

T-61.246 Digitaalinen signaalinkäsittely ja suodatus

1. välikoe, ma 20.10.2003 klo 16-19. Salit A ja B.

Välikokeessa ei saa olla mitään omia laskimia eikä taulukkokirjoja. Kaikki konseptit palautettava, suttupaperit erikseen. Välikokeessa jaetaan kurssin taulukkomoniste.

- 1) (2p) Ratkaise ne kaksi eri kulman arvoa $\omega_{1,2}$ väliltä $[-\pi \dots \pi]$ radiaaneissa, jotka toteuttavat yhtälön $\cos(\omega) = -\sqrt{3}/2 \approx -0.866$. Vinkki: taulukko.
- 2) (4p) Ovatko seuraavat väittämät oikein (O) vai väärin (V)? Oikea vastaus +0.5p, väärä -0.5p, ei vastausta 0p. Vastaa niin moneen kuin haluat; perusteluja ei tarvita. Tehtävän kokonaispistemäärä on kuitenkin 0-4p. Kirjoita vastauspaperiisi taulukko, jossa on kaikki 12 kohtaa. Jos haluat erityisesti kommentoida jonkun kohdan valintaasi, kirjoita se erikseen.

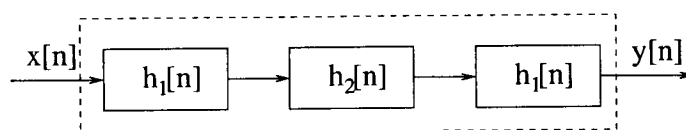
| | | | | | |
|----|----|----|-----|-----|-----|
| 1: | 2: | 3: | 4: | 5: | 6: |
| 7: | 8: | 9: | 10: | 11: | 12: |

- 1) Jatkuva-aikaisella signaalilla $x(t) = \sin(\frac{3\pi}{17}t) + \sin(\frac{7\pi}{11}t + \pi/7)$ on olemassa perusjakso T .
 - 2) Sekvenssin $x[n] = \cos(\frac{2\pi}{6}n) + \sin(\frac{\pi}{4}n + \pi)$ perusjakson pituus on $N = 48$.
 - 3) CD:ssä käytetty näytteenottoväli (jakso) on 44100 Hz.
 - 4) Kausaaliset diskreettiaikaiset järjestelmät ovat aina myös LTI-järjestelmiä.
 - 5) LTI-suodin, jonka impulssivaste on $h[n] = (1/n)\mu[n]$, on stabiili.
 - 6) Olkoon $y[n] = x_1[n] \otimes x_2[n]$ ja $v[n] = x_1[n + N_1] \otimes x_2[n + N_2]$.
Tällöin $v[n] = y[n + (N_1 + N_2)]$.
 - 7) Suotimen $y[n] + 0.3y[n - 2] = x[n] - 0.6x[n - 1] + 0.2x[n - 2]$ asteluku on kaksi.
 - 8) All-pass-suotimen vahvistus on kaikilla taajuuksilla 1: $|H(e^{j\omega})| = 1$. Olkoon toisen asteen LTI-suotimen navat $p_1 = 0.5$ ja $p_2 = 0.8$ ja nollat $z_1 = -0.5$ ja $z_2 = -0.8$.
Väite: Suodin on all-pass-suodin.
 - 9) Siirtofunktion $H(z) = \frac{1-0.5z^{-1}}{1-z^{-1}+0.24z^{-2}}$ osamurtokehitemmä on $H(z) = \frac{0.5}{1-0.6z^{-1}} + \frac{-0.5}{1-0.4z^{-1}}$.
 - 10) Siirtofunktio $H(z) = 1 - z^{-1} - z^{-2} + z^{-3}$ kuvaa lineaarivaiheista suodinta.
 - 11) Kahden pisteen liikkuva keskiarvoistava suodin (moving average) on tyypiltään alipäästösuodin.
 - 12) Matlabin subplot-komennolla voidaan piirtää esimerkiksi kosinikäyrä ikkunan ylimpään akseliin: `t = [0 : 1/100 : 1]; y = cos(2*pi*10*t); subplot(t, y, 1);`.
- 3) (6p) Suodin $h[n]$ muodostuu alla olevan kuvan 1 mukaisesti LTI-järjestelmien kaskaadista. Tunnetaan seuraavat impulssivasteet:

$$h_1[n] = \mu[n] - \mu[n - 2]$$

$$h_2[n] = \delta[n] - \delta[n - 1] - 7\delta[n - 2] - 7\delta[n - 3] - 2\delta[n - 4]$$

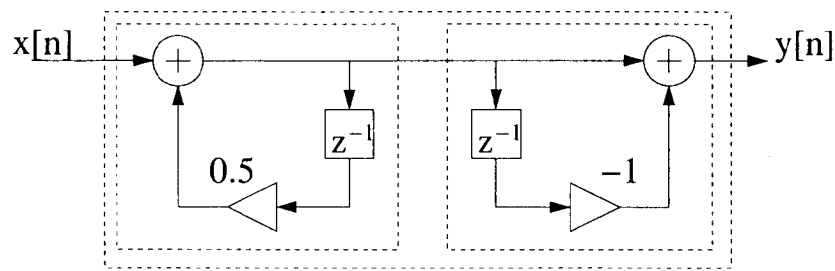
- a) (3p) Laske järjestelmän $h[n]$ vaste syötteeseen $x[n] = -2\delta[n + 1] + 2\delta[n]$.
- b) (3p) Laske impulssivaste $h_2[n]$. Onko $h_2[n]$ kausaalinen?



Kuva 1: Kolmen alijärjestelmän kaskaadista koostuva $h[n]$ tehtävästä 3.



4) (6p) Tarkastellaan kuvan 2 mukaista LTI-suodinta.

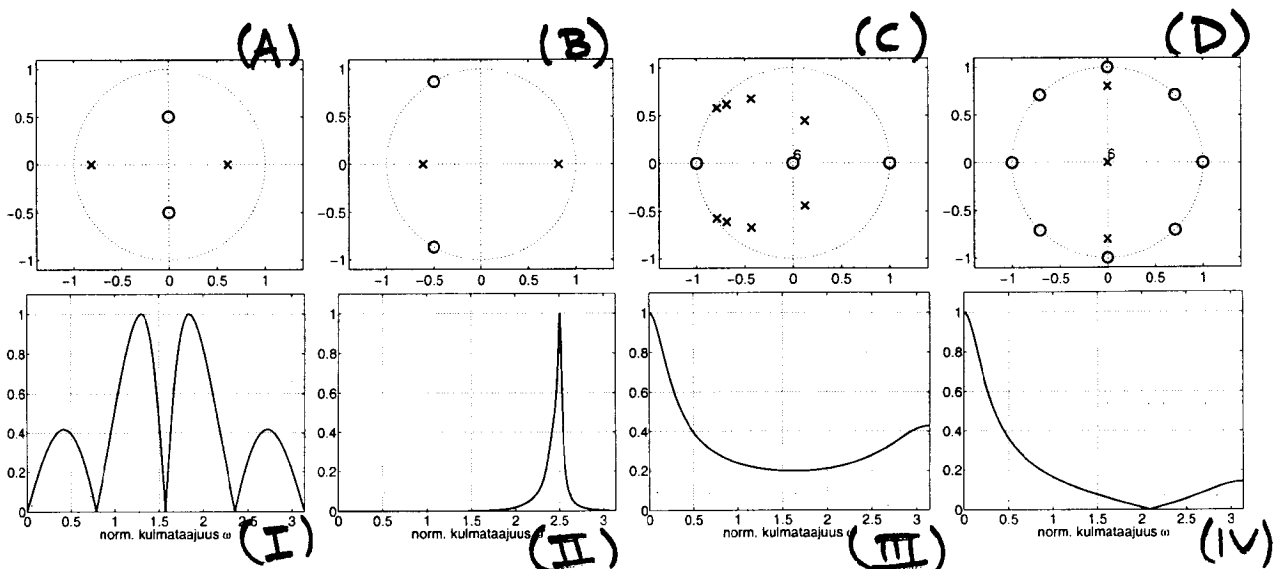


Kuva 2: Tehtävän 4 suotimen rakennekaavio

- Muodosta kuvan suodinta vastaava differenssiyhtälö tai -yhtälöryhmä $y[n]$ ja $x[n]$ välille. Vihje: Käytä apumuuttujaa w tai hyödynnä kaskaadia.
 - Määrä suotimen siirtofunktio $H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$.
 - Piirrä suotimen napa-nolla-kuvio.
 - Vastaa napa-nolla-kuvion perusteella seuraaviin kysymyksiin: Minkätyyppinen suodin on kyseessä: alipäästö / ylipäästö / kaistanpäästö / kaistanesto / allpass? Onko suodin stabiili?
 - Mikä on suotimen impulssivaste $h[n]$ suljetussa muodossa?
- 5) (6p) Napa-nollakuviosta (pole-zero plot) voidaan arvioida suotimen amplitudivasteen käytös.

- (4p) Yhdistä napa-nollakuviot vastaavaan amplitudivasteeseen. Mukana on yksi napa-nollakuviot, joka ei sovi yhteen amplitudivasteeseen. Ilmoita kolme paria (KIRJAIN, numero).
- (2p) Mihin yksittäiseen kuvaajaan (A-D, I-IV) liittyy seuraava Matlab-koodin pätkä. Miten korvaisit kohdan ???.

```
w = [0 : pi/128 : pi];
B = [1 0 0 0 0 0 0 0 -1];
A = [1 0 0.81];
zplane(B, ???);
```



Kuva 3: Tehtävä 5, napa-nollakuviot ja amplitudivasteet. Ylärivissä vasemmalta oikealle A-D, alarivissä vasemmalta oikealle I-IV.