

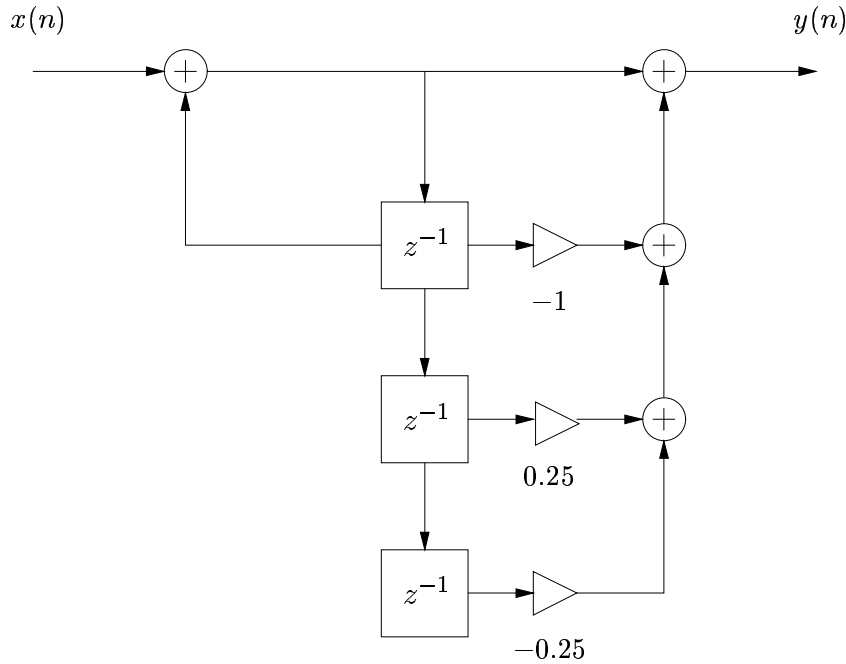
1. (6p) Tarkastellaan FIR-suodinta, jolla on siirtofunktio

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

- Piirrä suotimen napa-nolla -kuvio, ja hahmottele suotimen taajuusvasteen itseisarvon  $|H(e^{j\omega T})|$  kuvaaja. Minkä tyyppinen suodin on kyseessä?
- Piirrä napa-nolla -kuvio ja hahmottele suotimen taajuusvasteen itseisarvon kuvaaja, kun suotimen kaikki viiveregisterit korvataan nelinkertaisilla viiveillä. Hahmottele suotimen taajuusvasteen itseisarvo. Minkä tyyppinen suodin tämä on?

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

- Määrä kuvaa vastaavan suotimen siirtofunktio  $H(z)$ . Mikä on suotimen asteluku?
- Onko suodin IIR- vai FIR-tyyppinen? Perustele.
- Laske suotimen navat ja nollat sekä piirrä napa-nolla -kuvio  $z$ -tasoon. Esitä suotimen toteutus mahdollisimman yksinkertaisessa muodossa. Mitä laskentaoperaatioita tarvitaan? Piirrä virtauskaavio.

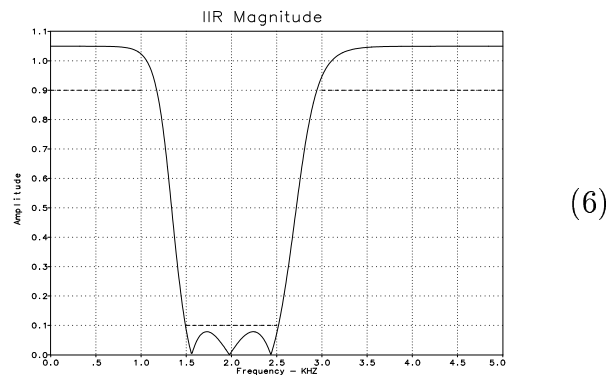
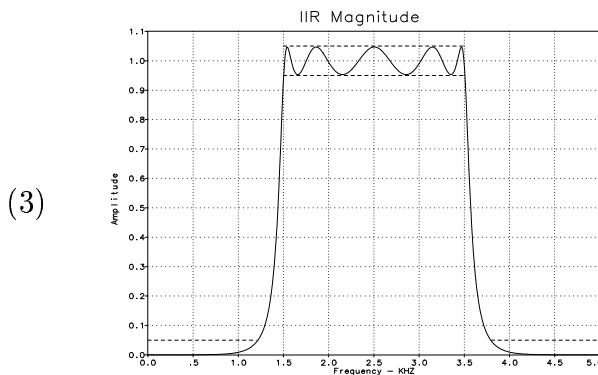
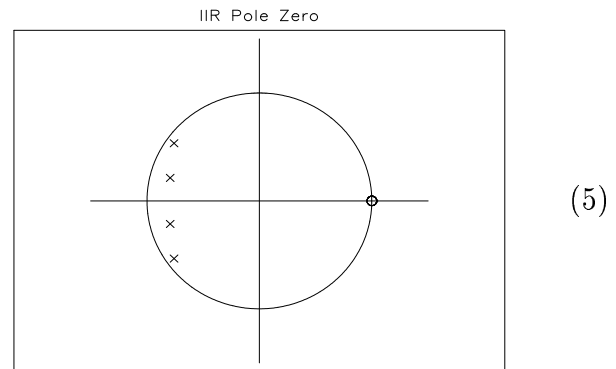
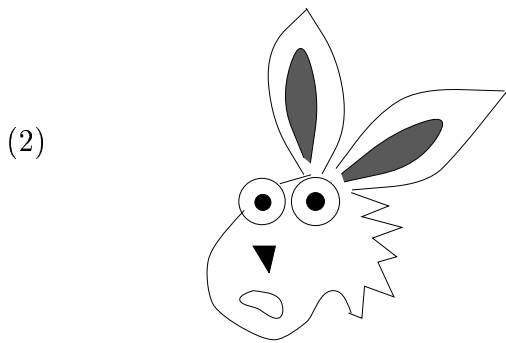
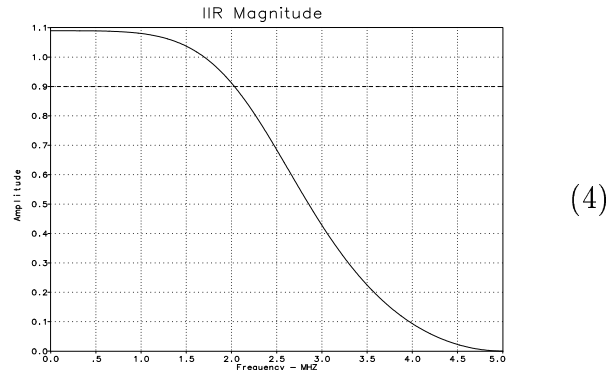
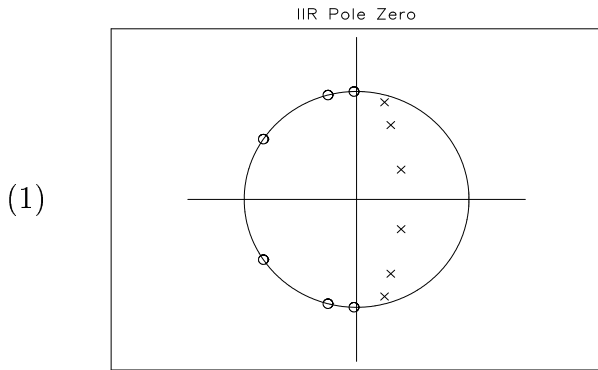


Kuva 1: Suodinrakenne.

**KÄÄNNÄ!**

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

- (a) Kuvan (1) napa-nolla -kuviota 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.



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.

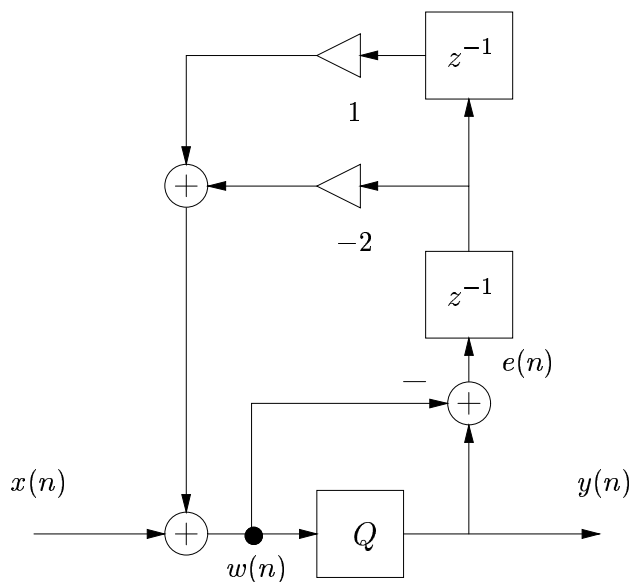
(a) Määrää rakenteen kohinasiirtofunktio  $H_e(z)$ , kun

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

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