

## T-61.3010 Digitaalinen signaalinkäsittely ja suodatus

1. välikoe, pe 7.3.2008 klo 12-15. Sali M (A-N, non-Finnish).

### 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 Tutkitaan polynomia  $f(x) = x^{2008} + 1$ .

- (A) Kaikki mahdolliset juuret ovat  $x = \pm j$
- (B) Yksi juuri on  $x = j + \pi/2008$
- (C) Juuret sijaitsevat  $r$ -säteisellä ympyrällä tasavälisesti  $\theta$ -kulman välein, jossa  $r = 1$  ja  $\theta = \pi/2008$
- (D) Yksikään ylläolevista vaihtoehdoista ei ole oikein

1.2 Sekvenssi  $x[n] = (\sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta[n - 3k]) + \cos((\pi/7)n) - 2 \sin((\pi/2)n)$

- (A) ei ole jaksollinen
- (B) on jaksollinen ja sen perusjakso  $N_0 = 84$
- (C) on jaksollinen ja sen perusjakso  $N_0 = 168$
- (D) on jaksollinen jaksolla  $N = 420$

1.3 Lasketaan impulssivasteen  $h[n] = \delta[n + 1] + 4\delta[n] - 2\delta[n - 2] - \delta[n - 3]$  ja syötteen  $x[n] = \delta[n + 1] - 0.84\delta[n] - 0.231\delta[n - 1] + 0.72\delta[n - 3] - \delta[n - 4] - \delta[n - 5]$  lineaarinen konvoluutio  $y[n] = h[n] \otimes x[n]$ .

- (A)  $y[n] = \{1, 3.16, \underline{-5.591}, 0.476, 3.182, -6.2090, -2.72, 3, -1\}$
- (B)  $y[n] = \{0, 0, 1, 3.16, -5.591, 0.476, 3.182, -6.2090, -2.72, -3, 1\}$
- (C)  $y[n] = \{1, 3.16, \underline{-3.591}, -2.924, 1.4, 3.182, -4.769, -5.44, 1.28, 3, 1\}$
- (D)  $y[n] = \{1, \underline{-3.36}, 0, 0, -0.72\}$

1.4 Kahden pisteen liikkuva keskiarvoistava suodin (“two-point moving average”)

- (A) on IIR-tyyppinen
- (B) asteluku on 2
- (C) on alipäästötyyppinen
- (D) rakenne sisältää takaisinkytketyn silmukan

1.5 Jatkuva-aikaisen signaalin korkein taajuuskomponentti on  $f_h = 5$  kHz. Jotta näytteistämässä ei synny vierastumista (“aliasing”),

- (A) näytteenottotaajuuden  $f_T$  tulee olla pienempi kuin 10 kHz
- (B) käytetään näytteenottotaajuutta  $f_T = 5.0001$  kHz
- (C) käytetään näytteistyksessä näyteväliä  $T > 5$  sekuntia
- (D) näytteenottovälin tulee olla pienempi kuin 0.1 millisekuntia

1.6 Reaalisen sekvenssin  $x[n]$

- (A) diskreettiaikainen Fourier-muunnos (DTFT) on jaksollinen  $2\pi:n$  välein
- (B) diskreettiaikaisen Fourier-muunnoksen itseisarvo on parillinen funktio
- (C) diskreettiaikaisen Fourier-muunnoksen vaihekulma on pariton funktio
- (D) diskreettiaikainen Fourier-muunnos voi olla myös reaaliarvoinen

1.7 LTI-suotimen impulssivaste on  $h[n] = \delta[n] + \delta[n - 2008]$ .

- (A) Suotimen nollat sijaitsevat yksikköympyrällä taajuuksilla  $\pm\pi/2$
- (B) Suodin on symmetrinen kampsuodin
- (C) Suotimen vaihevaste  $\angle H(e^{j\omega})$  on epälineaarinen
- (D) Suodin on epästabiili

1.8 LTI-suotimen siirtofunktio on  $H(z) = \frac{1}{1-1.2z^{-1}+0.35z^{-2}}$ .

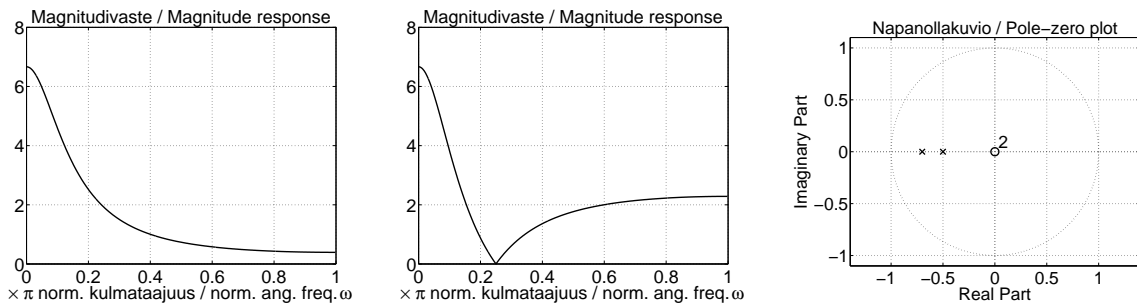
- (A) Suotimen amplitudivaste on kuvassa 1(a)
- (B) Suotimen amplitudivaste on kuvassa 1(b)
- (C) Suotimen napanollakuvio on kuvassa 1(c)
- (D) Suodin on kokopäästötyyppinen ("allpass")

1.9 Suotimen siirtofunktio on  $H(z) = \frac{1}{1+0.8z^{-1}} \cdot \frac{1}{1+1.2z^{-1}}$  ja suppenemisalue (ROC)  $|z| < 0.8$ . Käänteismuunnos on tällöin

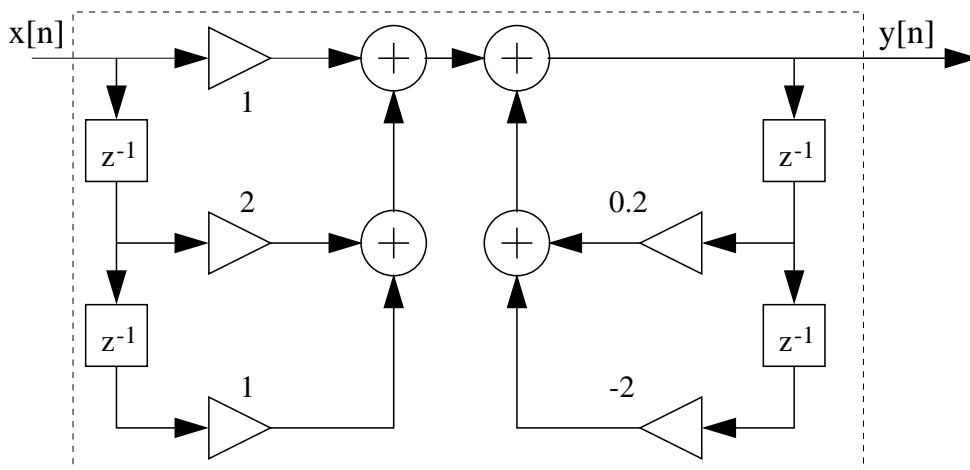
- (A)  $h[n] = 2h[n-1] + 0.96h[n-2] - 2\delta[n] + 3\delta[n-1]$
- (B)  $h[n] = -2 \cdot (-5/4)^{-n-1}\mu[-n-1] + 3 \cdot (-5/6)^{-n-1}\mu[-n-1]$
- (C)  $h[n] = -2 \cdot (-4/5)^{-n-1}\mu[-n-1] + 3 \cdot (-6/5)^{-n-1}\mu[-n-1]$
- (D)  $h[n] = -2.5 \cdot (-5/4)^{-n-1}\mu[-n-1] + 2.5 \cdot (-5/6)^{-n-1}\mu[-n-1]$

1.10 Kuvan 2 lohkokaaavion suodinta halutaan analysoida Matlabilla. Oikea komentosarja on

- | (A)                                  | (B)                          | (C)                                | (D)                                      |
|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--|
| <code>den = [1 0.2 -2];</code>       | <code>A = [1 -0.2 2];</code> | <code>A = [1 -0.2 2];</code>       | <code>A = [1 0.2 -2];</code>             |
| <code>num = [1 2 1];</code>          | <code>B = [1 2 1];</code>    | <code>B = [1 2 1];</code>          | <code>B = [1 2 1];</code>                |
| <code>figure(42);</code>             | <code>figure(102);</code>    | <code>[Z, P] = tf2zp(B, A);</code> | <code>subplot('Amplitude resp.');</code> |
| <code>plot(freqz(num, den));</code>  | <code>freqz(B, A);</code>    | <code>figure(1);</code>            | <code>freqz(A, B, length(B)-1);</code>   |
| <code>plot(zplane(num, den));</code> | <code>figure(550);</code>    | <code>plot(B, A, 'g');</code>      | <code>subplot('Pole-zero plot');</code>  |
|                                      | <code>zplane(B, A);</code>   | <code>hold on;</code>              | <code>pzplot(A, B, length(A)-1);</code>  |
|                                      |                              | <code>plot(Z, P, 'k');</code>      |  |

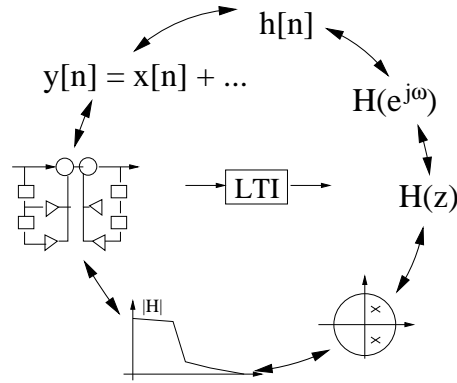


Kuva 1: Monivalintatehtävän 1.7 (A) , (B) ja (C) .



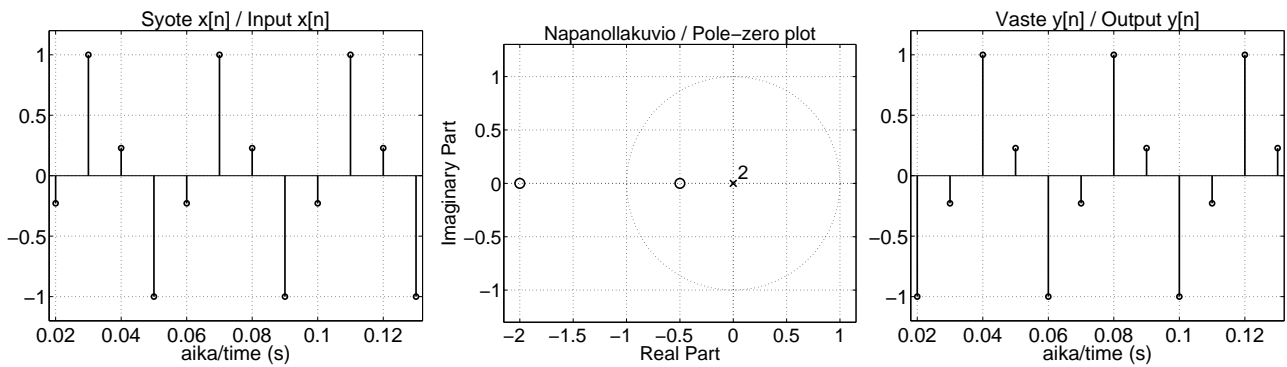
Kuva 2: Monivalintatehtävän 1.10 lohkokaavioesitys.

- 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 3 mukaisesti.



Kuva 3: Tehtävä 2: Yleinen kuva LTI-suodinanalyysistä. Samaa suodinta voidaan tarkkailla aika- ja taajuustasossa monilla eri tavoilla.

Tutkitaan nyt kuvan 4 tilannetta, jossa syötesekvenssinä  $x[n]$  on puhdas kosinisekvenssi, jonka perusjakso on  $N_0 = 4$  ja jota suodatetaan LTI-suotimella, josta on annettu napanollakuvio. Nollat sijaitsevat kohdissa  $d_1 = -0.5$  ja  $d_2 = \frac{1}{-0.5} = -2$ , kun taas kaikki navat ovat origossa. Huomaa, että napanollakuvioista ei nähdä suotimen vahvistusta  $G$ . Ulostulosekvenssi nähdään oikeamman puoleisessa kuvassa; kosinin amplitudi on pysynyt samana suotimessa.



Kuva 4: Tehtävä 2: Osa syötteestä  $x[n]$ , suotimen napanollakuvio ja osa vasteesta  $y[n]$  ("steady-state response").

Analysoi ja luokittele sekä signaaleja että järjestelmää aika- ja taajuustasossa kurssilla opetetuin menetelmin. Esitä laskut välivaiheittain. Kokoa analyysin tulokset muutamain lausein ja visualisoi kuvien kera.

- 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.