

Vaja 8

Ime in priimek: _____

Načrtovanje digitalnih filtrov z neskončnim impulznim odzivom

Digitalni filter z neskončnim impulznim odzivom (IIR) je najbolj splošna linearna struktura za digitalno obdelavo signalov. Njeno obnašanje predstavlja rekurzivna linearna diferenčna enačba

$$y(n) = - \sum_{k=1}^N a_k y[n-k] + \sum_{m=0}^M b_m x[n-m] \quad (8.1)$$

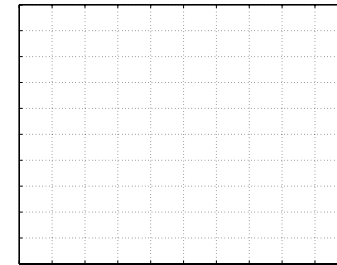
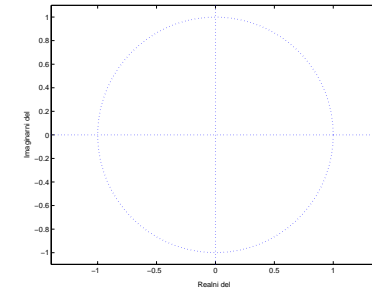
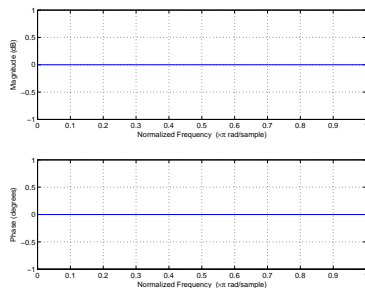
pri čemer koeficienti a_k in b_m niso funkcije časovno diskretne spremenljivke n . Poseben primer je filter s končnim impulznim odzivom, kjer je $N = 0$, uporabimo pa le predhodne vhodne vrednosti. Prednost filtrov z neskončnim impulznim odzivom v primerjavi s filtri FIR je v učinkovitosti; načrtovalske zahteve lahko izpolnimo z znatno nižjimi redi filtra. Težave pri uporabi nastopajo predvsem zaradi stabilnosti takšnih filtrov, ki postanejo še izrazitejše zaradi kvantizacije signalov. Izvedba filtrov ne omogoča linearnega faznega odziva, ki se mu lahko le približamo. Povratna vezava znotraj filtra tako ne prinaša le pozitivnih, ampak tudi neželenih lastnosti. Načrtovalski problem je, kako iz specifikacije filtra v frekvenčnem prostoru poiskati optimalne uteži filtra a_k in b_m . Filter z neskončnim impulznim odzivom je diskretni ekvivalent zveznih RLC vezij oz. aktivnih RC filtrov. Tako mnogi načrtovalski postopki predvidevajo, da najprej načrtamo ustrezen filter v zveznem prostoru, tega pa nato prevedemo v ustrezno obliko v diskretnem časovnem prostoru. Pri tem se bomo danes osredotočili na pretvorbo in ne na analogni specifikaciji filtra.

Za risanje odzivov v frekvenčnem prostoru uporabite funkcijo `freqz`. Lego polov in ničel v z ravnini boste najlažje predstavili z ukazom `zplane`. Impulzni odziv pripravite s pomočjo ukaza `filter`, narišite pa ga s `stem`. Za načrtovanje analognih filtrov so na voljo ukazi `butter`, `cheby1ap`, `cheby2ap` in `ellipap`. Bilinearno preslikavo izvedete s `bilinear`. Matlab ima na voljo tudi neposredne ukaze za načrtovanje diskretnih IIR filtrov, to so `butter`, `cheby1`, `cheby2` in `ellip`.

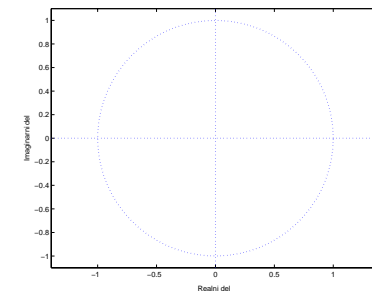
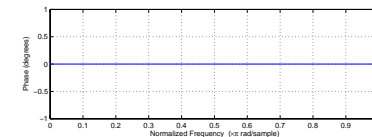
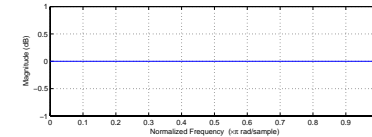
8.1 Lastnosti IIR filtrov

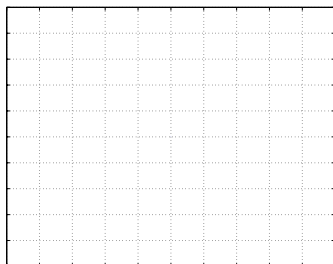
Poznamo 4 osnovne tipe IIR filtrov, ki predstavljajo 4 različne kombinacije dveh kriterijev: razvoja v Taylorjevo vrsto in maksimalne razlike med želenim in dejanskim frekvenčnim odzivom. To so Butterworthov filter, filter Chebysheva, filter Chebysheva II in eliptični filter. Načrtovalski postopki bodo temeljili na pretvorbi analognih prototipov filtrov v diskretno IIR obliko.

1. Z ukazom `butter` načrtajte Butterworthov filter 5. reda s frekvenco rezanja pri 0.6 Hz. Vzorčna frekvenca naj bo 2Hz. Narišite odziv filtra v frekvenčnem prostoru, lego polov in ničel v z ravnini kot tudi prvih 20 vzorcev impulznega odziva.

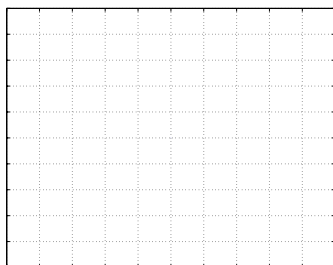
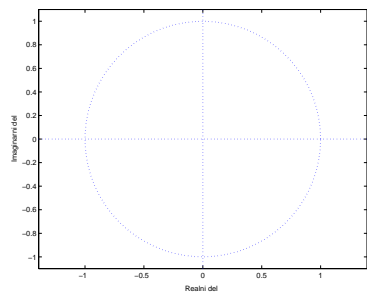
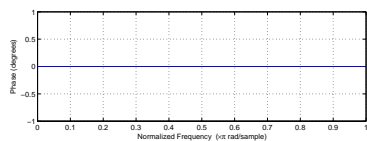
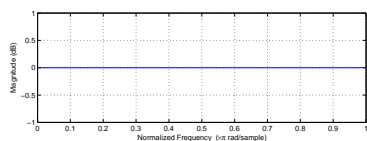


2. Načrtajte tudi filter Chebysheva enake specifikacije. Prenihaj v prepustnem pasu naj bo enak 0.5 dB.





3. Ponovite primer za eliptični filter. Prenihaj v zapornem pasu naj bo za 30dB nižji od prenihaja v prepustnem pasu filtra.



4. Načrtati moramo filter, ki deluje pri vzorčni frekvenci 2Hz. Prenihaj v prepustnem pasu naj bo 0.1, v zapornem pa pod 30 dB. Rob prepustnega pasu izberemo pri 0.28 Hz, zapornega pa pri 0.32 Hz. Z ukazi `buttord`, `cheblord`, `cheb2ord` in `ellipord` ugotovite, kakšen je minimalni red filtrov posameznega razreda, ki že ustreza specifikacijam.

8.2 Bilinearna preslikava

Bilinearna preslikava je preslikava iz zveznega frekvenčnega prostora $-\infty \leq \Omega \leq \infty$ v časovno diskretiziran interval $-\pi \leq \omega \leq \pi$. Preslikavo določa izraz

$$s = \frac{2z-1}{Tz+1} \quad (8.2)$$

Če v Laplace-ovi prenosni funkciji nadomestimo vse pojave s z zgornjim izrazom, dobimo nadomestno prevajalno funkcijo v z prostoru.

Razmerje med zvezno in diskretno frekvenco podaja izraz

$$\Omega = \frac{2}{T} \tan\left(\frac{\omega T}{2}\right), \quad (8.3)$$

pri čemer je T perioda vzorčenja v s .

Načrtovanje digitalnih filtrov s pomočjo bilinearne preslikave opravimo v naslednjih korakih:

- Iz specifikacije diskretne filtra določimo specifikacije ustreznega zveznega filtra glede na uporabo bilinearne preslikave.
- Načrtamo ustrezní zvezni filter.
- Z uporabo bilinearne preslikave pretvorimo zvezni filter v diskretni filter.

Naloga:

1. Narišite funkcijsko razmerje med analogno frekvenco Ω in digitalno frekvenco ω , kot ga določa bilinearna preslikava. Frekvenca vzorčenja naj bo enaka 8 kHz. Upoštevajte, da sme krožna frekvenca diskretne filtra obsegati le vrednosti do Nyquistove frekvence, pri kateri je zvezni ekvivalent frekvence enak ∞ .

