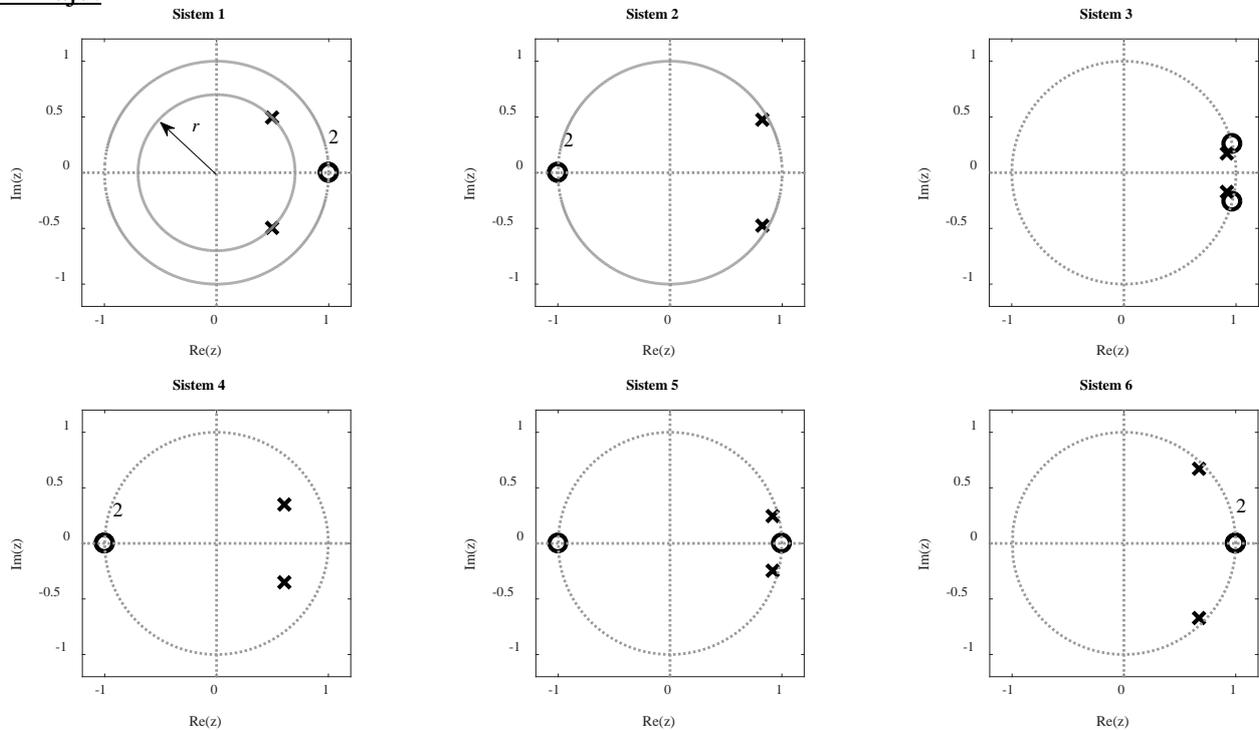


1. Trajanje ispita 180 minuta.
2. Ispit se radi u vežbanci.
3. Na naslovnoj strani **obavezno** zaokružiti redne brojeve zadataka koji su rađeni.

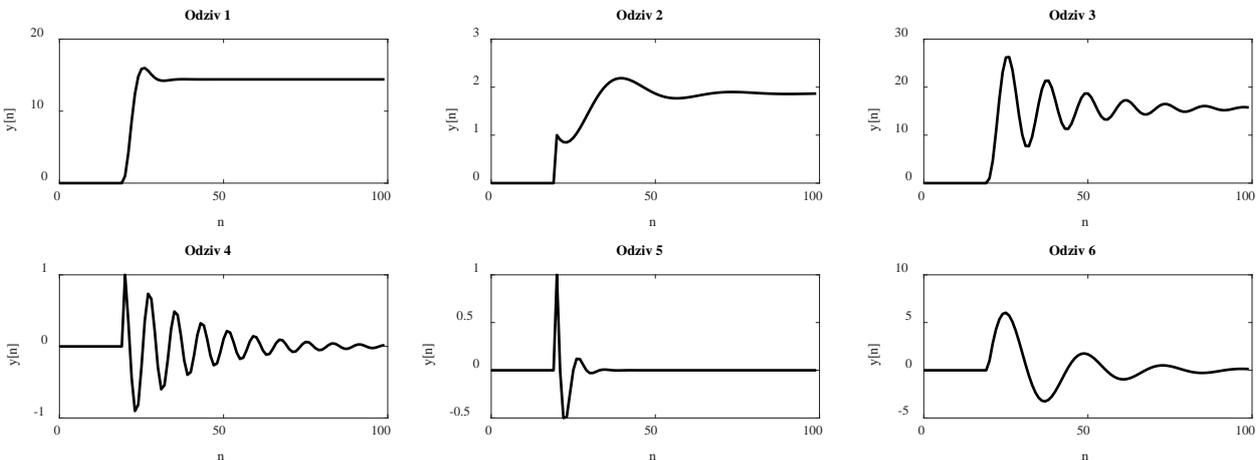
Zadatak 1 (20 poena)

Na slici 1.a) su prikazani rasporedi nula i polova za 6 različitih digitalnih kauzalnih rekurzivnih filtara drugog reda sa čisto realnim koeficijentima. Na slici 1.b) su prikazani odzivi ovih filtara na vremenski pomešanu Hevisajdovu pobudu, ali u izmešanom redosledu.

- a) [6] Odredite kog su tipa (NF, VF, PO, NO) pojedini filtri čiji su nule i polovi nacrtani na slici 1.a) (*Primer: Sistem 1 - PO...*). Ukratko obrazložite odgovor.
- b) [6] Odredite koji odziv sa slike 1.b) odgovara kom filteru sa slike 1.a) i navedite parove (*Primer: Sistem 1 – Odziv 1*). Obrazložite odgovor. Odgovori bez obrazloženja se ne priznaju.
- c) [4] Odredite prenosnu funkciju $H_1(z)$, sistema 1, ako je poznato da je $r = \sqrt{2}/2$.
- d) [4] Ako biste projektovali FIR filter koji zadovoljava iste gabarite kao filter iz tačke c) kog sve tipa (I, II, III i/ili IV) može biti taj FIR filter? Obrazložiti odgovor. Odgovori bez obrazloženja se ne priznaju.



Slika 1.a) Raspored nula i polova



Slika 1.b) Odzivi sistema na Hevisajdovu pobudu

Zadatak 2 (15 poena)

Sistem za digitalnu obradu signala meri harmonijska izobličenja koje unose uređaji priključeni na niskonaponsku električnu mrežu. Idealan napon električne mreže je sinusoidalnog talasnog oblika učestanosti $f_0 = 50$ Hz, i u idealnom slučaju bi i struja trebalo da ima takav oblik. Međutim na niskonaponsku mrežu se priključuju i uređaji čija struja odstupa od idealne i ima i više harmonike (npr. struja ispravljača). Sistem za digitalnu obradu signala, u što kraćem vremenskom intervalu, treba da proveri da li viši harmonici struje u nekom opsegu, po amplitudi, prelaze standardom propisane vrednosti.

- [5] Nacrtajte šemu potrebnog sistema za digitalnu obradu signala i ukratko objasnite ulogu svakog bloka na šemi.
- [5] Odredite graničnu učestanost filtra iz tačke a) i minimalnu učestanost odabiranja signala koja je potrebna da bi se ispravno detektovao 40. harmonik struje.
- [5] Pod uslovom da je filter iz tačke a) idealan, predložite učestanost odabiranja veću od minimalne i odredite minimalan broj odbiraka koji je potrebno uzeti tako da se pri učestanosti osnovnog harmonika $f_0 = 50$ Hz u spektru DFT-a dobiju tačno svi harmonici struje. Šta se dešava ako se usled velikog opterećenja mreže učestanost mrežnog signala promeni na 49,5 Hz? Šta se dešava ako se učestanost mrežnog signala ne menja, a DFT se računa nekim *radix-2* algoritmom?

Zadatak 3 (10 poena)

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

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

- [5] Izračunajte $X[k]$, DFT sekvence $x[n] = x_1[n] + j \cdot x_2[n]$ u $N = 4$ tačke.
- [5] Korišćenjem osobina diskretne Furijeove transformacije izračunajte $X_1[k]$ i $X_2[k]$ iz $X[k]$.

Zadatak 4 (30 poena)

Bilinearnom transformacijom sa $T = 2$ s potrebno je projektovati niskopropusni digitalni IIR filter drugog reda granične učestanosti $\Omega_p = \pi/2$ iz analognog Batervortovog prototipa. Maksimalno dozvoljeno slabljenje u propusnom opsegu treba da bude $\alpha_p = 0.26$ dB.

- [5] Kolika je granična učestanost ω_p analognog prototipa?
- [15] Odredite prenosnu funkciju traženog niskopropusnog digitalnog IIR filtra.
- [5] Skicirajte transponovanu direktnu I realizaciju dobijenog filtra.
- [5] Ako su u realizaciji pod c) kašnjenja sabirača $t_{p,add} = 1 \mu s$ i kašnjenja množača $t_{p,mul} = 10 \mu s$, kolika je maksimalna učestanost odabiranja u sistemu da bi sistem ispravno radio?

Zadatak 5 (20 poena)

Pomoću Hanove prozorske funkcije i impulsnog odziva idealnog filtra potrebno je projektovati FIR filter nepropusnik opsega koji ima dva nepropusna opsega. Granične učestanosti prvog propusnog opsega su: $\Omega_{p1} = 0$ i $\Omega_{p2} = \pi/8$, dok amplitudska karakteristika u ovom opsegu treba da ima vrednost $H_1 = 1$. Granične učestanosti prvog nepropusnog opsega su: $\Omega_{a1} = 5\pi/24$ i $\Omega_{a2} = \pi/4$. Granične učestanosti drugog propusnog opsega su: $\Omega_{p3} = 5\pi/12$ i $\Omega_{p4} = 15\pi/24$, dok amplitudska karakteristika treba da ima vrednost $H_2 = 0,5$. Granične učestanosti drugog nepropusnog opsega su: $\Omega_{a3} = 17\pi/24$ i $\Omega_{a4} = \pi$. Filter treba da bude 4. reda i da ima linearnu faznu karakteristiku.

- [10] Izračunajte impulсни odziv $h[n]$ idealnog filtra višestrukog nepropusnika opsega učestanosti 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 a) i b).