

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)

Date su realne sekvence $x_1[n]$ i $x_2[n]$:

$$x_1[n] = \delta[n] + 2\delta[n-1] + \delta[n-3] \text{ i } x_2[n] = 2\sin\left(\frac{\pi n}{2}\right), n = 0, 1, 2, 3.$$

Potrebno je naći konvoluciju ove dve sekvence korišćenjem diskretne Furijeove transformacije.

- a) [10] Nacrtajte šemu koja realizuje *radix-2* algoritam za izračunavanje DFT-a korišćenjem preuređivanja u vremenu u minimalnom broju tačaka tako da se taj blok može iskoristiti za izračunavanje konvolucije navedene dve sekvence.
- b) [5] Korišćenjem dva bloka iz tačke a) izračunajte $X_1[k]$, DFT sekvence $x_1[n]$, i $X_2[k]$, DFT sekvence $x_2[n]$. Na šemama naznačite odgovarajuće međurezultate.
- c) [10] Korišćenjem blokova iz tačke b) i još jednog bloka iz tačke a) nacrtajte šemu sistema koji izračunava konvoluciju sekvenci $x_1[n]$ i $x_2[n]$. Izračunajte konvoluciju i na šemama naznačite odgovarajuće međurezultate.

Pomoć: Šta je inverzna diskretna Furijeova transformacija konjugovane sekvence $x^*[n]$ sekvence $x[n]$?

Zadatak 2 (25 poena)

Impulsno invarijantnom transformacijom sa $T = \pi/4$ s potrebno je projektovati niskopropusni digitalni IIR filter drugog reda granične učestanosti $\Omega_p = \pi/4$ iz analognog Batervortovog prototipa. Maksimalno dozvoljeno slabljenje u propusnom opsegu treba da bude $\alpha_p = 0.26$ dB.

- a) [5] Kolika je granična učestanost ω_p analognog prototipa?
- b) [20] Odredite prenosnu funkciju traženog niskopropusnog digitalnog IIR filtra.

Zadatak 3 (15 poena)

Digitalni kauzalni rekurzivni filter drugog reda sa čisto realnim koeficijentima deo je sistema za digitalnu obradu signala u kome je učestanost odabiranja $f_s = 1200$ Hz. Filter je definisan sledećom diferencnom jednačinom

$$y[n] = 2r \cos(\theta)y[n-1] - r^2 y[n-2] + x[n] - 2\cos(\theta)x[n-1] + x[n-2],$$

gde je $r = 0,9$, a θ je takvo da ovaj sistem ne propušta spektralne komponente na učestanosti $f_0 = 200$ Hz.

- a) Odredite prenosnu funkciju filtra $H(z)$ i skicirajte raspored nula i polova funkcije prenosa.
- b) Nacrtajte direktnu kanoničku realizaciju ovog filtra?
- c) Ako biste projektovali FIR filter koji zadovoljava iste gabarite kao filter iz ovog zadatka kog sve tipa (I, II, III i/ili IV) može biti taj FIR filter? Ukratko obrazložiti odgovor.

Zadatak 4 (10 poena)

Digitalni kauzalni rekurzivni filter prvog reda definisan je sledećom diferencnom jednačinom

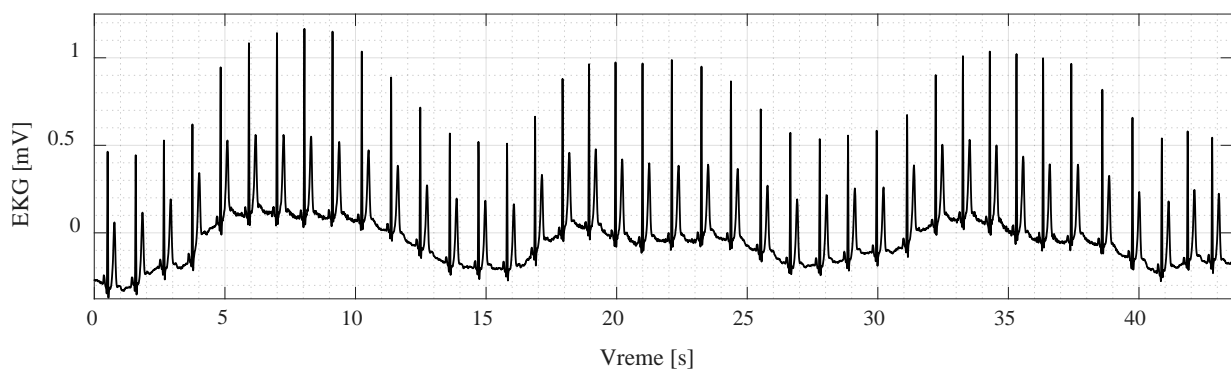
$$y[n] = 0,5y[n-1] + x[n].$$

Sistem je potrebno realizovati sa četvorobitnom aritmetikom (označeni brojevi). Proizvod $0,5y[n-1]$ se kvantuje zaokruživanjem pre sabiranja sa signalom $x[n]$. Skicirajte navedeni sistem i proverite da li dolazi do graničnog ciklusa ako se sistem pobudi signalom $x[n] = 0.875_{10} \delta[n] = 0.111_2 \delta[n]$.

Zadatak 5 (25 poena)

Pomoću Hanove prozorske funkcije i impulsnog odziva idealnog filtra potrebno je projektovati FIR filtar 4. reda kojim se filtrira sporopromenljiva komponenta u EKG signalu koja nastaje kao posledica disanja. EKG signal koga je potrebno filtrirati prikazan je na slici 5. Učestanost odabiranja je $f_s = 250$ Hz. Filtar 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 5. 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 skicirajte Hanov prozor koji je potrebno iskoristiti za projektovanje FIR filtra. **Pomoć:** Voditi računa o tome da je nulti odbirak Hanove prozorske funkcije jednak 0.
- [5] Odredite impulсни odziv traženog FIR filtra korišćenjem rezultata iz tačaka b) i c).



Slika 5 – EKG signal koga je potrebno filtrirati u zadatku 5