

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. (2p)
- (d) Piirrä esimerkkikuvat käsiteltävästä signaalista a-kohdan muunnoksen eri vaiheissa aika- ja taajuustasossa. (2p)

5. (a) Erään järjestelmän siirtofunktion navat ovat  $p_1 = 0.9$ ,  $p_2 = 0.8 + 0.8i$  ja  $p_3 = 0.8 - 0.8i$ . Nollat ovat  $z_1 = -1$ ,  $z_2 = i$  ja  $z_3 = -i$ . Lisäksi tiedetään, että nollataajuudella ( $\omega = 0$ ) järjestelmän vaste  $H(e^{i\omega}) = 1$ . Mikä on siirtofunktion  $H(z)$  lauseke? (3p)

(b) Laske nopean Fourier-muunnoksen algoritmia jäljitellen lukujonon  $x(n) = (-2, 1, -1, 2)^T$  diskreetti Fourier-muunnos. Voit käyttää hyväksi tietoa, että lukujonon  $(-2, -1)^T$  DFT on  $(-3, -1)^T$  ja lukujonon  $(1, 2)^T$  DFT on  $(3, -1)^T$ . (2p)

(c) Mikä on diskreetin Fourier-muunnoksen matriisi tapauksessa  $N = 2$ ? (1p)

Suodintyyppi	Impulssivaste kun	
	$n \neq 0$	$n = 0$
Alipäästö	$2f_c \text{sinc}(n\omega_c)$	$2f_c$
Ylipäästö	$-2f_c \text{sinc}(n\omega_c)$	$1 - 2f_c$
Kaistanpäästö	$2f_2 \text{sinc}(n\omega_2) - 2f_1 \text{sinc}(n\omega_1)$	$2(f_2 - f_1)$
Kaistanesto	$2f_1 \text{sinc}(n\omega_1) - 2f_2 \text{sinc}(n\omega_2)$	$1 - 2(f_2 - f_1)$

Ikkuna-funktion nimi	Siirtymäkaistan leveys (normallisoitu)	Päästökaistan värähtely (dB)	Estokaistan minimivaimennus (dB)	Ikkunan lauseke $w(n)$ , kun $ n  \leq (N-1)/2$
Suorakulmainen	$0.9/N$	0.7416	21	1
Bartlett	$3.05/N$	0.4752	25	$1 - \frac{2 n }{N-1}$
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	$0.42 + 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N}\right)$