T-61.246 Digitaalinen signaalinkäsittely ja suodatus

2. välikoe 11.12.2002 klo 9-12. Salit A, B ja C.
Välikokeessa saa olla oma (graafinen) laskin. Laskimen muistiin ei saa tallettaa omia muistiinpanoja. Tilaisuudessa jaetaan kaavakokoelma.

1. (6p) Ovatko seuraavat väittämät oikein (O) vai väärin (V)? Oikea vastaus +1p, väärä –1p, ei vastausta 0p. Vastaa niin moneen kuin haluat; perusteluja ei välttämättä tarvita. Tehtävän kokonaispistemäärä on kuitenkin 0-6p.

   1) Suorassa muodossa (direct form) suotimen siirtofunktion kertoimet ovat sellaisinaan (tai vastalukuina) nähtävissä järjestelmän differenssiyhtälössä.

   2) Reaalisessa digitaalisessa järjestelmässä ei voi olla viiveettömiä takaisinkytkentöjä (delay-free loops).

   3) FIR-siirtofunktion $H(z) = 1 + 0.3z^{-1} - 0.3z^{-2} - z^{-3}$ eräs monivaihetoteutus (polyphase realization) on $H(z) = E_0(z^2)+z^{-1}E_1(z^2)$, jossa $E_0(z) = 1-0.3z^{-1}$ ja $E_1(z) = 0.3 - z^{-1}$.

   4) Digitaalinen FIR-suodin on vastaavaa IIR-suodinta laskennallisesti kevyempi, koska siinä ei ole rekursiivista laskentaa.

   5) Erään ylipäästösuotimen siirtofunktio on
   $H(z) = K(-0.0635 - 0.7289z^{-1} + 3.6692z^{-2} - 0.7289z^{-3} - 0.0635z^{-4})$.
   Väite: Kertoimen K tulee olla $K = 0.2$, jotta suotimen maksimi olisi skaalattu ykköseen.

   6) FIR-ikkunamenetelmässä ideaalisen suotimen impulssivaste konvoloidaan äärellisen pitkän ikkunafunktion kanssa, mistä saadaan toteutettavan suotimen impulssivaste.

   7) Merkkibitti $s = 1$ vastaa negatiivista lukua. Väite: Desimaaliluvun 0.125 kahden komplementtiesitys merkkibitillä ja neljällä bitillä esitettynä on $0_\Delta 0010$.

   8) Merkkibitti $s = 1$ vastaa negatiivista lukua. Väite: Desimaaliluvun -0.625 kahden komplementtiesitys merkkibitillä ja neljällä bitillä on $1_\Delta 1010$.

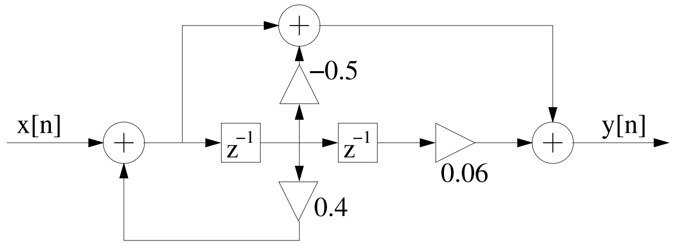
   9) Suotimen skaalaamisella vaimennetaan signaalia ylivuotojen estämiseksi ja samalla parannetaan signaali-kohinasuhdetta (SNR).

   10) Virheen takaisinkytkennällä (error-shaping structure) voidaan poistaa kvantisoinnista aiheutuva kohina järjestelmästä.

   11) Näytteenottotaajuutta (multirate) pienennetään tekijällä $M = 3$,
   $f_s = (1/3)f_{s,old}$. Väite: Uuteen näytteistettyyn sekvenssiin otetaan vain joka kolmas lukuarvo alkuperäisestä.

   12) Näytteenottotaajuutta (multirate) kasvatetaan kaksinkertaiseksi
   $f_s = 2f_{s,old}$. Väite: Sekvenssiin tulee ylimääräisiä taajuuskomponentteja taajuuksille $f_{image} = 2f_{old}$.

2. (6p) Tarkastellaan alla olevan kuvan mukaista järjestelmää.



a) Mikä on suotimen siirtofunktio $H(z)$?

b) Onko kuvan toteutus kanoninen?

c) Olkoon syötteenä $x[n] = 0.2^n \mu[n]$. Mikä on ulostulo $y[n]$?

3. (6p) Tarkastellaan analogista alipäästösuodinta, jonka s-tason siirtofunktio ja impulssivaste ovat $H_a = 1/(s+1) \quad \leftrightarrow \quad h_a(t) = e^{-t}\mu(t)$.

a) Määrää analogiasuodinta $H_a(s)$ vastaavan digitaalisuotimen siirtofunktio $H_I(z)$ ns. impulssi-invarianttimenetelmällä eli ottamalla näytteitä analogiasuotimen impulssivasteesta $h_a(t)$ tasavälisesti hetkillä $t = nT_s$, jossa T_s on näytteenottoväli.

b) Määrää analogiasuodinta $H_a(s)$ vastaavan digitaalisuotimen siirtofunktio $H_B(z)$ bilineaarimuunnoksella. Oletetaan, että bilineaarimuunnoksen taajuusvääristymät on huomioitu eikä niitä tarvitse kompensoida s-tason siirtofunktiossa. Käytä muunnokseen $s = (2/T_s)(1 - z^{-1})/(1 + z^{-1})$.

c) Normalisoidaan näytteenottoväli ykköseksi eli $T_s = 1$. Ratkaise suotimien $H_I(z)$ ja $H_B(z)$ nollat ja navat, piirrä napanollakuviot ja hahmottele suotimien amplitudivasteet. Vertaa suotimien käyttäytymistä ja selvitä, mistä mahdolliset erot johtuvat.

4. (6p) Halutaan vähentää diskreetin sekvenssin $x[n]$ näytteenottotaajuutta kolmeen neljäsosaan alkuperäisestä näytteenottotaajuudesta f_s ($\omega_s = 2\pi$). Sovelluksen kannalta kiinnostava taajuuskaista on $0 \ldots f_s/6$ (kulmataajuuksina $0 \ldots \pi/3$).

a) Mitä osia tarvitaan ja missä järjestyksessä? Hahmottele multirate-järjestelmän lohkokaavio.

b) Esitä tilanne graafisesti vaihe vaiheelta.

c) Määrää multirate-järjestelmän FIR-alipäästösuotimen korkein mahdollinen rajataajuus, jolla kiinnostava kaista pysyy koskemattomana.