Tik-61.145 Signaalien digitaalisen käsittelyn perusteet

2. välikoe, 8.5. 1996

1. (6p) Tarkastellaan FIR-suodinta, jolla on siirtofunktio

$$H(z) = 1 + 2.5z^{-1} + z^{-2}.$$

   (a) Piirrä suotimen napa-nolla -kuvio, ja hahmottele suotimen taajuusvasteen itseisarvon $|H(e^{j\omega T})|$ kuvaaja. Minkä tyyppinen suodin on kyseessä?

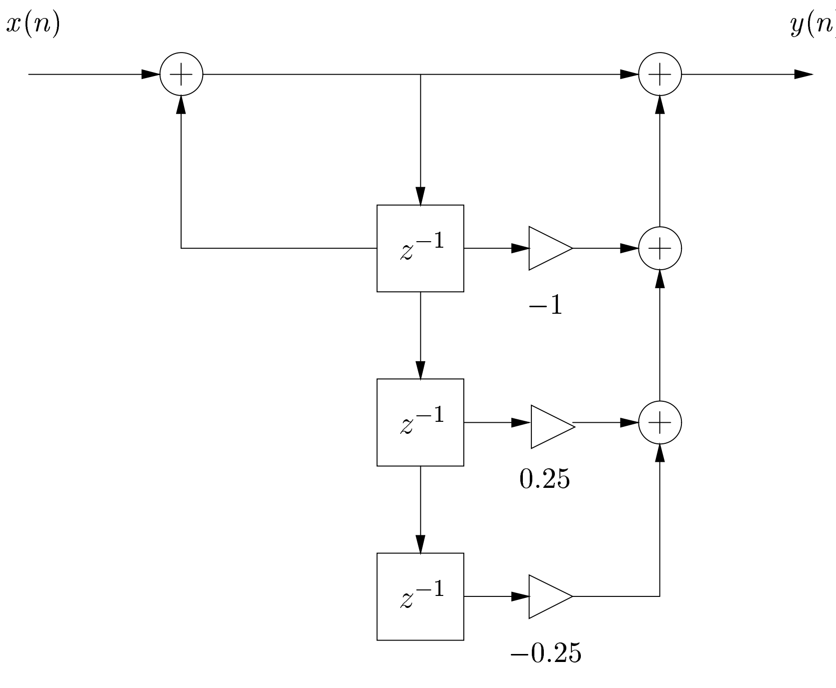
   (b) Piirrä napa-nolla -kuvio ja hahmottele suotimen taajuusvasteen itseisarvon kuvaaja, kun suotimen kaikki viiverekisterit korvataan nelinkertaisilla viiveillä. Hahmottele suotimen taajuusvasteen itseisarvo. Minkä tyyppinen suodin tämä on?

2. (6p) Kuvassa 1 on esitettynä erään suotimen rakennekaavio.

   (a) Määrää kuvaa vastaavan suotimen siirtofunktio $H(z)$. Mikä on suotimen asteluku?

   (b) Onko suodin IIR- vai FIR-tyyppinen? Perustele.

   (c) Laske suotimen navat ja nollat sekä piirrä napa-nolla -kuvio z-tasoon. Esitä suotimen toteutus mahdollisimman yksinkertaisessa muodossa. Mitä laskentaoperaatioita tarvitaan? Piirrä virtauskaavio.



Kuva 1: Suodinrakenne.

KÄÄNNÄ!

3. (6p) Seuraavassa on esitetty väittämiä taulukon 1 kuvista. Taulukossa on kolme taajuusvasteen itseisarvoa välillä $[0 \ldots \pi]$, kaksi napa-nolla -kuviota sekä yksi jänis. Vastaa lyhyesti perustellen, ovatko väittämät tosia vai epätosia. (Kaikki kuviot esittävät jatkuva-aikatasossa suunniteltuja IIR-suotimia, jotka on digitalisoitu bilineaarimuunnoksella.)

   (a) Kuvan (1) napa-nolla -kuvio esittää 3. asteen elliptistä alipäästösuodinta.

   (b) Kuvassa (2) on jänis (joka pitää Ärjylän isännän omenapuista).

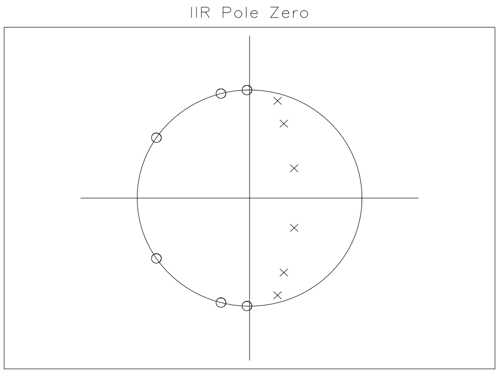
   (c) Kuva (3) esittää 5. asteen Chebyshev I -tyyppistä kaistanpäästösuodinta.

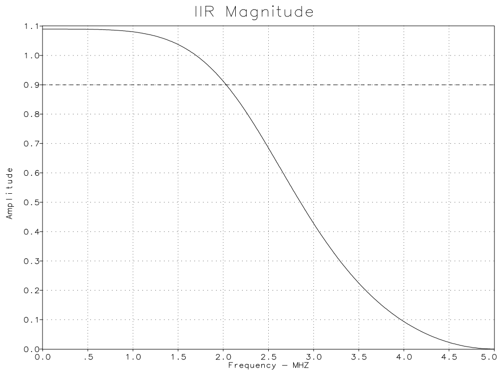
   (d) Kaikki Butterworth-suotimet, kuten kuvan (4) suodin, ovat monotonisia sekä esto- että päästökaistoilla.

   (e) Kuvan (5) ylipäästösuotimen päästökaista alkaa noin taajuudelta $\frac{\pi}{4}$.

   (f) Kuvan (6) suodin muistuttaa estokaistaltaan elliptistä suodinta, mutta ei kuitenkaan ole sitä tyyppiä, koska päästökaista ei aaltoile.

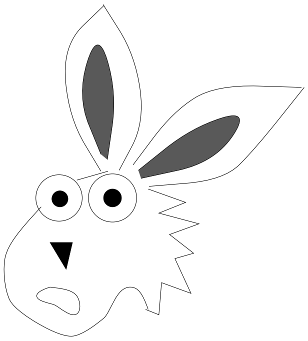
(1)

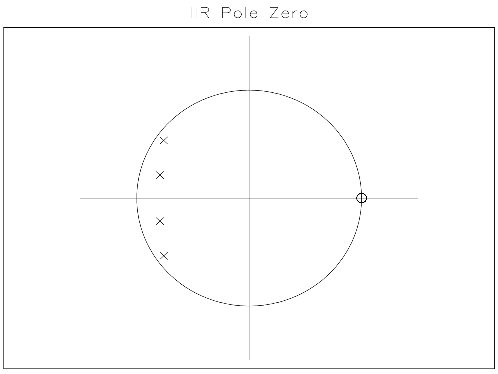




(4)

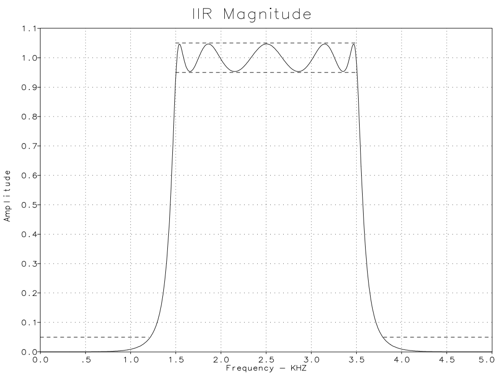
(2)

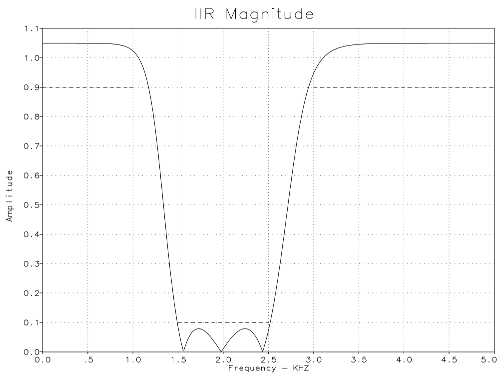




(5)

(3)





(6)

Taulukko 1: IIR-suotimien napa-nolla -kuvioita ja taajuusvasteiden itseisarvoja.

4. (6p) Kvantisointivirhettä voidaan kompensoida ns. virheen takaisinkytkennän (error feedback) avulla. Menetelmässä suodatettu virhesignaali lisätään kvantisointia (Q) edeltävään haaraan. Kuvassa 2 on toisen asteen error feedback -rakenne.

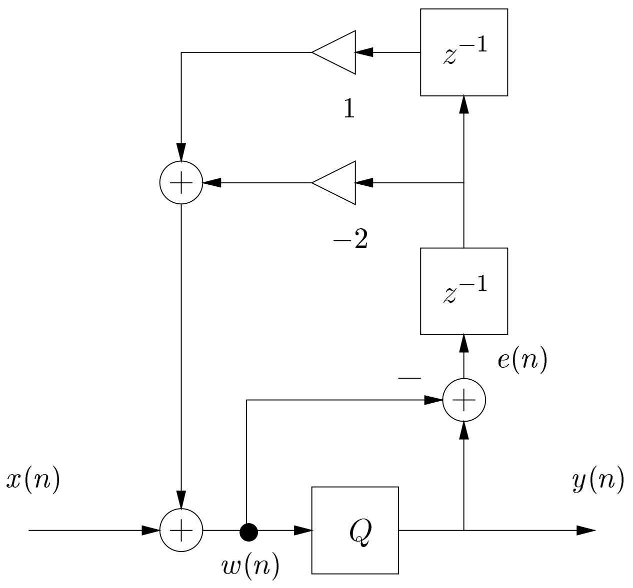
   (a) Määrää rakenteen kohinasiirtofunktio $H_e(z)$, kun

   $$E(z)_{tot} = H_e(z)E(z),$$

   missä $E(z)$ on kvantisointivirheen $e(n) = Q[w(n)] - w(n) = y(n) - w(n)$ ja $E(z)_{tot}$ kokonaisvirheen $e(n)_{tot} = y(n) - x(n)$ z-muunnos.

   (b) Määrää siirtofunktion $H_e(z)$ amplitudivaste. Miten kohinan spektri muuttuu virheen takaisinkytkennän ansiosta, kun oletetaan, että kohina on alunperin tasajakautunutta (valkoista kohinaa)? Mitä tapahtuu virheen varianssille?

   (c) Mitä hyötyä on em. takaisinkytkennästä?



Kuva 2: Toisen asteen error feedback -rakenne