

**SGN-1200 Signaalinkäsittelyn menetelmät,  
Tentti 22.11.2010  
Heikki Huttunen**

**Kirjoita nimesi ja opiskelijanumerosi paperiin. Vain tiedekunnan laskinta saa käyttää. Tenttikysymyksiä ei tarvitse palauttaa. Vastaa erilliselle konseptille ja merkitse paperin alkuun koska olet suorittanut pakolliset harjoitukset. Jos et ole suorittanut niitä vielä, merkitse sekin.**

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) Analoginen signaali sisältää taajuuksia kymmeneen kilohertsiin asti. Mikä näytteenottotaajuuden tulee vähintään olla? (2p)
  - (b) Viidensadan Hertsin taajuudella värähtelevästä sinisignaalista otetaan näytteitä 1,25 millisekunnin välein (eli 0,00125 s välein). Millä taajuudella signaali näyttää värähtelevän näytteistykseen jälkeen (eli mille taajuudelle kyseinen taajuus laskostuu)? (2p)
  - (c) Laske matriisin

$$X = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

kaksiulotteinen Fourier-muunnos. (2p)

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

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

- (a) Määritä järjestelmän siirtofunktio  $H(z)$ .
- (b) Piirrä napa-nollakuvio.

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

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

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. Kausaalisen LTI-järjestelmän siirtofunktio on

$$H(z) = \frac{1 - 2z^{-1} + z^{-2}}{1 - az^{-1}},$$

missä  $a \in \mathbf{R}$ .

- (a) Määritä herätteen  $x(n)$  ja vasteen  $y(n)$  välinen yhtälö ja piirrä lohkokaavio.  
 (b) Millä vakion  $a$  arvoilla järjestelmä on stabiili?  
 (c) Piirrä napa-nollakuvio tapauksessa  $a = \frac{1}{2}$ .

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