

## T-61.140 Signaalinkäsittelyjärjestelmät

2. välikoe / tentti, keskiviikko 4.5.2005 16-19, sali B ja C.

Tilaisuudessa EI saa käyttää matemaattista taulukkokirjaa. **(Graafinen) laskin sallittu, kunhan ylimääräinen muisti tyhjennetty.** Taulukoita erillisellä paperilla. **Esitä selkeät välivaiheet. Aloita uusi tehtävä uudelta sivulta.**

Jos suoritat tänään välikokeen, et voi tehdä välikoetta 16.5.2005. Jos suoritat tänään tentin, et voi tehdä tenttiä 16.5.2005.

**JOS TEET VÄLIKOKEEN, VASTAA KYSYMYKSIIN 3, 4, 5 ja 6 sekä 7.**

**JOS TEET TENTIN, VASTAA KYSYMYKSIIN 1, 2, 4, 5 ja 6 sekä 7.**

**Muista antaa T-osaston kurssipalaute.** Linkki kurssin kotisivulla.

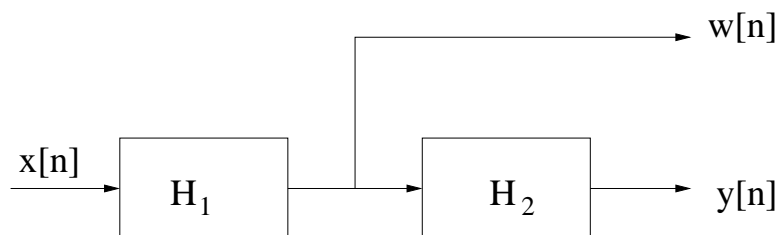
1) (6p, tentti)

- Mikä on sekvenssin  $x[n] = \cos((\pi/8)n) + \sin((\pi/5)n - \pi/8)$  perusjakso  $N_0$ ?
- Onko diskreettiaikainen suodin  $y[n] = x[n] + 0.5x[n-1] + 0.25$  lineaarinen? Onko se aikainvariantti? Laske tai osoita pätevästi.
- LTI-suotimen impulssivaste on  $h[n] = 2^{n-3}u[-n+3]$ . Onko se kausaalinen? Onko se stabiili? Osoita määritelmiin perustuen.

2) (6p, tentti) Tutkitaan kuvan 1 järjestelyä. Kaksi LTI-järjestelmää  $H_1$  ja  $H_2$  ovat tuntemattomia. Tunnetaan syötettävä sekvenssi  $x[n]$  sekä saadaan kaksi ulostulosekvenssiä  $w[n]$  ja  $y[n]$  kuvan mukaisesti

$$\begin{aligned}x[n] &= \delta[n] + 2\delta[n-2] - \delta[n-3] \\w[n] &= -2\delta[n] - \delta[n-1] - 4\delta[n-2] + \delta[n-4] \\y[n] &= 2\delta[n-1] - \delta[n-2] + 3\delta[n-3] - 4\delta[n-4] - \delta[n-5] + \delta[n-6]\end{aligned}$$

Määritä tuntemattomien järjestelmien impulssivasteet  $h_1[n]$  ja  $h_2[n]$  sekä piirrä niiden laskentaa kuvaavat lohkokaaviot (virtauskaaviot).



Kuva 1: Tehtävän 2 sekvenssit ja suotimet.

- 3) (6p, välikoe) Väitteitä / Termejä. Jos väittämä on mielestäsi oikein, kirjoita O. Jos väittämä on mielestäsi väärin, kirjoita V. Oikea vastaus +1 p, väärä vastaus -0.25 p, tai ei vastausta 0 p. Perusteluja ei välttämättä tarvita.
- Sekvenssin  $x[n] = (-0.5)^n u[n]$  Fourier-muunnos on  $X(e^{j\omega}) = 1/[1 - 0.5e^{-j\omega}]$ .
  - Suotimen  $H(e^{j\omega}) = 1 - 0.1e^{-3j\omega}$  impulssivasteen pituus on neljä.
  - Suodinta  $H(e^{j\omega}) = e^{j\omega} + 0.5e^{2j\omega} + 0.25e^{3j\omega} + 0.125e^{4j\omega} + \dots$  vastaava differenssiyhtälö on  $y[n] = x[n + 1] + 0.5y[n + 1]$ .
  - Suotimen  $H(e^{j\omega}) = 1 + e^{-j\omega}$  ryhmäviive on vakio.
  - Nollannen kertaluvun pitopiiri (zero-order hold) tuottaa lukujonosta  $x[n] = \cos((\pi/2)n)$  puhtaan kosinikomponentin  $x_r(t) = \cos(2\pi(0.25f_s)t)$  näytteenottotaajuudella  $f_s$ .
  - Jatkuvan reaalisin signaalin  $x(t)$  taajuuskomponentteja, jotka ovat yli näytteenotto-taajuuden  $f_s$ , voidaan havaita näytteistykseen jälkeen laskostuneina komponentteina taajuuksilla alle  $f_s/2$ .
- 4) (8p, välikoe, tentti) Tietokoneessa ohjelmapätkä lukee A/D-muuntimelta tulevaa lukujonoa (`input_stream`), tekee sille numeerista manipulointia ja palauttaa D/A-muuntimelle (`output_stream`). Diskreettiaikainen suodin on esitetty pseudokoodilla, jossa luku-, kirjoitus-, sijoitus- ja laskuoperaatiot käyttävät (16-bittisiä) lukuja:

```

y0 := 0; y1 := 0; x0 := 0; x1 := 0; x2 := 0;    % alustus
while TRUE {
    x2 := x1; x1 := x0; y1 := y0;
    x0 := read_next_item(input_stream);
    y0 := x0 + 1.8 * x1 + 0.82 * x2 + 0.9 * y1;
    write_item(output_stream, y0);
}

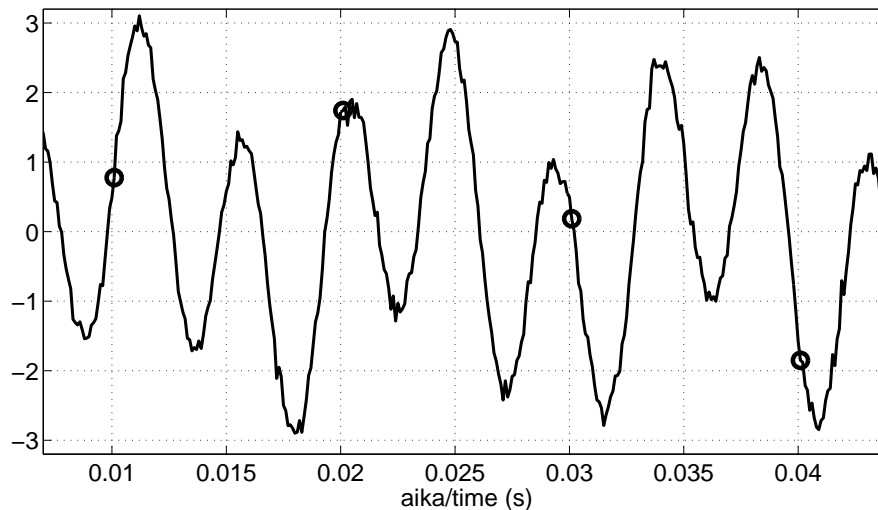
```

- Kirjoita suotimen differenssiyhtälö ja piirrä suotimen virtauskaavio (lohkokaavio) kurssilla käytetyin piirrosmerkein.
- Muodosta suotimen taajuusvaste  $H(e^{j\omega}) = Y(e^{j\omega})/X(e^{j\omega})$ .
- Laske suotimen taajuusvasteen  $H(e^{j\omega})$  ja amplitudivasteen  $|H(e^{j\omega})|$  puuttuvat arvot taulukkoon 1. Hahmottele lisäksi suotimen amplitudivasteen kuvaaja.
- Mikä on suotimen asteluku?
- Mikä on suotimen impulssivasteen  $h[n]$  arvo hetkellä  $n = 100$ ?

$\omega$	$H(e^{j\omega})$	$ H(e^{j\omega}) $
0		
$\pi/2$		
$\pi$		

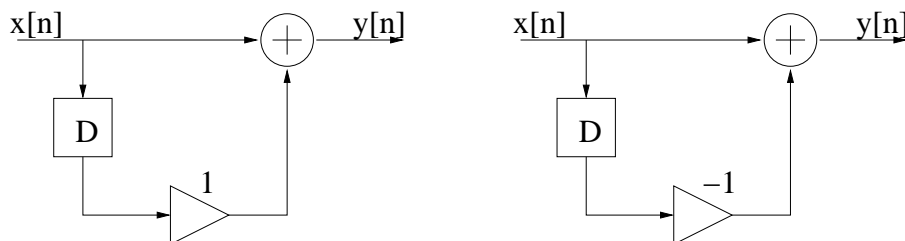
Taulukko 1: Tehtävä 4, suotimen taajuus- ja amplitudivaste.

- 5) (4p, välikoe, tentti) Kuvaajassa 2 on (pieni ote) jatkuvalla viivalla jatkuva-aikainen signaali  $x(t)$  sekä palloilla eräs signaalin  $x(t)$  näytteistys  $x[n]$ .
- a) Lue kuvasta, mikä on käytetty näytteenottotaajuus  $f_s$ .
- b) Jatkuvan signaalin spektrianalyysi tuotti kaksi selkeää piikkiä taajuuksille 80 ja 220 Hz sekä huomattavasti vaimeampaa valkoista kohinaa. Mitä tiedät nyt sekvenssistä  $x[n]$ ? Perustele.



Kuva 2: Tehtävän 5 signaali  $x(t)$  jatkuvalla viivalla ja sekvenssi  $x[n]$  palloilla.

- 6) (6p, välikoe, tentti) Tutkitaan kahta LTI-suodinta, jotka on kuvattu kuvassa 3.



Kuva 3: Tehtävän 6 kaksi LTI-suodinta  $H_1$  ja  $H_2$ .

- a) Laske sarjaan kytkettyjen järjestelmien impulssivaste  $h_c[n] = h_1[n] * h_2[n]$ .
- b) Määrää kaskaadisuoitimen taajuusvaste  $H_c(e^{j\omega})$ .
- c) Laske amplitudivasteen  $|H_c(e^{j\omega})|$  arvoja ja hahmottele amplitudivasteen kuvaaja. Minkä tyyppinen suodin on: alipäästö / ylipäästö / kaistanpäästö / kaistanesto / all-pass?
- d) Suoittimen vaihevasteeksi saadaan  $\angle H_c(e^{j\omega}) = -\omega + \pi/2$ . Onko vaihevaste lineaarinen? Mikä on suoittimen ryhmäviive  $\tau_c(\omega) = -\frac{d}{d\omega} \angle H_c(e^{j\omega})$ ?
- 7) (2p välikoe, 1p tentti) Vastaa T-osaston sähköiseen kurssipalautteeseen <http://www.cs.hut.fi/Opinnot/Palaute/kurssipalaute.html> tämän kurssin osalta. Linkin löydät kurssin www-sivulta.