T-61.3010 Digitaalinen signaalinkäsittely ja suodatus

2. välikoe, pe 13.3.2009 klo 9-12, A.

1. vk on oikeus tehdä vain kerran joko 7.3. tai 13.3.

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 esseen 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 7.3. - ma 23.3.2009.

1) (0-12 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. Tehtävän maksimipistemäärä on 12 ja minimimäärä 0.

1.1 Tutkitaan sekvenssiä $x[n] = x_1[n] + x_2[n] + x_3[n]$, jossa osasekvenssien perusjaksot ovat $N_1 = 4$, $N_2 = 8$ ja $N_3 = 20$. Mitä voidaan sanoa sekvenssin $x[n]$ jaksollisuudesta?

(A) Perusjaksoa N_0 ei ole olemassa
(B) Perusjakso on $N_0 = 20$
(C) Normalisoitu peruskulmataajuus on $\omega_0 = 2\pi/N_0 = \pi/20$
(D) Sekvenssi on jaksollinen jaksolla $N = 4 \cdot 8 \cdot 20 = 640$

1.2 Lasketaan lukujonojen $x[n] = \delta[n+1] + \delta[n] + 2\delta[n-1] = \{1, \underline{1}, 2\}$ ja $h[n] = \delta[n+1] - \delta[n] = \{1, \underline{-1}\}$ lineaarinen konvoluutio $y[n] = h[n] \circledast x[n]$. Alleviivaus osoittaa origon paikkaa.

(A) $y[n] = 0$, kun $n < 0$
(B) Lukujonon $y[n]$ ensimmäinen vasemmalta nollasta poikkeava arvo löytyy kohdasta $n = 1$
(C) $y[0] = -1$
(D) $y[0] = 1$

1.3 Lasketaan dekonvoluutiota, kun $y[n] = h[n] \circledast x[n]$ ja tiedetään, että impulssivaste $h[n] = \{1, \underline{-2}\}$ ja $y[n] = \{\underline{2}, 0, 0, 0, -d\}$, joissa alleviivaus osoittaa origon paikkaa. Tällöin syöte $x[n]$ on muotoa

(A) $x[n] = 2 \cdot \delta[n+1] - d \cdot \delta[n-3]$
(B) $x[n] = 2 \cdot \delta[n+1] + a \cdot \delta[n] + b \cdot \delta[n-1] + c \cdot \delta[n-2] + d \cdot \delta[n-3]$
(C) $x[n] = 2 \cdot \delta[n-1] + c \cdot \delta[n-5]$
(D) $x[n] = 2 \cdot \delta[n-1] + a \cdot \delta[n-2] + b \cdot \delta[n-3] + c \cdot \delta[n-4]$

joissa $\{a, b, c, d\} \in \mathbb{R}$ ja nollasta poikkeavia.

1.4 LTI-järjestelmää kuvataan differenssiyhtälöllä $y[n] - 0.1y[n-1] + 0.2y[n-2] = 0.5x[n] + 0.5x[n-2]$

(A) Järjestelmää vastaava piirrosesitys on kuvassa 1(a)
(B) Järjestelmää vastaava piirrosesitys on kuvassa 1(b)
(C) Suodin on FIR-tyyppinen
(D) Suodin ei ole kausaalinen

1.5 Suotimen magnitudivaste on

$$|H(e^{j\omega})| = K \cdot \frac{|1 - 0.3\, e^{-j\omega}| \cdot |1 + e^{-j\omega}|}{|1 - 0.9j\, e^{-j\omega}| \cdot |1 + 0.9j\, e^{-j\omega}|}$$

(A) $|H(e^{j\omega})| = 0$, kun $\omega = 0$
(B) $|H(e^{j\omega})| \to \infty$, kun $\omega \to 0.9$
(C) Suotimen impulssivaste $h[n]$ on symmetrinen
(D) Jos näytteenottotaajuutena on $f_T = 44100$ Hz, suotimen maksimivahvistus saadaan noin taajuudella $f \approx 11$ kHz

1.6 LTI-suotimen differenssiyhtälö on $y[n] = x[n] - 1.8x[n-1] + 0.82x[n-2] + 0.2y[n-1] + 0.15y[n-2]$. Suotimen magnitudivaste $|H(e^{j\omega})|$ skaalattuna välille $0 \ldots 1$ on

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

1.7 Stabiilin digitaalisen kuudennen asteen LTI-suotimen, jonka impulssivasteen $h[n]$ kertoimet ovat reaalisia,

(A) taajuusvaste $H(e^{j\omega})$ on jaksollinen 6π:n välein: $H(e^{j(\omega_0)}) = H(e^{j(6\pi+\omega_0)})$ kaikille ω_0
(B) vaihevaste $\angle H(e^{j\omega})$ on symmetrinen y-akselin suhteen: $\angle H(e^{j(-\omega_0)}) = \angle H(e^{j(+\omega_0)})$ kaikille ω_0
(C) ryhmäviive $\tau(\omega) = 6$ kaikille ω_0
(D) napanollakuvion kaikki kuusi napaa ovat aina yksikköympyrällä

1.8 Katso jatkuva-aikaisen reaalisen signaalin spektriä $|X(j\Omega)|$ kuvan 3 ylärivillä. Näytteistetään taajuudella $f_s =$ 10 kHz. Sekvenssin $x[n]$ spektri on kuvan 3 alarivin

(A) (a)
(B) (b)
(C) (c)
(D) (d)

1.9 Kuvassa 4 on kuvakaappaus Audacity-ohjelmasta, jossa analysoidaan ääninäytettä välillä noin 20.40 ... 21.30 s. Signaalin näytteenottotaajuus on $f_T = 22050$ Hz. Lisäksi maalatusta noin 50 ms alueesta on laskettu spektriestimaatti.

(A) Ääninäytteessä sanotaan: "I love DSP"
(B) Ääninäyte edustaa laajakaistaista kohinaa
(C) Ääninäyte maalatussa alueessa ei ole matemaattisen määritelmän mukaan jaksollinen ($x(t) \equiv x(t+T)$) mutta "melkein jaksollinen" ("quasi-periodic")
(D) Jos tiedetään, että ääni on peräisin pianosta, niin spektrin mukaisesti siinä on painettu kahdeksaa vierekkäistä kosketinta samanaikaisesti

1.10 Olkoon tunnettuna sekvenssi $x[n] = \delta[n-K] + \delta[n-K-1]$, jossa $K \in \mathbb{Z}_+$. Lasketaan lineaarista konvoluutiota

$$y[n] = x[n] \circledast (x[n] \circledast (x[n] \circledast (x[n] \circledast (x[n] \circledast x[n]))))$$

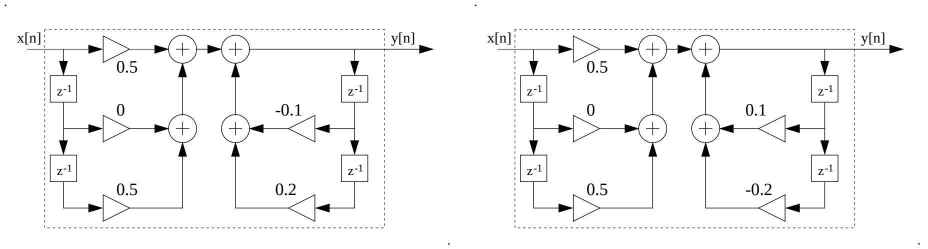
(A) Sekvenssin $y[n]$:n pituus on $L_y(K) = 6K - 5$
(B) $y[n] = 0$, kun $n \geq 7$
(C) Summa $\sum_{n=-\infty}^{\infty} y[n] = 64$
(D) Mikään ylläolevista ei pidä paikkaansa

1.11 Suotimen impulssivaste on $h[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \big(2\delta[n-2k] - 2\delta[n-2k-1]\big)$

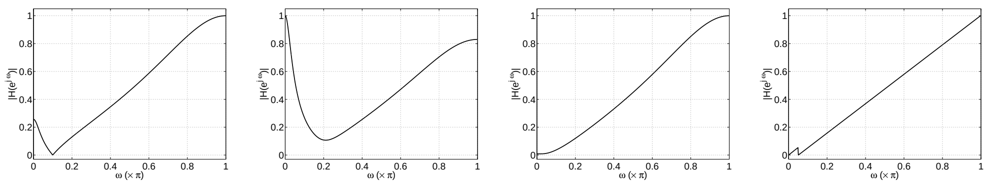
(A) Suotimen napanollakuvio on kuvassa 5
(B) Suotimen siirtofunktio on $H(z) = \frac{2}{1-z^{-1}}$
(C) Suodin on epästabiili
(D) Suodin on alipäästösuodin

1.12 Tutkitaan LTI-suodinta $H(z) = 1 + 0.1z^{-10}$

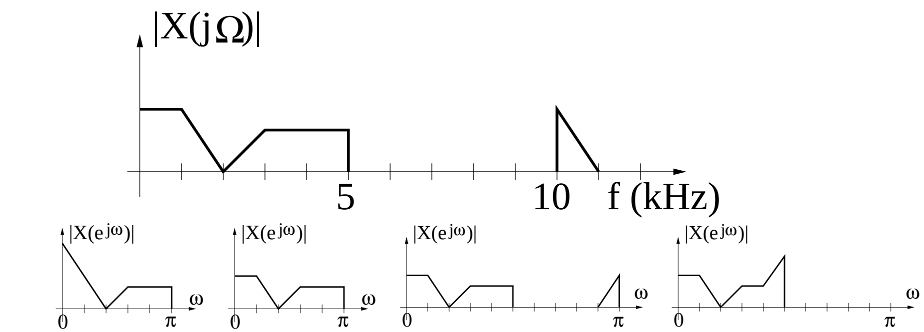
(A) Suotimen napanollakuvio on kuvassa 6(a)
(B) Suotimen magnitudivaste $|H(e^{j\omega})|$ kuvassa 6(b)
(C) Impulssivasteen $h[n]$ pituus on 10
(D) Suotimen ryhmäviive $\tau(\omega)$ on vakio



Kuva 1: Tehtävä 1.4, vaihtoehdot **(A)** ja **(B)** .



Kuva 2: Tehtävä 1.6, vaihtoehdot **(A)** , **(B)** , **(C)** , **(D)** .

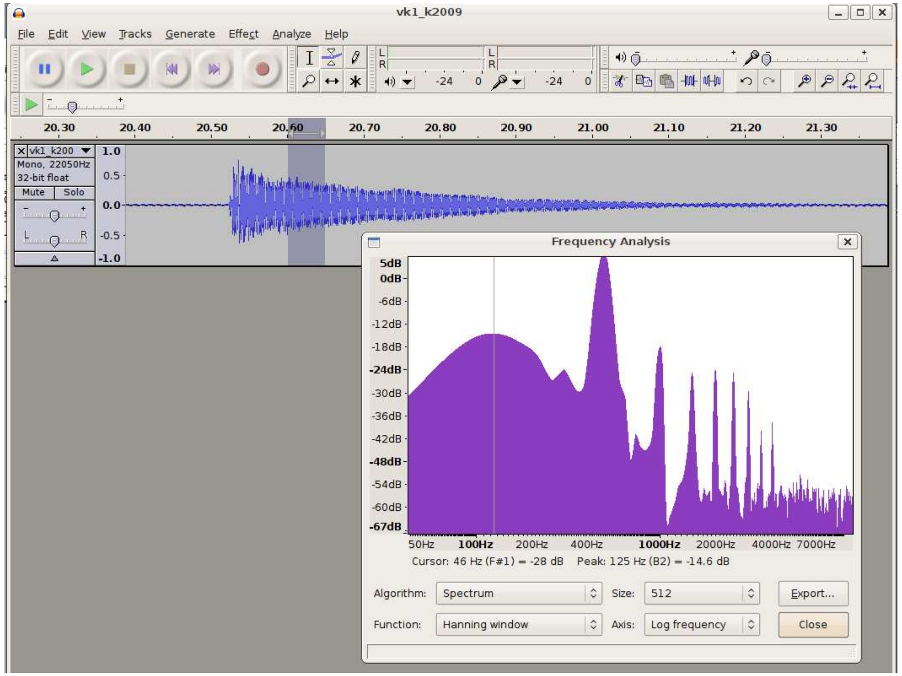


Kuva 3: Tehtävän 1.8 kuvia. Ylärivi: jatkuva $X(j\Omega)$, alarivi: vaihtoehdot **(A)** , **(B)** , **(C)** , **(D)**

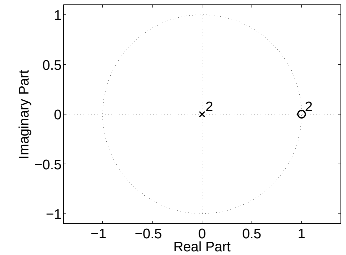
2) (6 p) Tämän kurssin alkupuoliskolla on tutkittu pääosin syötteitä $x[n]$, niitä muokkaavia digitaalisia LTI-järjestelmiä $h[n]$ ja vasteita $y[n]$. Näitä voidaan käsitellä sekä aika- että taajuustasossa.

Kirjoita essee aiheesta “signaalien suodattaminen digitaalisilla LTI-suotimilla”.

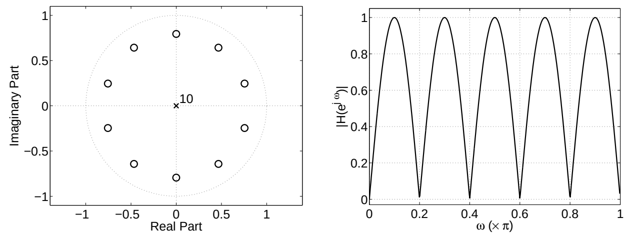
3) (1 p) Taustatietojen kysely ja palaute. Nettilomake `http://www.cis.hut.fi/Opinnot/T-61.3010/VK1_K2009/kyselyVK1.shtml` on avoinna 23.3.2009 asti.



Kuva 4: Tehtävä 1.9, kuvakaappaus ohjelmasta Audacity.



Kuva 5: Tehtävä 1.11, vaihtoehto **(A)** .



Kuva 6: Tehtävä 1.12, vaihtoehdot **(B)** ja **(D)** .