T-61.140 Signaalinkäsittelyjärjestelmät

Kesätentti 21.6.2004.

Sallitut varusteet: muistiinpanovälineet, funktiolaskin, kaavakokoelma (MAOL, Pentikäinen, yms). Kokeessa jaetaan lisäksi erillinen kurssin kaavakokoelma.

Kirjoita vastauksiisi riittävä määrä välivaiheita.

1) (6p) Kerro lyhyesti muutamalla lauseella ja anna esimerkkejä:

   a) Mitä tarkoitetaan diskreettiaikaisella LTI-järjestelmällä?

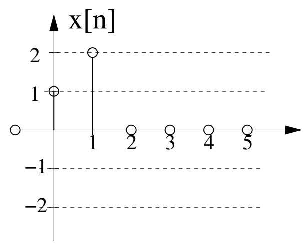
   b) Mitä tarkoitetaan signaalin jaksollisuudella?

2) (6p) Tarkastellaan alla olevassa kuvassa olevaa diskreettiaikaista LTI-järjestelmää, jonka impulssivaste on $h[n]$. Se koostuu kahdesta komponentista $h_1[n]$ ja $h_2[n]$, jotka on yhdistetty kuvan (b) mukaisesti. Tunnetaan osajärjestelmän h_1 impulssivaste on $h_1[n] = \delta[n] - \delta[n-1]$. Sitä vastoin $h_2[n]$ on tuntematon. Kun järjestelmään menee kuvan (a) mukainen syöte $x[n] = \delta[n] + 2\delta[n-1]$, saadaan ulostulona kuvan (c) mukainen vaste $y[n] = 2\delta[n-2] + 3\delta[n-3] + 4\delta[n-5]$.

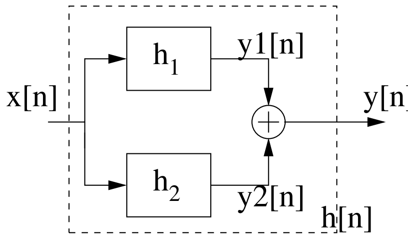
   a) Laske $y_1[n] = h_1[n] * x[n]$.

   b) Määrää koko impulssivasteen arvot $h[0]$ ja $h[1]$.

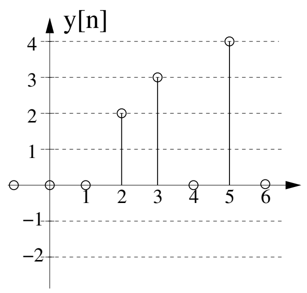
   c) Määrää toisen osajärjestelmän impulssivaste $h_2[n]$.



(a)

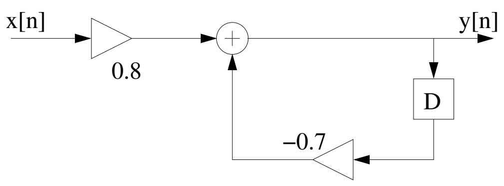


(b)



(c)

3) (6p) Tarkastellaan diskreettiaikaista järjestelmää, jonka lohkokaavioesitys (virtauskaavio) on alla olevassa kuvassa.



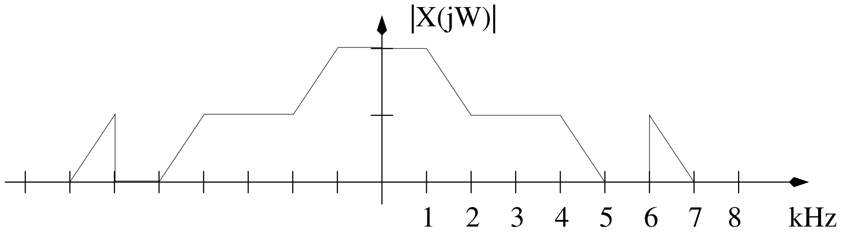
   a) Mikä on suodinta kuvaava differenssiyhtälö? Eli kirjoita $y[n] = \ldots$

   b) Onko suodin FIR vai IIR? Mikä on suotimen asteluku?

   c) Muodosta järjestelmän taajuusvaste $H(e^{j\omega}) = Y(e^{j\omega})/X(e^{j\omega})$.

   d) Hahmottele amplitudivaste $|H(e^{j\omega})|$. Onko suodin tyyppiä ali-, yli-, kaistanpäästö, kaistanesto vai kaikki taajuudet sellaisenaan päästävä (all-pass)?

4) (6p) Jatkuvan reaalisen signaalin spektri $|X(j\Omega)|$ on piirretty alla olevaan kuvaan. Signaalin korkein taajuuskomponentti on 7 kHz. Mikä on pienin näytteenottotaajuus, jolla ei enää tapahdu vierastumista (aliasing)? Piirrä diskretoidun sekvenssin spektri $|X(e^{j\omega})|$, kun näytteenottotaajuutena on ollut $f_s = 6$ kHz.



5) (6p) **Vastaa joko A tai B.**

5A) 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!)

5B) Useissa ääntä soittavissa tietokoneohjelmissa on mukana yksinkertainen ekvalisaattori, kuten WinAmp:ssa, josta kaksi eri näytettä alla olevassa kuvassa. Taajuusalue on jaettu kanaviin (WinAmp: 60, 170, 310, 600, 1k, 3k, 6k, 12k, 14k, 16k) ja oletetaan, että ääni on näytteistetty 44100 Hz:llä. Miten ekvalisaattoria käytetään ja mitä äänelle tapahtuu? Miten ekvalisaattori voitaisiin yksinkertaisesti toteuttaa kurssilla käsitellyn asian perusteella?