T-61.246 DIGITAALINEN SIGNAALINKÄSITTELY JA SUODATUS

Tentti / 2.9.2002 / OS

1. Ovatko seuraavat väittämät oikein vai väärin? Oikea vastaus: +1p, ei vastausta: 0p, väärä vastaus: -0,5p; HUOM! Tehtävän maksimipistemäärä on 6 pistettä ja minimipistemäärä on kuitenkin nolla.

   (a) FIR-suotimien siirtofunktio $H(z)$ on z^{-1}:n polynomi ja sen kaikki navat ovat z-tason origossa

   (b) Jos f_s on näytteenottotaajuus, niin symmetrisen spektrin välillä $5f_s/2 \ldots 3f_s$ olevat taajuudet laskostuvat välille $0 \ldots f_s/2$

   (c) Stabiilin ja kausaalisen digitaalisuodattimen z-siirtofunktion suppenemisalue sisältää z-tason yksikköympyrän ja äärettömyyden

   (d) Bilineaarimuunnoksella suunniteltujen Butterworth- ja Chebyshev-tyypin digitaalisten alipäästösuodattimien siirtofunktioiden kaikki nollakohdat ovat z-tason yksikköympyrällä pisteessä $z=-1$

   (e) Diskreetin signaalin (näytesekvenssin) katkaisu esimerkiksi ikkunoimalla aiheuttaa säröä signaalin spektriin

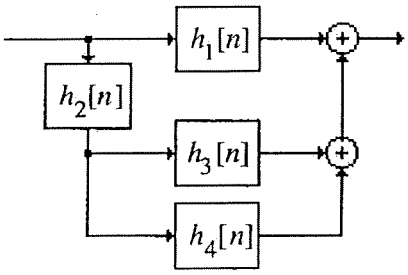
   (f) Ikkunamenetelmällä suunnitellun FIR-suotimen selektiivisyys (transitiokaistan leveys) huononee impulssivastetta pidentämällä

   (g) Allpass-siirtofunktion navat ja nollat ovat z-tasossa toistensa peilikuvia yksikköympyrän suhteen.

   (h) Desimointi pienentää näytteenottotaajuutta ja sen avulla voidaan pienentää suodattimen laskennallista kompleksisuutta (helpottaa toteutusta)

(6p)

2. Tarkastellaan diskreettiaikasysteemiä, joka koostuu neljästä yksinkertaisesta osasysteemistä alla olevan kuvan mukaisesti



Osasysteemien yksikköimpulssivasteet ovat:

$$h_1[n] = \delta[n] + \tfrac{1}{2}\delta[n-1], \qquad h_2[n] = \tfrac{1}{2}\delta[n] - \tfrac{1}{4}\delta[n-1],$$

$$h_3[n] = 2\delta[n], \qquad h_4[n] = -2\left(\tfrac{1}{2}\right)^n \mu[n]$$

Määrää koko systeemin yksikköimpulssivaste $h[n]$ osasysteemien yksikköimpulssivasteiden avulla. Miten systeemi käyttäytyy taajuusalueessa?

(6 p)

3. Tarkastellaan oheisen z-siirtofunktion määrittelemää digitaalista suodatinta

$$H(z) = K\frac{1+z^{-2}}{1+0{,}5z^{-2}}$$

   (a) Ratkaise suodattimen navat ja nollat sekä piirrä napa-nollakuvio. Hahmottele suodattimen taajuusvasteen itseisarvo (amplitudivaste). Minkälaisesta suodattimesta on kyse?

   (b) Skaalaa suodatin siten, että sen maksimivahvistus on yksi, ts. $|H(e^{j\omega T})| = 1$.

   (c) Korvaa (a)-kohdan suotimen kaikki viiverekisterit nelinkertaisilla viiveillä. Määrää modifioidun suodattimen siirtofunktio, ratkaise sen navat ja nollat. Laske taajuusvasteen itseisarvo ja hahmottele sen kuvaaja. Miten suodatin nyt käyttäytyy.
   [Opastus: Suodattimen jokainen viive (T) siis korvataan kaksinkertaisella viiveellä (2T) rakenteessa (vastaten kahta viivettä kaskadissa) tai jokainen termi z^{-1} korvataan termillä z^{-2} siirtofunktiossa]

(6p)

KÄÄNNÄ !

4. Tarkastellaan kahta äärellisen impulssivasteen (FIR) systeemiä, joiden impulssivasteet ovat

$$h_1[n] = \delta[n] + 2\delta[n-2] + \delta[n-4]$$

$$h_2[n] = \delta[n] - \delta[n-4]$$

(a) Muodosta systeemien kaskadikytkennän impulssivaste h(n) ja siirtofunktio H(z).

(b) Laske kaskadikytkennän amplitudi- ja vaihevaste sekä hahmottele näiden kuvaajat.

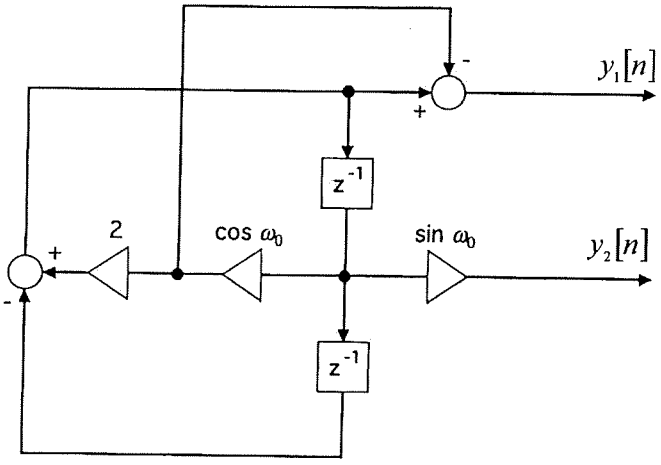
(c) Määritä kaskadikytkennän askelvaste. Miten askelvaste käyttäytyy, kun n on suuri?

(d) Miten systeemin rinnankytkennän vaihe käyttäytyy?

(6 p)

5. Tarkastellaan alla olevan kuvan mukaista virtauskaaviota, joka generoi kaksi sekvenssiä $y_1[n]$ ja $y_2[n]$. Mitkä funktiot (sekvenssit) piiri generoi ajanhetkillä $n>0$, kun ajanhetkellä $n=0$ kuvan ylempään rekisteriin sijoitetaan vakioarvo A ja alempaan 0?

[Opastus: Voit tutkia piirin toimintaa ajattelemalla alkuarvon sijoittamisen impulssimaiseksi herätteeksi, joka syötetään piiriin (rekisteriin) vasemmanpuoleisen summasolmun kautta hetkellä $n=0$. Ratkaise siirtofunktiot ja tarkastele skaalattua impulssivastetta.]



(6 p)

z-muunnospareja:

$$\cos(\theta n)u[n] \leftrightarrow \frac{1-\cos(\theta)z^{-1}}{1-2\cos(\theta)z^{-1}+z^{-2}}, \quad |z|>1$$

$$\sin(\theta n)u[n] \leftrightarrow \frac{\sin(\theta)z^{-1}}{1-2\cos(\theta)z^{-1}+z^{-2}}, \quad |z|>1$$