T-61.3010 Digitaalinen signaalinkäsittely ja suodatus

1. välikoe, la 6.3.2010 klo 10-13, päärakennus.

1. vk on oikeus tehdä vain kerran joko 6.3. tai 12.3.

Välikokeessa ei saa olla mitään omia laskimia eikä taulukkokirjoja. Välikokeessa jaetaan kurssin taulukkomoniste sekä palautuslomake tehtävää 1 varten.

Palautusohjeet:

- tehtävän 1 ("rasti ruutuun") lomake omaan pinoon, täytettävä vähintään opiskelijanumero
- tehtävän 2 laskun vastauskonsepti omaan pinoon, täytettävä vähintään konseptin ylälaidan tiedot
- suttupaperit omaan pinoon
- tehtäväpaperin ja taulukkomonisteen voi pitää itsellään

Tehtävä 3 on taustatietokysely ja palaute, joka täytetään nettilomakkeella la 6.3. - ma 22.3.2010.

1) (0-9 p) Monivalinta. Väittämissä on 1-4 oikeaa vastausta, mutta valitse korkeintaan **yksi ja vain yksi.** Täytä **erillisille lomakkeelle**, joka luetaan optisesti.

   Oikea valinta +1 p, väärä valinta −0.5 p, ei valintaa 0 p. Perusteluja ei tarvita. Vastaa niin moneen kuin haluat. Tehtävän maksimipistemäärä on 9 ja minimimäärä 0.

   1.1 Tutkitaan sekvenssiä $x[n] = A_1 \cos(\omega_1 n + \theta_1) + A_2 \cos(\omega_2 n + \theta_2) + A_3 \cos(\omega_3 n + \theta_3)$, jossa jaksollisten osasekvenssien perusjaksot ovat $N_1 = 5$, $N_2 = 8$ ja $N_3 = 10$, ja A_i:t ovat nollasta poikkeavia. Mitä voidaan sanoa sekvenssin $x[n]$ jaksollisuudesta?
   (A) Perusjakso N_0 on olemassa jos vain jos kaikki vaiheet ovat nollia: $\theta_1 = 0$, $\theta_2 = 0$, $\theta_3 = 0$
   (B) Perusjakso N_0 on olemassa jos vain jos kaikki kertoimet A_i ovat yhtä suuria.
   (C) Perusjakso on $N_0 = 40$
   (D) Perusjakso on $N_0 = 400$

   1.2 Lasketaan lukujonojen $x[n] = \delta[n] + 2\delta[n-1] + \delta[n-2] = \{\underline{1},\ 2,\ 1\}$ ja $h[n] = \delta[n] - 2\delta[n-1] = \{\underline{1},\ -2\}$ lineaarinen konvoluutio $y[n] = h[n] \circledast x[n]$. Alleviivaus osoittaa origon paikkaa.
   (A) Lukujonon $y[n]$ pituus on 5
   (B) $y[n] = 0$, kun $n \leq 0$
   (C) $y[1] = -4$
   (D) $y[1] = 0$

   1.3 Kaksi LTI-järjestelmää $h_1[n]$ ja $h_2[n]$ muodostavat sarjaan kytkettynä koko järjestelmän impulssivasteen $h[n]$. Tiedetään, että $h_2[n] = \{1,\ \underline{2},\ -1\}$ ja $h[n] = \{-2,\ -5,\ \underline{1},\ 3,\ -1\}$, joissa alleviivaus osoittaa origon paikkaa. Tällöin tuntematon $h_1[n]$ on muotoa
   (A) $h_1[n] = a \cdot \delta[n+2] + b \cdot \delta[n+1] + c \cdot \delta[n] + d \cdot \delta[n-1] + e \cdot \delta[n-2]$
   (B) $h_1[n] = b \cdot \delta[n+1] + c \cdot \delta[n] + d \cdot \delta[n-1]$
   (C) $h_1[n] = d \cdot \delta[n-1] + e \cdot \delta[n-2] + f \cdot \delta[n-3]$
   (D) $h_1[n]$ on kausaalinen suodin
   joissa $\{a,\ b,\ c,\ d,\ e,\ f\} \in \mathbb{R}$ ja nollasta poikkeavia.

   1.4 LTI-suotimen impulssivaste on $h[n] = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \delta[n-3k]$
   (A) Suotimen impulssivaste on äärellisen pitkä
   (B) Suodin ei ole stabiili
   (C) Suodin ei ole kausaalinen
   (D) Vastaava differenssiyhtälö on $y[n] = x[n] - y[n-3]$

   1.5 Pohjautuen diskreetin järjestelmän ominaisuuksiin mitä voidaan sanoa kuvan 1 järjestelmästä?
   (A) Kyseessä on FIR-suodin
   (B) Kyseessä on lineaarinen ja aikainvariantti suodin
   (C) Kyseessä on stabiili suodin
   (D) Kyseessä on kausaalinen suodin

1.6 Tunnetaan analogisen reaaliarvoisen signaalin $x(t)$ kaistarajoitettu spektri $|X(j\Omega)|$, joka on kuvassa 2(a). Näytteistetään signaali näytteenottotaajuudella $f_T = 10000$ Hz

(A) Näytteistetyn sekvenssin spektri $|X(e^{j\omega})|$ välillä $[0, f_T/2]$ on kuvassa 3(a). (y-akselin arvot suhteellisia.)

(B) Näytteistetyn sekvenssin spektri $|X(e^{j\omega})|$ välillä $[0, f_T/2]$ on kuvassa 3(b). (y-akselin arvot suhteellisia.)

(C) Saatu sekvenssi $x[n]$ on kosinisekvenssi muotoa $x[n] = \cos(\omega_0 n + \theta)$, jossa $\omega_0 = 2\pi(f_0/f_T)$ on normalisoitu peruskulmataajuus

(D) Kaikki ne taajuuskomponentit, joiden jaksonaika T_i on lyhyempi kuin $2/f_T$ sekuntia, laskostuvat (vierastuvat) digitaalisen spektrin $|X(e^{j\omega})|$ matalille taajuuksille välille $[0, f_T/2]$ Hz

1.7 Suotimen siirtofunktio on

$$H(z) = \frac{1 + (0.2 - 0.4j)z^{-1}}{1 - 0.8z^{-1}} \cdot \frac{1 + (0.2 + 0.4j)z^{-1}}{1 + 0.9z^{-1}} \cdot \frac{1}{1 - 0.7z^{-1}}, \quad |z| > 0.9$$

(A) Suotimen napanollakuvio on kuvassa 4(a)

(B) Suotimen magnitudivaste on kuvassa 4(b)

(C) Suotimen asteluku on 5

(D) Suotimella on lineaarinen vaihevaste

1.8 Lukujonon $x_1[n] = \{\underline{1}, 2, 2, 1\}$ diskreetti Fourier-muunnos (DFT) on

$$X_1[k] = \sum_{n=0}^{3} x_1[n] W_N^{nk} = \{\underline{6},\ -1-j,\ 0,\ -1+j\}$$

ja vastaavasti $x_2[n]$:lle $x_2[n] = \{\underline{1},\ 1,\ 0,\ 0\}$ ja $X_2[k] = \{\underline{2},\ 1-j,\ 0,\ 1+j\}$. Laske sekvenssin $x_3[n] = x_1[n] + 2x_2[n]$ DFT $X_3[k]$. (DFT löytyy myös kaavakokoelmasta.)

	$k =$	0	1	2	3
(A)	$X_3[k] =$	10	$1-3j$	$2j$	$2+2j$
(B)	$X_3[k] =$	10	$2-2j$	3	$2+2j$
(C)	$X_3[k] =$	10	$1-3j$	0	$1+3j$
(D)	$X_3[k] =$	10	$3-j$	1	$-1+3j$

1.9 Tutkitaan LTI-suodinta, jonka siirtofunktio on

$$H(z) = 1 + z^{-8}$$

(A) Kyseessä on kampasuodin (“comb filter”)

(B) Suotimen nollat ovat kohdissa $d_1 = +j$ ja $d_2 = -j$

(C) Suotimen impulssivasteen $h[n]$ pituus on 8

(D) Suotimen ryhmäviive on $\tau(\omega) = 8$

1.10 Luetaan Matlabiin tiedosto komennolla `[x, fT] = wavread('kiisseli.wav');`. Tällöin äänisignaali on $x[n]$, jonka näytteenottotaajuus on $f_T = 22050$ Hz. Ääni syötetään LTI-järjestelmään, jonka impulssivaste on

$$h[n] = \sum_{k=0}^{9} \frac{10-k}{50} \cdot \delta[n-k]$$

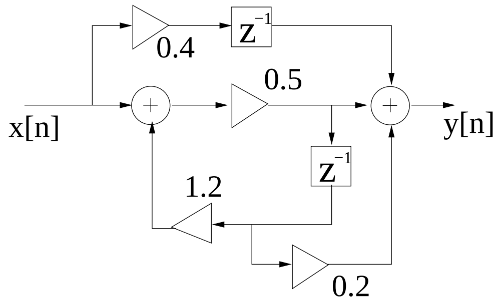
ja saadaan ulostulo $y[n]$ komennolla `y = conv(h, x);`

(A) Suodin pystyy suodattamaan pois 50 Hertzin häiriön

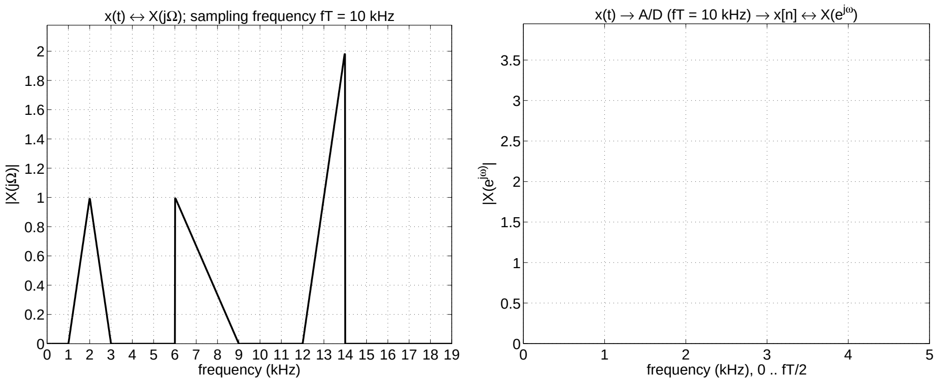
(B) Suodin tuottaa korvin kuultavan “kaikuefektin” ääneen

(C) Kyseessä on lineaarivaiheinen suodin, joten ääneen ei tule vaihevääristymää

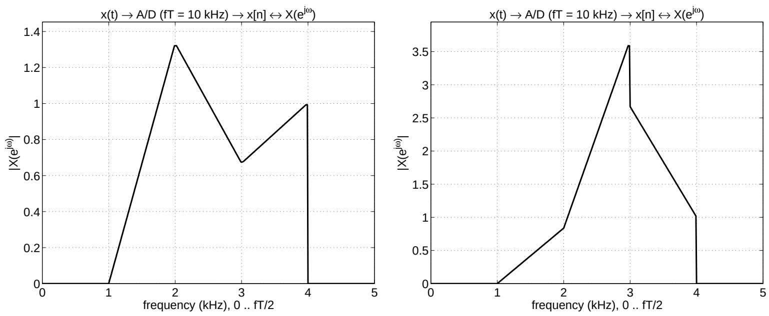
(D) Mikään ylläolevista ei pidä paikkaansa



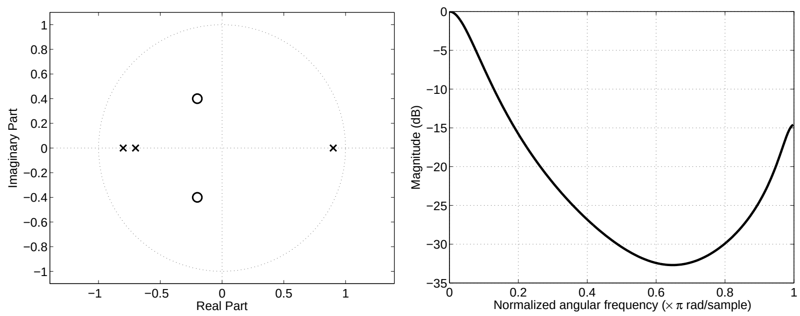
Kuva 1: Väite 1.5: Suotimen piirrosesitys.



Kuva 2: Väite 1.6: (a) Analogisen signaalin $x(t)$ spektri $|X(j\Omega)|$, (b) tyhjä kuvaaja $f \in [0, f_T/2]$ hahmottelua varten.



Kuva 3: Väite 1.6: (a) Vastausvaihtoehto **(A)** , (b) Vastausvaihtoehto **(B)** .



Kuva 4: Väite 1.7: (a) Vastausvaihtoehto **(A)** , (b) Vastausvaihtoehto **(B)** .

2) (6 p) Tunnetaan diskreettiaikainen lineaarinen ja aikainvariantti järjestelmä, jonka impulssivaste on

$$h[n] = 4 \cdot (-0.8)^n \mu[n] - 3 \cdot (-0.6)^n \mu[n]$$

Tutki suodinta ja sen käytöstä kurssilla esitetyillä tavoilla. Esitä asiat mahdollisimman selkeästi.

3) (1 p) Taustatietojen kysely ja palaute. Nettilomake `http://www.cis.hut.fi/Opinnot/T-61.3010/VK1_K2010/kyselyVK1.shtml` on avoinna 22.3.2010 asti.