Algoritam dela koda PC aplikacije u kome se primaju i obrađuju podaci.

Kada korisnik želi da zustavi merenje, potrebno je kliknuti na dugme „Diskonekcija“, da bi se prekinula veza sa mikrokontrolerom i da bi se zaustavilo merenje (slike 13 i 14). Nakon toga dugme „Save“ je omogućeno, i klikom na njega otvara se dialog-prozor u kome korisnik bira putanju gde želi da sačuva rezultate i naziv eksel fajla. Klikom na dugme „Reset“, brišu se podaci sa grafika i iz kontrole Memo i omogućuje se novo merenje. PC aplikacija poseduje i opcije za uvećanje određenog dela signala ukoliko za tim postoji potreba. Opcije poput startovanja, odnosno zaustavljanja procesa merenja i čuvanja rezultata merenja, mogu se izabrati i iz menija File. Primer snimanja rezultata merenja u eksel fajl prikazan je na slici 15.



Slika 13. Izgled prozora PC aplikacije u toku merenja.



Slika 14. Izgled prozora PC aplikacije nakon okončanja merenja.

	A	B	C
1	Vreme merenja	1. Kanal [uV]	2. Kanal [uV]
2	2011.06.30. 09:46:48:917	-30.74	-0.98
3	2011.06.30. 09:46:48:917	-18.54	-1.46
4	2011.06.30. 09:46:48:917	-11.71	-0.98
5	2011.06.30. 09:46:48:918	-11.71	-0.98
6	2011.06.30. 09:46:48:918	-22.94	-0.98
7	2011.06.30. 09:46:48:918	-12.69	-1.46
8	2011.06.30. 09:46:48:919	-6.83	-1.46
9	2011.06.30. 09:46:48:919	-0.98	-1.46
10	2011.06.30. 09:46:48:920	-2.44	-0.98

Slika 15. Primer snimanja rezultata merenja u eksel fajl.