

- (b) Piirrä napa-nollakuvio.
- (c) Onko järjestelmä stabiili? Miksi / miksi ei?
4. Suunnittele ikkunamenetelmällä ylipäästösuodin (selvitä käsin impulssivasteen lauseke), jonka vaatimukset ovat seuraavat:

Päästökaista	[12 kHz, 16 kHz]
Estokaista	[0 kHz, 10.5 kHz]
Päästökaistan maksimivärähtely	0.06 dB
Estokaistan minimivaimennus	34 dB
Näytteenottotaajuus	32 kHz

Käytä oheisia taulukoita hyväksesi.

5. (a) Erään kausaalisen LTI-järjestelmän amplitudivaste on kuvan 1 mukainen. Selvennykseksi kuvaan mainittakoon, että

$$\lim_{f \rightarrow 0.25} 20 \log_{10} |H(e^{i2\pi f})| = -\infty$$

ja

$$\lim_{f \rightarrow 0.4} 20 \log_{10} |H(e^{i2\pi f})| = \infty.$$

Piirrä arvio järjestelmän napa-nollakuvioista sen perusteella, mitä amplitudivasteesta voidaan päätellä. Järjestelmän impulssivaste oletetaan reaaliseksi, jolloin reaaliakselin ylä- ja alapuoli ovat toistensa peilikuvia. (2p)

- (b) Mitä voidaan sanoa impulssivasteen pituudesta? Perustelu. (1p)
- (c) Onko järjestelmä stabiili? Perustelu. (1p)
- (d) Tarkastellaan FIR-suodinta, jonka impulssivaste on

$$h(n) = \begin{cases} \frac{1}{6}, & \text{kun } n = 0 \text{ tai } n = 3, \\ \frac{1}{3}, & \text{kun } n = 1 \text{ tai } n = 2, \\ 0, & \text{muulloin.} \end{cases}$$

Järjestelmän heräte on $x(n) = u(n) \cos(0.25 \cdot 2\pi n)$, eli normalisoituina taajuuksina taajuudella 0.25 värähtelevä kosinisignaali. Laske järjestelmän amplitudi- ja vaihevasteet kyseisellä taajuudella. Voit käyttää apunasi alla olevan taulukon valmiita laskutuloksia. (2p)

Lauseke	Arvo
$\frac{1}{6} + \frac{1}{3}e^{0.25i} + \frac{1}{3}e^{0.5i} + \frac{1}{6}e^{0.75i}$	$0.904 + 0.356i$
$\frac{1}{6} + \frac{1}{3}e^{0.5i} + \frac{1}{3}e^i + \frac{1}{6}e^{1.5i}$	$0.651 + 0.607i$
$\frac{1}{6} + \frac{1}{3}e^i + \frac{1}{3}e^{2i} + \frac{1}{6}e^{3i}$	$0.043 + 0.607i$
$\frac{1}{6} + \frac{1}{3}e^{\pi i/4} + \frac{1}{3}e^{\pi i/2} + \frac{1}{6}e^{3\pi i/4}$	$0.285 + 0.687i$
$\frac{1}{6} + \frac{1}{3}e^{\pi i/2} + \frac{1}{3}e^{\pi i} + \frac{1}{6}e^{3\pi i/2}$	$-0.167 + 0.167i$
$\frac{1}{6} + \frac{1}{3}e^{\pi i} + \frac{1}{3}e^{2\pi i} + \frac{1}{6}e^{3\pi i}$	0