

## DIGITAALISET SUODATTIMET 52337S

Tentti 11.1.2002

1. a) Analoginen sisääntulosignaali on kaistarajoitettu 30 Hz analogisella 3:n asteen Butterworth suodattimella ennen muunnosta digitaaliseksi. Jos laskostumisvirhe näytteistyksestä johtuen täytyy olla pienempi kuin 1% signaalitasosta päästökaistalla, määritä minimi näytteistystaajuus  $F_s$  järjestelmälle. (3p)

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

- b) Jos signaali prosessoinnin jälkeen muutetaan takaisin analogiseksi, kuinka suureksi (desibeleissä) muodostuu  $\sin(x)/x$ -ilmiöstä johtuva vaimennus päästökaistan rajalla? Oleta että sisääntulosignaali muutettiin digitaaliseksi käyttäen ideaalista näytteistystä ja ADC:ia, mutta uudelleenmuodostettiin käyttäen nollannen asteen pito DAC:ia. Näytteistystaajuus on 128 Hz sekä sisään- että ulostulossa. (2p)

2. a) Määritä ja piirrä alla olevan suodattimen taajuus- ja impulssivasteet (väh. 4 arvoa laskettava). (4p)

$$H(z) = \frac{0.95 + 0.85z^{-2}}{1 + 0.75z^{-2}}$$

- b) Piirrä suodattimen nolla-napa-kartta. Onko suodatin stabiili kartan perusteella? (1p)

3. Määritä ikkunamenetelmällä kertoimet (3 kpl riittää) ylipäästösuodatinmelle joka täyttää seuraavat spesifikaatiot:

- Päästökaista 9kHz ylöspäin
- Transitiokaistan leveys 1 kHz
- Näytteistystaajuus 25kHz
- Estokaistan vaimennus 48 dB

Käytä ikkunafunktiota joka parhaiten vastaa spesifikaatioita. Mitkä ikkunafunktiot käyvät tehtävän ratkaisuun? (5p)

4. Suodattimen siirtofunktio on

$$H(z) = \frac{0.14 + 0.29z^{-1} + 0.14z^{-2}}{1 - 1.84z^{-1} + 0.95z^{-2}}$$

Suodatin toteutetaan 8-bittisessä järjestelmässä.

a) Piirrä kvantisointikohinamalli, kun suodatin toteutetaan toisen asteen kanonisella loholla. (2p)

b) Laske kokonaiskohinateho suodattimelle. (2p)

c) Piirrä kvantisointikohinamalli ja esitä lausekkeena kokonaiskohinateho, kun suodatin toteutetaan suoralla rakenteella. (2p)

5. Laske overlap-add menetelmällä konvoluutio sekvensseille  $x(n)=\{2\ 0\ 1\}$  ja  $y(n)=\{1\ 3\ 2\ 3\ -2\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ -1\ 2\}$ . (3p)

**Muista antaa palautetta kurssista jotta voimme kehittää sitä edelleen!**

**Table 7.3** Summary of important features of common window functions.

Name of window function	Transition width (Hz) (normalized)	Passband ripple (dB)	Main lobe relative to side lobe (dB)	Stopband attenuation (dB) (maximum)	Window function $w(n),  n  \leq (N-1)/2$
Rectangular	$0.9/N$	0.7416	13	21	1
Hanning	$3.1/N$	0.0546	31	44	$0.5 + 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$
Hamming	$3.3/N$	0.0194	41	53	$0.54 + 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$
Blackman	$5.5/N$	0.0017	57	75	$0.42 + 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N-1}\right)$
	$2.93/N (\beta = 4.54)$	0.0274		50	$\frac{I_0(\beta[1 - [2n/(N-1)]^2]^{1/2})}{I_0(\beta)}$
Kaiser	$4.32/N (\beta = 6.76)$	0.00275		70	
	$5.71/N (\beta = 8.96)$	0.000275		90	

**Table 7.2** Summary of ideal impulse responses for standard frequency selective filters.

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	$2f_1 \frac{\sin(n\omega_1)}{n\omega_1} - 2f_2 \frac{\sin(n\omega_2)}{n\omega_2}$	$1 - 2(f_2 - f_1)$

$f_c, f_1$  and  $f_2$  are the normalized passband or stopband edge frequencies;  $N$  is the length of filter.