Tik-61.146 DIGITAALINEN SIGNAALINKÄSITTELY JA SUODATUS

DISKO 7 / Koko kurssin tentti / 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) Kertolasku aikatasossa vastaa konvoluutiota taajuustasossa

   (b) Jos f_s on näytteenottotaajuus, välillä $3/2f_s$ … $2f_s$ olevat taajuudet laskostuvat välille 0 … $f_s/2$

   (c) FIR-suotimien vaihevaste on aina lineaarinen

   (d) Äärellinen laskentatarkkuus voi aiheuttaa rajavärähtelyjä ja epästabiilisuutta FIR-suotimissa

   (e) Bilineaarimuunnoksella saadaan analogisen suotimen koko taajuusvaste kuvatuksi IIR-digitaalisuotimen käytettävissä olevalle taajuuskaistalle (0 … $f_s/2$)

   (f) Suodattimen skaalauksella voidaan estää ylivuotoja ja parantaa signaali/kohinasuhdetta

(6p)

2. Ovatko seuraavat sekvenssit periodisia ja jos ovat, mikä on periodin pituus? Perustele!

   (a) $x_1(n) = A\cos\left((5\pi / 7)n - \pi / 14\right)$

   (b) $x_2(n) = u(n) + u(-n-1)$

   (c) $x_3(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left(\delta(n-4k) - \delta(n-1-2k)\right)$

(6p)

3. Tarkastellaan oheisen z-siirtofunktion määrittelemää digitaalista suodatinta

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

   (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. $|H(e^{j\omega T})| = 1$, kun r = 0,5.

(6p)

KÄÄNNÄ!

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

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

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

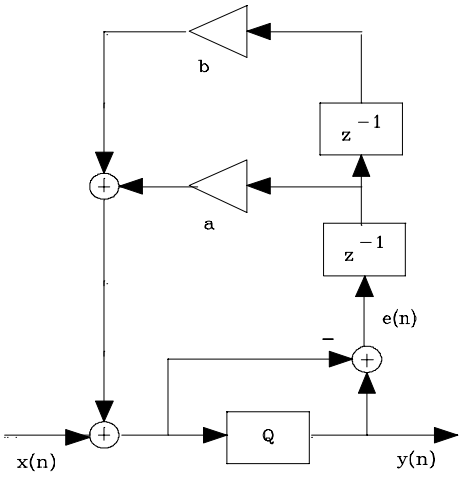
(a) Muodosta systeemien kaskadikytkennän impulssivaste $h_c(n)$ ja siirtofunktio $H_c(z)$. Miten kaskadikytketyn systeemin vaihevaste käyttäytyy? Hahmottele vaihevasteen kuvaaja.

(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)

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 $|H_e(e^{j\omega T})|$ kuvaaja. Miten kompensointisuodattimen vaihe käyttäytyy?

(c) Miten kohinan spektri muuttuu? Mitä tapahtuu virheen varianssille?

(6 p)