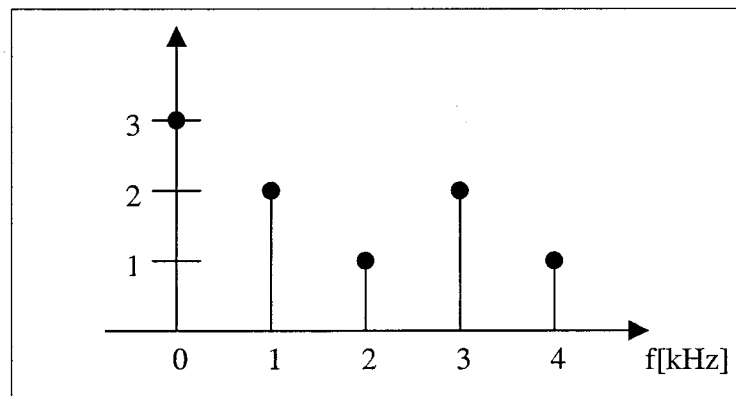


DIGITAALISET SUODATTIMET 52337S
Tentti 23.4.2002

1. Signaalin spektri sisältää kuvan 1. mukaisesti viittä eri taajuuskomponenttia. Spektri on symmetrinen nollataajuuden suhteen, kuvassa esitetty vain positiiviset taajuudet.
- Mikä on pienin näytteenottotaajuus jolla signaalia voidaan näytteistää ilman laskostumisvirheitä? (1p)
 - Piirrä näytteistetyn signaalin spektri välillä 0-10 kHz, kun alkuperäisestä aikatason signaalista on otettu näytteitä 0.1538 millisekunnin välein. Laskostuuko signaali? (2p)
 - Alkuperäistä signaalia kaistarajoitetaan 2-asteen ($n=2$) Butterworth-suodattimella, jonka amplitudivaste on seuraava:

$$|H(f)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^{2n}}}$$

Alipäästösuodattimen rajataajuus on 2 kHz. Hahmottele suodatetun, 0.1538 millisekunnin välein näytteistetyn signaalin spektri. (2p)



Kuva 1.

2. Tarkastellaan seuraavaa siirtofunktion määrittelemää digitaalista suodatinta

$$H(z) = K \frac{1 + z^{-2}}{1 + r^2 z^{-2}}$$

- Laske suodattimen nollat ja navat sekä piirrä nolla-napakaavio. (1p)
- Tutki suodattimen käyttäytymistä parametrin r eri arvoilla
 - $r = 0.9$;
 - $r = 0.5$;
 - $r = 0.1$

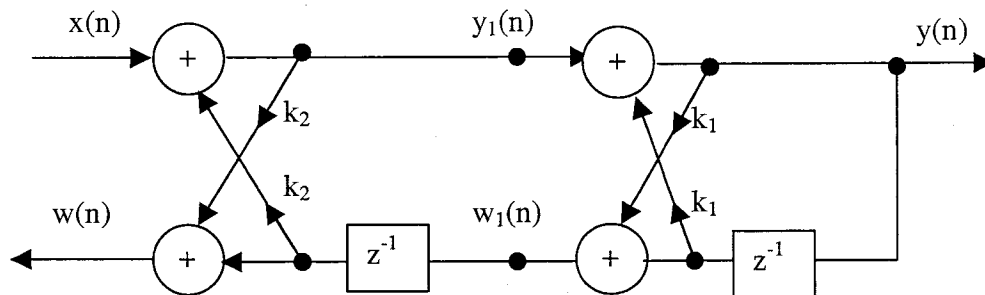
Hahmottele suodattimen amplitudivaste eri tapauksissa. Miten amplitudivasteen muoto muuttuu parametrin r funktiona? (2p)

- c) Skaalaa suodatin tapauksessa 2 ($r = 0.5$) siten että sen maksimivahvistus on yksi, ts. $|H(e^{j\omega T})| = 1$, kun $r = 0.5$. (2p)

3. Digitaalisen suodattimen siirtofunktio on muotoa

$$H(z) = \frac{1}{1 + 0.1z^{-1} + 0.8z^{-2}}$$

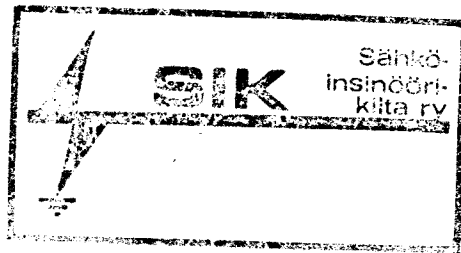
- a) Onko kyseessä FIR vai IIR-suodatin? Minkä tyyppin suodatin on kyseessä (ali-/ylipäästö, kaistanesto/-päästö)? (1p)
 b) Laske suodattimen impulssivaste (4 arvoa riittää). (2p)
 c) Suodatin toteutetaan kuvan 2 mukaisella ristikkorakenteella. Laske kertoimet k_1 ja k_2 . (Huom! $x(n)$ on syöte ja $y(n)$ on vaste) (2p)



4. Digitaalinen 8-bittinen järjestelmä sisältää alipäästösuodattimen, jonka siirtofunktio on

$$H(z) = \frac{1 + 2z^{-1} + z^{-2}}{1 - 0.099z^{-1} + 0.447z^{-2}}$$

- a) Piirrä siirtofunktion realisaatiodiagrammi ns. toisen asteen kanonisena lohkona. (1p)
 b) Suodattimen laskennan hoitaa prosessori, jonka akun pituus on 8 bittiä. Merkitse a)-kohdan realisaatiodiagrammiin selkeästi kohdat joissa pyöritys tehdään. (1p)
 c) Määritä sananpituuteen pyörityksistä suodattimen lähtöön syntyvä kokonaiskohinateho (oletetaan että suodattimessa ei käytetä skaalausta). (2p)



5. IIR-alipäästösuodattimen siirtofunktio on

$$H(z) = \frac{1 + 2z^{-1} + z^{-2}}{1 - 1.058z^{-1} + 0.338z^{-2}}$$

- a) Piirrä suodattimen realisaatiokaavio suoralla rakenteella avulla skaalaustekijä huomioiden. Systemin kokonaisvahvistuksen tulee säilyä samana skaalauksesta huolimatta. (2p)
- b) Määritä L_1 ja L_2 -normien mukaan sopivat skaalaustekijät estämään ja vähentämään ylivuodon mahdollisuutta. (2p)
- c) Määritä **lauseke** suodattimen kokonaiskohinatehon laskemiseen ja selitä mitä lausekkeen termit merkitsevät (kokonaiskohinateholle ei siis tarvitse laskea arvoa). (1p)