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-pyöristysvirhekohinasuhdetta 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 … $f_s/2$)

   (f) Hanning-ikkunalla saadaan spektrianalyysissa 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

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

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

   (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 rinnakytkennän vaihe käyttäytyy? Perustele vastauksesi ja hahmottele vaiheen kuvaaja.

(6p)

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

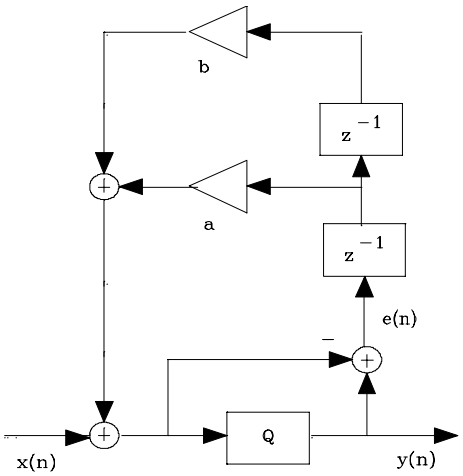
   (a) 5. kertaluvun alipäästösuodin, jolla
   - päästökaista on 0 … π/3 ja
   - estokaista on 2π/3 ... π

   (b) 4. kertaluvun ylipäästösuodin, jolla
   - estokaista 0 … π/4 ja
   - päästökaista π/2 ... π

   (c) 6. kertaluvun kaistanestosuodatin, jolla
   - 1. päästökaista 0 … π/4,
   - estokaista π/3 … 2π/3 ja
   - 2. päästökaista 3π/4 ... π

   (6 p)

5. Kvantisointivirhettä voidaan kompensoida ns. virheen takaisinkytkennän (error feedback tai error spectrum shaping) avulla. Menetelmässä suodatettu virhesignaali lisätään kvantisointia (Q[.]) 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) Määrää rakenteen kohinasiirtofunktio $H_e(z)$

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

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

   (b) Määrää 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)