

T-61.3010 Digitaalinen signaalinkäsittely ja suodatus

1. välikoe, ti 7.3.2006 klo 12-15. Salit B (A-M), M (N-Ö, non-Finnish).

1. vk on oikeus tehdä vain kerran joko 7.3. tai 11.3.

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

Kaikki konseptit palautettava, suttupaperit erikseen sekä **tehtävästä 1 palautetaan erillinen A4-lomake**. Tehtäväpaperin ja taulukkomonisteen voi pitää.

Aloita uusi tehtävä **uudelta sivulta**. Kirjoita laskuissa käytetyt **välivaiheet mukaan**.

1) (14 x 1p, max 12 p) Monivalinta. Väittämissä on 1-4 oikeaa vastausta, mutta valitse **yksi ja vain yksi**. Täytä **erillisille lomakkeelle**. Pyyhekumi löytyy tarvittaessa valvojalta.

Oikea valinta +1 p, väärä valinta -0.5 p, ei valintaa 0 p. Perusteluja ei tarvita. Vastaa niin moneen kuin haluat. Tehtävän maksimipistemäärä on 12 ja minimimäärä 0.

1.1 Puhesignaalin analysoinnissa voidaan käyttää hyväksi spektrogrammia.

- (A) Spektrogrammin x-akselilla on aika ja y-akselilla taajuus
- (B) Spektrogrammi visualisoi lyhyiden aikaikkunoiden spektrejä (short-time Fourier-transform)
- (C) Matlabissa spektrogrammikuvaaja saadaan komennolla `specgram(x, [], fs)`, jossa `x` on tutkittava sekvenssi ja `fs` näytteenottotaajuus.
- (D) Värillä (tai harmaasävyllä) voidaan esittää kunkin taajuuskomponentin voimakkuus kunakin ajanhetkenä

1.2 Kahden pisteen liikkuva keskiarvoistava suodin (two-point moving average):

- (A) on IIR-tyyppinen
- (B) siirtofunktio $H(z) = 0.5(\delta[n] + \delta[n - 1])$
- (C) vaimentaa signaalin nopeita muutoksia
- (D) napanollakuvio on kuvassa 1(a)

1.3 Suotimen impulssivaste on $h[n] = (-1)^{n+2}\mu[n + 2]$:

- (A) suodin on kausaalinen
- (B) suodin on stabiili
- (C) suodin on IIR
- (D) suotimessa on 2 napaa yksikköympyrän ulkopuolella

1.4 Tutkitaan sekvenssiä $x[n] = x_1[n] + x_2[n] + x_3[n]$, jossa osasekvenssien perusjaksot ovat $N_1 = 8$, $N_2 = 10$ ja $N_3 = 20$. Mitä voidaan sanoa sekvenssin $x[n]$ jaksollisuudesta?

- (A) Perusjaksoa N_0 ei ole olemassa
- (B) Perusjakso on $N_0 = 4$
- (C) Normalisoitu peruskulmataajuus on $\omega_0 = \pi/200$
- (D) Sekvenssi on jaksollinen jaksolla $N = 8 \cdot 10 \cdot 20 = 1600$

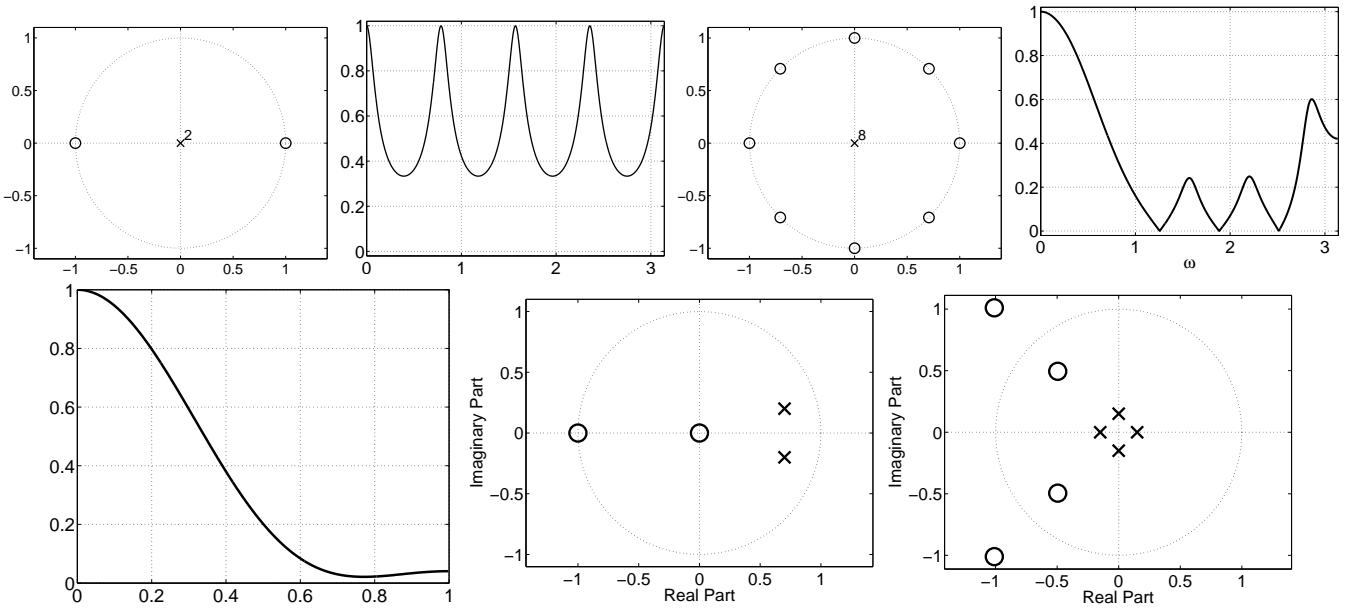
1.5 Kuvan 2(a) järjestelmän impulssivasteen $h[n]$ konvoluutio sekvenssin $x[n] = 0.5^n\mu[n]$ kanssa

- (A) tuottaa äärellisen pitkän ulostulosekvenssin
- (B) ei voida laskea, koska suodin on epästabiili
- (C) saa nolasta poikkeavia arvoja alkaen kohdasta $n = 0$
- (D) tuottaa ulostulon arvoksi hetkellä $n = 0$ $y[0] = 1$

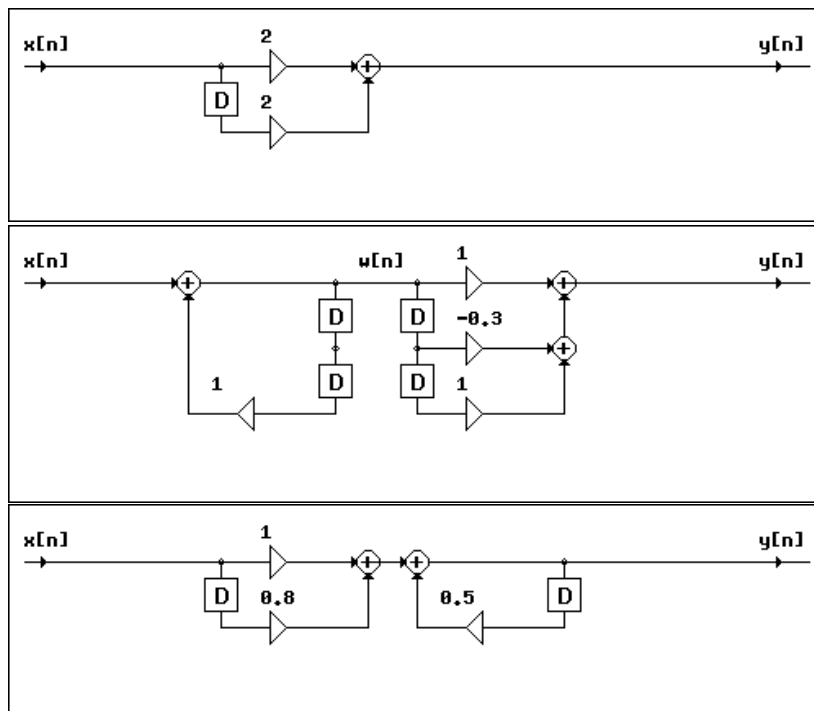
- 1.6 Imaginäärinen eksponenttifunktio $e^{j\omega}$:
- (A) piirtää yksikköympyrän, kun $\omega = [0 \dots \pi]$
 - (B) voidaan jakaa $e^{j\omega} = \cos(\omega) + j\sin(\omega)$
 - (C) sen reaaliosa on kosinifunktio
 - (D) sen itseisarvo kertoo suotimen vaihevasteen
- 1.7 Tutkitaan suodinta $H(z) = 1/(1 - 0.5z^{-8})$.
- (A) Suotimen amplitudivaste on kuvassa 1(b)
 - (B) Suotimen napanollakuvio on kuvassa 1(c)
 - (C) Suodin on toisen asteen IIR
 - (D) Impulssivaste $h[n]$ on yhdeksän merkkiä pitkä
- 1.8 Siirtofunktio $H(z) = [1 - 0.3z^{-1} + z^{-2}]/[1 - z^{-2}]$.
- (A) Suodin on neljättä astetta
 - (B) Lohkokaavioesitys on kuvassa 2(b)
 - (C) Impulssivaste on $h[n] = \delta[n] - 0.3\delta[n - 1] + \delta[n - 2]$
 - (D) Suotimen magnitudivaste on kuvassa 1(d)
- 1.9 Kuvan 1(e) amplitudivastetta vastaava napanollakuvio
- (A) on kuvassa 1(f)
 - (B) on kuvassa 1(g)
 - (C) sisältää nollan kohdassa $z = 1$
 - (D) sisältää nollan kohdassa $\omega = 0$
- 1.10 Suotimen $H(z)$ neljä napaa sijaitsevat kohdissa $p_1 = 0.8e^{j0.25\pi}$, $p_2 = 1.25e^{j0.25\pi}$, $p_3 = 0.8e^{-j0.25\pi}$, $p_4 = 1.25e^{-j0.25\pi}$. Valitsemalla suppenemisalue (ROC) $0.8 < |z| < 1.25$ voidaan suotimesta sanoa, että
- (A) suodin on stabiili
 - (B) suotimen maksimivahvistus on 2
 - (C) suotimen vaihevaste on lineaarinen
 - (D) siirtofunktion osoittajapolynomi on neljättä astetta
- 1.11 Tutkitaan suodinta kuvassa 2(c)
- (A) suodin on alipäästösuodin
 - (B) differenssiyhtälö on $y[n] = x[n] + 1.3x[n - 1] + 0.4x[n - 2]$
 - (C) suotimen asteluku on 2
 - (D) suotimen siirtofunktio on $H(z) = [1 + 0.8z^{-1}]/[1 + 0.5z^{-1}]$
- 1.12 Suodin $H(e^{j\omega}) = e^{j\omega} - e^{j5\omega}$
- (A) on kausaalinen
 - (B) navat ovat yksikköympyrän ulkopuolella
 - (C) ryhmäviive on 3
 - (D) on lineaarivaiheinen
- 1.13 Olkoon LTI-järjestelmän impulssivaste $h[n] = (-1)^{n-2}\mu[n + 2]$ ja syöte $x[n] = 2\delta[n + 3] - 3\delta[n + 2] + \delta[n + 1]$. Lasketaan ulostulo $y[n] = h[n] \otimes x[n]$.
- (A) $y[2006] = -6$
 - (B) $y[2006] = 0$
 - (C) $y[2006] = 6$
 - (D) $y[2006] = -2\delta[n + 2009] - 3\delta[n + 2008] + \delta[n + 2007]$

1.14 Kahden LTI-järjestelmän S_1 ja S_2 sarjaankytkennässä

- (A) koko järjestelmän S napanollakuvio saadaan laskemalla navat ja nollat erikseen molemmista osajärjestelmistä ja piirtämällä ne samaan napanollakuvioon
- (B) koko järjestelmän S impulssivaste saadaan summaamalla osajärjestelmien impulssivasteet yhteen
- (C) koko järjestelmän S impulssivaste saadaan kertomalla osajärjestelmien impulssivasteet toistensa kanssa
- (D) koko järjestelmän S impulssivaste saadaan konvolvoimalla osajärjestelmien impulssivasteet toistensa kanssa

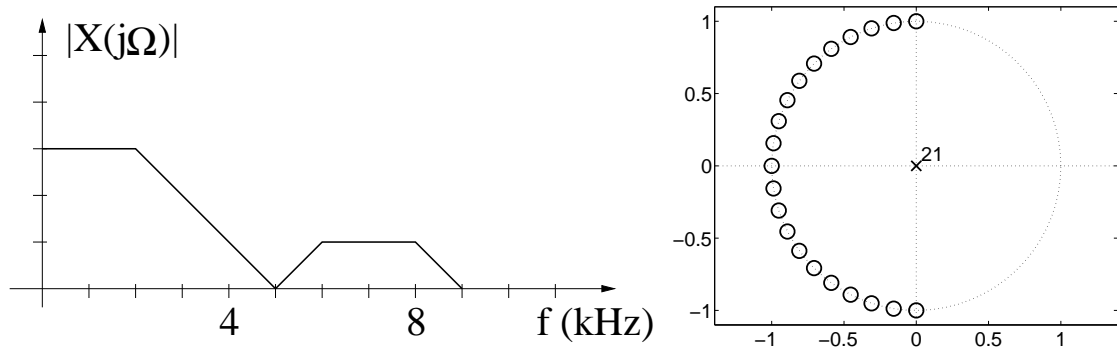


Kuva 1: Monivalintatehtävän kuvia, yläriivi: (a), (b), (c), (d), alariivi: (e), (f), (g).



Kuva 2: Monivalintatehtävän kuvia, (a), (b), (c).

- 2) (6 p) Reaalinen analoginen signaali $x(t)$, jonka spektri $|X(j\Omega)|$ on piirretty kuvaan 3, näytteistetään näyteenottotaajuudella $f_s = 8000$ Hz lukujonoksi $x[n]$.
- Näytteistyksessä tapahtuu vierastumista (aliasing). Mikä olisi ollut pienin riittävä näyteenottotaajuus, jolla vierastumista ei olisi tullut?
 - Analoginen signaali $x(t)$ on 0.2 sekuntia pitkä. Kuinka monta näytettä sekvenssissä $x[n]$ on?
 - Hahmottele näytteistetyn sekvenssin $x[n]$ spektri $|X(e^{j\omega})|$.
 - Sekvenssi $x[n]$ suodatetaan LTI-suotimella, jonka napanollakuvio on kuvan 3 mukainen. Tämän jälkeen suodatettu sekvenssi $y[n]$ palautetaan (ideaalisesti) jatkuva-aikaiseksi $y_r(t)$. Hahmottele spektri $|Y_r(j\Omega)|$ välillä $f = [0 \dots 20]$ kHz.



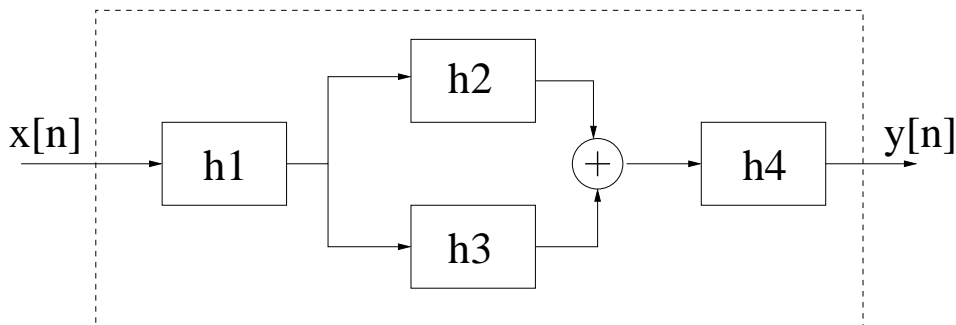
Kuva 3: Vasemmalla spektri. Oikealla napanollakuvio.

- 3) (6 p) Tutkitaan neljän LTI-järjestelmän h_1 , h_2 , h_3 ja h_4 muodostamaa järjestelmää h , joka on kuvassa 4. Tunnetaan seuraavat impulssivasteet

$$h_2[n] = 3\delta[n] - \delta[n-1] + \delta[n-2]$$

$$h_3[n] = -\delta[n] + \delta[n-1] + \delta[n-2]$$

$$h_4[n] = 0.8^{n+1}\mu[n+1]$$



Kuva 4: LTI-alijärjestelmien h_1 , h_2 , h_3 ja h_4 muodostama suodin h .

Määrää impulssivaste $h_1[n]$ niin, että suotimesta h tulee kausaalinen ja symmetrinen kaistanesotusuodin maksimivahvistuksella yksi. Mikä on tällöin impulssivaste $h[n]$ (esitettyä suljetussa muodossa, $h[n]$ $n:n$ funktiona)? Laske erikseen arvot $h[0]$, $h[1]$, $h[2]$. Esitä selkeät välivaiheet.