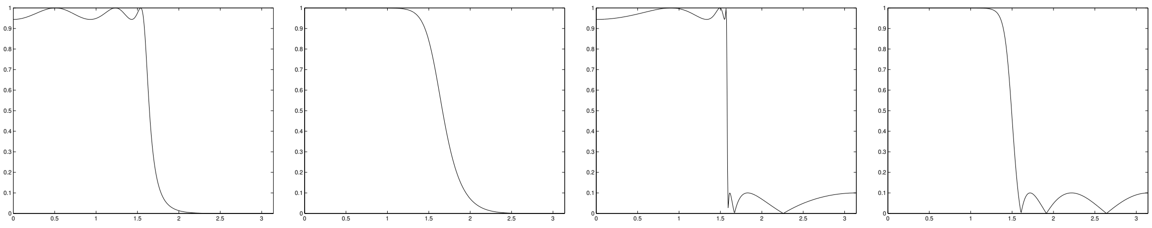
Tik-61.146 Signaalien digitaalinen käsittely ja suodatus

2. välikoe 30.11.1998

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



(a) A (b) B (c) C (d) D

Kuva 1: IIR-suotimien amliptudivasteita

   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.

a) Muodosta suotimen siirtofunktio z-tasossa bilineaarimuunnosta käyttäen. Laske navat ja nollat ja hahmottele napa-nollakuvio.

b) 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?

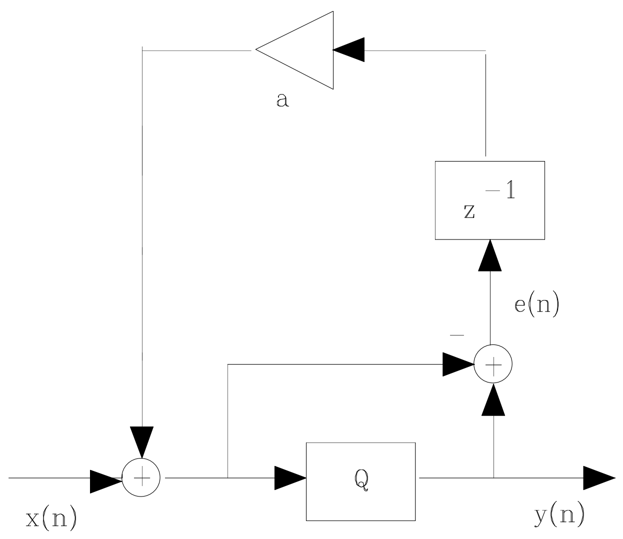
Bilineaarikuvaus analogisesta suotimesta $H(s)$ digitaaliseksi $H'(z)$

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

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 ($Q[.]$) edeltävään haaraan suodinrakenteessa. Kuvassa 2 on ensimäisen asteen error feedback rakenne.



Kuva 2: Ensimmäisen asteen error feedback -rakenne

(a) Määrää kuvan a siten, että kohina eliminoituu nollataajuuden ympäristöstä.

(b) Hahmottele amplitudivasteen kuvaaja. Miten kohinan spektri muuttuu a:n funktiona ? Mitä tapahtuu tällöin virheen varianssille ?