

Työ 4

PCM:N JA MODULAATIOIDEN TUTKIMINEN

Esiselostustehtävät

Esiselostuksesi tarkastaa työn valvoja varsinaisen työn alussa. Selostuksesta on hyötyä F-401:n Matlab-työtä ja loppuselostusta varten.

1. PCM

- a) PCM tulee sanoista Pulse Code Modulation, joskin lyhenne tarkoittaa käytännössä analogisen signaalin muuttamista digitaaliseen muotoon eli AD-muunnosta (analogia-digitaalimuunnosta).
> **Piirrä** järjestelmän lohkokkaavio, kun toimintakuvaus on seuraava:
Analoginen signaali $x(t)$ eli puhe tai vastaava kytketään alipäästösuodattimen kautta A-lain mukaiseen kompressiopiiriin, josta signaali etenee näyte- ja pitopiiriin (S&H, Sample and Hold). Siitä signaali etenee AD-muuntimelle. Sitten sarjamuotoinen data etenee tietoverkkoon, josta data saapuu vastaanottajalle, jolla ovat tarpeelliset lohkot niin, että hän kuulee (lähes) alkuperäisen signaalin. Lohkojen merkinnöissä saa käyttää omia merkintöjä tai selityksiä.
- b) Oletetaan, että AD-muuntimen ymmärtämä jännitealue on välillä $-1 \dots +1$ (volttia). Muunnin on 8-bittinen.
> **Laske** kvantisointiportaan suuruus voltteina kaavat esittäen.
> **Laske** myös suurin mahdollinen kvantisointivirhe (pyöristysvirhe lähimpään kvantisointitasoon) voltteina kaavat esittäen.
- c) Oletetaan, että AD-muunnoksia tehdään tasan 8000 kpl sekunnissa ja muunnin on 8-bittinen.
> **Laske** datanopeus (yksikkö bit/s eli bps) muuntimen lähdössä.
> **Päättelä** järjestelmän alipäästösuodattimen suurin mahdollinen rajataajuus, jos suodatin on ideaalista mallia.
> **TÄYDENNÄ** kohtien b ja c arvoilla kohdassa a piirtämäsi kuva!
- d) Oletetaan, että em. järjestelmän näyte- ja pitopiirille syötetään siniaaltoja taajuudella 1500 Hz. Aallon amplitudit ovat välillä $-1 \dots +1$ volttia. Nyt muunnin on **4-bittinen**. Huomaa siniaalto ja hetki $t = 0$.
> **Piirrä/hahmottele** kuva, jossa näkyy 1 jakso siniaaltoja aika- ja jännitearvoineen ajan hetkestä $t = 0$ alkaen.
> **Esitä** kuvassa näytekohdat aika-alueessa (1. näyte hetkellä $t = 0$) ja kvantisointiarvot jännite- eli y-akselilla numeroarvoina ($0 \dots 15$), niin että $0 = -1$ V ja $15 = +1$ V.
> **Piirrä/hahmottele** näyte- ja pitopiirin lähtösignaali samaan kuvaan. Opastus: näytearvo pysyy vakiona seuraavaan näytearvoon saakka.
> **Piirrä/hahmottele** kuvaan vastaanottajan DA-muuntimen lähtösignaali, kun AD- ja DA-muuntimien välillä on suora yhteys (lanka). Opastus: signaali pysyy vakiona seuraavaan näytearvoon saakka.
> **Ohje:** Käytä ruutupaperia tai ruudukkoa, johon näytekohdat ja kvantisointitasot on helppo merkitä. Käytä käyrämerkinnöissä eri värejä tai tyyliä, jotta piirretyt kolme signaalia eli tulosaatio, näytteistetty signaali ja vastaanottajan DA-signaali ovat helppo havaita.
- e) Miksi A-lain mukaista kompressio/dekompressio-menettelyä (siis kompandaria) käytetään edelleen yleisessä televerkossa? 1-2 rivin essee riittää. Vinkki: Puhesignaalin amplitudijakauma.

2. AM

AM:n (amplitudimodulaation) perusyhtälö on muotoa $y_{AM}(t) = U \cdot [1 + m \cdot x(t)] \cdot \cos(2\pi f_c t)$, jossa

U = AM:n kanta-aallon f_c amplitudin (jännitteen) huippuarvo, m = modulaatioindeksi ($0 \dots 1$), $x(t)$ = moduloiva signaali (esimerkiksi ääni) ja f_c = kanta-aallon (c = carrier = kanta-aalto) taajuus. Oletetaan, että AM-lähettimen $m = 0,3$ ja huipputeho on 10 kW sellaisella ajanhetkellä, jolla $x(t) = 0$ ja $\cos(2\pi f_c t) = 1$. Kanta-aallon f_c taajuus on 10 kHz. Lähettimen impedanssitaso on 50 Ω . Lisäksi oletetaan, että moduloiva signaali $x(t)$ on 1000 Hz kosiniaalto, jonka huippuarvo on 1.

- a) **Esitä** modulaatiotuloksen $y_{AM}(t)$ yhtälön lopputulos symbolisessa muodossa.
- b) **Laske** arvo U , kun oletukset amplitudi- ja taajuusarvoineen ovat voimassa.
- c) **Laske** modulaatiotuloksen y_{AM} taajuuskomponenttien jännitteiden ja tehojen huippuarvot.
- d) **Piirrä** signaalin $y_{AM}(t)$ spektrin eli F-muunnoksen itseisarvo $|Y_{AM}(f)|$ eli amplitudispektri 1-puoleisessa taajuusalueessa taajuus- ja jännitearvoineen (numeroarvoineen).