T-61.140 Signaalinkäsittelyjärjestelmät

2. välikoe / tentti, ke 12.5.2004 9-12 C, L, N.
Välikokeessa saa käyttää graafista laskinta, ylimääräinen muisti tyhjennettävä. Normaali kaavakokoelmakirja sallittu. Taulukoita oheisella paperilla - käytä niitä hyväksesi!
2. välikoe: Kirjoita päällimmäiseen konseptiin "VÄLIKOE" ja **vastaa tehtäviin 3, 4, 5 ja 6.**
Tentti: Kirjoita päällimmäiseen konseptiin "TENTTI" ja **vastaa tehtäviin 1, 2, 4, 5 ja 6.**
HUOM! Jos teit 4.5.2004 2. välikokeen, et voi uusia sitä tänään. Jos teit 4.5.2004 tentin, et voi uusia sitä tänään.
MUISTA TÄYTTÄÄ KURSSIPALAUTE OSOITTEESSA
`http://www.cs.hut.fi/Opinnot/Palaute/k2004/kurssipalaute.html`

1) (Tentti, 3 x 2p = 6p) Laske tai perustele pätevästi.

   a) Diskreettiaikainen sekvenssi on määritelty $y[n] = ny[n-1] + 0.5x[n] - 0.25nx[n-1]$. Onko järjestelmä LTI?

   b) LTI-järjestelmä on määritelty impulssivasteensa avulla $h[n] = \left(\frac{-1}{3}\right)^{n-1} u[n+1]$. Onko järjestelmä stabiili? Onko järjestelmä kausaalinen?

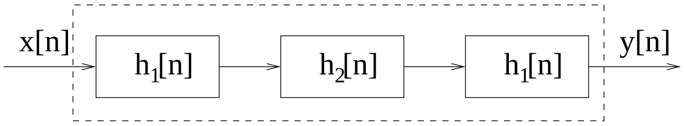
   c) Tunnetaan diskreettiaikainen sekvenssi $x[n] = 3\cos(\frac{\pi}{6}n) + \sin(\frac{\pi}{4}n - \frac{\pi}{2})$. Onko $x[n]$ jaksollinen? Jos on, mikä on sen perusjakson pituus N_0?

2) (Tentti, 6p) Suodin $h[n]$ muodostuu alla olevan kuvan 1 mukaisesti LTI-järjestelmien kaskaadista. Tunnetaan seuraavat impulssivasteet:

$$\begin{aligned} h_1[n] &= \delta[n] + \delta[n-1] \\ h[n] &= \delta[n] + 2\delta[n-1] - \delta[n-2] - 4\delta[n-3] - 2\delta[n-4] \end{aligned}$$

   a) Laske järjestelmän $h[n]$ vaste syötteeseen $x[n] = -\delta[n+1] + \delta[n]$.

   b) Laske impulssivaste $h_2[n]$. Onko $h_2[n]$ kausaalinen?



Kuva 1: Kolmen alijärjestelmän kaskaadista koostuva $h[n]$ tehtävässä 2.

3) (Välikoe, 3 x 2p = 6p) Vastaa **enintään kolmeen** väitteeseen, onko väite oikein (O) vai väärin (V). Perustele lyhyesti, mutta yksiselitteisesti.

   a) Minkä tahansa signaalin $z[n]$ amplitudispektristä $|Z(e^{j\omega})|$ voidaan palauttaa yksikäsitteisesti aikatason sekvenssi $z[n]$, kunhan käytössä on tarvittava määrä laskentakapasiteettia.

   b) Jos $|H_{BP}(e^{j\omega})|$ on LTI-tyyppinen kaistanpäästösuodin, jonka arvot on skaalattu välille $0 \ldots 1$, niin $|H(e^{j\omega})| = 1 - |H_{BP}(e^{j\omega})|$ on kaistanestosuotimen amplitudivaste.

   c) LTI-suodin $H(e^{j\omega}) = (1/M)\sum_{k=0}^{M-1} e^{-jk\omega}$, jossa M on äärellinen kokonaisluku, on lineaarivaiheinen.

   d) Toisen asteen LTI-suodin, jonka differenssiyhtälö on $y[n] = 0.3y[n-1]+0.4y[n-2]+13x[n]$, voidaan esittää kahden ensimmäisen asteen LTI-suotimen rinnankytkentänä $H(e^{j\omega}) = 8/(1+0.8e^{-j\omega})+5/(1-0.5e^{-j\omega})$.

4) (Tentti/Välikoe, 6p) Halutaan suunnitella diskreettiaikainen LTI-järjestelmä siten, että se muokkaa sisääntuloa

$$x[n] = \left(\frac{1}{5}\right)^n u[n]$$

niin että ulostulo on

$$y[n] = \left(\frac{-4}{5}\right)^n u[n]$$

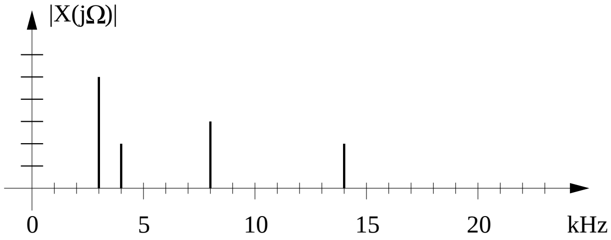
   a) Mikä on halutun järjestelmän taajuusvaste $H(e^{j\omega}) = Y(e^{j\omega})/X(e^{j\omega})$?

   b) Hahmottele suotimen amplitudivaste $|H(e^{j\omega})|$ välillä $0..\pi$. Onko järjestelmä tyyppiä alipäästö, ylipäästö, kaistanpäästö, kaistanesto vai kaikki taajuudet päästävä (all-pass)?

   c) Esitä järjestelmää vastaava differenssiyhtälö $x[n]$:n ja $y[n]$:n avulla.

   d) Paljonko on impulssivasteen arvo $h[100]$? Vinkki: $(-0.8)^{99} \approx -2.54 \cdot 10^{-10}$.

5) (Tentti/Välikoe, 6p) Tunnetaan reaalinen 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) Onko signaali $x(t)$ jaksollinen? Jos on, mikä on sen perustaajuus?

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

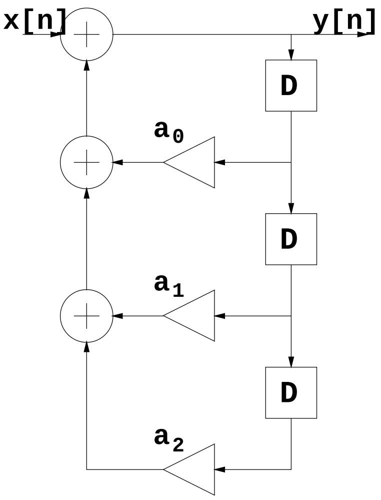
c) Erästä digitaalista sovellusta varten näytteistetään signaalia $x(t)$ taajuudella $f_s = 12000$ Hz. Hahmottele näytteistetyn signaalin $x[n]$ spektri $|X(e^{j\omega})|$ taajuuksilla $0 \ldots 6000$ Hz.

d) Näytteistyksen jälkeen signaali palautetaan sellaisenaan jatkuvaksi signaaliksi $\hat{x}(t)$. Hahmottele $\hat{x}(t)$:n spektri $|\hat{X}(j\Omega)|$ välillä $0 \ldots 23$ kHz.

6) (Tentti/Välikoe, 6p) **Vaihtoehtoisesti joko A tai B.**

6A) Esittele kurssin sisältöön liittyviä perusteita puhesignaaliin ja sen analysointiin. Miten puhesignaalia voidaan esikäsitellä, jotta se soveltuisi paremmin puheentunnistukseen.

6B) Sinun pitäisi tuottaa aikaan neliöllinen lukujono $\{0,\ 1,\ 4,\ 9,\ 16,\ 25,\ \ldots\}$ kolmannen asteen rekursiivisella LTI-suotimella. Päättele tai laske alla olevan kuvan suotimen kertoimet oikein ja määrää viiverekisterien alkuarvot. Vinkki: Mieti siis, miten lukujonon uusi alkio voidaan ilmoittaa edellisten avulla. Pidä syöte aina nollassa ($x[n] \equiv 0$, kaikilla n).



Kuva 2: Rekursiivinen 3. asteen IIR-suodin.