

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  $x[n]$ :

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

- a) [10] Nacrtajte šemu koja realizuje *radix-2* algoritam za izračunavanje DFT-a korišćenjem preuređivanja u frekvencijskom domenu 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 (30 poena)

Na slici 2 su prikazane učestanosti koje se koriste pri dvotonskom signaliziranju u analognoj telefoniji. Kao primer, prilikom pritiska tastera „1”, šalju se dve sinusoidalne komponente na učestanostima 697 Hz i 1209 Hz. Potrebno je projektovati primitivni detektor pritiska tastera i to korišćenjem digitalnih IIR filtara propusnika opsega.

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz
697 Hz	1	2	3
770 Hz	4	5	6
852 Hz	7	8	9
941 Hz	*	0	#

Slika 2 – Učestanosti koje odgovaraju tasterima telefona

- a) [5] Odredite učestanost odabiranja signala, ako se zna da je najveći deo energije govornog signala na učestanostima manjim od 4 kHz.
- b) [15] Digitalni IIR filtri se projektuju korišćenjem Batervortovog prototipa i bilinearne transformacije. Ako sve frekvencijske komponente osim one koju propušta filter propusnik opsega treba da budu oslabljenje najmanje 30 dB, odredite minimalni red filtara koji propuštaju učestanosti koje odgovaraju tasteru „5”.
- c) [5] Nacrtajte opšti oblik transponovane kanoničke realizacije IIR filtra.
- d) [5] Predložite algoritam za detekciju pritisnutih tastera ako su na raspolaganju izlazi IIR filtara propusnika svih 7 učestanosti.

---

### Zadatak 3 (20 poena)

Digitalni kauzalni rekurzivni filter drugog reda definisan je sledećom diferencnom jednačinom

$$y[n] = \frac{7}{8} y[n-1] - \frac{5}{8} y[n-2] + x[n].$$

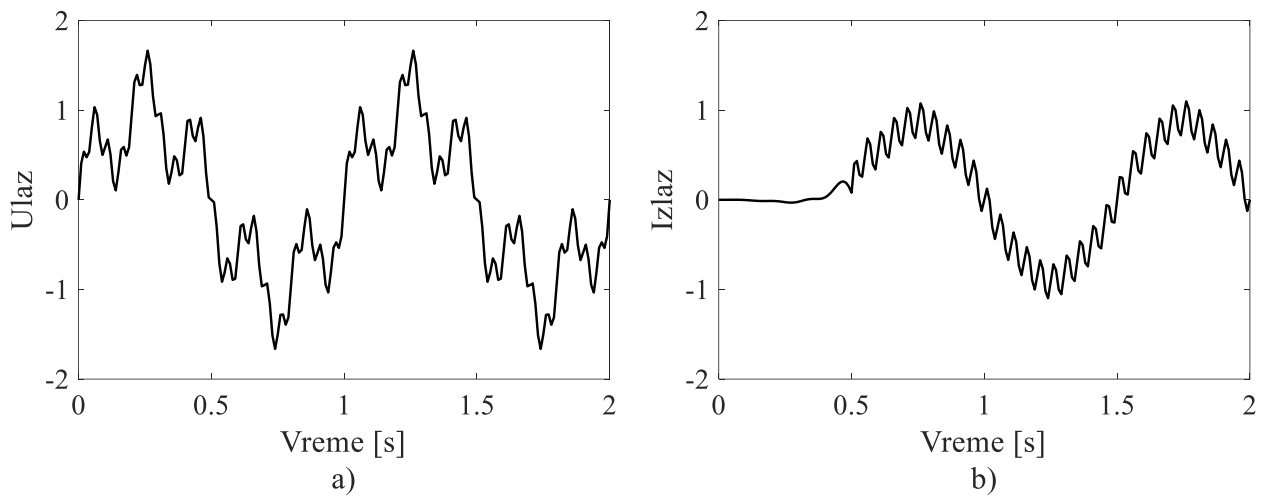
Kvantizacija se vrši na izlazu poslednjeg sabirača i to na 4 bita (označeni brojevi u drugom komplementu). Pobudni signal  $x[n]$  se takođe predstavlja na 4 bita.

- a) [15] Skicirajte navedeni sistem i proverite da li dolazi do graničnog ciklusa ako se sistem pobudi signalom  $x[n] = 0.375_{10} \delta[n] = 0.011_2 \delta[n]$  i ako za početne uslove važi da je  $y[-2] = y[-1] = 0$ .
- b) [5] Na šemi naznačite koliko bita moraju minimalno imati svi interni signali da ne bi došlo do prekoračenja.

#### Zadatak 4 (25 poena)

Pomoću trougaone prozorske funkcije i impulsnog odziva idealnog filtra potrebno je projektovati FIR filter 100. reda kojim se filtrira signal prikazan na slici 4.a) i dobija signal prikazan na slici 4.b). Učestanost odabiranja je  $f_s = 100$  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. 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] Objasnite zašto odziv kasni u odnosu na pobudu i napišite koliko je to kašnjenje.



Slika 4 – Ulazni i izlazni signal iz zadatka 4