

# DIGITAALISET SUODATTIMET 521337A (DIGITAL FILTERS)

## Tentti/Exam 3.11.2006

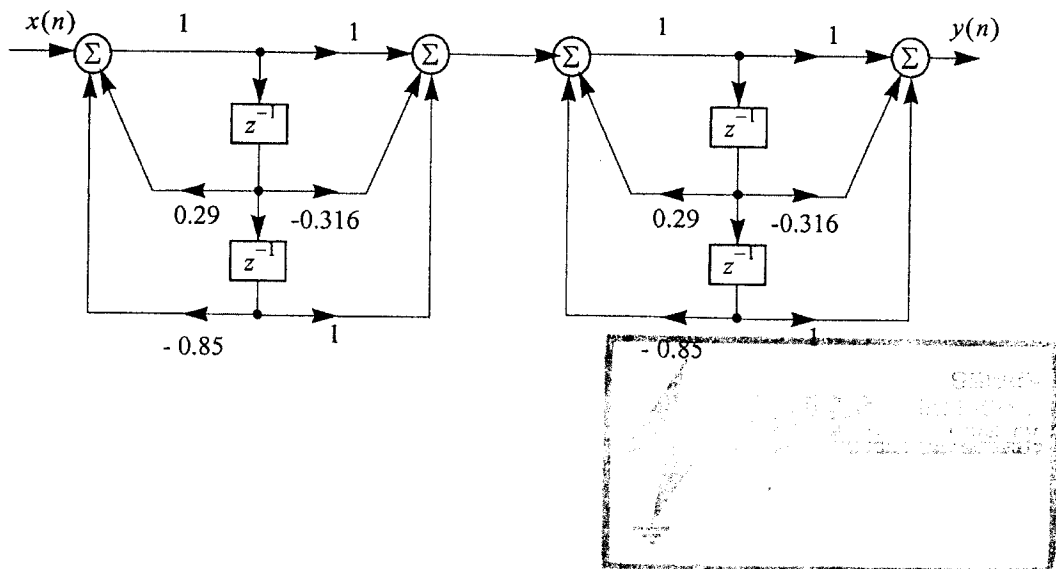
TENTISSÄ SAA OLLA MUKANA A4-KOKOINEN KÄSIN KIRJOITETTU LUNTTILAPPU MOLEMMIN PUOLIN TÄYTETTYNÄ.

JOS TEHTÄVÄSSÄ PITÄÄ LASKEA IMPULSSIVASTEITA, KOLMEN TERMIN TARKKUUS RIITTÄÄ

- Eräs digitaalinen signaali sisältää taajuudet  $\pi/4$  ja  $\pi/3$ , kummankin taajuuden amplitudi on 1. Signaalin näytteistystaajuus on 24 kHz. Digitaalinen signaali D/A –muunnetaan nollannen kertaluvun pitoa käyttäen ja alipäästösuodetaan.

  - Piirrä signaalin spektri 48 kHz asti: ennen muunnosta, D/A –muunnoksen jälkeen ja suodatuksen jälkeen. (3p)
  - Mitä tarkoitetaan ekvalisoinnilla D/A –muunnoksen yhteydessä? (1p)
- Laske overlap-add menetelmällä konvoluutio sekvensseille  $x = \{1, 2, 1, 0, 1, 2, 2, 1, 2, 1\}$  ja  $h = \{1, 0, 2\}$ . (2p)
  - Korrelaatiota voidaan käyttää ilmaisemaan kahden signaalin samanlaisuutta. Laske ristikorrelaation avulla, mitkä kaksi seuraavista signaalinäytteistä vastaavat eniten toisiaan:  $x_1 = \{0, 1, 1, 0\}$ ,  $x_2 = \{0, 0, 1, 1\}$ ,  $x_3 = \{0, 1, 0, 1\}$ . Sekvenssit on valmiiksi ikkunoitu. (2p)
- Eräessä 400 Hz:llä näytteistetyssä digitaalisessa signaalissa havaitaan 50 Hz verkkosähkön aiheuttamaa häiriötä harmonisine komponentteineen: 100Hz, 150Hz, ...

  - Suunnittele taajuusnäytteistysmenetelmällä FIR-suodatin, joka poistaa verkkosähkön aiheuttamat häiriöt. Laske kaksi ensimmäistä suodattimen kerrointa. (2p)
  - Piirrä suodattimesi realisaatiodiagrammi. (1p)
- Suunnittele digitaalinen IIR-kaistanpäästösuodatin, jonka rajataajuudet ovat 150 Hz ja 300 Hz näytteistystaajuuden ollessa 800 Hz. Lähde suunnittelussa liikkeelle analogisesta ensimmäisen asteen normalisoidusta alipäästösuodattimesta  $H(s) = 1 / (s + 1)$ . (3p)
  - Laske ja piirrä suunnittelemasi suodattimen amplitudivaste desibeliasteikolle ainakin taajuuksilla 0 Hz, 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz ja 400 Hz. (2p)
- Alla oleva kuva esittää digitaalista IIR-suodatinta, jossa on kaksi kaskadiin kytkettyä toisen asteen lohkoa. Suodatin toteutetaan 16-bitin aritmetiikalla ja käytetyn prosessorin akkurekisterin pituus on 32 bittiä. Määritä rakenteessa mahdollisesti tarvittavat L1 – normin mukaiset skaalaustekijät ja merkitse ne realisaatioon oikeille paikoille. (4p)



6. Suunnittele digitaalinen järjestelmä, joka muuntaa 14 kHz signaalin 10 kHz taajuudelle. Signaalin kiinnostava kaista on 0 ... 3 kHz.
- a) Piirrä järjestelmän lohkoakaavio suodattimiseen ja merkitse kuvaan signaalin näytteistystaajuudet taajuusmuunnosten väleissä. (2p)
- b) Suunnittele järjestelmässä tarvittavat suodattimet ikkunamenelmällä. Suodattimilta vaaditaan 50dB vaimennus estokaistalla. Suodattimen kertoimia ei tarvitse laskea. (2p)

Filter type	Ideal impulse response, $h_D(n)$	
	$h_D(n), n \neq 0$	$h_D(0)$
Lowpass	$2f_c \frac{\sin(n\omega_c)}{n\omega_c}$	$2f_c$
Highpass	$-2f_c \frac{\sin(n\omega_c)}{n\omega_c}$	$1 - 2f_c$
Bandpass	$2f_2 \frac{\sin(n\omega_2)}{n\omega_2} - 2f_1 \frac{\sin(n\omega_1)}{n\omega_1}$	$2(f_2 - f_1)$
Bandstop	$2f_1 \frac{\sin(n\omega_1)}{n\omega_1} - 2f_2 \frac{\sin(n\omega_2)}{n\omega_2}$	$1 - 2(f_2 - f_1)$

Type	$\Delta f$	$A_p$ (dB)	$A_s$ (dB)	Window function
Rectangle	$0.9/N$	0.7416	21	1
Hanning	$3.1/N$	0.0546	44	$0.5 + 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$
Hamming	$3.3/N$	0.0194	53	$0.54 + 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$
Blackman	$5.5/N$	0.0017	74	$0.42 + 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N-1}\right)$
Kaiser	$2.93/N$ ( $\beta=4.54$ ) $4.32/N$ ( $\beta=6.76$ ) $5.71/N$ ( $\beta=8.96$ )	0.0274 0.00275 0.000275	50 70 90	$\frac{I_0(\beta \{1 - [2n/(N-1)]^2\}^{1/2})}{I_0(\beta)}$

