

MHK0120 SISSEJUHATUS MEHHATROONIKASSE

Sügis 2018

Andmeside ehk kommunikatsioon

Martin Jaanus U02-308 (hetkel veel)
martin.jaanus@ttu.ee 620 2110, 56 91 31 93

Õppetöö : <http://isc.ttu.ee>

Õppematerjalid : <http://isc.ttu.ee/martin>

Teemad

Kuidas tänapäeval inimesed ja masinad suhtlevad tehniliste vahendite abil

- Natuke ajaloost
- Juhtmega ja juhtmeta side
- Kasutatavad liidesed

(Tele)kommunikatsioon

- Telekommunikatsioon (nimetatud ka: elektrooniline side, kaugandmeside, kaugside) tähendab informatsiooni edastamist ja sidepidamist pikemate vahemaade taha. (wikipedia)
- Oluline on informatsiooni edastamine.
- Väiksem infoühik on bitt (0 või 1) See võib tähendada aga palju, näiteks:
 - Sõda võidetud (0-ei , 1 jah)
 - Kas „tasuta“ sõiduõigus on olemas (0-ei, 1 jah)
 - Inimese sugu (0- mees, 1 naine)
 - Jne.....

Meedia

- Kaksport, milles toimub signaali ülekanne, võib olla järgmistes meediates
- Liinid (kaks juhet, koaksiaal)
- Akustiline (allveeside)
- Fiiber(valgus)
- Vaba ruum (eeter)

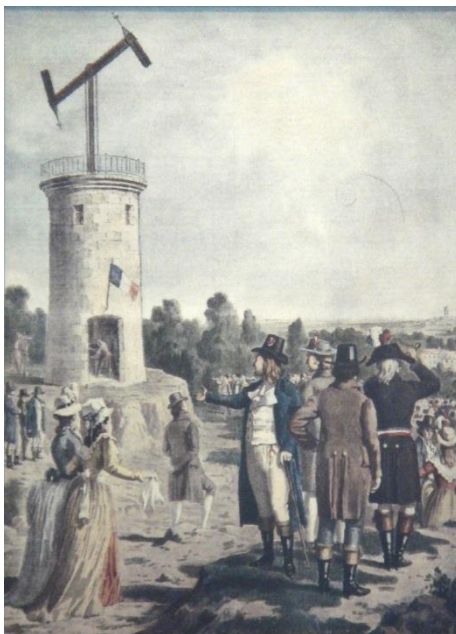
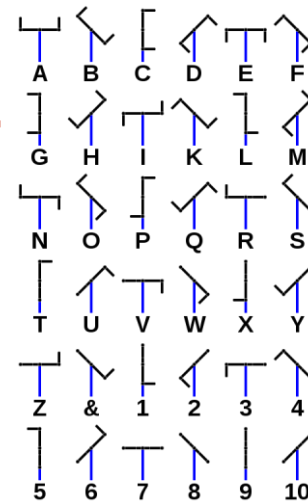
Enne kaaseaegset tehnoloogiat

Kokkulepitud teated (olemiselt digitaalne edastus):

- suitsusignaalid
- Viled, sarve- ning trummihelid
- Majakad, peeglid, tõrvikud (olemuselt optiline telegraaf)

Kokkuleppimata teated:

- Kirjavahetus (ka linnupost), trükikunst (15 sajand)
- Semafoortelegraaf (1792, Claude Chappe)
- Käskjalad
- Info saladus oli hästi kaitstud
- Igal juhul tuleb sõnum **kodeerida** !



Elektriline telegraaf

- 1809 Samuel Thomas von Sömmering , telegraafimasin
- 1837 Sir Charles Wheatstone , Samuel Morse täiustused (teineteisest sõltumatult)
- Idee oli sama, kuid Morse kodeering oli parem (kasutatakse tänaseni)
- Andmete **digitaalne** edastus – kõik edastatavad sümbolid kodeeriti erineva pikkusega signaalide jadaks (pikk-lühike)
- Enamkasutatavad sümbolid olid lühemad, harva kasutatavad , pikemad (tänapäeva tihendusalgorithmid käituvad sarnaselt)
- 20. sajandil ilmusid telegraafiini mõlemasse otsa teletaibid (elektromehaanilised ja elektroonilised seadmed)
- Telegrammi on võimalik saata ka tänapäeval.

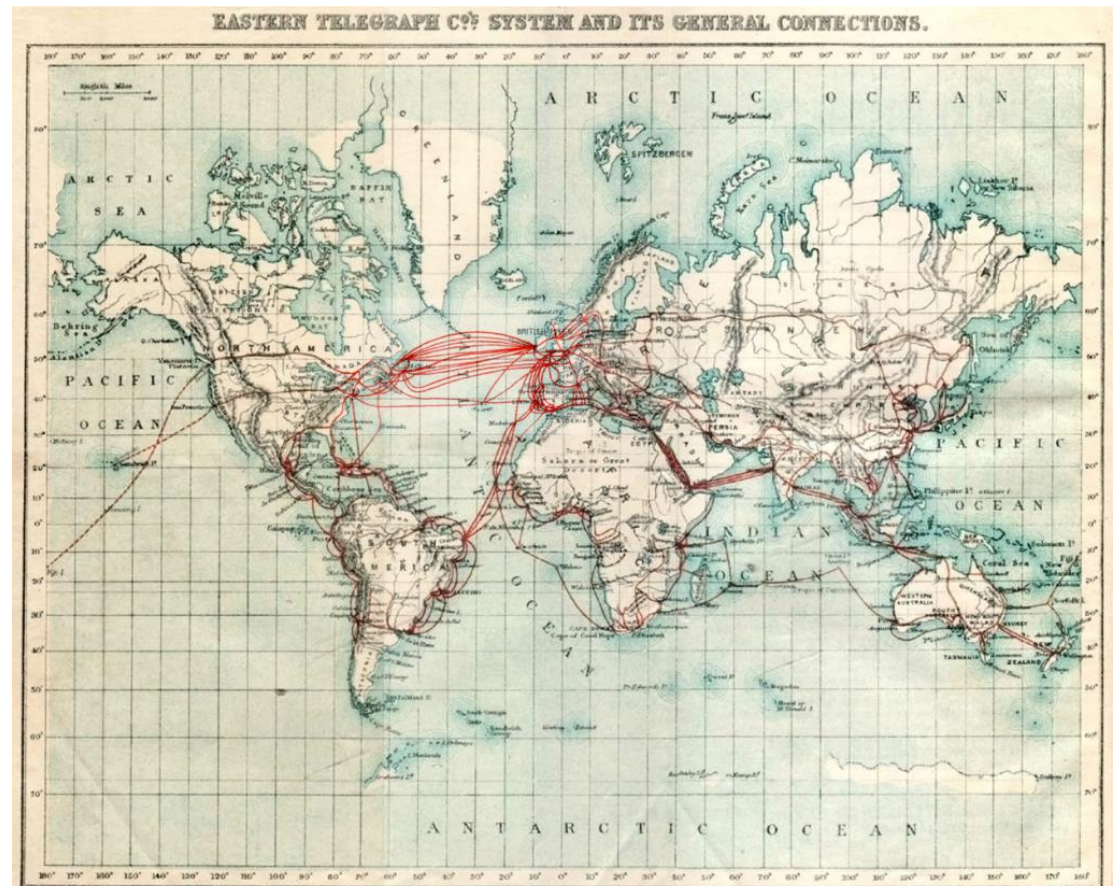


https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a6/Soemmerring_1810_telegraph_overview.jpg

https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_telegraph#/media/File:Siemens_T100_Telox.jpg

Elektriline telegraaf

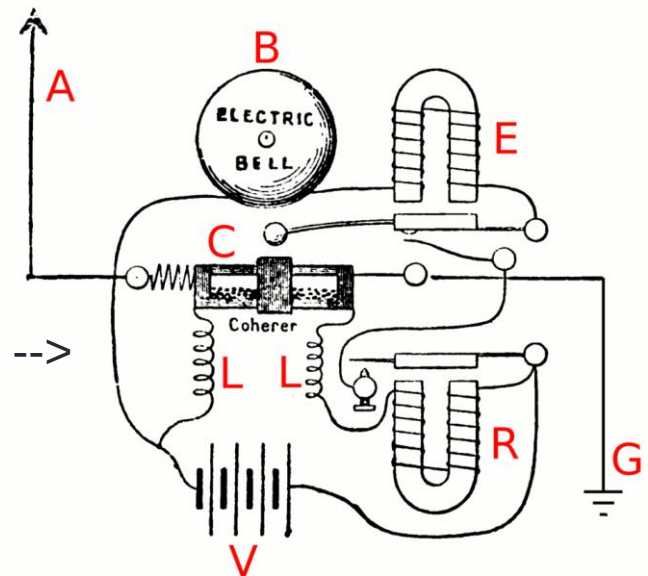
- Sidellinid (1901)
- Kuna tegemist oli digitaalse edastusega, levis info üsna hästi
- https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_telegraph#/media/File:1901_Eastern_Telegraph_cables.png



Juhtmevaba (raadio)side

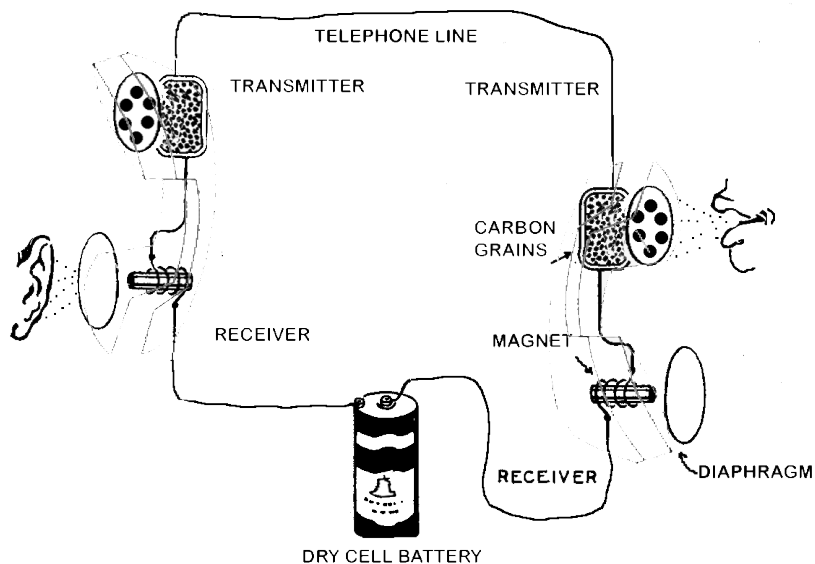
- Kasutatakse ära elektromagnetismi – iga vooluga juhtme ümber tekib elektromagnetväli ning elektromagnetvälja muutus tekitab juhtmes voolu. 1864 James Clerk Maxwell
- 1886–88 Heinrich Rudolf Hertz näitas katseliselt, et lained levivad ruumis
- Leiutajate üle vaieldakse (Guglielmo Marconi 1894 , Alexander Stepanovich Popov 195)
- Side oli **digitaalne**. Sädesaatjad , Edastati Morse koodi.
- Traadita telegraafid ilmusid laevadele
- Analoogsignaali prooviti edastada 1900 aga reaalselt saadi saatmise ja vastuvõtmisega hakkama pärast elektronlambi (Audioni) leiutamist 1909 (**amplituudmodulatsioon**).

Popovi vastuvõtja -->



Elektriline analoogside (telefon)

- Leiutamise ajalugu on segane (alates 1800), patendi sai 1876 Alexander Graham Bell , kaugem side alles pärast Audioni (elektronlambi leiutamist)
- Thomas Alva Edison leiutas süsimikrofoni, heli muutus tugevaks. Alalisvoolu moduleeriti helisignaaliga.



By Unknown - Retrieved October 20, 2014 from Telephony magazine, Telephony Publishing Co., Chicago, Vol. 73, No. 10, September 8, 1917, p. 33 on Google Books, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3629385>

Tänapäevane side

- Lähi- või kaugside
- juhtmega (optiline, elektriline) või juhtmevaba (raadioside)
- Igal juhul tuleb kokku leppida kodeeringus (nii elektrilises kui ka sümbolite tähendus). Vastuvõtja peab saatjast aru saama . Sidekanalis lisanduvad häired.

Andmeedastuskiirus

- Edastuskiiruse ühik bit/s – bitti sekundis
- kbit/s – 1024 (!) 2^{10} bitti sekundis
- Mbit/s – 1024 (!) 2^{10} kilobitti sekundis
- Gbit/s – 1024 (!) 2^{10} megabitti sekundis
- Kasutatakse ka ühikut B/s (bait sekundis) koos 2^{10} kordajatega
- Üks bait on 8 bitti ehk $1 \text{ B/s} = 8 \text{ bit/s}$
- Telekommunikatsioonis kasutatakse ka ühikut Baud (Bd) Émile Baudot – 1926, mis näitab tegelikku sümboliedastuskiirust (sümbol võib olla ka 1 bait aga ei pea olema , võetakse arvesse ka tehnilisel eesmärgil saadetud bitid (kontroll, paarsus ,jms)
- Kasutatakse meetrilist prefixi $1 \text{ Kbd} = 1000 \text{ Bd}$ jne

Kui kiiresti saab üldse andmeid edastada ?

- 1927 Nyquist avastas, et (telegraafi) ülekande kanali sagedusriba peab olema vähemalt 2 korda laiem edastatavate pulsside sagedusest. $f_p \leq 2B$
- 1940 ndad Claude Shannon formuleeris (digitaalse) infomatsiooniedastuse teooria.

- Claude Shannoni ja Ralph Hartley seadus : $C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$

C – maksimaalne bitiedastuskiirus (sh kontroll jms bitid)

B – ülekandeahela ribalaius (hertsides)

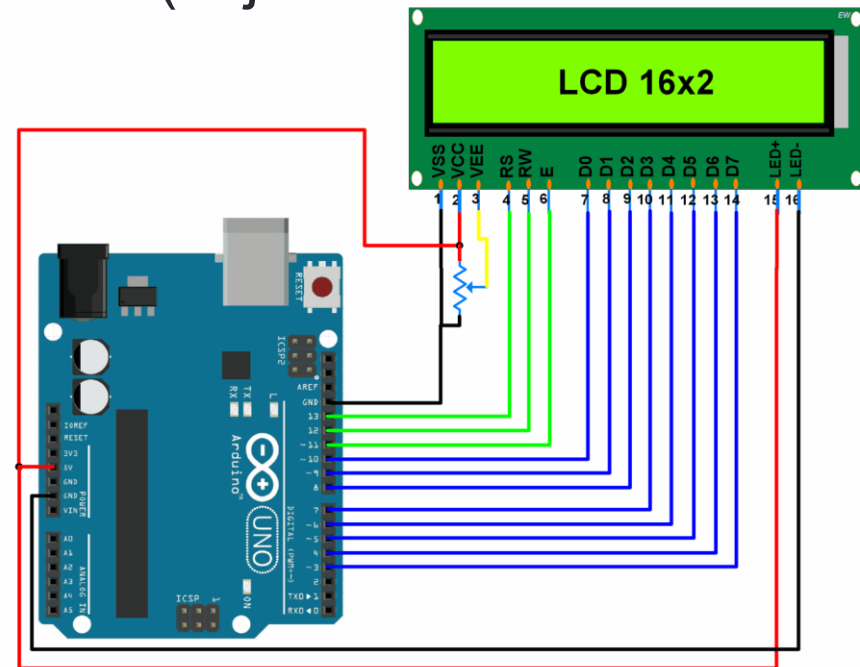
S – kasuliku signaali võimsus

N – müravõimsus

S/N tähistatakse ka kui signaali – müra suhet

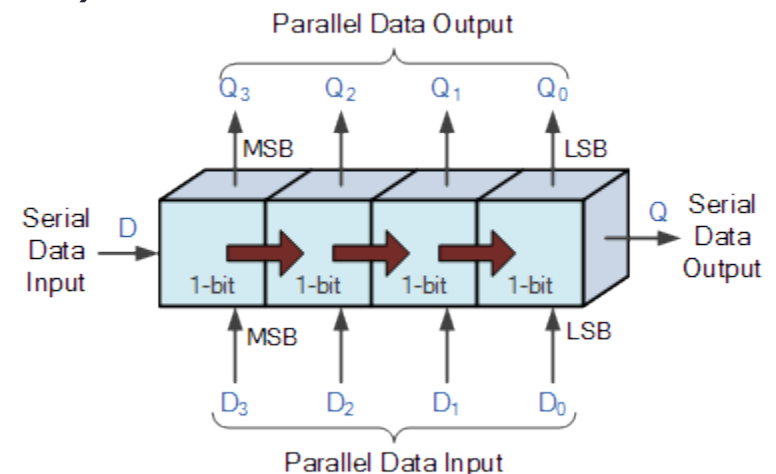
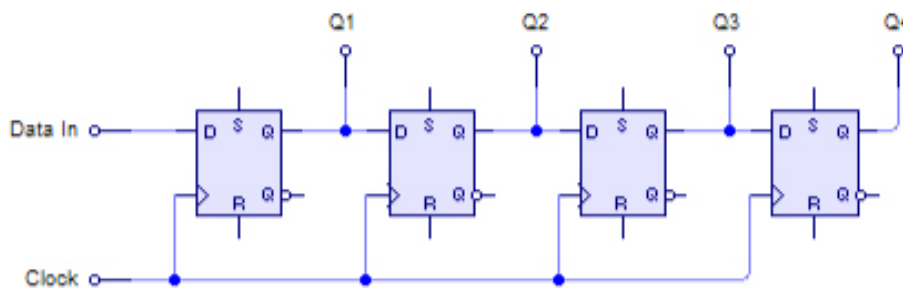
Elektriline lähiside

- Näikeks mikrokontrolleri ja välisseadmete vahel
- Kõige lihtsam meetod- igale funktsioonile (ka bitile **paralleel**edastusel) oma klemm.
- Töökindel, kiireim kuid ebapraktiline (vajab n klemmi+juhtsignaalid)
- 0 – 0V
- 1 – 5V (või mõni muu väärtus)
- Praktikas kasutatakse seal kus kiirus on ülioluline (näit. mälud)



Elektriline lähiside (jadaedastus)

- Andmete jadaedastus vajab sageli vaid ühte sideliini (lähisides sageli kuni 3-4).
- Möödapääsmatu, kui tahetakse kasutada juhtmevaba sidet.
- Kasutatakse info kogumiseks ja edastamiseks nihkeregistreid . Vastuvõtmisel samuti.
- Populaarsemad standardid (liidesed) RS-232, SPI, I2C, USB

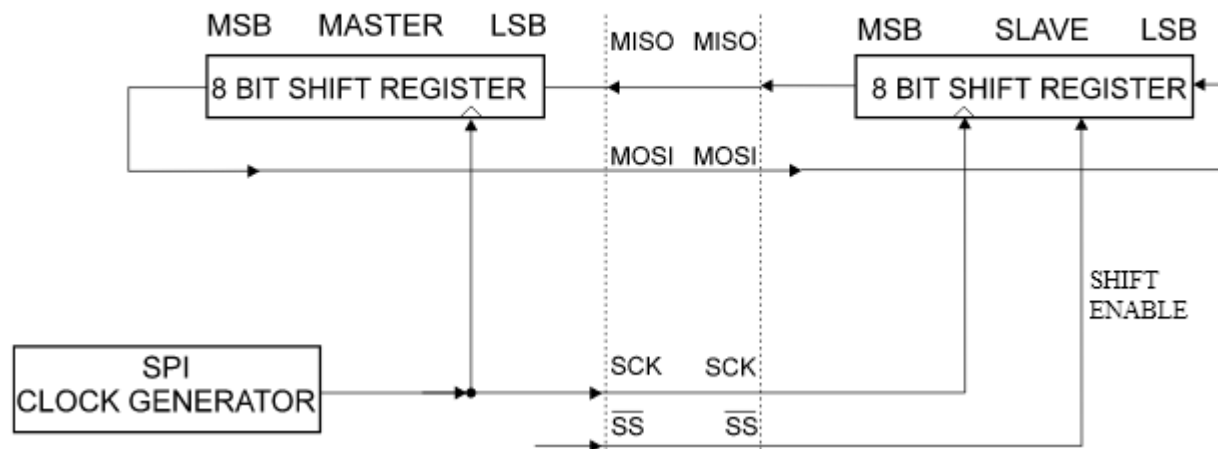


https://en.wikipedia.org/wiki/Shift_register

Serial Peripheral Interface (SPI)

- Sünkroonne jadakommunikatsioon (1980)
- Andmed liiguvad siis kui kell (SCK) on aktiivne
- MISO – Master In ,Slave out (sisend juhtseadme poolt vaadatuna)
- MOSI – Master Out ,Slave In (väljund juhtseadme poolt vaadatuna)
- SS – Slave select (vastuvõtja valimine)
- **Arduino SPI.h**

Figure 23-2. **SPI** Master-slave Interconnection

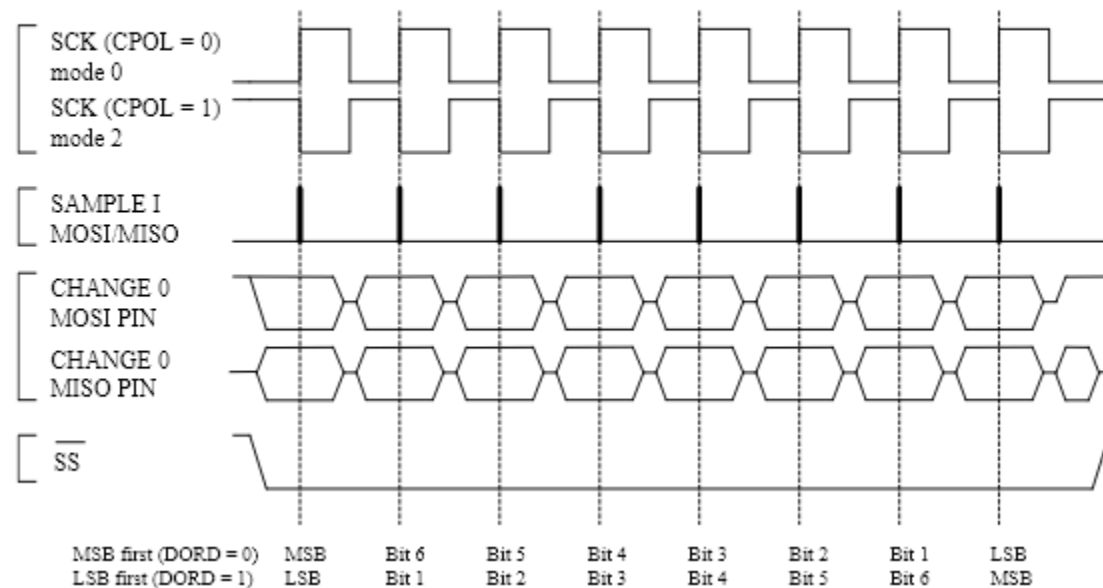


Andmete jadaedastus (SPI)

- Andmeedastus SPI näitel

The SPI data transfer formats are shown in the following figure.

Figure 23-3. SPI Transfer Format with CPHA = 0



RS232 (jadaport)

- 1960 - **R**ecommended **S**tandard 232 . Standardiseeriti andmevahetus arvuti ning välisseadmete vahel.
- Standard sisaldab nii elektrilisi parameetreid kui ka infotehnoloogilisi.
- Olemas andmesignaaliid (**TxD** – Transmitted data, **RxD** – Received data)
- Standard sisaldab palju juhtimis ja abisignaale (tänapäeval pole nii olulised)
https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_port
- Nimetus on ka U(S)ART Universal synchronous and asynchronous receiver-transmitter



RS 232

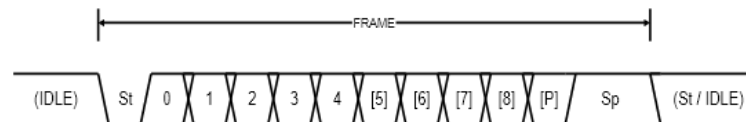
U(S)ART

- Käitumine on keerulisem kui SPI, võimaldab asünkroonset sidet. Kiirused standardiseeritud.
- Olemuselt **pakattedastus (frame)**.
- Algas ja lõputunnus, ning **kontrollbit**, (paarsusbitt) !
- Saatjas ning vastuvõtjas peavad olema samad parameetrid !
 - 1 start bit
 - 5, 6, 7, 8, or 9 data bits
 - no, even or odd parity bit
 - 1 or 2 stop bits

Arduino – serial .

A frame starts with the start bit, followed by the data bits (from five up to nine data bits in total): first the least significant data bit, then the next data bits ending with the most significant bit. If enabled, the parity bit is inserted after the data bits, before the one or two stop bits. When a complete frame is transmitted, it can be directly followed by a new frame, or the communication line can be set to an idle (high) state. The figure below illustrates the possible combinations of the frame formats. Bits inside brackets are optional.

Figure 24-4. Frame Formats

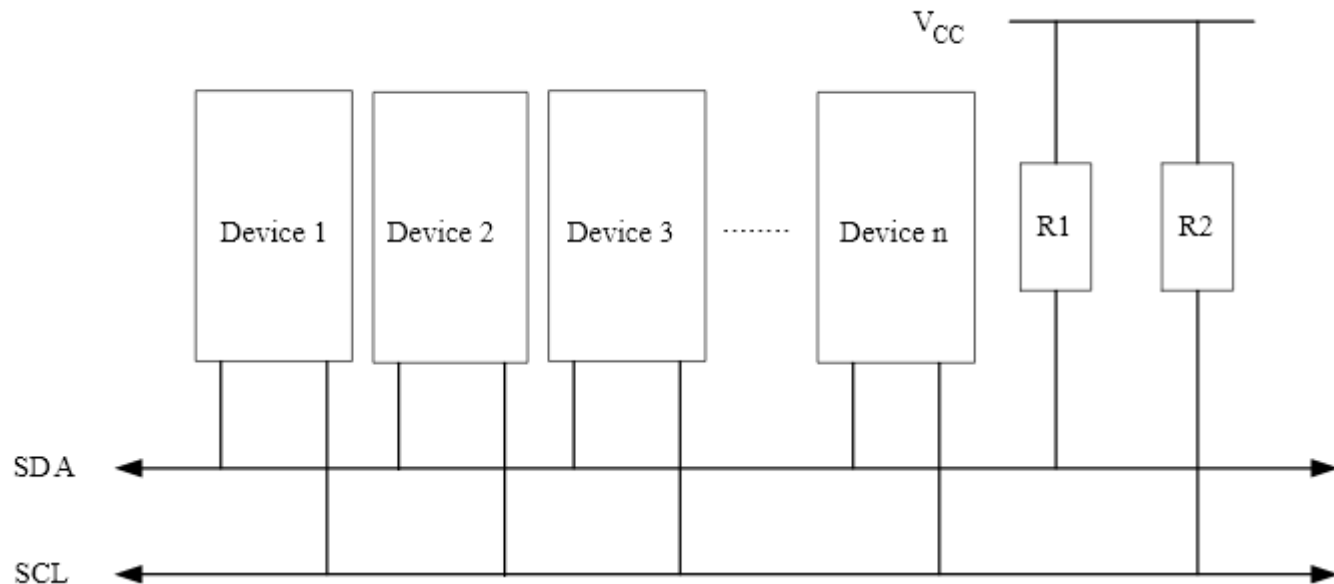


St	Start bit, always low.
(n)	Data bits (0 to 8).
P	Parity bit. Can be odd or even.
Sp	Stop bit, always high.
IDLE	No transfers on the communication line (RxDn or TxDn). An IDLE line must be high.

TWI - 2-wire Serial Interface (I2C)

- 1982 Philips – aeglane jadaliides (algsest kasutati olmeelektronika juhtimise digikujule viimiseks)
- Kasutusel on kaks juhet (SCL – kell, clock ja SDA – andmed, data), seadmed adresseeritavad, kokku 128 seadet.

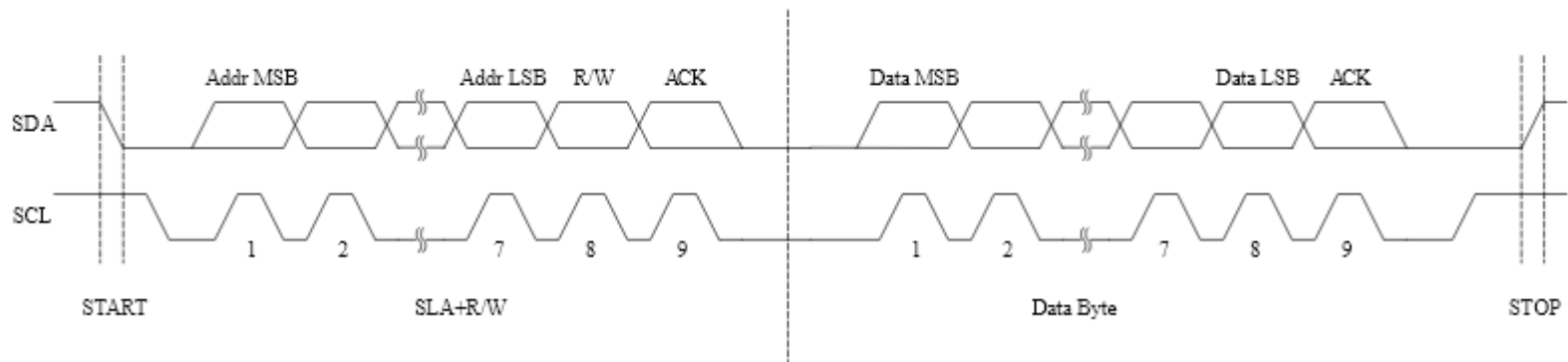
Figure 26-1. TWI Bus Interconnection



TWI - 2-wire Serial Interface (I2C)

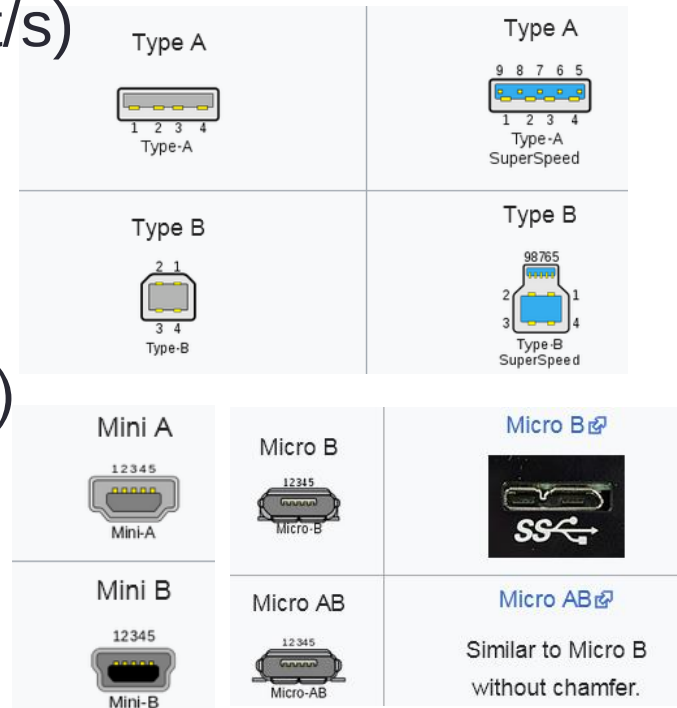
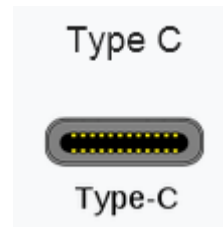
- Andmeedastusalgoritm on üsna keeruline, paketipõhine
- Temperatuuriandurid, püsimalud, aeglane A/D ja D/A muundus.
- Korraga suhtleb vaid üks seade, see, mis adresseeritud.

Figure 26-6. Typical Data Transmission



USB (universal serial bus)

- Universaalne jadaliides 1996
- Andmete adastus pakettide kaupa, keeruline
- Eraldi spetsifikatsioonid liidestele ja kiirustele (USB 1.x-
1.5 Mbit/s, 2.x-280 Mbit/s, 3.x – 5 Gbit/s)
- Liidesed:
 - A (tavaliselt arvuti küljes)
 - B (tavaliselt lisaseadme küljes)
 - Mini, Micro A, B (nutiseadmete küljes)
 - C (uuemad nutiseadmed)



USB (universal serial bus)

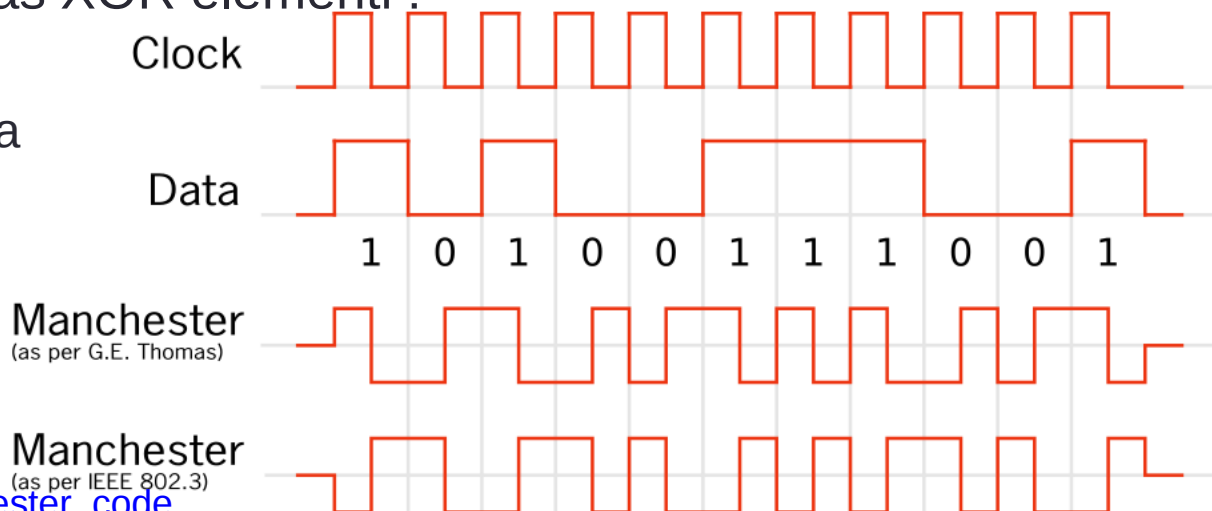
- USB on standardiks saanud ka toite edastamisel.
- Saab külge ühendada „käigupealt“.
- Paistab kasutaja jaoks „nähtamatuna“
- Seadmed lepivad omavahel kokku edastuskiiruse, see ei pruugi olla maksimaalne.
- Läbi USB liidese on võimalik **emuleerida** ka teisi (näiteks RS232 – Arduino paistab arvutile RS232 jadaliidesena) Emuleerimine ei pruugi olla täielik.
- Liidestatud seadmele on vajalik **draiver**, windows 10 puhul juba ka sertifikaadiga ! – võimalik turvarisk kasutaja arvutile , segab arendajaid.
-

Manchester code

- Faasikodeering ,binary phase-shift keying ,BPSK
- Nimi pärineb Manchesteri ülikooli nimest kus seda ideed kasutati andmesalvestusel magnetkettale (Manchester Mark 1 , 1951)
- Lihtsa ülekande puhul 0- madal olek, 1, kõrge olek, tekib probleem kui ülekandeahela sagedusriba on alt poolt piiratud (raadioülekanne,sobitustrafod, andmete magnetsalvestus jms,).
- Näiteks on jadakoodis järjest palju 0 või 1 bitte- alaliskomponent .
- Tehakse lihtne asendus - 1 asemel edastatakse 10 ja 0 asemel 01

- Kasutatakse riistvaras XOR elementi :

- Ilesünkroniseeruv
- Kellasisignaali pole vaja
- Ethernet
- RFID
- Lähiväljaside
- Kaugjuhtimispuhvidid
- Magnetsalvestus



https://en.wikipedia.org/wiki/Manchester_code

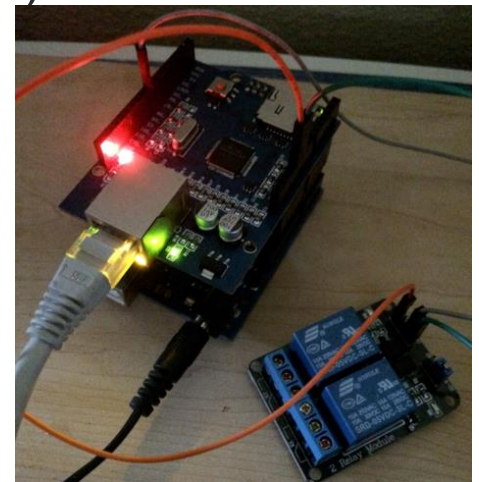
<https://en.wikipedia.org/wiki/Non-return-to-zero>

IEEE 802.3 (Ethernet)

- Esmased standardid juba 1973
- IEEE 802.3 1983 ja on muudatustega püsinud tänaseni
- IEEE 802.3cc (2017) 25Gbit/s
- Ethernet määrab juhtmete ja pistikute tüübid, kirjeldab füüsilist signaali ülekannet ning määrab andmevahetuse formaadi.
- Ethernet on aluseks võrguprotokollidele nagu TCP/IP, millega tagatakse interneti ja muude võrkude toimimine.
- Selle standardid on tihedalt seotud OSI füüsilise kihiga, täites mudeli kahe alumise kihi (füüsiline kiht ja lülikiht) funktsioone.

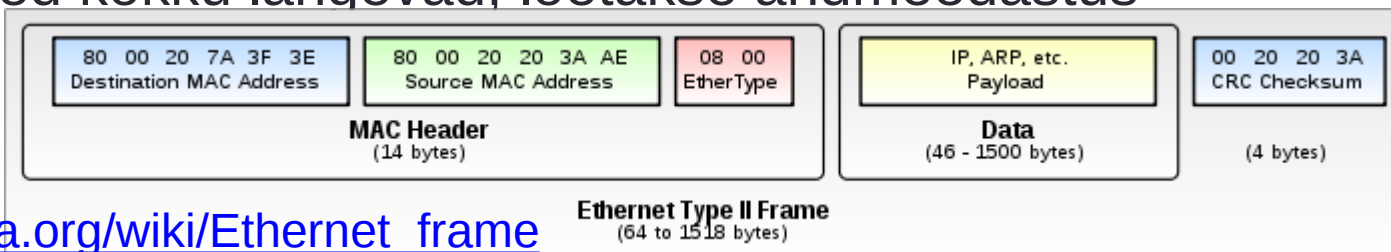


<https://community.openhab.org/t/no-communication-between-openhab-mqtt-ubuntu-arduino-uno-with-ethernet-shield/5025/3>



IEEE 802.3 (Ethernet)

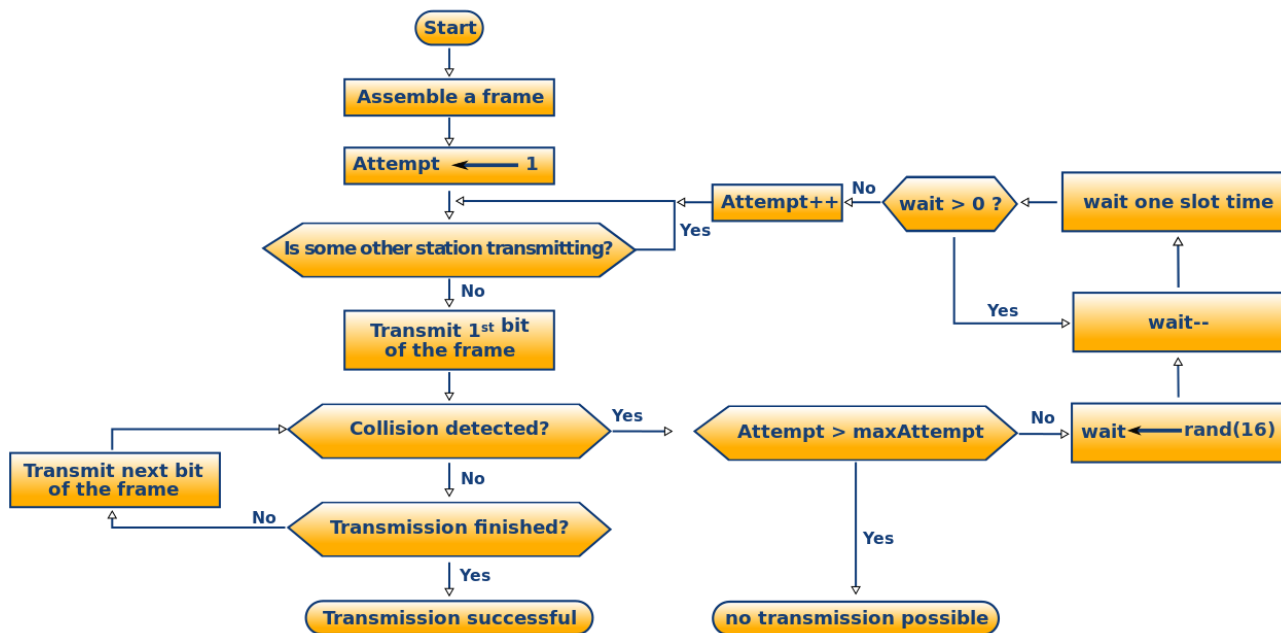
- Etherneti põhised süsteemid jagavad andmevood väiksemateks kaadriteks (inglise k. frame).
- Iga kaader peab kindlasti sisaldama saatja ja vastuvõtja MAC aadressi ja andmeid veakontrolliks.
- Kaadri keskosas on piirkond andmete jaoks, mida üle kantakse. Andmed võivad sisaldada teiste protokollide päiseid, nagu näiteks IP protokoll (inglise k. Internet Protocol).
- Veakontroll on realiseeritud 32 bitise tsükkelkoodkontrolli meetodil, kus saatepoolel rakendatakse edastamisele kuuluvale andmeplokile 32-bitist polünoomi, mille tulemusena saadav kood lisatakse plokile.
- Vastuvõtupoolel rakendatakse andmeplokile sama polünoomi ja kui tulemused kokku langevad, loetakse andmeedastus õnnestunuks.



IEEE 802.3 (Ethernet)

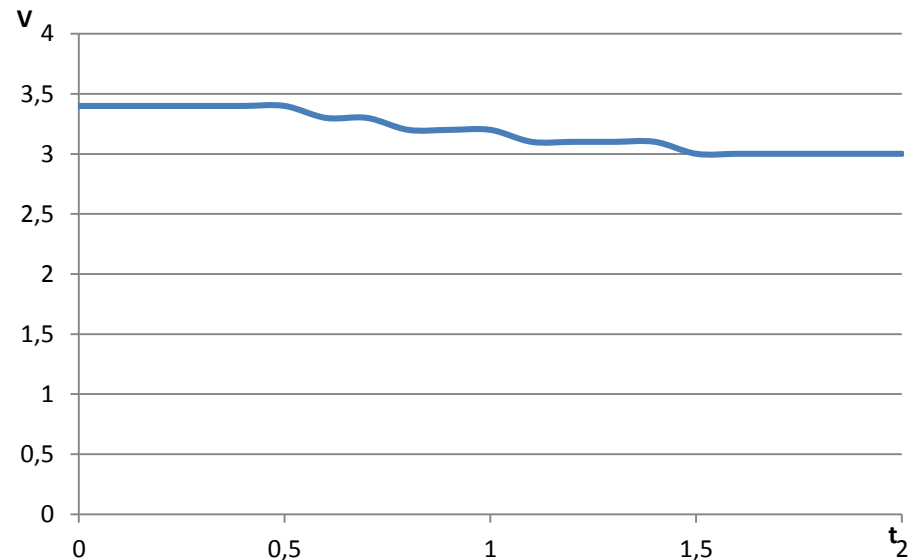
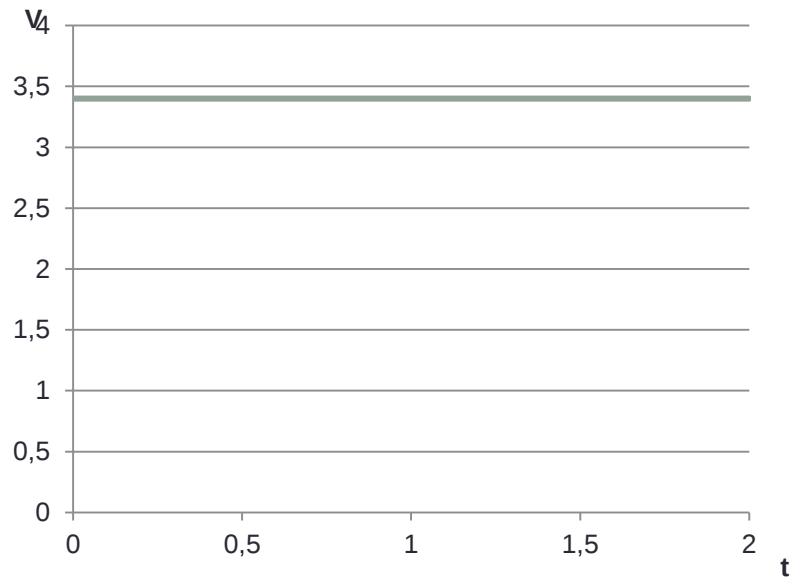
Füüsiline kiht

- CSMA/CD -Carrier-sense multiple access with collision detection .
- Kontrollitakse, kas kanal on vaba ning saadetakse pakett ära.



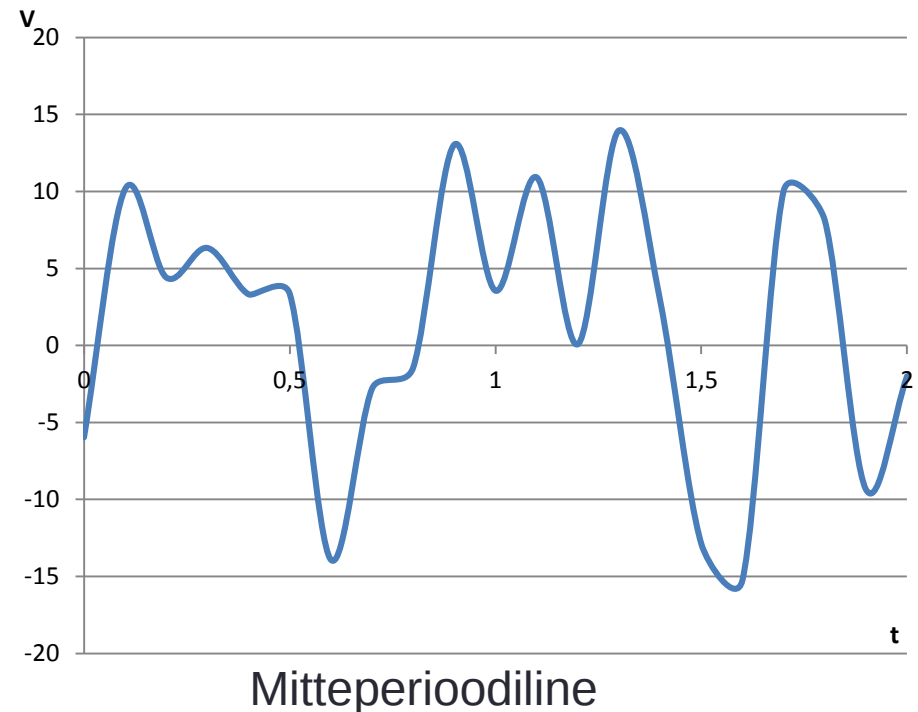
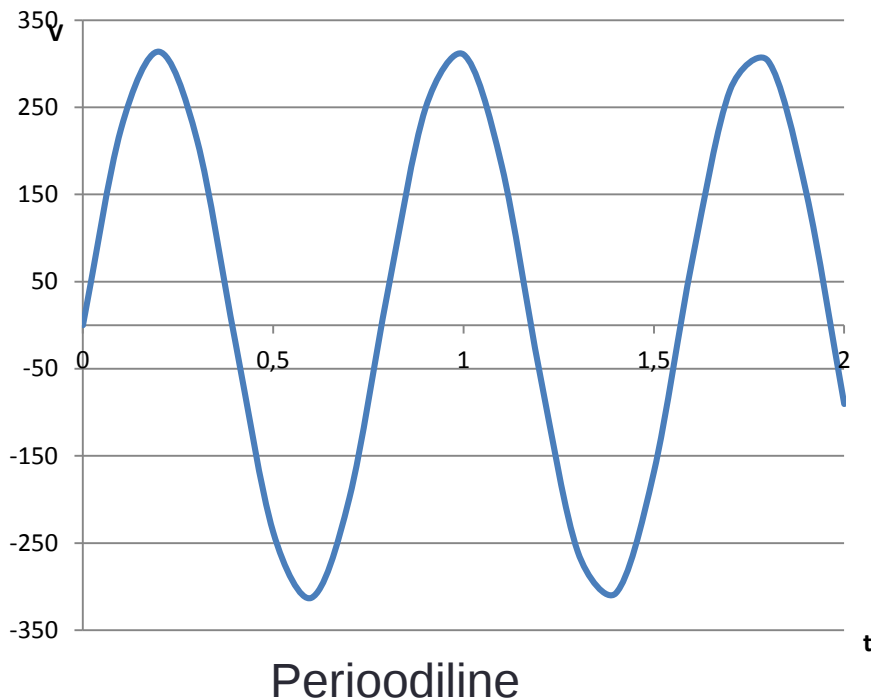
Alalisvool (ja – pinge)

Alalissignaali (DC, Direct current), (vool või pinge) – aeglaselt muutuv signaal. Märgiga suurus. Signaal mõõtmise ajahetkel ei muutu. Staatiline olek.



Vahelduvvool (ja – pinge)

Vahelduvsignaal (AC, Alternative current), (vool või pinge) –
Vaadeldava aja jooksul muutuv signaal. Muutub voolu suund
Erinevad väärtused.

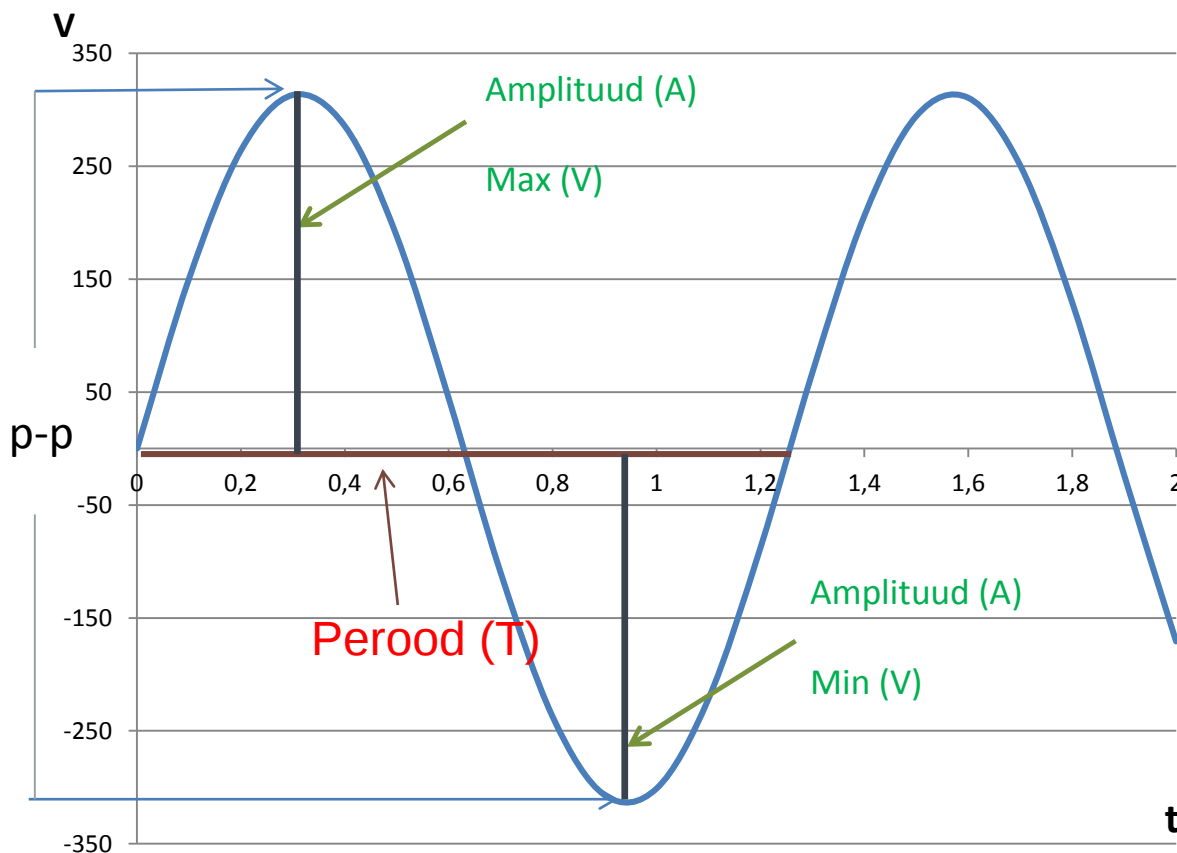


Vahelduvvool (ja – pinge)

Perioodiline signaal, amplituud, tipust tippu, periood

Näiteks:

$$u(t) = A \cdot \sin(2\pi t + \varphi)$$



Signaalil on mitu väärtust

- Amplituudväärtus
- Tippväärtus (max,min)
- Keskvärtus:

$$U_0 = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt$$

- Mooduli keskvärtus

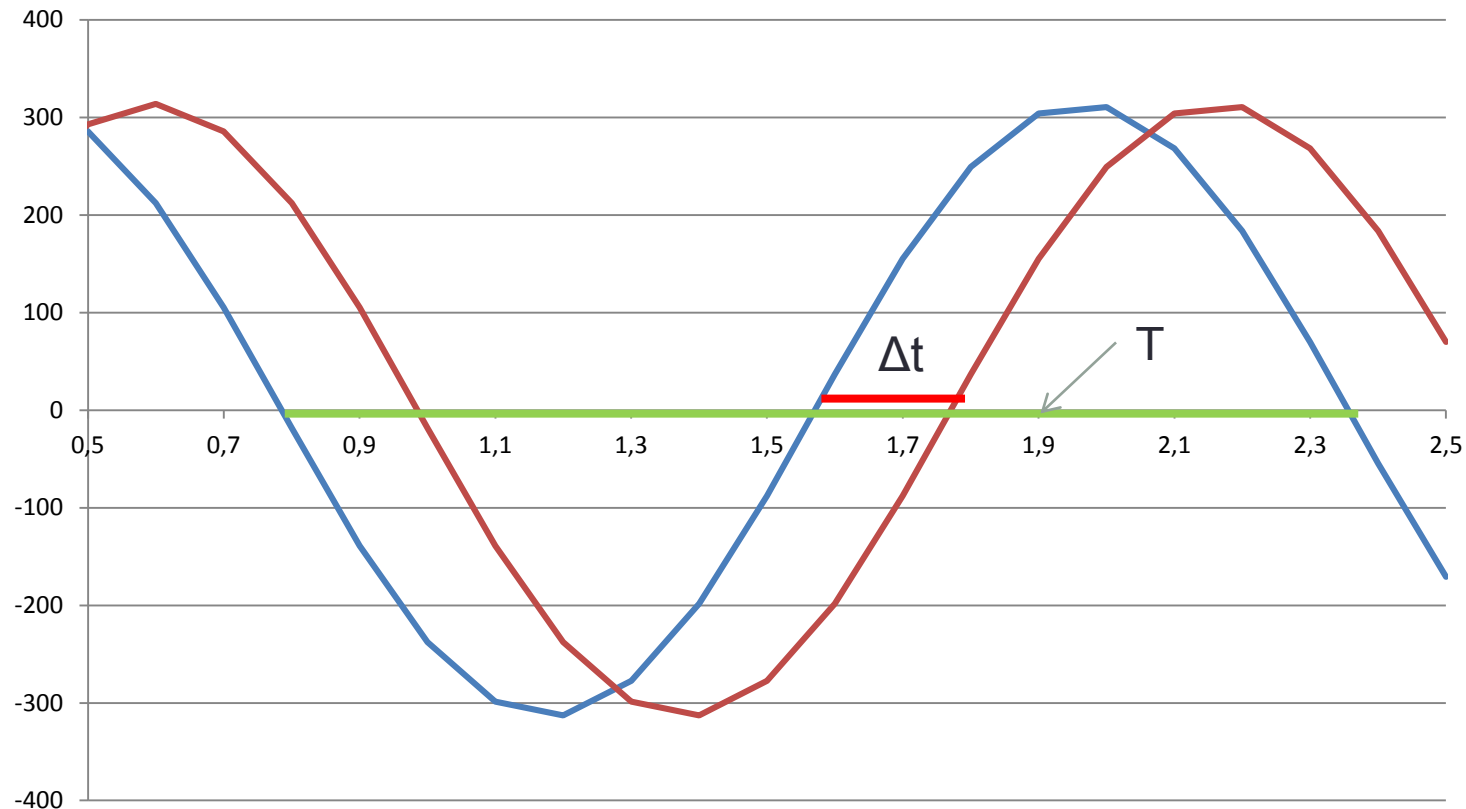
$$U_{mk} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt$$

- Efektiivväärtus (rms, (root mean square)

$$U_{mk} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

Faasinihe

Kahe sama sagedusega signaali omavaheline hilistumine.

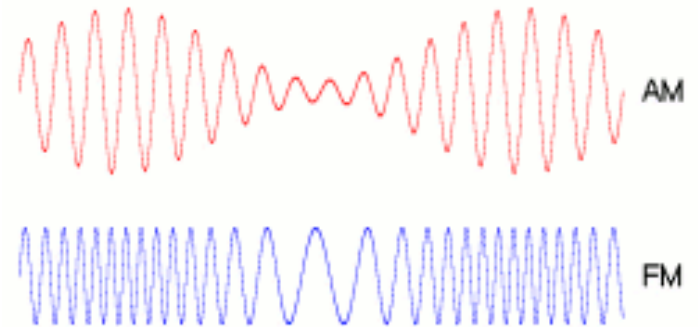
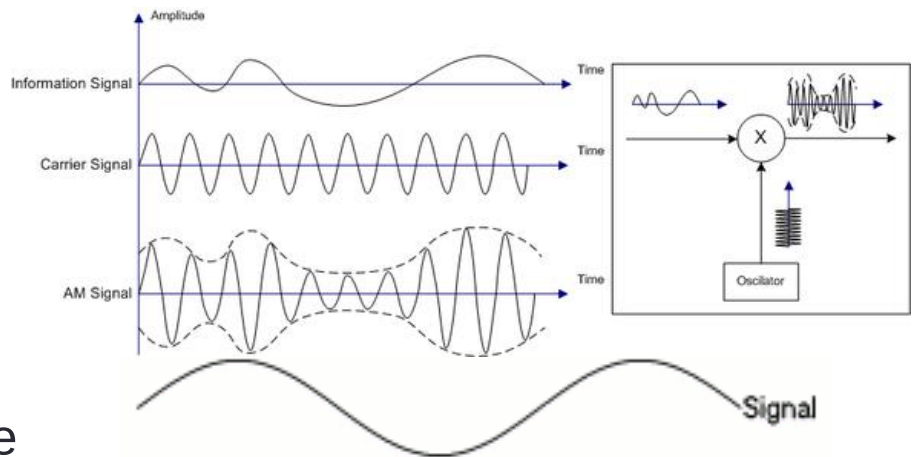


$$\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T} * 360^\circ$$

Juhtmevaba side

Kasutatakse elektromagnetlaineid
Kasulik signaal on vaja kodeerida,
moduleerida:

- Amplituudmodulatsioon (AM) – signaal moduleerib kandevsageduse amplituudi
- Sagedusmodulatsioon (FM) – signaal moduleerib kandevsageduse sagedust
- Faasimodulatsioon (PM) – signaal moduleerib kandevsageduse faasi



100 km	10 km	1 km	100 m	10 m	1 m	10 cm	1 cm	1 mm	1 μ m
Audio	VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	mm	infra red
1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	10 MHz	100 MHz	1 GHz	10 GHz	100 GHz	100 PHz

Digitaalmodulatsioon

- Amplitude-shift keying (ASK)

$$\text{ASK: } s(t) = \begin{cases} A \cos(\omega t), & 0 < t < T, \text{ if } 1 \\ 0, & 0 < t < T, \text{ if } 0 \end{cases}$$

- Phase- shift keying (PSK)
- Differential phase-shift keying(DPSK)
- Quadrature phase-shift keying (QPSK)

$$\text{PSK: } s(t) = \begin{cases} + A \cos(\omega t), & 0 < t < T, \text{ if } 1 \\ - A \cos(\omega t), & 0 < t < T, \text{ if } 0 \end{cases}$$

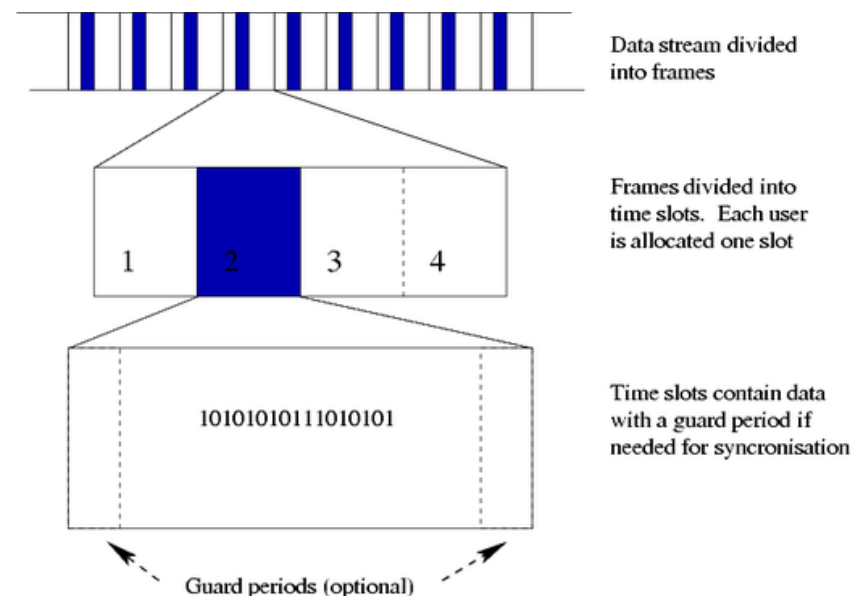
- Frequency-shift keying (FSK)
- Jne....

$$\text{FSK: } s(t) = \begin{cases} A \cos((\omega + \Omega)t), & 0 < t < T, \text{ if } 1 \\ A \cos((\omega - \Omega)t), & 0 < t < T, \text{ if } 0 \end{cases}$$

- Tänapäeva sidetehnikas on kasutusel need samaaegselt.
- https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying#Quadrature_phase-shift_keying_.28QPSK.29

Multipleksimine

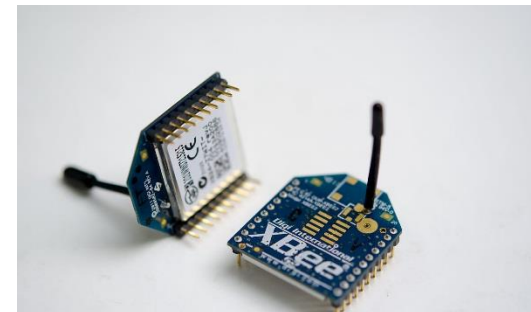
- Kui kanali maht on suurem kui ülekantava signaali vajadus, võib kasutada multipleksimist
- Kanda signaalid erinevatele sagedustele (FDM – frequency division multiplexing)
- Kanda signaalid erinevatele ajalõikudele (TDM – time division multiplexing)



Populaarsemad juhmevabad liidesed

Sagedusala umbes 2,4 GHz

- **WiFi** (IEEE 802.11, umbes 100 meetrit)
- IEEE 802.15.4 – tehniline standard, juhmevaba side jaoks
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4
- Kasutatakse signaalide ajalist tihendamist (TDMA-Time-division multiple access)
- **Bluetooth** (IEEE 802.15.1 reeglina kuni 10 meetrit, aga ka kuni 400m)
- **Xbee** (IEEE 802.15.4-2003 , ka 900MHz, kuni 14 km)
- **LoRa** (Long Range), 2012 patenteeritud tehnoloogia, kus andmeid on võimalik saata kaugemale kui 10 km.
- Aeglane, 12 baiti andmeid. Madal energiatarve
- Sobib IoT sensorvõrkudele 169MHz, 433 MHz (EU)
- 915 MHz (USA)



<https://en.wikipedia.org/wiki/XBee>