

**SGN-1200 Signaalinkäsittelyn menetelmät,
Tentti 19.10.2009
Heikki Huttunen**

Kirjoita nimesi ja opiskelijanumerosi paperiin. Laskinta saa käyttää, mutta muistin tulee olla tyhjä. Vastaa erilliselle konseptille.

1. Ovatko seuraavat väitteet tosia vai epätosia? Ei perusteluja, pelkkä tosi / epätosi. Oikea vastaus 1p, väärä vastaus $-\frac{1}{2}$ p, ei vastausta 0p.
 - (a) Suotimen stabiilius tarkistetaan selvittämällä ovatko sen siirtofunktion napojen itseisarvot pienempiä kuin yksi.
 - (b) Signaalin $x(n)y(n)$ DFT on $X(n)Y(n)$.
 - (c) FIR-suodin on aina stabiili.
 - (d) Vaihevasteen lineaarisuus takaa, että signaalin kaikki taajuudet viivästyvät yhtä monta sekuntia.
 - (e) Jatkuva-aikaisen signaalin suurin taajuus on 300Hz. Se pystytään rekonstruoimaan näytteidensä avulla jos näytteenottotaajuus on 500Hz.
 - (f) FIR-suotimen siirtofunktio voidaan aina päätellä sen impulssivasteesta.
2. (a) Erään suotimen napanollakuvio on kuvassa 1. Onko kyseessä FIR vai IIR-suodin? Millä perusteella? (2p)
- (b) Laske vektorin $x(n) = (1, 0, 4, 5)^T$ diskreetti Fourier-muunnos. (2p)
- (c) Signaalin $x(n)$ z-muunnos on

$$X(z) = \frac{z^{-1} - 2z^{-2} + z^{-3}}{1 + 0.2z^{-2} - 0.1z^{-3}}$$

Signaalia viiväistetään 2 askelta ja lasketaan konvoluutio sen ja signaalin $y(n) = \left(\frac{1}{2}\right)^n u(n)$ kanssa. Mikä on saadun signaalin $x(n-2) * y(n)$ z-muunnos? ¹ (2p)

3. Oletetaan, että kausaalisen LTI-järjestelmän heräte $x(n)$ ja vaste $y(n)$ toteuttavat seuraavan differenssiyhtälön:

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

- (a) Määritä järjestelmän siirtofunktio $H(z)$.
 - (b) Piirrä napa-nollakuvio.
 - (c) Onko järjestelmä stabiili? Miksi / miksi ei?
4. Suunnittele ikkunamenetelmällä alipäästösuodin (selvitä käsin impulssivasteen lausekke), jonka vaatimukset ovat seuraavat:

¹Muistin virkistämiseksi: signaalin $a^n u(n)$ z-muunnos on $\frac{1}{1-az^{-1}}$

Estokaista	[12 kHz, 16 kHz]
Päästökaista	[0 kHz, 9.9 kHz]
Päästökaistan maksimivärähtely	0.06 dB
Estokaistan minimivaimennus	34 dB
Näytteenottotaajuus	32 kHz

Käytä oheisia taulukoita hyväksesi.

5. (a) Tarkastellaan kausaalista IIR-suodinta, jonka amplitudivaste on kuvassa 2. Hahmottele suotimen napanollakuvio siinä määrin kuin se on mahdollista amplitudivasteen perusteella. Huomaa, että suotimen impulssivaste on reaalinen, joten napanollakuvio on symmetrinen reaaliakselin suhteen. (3p)
- (b) Kurssin SGN-1200 tenttien arvosanjakauma eräältä vuodelta on alla olevan taulukon mukainen.

Arvosana	0	1	2	3	4	5
Osuus	32%	12%	19%	15%	10%	12%

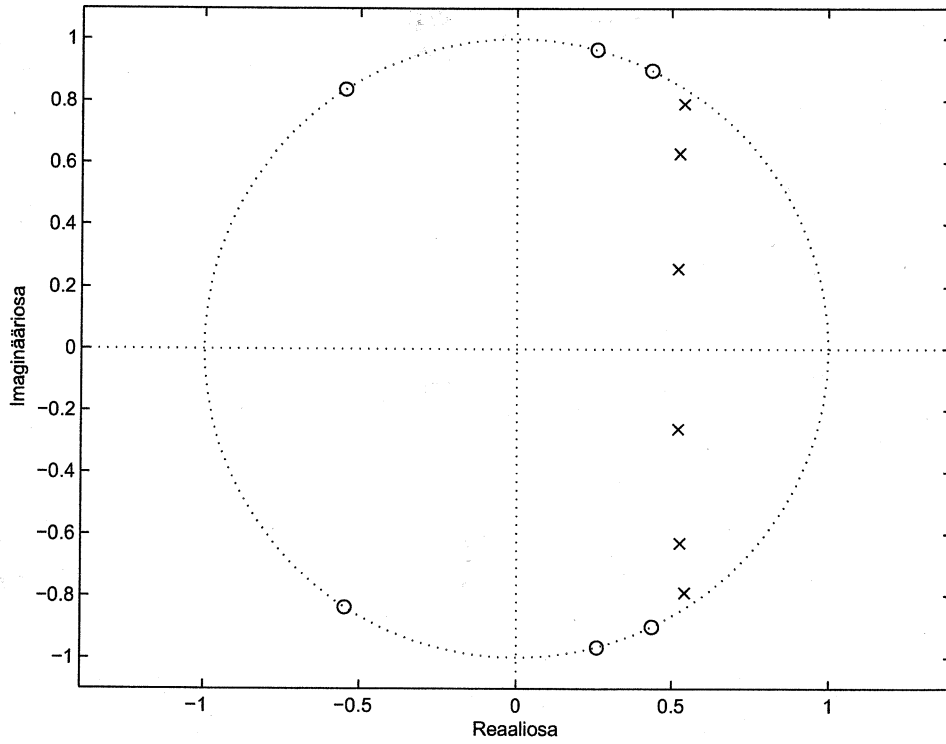
Arvosanat halutaan siirtää POP:iin mahdollisimman pienellä bittimäärällä käyttäen Huffman-koodausta, ja arvosanojen todennäköisyydet arvioidaan yllä olevasta taulukosta. Generoi Huffman-puu ja Huffman-koodi. Mikä on signaalin entropia? (3p)

6. **Bonustehtävä**² Oletetaan että tehtävän 3 järjestelmän näytteenottotaajuus on 10000 Hz ja syötteenä $x(n)$ on sinisignaali jonka taajuus on 2500 Hz ja amplitudi on 1. Mikä on järjestelmän ulostulon amplitudi? (2p)

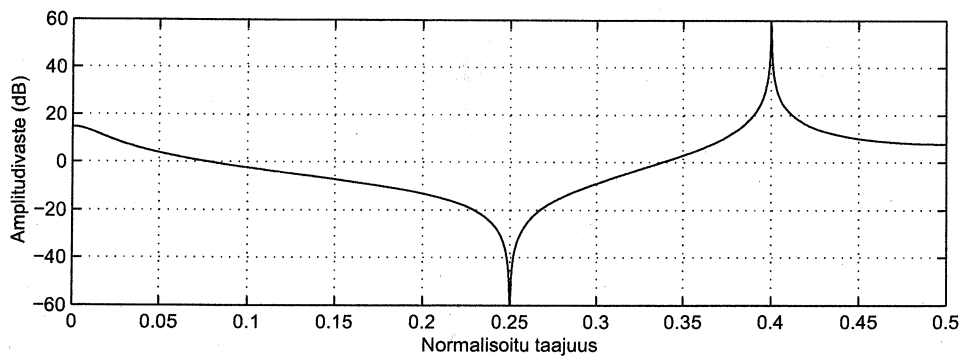
Suodintyyppi	Impulssivaste kun	
	$n \neq 0$	$n = 0$
Alipäästö	$2f_c \text{sinc}(n \cdot 2\pi f_c)$	$2f_c$
Ylipäästö	$-2f_c \text{sinc}(n \cdot 2\pi f_c)$	$1 - 2f_c$
Kaistanpäästö	$2f_2 \text{sinc}(n \cdot 2\pi f_2) - 2f_1 \text{sinc}(n \cdot 2\pi f_1)$	$2(f_2 - f_1)$
Kaistanesto	$2f_1 \text{sinc}(n \cdot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

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

²Tätä ilmankin voi siis saada täydet 30 pistettä.



Kuva 1: Tehtävän 2a suotimen napanollakuvio.



Kuva 2: Tehtävän 5 suotimen amplitudivaste.

KAPULTA

TEKNIK <3