Tik-61.246 DIGITAALINEN SIGNAALINKÄSITTELY JA SUODATUS

Tentti / 16.3.2001 / OS – Turun muuntokoulutus

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

   (a) Stabiilin ja kausaalisen digitaalisuodattimen navat ja nollat ovat aina yksikköympyrän sisällä z-tasossa

   (b) Bilineaarimuunnos kuvaa koko s-tason taajuusakselin (jΩ-akselin) yksikköympyrälle z-tasoon

   (c) Kertoimien kvantisointi (äärellinen sananpituus) ei aiheuta vaihevirhettä lineaarivaiheisen FIR-suotimien vaihevasteeseen

   (d) Diskreetin signaalin (näytesekvenssin) katkaisu esimerkiksi ikkunoimalla aiheuttaa säröä signaalin spektriin

(4p)

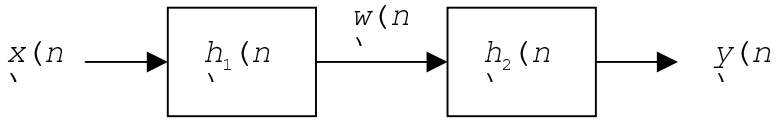
2. Ovatko seuraavat sekvenssit periodisia ja jos ovat, mikä on periodin pituus? Perustele!

   (a) $x_1[n] = A\cos\left(\frac{3\pi}{7}n - \frac{\pi}{8}\right)$

   (b) $x_2[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty}\left(\delta[n-4k] - \delta[n+1-2k]\right)$

(4p)

3. Tarkastellaan alla olevan kuvan mukaista kahden lineaarisen, aikainvariantin ja kausaalisen diskreettiaikajärjestelmän, $h_1(n)$ ja $h_2(n)$, kaskadikytkentää.



Järjestelmän tulo-lähtöriippuvuus on kuvattu alla olevassa taulukossa.

n	x[n]	w[n]	y[n]
0	1	1	0
1	0	1	0
2	0	0	1
3	0	0	2
4	0	0	1
5	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮

   (a) Määrää kaskadisysteemin impulssivaste, $h_c[n]$. Piirrä impulssivasteen kuvaaja.

   (b) Määrää kaskadikytkennässä jälkimmäisenä olevan järjestelmän impulssivaste, $h_2[n]$.

   (c) Määrää kaskadisysteemin siirtofunktio $H_c(z)$. Ratkaise navat ja nollat sekä hahmottele napa-nollakuvio z-tasoon.

   (d) Määrää kaskadisysteemin $h_c[n]$ taajuusvaste $H_c(e^{j\omega})$. Miten järjestelmän taajuusvasteen itseisarvo (amplitudivaste) ja vaihe käyttäytyvät? Hahmottele amplitudivasteen (vahvistuksen) kuvaaja.

(6 p)

KÄÄNNÄ!

4. Tarkastellaan FIR-suodinta, jonka yksikköimpulssivaste on

$$h[n] = \delta[n] - 2{,}5\delta[n-2] + \delta[n-4]$$

(a) Piirrä suodattimen tulo-lähtö-riippuvuutta (input-output –relaatiota) vastaava virtauskaavio.

(b) Määrää suodattimen siirtofunktio H(z). Ratkaise navat ja nollat sekä piirrä suotimen napa-nolla -kuvio z-tasoon

(c) Hahmottele suotimen taajuusvasteen itseisarvon, $|H(e^{j\omega T})|$:n, kuvaaja.
Minkä tyyppinen suodin on kyseessä? Miten suodattimen vaihevaste käyttäytyy?

(d) Korvaa (a)-kohdan suotimen kaikki viiverekisterit kaksinkertaisilla viiveillä.
[sijoitus: jokainen T korvataan ($2T$):llä rakenteessa (vastaten kahta viivettä kaskadissa) tai jokainen z^{-1} korvataan z^{-2}:llä siirtofunktiossa]
Määrää modifioidun suodattimen siirtofunktio ja laske sen taajuusvasteen itseisarvo.
Piirrä suotimen napa-nolla -kuvio ja hahmottele suotimen taajuusvasteen itseisarvon kuvaaja.
Minkä tyyppinen suodin tämä on?

(6 p)

5. Hahmottele karkeasti Butterworth, Chebysev I ja elliptisten IIR-digitaalisuodinten taajuusvasteiden itseisarvot välillä [0...π], kun suotimien spesifikaatioista on alla olevat tiedot. Suotimet oletetaan suunnitelluiksi jatkuva-aikatasossa ja muunnetuiksi z-tasoon bilineaarimuunnoksella.

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

(b) 6. 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

(d) 4. kertaluvun kaistanpäästösuodin, jolla
- 1. estokaista 0 … π/4,
- päästökaista 3π/8 … π/2
- 2. estokaista 5π/8 … π

(4 p)

6. Tarkastellaan analogista alipäästösuodinta, jonka s-tason siirtofunktio on

$$H_{LP}(s) = \frac{1}{s+1}$$

(a) Määrää suodinta vastaavan impulssi-invarianttimenetelmällä suunnitellun digitaalisuotimen siirtofunktio H(z).

(b) Määrää suodinta vastaavan bilineaarimuunoksella suunnitellun digitaalisuotimen siirtofunktio H(z). Oletetaan, että bilineaarimuunnoksen taajuusvääristymät on huomioitu eikä niitä tarvitse kompensoida s-tason siirtofunktiossa.

(c) Ratkaise edellä mainituilla menetelmillä saatujen digitaalisuotimien navat ja nollat, kun näytteenottoväli T = 1. Piirrä napa-nollakuviot z-tasoon ja hahmottele suunnittelemiesi suotimien taajuusvasteiden itseisarvot.
Vertaa suotimien käyttäytymistä ja selvitä, mistä mahdolliset erot johtuvat.

(6 p)

L-muunnoksia: $H_{LP}(s) = \frac{1}{s+1} \quad \Leftrightarrow \quad h_{LP}(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ e^{-t}, & t \geq 0 \end{cases}$

$L\{\delta(t)\} = 1$

Bilineaarimuunnos: $s = \frac{2}{T}\left[\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}\right]$