

(English version on the other side of the sheet)

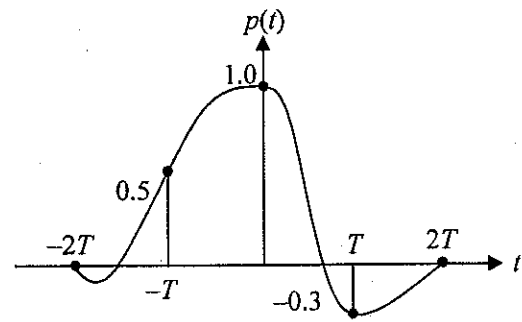
1. (a) Selitä lyhyesti mitä *tiedonsiirtojärjestelmien yhteydessä* tarkoitetaan termeillä/käsitteillä (i) informaatio, (ii) entropia ja (iii) kanavan kapasiteetti. [3p]
- (b) Pohdi signaalitehon ja kaistanleveyden merkitystä ja toisaalta keskinäistä yhteyttä digitaalisten tiedonsiirtojärjestelmien suorituskyvyn kannalta. Tarkastele asiaa toisaalta teoreettiselta kannalta (lähtien AWGN aaltomuotokanavan kapasiteettilaista  $C = W \log_2(1 + S/N)$ ), ja toisaalta myös käytännön siirtotekniikoiden (esim. PAM) näkökulmasta. [3p]

2. Tarkastellaan *kantataajuista* PAM siirtoketjua.

(a) Selitä lyhyesti mitkä ovat lähetyksen ja vastaanottosuodattimien tärkeimmät tehtävät yleisesti. Entä mitä tarkoitetaan Nyquist pulssinmuokkauksella? [2p]

(b) Miten lähetteen vaatima kaistanleveys määräytyy symbolinopeudesta? Mitä tässä yhteydessä tarkoitetaan lisäkaistalla (excess bandwidth)? Entä miten itse bittinopeus määräytyy? [2p]

(c) Oletetaan, että vastaanottosuodattimen jälkeinen pulssimuoto  $p(t)$  on viereisessä kuvassa. Miten vastaanottosuodattimen jälkeisestä signaalista hetkellä  $t = kT$  otettu näyte riippuu vastaavasta lähetetystä symbolista ja toisaalta muista symboleista? Mitä nimitystä tästä ilmiöstä käytetään? Jos oletetaan että symboliaakkosto on  $\{\pm 1\}$ , kuinka suuri voi näytteen poikkeama lähetetystä symbolista pahimmillaan olla tässä tapauksessa? [2p]



3. (a) Esitä *kantaaaltomoduloituissa* PAM/PSK/QAM siirtojärjestelmissä käytetyn kvadratuurimodulaation (I/Q-modulaation) yleinen periaate. Esitä lähettimen ja vastaanottimen lohko-kaaviot (yleisellä tasolla). Havainnollista periaatetta oleellisilla spektrikuvilla eri kohdissa järjestelmää. Millaista roolia pulssinmuokkaus tässä yhteydessä näyttää? Entä miten bittinopeus ja kaistanleveys nyt määräytyvät? [4p]

(b) Oletetaan, että PAM/PSK/QAM järjestelmän summautuva kanavakohina on Gauss-jakautunutta. Miten symboliaakkosto tulisi suunnitella jos halutaan minimoida *symbolivirhetodennäköisyyttä* (olettaen minimietäisyyteen perustuva ilmaisu)? Miksi? Miten tämä liittyy käytettävään lähetystehoon? Jos aakkosto ja *symbolivirhetodennäköisyys* ovat kiinnitetty, miten ja miksi ns. Gray-koodi auttaa minimoimaan *bittivirhetodennäköisyyttä*? [2p]

4. Mitä tarkoitetaan (i) spektraalisella tehokkuudella ja (ii) energiatehokkuudella tiedonsiirtoaaltomuotojen yhteydessä? Mistä spektraalinen tehokkuus määräytyy *kantaaaltomoduloituissa* PAM/PSK/QAM järjestelmässä, ja miksi (anna myös jokin numeerinen esimerkki)? Jos tavoiteltava symbolivirhetodennäköisyys ja kaistanleveys ovat kiinnitetty em. PAM/PSK/QAM järjestelmässä, miten spektraalisen tehokkuuden kasvattaminen vaikuttaa tarvittavaan lähetystehoon? Perustelee. [6p]

5. Oletetaan, että havainto  $Y = A + N$  missä  $A$  on lähetetty symboli ja  $N$  Gaussinen kohina muuttuja. Oletetaan vielä, että kyseessä on binäärinen aakkosto  $\{-a, +a\}$  ja symbolitodennäköisyydet  $P_A(+a) = 0.8$  ja  $P_A(-a) = 0.2$ . Hahmottele tässä esimerkkitilanteessa Maximum Likelihood (ML) ja Maximum A Posteriori (MAP) ilmaisimiin liittyvät periaatteelliset todennäköisyysjakaumat ja selitä tämän perusteella miten ilmaisimet toimivat. [6p]

**Huom:** Kurssin harjoitustyö pian tehtävissä, lisätiedot verkkosivulla pikapuoliin...