

S-72.1110 Signaalit ja järjestelmät

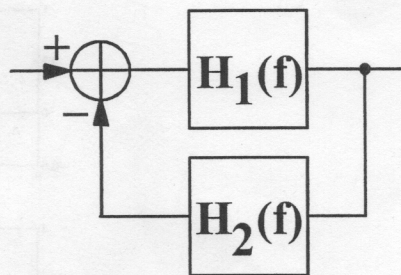
Tentti 27.8.2014

Vastaa tehtävään 1, tehtävistä 2 – 6 otetaan huomioon neljä parhaiten suoritettua tehtävää.

1.

Vastaa lyhyesti seuraaviin osatehtäviin, käytä tarvittaessa kuvaa.

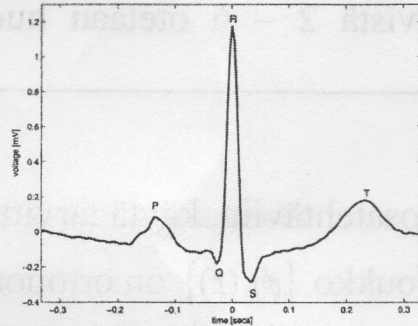
- Millä ehdoilla funktiojoukko $\{\phi_k(t)\}$ on ortonormaalin?
- Montako näytettä on otettava ja mikä on näytteenottovälin oltava, jos alipäästösignaalin spektri halutaan laskea DFT:llä, kun signaalin kaistanleveys on 10 MHz, ja lasketun spektrin resoluutio eli näyteväli taajuusalueessa on 1 kHz?
- Esitä oheisen, negatiivisesti takaisinkytketyn järjestelmän siirtofunktio kuvassa annettujen siirtofunktioiden avulla.
- Määrittele signaalin kokonaissärö.
- Millä ehdoilla on satunnaissignaali laajassa mielessä stationäärinen?
- Piirrä 16-QAM modulaatiomenetelmän konstellatiodiagrammi.
- DTMF-signaali "A" koostuu 697 Hz ja 1633 Hz sinimuotoisista komponenteista. Signaalia näytteistetään 2330 Hz näytetaajuudella. Mitä taajuuksia näytteistetty signaali sisältää taajuusalueella 0 ... 1165 Hz?
- Esitä Rayleighin energialause (kaava).
- Matkapuhelimen lähetysteho on 21 dBm. Mitä teholummaa (W) se vastaa?
- Hahmottele siirtofunktion $G(f) = \frac{1}{(1+i2\pi fT)^3}$ Boden diagrammi.



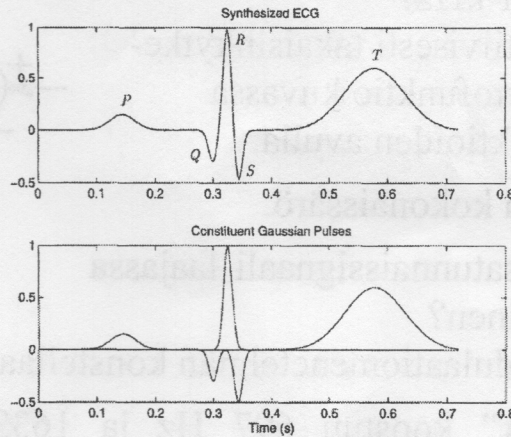
$\frac{1}{NTs} = \frac{f_s}{N}$
 $f_s Ts$

2.

Alla oleva kuva esittää terveeltä ihmiseltä mitattua elektrokardiogrammin (EKG) PQRST-kompleksia.



Useita menetelmiä on esitetty EKG-aaltomuodon syntetisoimiseen. Yksi suosittu lähestymistapa on esittää signaali usean Gaussin pulssin summana. Alla oleva kuva esittää PQRST-kompleksin jakamista Gaussin pulsseihin.



Yksinkertaisin malli PQRST-kompleksille on viiden Gaussin pulssin summa:

$$x(t) \approx \sum_{m \in \{P, Q, R, S, T\}} x_m(t)$$

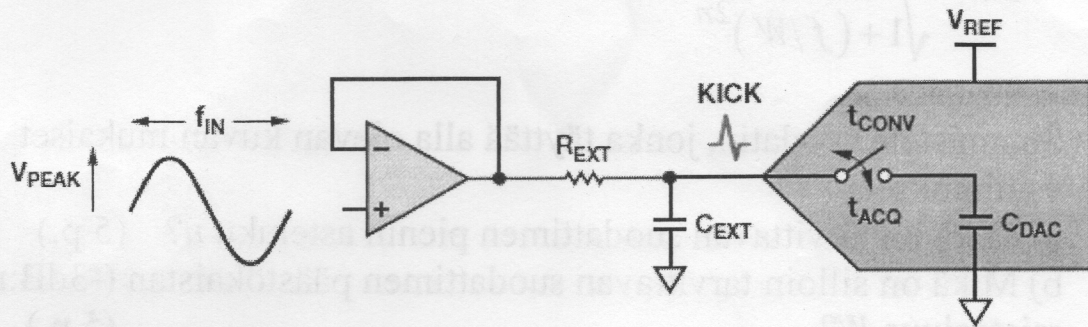
$$x_m(t) = A_m \exp\left(-a_m (t - \tau_m)^2\right)$$

missä A_m on pulssin amplitudi, $a_m > 0$ on muotoparametri ja τ_m on viive.

Ratkaise aaltomuodon $x(t)$ Fourier-muunnos $X(f)$. (10 p)

3.

Analogia-digitaalimuuntimen (ADC) etupäässä käytetään RC-suodatinta rajoittamaan kaistan ulkopuolisen kohinan tehoa sekä vaimentamaan kytketyn kondensaattorin aiheuttamaa impulssia tulosignaaliin.



RC-suodattimen impulssivaste on
$$h(t) = \begin{cases} \exp\left(-\frac{t}{R_{EXT}C_{EXT}}\right) & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$
, missä

$$R_{EXT} = 18.9 \text{ } \Omega \text{ ja } C_{EXT} = 2.7 \text{ nF} = 2.7 \cdot 10^{-9} \text{ F}.$$

a) Ratkaise suodattimen askelvaste, eli suodattimen lähtösignaali kun tulosignaali on

$$v(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t \geq 0 \end{cases}$$

(7 p)

b) Ratkaise suodattimen nousuaika.

(3 p)

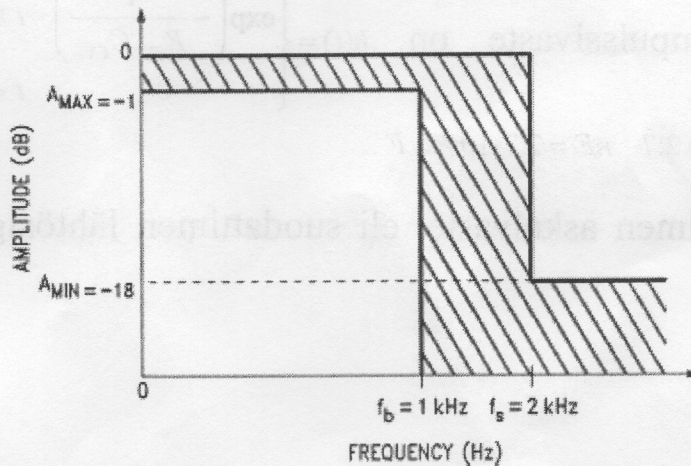
4.

Butterworth -alipäästösuodattimen amplitudifunktio on

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

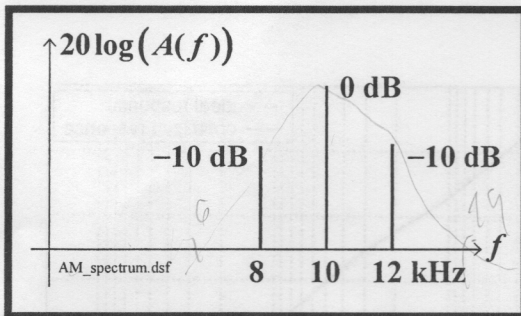
Suunnistele suodatin, jonka täyttää alla olevan kuvan mukaiset vaatimukset.

- Mikä on tarvittavan suodattimen pienin asteluku n ? (5 p.)
- Mikä on silloin tarvittavan suodattimen päästökaistan (-3dB:n) rajataajuus W ? (5 p.)



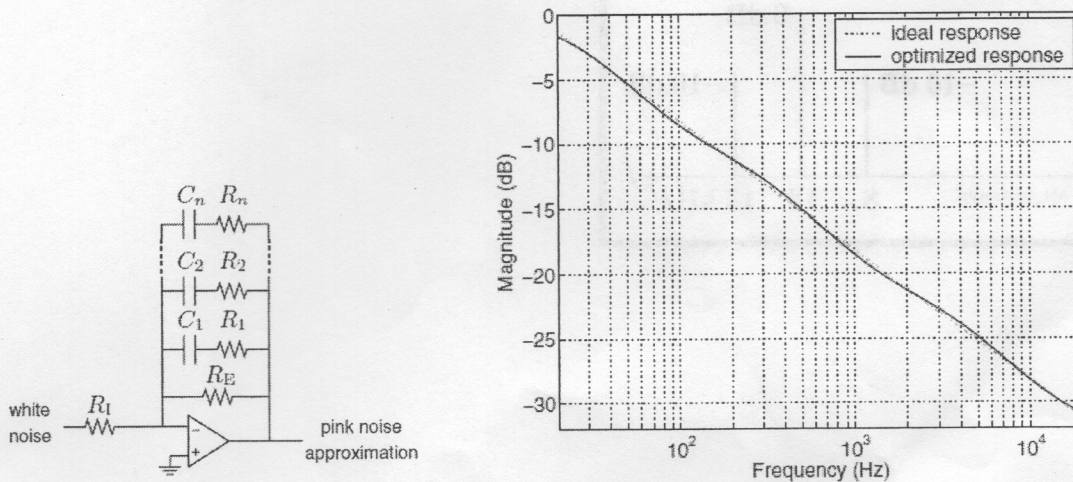
5.

Oheinen kuva esittää spektrianalysaattorilla mitattua AM-moduloidun signaalin yksipuolista amplitudispektriä (siniaaltoja vastaavat spektriviivat). Ratkaise moduloivan signaalin taajuus ja modulaatioindeksi.



6.

Vaaleanpunaista kohinaa (pink noise) käytetään esimerkiksi audiojärjestelmien testaamiseen. Vaaleanpunaista kohinaa voidaan tuottaa esimerkiksi suodattamalla valkoista kohinaa käyttämällä alla olevan kuvan mukaista piiriä.



Oletetaan, että piiriin syötetään kaistarajoitettua valkoista kohinaa, jonka teho on tasajakautunut taajuuksille 100 Hz - 10000 Hz. Kaistarajoitetun kohinan tehospektri (W/Hz) on

$$S(f) \approx \begin{cases} 10^{-3} & 100 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz} \\ 0 & \text{muutoin} \end{cases}$$

Suodattimen taajuusvaste on kyseisellä taajuusalueella on

$$H(f) \approx \frac{4}{\sqrt{f}}$$

Mikä on piirin tuottaman vaaleanpunaisen kohinan keskimääräinen teho taajuusalueella 100 Hz - 10 kHz?

Vinkki: $\int \frac{1}{x} dx = \ln x + C$