Tik-61.140 Signaalinkäsittelyjärjestelmät

Tentti/2. välikoe, to 17.5.2001 9-12 T1. (Simula, Koskela, Parviainen)

Välikokeessa saa käyttää matemaattista taulukkokirjaa ja graafista laskinta. Taulukoita oheisella paperilla - käytä niitä hyväksesi!

Tehtävät:

2. välikoe: 3, 4, 5, 6

Tentti: 1, 2, 4, 5, 6

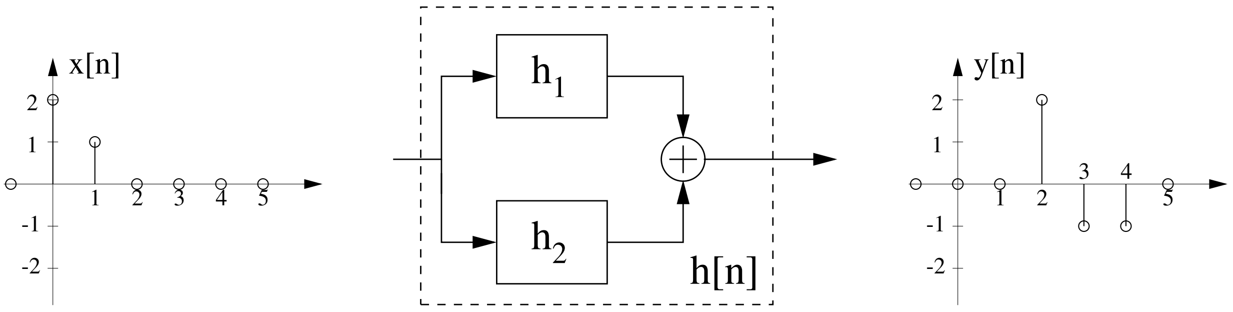
1. (6p, tentti) Järjestelmän ja signaalin ominaisuudet

   a) Diskreetti järjestelmä on määritelty differenssiyhtälöllä $y[n] = x[n+1] - 2x[n] + x[n-1]$. Laske, onko järjestelmä lineaarinen. Laske, onko järjestelmä aikainvariantti.

   b) LTI-järjestelmä on määritelty impulssivasteen avulla $h[n] = \left(\frac{1}{3}\right)^n u[n+1]$. Onko järjestelmä stabiili? Onko järjestelmä kausaalinen?

   c) Tunnetaan diskreetti sekvenssi $x[n] = cos(\frac{\pi}{4}n) + 2\,sin(\frac{\pi}{6}n + \frac{\pi}{8})$. Onko $x[n]$ jaksollinen? Jos on, mikä on sen perusjakson pituus?

2. (6p, tentti) Tarkastellaan alla olevassa kuvassa olevaa diskreettiaikaista LTI-järjestelmää. Se koostuu kahdesta komponentista, jotka on yhdistetty kuvan (b) mukaisesti. Osajärjestelmän h_1 impulssivaste on $h_1[n] = \delta[n] - \delta[n-1]$. $h_2[n]$ on tuntematon. Kun järjestelmään menee kuvan (a) mukainen syöte $x[n]$, saadaan ulostulona kuvan (c) mukainen vaste $y[n]$.



(a) (b) (c)

Kuva 1: Tehtävän 2 kuvat: (a) Syöte $x[n]$, $x[n] = 0$, kun $n < 0$, $n > 1$, (b) LTI-järjestelmä, (c) Vaste $y[n]$, $y[n] = 0$, kun $n < 2$, $n > 4$, $n \in Z$

   a) Mikä on $h_2[n]$:n pituus? Perustele.

   b) Määrää osajärjestelmän impulssivaste $h_2[n]$.

   c) Mikä on vaste $y[n]$, jos syötteenä on $x[n] = \delta[n]$?

3. (6p, välikoe) Vastaa, onko väite oikein (O) vai väärin (V). Oikea vastaus +1p, väärä -1p, ei vastausta 0p. **HUOM!** Väitteitä on seitsemän, maksimipistemäärä kuusi.

   a) Tiedetään, että signaalissa tapahtuvia muutoksia voidaan etsiä suotimella, jonka impulssivaste on $h[n] = -\delta[n] + 2\delta[n-1] - \delta[n-2]$. Väite: Suodin on tyypiltään ylipäästösuodin.

   b) Jos ulostulon spektri on $Y(e^{j\omega}) = e^{-j\omega}\frac{0.5}{1-0.5\,e^{-j\omega}}$, niin $y[n]$ saa arvon 0.5 kun $n = 0$.

   c) Alipäästösuotimen rajataajuuden kasvattaminen pienentää suotimen askelvasteen nousuaikaa.

   d) Lineaarivaiheisen suotimen ryhmäviive (group delay) on nolla.

   e) Tutkikaan äänisignaalia, jota näytteistetään tietokonetta varten 8192 hertzin näytteenottotaajuudella. Signaalissa ollut 9000 hertzin taajuuskomponentti laskostuu. Väite: Palautettaessa takaisin jatkuva-aikaiseksi se kuuluu ääninäytteessä 7384 hertzin taajuisena komponenttina. Vaiheinformaatiota ei tarvitse ottaa huomioon.

   f) Diskreettiaikaisen signaalin Fourier-muunnos on 2π-jaksollinen.

   g) Kompleksiarvoisen signaalin spektrin $X(e^{j\omega})$ käänteinen Fourier-muunnos $x[n]$ voi olla reaalinen.

4. (6p, tentti, välikoe) Kausaalinen ja stabiili LTI-järjestelmä on määrätty seuraavan differenssiyhtälön avulla:

$$y[n] - 1.7\,y[n-1] + 0.72\,y[n-2] = x[n]$$

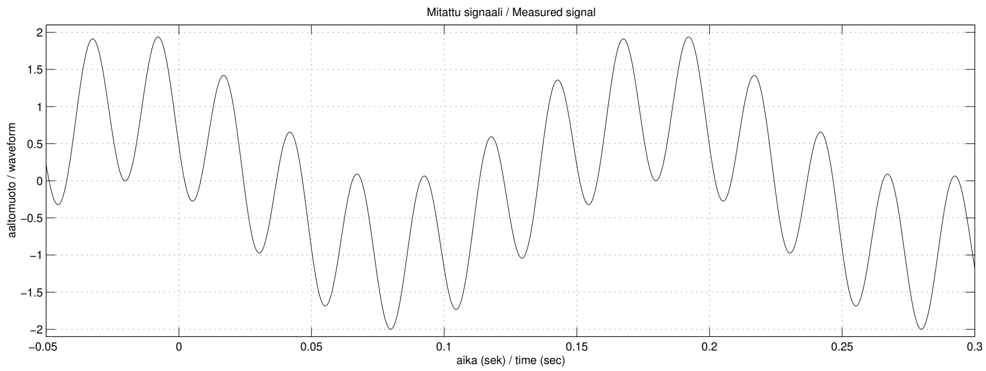
a) Piirrä järjestelmän lohkokaavio.

b) Muodosta taajuusvaste $H(e^{j\omega})$.

c) Tiedetään, että suodin on tyyppiä alipäästö. Määrää skaalauskerroin a, jolla suotimen amplitudiarvon maksimi on yksi.

d) Laske impulssivaste $h[n]$ suljetussa muodossa skaalatulle suotimelle.

5. (6p, tentti, välikoe) Kuvaan 2 on piirretty kahden jaksollisen kosinisignaalin analoginen summasignaali $x(t) = cos(2\pi f_1 t + \theta_1) + cos(2\pi f_2 t + \theta_2)$. Kuvassa näkyy aika-akseli $-0.05..0.3$ sekuntia.



Kuva 2: Tehtävän 5 summasignaali

a) Piirrä jatkuva-aikaisen signaalin $x(t)$ spektri $|X(j\omega)|$ välillä 0..50 Hz. Vihje: yksi kosini vastaa yhtä piikkiä spektrissä.

b) Olkoon näytteenottotaajuutena 20 Hz. Piirrä näytteistetyn sekvenssin $x[n]$ spektri $|X(e^{j\omega})|$ välillä 0..10 Hz.

c) Palautetaan b-kohdan näytteiden perusteella jatkuva-aikainen signaali $\hat{x}(t)$. Hahmottele signaali aikatasoon välille 0..0.2 s. Mitä eroja on havaittavissa alkuperäiseen signaaliin $x(t)$?

6. (6p, tentti, välikoe) Vastaa muutamilla virkkeillä seuraaviin kysymyksiin.

a) Mitä signaalin amplitudispektri kertoo?

b) Mitä vaihevaste kertoo? Anna esimerkki kahdesta signaalista aikatasossa, joilla on sama amplitudispektri mutta eri vaihevaste.

c) Tehtävänäsi on (i) poistaa muuten hiljaisesta äänitiedostosta yksittäisiä rasahduksia, (ii) poistaa mahdollinen verkkovirran aiheuttama jatkuva häiriö signaalista. Tutkitko näitä tapauksia aika- vai taajuustasossa? Miksi?

d) Diskreetti (ääni/kuva)signaali on Fourier-muunnettu. Millä tavalla voidaan signaalia pakata käyttämällä hyväksi taajuustason esitystä? Mieti esimerkiksi henkilön kasvokuvaa ja JPEG-kuvaformaattia.