

# Tik-61.146 DIGITAALINEN SIGNAALINKÄSITTELY JA SUODATUS

DISKO 7 / 2. välikoe / 4.5.1999 / OS

1. Ovatko seuraavat väittämät oikein vai väärin? (Oikea vastaus: +1p, ei vastausta: 0p, väärä vastaus: -0,5p; tehtävän minimipistemäärä on kuitenkin nolla.)

- (a) FIR-suodattimilla on aina lineaarinen vaihevaste.
- (b) Elliptisellä IIR-suodattimella on jyrkempi transitiokaista verrattuna muilla menetelmillä suunniteltuihin samanasteisiin IIR-suodattimiin.
- (c) Ylivuotojen estäminen skaalaamalla parantaa samalla signaali-pyöröstysvirhekohinasuhdetta suodattimessa.
- (d) Kaskadiin kytkettyjen FIR- ja IIR-suodattimien yhdistelmä on aina epästabiili.
- (e) Impulssi-invarianttimuunnoksella saadaan analogisen suotimen koko taajuusvaste kuvatuksi IIR-digitaalisuotimen käytettävissä olevalle taajuuskaistalle ( $0 \dots f_s/2$ )
- (f) Hanning-ikkunalla saadaan spektrianalyysissä suorakulmaiseen ikkunaan verrattuna parempi sivukupujen vaimennus ja kapeampi pääkupu.

(6p)

2. Tarkastellaan oheisen z-siirtofunktion määrittelemää digitaalista suodatinta

$$H(z) = K \frac{1 - z^{-2}}{1 + r^2 z^{-2}}$$

- (a) Ratkaise suodattimen navat ja nollat sekä piirrä napa-nollakuvio.
- (b) Tutki suodattimen käyttäytymistä parametrin r eri arvoilla:
  - (i)  $r = 0,9$  ;      (ii)  $r = 0,5$  ;      (iii)  $r = 0,1$Hahmottele suodattimen taajuusvasteen itseisarvo (amplitudivaste) eri tapauksissa. Miten suodattimen amplitudivasteen muoto muuttuu parametrin r funktiona? Minkälaisesta suodattimesta on kyse?
- (c) Skaalaa suodatin tapauksessa (ii) siten, että sen maksimivahvistus on yksi, ts.  $|H(e^{j\omega})| = 1$ , kun  $r = 0,5$ .

(6p)

3. Tarkastellaan kahta äärellisen impulssivasteen (FIR) systeemiä, joiden impulssivasteet ovat

$$h_1(n) = \delta(n) + \delta(n-2) + \delta(n-4)$$

$$h_2(n) = \delta(n) - \delta(n-4)$$

- (a) Muodosta systeemien kaskadikytkennän impulssivaste  $h_c(n)$  ja siirtofunktio  $H_c(z)$ . Miten kaskadikytketyn systeemin vaihevaste käyttäytyy? Hahmottele vaihevasteen kuvaaja.
- (b) Määritä kaskadikytkennän askelvaste, ts. systeemin vaste yksikköaskelsekvenssiin  $u(n)$ . Miten askelvaste käyttäytyy, kun n on suuri? Miksi? [Opastus:  $u(n) = 1$ , kun  $n \geq 0$  ja nolla muulloin].
- (c) Muodosta systeemien rinnankytkennän impulssivaste  $h_p(n)$  ja siirtofunktio  $H_p(z)$ . Miten rinnankytkennän vaihe käyttäytyy? Perustele vastauksesi ja hahmottele vaiheen kuvaaja.

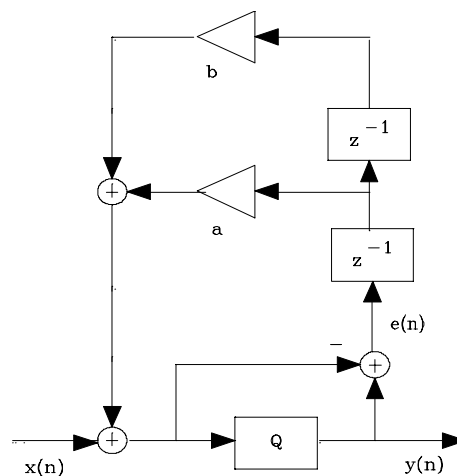
(6p)

4. Hahmottele karkeasti Butterworth, Chebysev I ja elliptisten IIR-digitaalisuodinten taajuusvasteiden itseisarvot välillä  $[0 \dots \pi]$ , kun suotimien spesifikaatioista on allaolevat tiedot. Suotimet oletetaan suunnitelluiksi jatkuva-aikatasossa ja digitalisoiduiksi bilineaarimuunnoksella.

- (a) 5. kertaluvun alipäästösuodin, jolla  
 - päästökaista on  $0 \dots \pi/3$  ja  
 - estokaista on  $2\pi/3 \dots \pi$
- (b) 4. kertaluvun ylipäästösuodin, jolla  
 - estokaista  $0 \dots \pi/4$  ja  
 - päästökaista  $\pi/2 \dots \pi$
- (c) 6. kertaluvun kaistanestosuodatin, jolla  
 - 1. päästökaista  $0 \dots \pi/4$ ,  
 - estokaista  $\pi/3 \dots 2\pi/3$  ja  
 - 2. päästökaista  $3\pi/4 \dots \pi$

(6 p)

5. Kvantisointivirhettä voidaan kompensoida ns. virheen takaisinkytkennän (error feedback tai error spectrum shaping) avulla. Menetelmässä suodatettu virhesignaali lisätään kvantisointia  $Q[\cdot]$  edeltävään haaraan suodatinrakenteessa. Ilman takaisinkytkentää virhesignaali  $e(n)$  on puhdas kvantisointivirhe, ts.  $e(n) = y(n) - x(n)$ ; kompensoidussa piirissä virhesignaali on lähdön  $y(n)$  ja kompensoidun tulosignaalin välinen erotus. Oheisessa kuvassa on toisen asteen error feedback -rakenne.



- (a) Määää rakenteen kohinasiirtofunktiio  $H_e(z)$

$$E(z)_{\text{tot}} = H_e(z) E(z) ,$$

missä  $E(z)$  on virheen  $e(n) = Q[x(n)] - x(n)$  z-muunnos ja  $E(z)_{\text{tot}}$  kokonaisvirheen  $e(n)_{\text{tot}} = y(n) - x(n)$  z-muunnos.

- (b) Määää kompensointisuodattimen taajuusvastevaste  $H_e(e^{j\omega T})$ , kun  $a = 0$  ja  $b = -1$ . Hahmottele amplitudivasteen kuvaaja. Miten kompensointisuodattimen vaihe käyttäytyy?
- (a) Miten kohinan spektri muuttuu? Mitä tapahtuu virheen varianssille?

(6 p)