

## T-61.140 Signaalinkäsittelyjärjestelmät

Kesätentti, to 26.6.2003 klo 12-15 T2

Kokeessa saa käyttää graafista laskinta, ylimääräinen muisti tyhjennettävä. Ei omia kaavakokoelmia. Taulukoita oheisella paperilla - käytä niitä hyväksesi!

Maksimipisteet  $5 \times 6p = 30p$ .

A1) **Valitse joko A1 tai B1!** ( $2 \times 3p = 6p$ ) Vastaa seuraaviin kysymyksiin. Käytä (selkeitä) piirroksia ja anna myös esimerkkejä.

- Mitä tarkoittavat termit analoginen, diskreettiaikainen ja digitaalinen signaali?
- Millä tavoit voit osoittaa, että suodin on / ei ole lineaarinen ja aikainvariantti?

B1) **Valitse joko A1 tai B1!** ( $6 \times 1p = 6p$ ) Laske tai perustele lyhyesti.

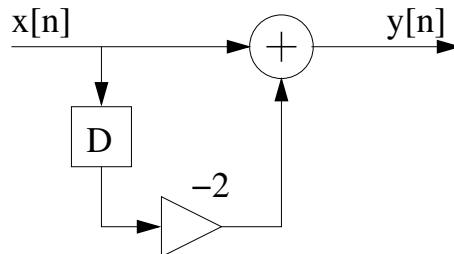
- Onko  $y[n] = (x[n])^2$  LTI-järjestelmä?
- Onko  $y[n] = x[n] - x[n-1] - 1$  LTI-järjestelmä?
- Onko  $y[n] = x[-n] + x[n]$  aikainvariantti järjestelmä?
- Onko  $x(t) = \cos(\frac{31}{4}t) + \cos(\frac{31\pi}{4}t)$  jaksollinen signaali?
- Onko  $x[n] = \sin(\frac{31\pi}{4}n)$  jaksollinen sekvenssi?
- Onko  $x[n] = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} (\delta[n-4k+2] - \delta[n+3k])$  jaksollinen sekvenssi?

2) (6p) Tarkastellaan differenssiyhtälöinä annettuja diskreettiaikaisia suotimia

$$\begin{aligned}y_1[n] &= x[n] - x[n-1] + 2x[n-2] \\y_2[n] &= x[n-1] - 3x[n-2]\end{aligned}$$

- Aseta suotimet rinnankytkentään ja laske impulssivaste  $h_p[n]$ .
- Aseta suotimet sarjankytkentään (kaskaadi) ja laske impulssivaste  $h_c[n]$ .
- Mikä on kaskaadikytkennän ulostulo  $y_c[n]$ , jos syötteenä on  $x[n] = -\delta[n+3] + \delta[n+1]$
- Onko kaskaadikytkennän suodin kausaalinen? Perustele.

3) (6p) Tarkastellaan alla olevan kuvan mukaista diskreettiaikaista suodinta.



- Mikä on suotimen impulssivaste  $h[n]$ ?
- Onko suodin stabiili? Perustele.
- Muodosta suotimen taajuusvaste  $H(e^{j\omega})$  ja hahmottele amplitudispektri  $|H(e^{j\omega})|$ . Onko suodin tyyppiä ali-, yli-, kaistanpäästö, kaistanesto vai kaikki taajuudet sellaisenaan päästävä (all-pass)?
- Korvaa suotimen kukin viive kaksinkertaisella viiveellä ja hahmottele amplitudivaste uudestaan.

- 4) (6p) 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:

```
y1 := 0; y2 := 0; x1 := 0; x2 := 0; x3 := 0;    % init
while TRUE {
    x3 := x2; x2 := x1; y2 := y1;
    x1 := read_next_item(input_stream);
    y1 := x1 + 1.902 * x2 + x3 + 0.95 * y2;
    write_item(output_stream, y1);
}
```

- a) Kirjoita suotimen differenssiyhtälö ja piirrä suotimen virtauskaavio (lohkokaavio) kursilla käytetyin piirrosmerkein.
- b) Muodosta suotimen taajuusvaste  $H(e^{j\omega}) = Y(e^{j\omega})/X(e^{j\omega})$ .
- c) Mikä on suotimen asteluku?
- d) Mikä on suotimen impulssivasteen  $h[n]$  arvo hetkellä  $n = 100$ ? (Kirjoita myös joku välivaihe!)
- 5) (6p) Tunnetaan jatkuva-aikainen signaali  $x(t)$ , joka koostuu kolmesta kosinikomponentista (1000 Hz, 1500 Hz, 5000 Hz):

$$x(t) = \cos(2\pi 1000 t) + \cos(2\pi 1500 t) + \cos(2\pi 5000 t)$$

- a) Hahmottele spektri  $|X(j\omega)|$  taajuusalueelta 0...6000 Hz.
- b) Mikä on pienin näytteenottotaajuus  $f_{s,min}$ , jolla vierastumista (aliasing) ei tapahdu? Mikä on tällöin näytteenottoväli  $T_s$ ?
- c) Demonstroi liian pienen näytteenottotaajuuden vaikutusta diskreettiaikaisen signaalin spektrissä  $|X(e^{j\omega})|$ . Käytä itse valitsemaasi näytteenottotaajuutta väliltä  $2100 \text{ Hz} < f_s < 2900 \text{ Hz}$ . Hahmottele siis spektri  $|X(e^{j\omega})|$ .