T-61.140 Signaalinkäsittelyjärjestelmät

2. välikoe / tentti, ke 15.5.2002 9-12 C, L (Simula, Parviainen)
Välikokeessa/tentissä saa käyttää graafista laskinta. Taulukoita oheisella paperilla - käytä niitä hyväksesi!

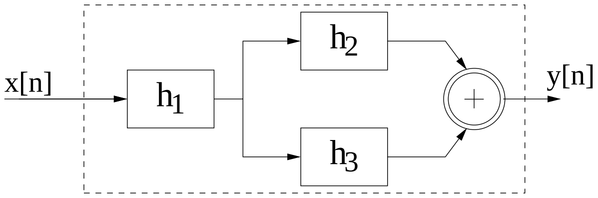
2. välikoe: 3, 4, 5, 6, 7
Tentti: 1, 2, 5, 6, 7

Huom! 2. välikokeeseen ei ole osallistumisoikeutta, jos on ollut välikokeessa 3.5.2002.

1) (6p, TENTTI) Signaalien ja järjestelmien ominaisuudet

   a) (1p) Millä vakion α arvolla diskreettiaikainen järjestelmä $y[n] = 0.5x[n] + 0.25\alpha x[n-1] + \alpha$ on LTI-järjestelmä? Perustele.
   b) (1p) Onko $y[n] = \sum_{k=-3}^{3} k^2\, x[n-k]$ stabiili LTI-järjestelmä? Perustele.
   c) (1p) Onko $y[n] = x[-n]$ kausaalinen diskreettiaikainen järjestelmä? Perustele.
   d) (1p) Onko signaali $x(t) = \cos(\frac{2}{9}t)$ jaksollinen? Jos on, mikä on perusjakson T pituus?
   e) (1p) Onko sekvenssi $x[n] = \sin(\frac{4}{9}n)$ jaksollinen? Jos on, mikä on perusjakson N pituus?
   f) (1p) Mikä on sekvenssin $x[n] = \cos(\frac{\pi}{6}n - \pi) + \sin(\frac{\pi}{9}n)$ perusjakson N pituus?

2) (6p, TENTTI) LTI-järjestelmä, jonka impulssivaste on $h[n] = -\delta[n-1] + 2\delta[n-2] + 3\delta[n-3]$ koostuu kolmesta LTI-osajärjestelmästä $h_1[n]$, $h_2[n] = -\delta[n] + 2\delta[n-1] - \delta[n-2]$ ja $h_3[n] = \delta[n-1] + \delta[n-2]$ kuvan mukaisesti.



   a) (1p) Kerro, millä tavalla voit ratkaista impulssivasteen $h_1[n]$ arvon.
   b) (2p) Laske $h_1[n]$.
   c) (2p) Olkoon syötteenä $x[n] = \{\underline{0},\ -1,\ 2\}$. Mikä on vaste $y[n]$?
   d) (1p) Järjestelmää modifioidaan siten, että lohko h_1 siirretään sarjaan h_2:n ja h_3:n rinnankytkennän jälkeen, jolloin koko järjestelmää merkitään $\hat{h}[n]$:llä. Mitä voit sanoa impulssivasteista $h[n]$ ja $\hat{h}[n]$?

3) (0-3p, 2. VK) Vastaa, onko väite oikein (O) vai väärin (V). Oikea vastaus +1p, väärä -1p, ei vastausta 0p. Perustele lyhyesti. **HUOM!** Väitteitä on neljä, maksimipistemäärä kolme.

   a) Aikatason impulssivasteen ja sisääntulosignaalin konvoluutio vastaa taajuusvasteen ja sisääntulosignaalin Fourier-muunnoksen kertolaskua taajuustasossa.
   b) Keskiarvoistava FIR-suodin (MA, moving average) on aina stabiili, koska siinä on takaisinkytkentä.
   c) Jos analoginen signaali on kaistarajoitettu ja sen nopeiten muuttuvan komponentin jakson pituus on yli kaksi kertaa niin pitkä kuin näytteenottoväli, signaalin näytteistyksessä ei tapahtu laskostumista (aliasing).
   d) Suotimen nousuaika on määritelty ajaksi, joka kuluu askelvasteen noustessa 10%:sta 90%:iin maksimiarvostaan. Väite: Suotimella $h[n] = (0.9)^n$ on lyhyempi nousuaika kuin $h[n] = (0.1)^n$:llä.

4) (3p, 2.VK) Vastaa muutamilla virkkeillä seuraaviin kysymyksiin.

   a) Mitä tarkoittavat termit analoginen, diskreetti ja digitaalinen signaali?

   b) Mitä hyötyä on signaalin käsittelemisestä digitaalisesti?

5) (6p, TENTTI ja 2.VK) LTI-järjestelmä on määritelty impulssivasteen avulla

$$h[n] = (-0.8)^n u[n] - (-0.8)^{n-1} u[n-1]$$

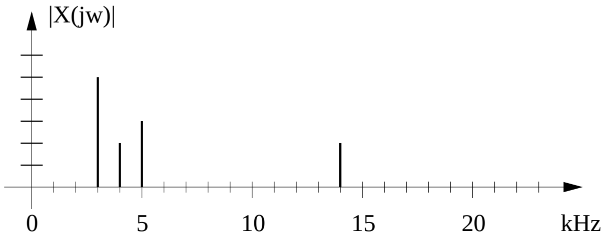
   a) (2p) Laske ja piirrä impulssivasteen arvot, kun $n = -2..3$, ja hahmottele silmämääräisesti arvot $n = 4..10$.

   b) (2p) Mikä on järjestelmän taajuusvaste $H(e^{j\omega})$?

   c) (1p) Hahmottele $|H(e^{j\omega})|$ välillä $0..\pi$. Onko järjestelmä tyyppiä alipäästö / ylipäästö / kaistanpäästö / kaistanesto?

   d) (1p) Esitä järjestelmää vastaava differenssiyhtälö $x[n]$:n ja $y[n]$:n avulla.

6) (6p, TENTTI ja 2.VK) Tunnetaan jatkuva-aikainen signaali $x(t)$, joka koostuu neljästä kosinikomponentista, ja sen Fourier-muunnettu spektri $|X(j\omega)|$, joka on kuvattu alla olevassa kuvassa. Korkein signaalikomponentti on 14 kHz. Oletetaan, että vaiheinformaatio on nolla.



   a) (1p) Onko signaali $x(t)$ jaksollinen? Jos on, mikä on sen perustaajuus?

   b) (1p) Mikä on pienin näytteenottotaajuus, jolla ei tapahdu laskostumista (aliasing)?

   c) (3p) Erästä digitaalista sovellusta varten näytteistetään signaalia $x(t)$ taajuudella $f_s = 12000$ Hz. Hahmottele näytteistetyn signaalin $x[n]$ spektri $|X(e^{j\omega})|$ taajuuksilla 0...6000 Hz.

   d) (1p) Sovelluksen kannalta kiinnostava kaista on 2500...5500 Hz. Kerro parilla virkkeellä näytteistyksen jälkeisestä tilanteesta ja korkeataajuisen komponentin (14 kHz) vaikutuksesta.

7) (6p, TENTTI ja 2.VK) **Vaihtoehtoisesti joko A tai B.**

7A) LTI-järjestelmä on määritelty differenssiyhtälöllä

$$y[n] = 0.5\,x[n] + 0.5x[n-1]$$

   a) (1p) Piirrä LTI-suotimen lohkokaavio.

   b) (1p) Järjestelmä laskee keskiarvoa kahdesta viimeisimmästä näytteestä. Onko järjestelmä tyyppiä alipäästö / ylipäästö / kaistanpäästö / kaistanesto?

   c) (2p) Korvaa jokainen viive kaksinkertaisella viiveellä. Kirjoita differenssiyhtälö uudestaan ja esitä modifioidun järjestelmän taajuusvaste $H(e^{j\omega})$?

   d) (2p) Hahmottele modifioitu $|H(e^{j\omega})|$ välillä $0..\pi$. Onko järjestelmä tyyppiä alipäästö / ylipäästö / kaistanpäästö / kaistanesto?

7B) Kirjoita kevään kurssin perusteella essee taajuusselektiivisistä LTI-suotimista ja suodatuksesta. Esseen maksimipituus kaksi sivua rivivälillä kaksi; selventäviä kuvia voi piirtää joukkoon.