

T-61.140 Signaalinkäsittelyjärjestelmät

2. välikoe / tentti, to 8.5.2003 16-19 M

Välikokeessa saa käyttää graafista laskinta, ylimääräinen muisti tyhjennettävä. Ei omia kaavakokoelmia. 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 teet tänään 2. välikokeen, et voi uusia sitä 15.5.2003. Jos teet tänään tentin, et voi uusia sitä 15.5.2003.

1) (Tentti, 6p) Järjestelmän ja signaalin ominaisuudet. Laske tai perustele pätevästi.

- Diskreetti järjestelmä on määritelty differenssiyhtälöllä $y[n] = -x[n+1] + 2x[n] - x[n-1]$. Onko järjestelmä lineaarinen? Onko järjestelmä aikainvariantti?
- LTI-järjestelmä on määritelty impulssivasteen avulla $h[n] = \left(\frac{1}{3}\right)^n u[n+1]$. Onko järjestelmä stabiili? Onko järjestelmä kausaalinen?
- Tunnetaan diskreetti sekvenssi $x[n] = \cos\left(\frac{\pi}{6}n\right) + 2 \sin\left(\frac{\pi}{9}n + \frac{\pi}{4}\right)$. Onko $x[n]$ jaksollinen? Jos on, mikä on sen perusjakson pituus N_0 ?

2) (Tentti, 6p) Tarkastellaan differenssiyhtälöinä annettuja diskreettiaikaisia suotimia

$$\begin{aligned}y_1[n] &= x[n] + 2x[n-1] + 3x[n-2] \\y_2[n] &= -x[n] - 2x[n-2]\end{aligned}$$

- Piirrä yhtälöitä vastaavat lohkokaaaviot (virtauskaaviot).
- Aseta suotimet rinnankytkentään ja laske impulssivaste $h_p[n]$.
- Aseta suotimet sarjankytkentään (kaskaadi) ja laske impulssivaste $h_c[n]$.
- Mikä on kaskaadikytkennän ulostulo $y[n]$, jos syötteenä on $x[n] = \delta[n] + 10\delta[n-10] + 100\delta[n-100] + 1000\delta[n-1000]$.

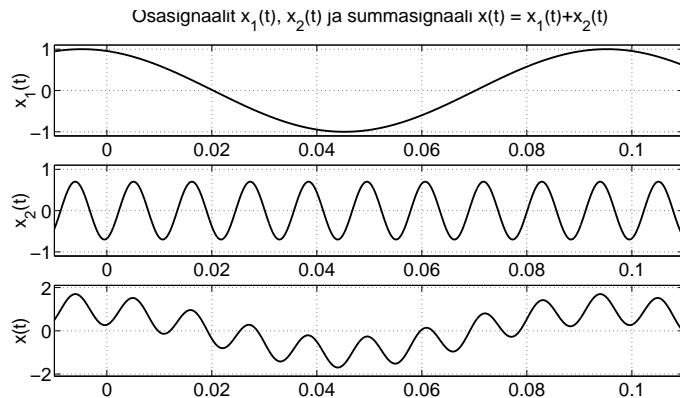
3) (Välikoe, 3 x 2p = 6p) Vastaa **kolmeen** väitteeseen, onko väite oikein (O) vai väärin (V). Perustele lyhyesti, mutta yksiselitteisesti.

- Minkä tahansa signaalin $x[n]$ amplitudispektristä $|X(e^{j\omega})|$ voidaan palauttaa yksikäsitteisesti aikatason sekvenssi $x[n]$, kunhan käytössä on tarvittava määrä laskentakapasiteettia.
- Taajuusvaste $H(e^{j\omega}) = e^{-j2\omega}$ vaimentaa korkeita taajuuksia.
- Impulssivasteen $h[n] = \delta[n+2] + \delta[n]$ määräämä LTI-suodin on lineaarivaiheinen.
- Jos $H_l(e^{j\omega})$ on **ideaalinen** alipäästösuodin, niin $H(e^{j\omega}) = 1 - H_l(e^{j\omega})$ on ideaalinen ylipäästösuodin.

4) (Tentti/Välikoe, 6p) LTI-suotimen impulssivaste on

$$h[n] = 0.9^n u[n] + (-0.9)^n u[n]$$

- Muodosta järjestelmän taajuusvaste $H(e^{j\omega}) = Y(e^{j\omega})/X(e^{j\omega})$.
- Onko suodin FIR vai IIR? Onko suotimen laskenta rekursiivista vai ei? Mikä on suotimen asteluku?
- Hahmottele amplitudivaste $|H(e^{j\omega})|$. Onko suodin tyyppiä ali-, yli-, kaistanpäästö, kaistanesto vai kaikki taajuudet sellaisenaan päästävä (all-pass)?
- Piirrä suotimen lohkokaavioesitys (virtauskaavio).



Kuva 1: Osasignaalit ja niiden summasignaali.

- 5) (Tentti/Välikoe, 6p) Tarkastellaan kahdesta kosinikomponentista muodostuvaa jatkuva-aikaista signaalia $x(t)$:

$$x(t) = A_1 \cos(2\pi f_1 t + \theta_1) + A_2 \cos(2\pi f_2 t + \theta_2)$$

Kuvassa 1 on esitettyä osasignaaleja ja niiden summa alimmalla rivillä. X-akselin arvot ovat sekunteja (skaala noin $0 \dots 0.1$ sekuntia).

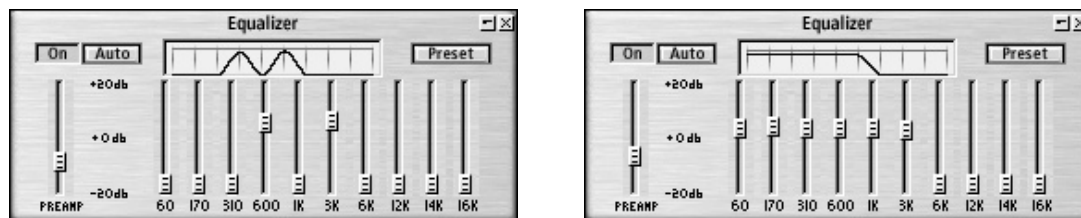
- Hahmottele jatkuva-aikaisen signaalin $x(t)$ amplitudispektri $|X(j\omega)|$.
- Mikä on pienin näytteenottotaajuus, jolla (signaaliin $x(t)$) ei tapahdu vierastumista (aliasing)?
- Näytteistä signaalia taajuudella $f_s = 100$ Hz. Hahmottele sekvenssin $x[n]$ spektri $|X(e^{j\omega})|$ välillä $0 \dots 50$ Hz.
- Hahmottele ideaalisesti palautetun signaalin $x_r(t)$ aaltomuoto aikatasossa.

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

6A) Fibonaccin lukuono voidaan esittää muodossa $y[n] = \{\underline{1}, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, \dots\}$.

- Generoi lukuono käyttäen toiseen asteen rekursiivista LTI-suodinta. Aseta muistirekisterien arvot $y[0]$ ja $y[1]$ oikein. (Pidä syöte aina nollassa, $x[n] \equiv 0$, kaikilla n .) Piirrä lohkoavaio rekursiivisesta toteutuksesta.
- Miten lukujonon arvo hetkellä n saadaan selville ei-rekursiivisesti? Vinkki: mikä on akohdan järjestelmän impulssivaste? Laske $y[2003]$.
(Vinkki pyörittelyyn: $x_1 = 3.14^{2003} = 10^{2003 \cdot \log_{10} 3.14}$,
 $x_2 = 10^{3.14} = 10^3 \cdot 10^{0.14} \approx 1.38 \cdot 10^3$, $x_3 = \log_{10} 3.14 = (\ln 3.14)/(\ln 10)$.)

6B) Useissa ääntä soittavissa tietokoneohjelmissa on mukana yksinkertainen ekvalisaattori, kuten WinAmp:ssa, josta kaksi eri näytettä kuvassa 2. Taajuusalue on jaettu kanaviin (WinAmp: 60, 170, 310, 600, 1k, 3k, 6k, 12k, 14k, 16k) ja oletetaan, että ääni on näytteistetty 44100 Hz:llä. Miten ekvalisaattoria käytetään ja mitä äänelle tapahtuu? Miten ekvalisaattori voitaisiin yksinkertaisesti toteuttaa kurssilla käsitellyn asian perusteella?



(a)

(b)

Kuva 2: Kaksi esimerkkiä WinAmp:n ekvalisaattorista.