T-61.140 Signaalinkäsittelyjärjestelmät

Kesätentti, ma 13.6.2005 12-15, päärakennus.
Tilaisuudessa EI saa käyttää matemaattista taulukkokirjaa. **(Graafinen) laskin sallittu, kunhan ylimääräinen muisti tyhjennetty**. Taulukoita erillisellä paperilla. **Esitä selkeät välivaiheet. Aloita** uusi tehtävä **uudelta sivulta.**

1) (6p) Monivalintatehtäviä. Kirjoita vastauspaperiisi vastaava taulukko kuin alla. Vastaa yksi vaihtoehto **A**, **B** tai **C**, joka mielestäsi on oikea tai lähinnä oikeaa vaihtoehtoa. Oikea vastaus +1 p, väärä vastaus −0.5 p, tai ei vastausta 0 p. Vastaa niin moneen kuin haluat. Tehtävän minimipistemäärä 0, maksimi 6. Perusteluja ei välttämättä tarvita.

m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9

m1) Merkintä $x(t)$ tarkoittaa yleensä [**A**] analogista signaalia, [**B**] diskreettiaikaista, mutta amplitudiltaan jatkuvaa signaalia, [**C**] digitaalista signaalia.

m2) Konvoluutio on [**A**] kahden signaalin, olkoon jatkuva-aikaisia tai digitaalisia, kertolasku ajan suhteen, [**B**] kahden signaalin yhteenlasku, [**C**] perusoperaatio signaalinkäsittelyssä, jolla voidaan saada LTI-järjestelmän ulostulo, kun sisääntulo ja impulssivaste tunnetaan.

m3) Jos $x[n] = \delta[n] + 2\delta[n-10] - \delta[n-20]$ syötetään LTI-järjestelmään, niin [**A**] ulostulo voidaan laskea viivästettyjen impulssivasteiden lineaarikombinaationa, [**B**] ulostulon pituus on aina 21 merkkiä, [**C**] ulostulo on rajattu ja suodin siten aina stabiili.

m4) FIR-suodin: [**A**] differenssiyhtälössä on useita y:n termejä, [**B**] aina stabiili, [**C**] taajuusvasteen nimittäjäpolynomi on ensimmäistä astetta.

m5) LTI-suodin, jonka impulssivaste on $\{\underline{1}, -1, 1, -1, 1, -1, \ldots\}$ (merkintä $\underline{a}$ tarkoittaa origon kohtaa), on [**A**] stabiili, [**B**] FIR-suodin, [**C**] takaisinkytketty.

m6) Jos suotimen laskenta on rekursiivista, niin [**A**] ulostulon laskemiseen tarvitaan vain sisääntulon nykyistä ja edellisiä arvoja, [**B**] järjestelmässä ei ole takaisinkytkentöjä, [**C**] suodin voi olla epästabiili.

m7) Signaalista $x[n]$ saadaan spektri $|X(e^{j\omega})|$ [**A**] konvoluutiolla, [**B**] Laplace-muunnoksella, [**C**] Fourier-muunnoksella.

m8) Suotimen $H(e^{j\omega}) = 1 - 0.1e^{-3j\omega}$ [**A**] impulssivasteen pituus on kolme, [**B**] impulssivasteen pituus on neljä, [**C**] asteluku on kaksi.

m9) Signaalia $x(t)$ näytteistetään näytteenottotaajuudella f_s, jolloin lukujonon $x[n]$ pituudeksi tulee 60000. Jos näyteväli T_s tuplattaisiin, niin mikä olisi sekvenssin $x[n]$ pituus? [**A**] 30000, [**B**] 60000, [**C**] 120000.

2) (6p) Tarkastellaan differenssiyhtälöillä annettuja diskreettiaikaisia suotimia

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

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

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

c) Jos kaskaadikytkennän ulostulo on

$$y_c[n] = 2\delta[n] - 3\delta[n-1] - 9\delta[n-2] + 9\delta[n-3] + 10\delta[n-4] - 6\delta[n-5]$$

niin mikä on ollut syötteenä $x[n]$?

d) Onko kaskaadikytkennän suodin kausaalinen? Perustele.

3) (3p) Tutkitaan jaksollista sekvenssiä

$$x[n] = \sin(\pi n + \pi/4) - 2 \cdot \cos(2\pi n/3)$$

Mikä on perusjakson pituus N_0?

4) (9p) 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 seuraavalla pseudokoodilla:

```
y0 := 0; y1 := 0; y2 := 0;
x0 := 0; x1 := 0; x2 := 0;
K := 1;  % alustus
while TRUE {
  x2 := x1; x1 := x0; y2 := y1; y1 := y0;
  x0 := K * read_next_item(input_stream);
  y0 := x0  + x2 - 0.64 * y2;
  write_item(output_stream, y0);
}
```

a) Kirjoita suotimen differenssiyhtälö ja piirrä suotimen virtauskaavio (lohkokaavio) kurssilla käytetyin piirrosmerkein.

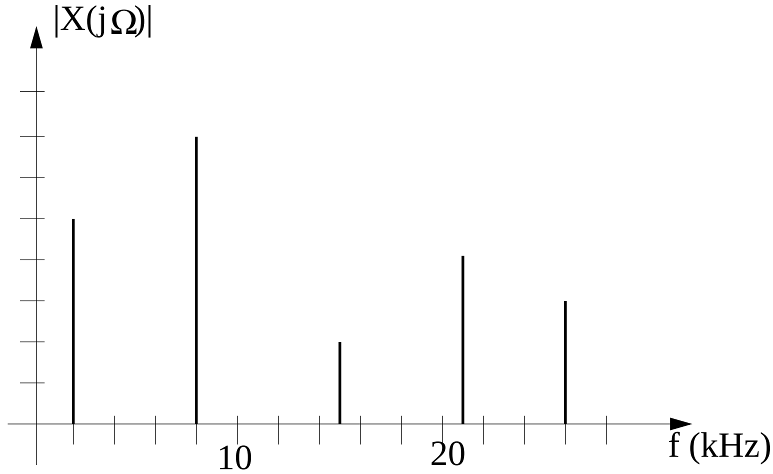
b) Muodosta suotimen taajuusvaste $H(e^{j\omega}) = Y(e^{j\omega})/X(e^{j\omega})$.

c) Laske suotimen taajuusvasteen $H(e^{j\omega})$ ja amplitudivasteen $|H(e^{j\omega})|$ puuttuvat arvot taulukkoon 1. Hahmottele suotimen amplitudivasteen kuvaaja. Onko suodin alipäästö / ylipäästö / kaistanpäästö / kaistanesto / all-pass? Mikä on suotimen asteluku?

d) Mikä on kertoimen `K` merkitys? Anna sille perustellen sopiva muu arvo kuin yksi.

ω	$H(e^{j\omega})$	$\lvert H(e^{j\omega})\rvert$
0		
$\pi/2$		
π		

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



Kuva 1: Tehtävä 5, spektri $|X(j\Omega)|$.

5) (6p) Kuvassa 1 on signaalin $x(t)$ spektri $|X(j\Omega)|$. Signaali $x(t)$ voidaan esittää kosinikomponenttien summana

$$x(t) = K \cdot \left(\sum_i A_i \cdot \cos(2\pi f_i t + \theta_i)\right)$$

jossa K on haluttu skaalausvakio sekä A_i, f_i ja θ_i kunkin kosinin parametrit.

a) Lue kuvaajasta viisi paria (f_i, A_i), $i = \{1, 2, 3, 4, 5\}$, ja laske niiden perusteella signaalin arvo $x(1)$, kun oletetaan kaikille $\theta_i = 0$ ja $K = 1$. Taajuudet ovat kokonaisia kilohertzejä.

b) Signaalia näytteistetään. Mikä/mitkä seuraavista on oikein ja miksi? [**A**] Näytteenottotaajuudella $f_s = 30$ kHz ei tapahdu vierastumista (aliasing). [**B**] Kun näyteväli $T_s > 2 \cdot 10^{-6}$ s ei tapahdu vierastumista (aliasing). [**C**] Kun näyteväli $T_s < 2 \cdot 10^{-6}$ s ei tapahdu vierastumista (aliasing).

c) Näytteistetään jatkuvaa signaalia, kun näytteenottotaajuus on $f_s = 20$ kHz. Piirrä näytteistetyn sekvenssin $x[n]$ spektri $|X(e^{j\omega})|$ taajuusalueella $0 \ldots f_s/2$ Hz.

Hyvää kesää!