

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 $3/2f_s \dots 2f_s$ olevat taajuudet laskostuvat välille $0 \dots f_s/2$
 - (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 ($0 \dots f_s/2$)
 - (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) $x_1(n) = A \cos((5\pi / 7)n - \pi / 14)$
- (b) $x_2(n) = u(n) + u(-n - 1)$
- (c) $x_3(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} (\delta(n - 4k) - \delta(n - 1 - 2k))$

(6p)

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

(6p)

KÄÄNNÄ!

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

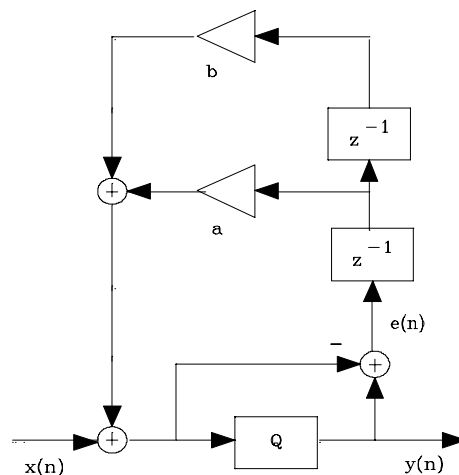
$$h_1(n) = \delta(n) + 2\delta(n-2) + \delta(n-4)$$

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

- Muodosta systeemien kaskadikytkennän impulssivaste $h_c(n)$ ja siirtofunktio $H_c(z)$. Miten kaskadikytketyn systeemin vaihevaste käyttäytyy? Hahmottele vaihevasteen kuvaaja.
- 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].
- Muodosta systeemien rinnankytkennän impulssivaste $h_p(n)$ ja siirtofunktio $H_p(z)$. Miten rinnankytkennän 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 ($Q[\cdot]$) 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.



- Määrää rakenteen kohinasiirtofunktio $H_e(z)$

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

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.

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

(6 p)