

**80508 Johdatus signaalinkäsittelyyn I,
Tentti 26.2.2002**

1. Ovatko seuraavat väittämät tosia vai epätosia? (Perusteluja ei tarvita. Oikea vastaus: 1 p, väärä: $-\frac{1}{2}$ p, ei vastausta 0 p. Tehtävän kokonaispistemäärä pyöristetään ylöspäin seuraavaan kokonaislukuun.)
- (a) FIR-suotimen vasteesta impulssille voidaan päätellä sen vaste mille tahansa herätteelle.
 - (b) FIR-suotimet ovat aina stabiileja.
 - (c) Laskostuminen estetään asettamalla näytteenottotaajuus samaksi kuin suurin analogisen signaalin sisältämä taajuuskomponentti.
 - (d) FIR-suotimen siirtofunktio voidaan aina päätellä sen impulssivasteesta.
 - (e) FIR-alipäästösuodin toteutetaan laitteessa, jonka näytteenottotaajuus on 10 kHz. Tällöin laite poistaa taajuuden 2 kHz mutta ei taajuutta 1 kHz. Kun laitteen näytteenottotaajuus pudotetaan puoleen suodinta muuttamatta, molemmat taajuudet poistuvat.
 - (f) Binäärisissä fax-dokumenteissa mustaa pistettä esitetään nollalla ja valkoista ykkösellä. Täysin valkoisen fax-kuvan entropia on suurempi kuin sellaisen, jossa mustia ja valkoisia pisteitä on yhtä monta.
2. (a) Analoginen (jatkuva-aikainen) signaali on muotoa $x(t) = 2 \cos(120\pi t) - 0.7 \sin(30\pi t) + \cos(150\pi t) + \cos(180\pi t)$, missä t on aikaa kuvaava muuttuja (sekunteina). Kuinka usein signaalista pitää ottaa näytteitä, ettei laskostumista tapahdu? (1p)
- (b) Eräs symbolilähde tuottaa viittä eri symbolia todennäköisyyksillä $p_0 = 0.47$, $p_1 = 0.2$, $p_2 = 0.15$, $p_3 = 0.12$, ja $p_4 = 0.06$. Generoi Huffman-puu ja Huffman-koodi. Paljonko on keskimääräinen koodisanan pituus ja paljonko on lähteen entropia? (3p)
- (c) Puhesignaali tallennetaan digitaalisesti näytteenottotaajuudella 44.1 kHz. Samassa tilassa on auki oleva televisio, josta on ääni pois päältä. Jälkeenpäin havaitaan, että televisiosta tuli mukaan häiriösignaali taajuudella 15625 Hz (televisio piirtää 625 juovaa 25 kertaa sekunnissa ja $625 \cdot 25 = 15625$). Myöhempää käyttöä varten riittää, että puhesignaalissa on jäljellä taajuudet 0 kHz–10 kHz. Millaiset päästö- ja estokaistat tarvitaan, jotta häiriö poistuu ja puhesignaali säilyy? Mikä on pienin mahdollinen kerrointen määrä, jolla annetut vaatimukset saadaan täytettyä, kun suodinsuunnittelu tapahtuu ikkunamenetelmällä Hamming-ikkunaa käyttäen? (2p)
3. Kausaalisen LTI-järjestelmän heräte $x(n)$ ja vaste $y(n)$ toteuttavat seuraavan differenssiyhtälön:

$$y(n) = -\frac{1}{4}y(n-2) + x(n) - \frac{5}{2}x(n-1) + x(n-2).$$

- (a) Määritä järjestelmän siirtofunktio $H(z)$.

(b) Piirrä napa-nollakuvio.

(c) Onko järjestelmä stabiili? Miksi / miksi ei?

4. Suunnittele ikkunamenetelmällä ylipäästösuoodin (selvitä käsin impulssivasteen lauseke), jonka vaatimukset ovat seuraavat:

Päästökaista	[12 kHz, 16 kHz]
Estokaista	[0 kHz, 10.2 kHz]
Päästökaistan maksimivärähtely	0.03 dB
Estokaistan minimivaimennus	34 dB
Näytteenottotaajuus	32 kHz

Käytä oheisia taulukoita hyväksesi.

5. (a) Erään LTI-järjestelmän vaste voidaan mitata kun herätteenä on yksikköaskel $u(n)$:

$$u(n) = \begin{cases} 1, & \text{kun } n \geq 0, \\ 0, & \text{kun } n < 0. \end{cases}$$

Merkitään järjestelmän vastetta yksikköaskeleelle seuraavasti: $z(n) = \mathcal{F}[u(n)]$. Määritä impulssivaste $h(n)$, kun askelvaste (step response) $z(n)$ tiedetään.

(3p)

- (b) Laske käsin lukujonon $x(n) = (-1, -1, 3, 2)$ diskreetti Fourier-muunnos.

(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 (normalisoitu)	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	$0.42 + 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N-1}\right)$