

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 ($j\Omega$ -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)

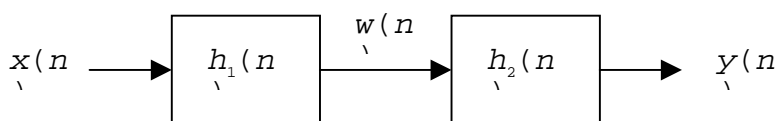
2. Ovatko seuraavat sekvenssit periodisia ja jos ovat, mikä on periodin pituus? Perustele!

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

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

(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 napo-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) Määrittää 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]
 Määrittää modifioitun 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 $[0 \dots \pi]$, kun suotimien spesifikaatioista on alla olevat tiedot. Suotimet oletetaan suunnitelluiksi jatkuva-aikatasossa ja muunnetuiksi z -tasoon bilineaarimuunnoksella.

- | | |
|---|--|
| (a) 5. kertaluvun alipäästösuodin, jolla - päästökaista on $0 \dots \pi/3$ ja - estokaista on $2\pi/3 \dots \pi$ | (b) 6. kertaluvun ylipäästösuodin, jolla - estokaista $0 \dots \pi/4$ ja - päästökaista $\pi/2 \dots \pi$ |
| (c) 6. kertaluvun kaistanestosuodatin, jolla - 1. päästökaista $0 \dots \pi/4$, - estokaista $\pi/3 \dots 2\pi/3$ ja - 2. päästökaista $3\pi/4 \dots \pi$ | (d) 4. kertaluvun kaistanpäästösuodin, jolla - 1. estokaista $0 \dots \pi/4$, - päästökaista $3\pi/8 \dots \pi/2$ - 2. estokaista $5\pi/8 \dots \pi$ |

(4 p)

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

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

- (a) Määrittää suodinta vastaavan impulssi-invarianttimenetelmällä suunnitellun digitaalisuotimen siirtofunktio $H(z)$.
 (b) Määrittää suodinta vastaavan bilineaarimuunnoksella 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 suunnittelemissi suotimien taajuusvasteiden itseisarvot.
 Vertaa suotimien käyttäytymistä ja selvitä, mistä mahdolliset erot johtuvat.

(6 p)

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

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

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