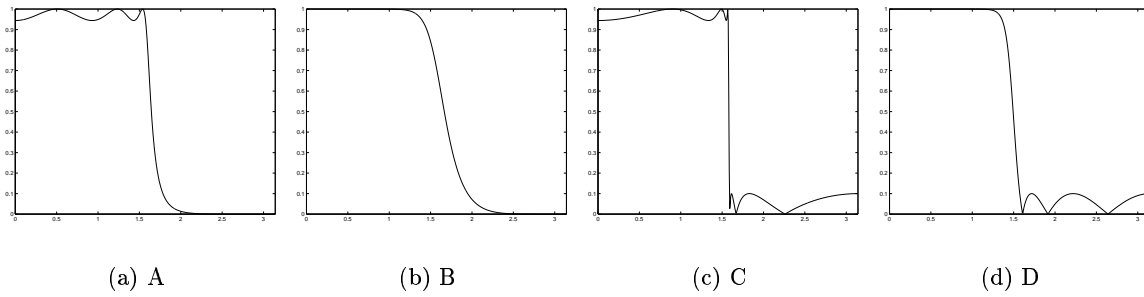


1. (6p) Kuvassa 1. on neljän digitaalisen alipäästösuotimen amplitudivasteet. Suotimet on muodostettu jatkuva-aikaisista suotimista bilineaarimuunnoksella.



Kuva 1: IIR-suotimien amplitudivasteita

- a) Vastaa, mikä suotimista on tyyppiä

- i) Butterworth
- ii) Chebyshev I
- iii) Chebyshev II
- iv) elliptinen

ja selitä lyhyesti, mihin taajuusvasteen ominaisuuteen kunkin valinnan perustat. Vastaa lyhyesti perustellen, mitkä kaksi vastaavista analogisista alipäästösuodintyypeistä i-iv sopivat paremmin impulssi-invarianssimuunnoksella digitoitaviksi kuin kaksi muuta.

- b) Spektrianalyysissa on käytettävissä suorakulmainen ikkuna ja Hanning-ikkuna. Vastaa lyhyesti perustellen, kumpaa ikkunoista on syytä käyttää, jos pyritään erottamaan

- i) heikko spektrikomponentti, kun signaalissa on myös toinen, suhteellisesti voimakkaampi komponentti (kohtuullisen kaukaisella taajuudella edelliseen nähden).
- ii) kaksi läheisillä taajuuksilla olevaa suunnilleen yhtä voimakasta spektrikomponenttia.

2. (6p) Erään kausaalisen FIR-suotimen siirtofunktio on

$$H(z) = b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + b_3 z^{-3}, (b_i \in \mathcal{R})$$

- a) Olkoon $b_0 = 1$, $b_1 = 3$, $b_2 = 3$, $b_3 = 1$

- i) Laske ja piirrä suotimen napa-nollakuvio ja laske taajuusvasteen minimi- ja maksimivahvistus. Hahmottele suotimen amplitudivaste. Minkä tyyppinen suodin on kyseessä?
- ii) Laske suotimen vaihevaste ja piirrä sen kuvaaja.

- b) Olkoon $b_0 = 1$, $b_1 = -3$, $b_2 = 3$, $b_3 = -1$. Laske ja piirrä tämän suotimen vaihevaste. Miten se eroaa tehtävän a-kohdan vaihevasteesta?

- c) Mitkä ehdot kertoimien b_0 , b_1 , b_2 ja b_3 on täytettävä, jotta suodin olisi

- i) lineaarivaihevasteinen.
- ii) stabiili.

4. (6p) Jatkuva-aikainen 1.asteen Butterworth-suodin määritellään

$$H_c(s)H_c(-s) = \frac{1}{1 + \left(\frac{s}{j\omega_c}\right)^2},$$

missä ω_c on cutoff-taajuus.

- Muodosta suotimen siirtofunktio z -tasossa bilineaarimuunnosta käyttäen. Laske navat ja nollat ja hahmottele napa-nollakuvio.
- Muokkaa suodinta viiveitä lisäämällä siten, että se poistaa 50 Hz taajuudella esiintyvän kohinan signaalista, jota näytteistetään taajuudella 200 Hz. Hahmottele napa-nollakuvio ja amplitudivasteen kuvaaja. Miten suotimen navat kannattaa sijoittaa?

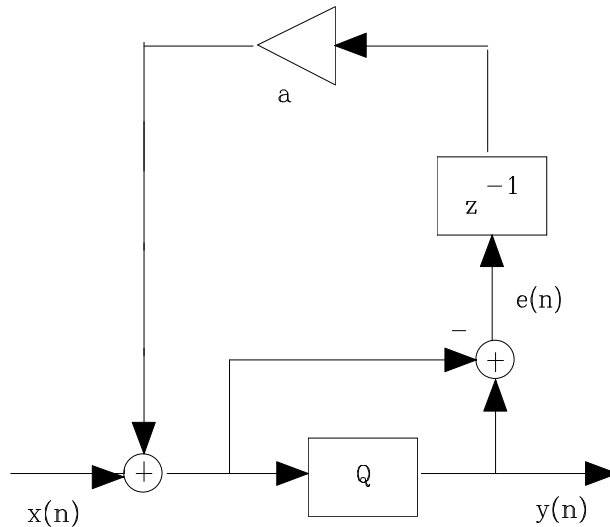
Bilineaarikuvaus analogisesta suotimesta $H(s)$ digitaalseksi $H'(z)$

$$H(z) = H_c\left(\frac{2}{T} \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}\right).$$

Taajuuden esikorjaus

$$\omega'_c = \frac{2}{T} \tan\left(\frac{\omega_c T}{2}\right).$$

4. (6p) Kvantisointivirhettä voidaan kompensoida ns. virheen takaisinkytkennän (error feedback) avulla. Menetelmässä suodatettu virhesignaali lisätään kvantisointia ($Q[\cdot]$) edeltävään haaraan suodinrakenteessa. Kuvassa 2 on ensimmäisen asteen error feedback rakenne.



Kuva 2: Ensimmäisen asteen error feedback -rakenne

- Määrä kuvan a siten, että kohina eliminoiduu nollataajuuden ympäristöstä.
- Hahmottele amplitudivasteen kuvaaja. Miten kohinan spektri muuttuu a :n funktiona? Mitä tapahtuu tällöin virheen varianssille?