

T-61.3010 Digitaalinen signaalinkäsittely ja suodatus

1. välikoe, ma 10.3.2008 klo 13-16. Salit M (A-Q, non-Finnish), L (R-Ö).

1. vk on oikeus tehdä vain kerran joko 7.3. tai 10.3.

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 vastauskonsepti omaan pinoon, täytettävä vähintään konseptin ylälaidan tiedot
- suttupaperit omaan pinoon
- tehtäväpaperin ja taulukkomonisteen voi pitää itsellään

Kirjoita tehtävässä 2 **välivaiheet mukaan**. Tehtävä 3 on kurssipalaute, joka täytetään nettilomakkeella ke 12.3. - ke 19.3.2008.

1) (10 x 1p, max 8 p) Monivalinta. Väittämässä on 1-4 oikeaa vastausta, mutta valitse **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 8 ja minimimäärä 0.

1.1 Lasketaan funktiolle $f(x) = \frac{x+1.8}{x^2-0.81}$ osamurtokehitelmä

- (A) $f(x) = \frac{-(1/6)j}{x-0.9j} + \frac{1+(1/6)j}{x+0.9j}$
 (B) $f(x) = \frac{0.5x-0.3}{x-0.9j} - \frac{0.5x-0.3}{x+0.9j}$
 (C) $f(x) = \frac{1.5}{x-0.9} - \frac{0.5}{x+0.9}$
 (D) $f(x) = \frac{0.5x+2}{x-0.9} - \frac{0.5x}{x+0.9} - 1$

1.2 Sekvenssin $x[n] = \cos((2\pi/9)n^3)$ jaksollisuutta voidaan tutkia sijoittamalla $n \leftarrow (n + N)$. Näin saadaan $x_N[n] = \cos((2\pi/9)n^3 + 2\pi(\frac{3n^2N+3nN^2+N^3}{9}))$, josta voidaan nähdä, että $x[n]$

- (A) ei ole jaksollinen
 (B) on jaksollinen, mutta sen perusjakso N_0 on kompleksiarvoinen
 (C) on jaksollinen ja sen perusjakso $N_0 = 3$
 (D) Mikään ylläolevista vaihtoehdoista ei ole totta

1.3 Lasketaan impulssivasteen $h[n] = \delta[n-1] + 4\delta[n-2] - 2\delta[n-3]$ ja syötteen $x[n] = \delta[n+2] - 0.84\delta[n+1] - 0.231\delta[n] + 0.72\delta[n-2] - \delta[n-3] - \delta[n-4]$ lineaarinen konvoluutio $y[n] = h[n] \otimes x[n]$.

- (A) $y[n] = \{1, \underline{3.16}, -5.591, 0.756, 1.182, 1.88, -6.44, -2, 2\}$
 (B) $y[n] = \{\underline{0}, 1, 3.16, -5.591, 1.182, 0.756, 1.88, -6.44, 2, -2\}$
 (C) $y[n] = \{\underline{0}, 0, 2.88, 2\}$
 (D) $y[n] = \{\underline{0}, 0, 0, 1, 3.16, -5.591, 0.476, 3.182, -3, -2\}$

1.4 Kuvassa 1 on analogisen signaalin spektri $|X(j\Omega)|$, jossa x-akselilla on taajuus f . Kun signaalia näytteistetään näytteenottotaajuudella $f_T = 12$ kHz, niin diskreetin signaalin spektri $|X(e^{j\omega})|$ on (jätetään y-akselin skaalaustermi huomioimatta)

- (A) kuvassa 2(a)
 (B) kuvassa 2(b)
 (C) kuvassa 2(c)
 (D) kuvassa 2(d)

1.5 Analogista signaalia näytteistetään näytevälillä $T = 1/f_T = 4$ ms. Saatu digitaalinen sekvenssi on muotoa $x[n] = \cos(2\pi(80/f_T)n)$. Mikä seuraavista signaaleista on voinut olla alkuperäinen lähde?

- (A) $x(t) = \cos(2\pi \cdot 320 \cdot t)$
 (B) $x(t) = \cos(2\pi \cdot 420 \cdot t)$
 (C) $x(t) = \cos(2\pi \cdot 540 \cdot t)$
 (D) $x(t) = \cos(2\pi \cdot 680 \cdot t)$

1.6 Alipäästösuotimesta $H_{LP}(e^{j\omega})$ saa nopeasti ylipäästösuotimen $H_{HP}(e^{j\omega})$ siirtämällä alipäästösuotimen taajuusakselia $\pi:n$ verran $H_{HP}(e^{j\omega}) = H_{LP}(e^{j(\omega-\pi)})$ diskreettiaikaisen Fourier-muunnoksen (DTFT) ominaisuuksiin perustuen. Näin ollen alipäästösuotimesta $H_L(z) = 0.5 + 2.5z^{-1} + 2.5z^{-2} + 0.5z^{-3}$ saatavan ylipäästösuotimen $H_H(z)$ impulssivaste on

- (A) $h_h[n] = -0.5\delta[n] - 2.5\delta[n-1] - 2.5\delta[n-2] - 0.5\delta[n-3]$
 (B) $h_h[n] = 0.5\delta[n] - 2.5\delta[n-1] + 2.5\delta[n-2] - 0.5\delta[n-3]$
 (C) $h_h[n] = 0.5e^{j\pi}\delta[n] + 2.5e^{j\pi}\delta[n-1] + 2.5e^{j\pi}\delta[n-2] + 0.5e^{j\pi}\delta[n-3]$
 (D) $h_h[n] = 1 - |0.5n + 2.5(n-1) + 2.5(n-2) + 0.5(n-3)|$

1.7 Tutkitaan kausaalista ja stabiilia LTI-suodinta $H(z) = \frac{1+1.8z^{-1}}{1-0.81z^{-2}}$.

- (A) Impulssivaste ei-rekursiivisessa muodossa on $h[n] = (0.81)^{2n}\mu[n] - 0.6 \cdot (0.81)^{2n-1}\mu[n-1]$
 (B) Impulssivaste ei-rekursiivisessa muodossa on $h[n] = 1.5 \cdot (-0.9)^n\mu[n] - 0.5 \cdot 0.9^n\mu[n]$
 (C) Impulssivaste ei-rekursiivisessa muodossa on $h[n] = 5 \cdot (-0.9)^{-n-1}\mu[-n-1] + 4 \cdot 0.9^{-n-1}\mu[-n-1]$
 (D) Impulssivasteen arvo hetkellä $n = 2008$ on $h[2008] = 9^{2008}/10^{2008}$

1.8 Kausaalisen ja stabiilin LTI-suotimen nollat ovat kohdissa $d_1 = 1$, $d_2 = j$, $d_3 = -1$, $d_4 = -j$ ja navat kohdissa $p_1 = 0.8e^{j(\pi/4)}$, $p_2 = 0.8e^{j(3\pi/4)}$, $p_3 = 0.8e^{j(-3\pi/4)}$ ja $p_4 = 0.8e^{j(-\pi/4)}$.

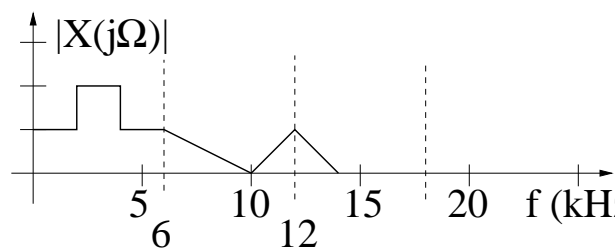
- (A) Suotimen asteluku on 8
 (B) Impulssivaste on muotoa $h[n] = K \cdot (\delta[n] - \delta[n-4]) + 0.8e^{j\pi/4} \cdot (\delta[n] + j\delta[n-1] - \delta[n-2] - j\delta[n-3])$
 (C) Suotimen skaalattu amplitudivaste on kuvassa 3, jossa x-akseli $\omega = [0 \dots 1 \cdot \pi]$
 (D) Mikään ylläolevista vaihtoehdoista ei ole totta

1.9 Tutkitaan LTI-suodinta $y[n] = \frac{1}{2008} \cdot (x[n] - x[n-2008]) + y[n-1]$.

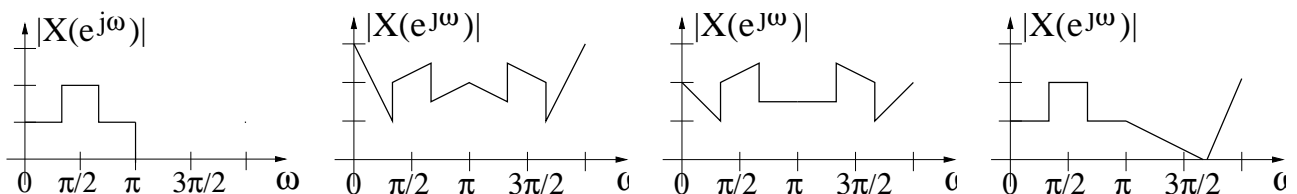
- (A) Suodin ei ole stabiili
 (B) Suodin ei ole kausaalinen
 (C) Suodin on rekursiivinen versio MA-2008-suotimesta ("moving average", liikkuva keskiarvoistava)
 (D) Suotimella on toisensa kumoavat napa ja nolla samassa kohdassa $z = -1$

1.10 Kuvan 4 lohkokaaavion suodinta halutaan analysoida Matlabilla. Oikea komentosarja on

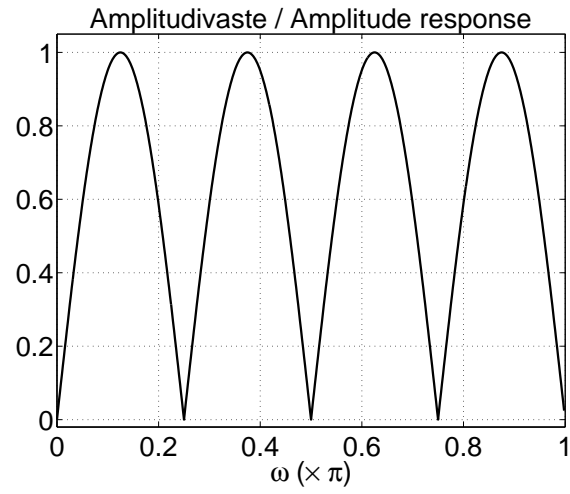
- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(A)</p> <pre>num = 0.2 * [1 0 2 0 -1]; den = 0.005 * [-100 -50 25 -1]; figure(42); plot(freqz(num, den)); figure(43); plot(zplane(num, den));</pre> <p>(C)</p> <pre>B = [0.2 0 0.4 0 -0.2]; A = [1 -0.5 -0.25 0.125 -0.005]; figure(42); abs(plot(B, A, 'g'));</pre> <p>hold on;</p> <pre>angle(plot(B, A, 'k'));</pre> | <p>(B)</p> <pre>B = [0.2 0.4 -0.2]; A = [0.5 0.25 -0.125 0.005]; figure(13); freqz(B[1,3,5], A[2,3,4,5]); figure(14); zplane(B[1,3,5], A[2,3,4,5]);</pre> <p>(D)</p> <pre>B = [.2 0 .4 0 -.2]; A = [1 .5 .25 -.125 .005]; figure(6); clf; freqz(B, A, 512, 22050); figure(7); clf; zplane(B, A);</pre> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



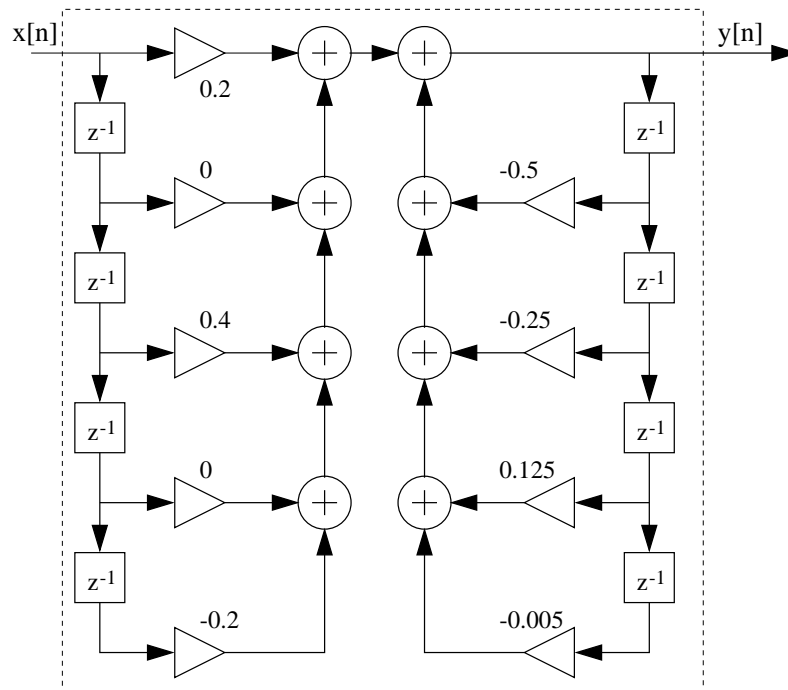
Kuva 1: Monivalintatehtävän 1.4 analoginen spektri.



Kuva 2: Monivalintatehtävän 1.4 vastausvaihtoehdot (A) , (B) , (C) ja (D) .

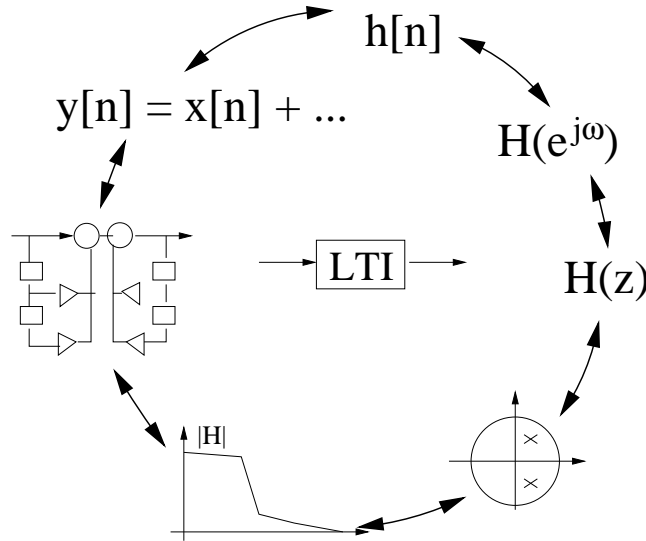


Kuva 3: Monivalintatehtävän 1.8 vaihtoehto (C) .



Kuva 4: Monivalintatehtävän 1.10 lohkokkaavio.

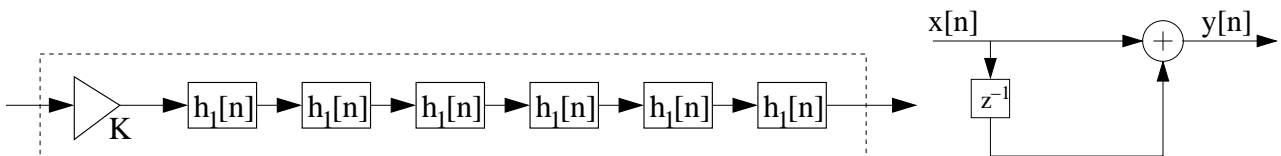
- 2) (6p) Tämän kurssin alkupuoliskolla on analysoitu digitaalisia signaaleja ja lineaarisia ja aikainvariantteja (LTI) suotimia. Suodinanalyysissä LTI-suodinta on tarkasteltu niin aika- kuin taajuustasossa kuvan 5 mukaisesti.



Kuva 5: Tehtävä 2: Yleinen kuva LTI-suodinanalyysistä. Samaa suodinta voidaan tarkkailla aika- ja taajuustasossa monilla eri tavoilla.

Tutkitaan nyt kuvan 6(a) suodinta $h[n]$, jossa on vakiokerroin K sekä kuusi samanlaista LTI-suodinta $h_1[n]$ sarjassa. Yksittäinen lineaarivaiheinen FIR-suodin $h_1[n]$ on esitetty kuvassa 6(b).

- Analysoi suodinta $h_1[n]$ taajuustasossa kurssilla opetetuvin tavoin.
- Kirjoita koko suotimen taajuusvaste $H(e^{j\omega}) = \dots$ siten, että kerroin K skaalaa suotimen maksimin ykköseksi.
- Suodin $h[n]$ on myös lineaarivaiheinen. Perustele tai osoita laskemalla.
- Kun FIR-suotimeen syötetään jaksollinen jono, niin ulostulo muuttuu jaksolliseksi (“steady-state response”) alun (“transient response”) jälkeen.
Jos nyt $h[n]$:n ulostulossa (“steady-state”) on lukujono $y[n] = 0.4 \cdot \cos((\pi/2)n + \pi/8)$, niin mikä on ollut sisääntulosekvenssi $x[n]$?



Kuva 6: Tehtävä 2: (a) Koko suodin $h[n]$, mukana kerroin K . (b) Yksittäisen suotimen $h_1[n]$ lohkokaaavioesitys.

- 3) Vastaa kurssipalautteeseen ke 12.3. - ke 19.3.2008. Tarkemmat tiedot tulevat sähköpostilla. Tämä kysely kuuluu osana välikoesuoritukseen ja sen arvo on +1 pistettä.