

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>

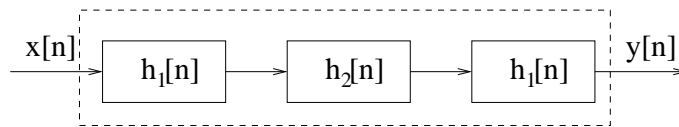
1) (Tentti, 3 x 2p = 6p) Laske tai perustele pätevästi.

- Diskreettiaikainen sekvenssi on määritelty $y[n] = ny[n-1] + 0.5x[n] - 0.25nx[n-1]$. Onko järjestelmä LTI?
- LTI-järjestelmä on määritelty impulssivasteensa avulla $h[n] = \left(\frac{-1}{3}\right)^{n-1} u[n+1]$. Onko järjestelmä stabiili? Onko järjestelmä kausaalinen?
- Tunnetaan diskreettiaikainen sekvenssi $x[n] = 3 \cos\left(\frac{\pi}{6}n\right) + \sin\left(\frac{\pi}{4}n - \frac{\pi}{2}\right)$. 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:

$$\begin{aligned}h_1[n] &= \delta[n] + \delta[n-1] \\h_2[n] &= \delta[n] + 2\delta[n-1] - \delta[n-2] - 4\delta[n-3] - 2\delta[n-4]\end{aligned}$$

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

- Minkä tahansa signaalin $z[n]$ amplitudispektristä $|Z(e^{j\omega})|$ voidaan palauttaa yksikäsitteisesti aikatason sekvenssi $z[n]$, kunhan käytössä on tarvittava määrä laskentakapasiteettia.
- Jos $|H_{BP}(e^{j\omega})|$ on LTI-tyyppinen kaistanpäästösuodin, jonka arvot on skaalattu välille $0 \dots 1$, niin $|H(e^{j\omega})| = 1 - |H_{BP}(e^{j\omega})|$ on kaistanestosuotimen amplitudivaste.
- LTI-suodin $H(e^{j\omega}) = (1/M) \sum_{k=0}^{M-1} e^{-jk\omega}$, jossa M on äärellinen kokonaisluku, on lineaarivaiheinen.
- 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

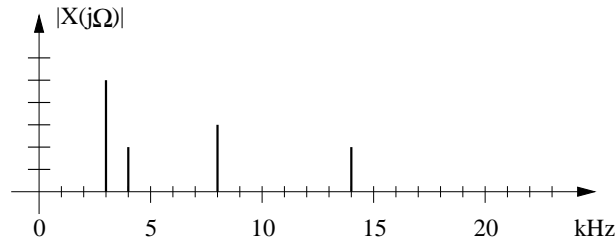
$$x[n] = \left(\frac{1}{5}\right)^n u[n]$$

niin että ulostulo on

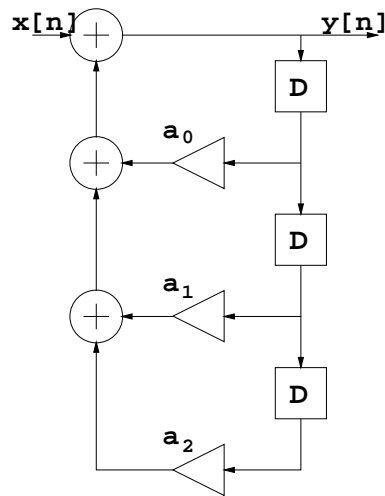
$$y[n] = \left(\frac{-4}{5}\right)^n u[n]$$

- Mikä on halutun järjestelmän taaajuusvaste $H(e^{j\omega}) = Y(e^{j\omega})/X(e^{j\omega})$?
- Hahmottele suotimen amplitudivaste $|H(e^{j\omega})|$ välillä $0 \dots \pi$. Onko järjestelmä tyyppiä alipäästö, ylipäästö, kaistanpäästö, kaistanesto vai kaikki taaajuudet päästävä (all-pass)?
- Esitä järjestelmää vastaava differenssiyhtälö $x[n]$:n ja $y[n]$:n avulla.
- 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 signaali-komponentti 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 $0 \dots 6000$ Hz.
- d) Näytteistykseen jälkeen signaali palautetaan sellaisenaan jatkuvaksi signaaliksi $\hat{x}(t)$. Hahmottele $\hat{x}(t)$:n spektri $|\hat{X}(j\Omega)|$ välillä $0 \dots 23$ 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 $\{0, 1, 4, 9, 16, 25, \dots\}$ kolmannen asteen rekursiivisella LTI-suotimella. Päättelä 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.