

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

$$y(n) = y(n-1) - \frac{1}{2}y(n-2) + x(n) + \frac{9}{4}x(n-1) + \frac{9}{8}x(n-2).$$

- (a) Määritä järjestelmän siirtofunktio  $H(z)$ . (2p)  
 (b) Piirrä napa-nollakuviio. (2p)  
 (c) Onko järjestelmä stabiili? Miksi / miksi ei? (2p)
4. Suunnittele ikkunamenetelmällä ylipäästösuodin (selvitä käsin impulssivasteen lauseke), jonka vaatimukset ovat seuraavat:

Päästökaista	[0 kHz, 10 kHz]
Estokaista	[12 kHz, 16 kHz]
Päästökaistan maksimivärähtely	0.06 dB
Estokaistan minimivaimennus	42 dB
Näytteenottotaajuus	32 kHz

Käytä oheisia taulukoita hyväksesi. (6p)

5. (a) Mikä on diskreetin Fourier-muunnoksen kerroinmatriisi tapauksessa  $N = 2$ ? (1p)  
 (b) Laske käsin lukujonon  $x(n) = (2, 4, 6, 8)$  diskreetti Fourier-muunnos. (2p)  
 (c) Tarkastellaan FIR-suodinta, jonka impulssivaste on

$$h(n) = (0.4)^n u(n) \quad \frac{1}{1 - 0.4z^{-1}}$$

Järjestelmän heräte on  $x(n) = u(n)\cos(0.25 \cdot 2\pi n)$ , eli normalisoituna taajuuksina taajuudella 0.25 värähtelevä kosinisignaali. Laske järjestelmän amplitudi- ja vaihevasteet kyseisellä taajuudella. (3p)

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	$0.5 + 0.5 \cos \frac{2\pi n}{N}$
Hamming	$3.3/N$	0.0194	53	$0.54 + 0.46 \cos \frac{2\pi n}{N}$
Blackman	$5.5/N$	0.0017	74	$0.42 + 0.5 \cos \frac{2\pi n}{N-1} + 0.08 \cos \frac{4\pi n}{N-1}$