

## S-72.1110 Signaalit ja järjestelmät

Tentti 16.12.2011

Vastaa tehtävään 1, tehtävistä 2 – 7 otetaan huomioon neljä parhaiten suoritettua tehtävää.

Laskutehtävissä on esitettävä myös välivaiheet. Pelkkä numeerinen ratkaisu ei riitä.

1.  
Vastaa lyhyesti seuraaviin osatehtäviin, käytä tarvittaessa kuvaa.
- a) Esitä tiheysfunktioiden ja odotusarvojen avulla, milloin kaksi satunnaismuuttujaa ovat
- tilastollisesti riippumattomia,
  - korreloimattomia.
- b) Selitä Gibbsin ilmiö.
- c) DFT:lla tutkitaan signaalin spektri taajuusalueella 0...5 MHz käyttäen 1024 näytettä. Kuinka suuri on näyteväli aika- ja taajuusalueessa?
- d) Erään IEEE802.15.4 standardin mukaisen radion vastaanottimen herkkyys on -98 dBm. Kuinka paljon tämä on Watteina?
- e) Signaali sisältää 1 Hz ja 4 Hz taajuuskomponentit. Signaalista otetaan näytteitä 4 Hz taajuudella. Mitä taajuuksia näytteistetty signaali sisältää?
- f) Miten määritellään lineaarisen järjestelmän vaimennus- ja kulku-aikavääristymä, kun siirtofunktio  $H(f)$  tunnetaan?

2.  
Nostettua kosini-suodatinta (Eng. Raised-cosine filter) käytetään yleisesti muokkaamaan pulssin muotoa digitaalisessa modulaatiossa, johtuen sen kyvystä minimoida symbolien välinen interferenssi (Eng. inter-symbol interference) ISI. Yksinkertaisimman nostetun kosinisuodattimen Fourier-muunnos on

$$H(f) = \frac{1}{2}(1 + \cos(\pi fT)), \quad |f| \leq \frac{1}{T}$$

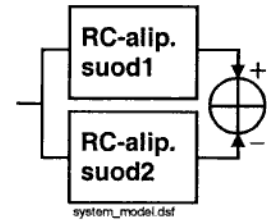
Ratkaise suodattimen impulssivaste  $h(t)$ .

3.  
Oheisen järjestelmän lähtösignaali on kahden rinnakkaisen RC-alipäästösuodattimen lähtösignaalien erotussignaali. Suodattimen 1 ja suodattimen 2 impulssivasteet ovat

$$h_1(t) = \frac{1}{T} e^{-t/T} u(t) \text{ ja } h_2(t) = \frac{1}{2T} e^{-t/2T} u(t),$$

missä  $u(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t \geq 0 \end{cases}$  on askelfunktio.

- a) Esitä järjestelmän impulssivaste.  
b) Laske (graafisella) konvoluutiolla järjestelmän askelvaste, eli lähtösignaali, kun tulosignaalinä on yksikköaskel  $u(t)$ .

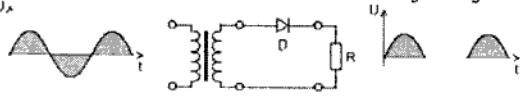


4.  
Oletetaan, että Butterworth -alipäästösuodattimen puolen tehon kaistanleveys on 40 kHz. Lisäksi vaadimme, että taajuudella 120 kHz vaimennuksen on oltava ainakin 25 dB. Etsi alin mahdollinen astelukku, joka tämän vaatimuksen täyttävällä Butterworth -suodattimella voi olla.

Butterworth suodattimen amplitudifunktio on

$$A(f) = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{f}{W}\right)^{2n} + 1}}$$

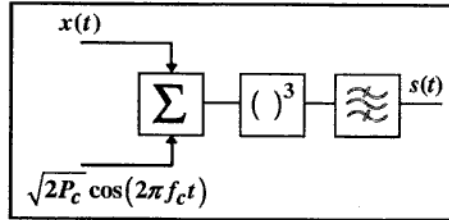
5. Tasasuuntaaja on laite, joka muuttaa vaihtosähkön pulssimaiseksi tasasähköksi. Puoliaaltotasasuuntauksessa vaihtojännitteestä leikataan negatiiviset puolijaksot pois. Sähkövirta pääsee kulkemaan diodin läpi vain toiseen suuntaan. Tasasuuntaajan tulosignaali on sinimuotoista, jonka jännitteen tehollisarvo on  $U = 230\text{ V}$  ja taajuus  $50\text{ Hz}$ .



- Ratkaise puoliaaltotasasuuntaajan lähtösignaalin Fourier-sarjaesitys
- Ratkaise puoliaaltotasasuuntaajan lähtösignaalin harmoninen kokonaissärö

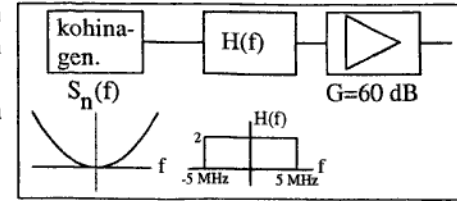
6.

- Osoita että oheisen järjestelmän 3. asteen epälinearisuuden lähdössä esiintyy DSB-modulaatiota sisältävä signaalitermi ja ilmoita lopullinen kanta-aaltotaajuus.
- Mitoita  $f_c$  siten että ideaalisen kaistanpäästösuodatuksen jälkeen saadaan vääristymätön DSB-signaali, kun moduloivan signaalin kaistanleveys on  $W_x$ .



7.

- Esitä yllä olevan järjestelmän lähtötehospektri symbolisessa muodossa.
- Miten lasketaan keskimääräinen teho, kun tehospektri tunnetaan?
- Laske lähtöteho (W) kuvan mukaisella suodattimella ja vahvistimella, kun kohinageneraattori tuottaa parabolista kohinaa,



jonka tehospektri on  $S_n(f) = \Phi_{nn}(f) = \frac{N_o}{2B^2} f^2$ , jossa

$$\frac{N_o}{2} = 10^{-12} \text{ W/Hz}, \text{ ja } B = 5 \text{ MHz}$$

$E(\cdot) = \int_{-\infty}^{\infty} S_n(f) df$  0,5