

## DIGITAALISET SUODATTIMET 521337A

### Tentti 25.11.2003

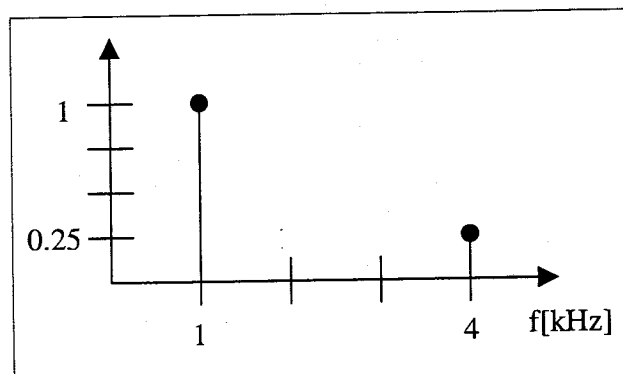
TENTISSÄ SAA OLLA MUKANA NS. LAILLINEN LUNTTA (YKSI A4-ARKKI MOLEMMIN PUOLIN KÄSIN KIRJOITETTUNA).

1. Erään analogisen signaalin spektri on kuvan 1 mukainen. Signaali digitalisoidaan näytteistystaajuudella  $F_s = 7,5$  kHz.

a) Hahmottele saadun digitaalisen signaalin spektri välillä  $\{0, F_s\}$ . (1p)

b) Mikä on analogisen Butterworth -laskostumisenestosuodattimen asteluku  $n$ , jolla 1 kHz taajuus vaimentuu korkeintaan 3dB ja laskostuvan taajuuden amplitudi on korkeintaan 1% päästökaistan signaalin amplitudista. Butterworth suodattimen amplitudivaste on alla. (2p)

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



Kuva 1.

2. Eräs digitaalinen signaali on  $s(n) = \{2, 0, -1, 1\}$ .

a) Laske signaalin diskreetti Fourier-muunnos (DFT). (2p)

b) Suodata signaali  $s(n)$  FIR -suodattimella  $H(z) = 0.1 + 0.3z^{-1} + 0.1z^{-2}$ . (1p)

c) Laske b)-kohdassa mainitun suodattimen taajuusvaste (amplitudi- ja vaihevasteet) pisteissä  $\omega = 0, \omega_s/4, \omega_s/2$ . Hahmottele amplitudi- ja vaihevasteet välillä  $\{0, F_s\}$ . Minkä tyyppinen suodatin on kyseessä (LPF, HPF, BPF, BSF)? (2p)

3. Eräeseen järjestelmään tarvitaan digitaalinen IIR -alipäästösuodatin, jonka asteluku on  $N=2$  ja päästökaistan raja  $f_p = 60$  kHz. Näytteenottotaajuus on 200 kHz.
- Toteuta suodatin lähtemällä liikkeelle analogisesta Butterworth -suodattimesta. (4p)
  - Piirrä suodattimen realisaatiodiagrammi käyttäen suoraa rakennetta. (1p)

4. Signaalin  $x(n)$  näytteistystaajuus on 1 kHz, mikä halutaan pudottaa 100 Hz:iin. Kiinnostava taajuuskaista on  $\{0, 30\}$  Hz.
- Piirrä tarkoitukseen sopivan desimaattorin rakenne. (1p)
  - Suunnittele desimaattorissa tarvittava suodatin käyttäen ikkunamenetelmää (laske kolme kerrointa). Perustele ikkunavalintasi. Päästökaistan värähtelyn on oltava alle 0.02 dB ja estokaistan vaimennuksen vähintään 50 dB. (3p)

5. 16-bittisen digitaalisen järjestelmän käyttämän IIR -suodattimen siirtofunktio on

$$H(z) = \frac{1+z^{-1}}{1-0.5z^{-1}} \cdot \frac{1+2z^{-1}+z^{-2}}{1-1.3z^{-1}+0.6z^{-2}}$$

- Esitä suodattimen realisaatio käyttäen ns. kanonisia lohkoja. Sijoita kaskadin lohkot samaan järjestykseen kuin ne on siirtofunktiossa annettu. (1p)
- Mikä on suodattimen impulssivaste (kolme ensimmäistä arvoa)? (2p)
- Määritä suodattimen lähdössä näkyvä pyöristyskohinateho, kun prosessorin akku-rekisterin pituus on kaksi kertaa järjestelmän sananpituus. (3p)
- Onko suodatin stabiili? Perustele. (1p)