

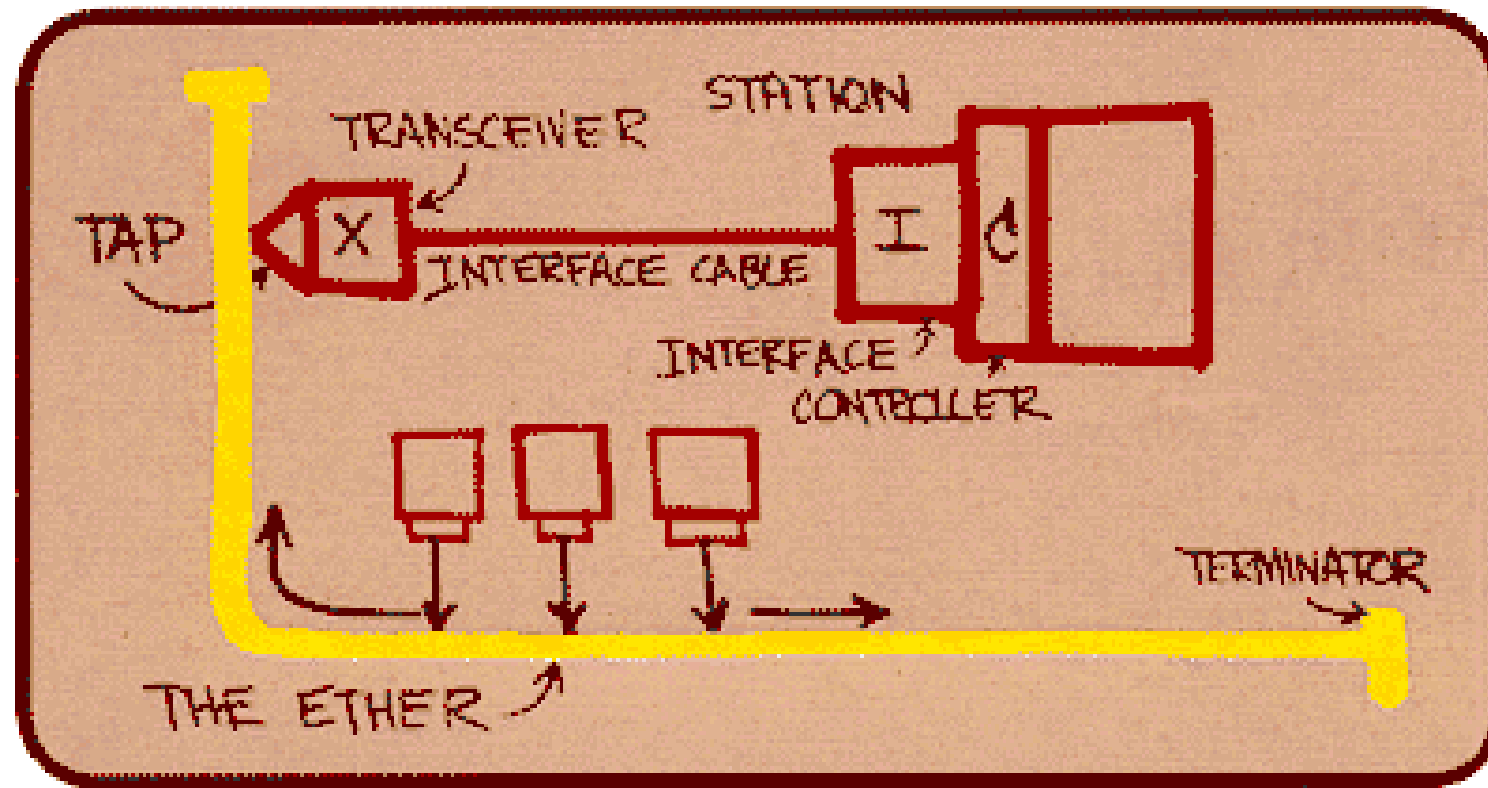
11. Füüsiline kiht

Arvutivõrgud IEE1100

Ivo Mürsepp

10BASE5

- Robert M. Metcalfe



Lainetakistus (karakteristlik impedants)

- Koaksiaalne lainejuht



$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\kappa}} \log \frac{d_1}{d_2}$$

- Kahejuhtmeline lainejuht (keerdpaar)

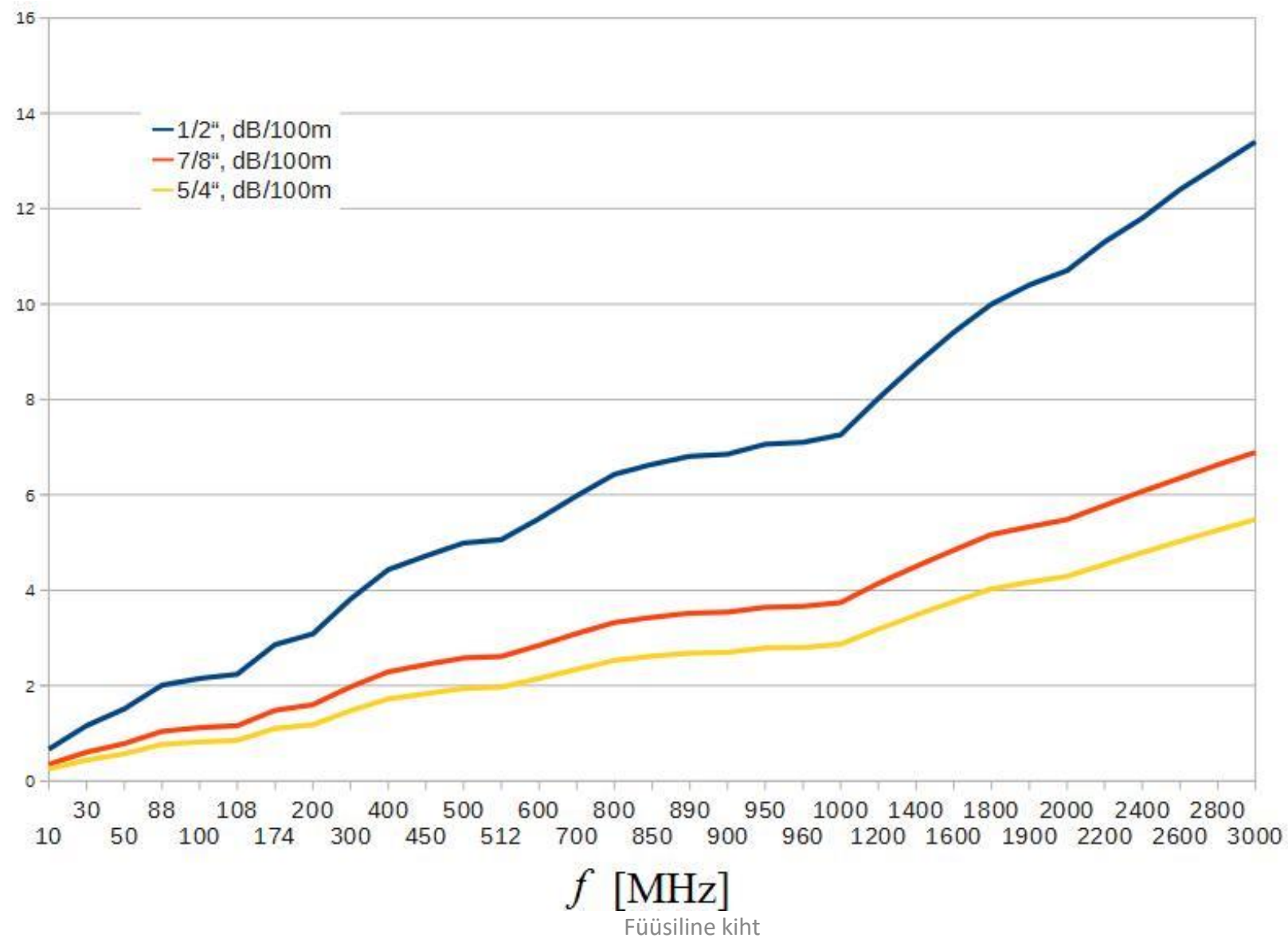


$$Z_0 = \frac{276}{\sqrt{\kappa}} \log \frac{d}{r}$$

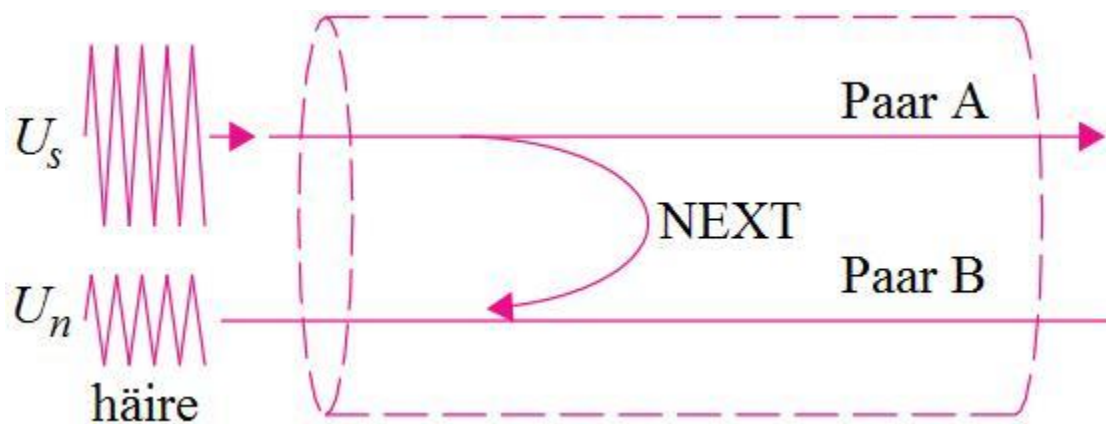
Terminaator



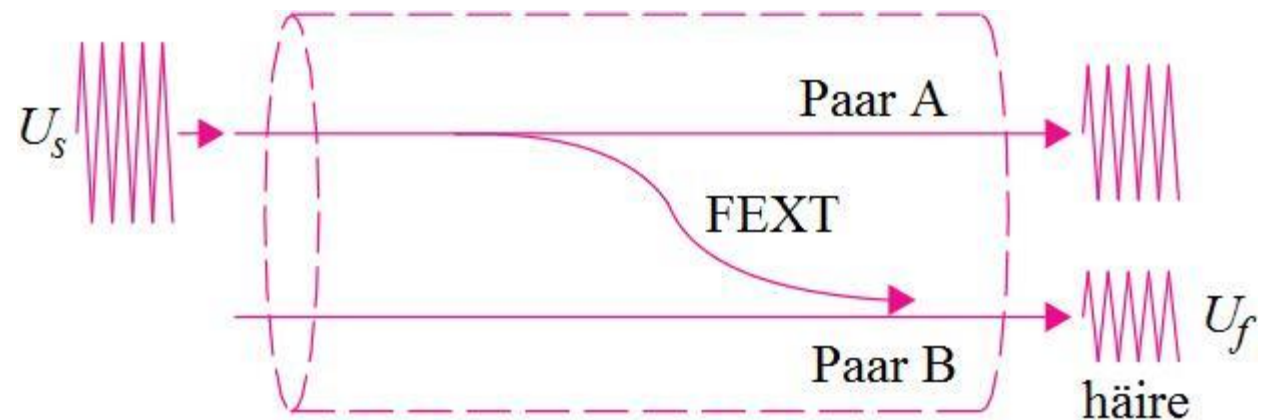
Kaabli Sumbumus



Läbikoste (*crosstalk*)

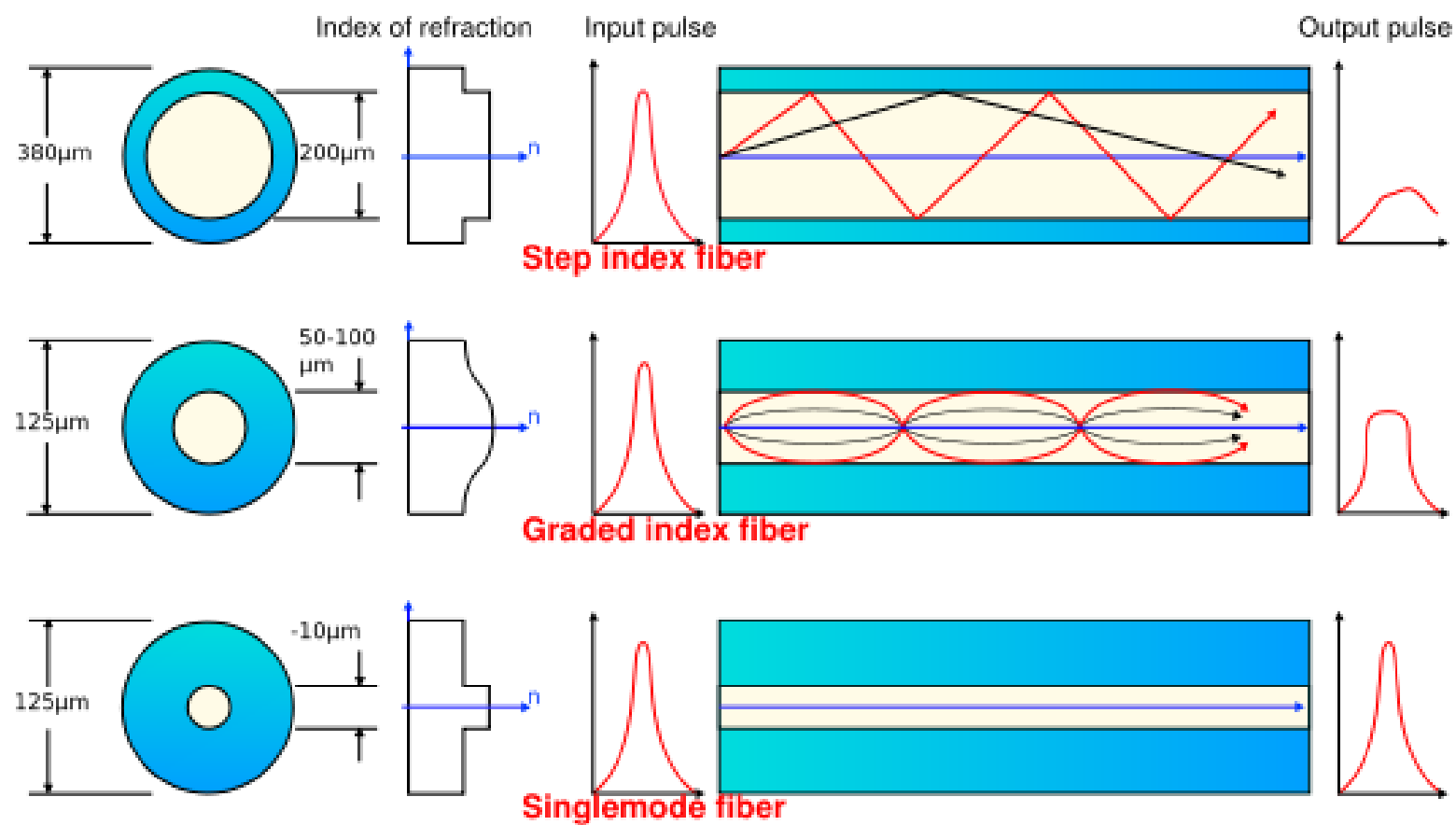


$$NEXT = -20 \log \frac{U_n}{U_s}$$

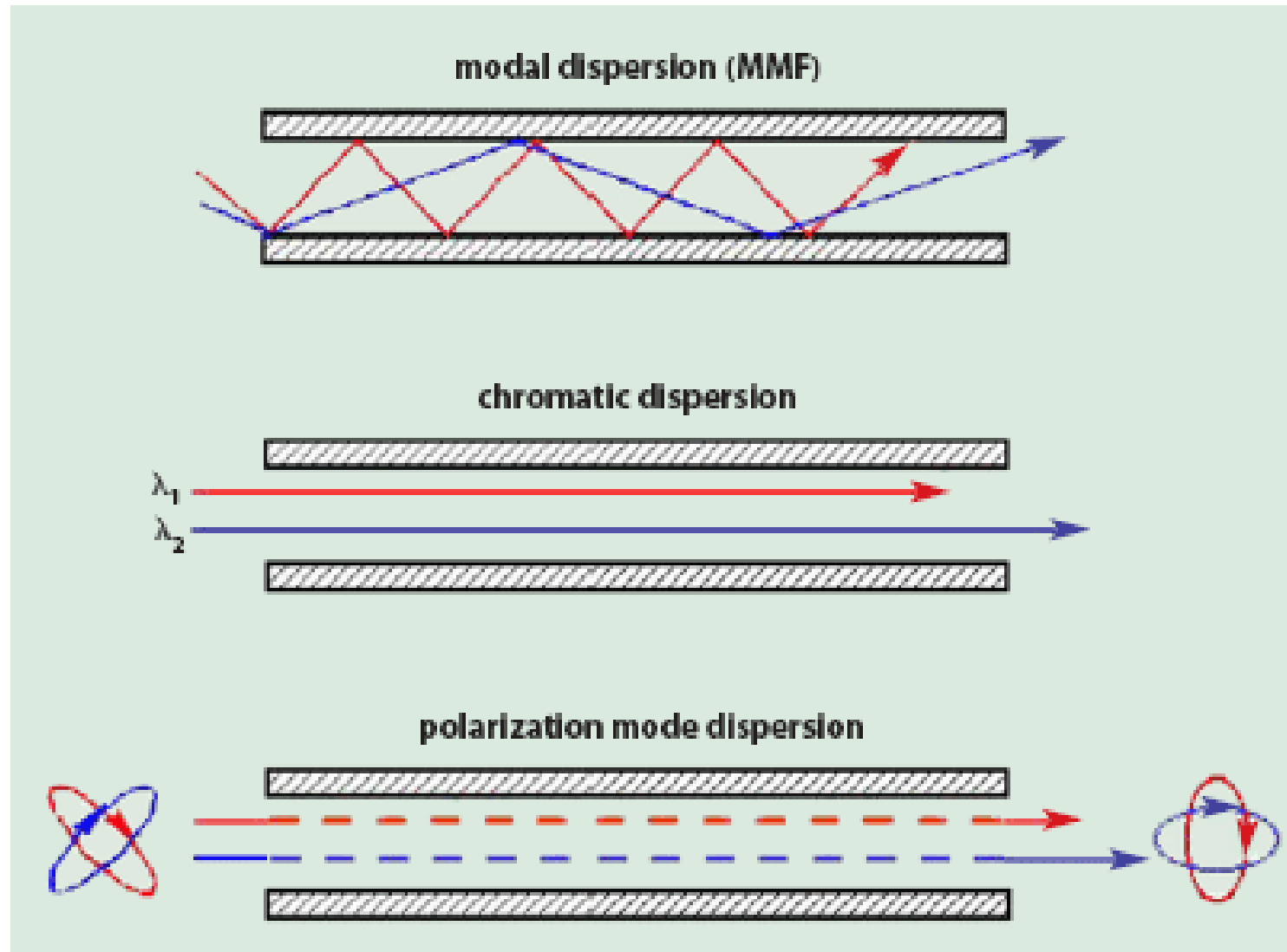


$$FEXT = -20 \log \frac{U_f}{U_s}$$

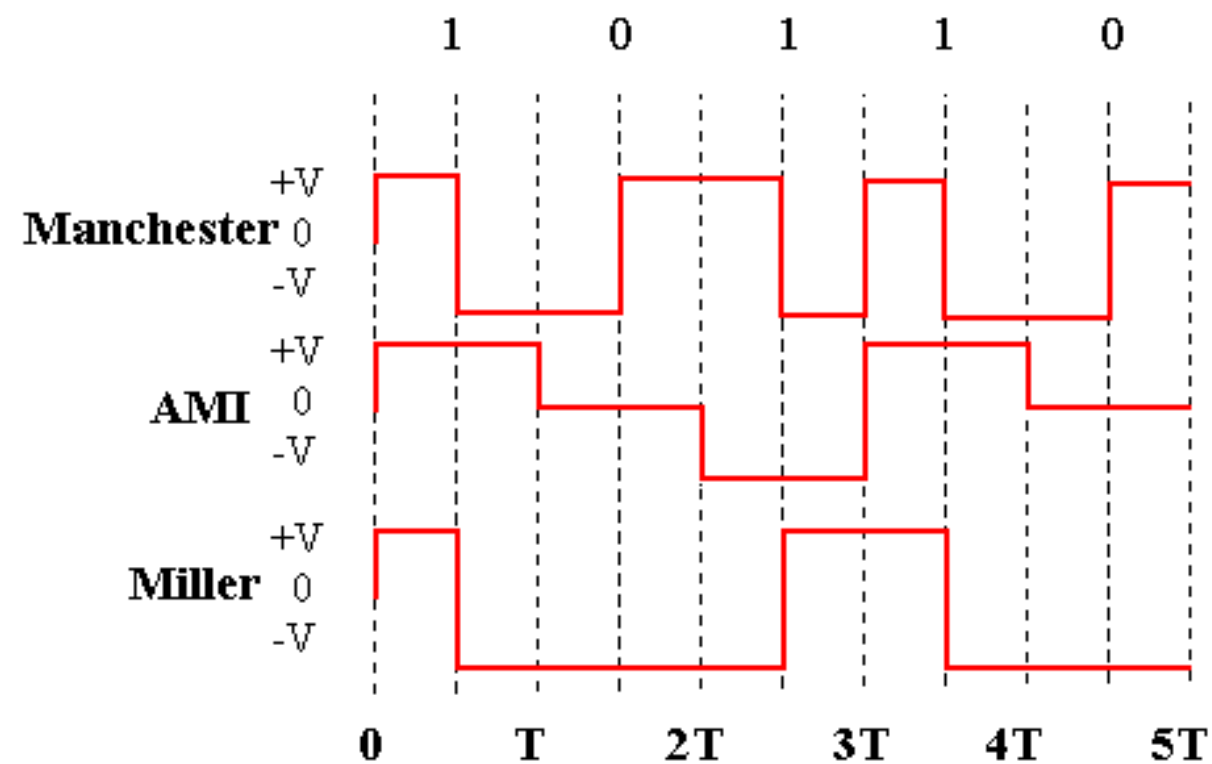
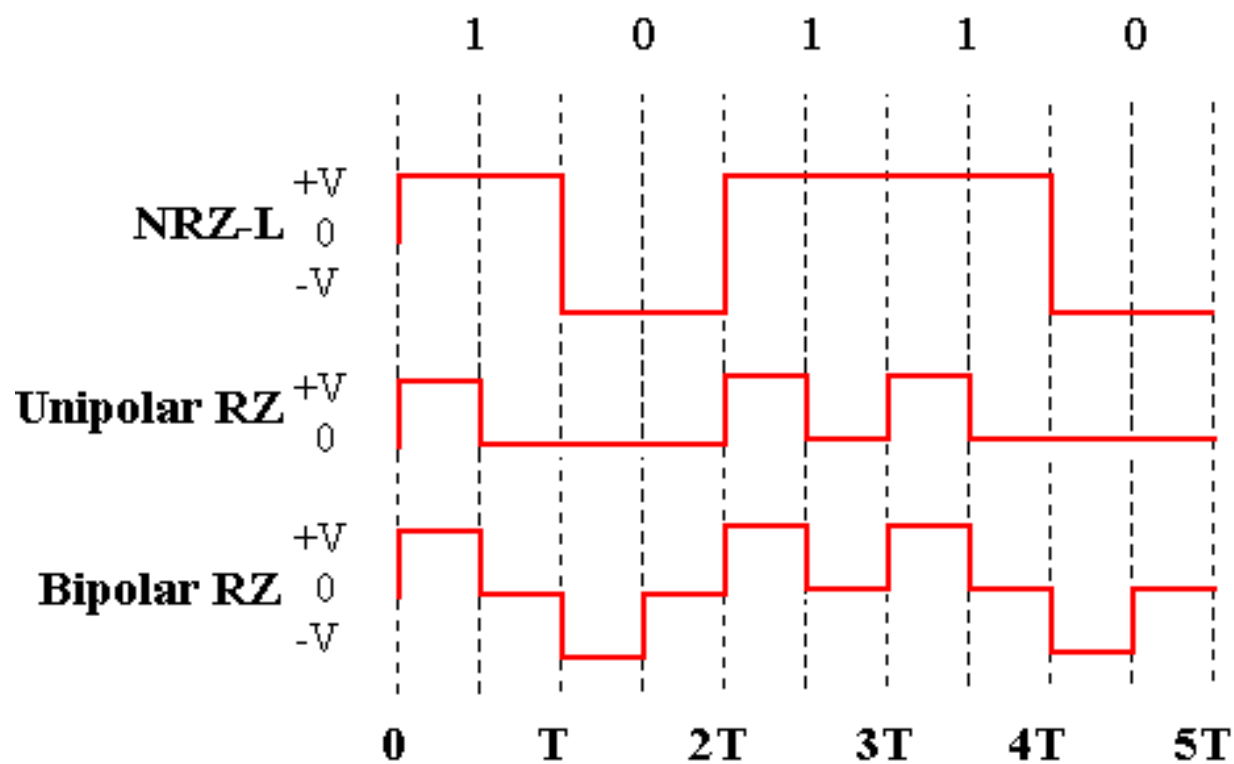
Fiberoptiline kaabel



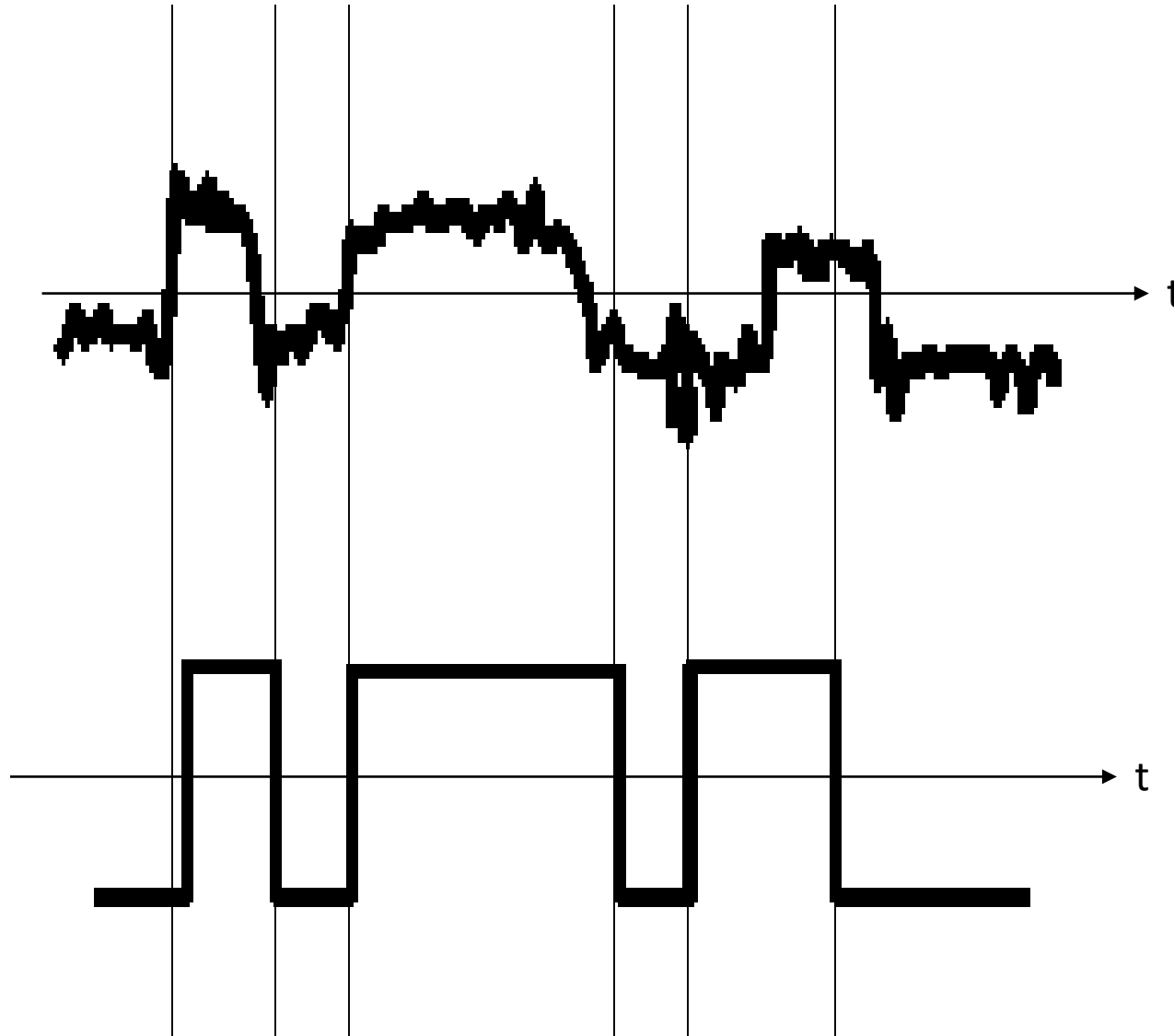
Dispersioon optilistes kaablites



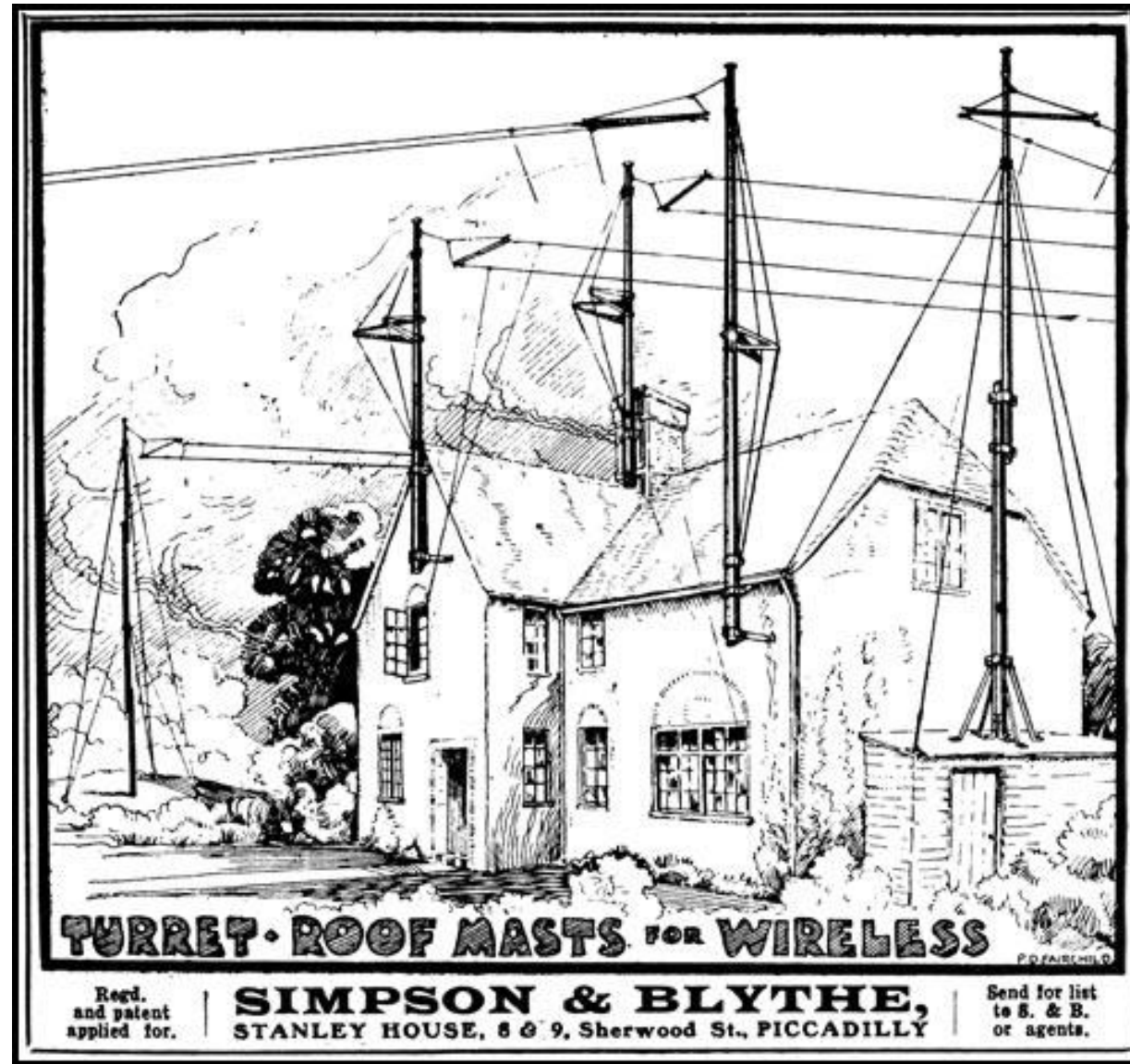
Liinikoodid



Signaali taastamine



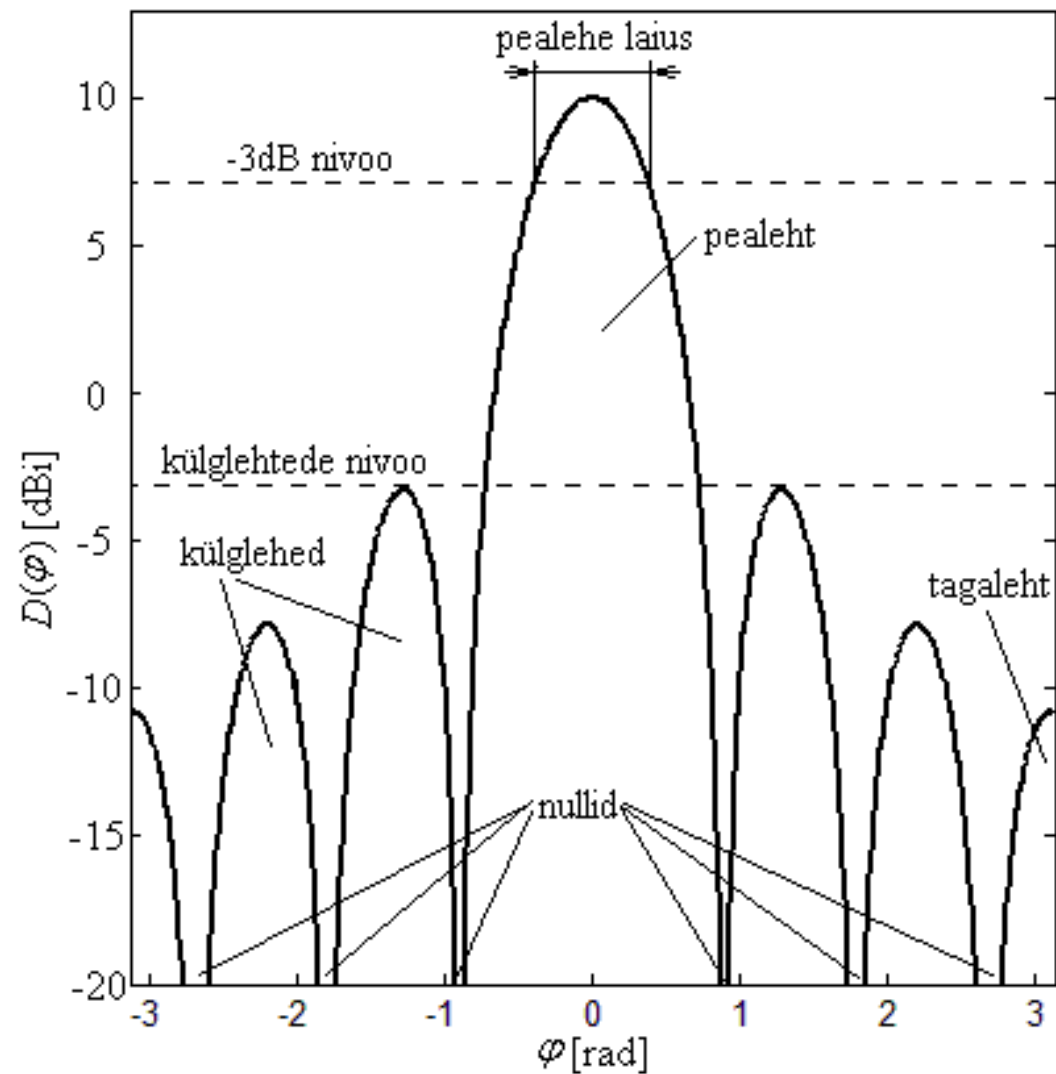
Raadiokanal



Antenn

- Antenn on seade mis muundab elektrivoolu energia elektromagnetkiirguse energiaks ja vastupidi.
- Antenn sobitab omavahel raadioseadme ja eetri.
- Antenni parameetrid
 - Antenni võimendus G [dBi]
$$G = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_{\max}}{P_{\text{Iso}}} \right)$$
 - Impedants Z_a
 - Töösagedused $f_{\min} \dots f_{\max}$ (ribalaius B)
 - Suunadiagramm $D(\theta, \varphi)$
 - ...

Antenni suunadiagramm



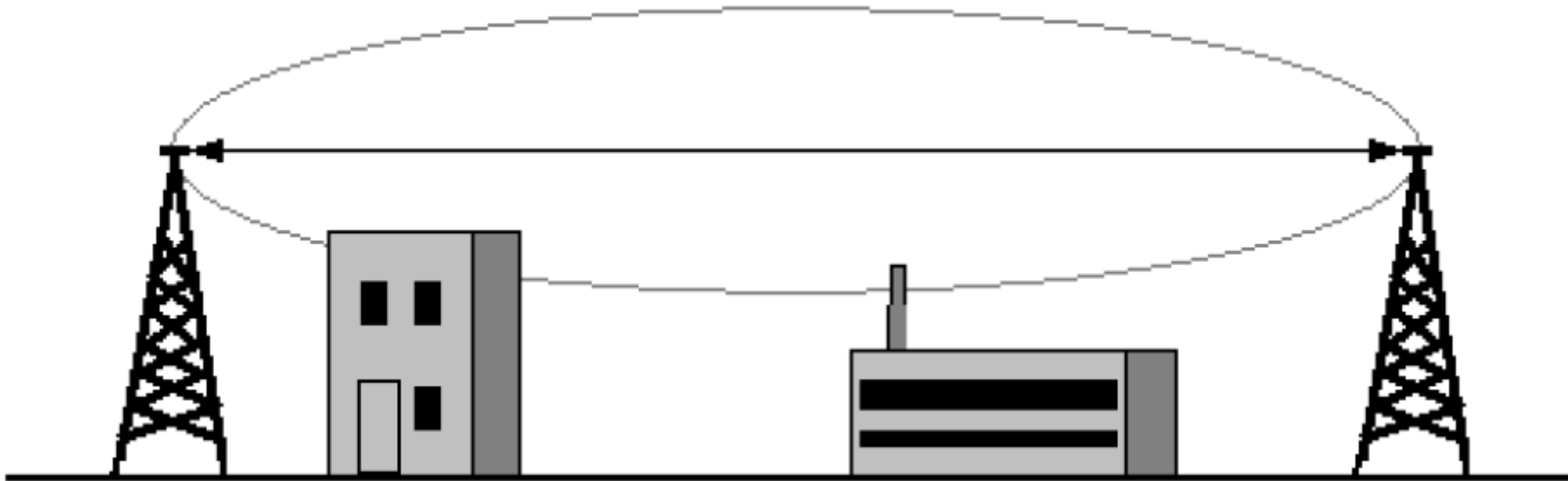
Friis'i valem



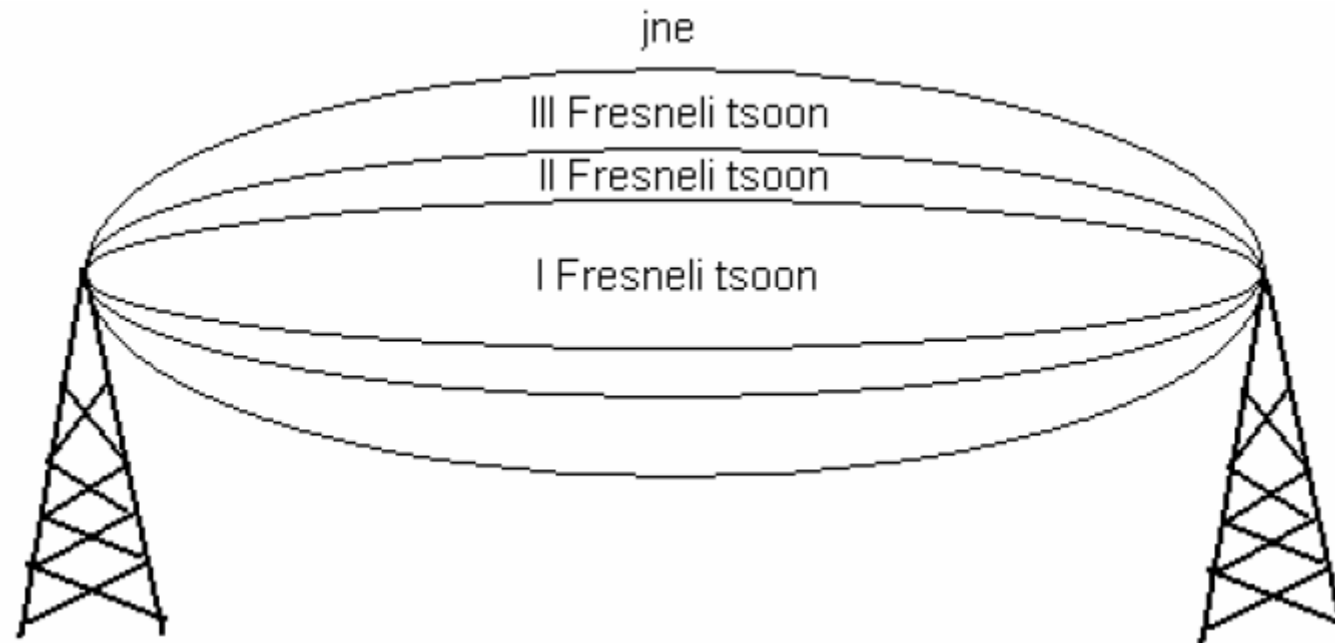
$$P_{Vv} = P_S G_S G_{Vv} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

$$FSL = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2$$

Fresneli tsoon

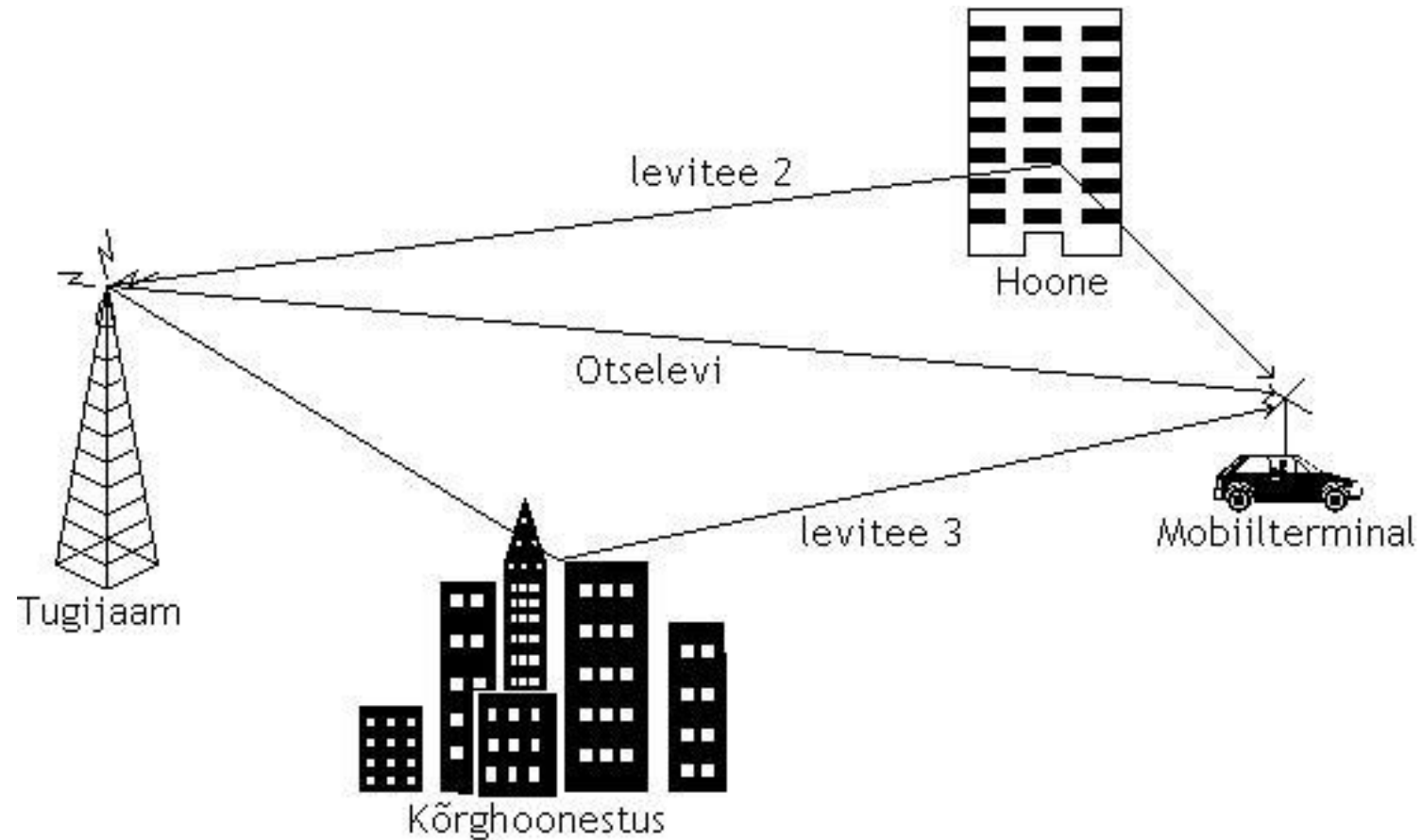


Fresneli tsoonid

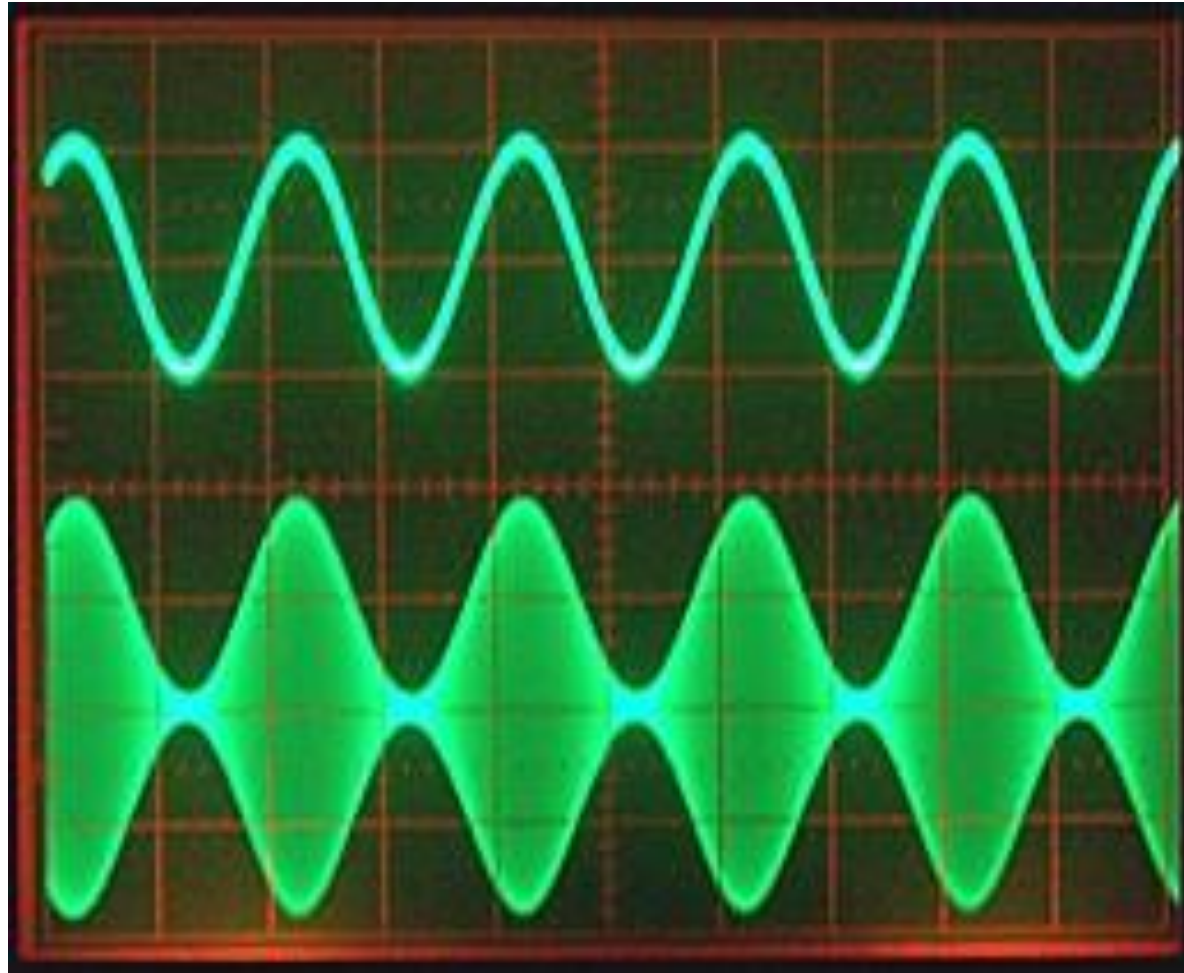


$$d_1 = \sqrt{\lambda \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}}$$

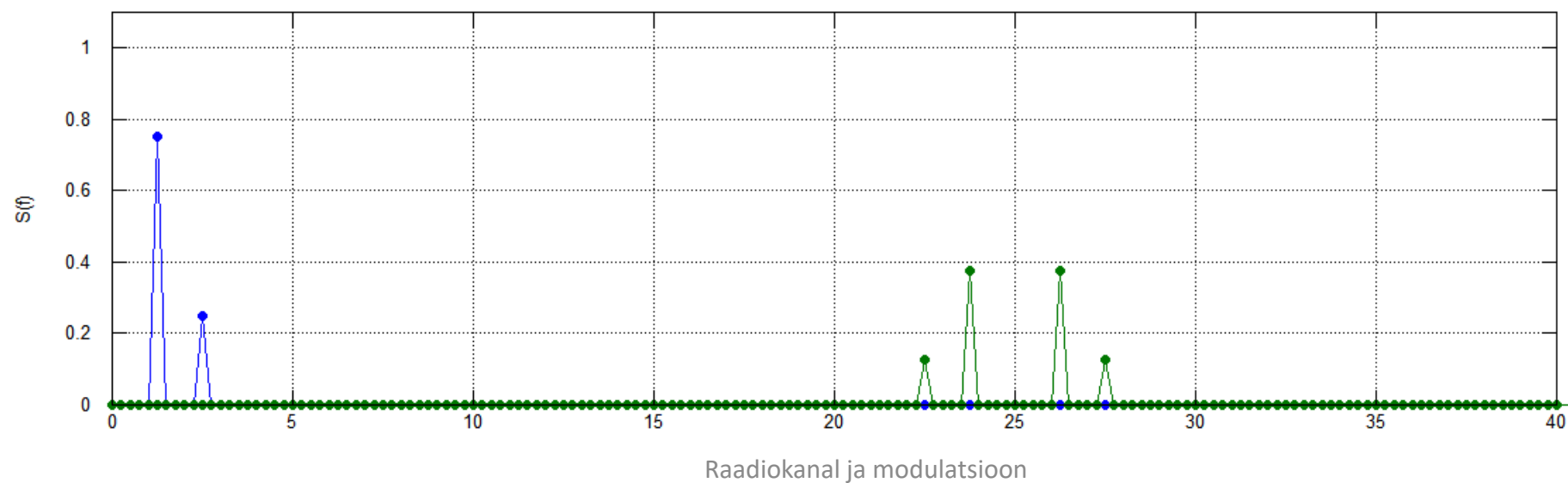
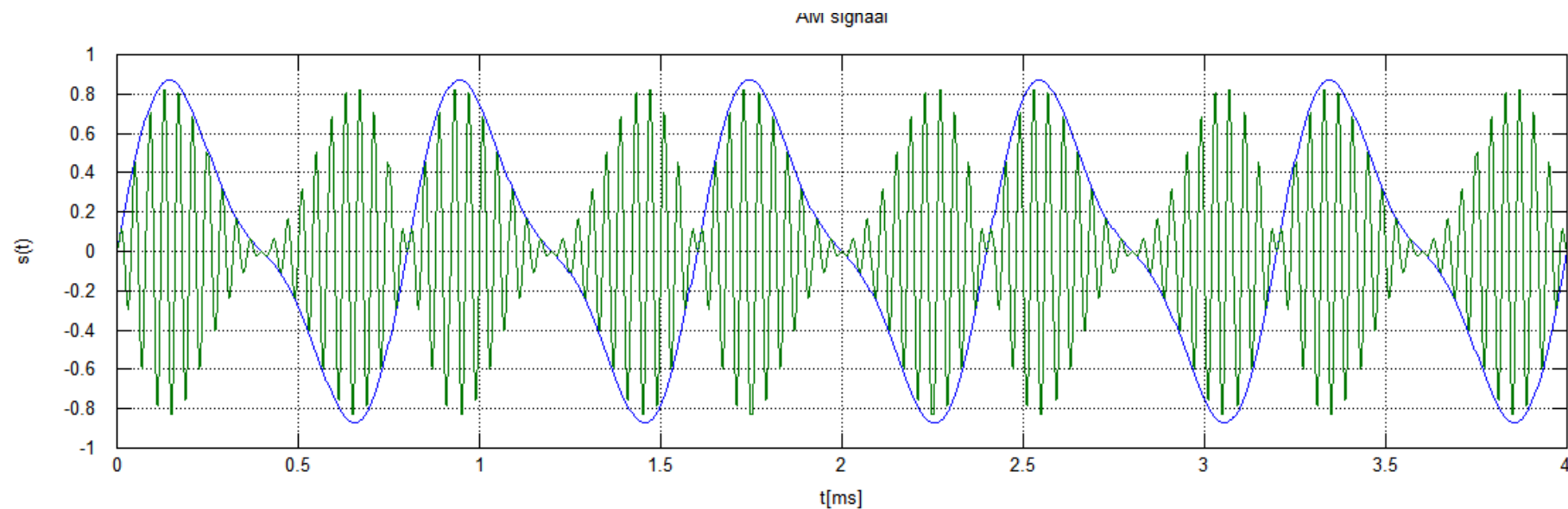
Mitmekiireline levi



Modulatsioon

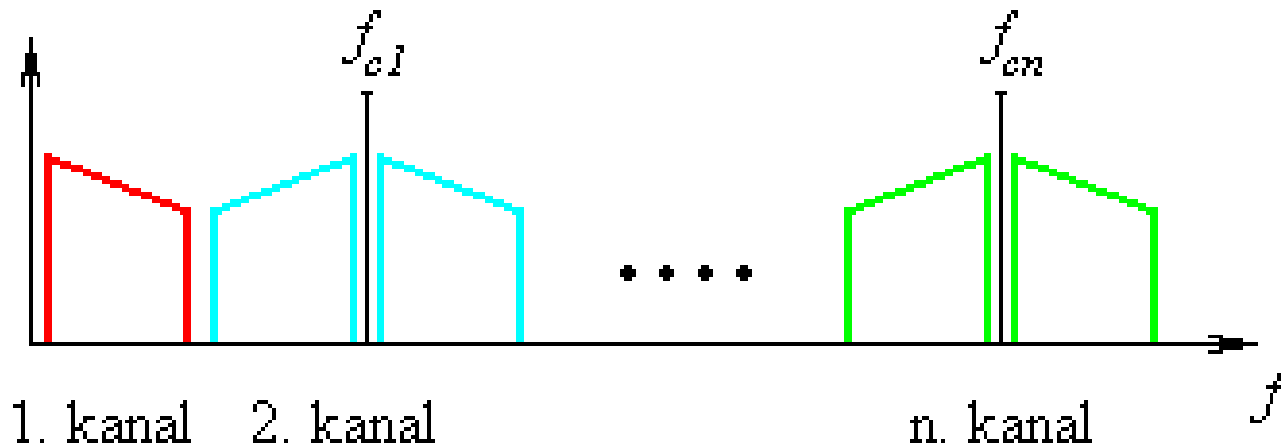
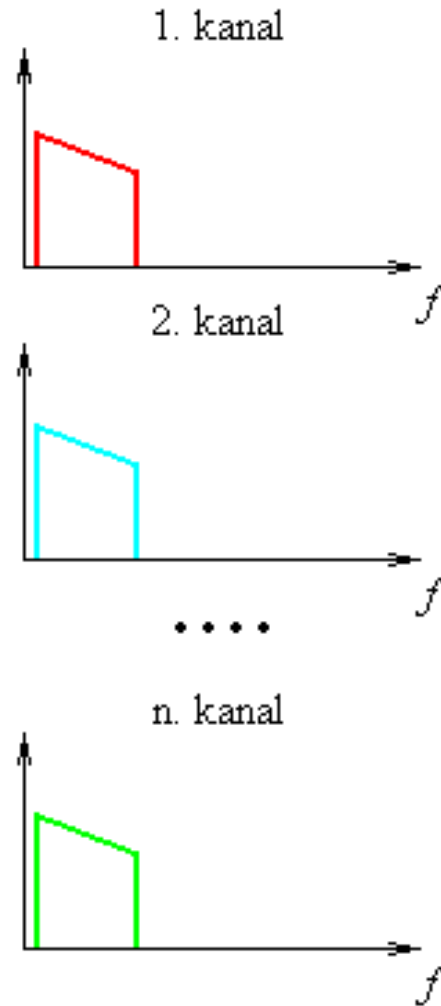


Kandjata amplituudmodulatsioon

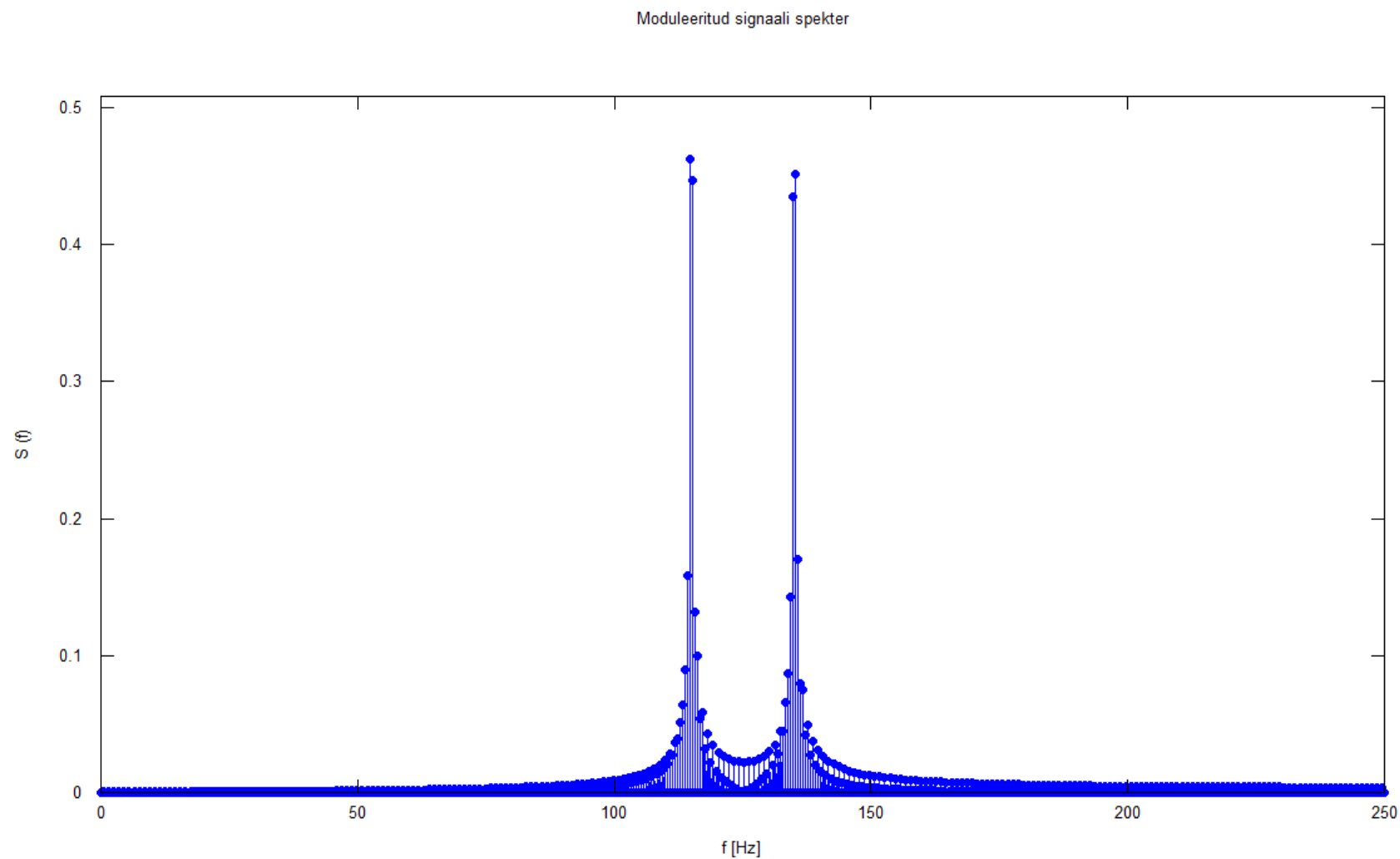


Sagedustihendus (FDM)

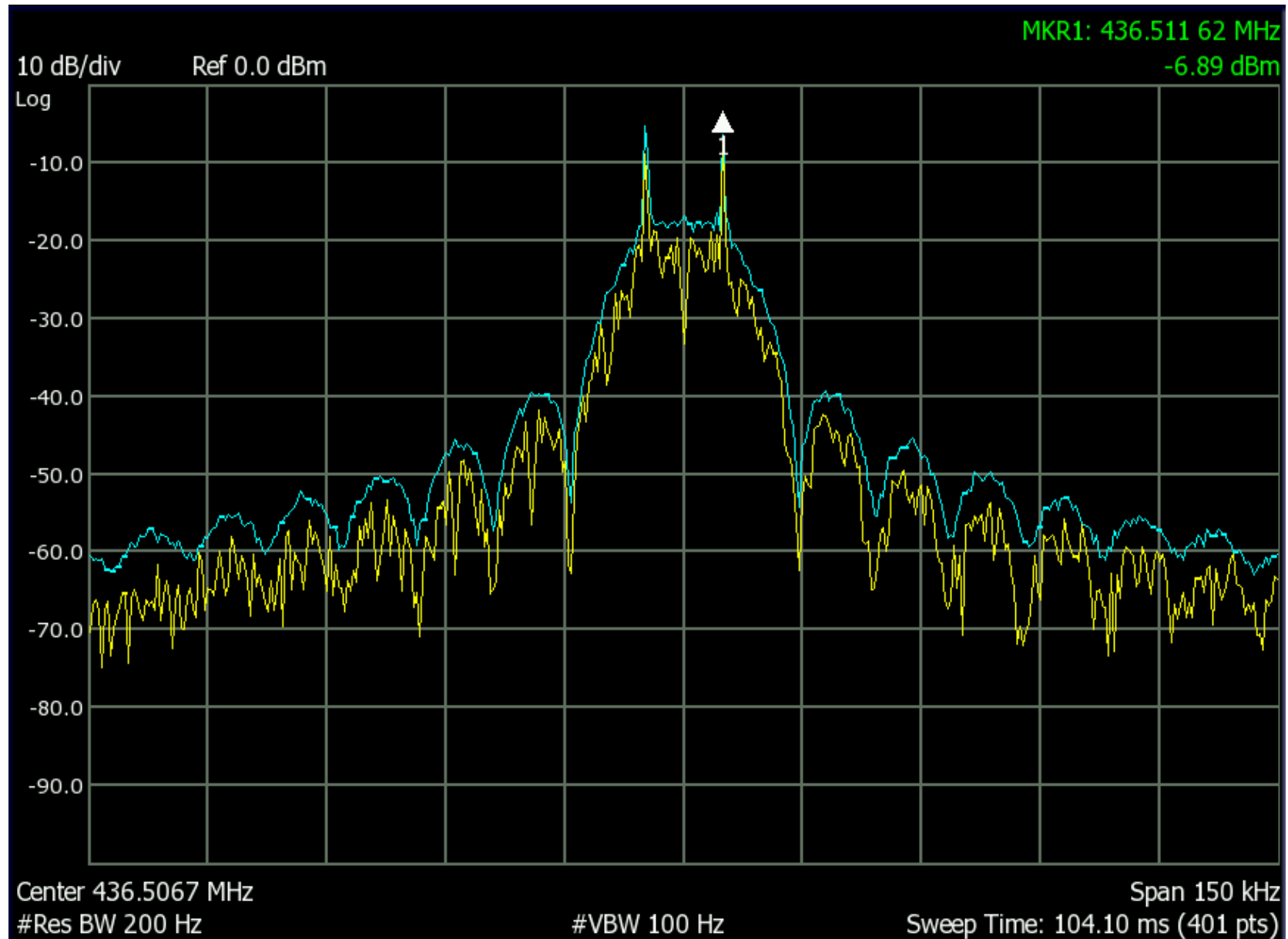
- Kanali sagedusriba efektiivne kasutamine
- Mitme signaali samaaegne edastamine ühes kanalis

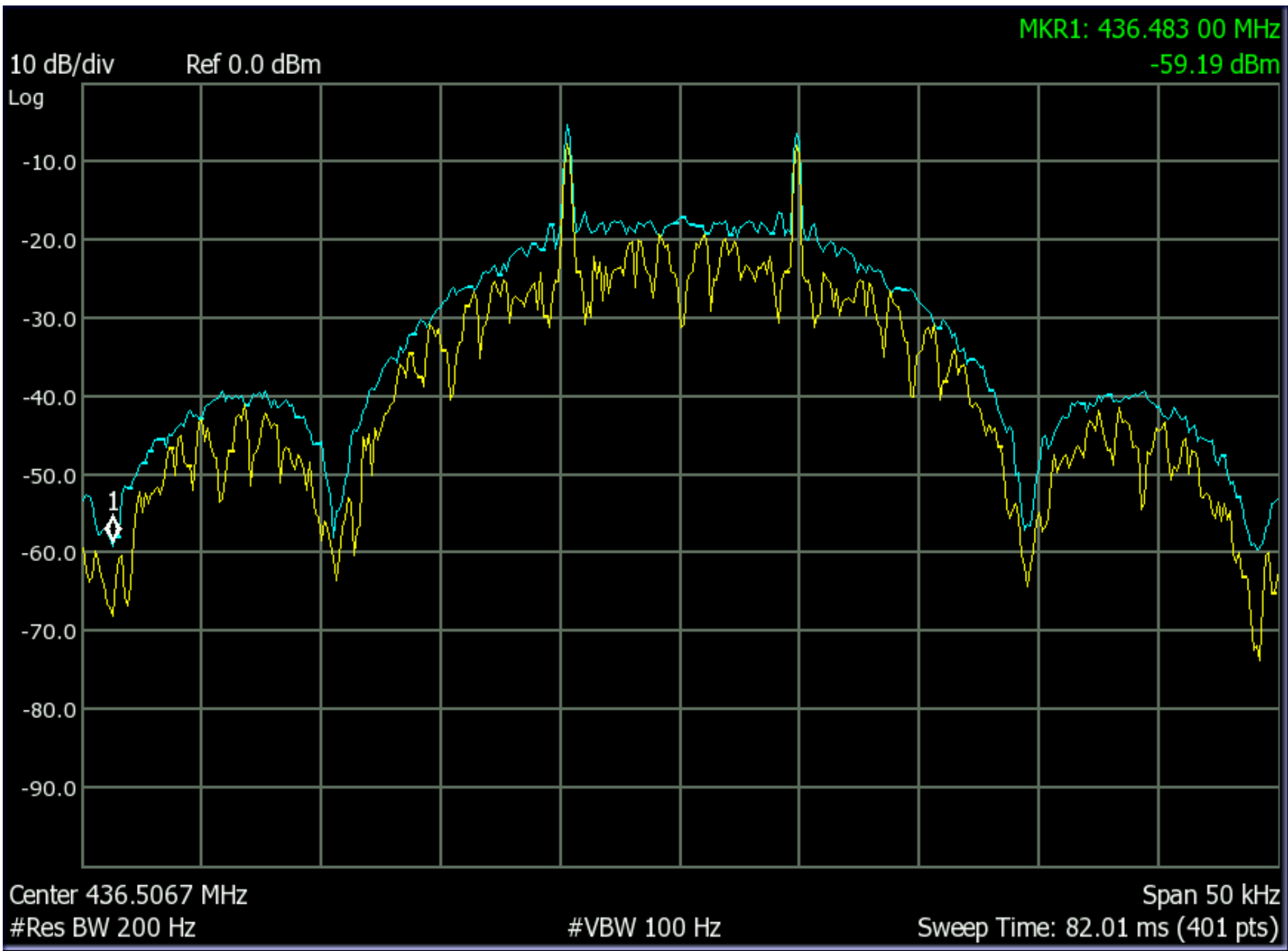


BFSK - spekter

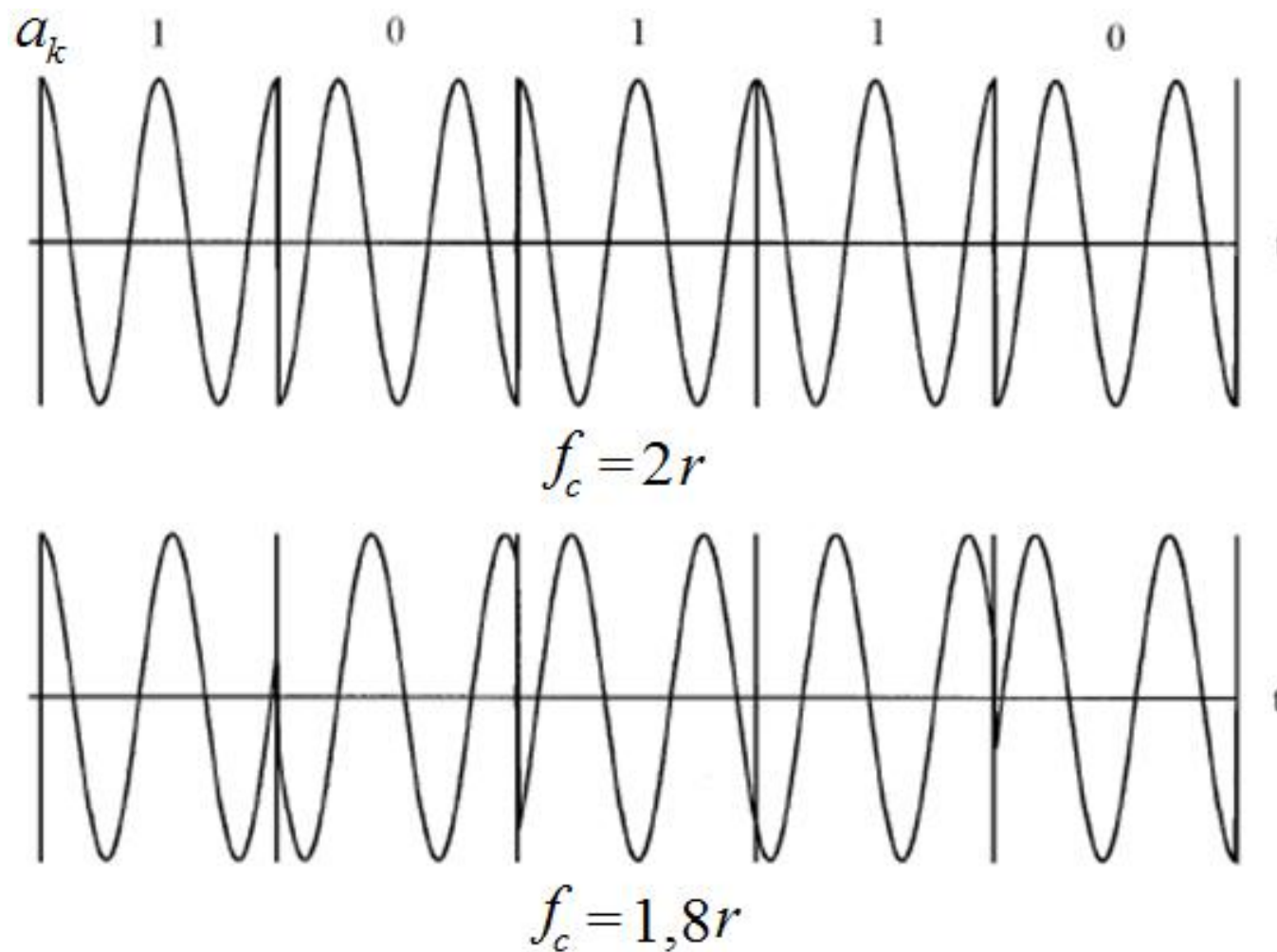


Sunde FSK

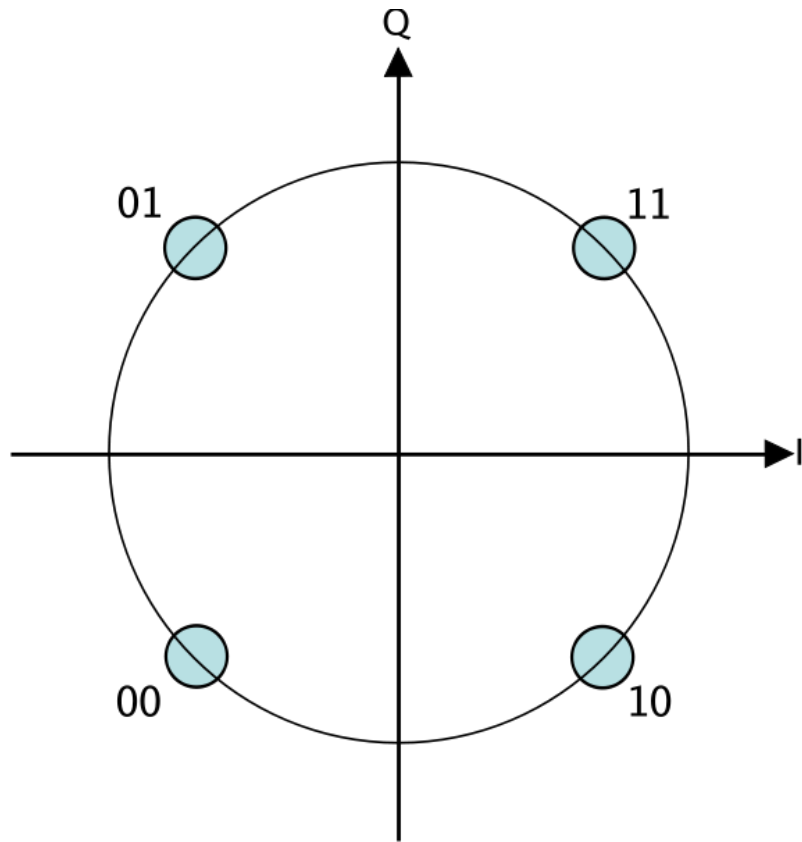




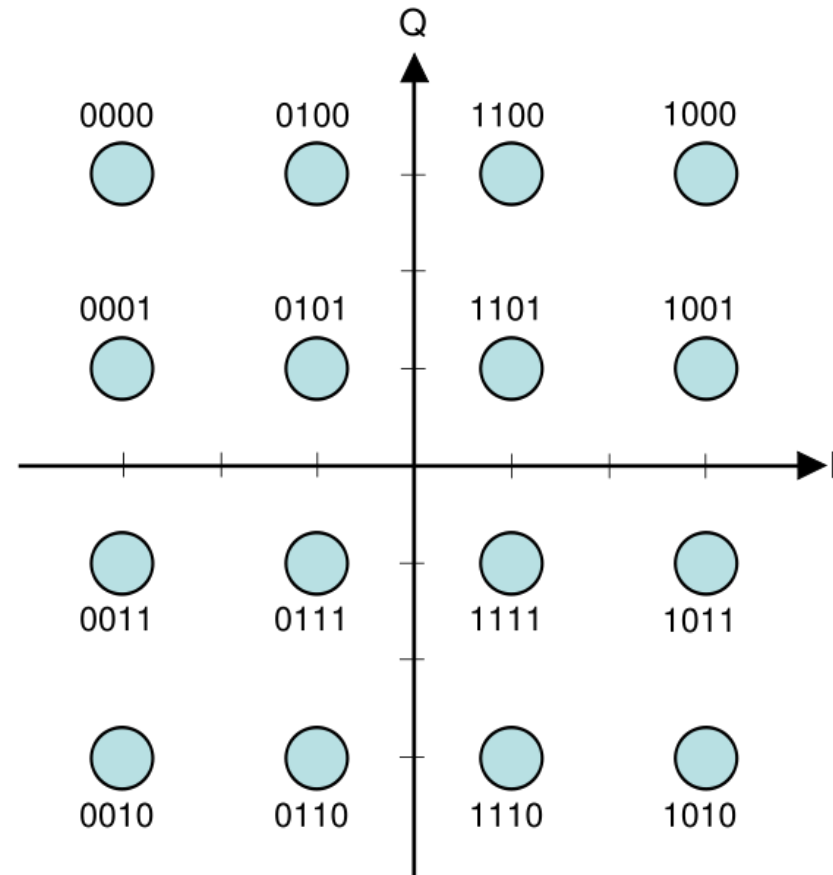
Binaarne faasmanipulatsioon BPSK



Konstellatsioonidiagramm



4-PSK



16-QAM

Häirekindlus

- Digitaalse andmeedastuse kvaliteeti iseloomustab bitivigade tõenäosus BER, mis on vigaselt vastuvõetud bittide n_e arvu suhe kõikide edastatud bittide arvu n :

$$BER = \frac{n_e}{n}$$

- Bitivigade tõenäosus sõltub signaal-müra suhtest S/N vastuvõtjas.
- Digitaalsel edastusel kasutatakse S/N asemelt tihtipeale biti energia E_b [J] suhet valge müra võimsuse spektraaltihedusse η [W/Hz]. Viimane suurus on seotud signaal-müra suhtega spektraalefektiivsuse ρ [bitt/s/Hz] kaudu:

$$\frac{S}{N} = \frac{E_b}{\eta} \cdot \frac{1}{\rho}$$

Näide: BPSK bitivea tõenäosus

- Koherentsel demoduleerimisel (algfaas teada):

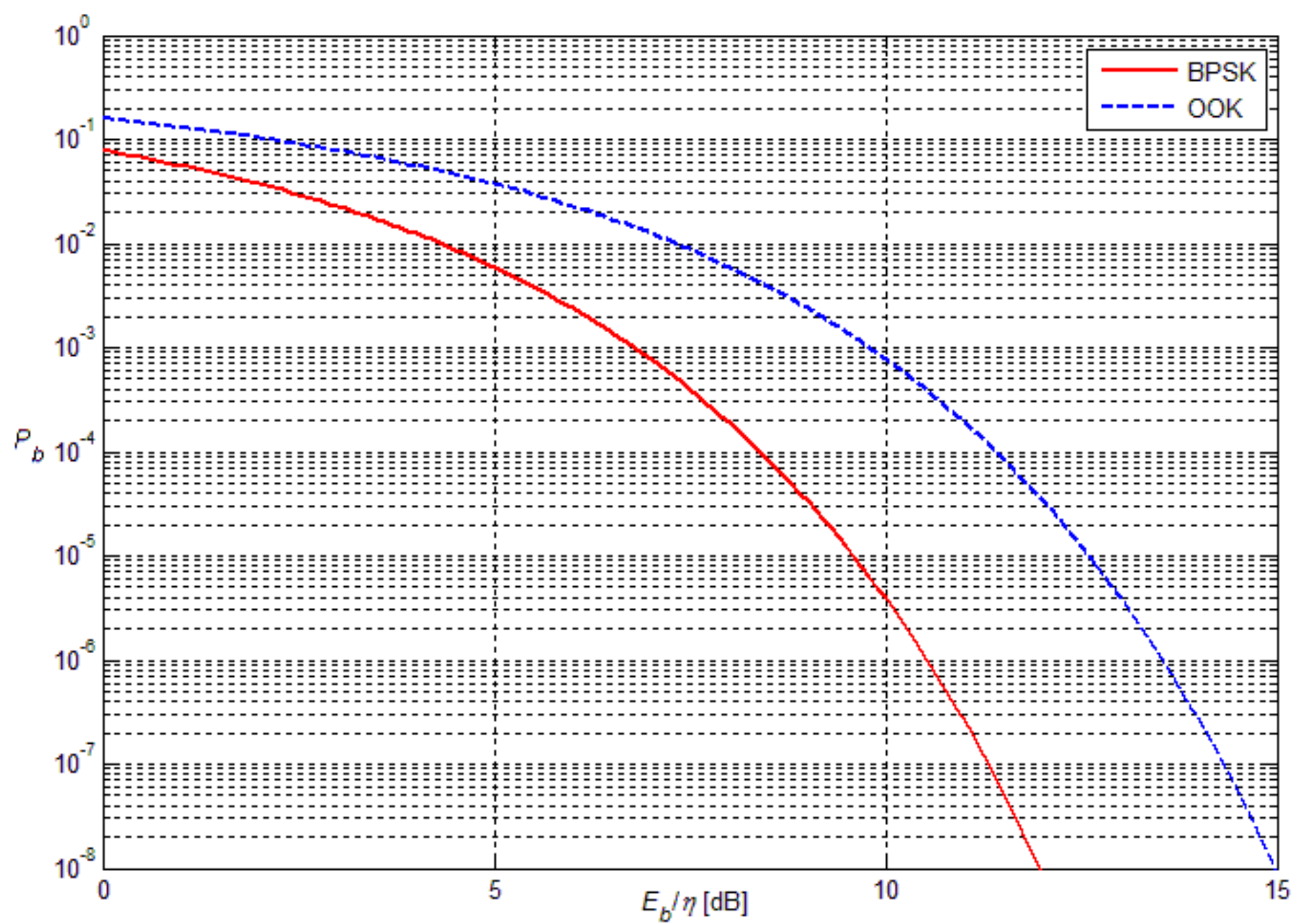
$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{\eta}}\right)$$

- Kus, Q-funktsioon on defineeritud kui (normaaljaotuse „saba“):

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

- Mittekohherentsel demoduleerimisel:

$$P_b = \frac{1}{2} e^{-\frac{E_b}{\eta}}$$



Skrämbler (Scrambler)

- Füüsilise kihi seade mille ülesandeks on bittide järjekorra (pseudo) juhuslik ümberjärjestamine.
- Kasutamise põhjused:
 - Vältimaks pikki, ainult ühest sümbolist, koosnevaid jadasid.
 - ..111111111111111111..
 - Lihtsustamaks vastuvõtjas kella sünkroniseerimist (*Clock Recovery*)
 - Tagab ülekantava signaali spektri kuju sõltumatuse edastatavast informatsioonist.
 - Kui reegel, mille järgi bittide järjekorda muudetakse ei ole teada, siis põhimõtteliselt tagab ka andmete turvalisust ülekandel (krüpteerimine).

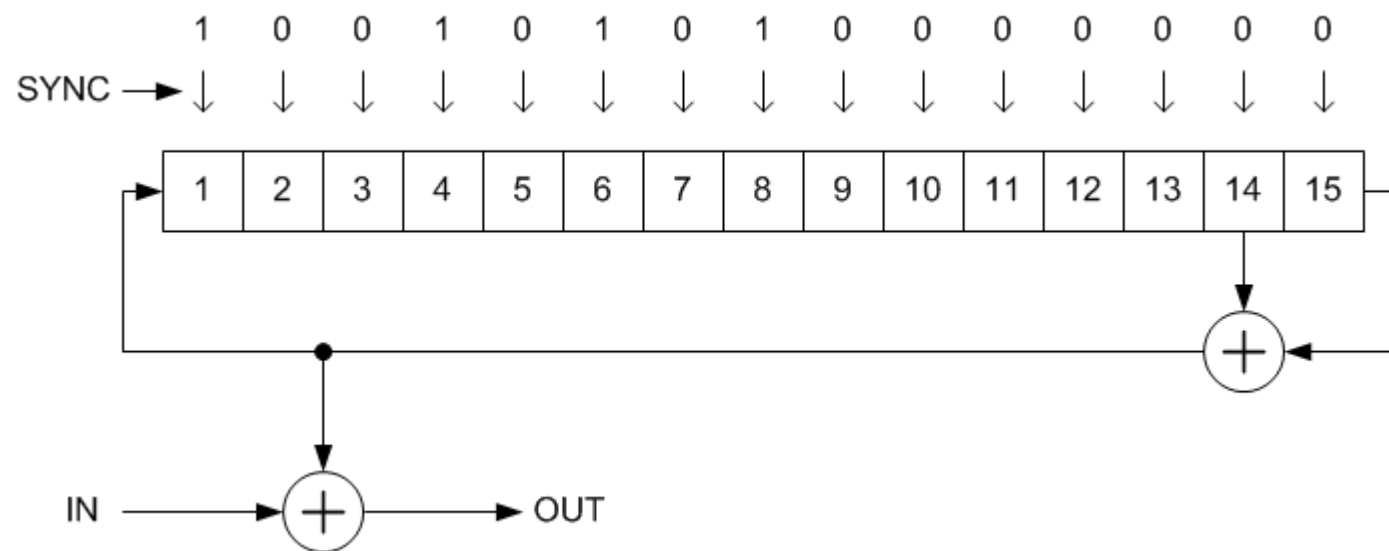
Aditiivne skrämbler

- Nimetatakse ka sünkroonseks skrämbleriks (*additive or synchronous scrambler*).
- Edastatavale signaalile liidetakse (mooduliga kaks) pseudojuhuslik binaarne jada.
- Liidetav binaarne jada võib olla mällu salvestatud, kuid tavaliselt tekitatakse see tagasisidestatud nihkeregistriga (LFSR). Tekitav pseudojuhuslik jada on täielikult määratud nihkeregistri algsisu ja genereeriva polünoomiga (tagasiside võtmise kohtadega):

$$1+x^{-14}+x^{-15}$$

- Tagamaks algsete andmete korrektset taastamist peab deskrämbler töötama sünkroonselt, selleks lisatakse edastatavatele andmetele sünkrosõnad.

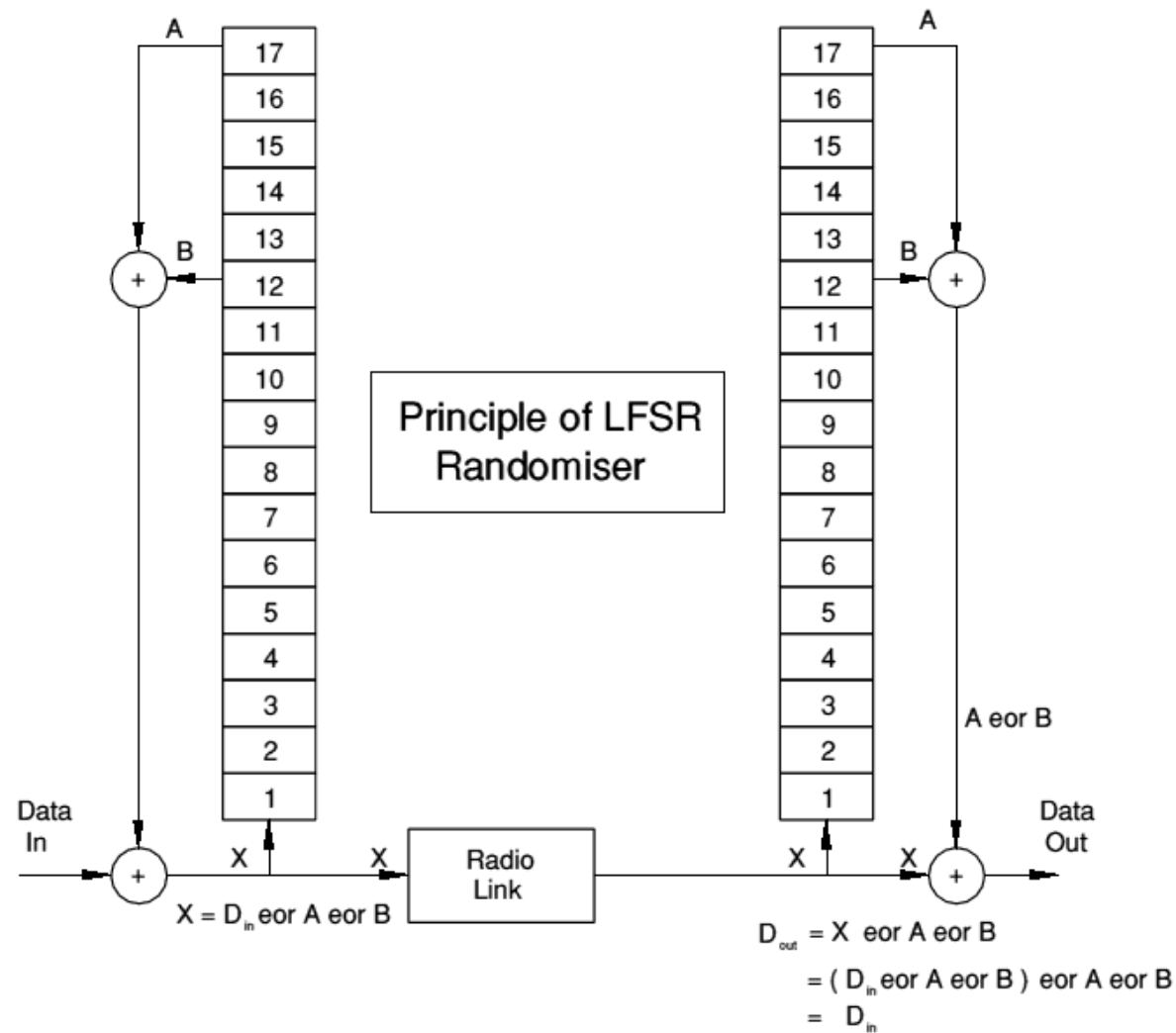
Aditiivne skrämbler



Multiplikatiivne skrämbler

- Nimetatakse ka isesünkroniseeruvaks skrämbleriks (*multiplicative or self-synchronizing scrambler*).
- Korrutab sisendsignaali iseenda ülekandefunktsiooniga (z-ruumis).
- Ei vaja sünkroniseerimist.
- On määratud samuti polünoomiga. Algseis ei ole kriitiline.
- Kui deskrämbleri sisendis on ühekordne viga, siis väljundis on vigade arv korrutunud tagasisideühenduste arvuga.

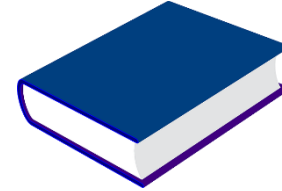
Multiplikatiivne Skrämbler



Multiplikatiivne skrämbler

- Olgu skrämbleri algseis saatjas: **0x07E7E**
- Edastatava kaadri algus enne skrämblerimist oli:
0x01 0xA6 0x6E 0xE9 0xB9 0xA6 ...
- Vastuvõtjas ei olnud skrämbleri algseis teada ja seetõttu oli deskrämbleri algseis vaikimisi **0x00000**
- Deskrämbleritud kaadri algus peale deskrämblerit oli:
0xD9 0x79 0x6E 0xE9 0xB9 0xA6 ...

Lisaks lugeda



- E. Laaneoks. **Sissejuhatus võrgutehnoloogiasse**. Tartu Ülikool 2010. peatükk 5 – **OSI füüsiline kiht**.
- **Practical Telecommunications and Wireless Communications for Business Industry**. Elsevier Ltd, 2004. Peatükk 3 - **Transmission media**.
- *William Stallings*. **Data and Computer Communications** 8th edition. 4.2 Wireless Transmission. lk 117 – 133.
- *Carl R. Nassar* . **Telecommunications Demystified**. Elsevier Ltd 2001. Peatükk 5 - **Getting It from Here to There: Modulators and Demodulators**.