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 x 6p = 30p.

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

a) Mitä tarkoittavat termit analoginen, diskreettiaikainen ja digitaalinen signaali?

b) Millä tavoit voit osoittaa, että suodin on / ei ole lineaarinen ja aikainvariantti?

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

a) Onko $y[n] = (x[n])^2$ LTI-järjestelmä?

b) Onko $y[n] = x[n] - x[n-1] - 1$ LTI-järjestelmä?

c) Onko $y[n] = x[-n] + x[n]$ aikainvariantti järjestelmä?

d) Onko $x(t) = \cos(\frac{31}{4}t) + \cos(\frac{31\pi}{4}t)$ jaksollinen signaali?

e) Onko $x[n] = \sin(\frac{31\pi}{4}n)$ jaksollinen sekvenssi?

f) Onko $x[n] = \sum_{k=-\infty}^{+\infty}(\delta[n-4k+2] - \delta[n+3k])$ jaksollinen sekvenssi?

2) (6p) Tarkastellaan differenssiyhtälöinä annettuja diskreettiaikaisia suotimia

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

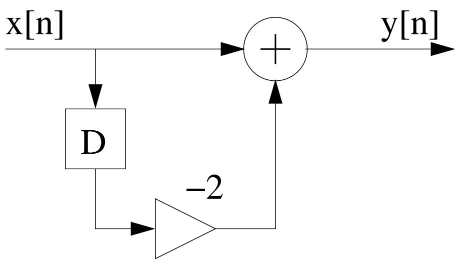
a) Aseta suotimet rinnankytkentään ja laske impulssivaste $h_p[n]$.

b) Aseta suotimet sarjankytkentään (kaskaadi) ja laske impulssivaste $h_c[n]$.

c) Mikä on kaskaadikytkennän ulostulo $y_c[n]$, jos syötteenä on $x[n] = -\delta[n+3] + \delta[n+1]$

d) Onko kaskaadikytkennän suodin kausaalinen? Perustele.

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



a) Mikä on suotimen impulssivaste $h[n]$?

b) Onko suodin stabiili? Perustele.

c) 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)?

d) 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) kurssilla 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 $0 \ldots 6000$ 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 Hz $< f_s <$ 2900 Hz. Hahmottele siis spektri $|X(e^{j\omega})|$.