

# 2. Juhtimis- ja andmehõive- süsteemide riistvara

Peeter Ellervee

## Andmeside ja -haldus (IEE1131)

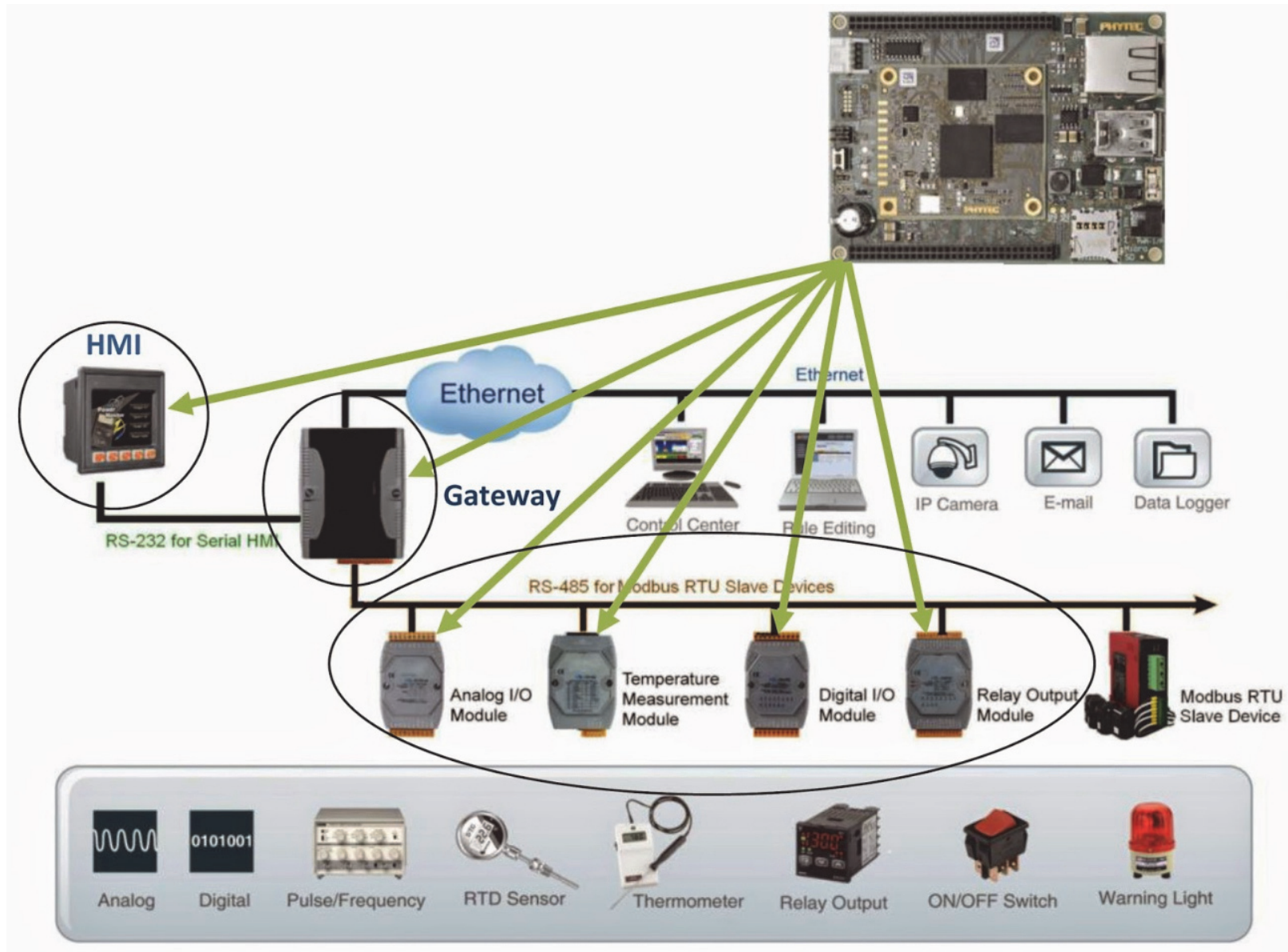
Rein Paluoja

Eiko Priidel

# Automatiseeritud tööstuslik juhtimissüsteem

- **Supervisory control and data acquisition (SCADA)** – süsteem protsesside jälgimiseks, juhtimiseks ja andmehõiveks tööstuses, automaatikas, elektrisüsteemides ja teistes valdkondades
- Töövälja ja juhtimiskihi tasemel kasutatakse programmeeritavaid kontrollereid (*programmable logic controller - PLC*) ning kaugterminale (*Remote Terminal Unit - RTU*), minimalistliku andmesidet ja suhteliselt kõrgete pingetega sisen/väljund liideseid

# SCADA



# Andurid tööstusautomaatikas

- Andur on seade mis muudab füüsilise või keemilise suuruse mõõdetavaks elektrisignaaliks.
- Füüsilistest anduritest on enamlevinud
  - Temperatuuriandurid
  - Optilised, magnetilised, induktiiv ja mahtuvuslikud asendiandurid
  - Rõhuandurid
- Keemilistest anduritest
  - Elektrokeemilised (nt. pH andur)
  - Gaasiandurid

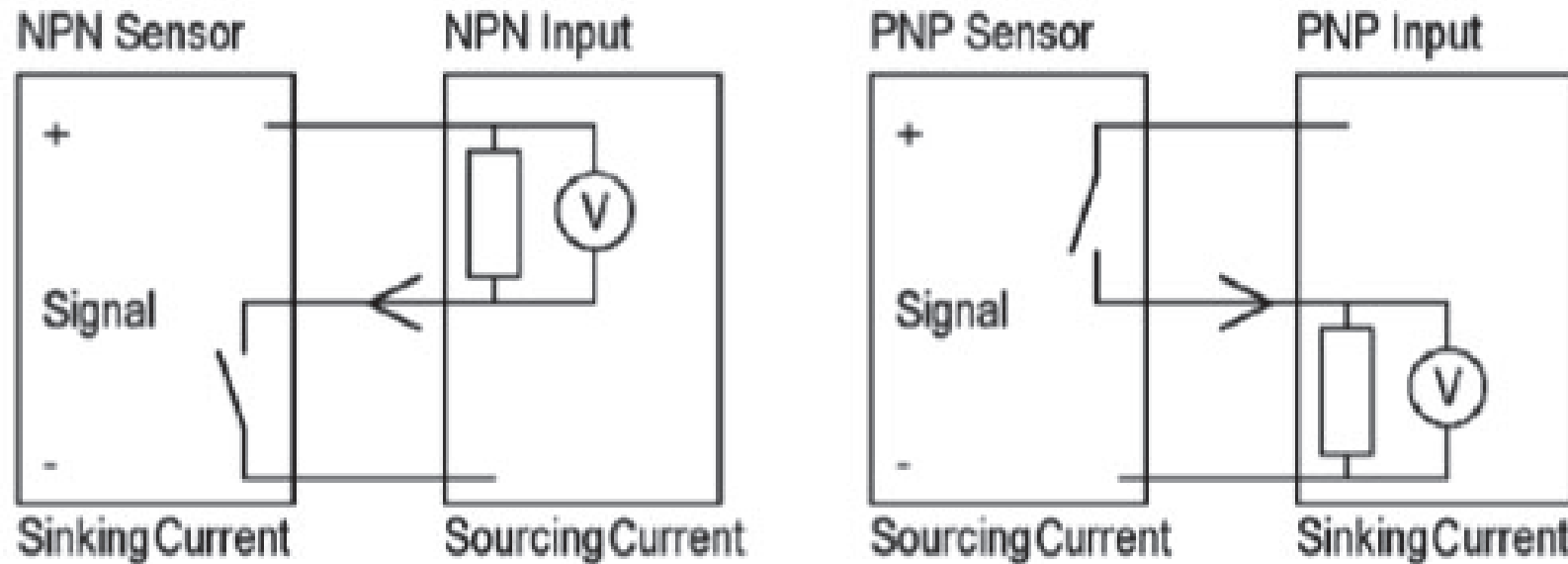
# Andurid tööstusautomaatikas

- Andurid jagunevad passiiv- ja aktiivanduriteks
- Vastavalt väljundsignaalile jaotatakse aktiivandurid:
  - Digitaalandurid (mõõdetav sisendparameeter on muundatud digitaalseks signaaliks)
  - Pseudodigitaalsed andurid (mõõdetav sisendparameeter on muundatud sageduseks või impulsi laiuseks)
  - Lülitusandurid (vastavalt sisendparameetri läviväärtusele lülitavad väljundi nivood või kontakti)
  - Analooandurid (sisendparameeter muundatakse pingeks või vooluks)

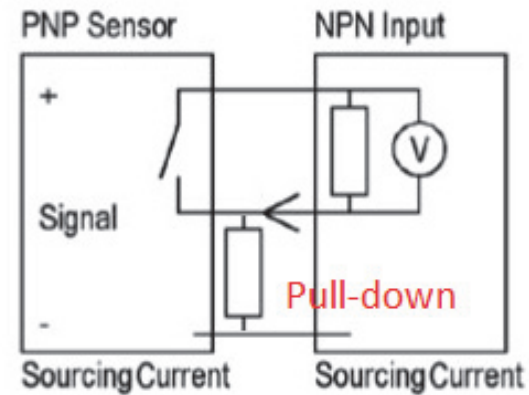
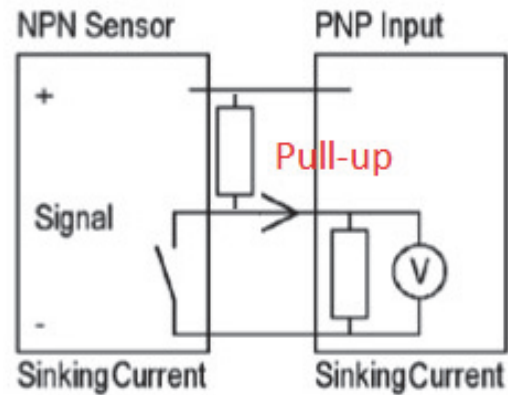
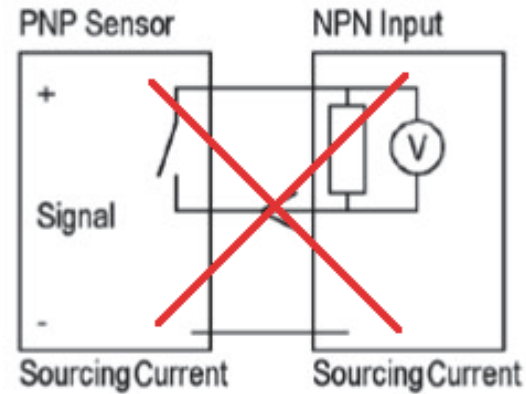
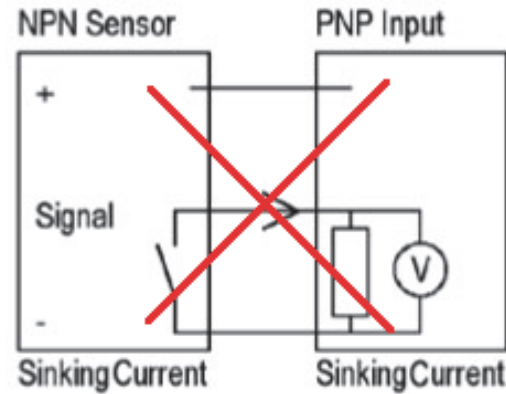


# Andurite liidesed (digitaalsed)

- PNP ja NPN tüüpi andurid



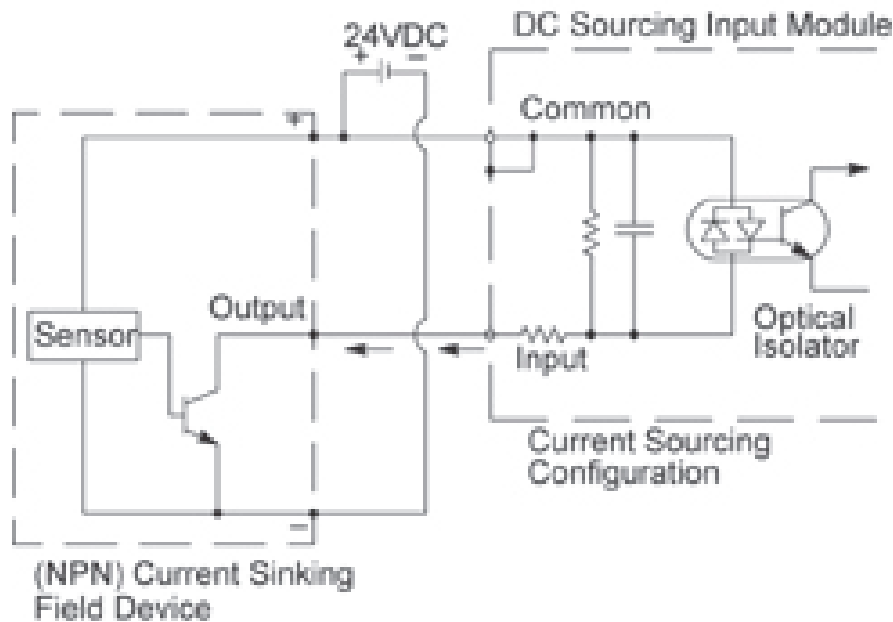
# Andurite liidesed (digitaalsed)



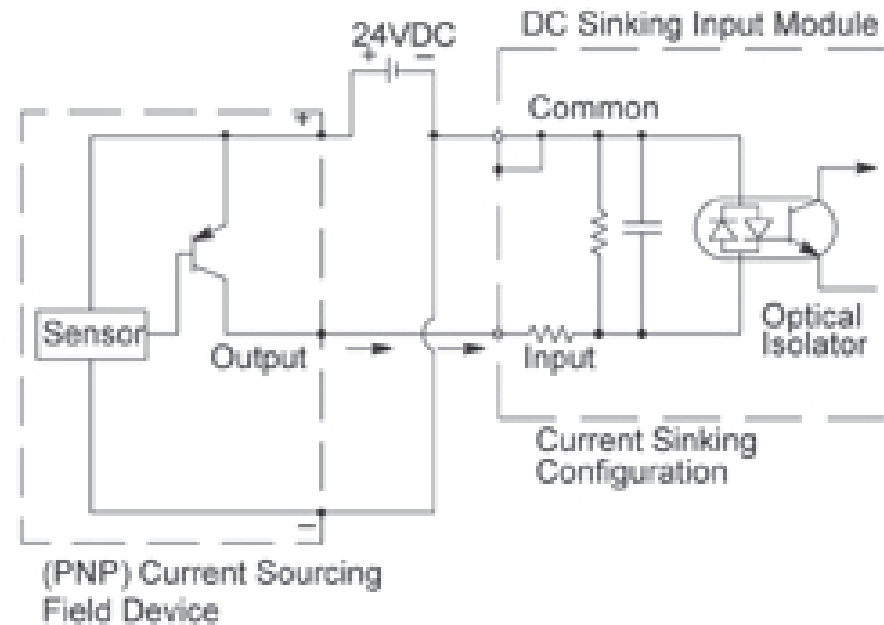


# Andurite liidesed (digitaalsed)

NPN (Sinking)  
Field Device Example



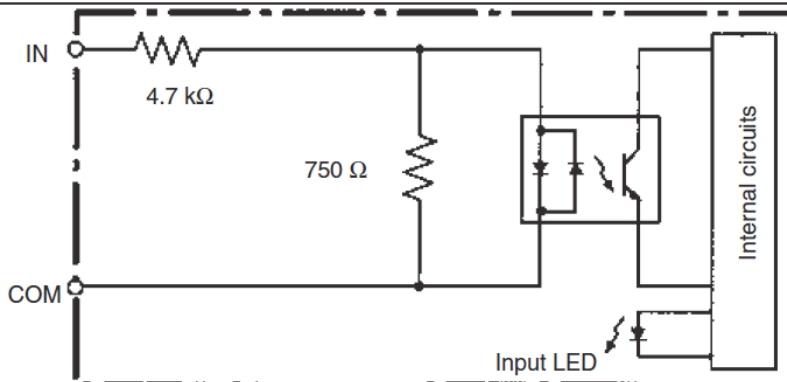
PNP (Sourcing)  
Field Device Example



# Andurite liidesed (digitaalsed)

OMRON

## 2. Expansion I/O Unit Input Specifications

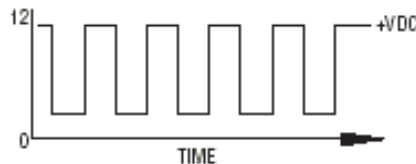
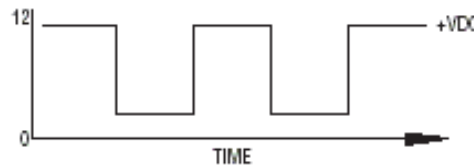
Item	Specification
Input voltage	24 V DC $+10\%$ / $-15\%$
Input impedance	4.7 k $\Omega$
Input current	5 mA
ON voltage/current	14.4 V DC min., 3.5 mA
OFF voltage/current	5.0 V DC max., 1.1 mA
ON delay	1 to 80 ms max. Default: 10 ms (See note.)
OFF delay	1 to 80 ms max. Default: 10 ms (See note.)
Circuit configuration	

**Note:** The input time constant can be set to 1, 2, 3, 5, 10, 20, 40, or 80 ms in the PC Setup.

# Andurite liidesed (pseudodigitaalsed)

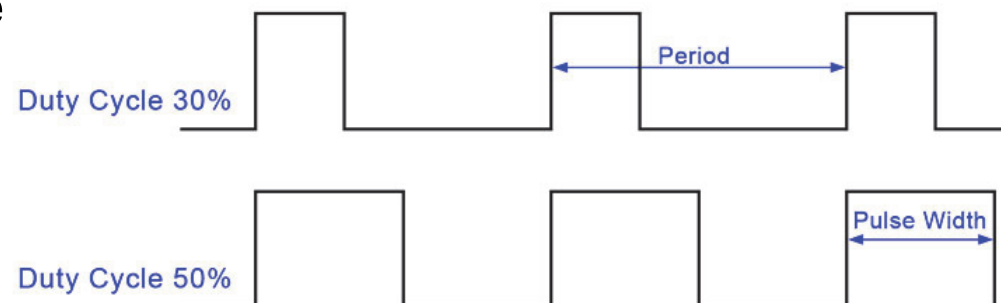
- Sagedusväljund

- Väljundsagedus muutub vastavalt sisendile. Vastuvõtja peab mõõtma sagedust.



- Impulsilaiusmodulatsiooniga väljund

- Väljundsagedus on konstantne, pulsi laius muutub vastavalt sisendsignaale



# Andurite liidesed (analoog)

- Analoogsignaali liidesed jagatakse:
  - Pinge sisend/väljund
    - 0..5 V
    - 0..10 V
    - -10..+10 V
  - Voolu sisend/väljund
    - 0..20 mA
    - 4..20 mA
- Pingeväljundiga liidese puuduseks on pingelang juhtmetel ning tundlikus mürade ja häirete suhtes.

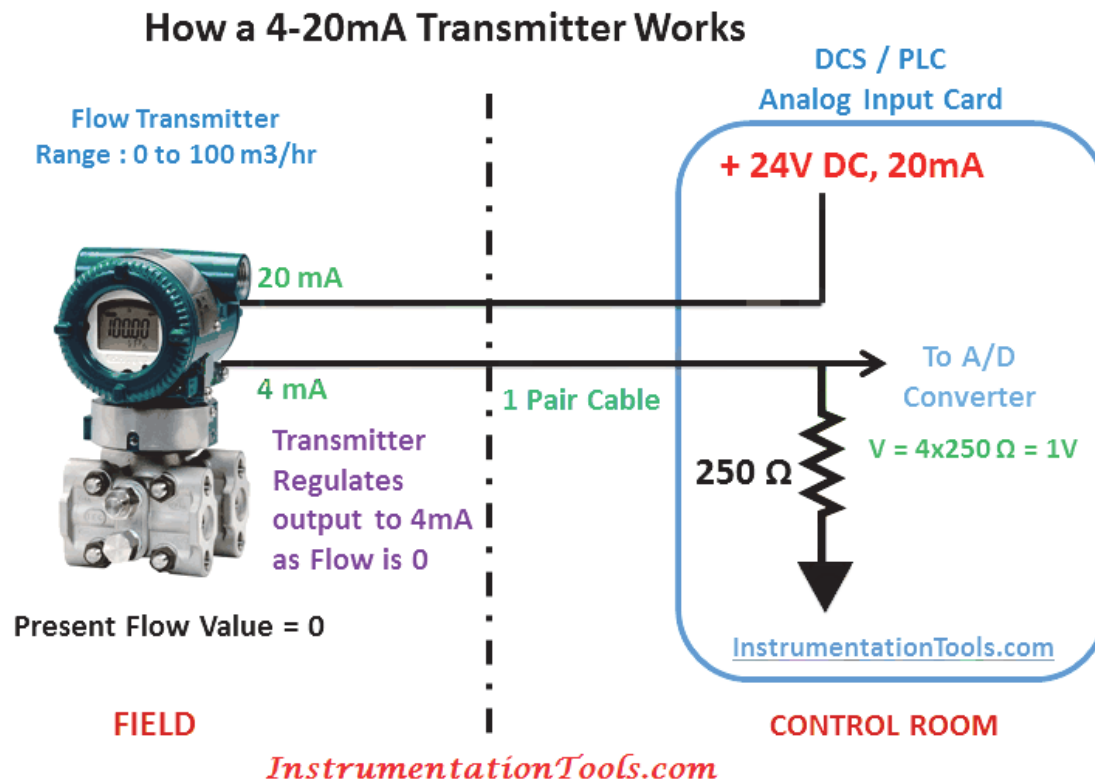
# Andurite liidesed (analoog)

## Specifications

Item		Voltage I/O	Current I/O
Analog inputs	Number of inputs	2 (allocated 2 words)	
	Input signal ranges	0 to 5 V, 1 to 5 V, 0 to 10 V, -10 to 10 V	0 to 20 mA, 4 to 20 mA
	Maximum rated input	±15 V	±30 mA
	External input impedance	1 MΩ min.	Approx. 250 Ω
	Resolution	1/6,000 (full scale)	
	Overall precision	25° C:±0.3% of full scale	25° C:±0.4% of full scale
		0 to 55° C:±0.6% of full scale	0 to 55° C:±0.8% of full scale
	Converted A/D data	Binary data (4-digit hexadecimal) -10 to 10 V: F448 to 0BB8 Hex full scale Other:0000 to 1770 Hex full scale	
	Averaging	Supported (set for each input with DIP switch)	
Disconnected line detection	Supported		
Analog output	Number of outputs	1 (allocated 1 word)	
	Output signal ranges	1 to 5 V, 0 to 10 V, -10 to 10 V	0 to 20 mA, 4 to 20 mA
	External output allowed load resistance	1 kΩ min.	600 Ω max.
	External output impedance	0.5 Ω max.	---
	Resolution	1/6,000 (full scale)	
	Overall precision	25° C:±0.4% of full scale	
		0 to 55° C:±0.8% of full scale	
D/A data setting	Binary data (4-digit hexadecimal) -10 to 10 V: F448 to 0BB8 Hex full scale Other:0000 to 1770 Hex full scale		

# Vooluväljundiga analoog liides

- Vooluväljundiga anduri väljundiks on sisendparameetrist sõltuv vool.
- Vooluväljundiga anduri signaali võib edastada erinevalt pingeväljundi signaalist pika vahemaa taha kuna häired mõjutavad seda vähe.
- Enim kasutatav standard on 4-20 mA kus vähim mõõdetav väärtus vastab 4 mA voolule ja suurim 20 mA voolule.
- Signaaliahela viga - katkestus või lühis, on kergesti tuvastatav.



# Täiturid

- Täitur on üldjuhul juhitud mehhaaniline seade
- Täituriks võib lugeda ka optilist kiirgust, heli, soojust jne. tekitavat seadet
- Täitureid liigitatakse kasutatava energiaallika järgi:
  - Elektrilised
  - Pneumaatilised
  - Hüdraulilised
  - Mehhaanilised

# Täiturid

- Täitureid juhitakse juhtseadme poolt analog või digitaalväljundite kaudu.
- Kõige lihtsamal juhul ühendatakse täitur otse või läbi relee/optroni juhtseadme väljundisse (indikaatorid, klapid, ventiilid jne.).
- Keerulisemate täiturite puhul toimub juhtimine läbi spetsiifilise kontrolleri (nt. mootorid, servod).

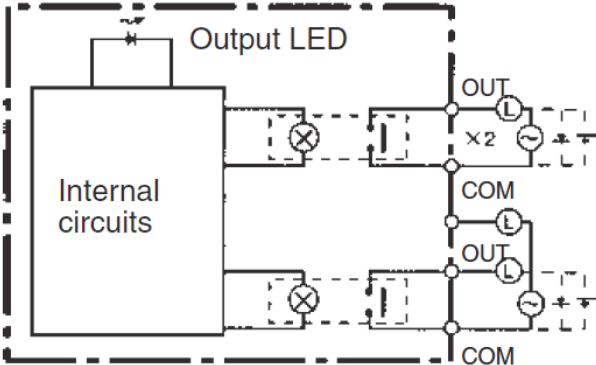


# Juhtseadme väljundid

- Väljundid jagatakse:
  - Digitaalne
    - pinge, 0/24 V
    - sagedus
    - impulsilaius modulatsioon
    - paralleel või jadaliides
  - Analoog
    - pinge, 0..5 V; 0..10 V; -10..+10V
    - vool, 4..20 mA

# Juhtseadme väljundid

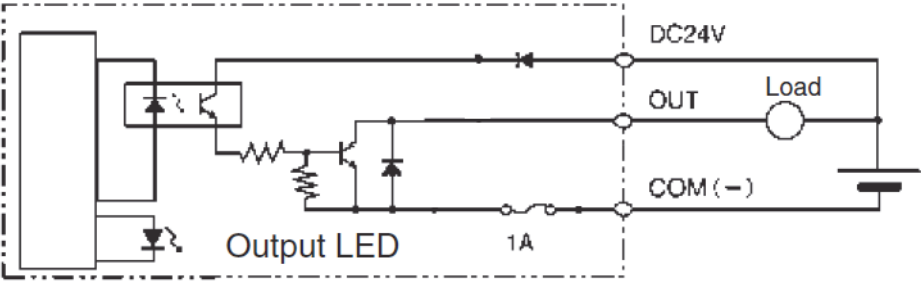
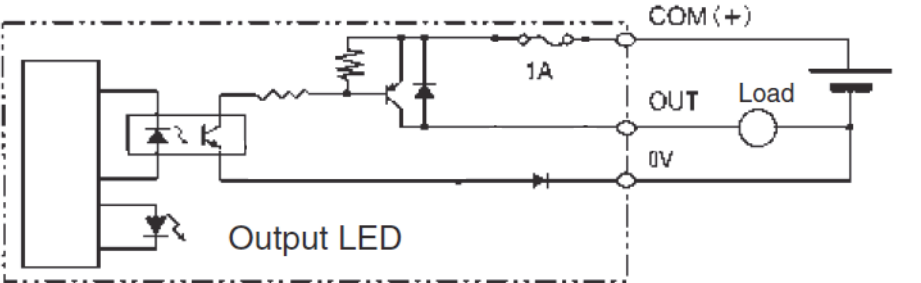
## Relay Output

Item	Specification
Max. switching capacity	2 A, 250 V AC ( $\cos\phi = 1$ ) 2 A, 24 V DC (4 A/common)
Min. switching capacity	10 mA, 5 V DC
Service life of relay	Electrical:150,000 operations (24- V DC resistive load) 100,000 operations (240- V AC inductive load, $\cos\phi = 0.4$ ) Mechanical:20,000,000 operations
ON delay	15 ms max.
OFF delay	15 ms max.
Circuit configuration	

# Juhtseadme väljundid

## Transistor Outputs (Sinking or Sourcing) for CPU Units and Expansion I/O Units

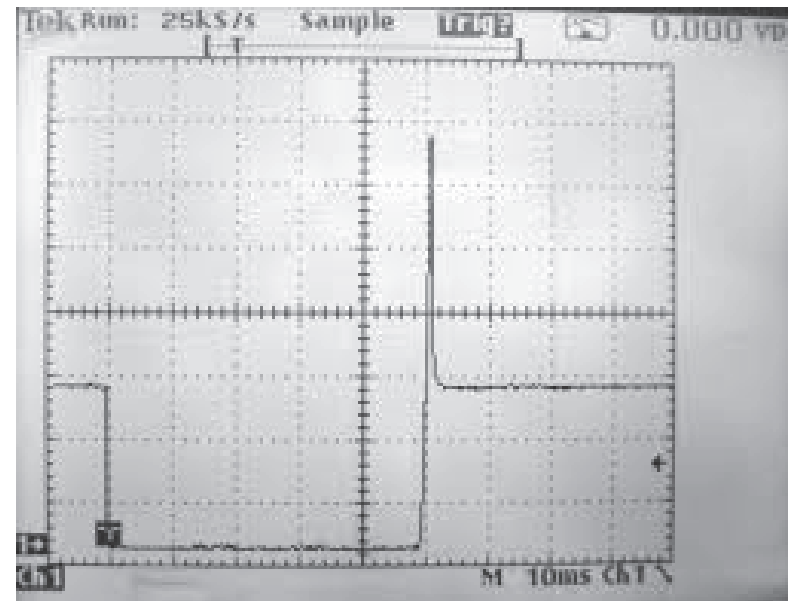
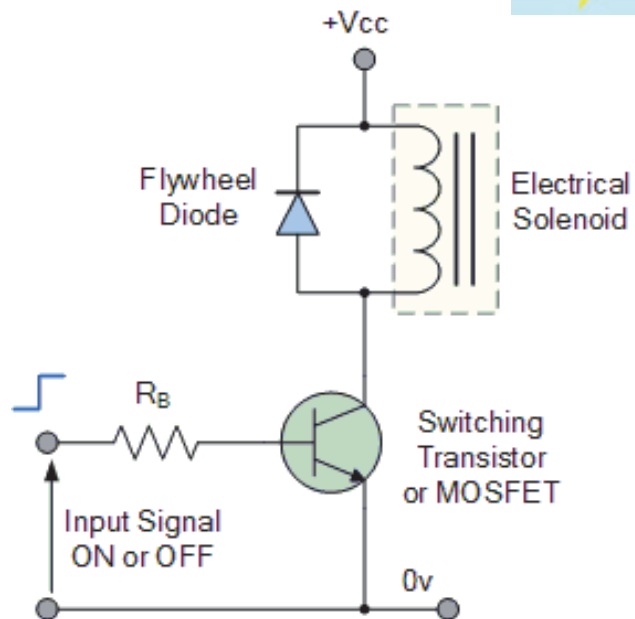
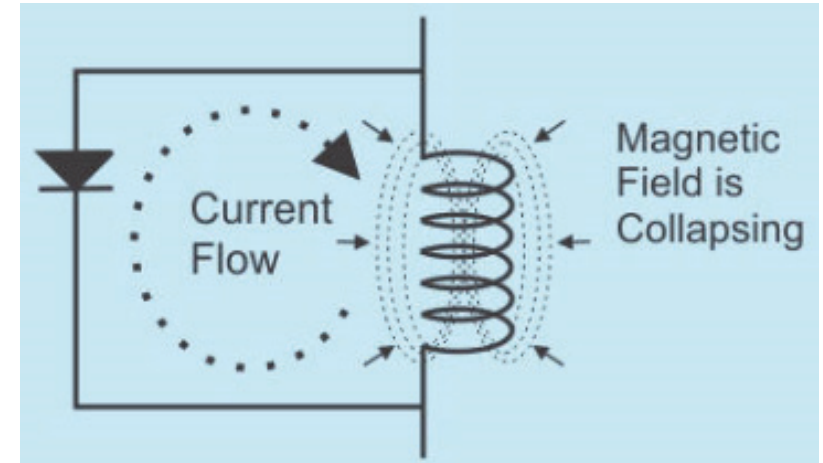
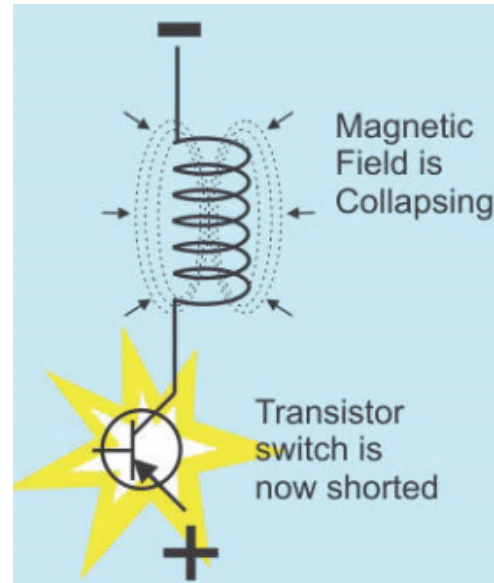
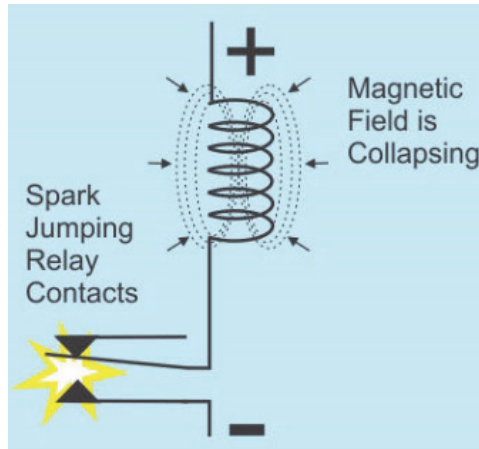
Item	Specification
Max. switching capacity	CPU Units with 10 or 20 I/O Points 01000 to 01007: 40 mA at 4.5 V DC to 300 mA at 20.4 V DC, 300 mA (20.4 to 26.4 V) CPU Units with 32 I/O Points 01000 to 01007: 40 mA at 4.5 V DC to 300 mA at 20.4 V DC, 300 mA (20.4 to 26.4 V) 01100 to 01107: 40 mA at 4.5 V DC to 100 mA at 20.4 V DC, 100 mA (20.4 to 26.4 V) (See note.) Expansion I/O Units 01□00 to 01□07: 40 mA at 4.5 V DC to 300 mA at 20.4 V DC, 300 mA (20.4 to 26.4 V) 01□08 to 01□15: 40 mA at 4.5 V DC to 100 mA at 20.4 V DC, 100 mA (20.4 to 26.4 V) (See note.)
Min. switching capacity	0.5 mA
Max. inrush current	0.9 A for 10 ms (charging and discharging waveform)
Leakage current	0.1 mA max.
Residual voltage	0.8 V max.

Item	Specification
Circuit configuration	<p style="text-align: center;"><b>Sinking Outputs</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Sourcing Outputs</b></p> 

# Ventiilid, klapid, solenoidid



# Induktiivkoormuste lülitamine

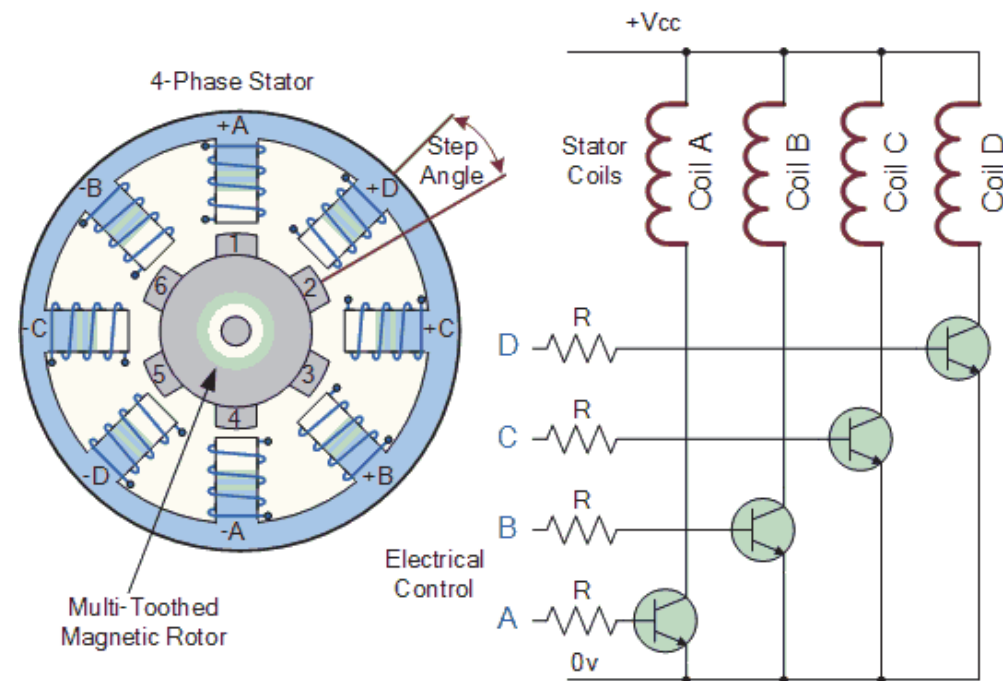


# Elektrimootorid

- Alalisvoolumootorid
  - Harjadega
  - Harjavaba (vajab kontrolleriit)
- Vahelduvvoolumootorid
  - Asünkroonmootor
  - Sünkroonmootor
  - Samm-mootor

# Samm-mootor

- Eelised:
  - Lihtne juhtida
  - Suur hoidemoment
- Puudused
  - Väike võimsus
  - Madal kiirus

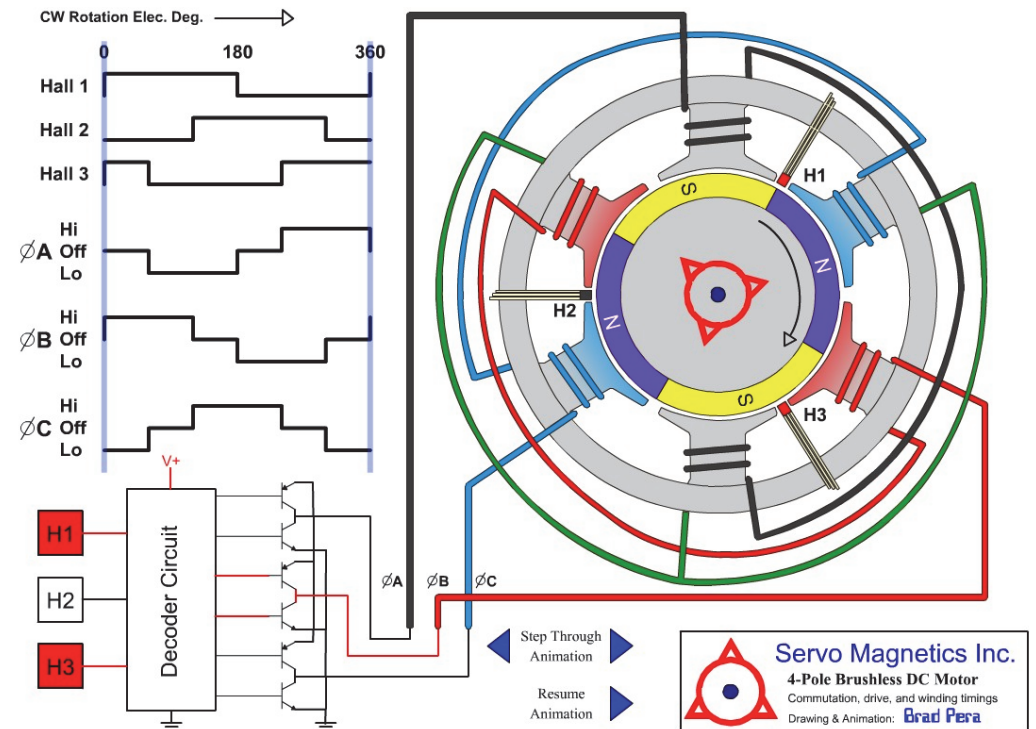


# BLDC

- Harjavaba alalisvoolumootor
- Eelised
  - Effektiivne, hea võimsuse-massi suhe
  - Suur kiirus
  - Suur võimsus

- Puudused

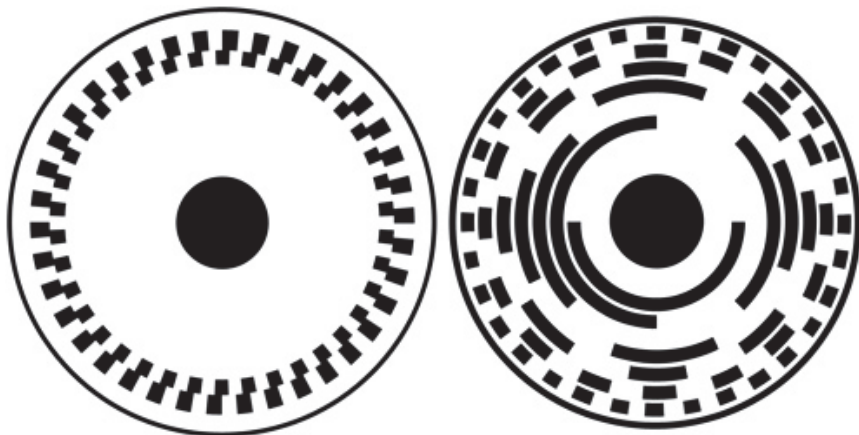
- Kallis, vajab keerukat kontrolleriit



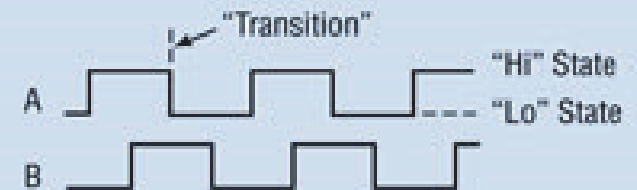
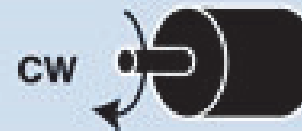


# Enkoodrid

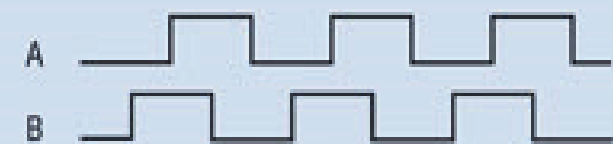
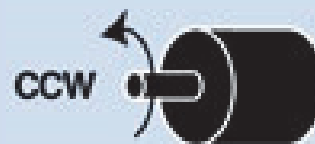
- Asendiandur
  - lineaarenkooder
  - pöördenkooder
  - Inkrementaalenkoodrid
  - absoluutenkoodrid



## Quadrature



Channel A leading B



Channel B leading A

# Analoog-digitaalmuundid

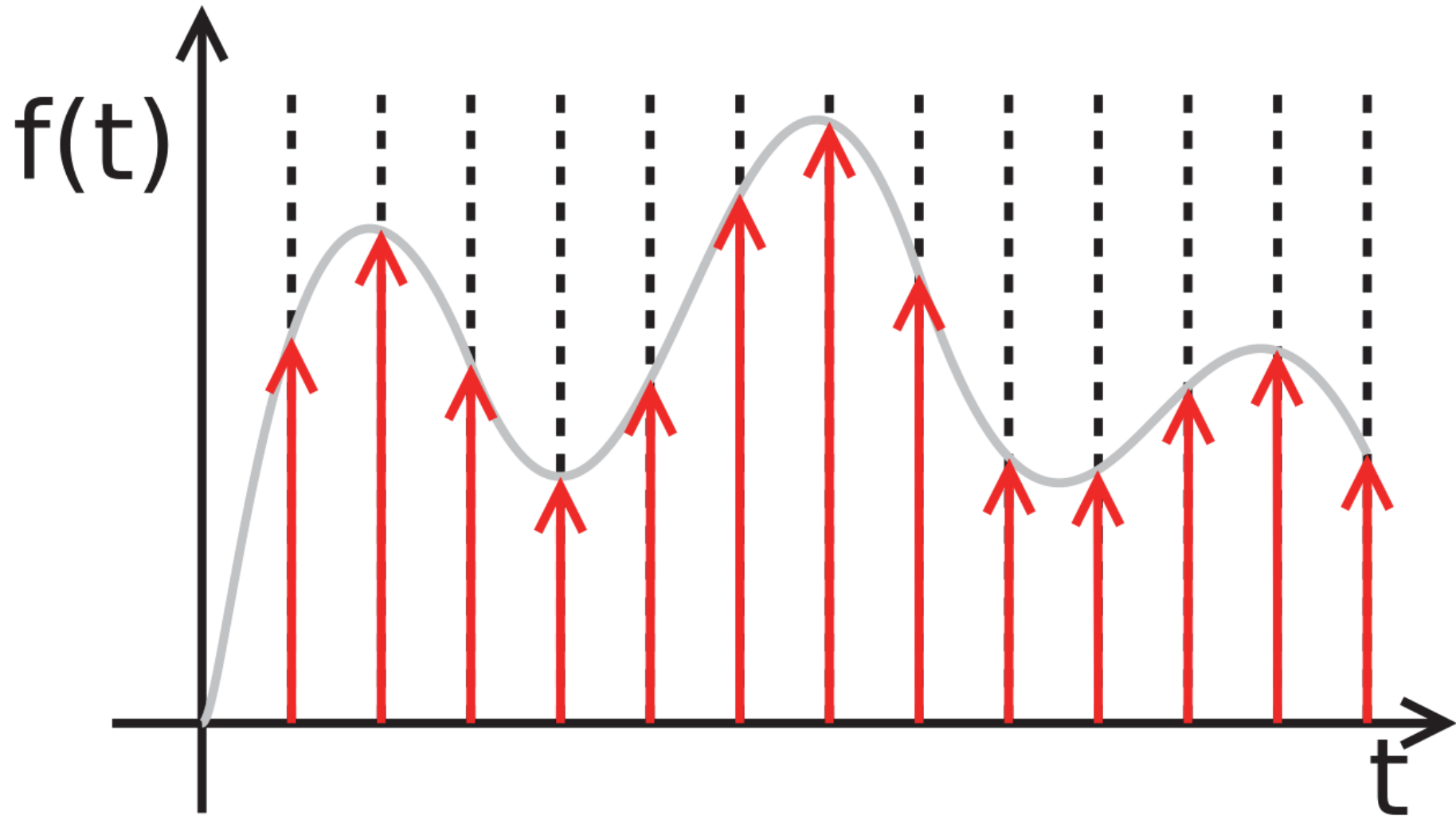
- Analoogsignaali on pidev nii ajas kui väärtuses
- Muundamise käigus fikseeritakse analoogsignaali väärtus kindlatel ajahetkedel – diskreetimine
- Signaali väärtus kindlatel ajahetkedel mõõdetakse lõpliku täpsusega - kvantimine

# Diskreetimine

- Nyquist-Shannon-Kotelnikovi teoreem:
  - Kui signaali  $s(t)$  ribalaius on  $B$  hertsi, siis on see signaal täielikult määratud disreetsete väljavõtetega ajavahemike  $1/2B$  sekundi tagant.

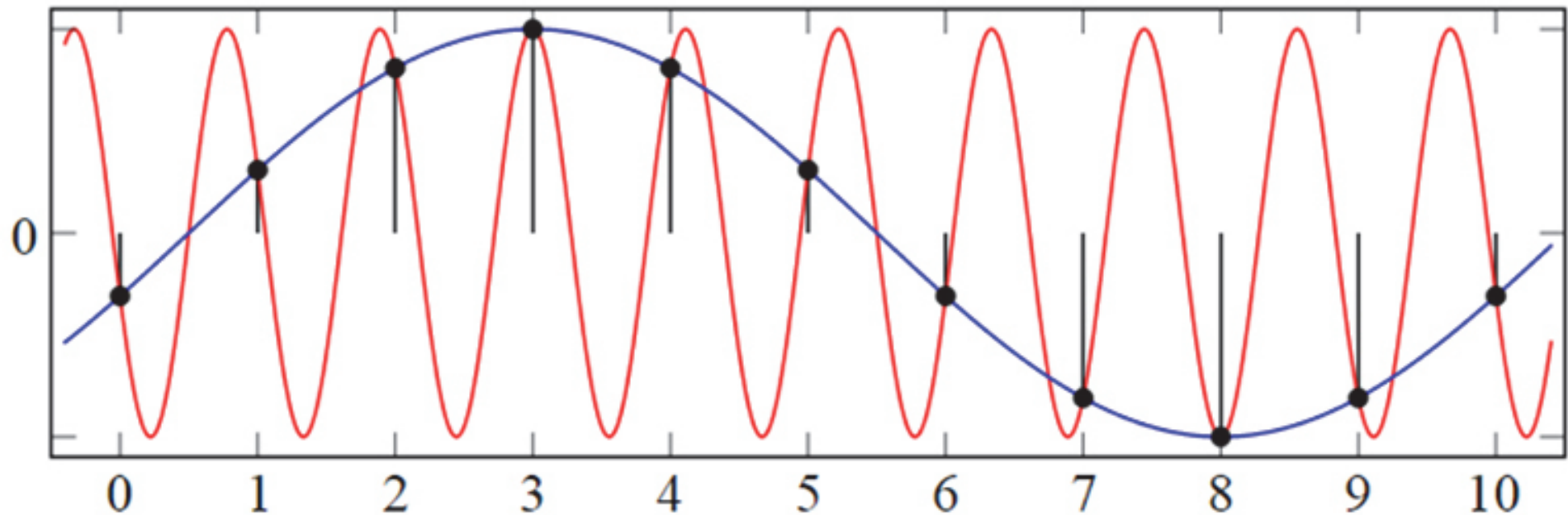
Diskreetimissagedus peab olema vähemalt kaks korda kõrgem, kui analoogsignaali sagedusriba.

# Diskreetimine



# Alias

- Kui Nyquist-i kriteerium ei ole täidetud tekivad diskreetimise käigus sageduskomponendid mida esialgses signaalis ei eksisteerinud



# Kvantimine

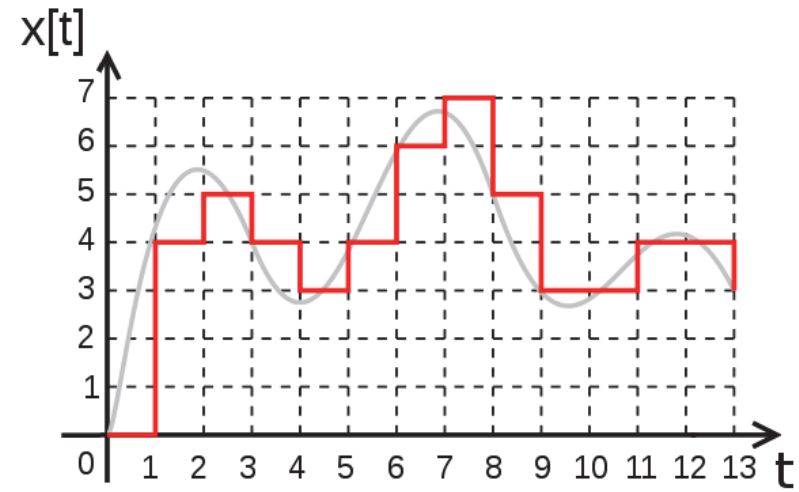
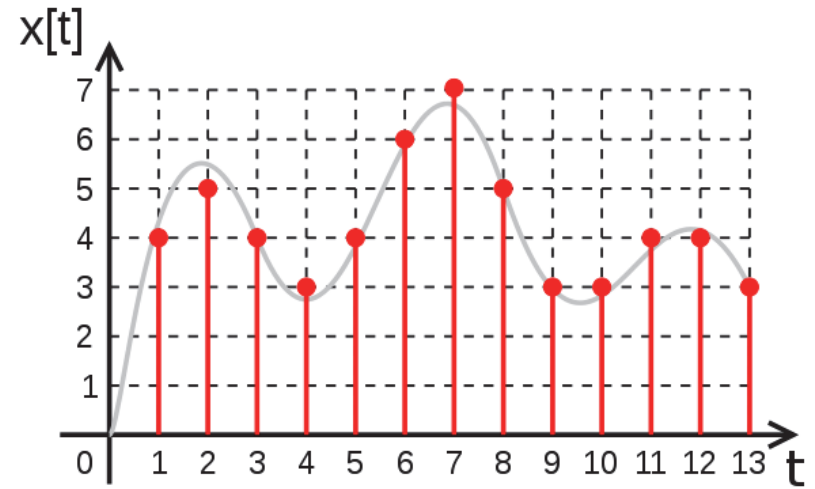
- Signaal mõõdetakse lõpliku täpsusega  $\pm q/2$  ja salvestatakse bittide arvuga  $n_B$ , millega kaasneb alati pöördumatu informatsioonikadu.
- Kvantimissammu  $q$  suurus on määratud bittide arvuga  $n_B$  ja sisendpingemuutumisvahemikuga  $U_{pp}$

$$q = \frac{U_{pp}}{2^{n_B} - 1}$$

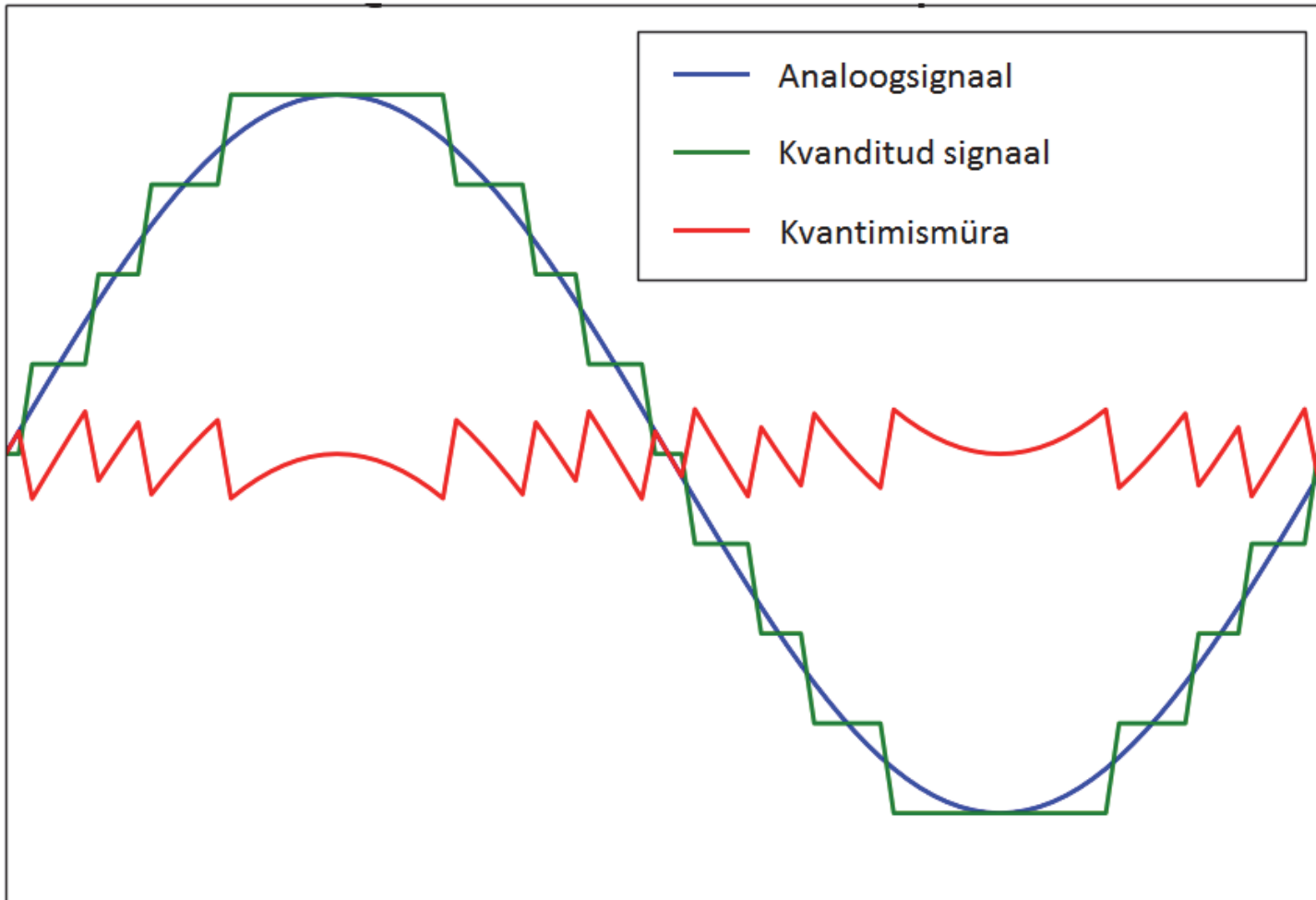
- Kvantimisega kaasnevat informatsioonikadu iseloomustab kvantimismüra võimsusega

$$N = \frac{q^2}{12}$$

# Kvantimine



# Kvantimismüra



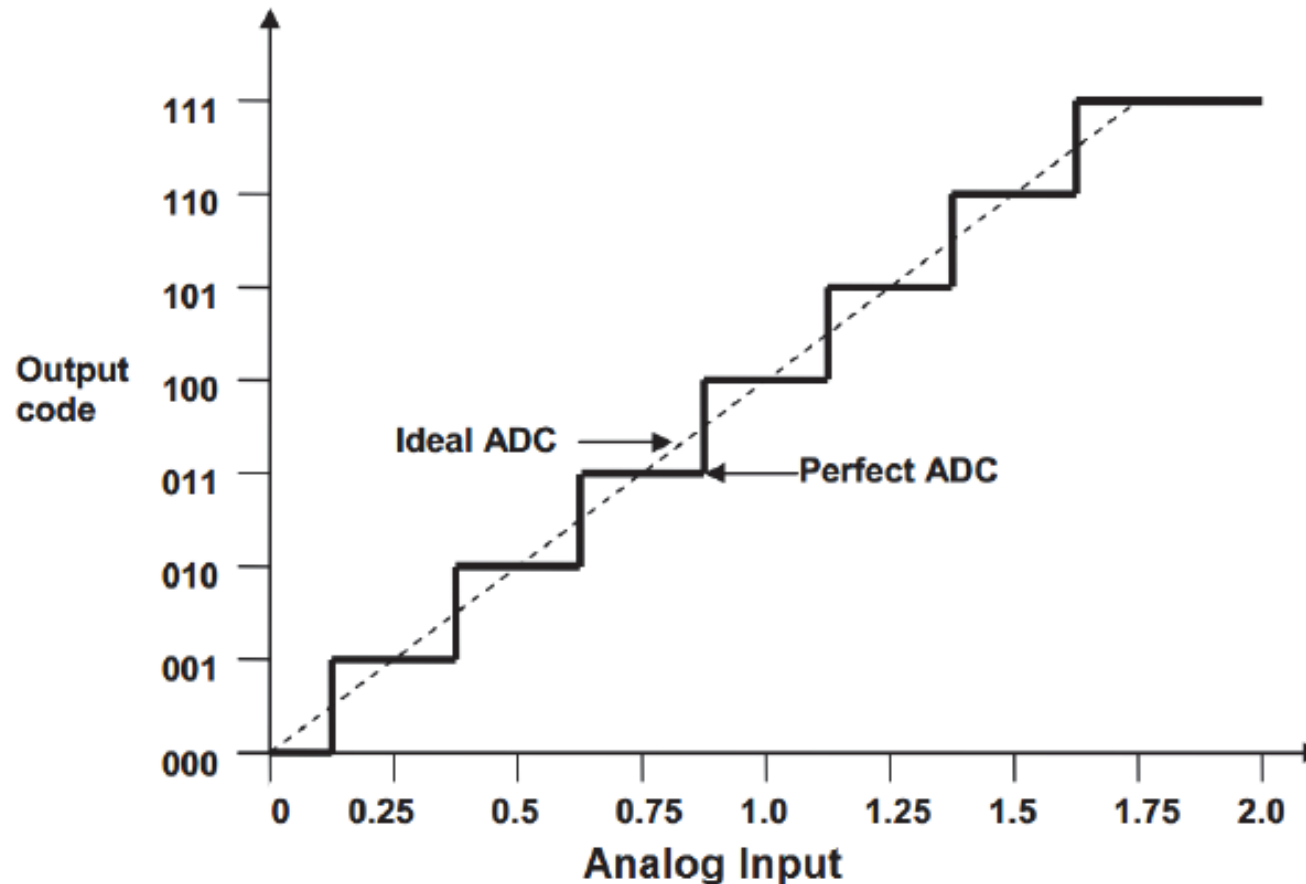


# AD ja DA muundite parameetrid

- Resolutsioon
- Täpsus
- Kvantimissagedus (sampling rate)
- Sisend/väljundpinge piirkond
- Toitepinge
- Tarbitav võimsus
- Liides

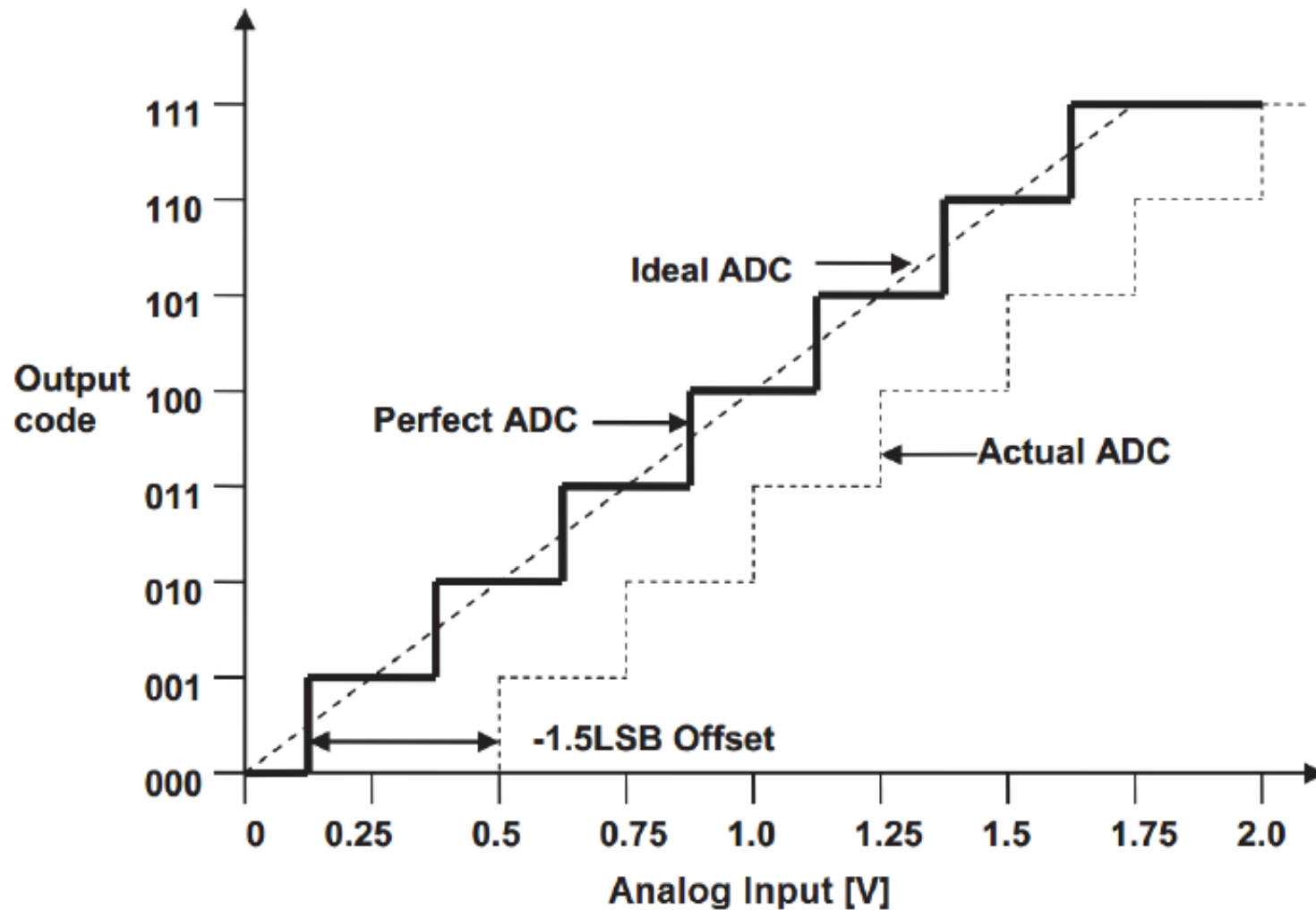
# AD ja DA muundite parameetrid

- Ideaalne ADC



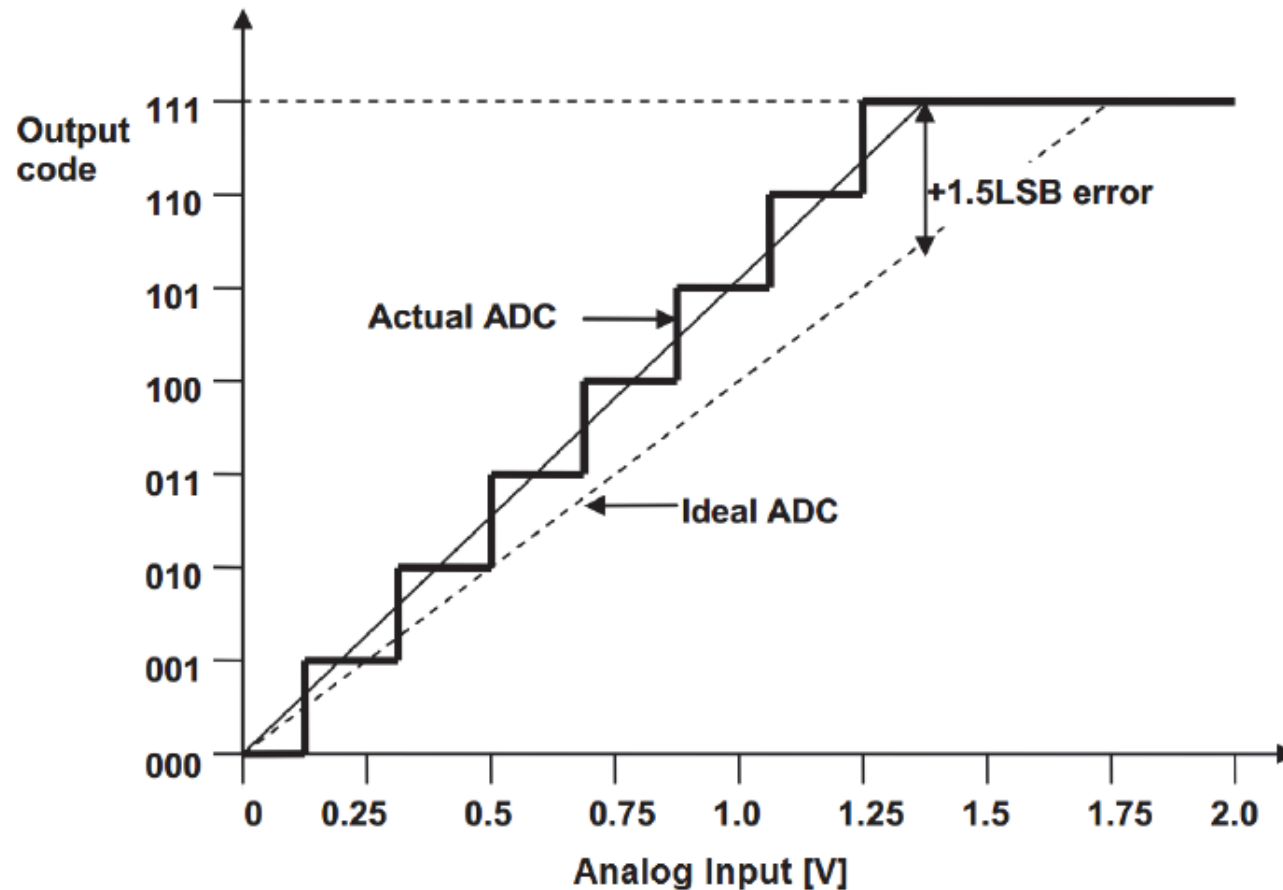
# AD ja DA muundite parameetrid

- Offset error



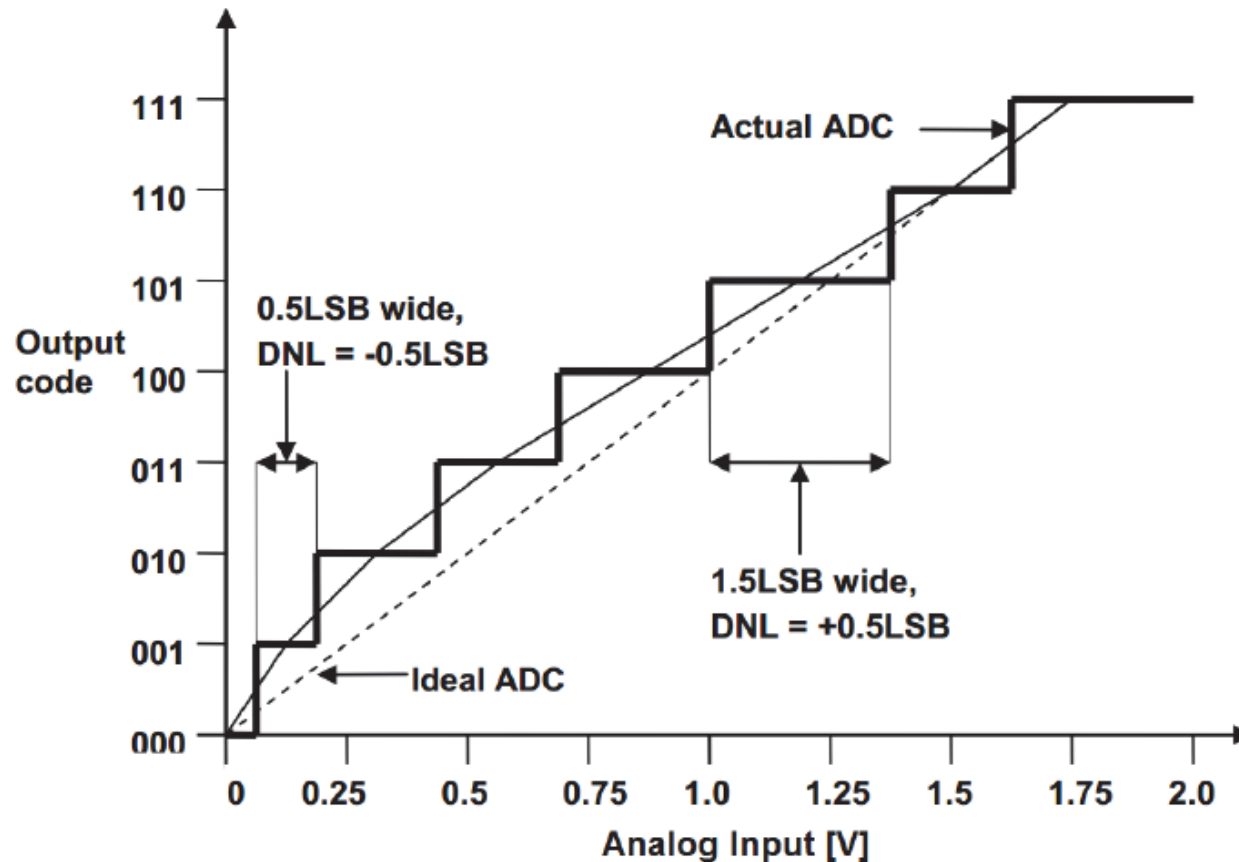
# AD ja DA muundite parameetrid

- Gain error



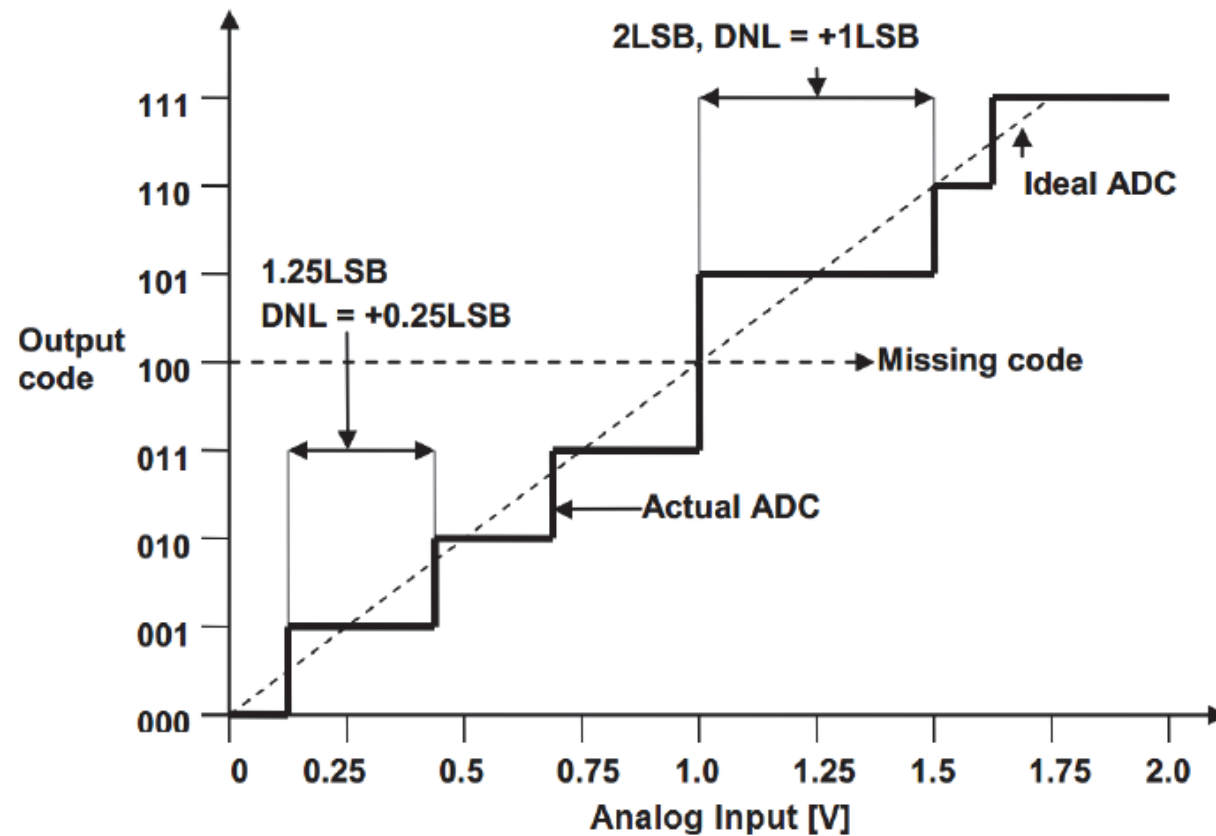
# AD ja DA muundite parameetrid

- Nonlinearity

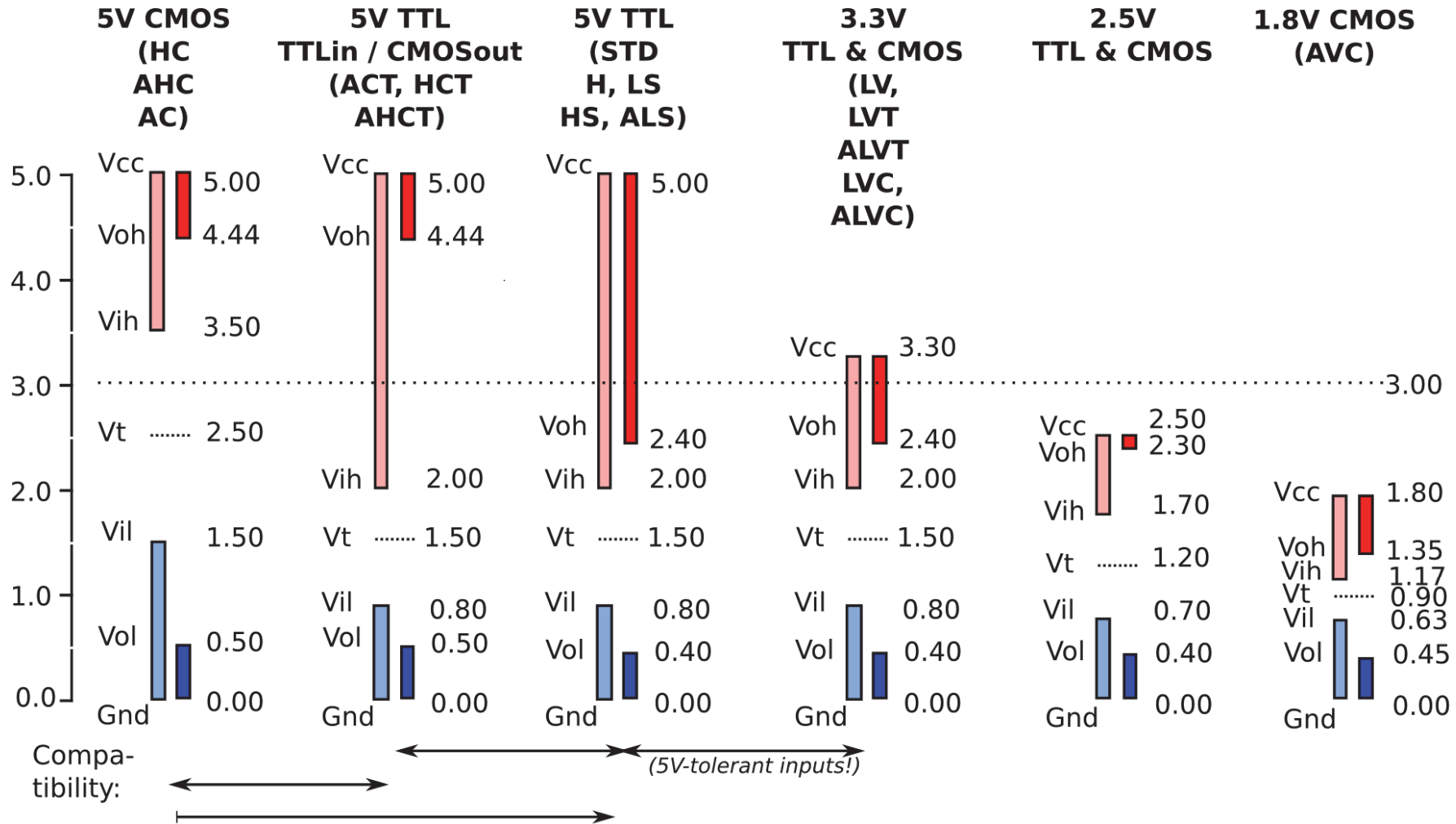


# AD ja DA muundite parameetrid

- Missing code



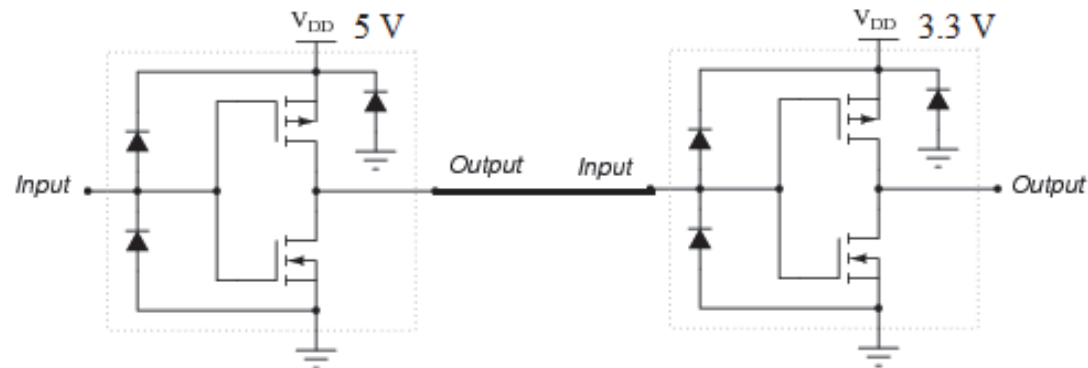
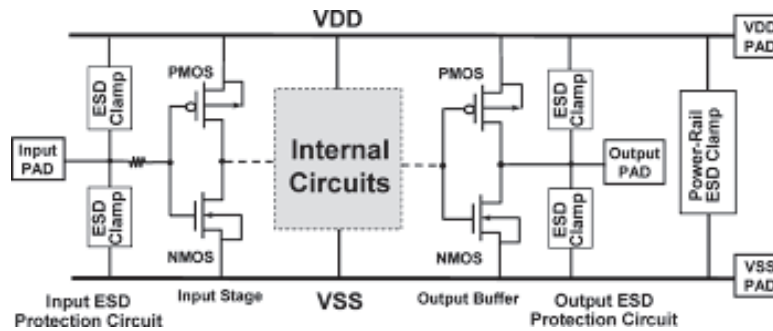
# Integraalloogika elemendid ja tehnoloogia



Data source: EETimes, A brief recap of popular logic standards (Mark Pearson, Maxim).

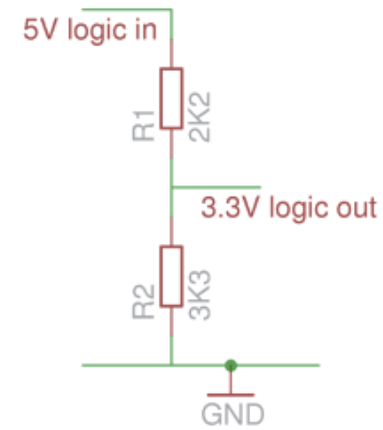
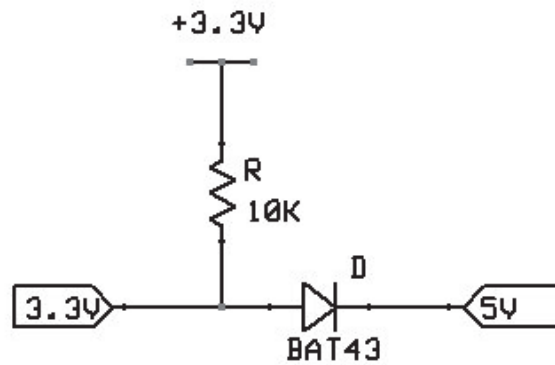
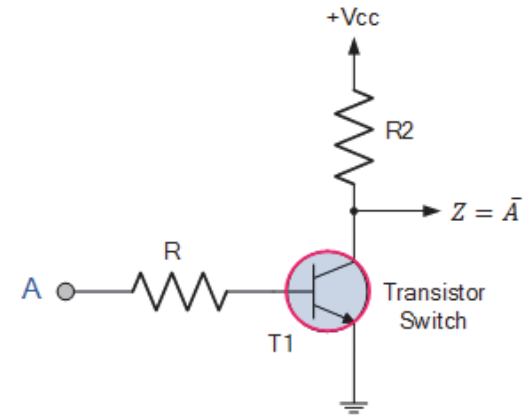
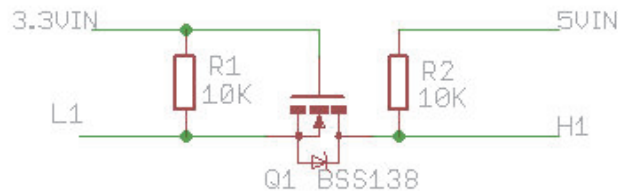
# ESD

- ESD kaitsedioodid mikroskeemide väljavikudel



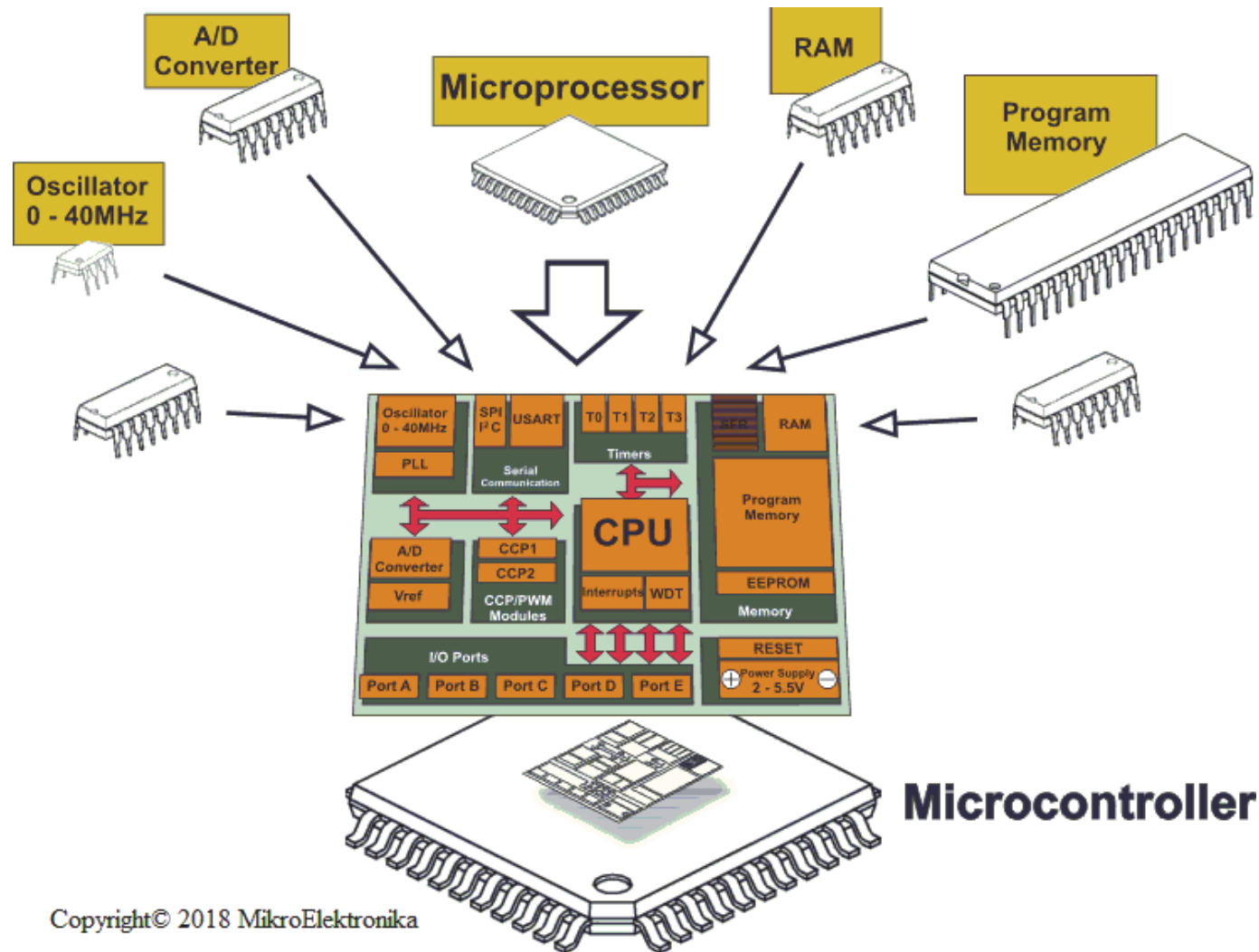


# Loogikanivoode konverteerimine

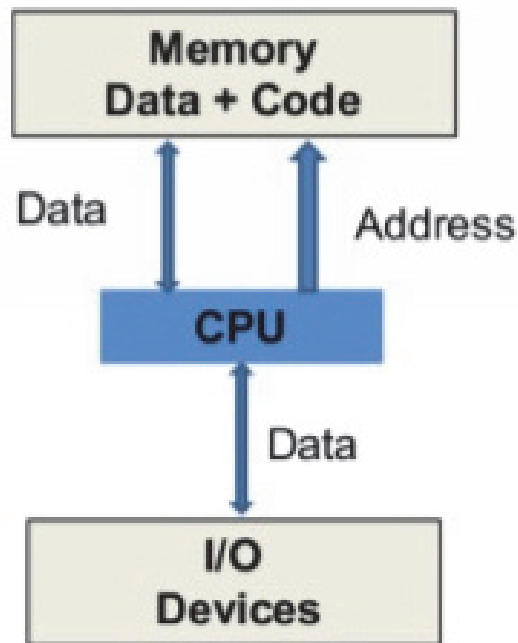


# Mikrocontrollerid

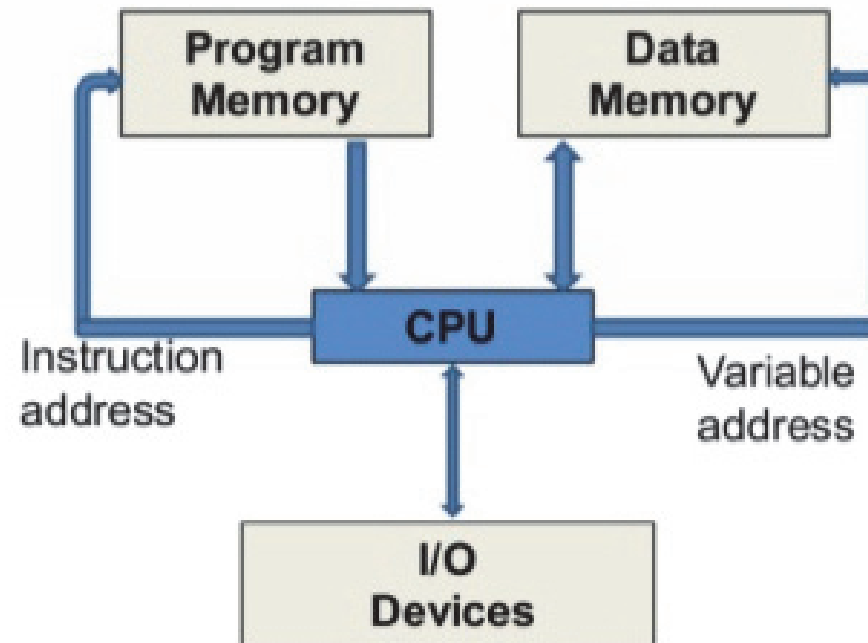
vt. <https://www.youtube.com/watch?v=urqPobwPOzs>



# Von Neumann vs. Harvard Architecture



Von Neumann Machine



Harvard Machine

# Atmel ATmega328

## 4. Block Diagram Figure 4-1. Block Diagram

