

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)

Data je realna sekvenca $x[n]$:

$$x[n] = \begin{cases} 2 \sin\left(\frac{\pi n}{4}\right), & n = 0, 1, 2, \dots, 6, 7 \\ 0, & n \neq 0, 1, 2, \dots, 6, 7 \end{cases}.$$

- a) [10] Nacrtajte šemu koja realizuje *radix-2* algoritam sa konstantnom geometrijom leptirova za izračunavanje DFT-a korišćenjem preuređivanja u vremenu u 4 tačke.
- b) [5] Korišćenjem dva bloka iz tačke a) izračunajte $X_1[k]$, DFT sekvence $x_1[n] = x[2n]$, i $X_2[k]$, DFT sekvence $x_2[n] = x[2n+1]$. Na šemama naznačite odgovarajuće međurezultate.
- c) [10] Korišćenjem rezultata iz tačke b) izračunati $X[k]$, DFT sekvence $x[n]$.

Zadatak 2 (25 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 ne preklapaju (metod preklopi i saberi – *overlap-and-add*). Blokovi su dužine 5 odbirka. Pojedinačne konvolucije se izračunavaju korišćenjem diskretne Furijeove transformacije. Neka je ulazni signal:

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

- a) [6] Izračunajte minimalnu potrebnu dužinu N na kojoj treba izračunavati DFT u postupku izračunavanja konvolucije korišćenjem DFT.
- b) [13] Izračunajte rezultate obrade prva dva bloka signala $x[n]$: $y_1[n]$ i $y_2[n]$.
- c) [6] Korišćenjem rezultata iz tačke b) odredite odziv $y[n] = x[n] * h[n]$.

Zadatak 3 (20 poena)

Bilinearnom transformacijom potrebno je projektovati digitalni IIR filter propusnik opsega iz analognog Batervortovog prototipa. Specifikacije filtra su: granične učestanosti nepropusnog opsega $\Omega_{a1} = \pi/3$, $\Omega_{a2} = 2\pi/3$, maksimalno dozvoljeno slabljenje u propusnom opsegu $\alpha_p = 3$ dB i minimalno slabljenje u nepropusnom opsegu $\alpha_a = 24$ dB, maksimalan red filtra $N = 19$. Perioda odabiranja signala na ulazu u filter je $T_s = 2$ s.

Odredite najveću moguću širinu propusnog opsega opisanog filtra, a zatim i granične učestanosti propusnog opsega digitalnog filtra.

Zadatak 4 (30 poena)

Na digitalni filter iz zadatka 3 je potrebno dodati interpolatore i decimatore tako da se ceo sistem ponaša kao propusnik opsega kod koga su širine prelaznih zona duplo uže od filtra iz zadatka 3. Pomoću trougaone prozorske funkcije i impulsnog odziva idealnog filtra potrebno je projektovati FIR filter koji se koristi za promenu učestanosti odabiranja signala (decimaciju i interpolaciju). Filter treba da bude 14. reda i da ima linearnu faznu karakteristiku.

- a) [10] Izračunajte impulsni odziv $h[n]$ idealnog filtra koji se koristi za projektovanje filtra za promenu učestanosti odabiranja iz ovog zadatka.
- b) [5] Odredite i skicirajte trougaoni prozor koji je potrebno iskoristiti za projektovanje FIR filtra, a zatim odredite impulsni odziv traženog FIR filtra korišćenjem dobijenih rezultata iz ove i prethodne tačke.
- c) [5] Nacrtajte direktnu realizaciju FIR filtra iz tačke b).
- d) [5] Skicirajte blok šemu sistema koji se ponaša kao propusnik opsega duplo užih prelaznih zona nego filter iz zadatka 3, a koji koriste blokove projektovanog FIR filtra iz tačke c) i filter iz zadatka 3.
- e) [5] Da li je moguće, na isti način, samo korišćenjem drugih interpolatora i decimatora, omogućiti da rezultujući filter ima prelazne zone uže 4 puta od originalnih? Obrazložite odgovor.