SGN-1250 Signaalinkäsittelyn sovellukset,
Välikoe 20.10.2009
Heikki Huttunen

Kirjoita nimesi ja opiskelijanumerosi paperiin. Vain tiedekunnan laskinta saa käyttää. Kysymyspaperia ei tarvitse palauttaa.

1. Ovatko seuraavat väitteet tosia vai epätosia? Ei perusteluja, pelkkä tosi / epätosi. Oikea vastaus 1p, väärä vastaus -$\frac{1}{2}$p, ei vastausta 0p.

   (a) Bilineaarimuunnosta käytetään IIR-suodinten suunnittelussa.

   (b) Jokainen ylimääräinen bitti pienentää kvantisointikohinaa niin, että signaali-kohinasuhde kasvaa noin kahdeksan desibeliä.

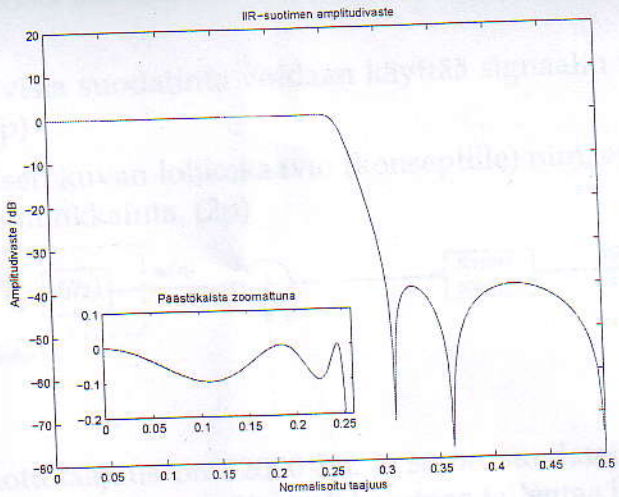
   (c) Kvantisointikohina noudattaa Gaussin jakaumaa: $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$.

   (d) Näytteenottotaajuus muunnetaan 1,5-kertaiseksi desimoimalla se ensin puoleen ja interpoloimalla sen jälkeen kolminkertaiseksi.

   (e) Kohinanmuokkaus siirtää kohinan tehoa korkeammille taajuuksille.

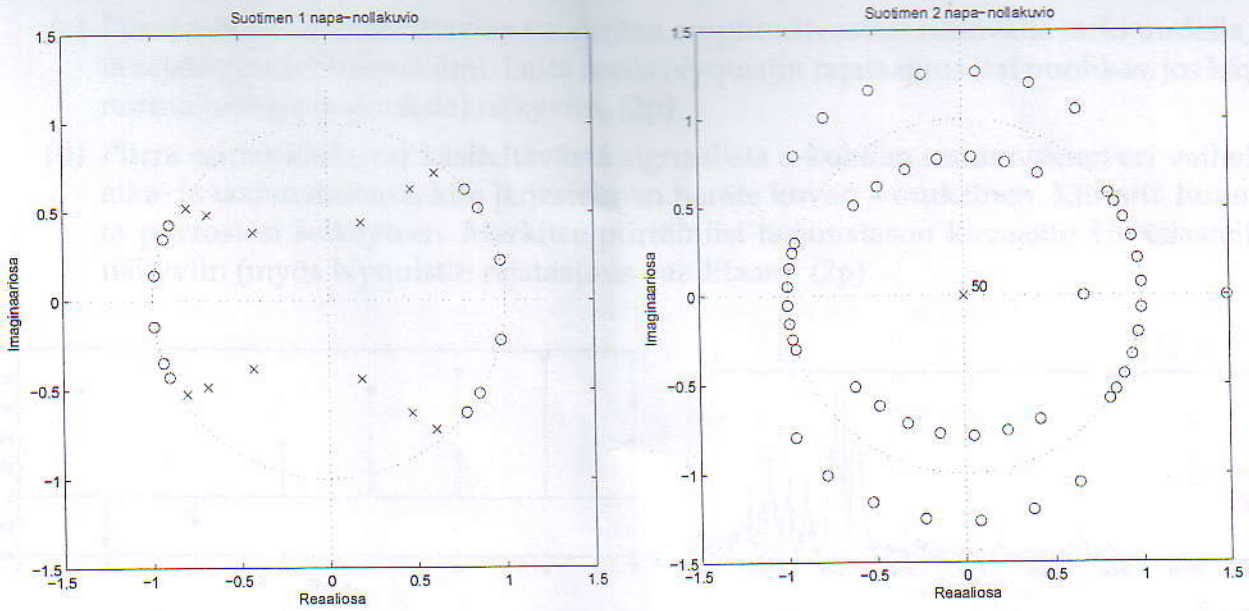
   (f) Desimoinnin yhteydessä tavattu $\boxed{\downarrow N}$-operaatio lisää $N-1$ nollaa jokaisen kahden peräkkäisen näytteen väliin.

2. (a) Kuvassa 1 on esitetty erään digitaalisen IIR-suotimen amplitudivaste. Kuvan sisällä pikkukuvassa on zoomattu amplitudivasteeseen päästökaistalla. Onko kyseessä Butterworth-suodin, elliptinen suodin (eli Cauer-suodin), vai jompikumpi Chebyshev-suodin? Millä perusteella? (2p)



Kuva 1: Tehtävän 2a suotimen amplitudivaste.

   (b) Kuvassa 2 on kaksi napa-nollakuviota. Kumpi on FIR-suotimen ja kumpi IIR-suotimen napa-nollakuvio? Millä perusteella? (2p)



Kuva 2: Tehtävien 2b ja 2c suodinten napa-nollakuviot.

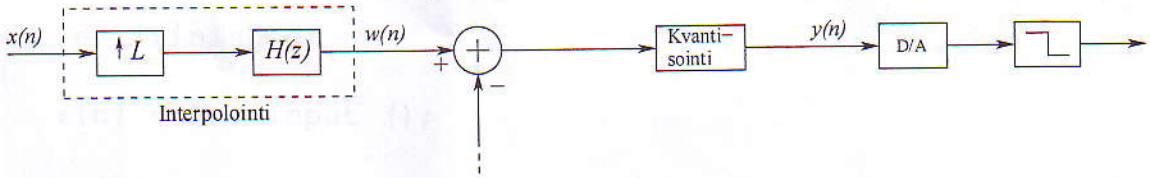
(c) Ovatko kuvan 2 suotimet alipäästösuotimia, ylipäästösuotimia, kaistanpäästösuotimia vai kaistanestosuotimia? Millä perusteella? (2p).

3. Vastaa seuraaviin tehtäviin sanallisesti ja piirrä lohkokaaviot.

   (a) Kuinka adaptiivista suodatusta voidaan käyttää sikiön sydänäänten tunnistukseen? (2p)

   (b) Kuinka adaptiivista suodatinta voidaan käyttää signaalin tulevien näytearvojen ennustukseen? (2p)

   (c) Täydennä oheisen kuvan lohkokaavio (konseptille) niin, että se esittää ensimmäisen asteen kohinanmuokkainta. (2p)



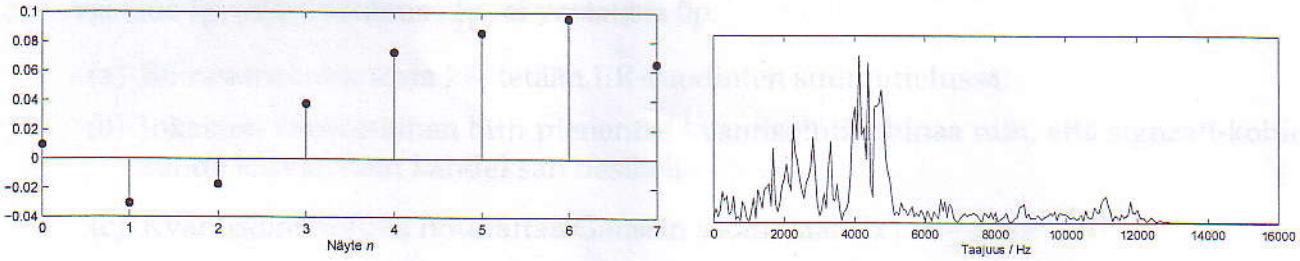
4. Signaalin näytteenottotaajuus on 32000 Hz ja se on suodatettu siten, että taajuuskaista 13000 Hz – 16000 Hz on poistunut. Signaali halutaan tallentaa laitteelle, joka käyttää 40000 Hz:n näytteenottotaajuutta.

   (a) Piirrä lohkokaavio järjestelmästä, joka suorittaa muunnoksen. (1p)

   (b) Piirrä lohkokaavio järjestelmästä, joka suorittaa muunnoksen useassa vaiheessa mahdollisimman pienillä muunnoskertoimilla. (1p)

(c) Piirrä a-kohdassa tarvittavien suodinten amplitudivasteet riittävällä tarkkuudella, että rajataajuudet tulevat ilmi. Laita myös Nyquistin rajataajuus (tai puolikas, jos käytät normalisoituja taajuuksia) näkyviin. (2p)

(d) Piirrä esimerkkikuvat käsiteltävästä signaalista a-kohdan muunnoksen eri vaiheissa aika- ja taajuustasossa, kun järjestelmän heräte kuvan 3 mukainen. Kiinnitä huomiota piirrostesi selkeyteen. Merkitse piirtämiisi taajuustason kuvaajiin Hertsiasteikko näkyviin (myös Nyquistin rajataajuus vaaditaan). (2p)



Kuva 3: Tehtävän 4d signaalin aikatason (vas.) ja taajuustason (oik.) kuvaajat.

5. (a) Eräässä adaptiivisen suodatuksen sovelluksessa on estimoitu autokorrelaatiomatriisi sekä ristikorrelaatiovektori seuraavasti:

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 0.8 & 0.7 \\ 0.7 & 0.8 \end{pmatrix} \qquad \mathbf{p} = \begin{pmatrix} 0.045 \\ 0.040 \end{pmatrix}.$$

i. Mikä on optimiarvo suotimen kertoimille tässä tapauksessa? (1p)

ii. Gradienttimenetelmää käytettäessä suotimen kertoimet alustetaan arvoon $\mathbf{w} = (1, 0)^T$. Mikä on vektori $\mathbf{w}$ yhden iteraatiokierroksen jälkeen kun parametri $\mu = 0.01$? Muistin virkistämiseksi kustannusfunktio on muotoa $c(\mathbf{w}) = E[s^2(n)] + \mathbf{w}^T\mathbf{R}\mathbf{w} - 2\mathbf{p}^T\mathbf{w}$. (2p)

(b) Matlabin funktiolla suunnitellaan IIR-suodin, ja saadaan vektorit $a = [0.49, 0.98, 0.49]$ ja $b = [1.00, 0.69, 0.29]$. Nythän a kuvaa siirtofunktion osoittajan kertoimia ja b nimittäjän. Kirjoita (konseptille) puuttuva C-kielinen rivi, joka toteuttaa suotimen alla olevassa yksinkertaistetussa koodirungossa:

```
while (!finished)
{
   x[n] = ReadInput ();

   y[n] = ____________________________________________
   WriteOutput (y[n]);
   n = n + 1;
}
```

Yksinkertaisuuden vuoksi tässä ei välitetä puskurin reunoista ja sen sisällä pysymisestä. Voit siis viitata aikaisempiin herätteisiin ja vasteisiin suoraan `x[n]`, `x[n-1]`, ... , jne. ja `y[n-1]`, `y[n-2]`, ..., jne. vaikka esim. $n - 1 < 0$. (3p)