

1. Trajanje ispita 180 minuta.
2. Ispit se radi u vežbanci.
3. Na naslovnoj strani **obavezno** zaokružiti redne brojeve zadataka koji su rađeni.

---

### Zadatak 1 (25 poena)

Dat je signal  $x[n]$  dobijen koherentnim odabiranjem analognog signala  $x(t)$ :

$$x[n] = \delta[n] + \sqrt{2}\delta[n-1] - \delta[n-2] - \delta[n-4] - \sqrt{2}\delta[n-5] + \delta[n-6].$$

- a) [10] Nacrtajte šemu koja realizuje *radix-2* algoritam za izračunavanje diskretne Furijeove transformacije u 8 tačaka korišćenjem preuređivanja u frekvencijskom domenu.
- b) [5] Korišćenjem šeme iz tačke c) izračunajte  $X[k]$ , DFT sekvence  $x[n]$ . Na šemi naznačite odgovarajuće međurezultate.
- c) [5] Ako je učestanost odabiranja  $f_s = 200$  Hz, odredite na kojim učestanostima postoje frekvencijske komponente u signalu  $x(t)$ .
- d) [5] Nacrtajte amplitudsku karakteristiku diskretne Furijeove transformacije signala  $x_{long}[n]$ , dobijenog koherentnim odabiranjem signala  $x(t)$  u 32 tačke.

---

### Zadatak 2 (20 poena)

Digitalni sistem ima impulsni odziv:

$$h[n] = \delta[n] + 2\delta[n-1] + \delta[n-3] + \delta[n-4].$$

Na ulaz ovog sistema se može dovesti proizvoljan signal velike dužine. Zbog toga se izračunavanje odziva sistema na pobudu veće dužine izračunava blok konvolucijom kada se segmenti ulazne sekvence preklapaju (metod selektuj i sačuvaj – *select-and-save* ili *overlap-and-save*). Dužina bloka je  $L = 4$ . Pojedinačne cirkularne konvolucije se izračunavaju korišćenjem diskretne Furijeove transformacije. Neka je ulazni signal:

$$x[n] = \delta[n] - \delta[n-1] + 2\delta[n-2] + 3\delta[n-3] + 2\delta[n-4] + 3\delta[n-5] - \delta[n-6].$$

- a) [5] Izračunajte minimalnu potrebnu dužinu  $N$  na kojoj treba izračunavati DFT u postupku izračunavanja blok konvolucije korišćenjem DFT.
- b) [10] Izračunajte rezultate obrade prva dva bloka signala  $x[n]$ :  $y_1[n]$  i  $y_2[n]$ .
- c) [5] Korišćenjem rezultata iz tačke b) odredite odziv  $y[n] = x[n] * h[n]$

---

### Zadatak 3 (25 poena)

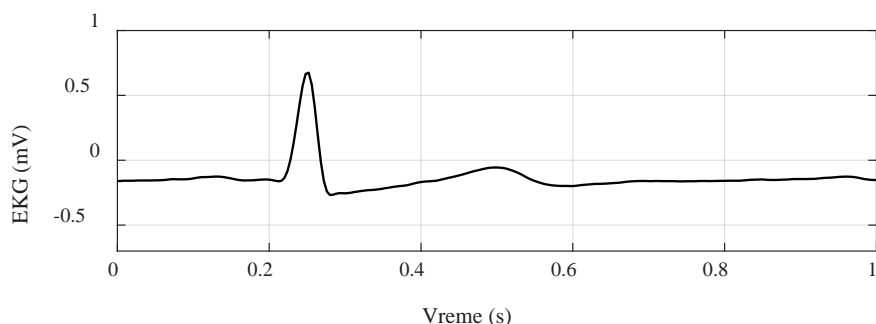
Potrebno je projektovati digitalni IIR filter nepropusnik opsega iz analognog Batervortovog prototipa. Specifikacije filtra su: prva granična učestanost nepropusnog opsega  $\Omega_{a1} = 9/20$ , prva granična učestanost propusnog opsega  $\Omega_{p1} = 1/4$ , širina nepropusnog opsega  $B = 2$ , maksimalno dozvoljeno slabljenje u propusnom opsegu  $\alpha_p = 3$  dB i minimalno slabljenje u nepropusnom opsegu  $\alpha_a = 23$  dB. Učestanost odabiranja signala na ulazu u filter je  $f_s = 2$  Hz.

- a) [15] Odredite granične učestanosti  $\omega_{pN}$  i  $\omega_{aN}$  normalizovanog analognog NF prototipa bez predistorzije učestanosti, a zatim odredite minimalni red NF prototipa kojim će se zadovoljiti definisane specifikacije.
- b) [5] Odredite prenosnu funkciju analognog prototipa nepropusnika opsega.
- c) [5] S obzirom na to da nije urađena predistorzija učestanosti, bilinearna transformacija će dati pogrešne specifikacije u digitalnom domenu. Da li je moguće preći u digitalni domen impulsno invarijantnom transformacijom? Obrazložite odgovor.

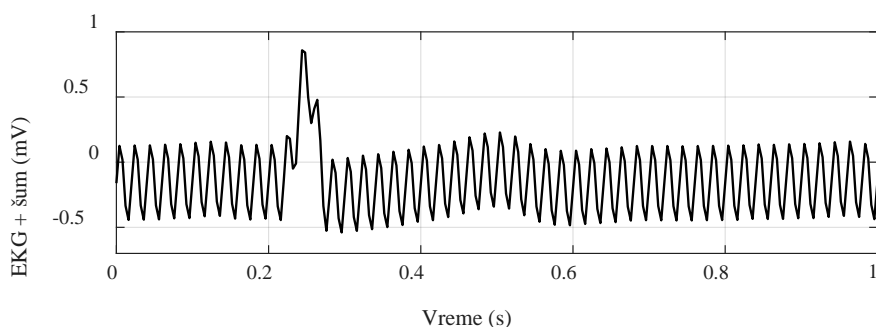
#### Zadatak 4 (30 poena)

Pomoću trougaone prozorske funkcije i impulsnog odziva idealnog filtra potrebno je projektovati FIR filter 100. reda kojim se potiskuje brzopromenljiva komponenta u EKG signalu koja nastaje zbog uticaja naizmeničnog napajanja na koji je uključen uređaj za merenje EKG signala. EKG signal bez uticaja naizmeničnog napajanja je prikazan na slici 4.a), dok je EKG signal koga je potrebno filtrirati prikazan na slici 4.b). Učestanost odabiranja je  $f_s = 250$  Hz. Filter treba da ima linearnu faznu karakteristiku.

- [5] Odredite tip filtra (NF, VF, PO, NO) koji je potrebno projektovati kako bi se filtrirao signal sa slike 4.b). Procenite graničnu/e učestanost/i filtra i napišite na osnovu čega biste baš nju/njih odabrali?
- [10] Izračunajte impulсни odziv  $h[n]$  idealnog filtra koji se koristi za projektovanje filtra iz ovog zadatka.
- [5] Odredite i napišite izraz za trougaoni prozor koji je potrebno iskoristiti za projektovanje FIR filtra, a zatim odredite i zapišite izraz za impulсни odziv traženog FIR filtra.
- [5] Skicirajte direktnu transponovanu realizaciju projektovanog FIR filtra.
- [5] Ako se koeficijenti filtra i svi odbirci signala predstavljaju sa 12 bita u drugom komplementu, metodom najgoreg slučaja (*worst-case analysis*) odredite kolika je minimalna dužina reči signala na izlazu filtra kojom se obezbeđuje da nikada ne dođe do prekoračenja opsega.



a)



b)

Slika 4 – Originalni EKG signal i EKG signal koga je potrebno filtrirati u zadatku 4