

(English questions on the other side.) Ei materiaaleja, peruslaskin ok. Laati J. Talvitie.

1. Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin ja perustele vastauksesi:
  - a. Kerro Fourier-sarjan ja Fourier-muunnoksen eroista. Millaisia käyttörajoituksia kummankin muunnoksen hyödyntämiseen liittyy? Kumman menetelmän valitsisit, jos haluaisit tutkia (jaksollisen) sinimuotoisen signaalin spektrisisältöä? (2p)
  - b. Mitä tarkoitetaan ristikorrelaatio- ja autokorrelaatiofunktioilla determinististen (eli ei satunnaisten) signaalien yhteydessä? Miten autokorrelaatiofunktio liittyy tehospektrintiheysfunktioon? (2p)
  - c. Mitä tarkoitetaan stationäärisyydellä (laajassa mielessä) puhuttaessa satunnaishetvityksistä? Lämpökohina mallinnetaan usein additiivisena valkoisena Gaussin prosessina (odutusarvolla nolla). Onko tämä prosessi stationäärinen? (2p)
  
2. Mitä tarkoitetaan yleisesti vääristämättömällä tiedonsiirtokanavalla? Jos lähetetty signaali on  $x(t)$ , miten vastaanotettu signaali  $y(t)$  riippuu tällöin (vääristämättömässä siirtokanavassa) lähteestä  $x(t)$  ja siirtokanavan ominaisuuksista? Mitä muotoa on tämän perusteella vääristämättömän kanavan siirtofunktio, ja edelleen amplitudi- ja vaihevasteet? Entä millaisia eri vääristymiä tiedonsiirtojärjestelmissä tyypillisesti syntyy ja miten ne vaikuttavat siirrettävän signaalin spektriin?
  
3. a) Kaistanpäästösignaalien yleinen esitysmuoto on
 
$$x_{BP}(t) = A(t)\cos(\omega_c t + \phi(t)) = x_I(t)\cos(\omega_c t) - x_Q(t)\sin(\omega_c t)$$

Hahmottele tällaisen signaalin aaltomuoto ja periaatteellinen spektri. Mitä em. lausekkeen suureet  $A(t)$ ,  $\phi(t)$  ja  $\omega_c$  (tai  $f_c$ ) fysikaalisesti kuvaavat? Hahmottele myös vastaavan ns. alipäästöekvivalentin signaalin periaatteellinen spektri. (3p)

b) Selitä synkronisen ilmaisun/ilmaisimen periaate piirtämällä ilmaisimen periaatteellinen lohkokkaavio ja havainnollista toimintaperiaatetta oleellisilla spektrikuville ilmaisimen eri osissa. Mitä käytännön ongelmia synkroniseen ilmaisuun liittyy? (3p)
  
4. Selitä lyhyesti taajuusmodulaation (FM) periaate. Hahmottele myös FM moduloitun signaalin (i) periaatteellinen aaltomuotoikäyttäytyminen ja (ii) periaatteellinen spektri kun moduloivana signaalina on yksittäinen siniaalto (taajuus  $f_M$ ). Kuvaile myös miten taajuusdeviaatio vaikuttaa FM-signaalin aaltomuotoon ja spektriin. Parantaaksesi FM-ilmaisun laatua (signaali-kohinatehosuhdetta) kasvattaisitko vai pienentäisitkö taajuusdeviaatiota? Miksi?
  
5. Tarkastellaan digitaalista kantoaaltomoduloitua PAM/PSK/QAM siirtojärjestelmää, jossa tavoitebittinopeus on 50 Mbits/s ja käytettävissä oleva siirtokaista keskitaajuuden ympärillä on 20 MHz. Suunnittele järjestelmä eli valitse omasta mielestäsiärkevät arvot järjestelmän avainparametreille (symbolinopeus, aakkoston koko, lisäkaistakerroin, tms). Perustele toki. Entä jos kyseessä onkin kantataajuinen PAM siirtojärjestelmä samalla tavoitebittinopeudella (50 Mbits/s) ja samalla fysikaalisella kaistanleveydellä (20 MHz)?

Maksimipisteet:  $5 \times 6 = 30$ p.

(Finnish questions on the other side.) No materials. Basic calculator OK. Prepared by J. Talvitie.

1. Answer briefly to the following questions and justify your answers:
  - a. Describe differences between Fourier series and Fourier transformation concepts. What kind of use case limitations there are for exploiting the concepts? Which one would you use to study spectral content of a (periodic) sinusoidal signal? (2p)
  - b. What is meant by cross-correlation and autocorrelation function in case of deterministic (i.e. not random) signals? How autocorrelation function is related to the power spectrum density function? (2p)
  - c. What is meant by stationarity (in wide-sense) in case of random processes? Thermal noise is usually modeled as an additive white Gaussian process (with expected value of zero). Is this process stationary? (2p)
  
2. Explain the concept of distortionless transmission. Given the transmit signal is  $x(t)$ , and the system is distortionless, how does the received signal  $y(t)$  depend on the transmit signal and the properties of the system? Based on this, what kind of transfer function, and thereon amplitude- and phase responses, does a distortionless system have? What kinds of distortions are typically encountered in transmission systems, and how do they affect the signal spectrum?
  
3. a) A general bandpass signal can be expressed mathematically as
 
$$x_{BP}(t) = A(t)\cos(\omega_c t + \phi(t)) = x_I(t)\cos(\omega_c t) - x_Q(t)\sin(\omega_c t)$$

Sketch an example waveform and the corresponding spectrum of this kind of signal. In the above expression, what do the quantities or functions  $A(t)$ ,  $\phi(t)$  and  $\omega_c$  (or  $f_c$ ) represent physically? Sketch also the spectrum of the corresponding lowpass equivalent signal. (3p)
  
- b) Illustrate the principle of synchronous detection by drawing a principal block-diagram of a synchronous detector. Sketch the essential signal spectra at different stages of the detector. What are the main practical difficulties in using synchronous detection? (3p)
  
4. Explain shortly the basic idea of frequency modulation (FM). Sketch also the essential waveform shape and spectrum of the modulated signal (at principal levels) when the modulating signal is a single sine-wave (frequency  $f_M$ ). Also, describe how frequency deviation affects the FM signal waveform and spectrum. To improve FM detection quality (signal-to-noise power ratio), would you increase or decrease the frequency deviation? Why?
  
5. Let's consider a carrier-modulated digital PAM/PSK/QAM system where the target bit rate is 50 Mbits/s and the available transmission bandwidth around the center-frequency is 20 MHz. Design the system at waveform level, i.e., determine reasonable values for the key parameters (symbol rate, alphabet size, excess bandwidth, etc.). Explain the thinking behind your design. How about the corresponding design in case of baseband PAM system with the same target bit rate of 50 Mbits/s and similar physical transmission bandwidth of 20 MHz?

Maximum points:  $5 \times 6 = 30$ p.