

ISC0100

KÜBERELEKTROONIKA

Kevad 2018

Kümnes loeng

Martin Jaanus

martin.jaanus@ttu.ee

U02-308 (hetkel veel)

620 2110, 56 91 31 93

Õppetöö : <http://isc.ttu.ee>

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

Teemad

Digitaalelektronika analoogmaailmas

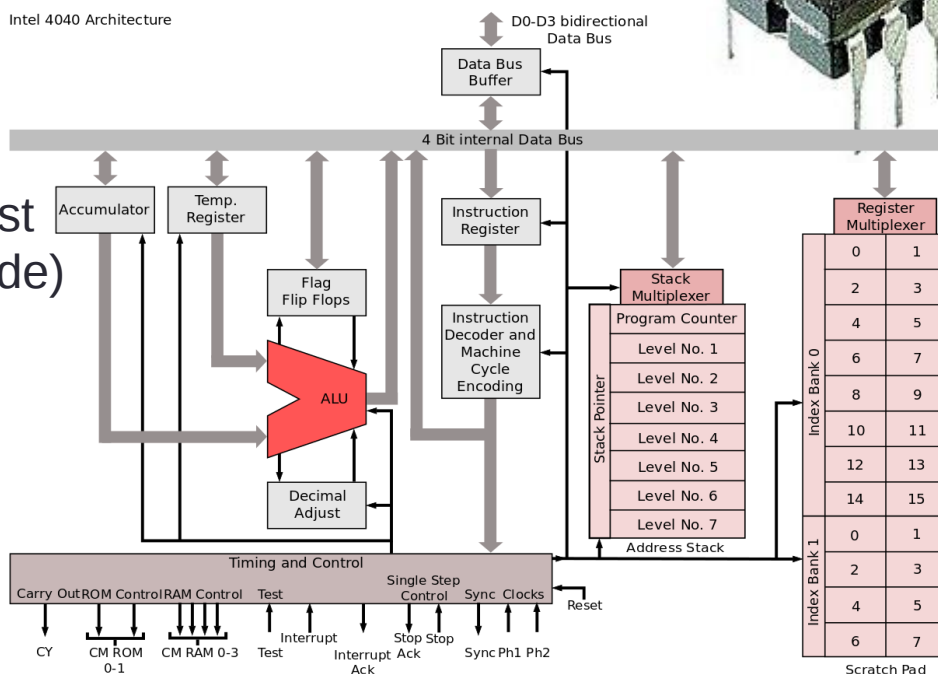
- Digitaal/Analoog (ja vastupidi) muundur
- Mikroprotsessor, mikrokontroller, side välismaailmaga

Mikroprotssessor

- Mikroprotssessor on mitmeotstarbeline programmeeritav seade, mis võtab sisendina vastu digitaalse info, töötleb seda vastavalt mälus salvestatud masinakäskudele ja annab tulemuse väljundina. (wikipedia)
- Tehnoloogia ajas muutub, idee jääb samaks



Intel 4004 Architecture



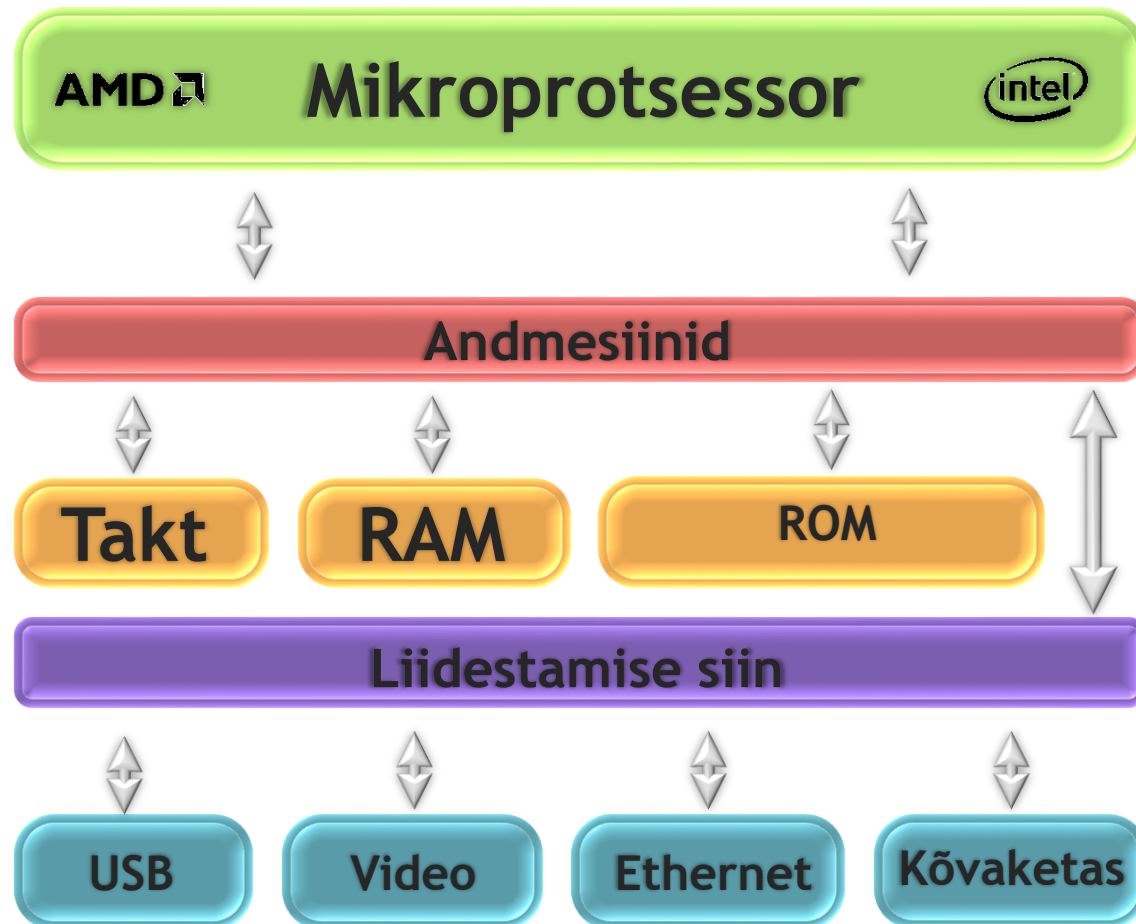
Saab luua lihtloogikaelementidest

- ALU (aritmeetika-loogika seade)
- Aadressiregister
- Käsuregister
- Inforegister
- Andmesiin
- Aadressisiin

https://en.wikipedia.org/wiki/Intel_4004

Intel 4004 (1971)

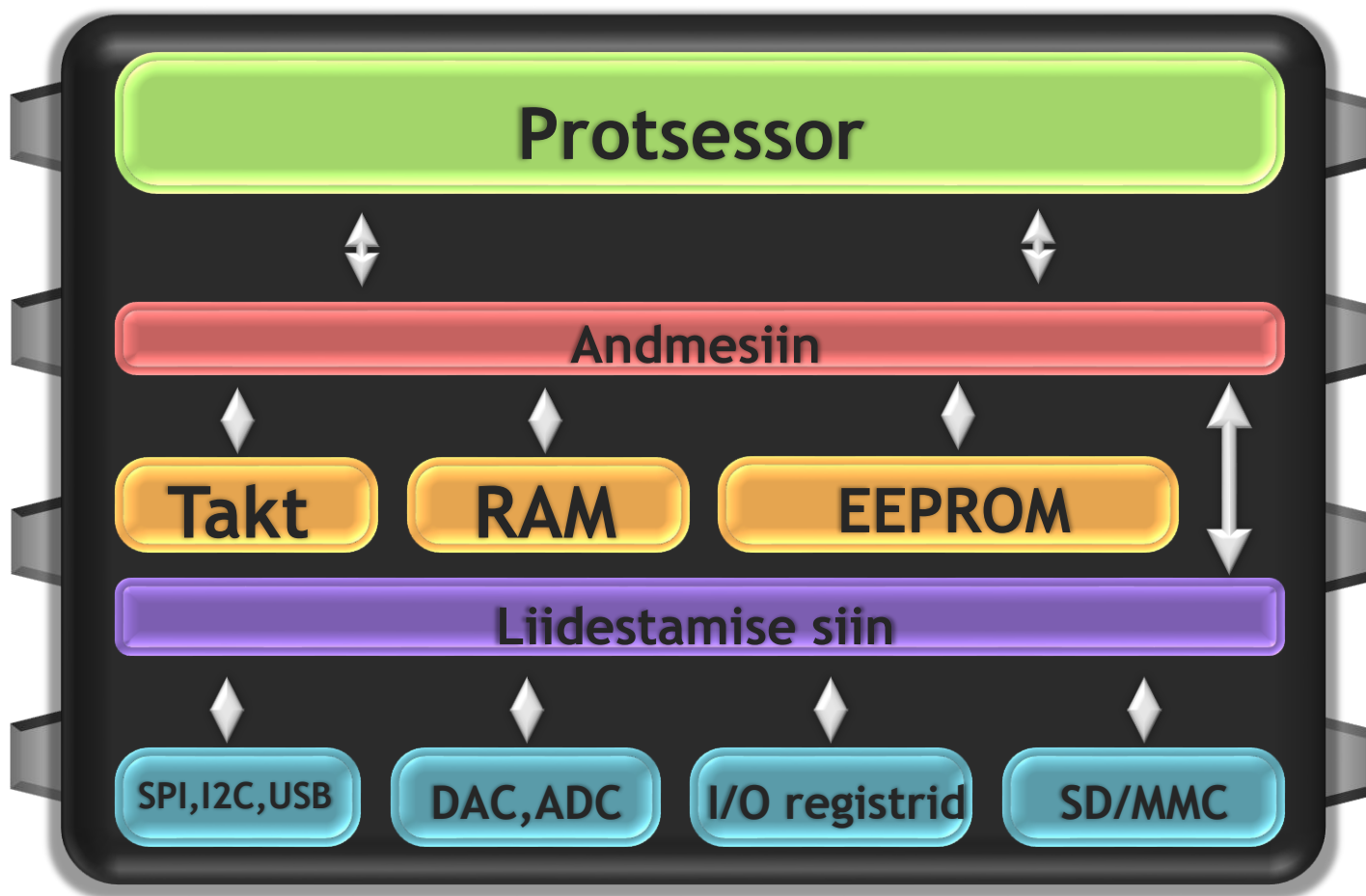
Mikroprotssessoriga süsteem (arvuti)



- Mikroprotssessorist ei piisa.

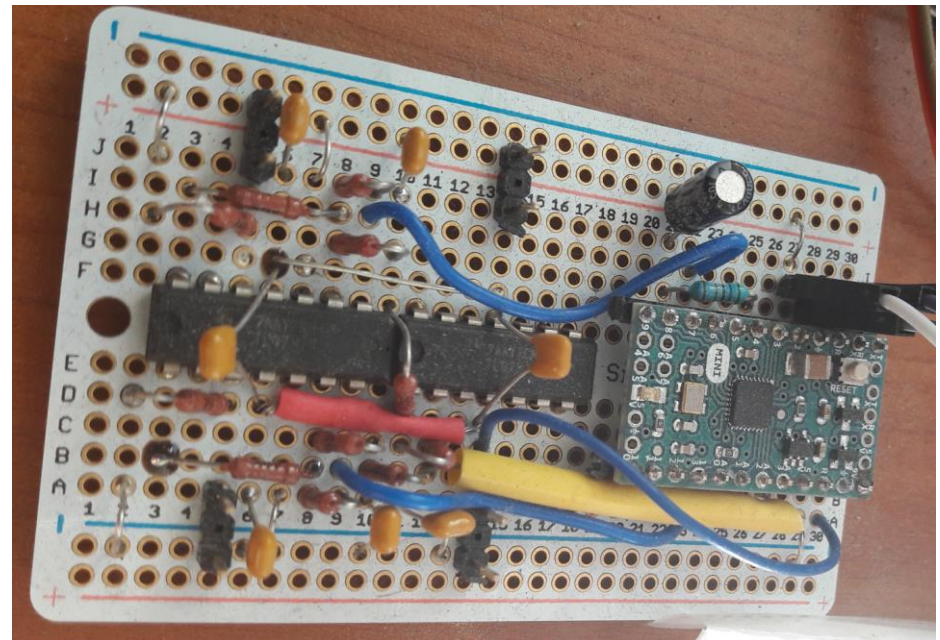
Mikrokontroller

- Eelnev slaid ühes ühe mikroskeemi sees.



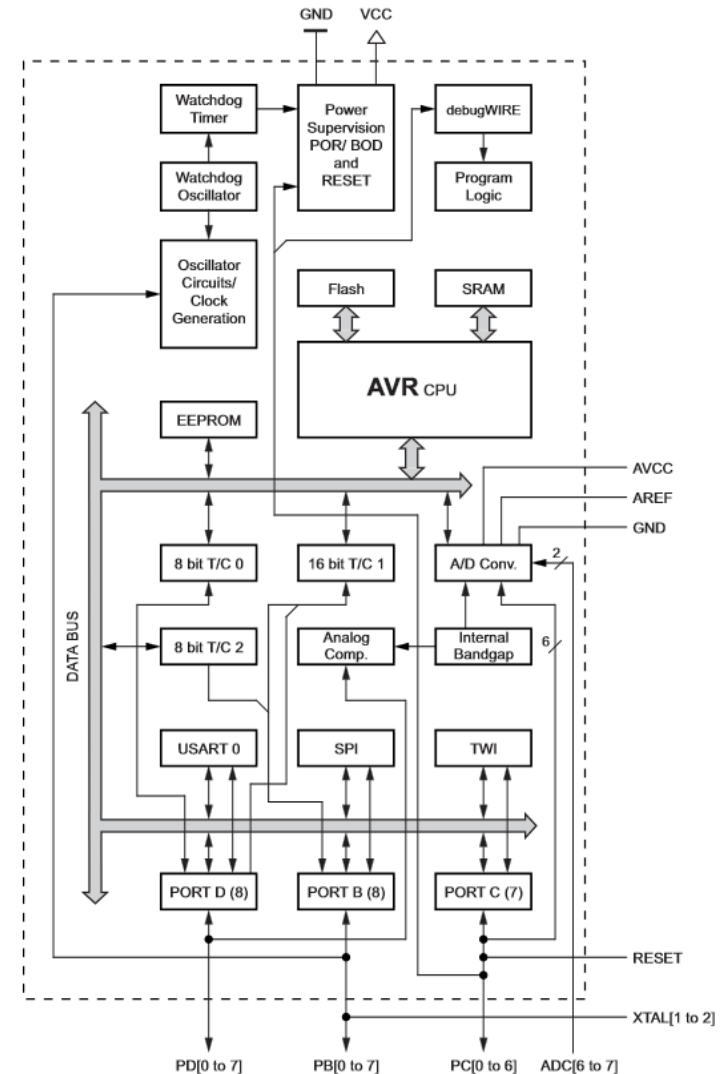
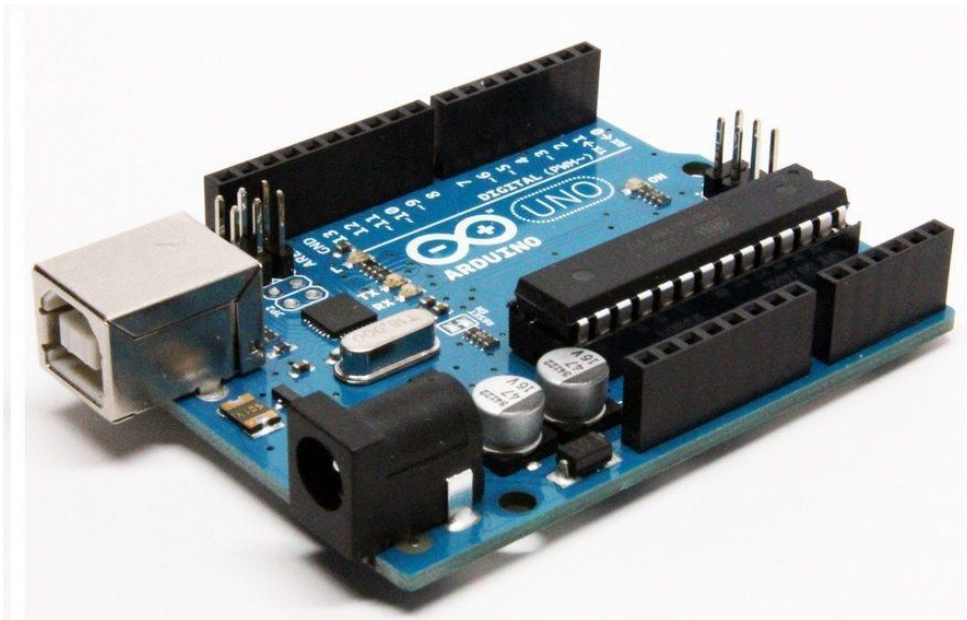
Mikrokontrolleri eripärad

- Reeglina üsna aeglased või võimalus teha aeglaseks. (energiakulu !)
- Programmeeritakse vaid konkreetse ülesande jaoks.
- Programmeerija peab teadma üldist tööpõhimõtet.
- Sisend-väljund klemmid reeglina universaalsed ja multifunktsionaalsed.
- Kasutusel arendusplatvormides (nt. Arduino, PI...)
- Odavad, programmeeritakse madala taseme keeles (C, ASM)



Mikrokontrolleri sisend-väljund

- Näide – Atmega328 (Arduino)
- Kolm üldotstarbelist porti
- Arduino – arenduskeskkond
- Oluline on lugeda andmelehte !

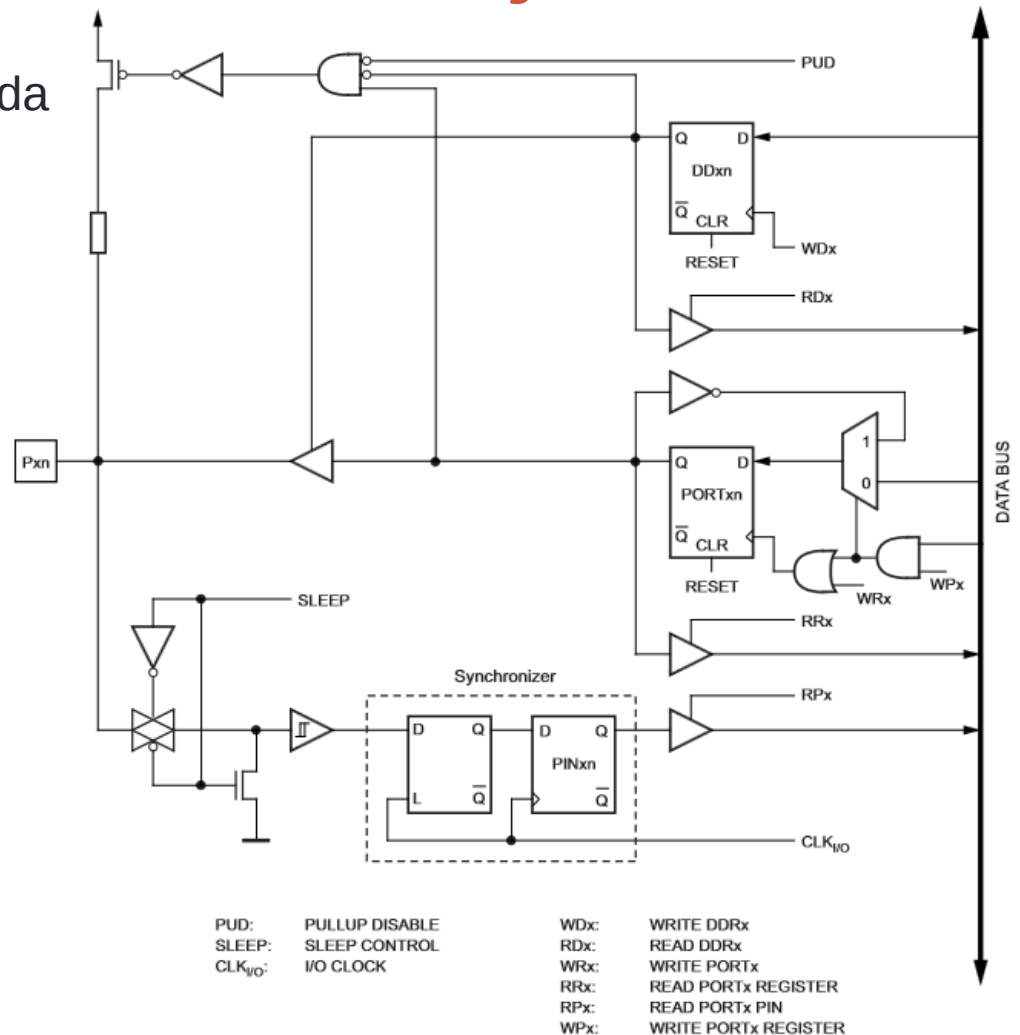


Siin ja edaspidi mikrokontrollerite pildid – AVR

http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-2545-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48-88-168_Datasheet.pdf

Mikrokontrolleri sisend-väljund

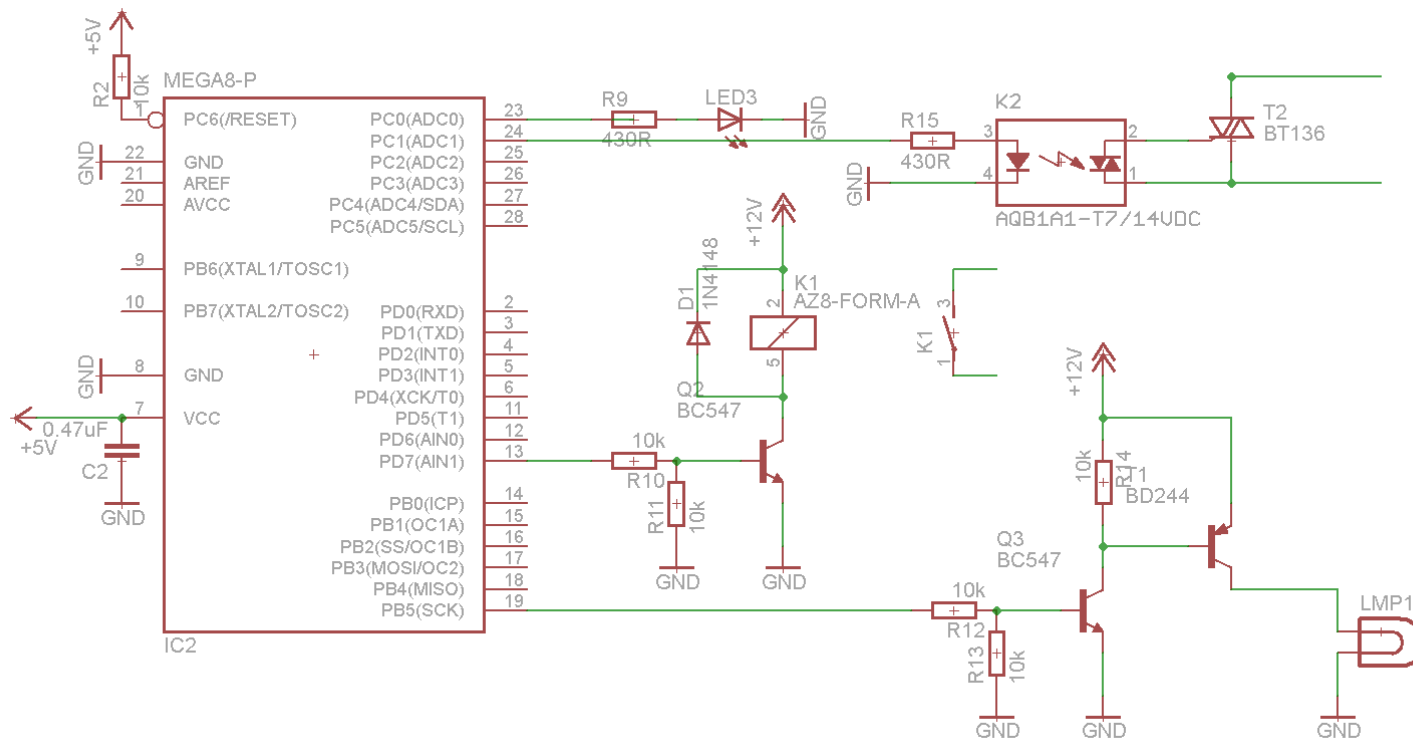
- Enne kasutamist tuleb seadistada (nt Arduino – pinMode)
- Võimaldab nii sisendit kui ka väljundit.
- Sisendifunktsioonis kasulik konfigureeritav takisti sisendi ja toite vahele (pull-up), osadel kontrolleritel ka „maa“ vahele (pull-down)
- Portidel on olemas ka „alternatiivfunktsioonid“



Note: 1. WRx, WPx, WDx, RRx, RPx, and RDx are common to all pins within the same port. clk_{I/O}, SLEEP, and PUD are common to all ports.

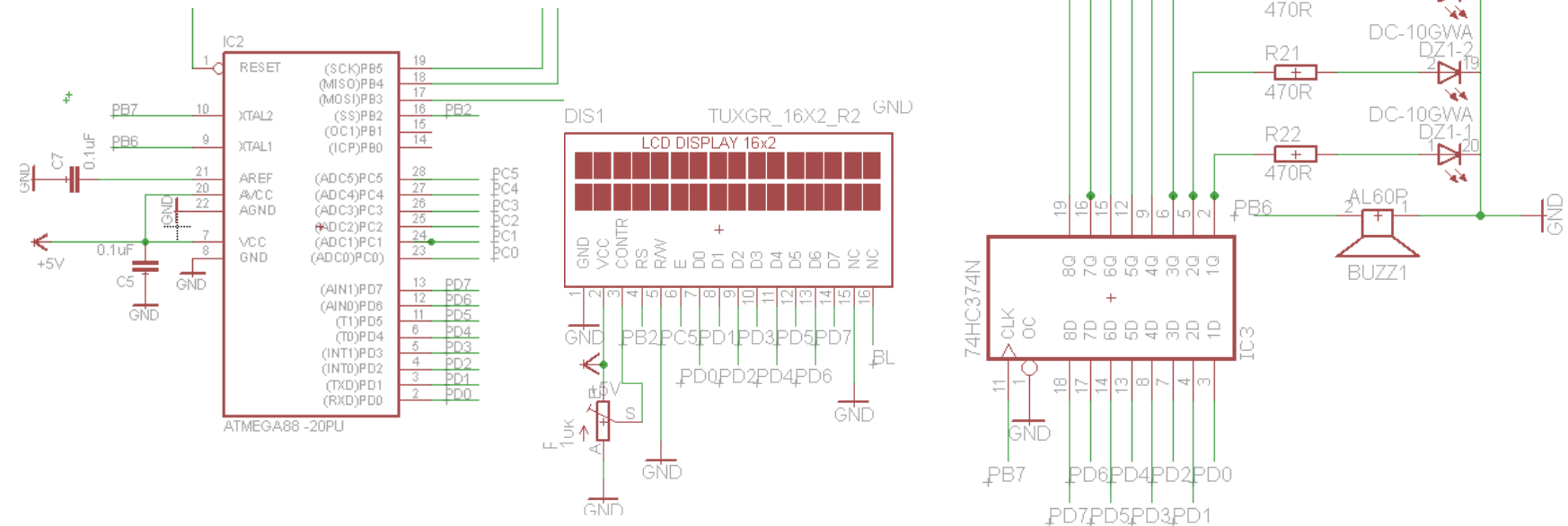
Lihtne digitaalne väljund

- Sobib siis, kui tarbijaid vähe, väljaviike palju.
- Voolu tarbitakse läbi protsessori !
- Arvestada tuleb voolutarvet , see ei tohi ületada lubatud !



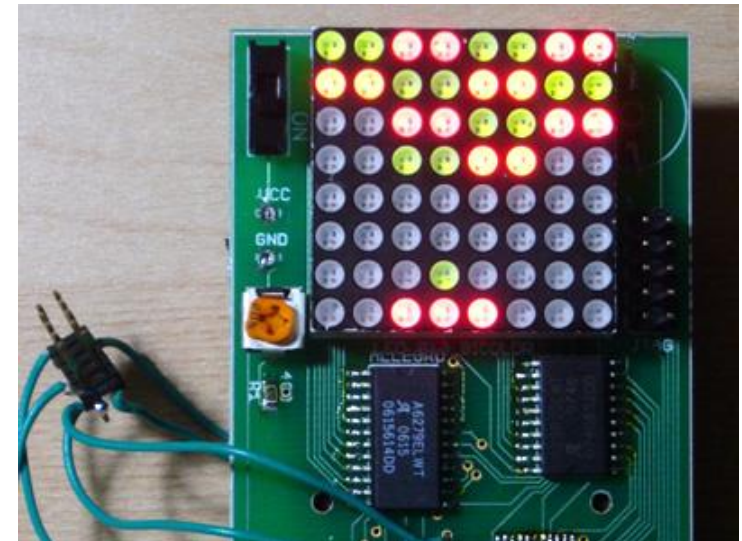
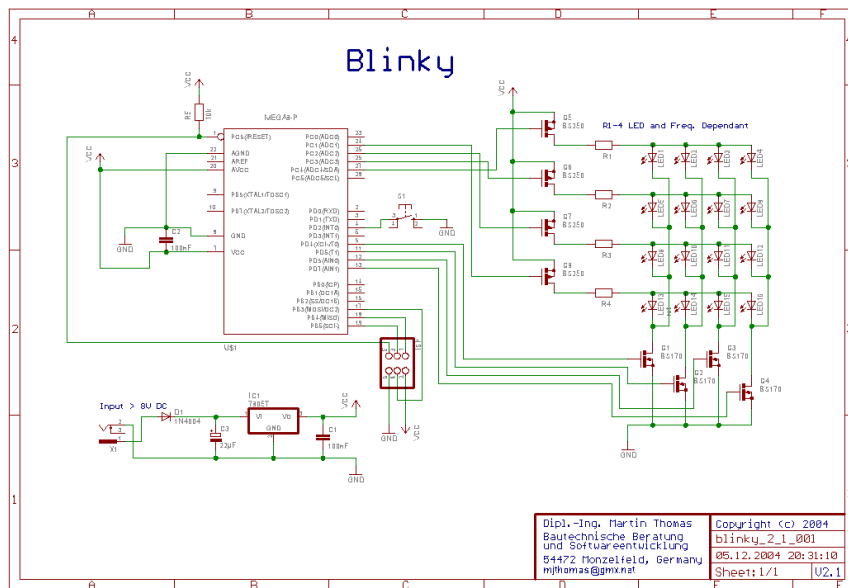
Puhverdatud digitaalne väljund

- Vajab nihkeregistreid
- Lisatavate sõltumatute väljundite arv on piiratud.
- Suhteliselt lihtne programmeerida



Dünaamiline indikatsioon

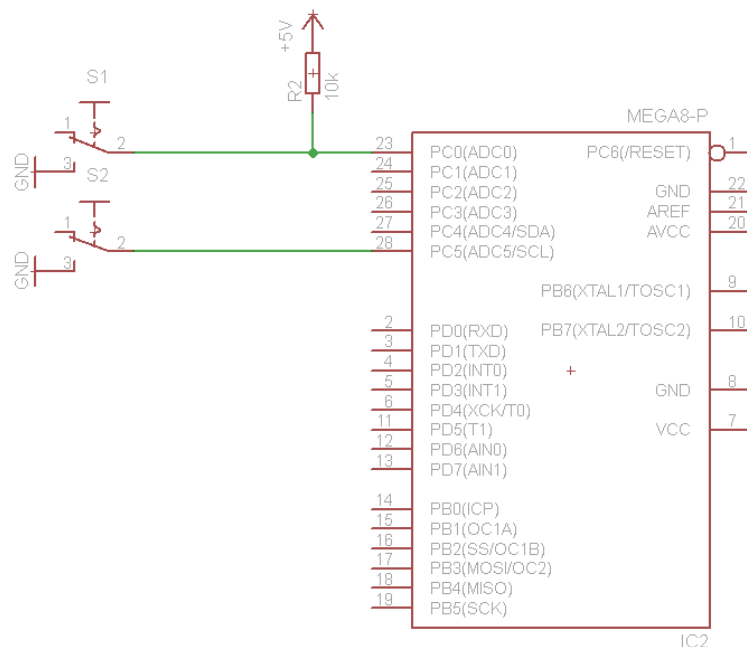
- Sobib , kui vaja palju valgusdioode juhtida
- Saab juhtida n^2 valgusdiodi (2 baidiga 256)
- Programmeerimine keerukam (taimeriga ja katkestusega alamprogramm)
- Lihtne skeem



http://www.siwawi.arubi.uni-kl.de/avr_projects/matrix44/index.html

Digitaalsisendid

- Kui väljaviike on piisavalt – lihtne, saab kasutada kui puudu, kasutada puhvrit, skaneerimist, multiplekserit
- Eelistatakse madalapingelist aktiivset olekut
- Sisendpinge ei tohi olla suurem kui Vcc ja väiksem kui 0V !!!!!
- Vajadusel kasutada pingejagurit , optroni , transistorlülitit...



Komparaator

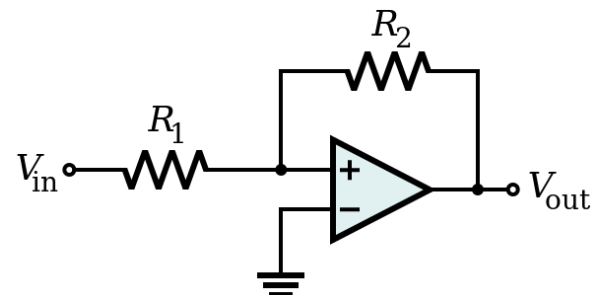
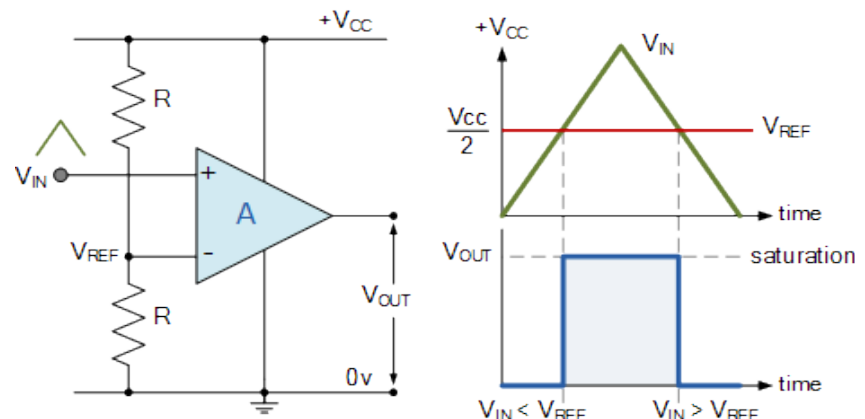
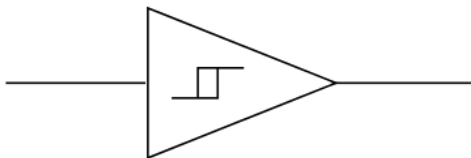
- Töö sarnaneb OV tööga, sageli kasutataksegi OV-d
- Kõige lihtsam 1 bitine A/D muundur
- Kui lisame positiivse tagasiside, saame Schmitti trigeri

Väljund:

- Kõrge (1) kui $V_{in} > V_{ref}$
- Madal (0) kui $V_{in} < V_{ref}$

Veel kasutusala:

- Signaali nullist läbimise detektor
- Digisignaali müra puhastaja



Analoog-digitaalmuundur

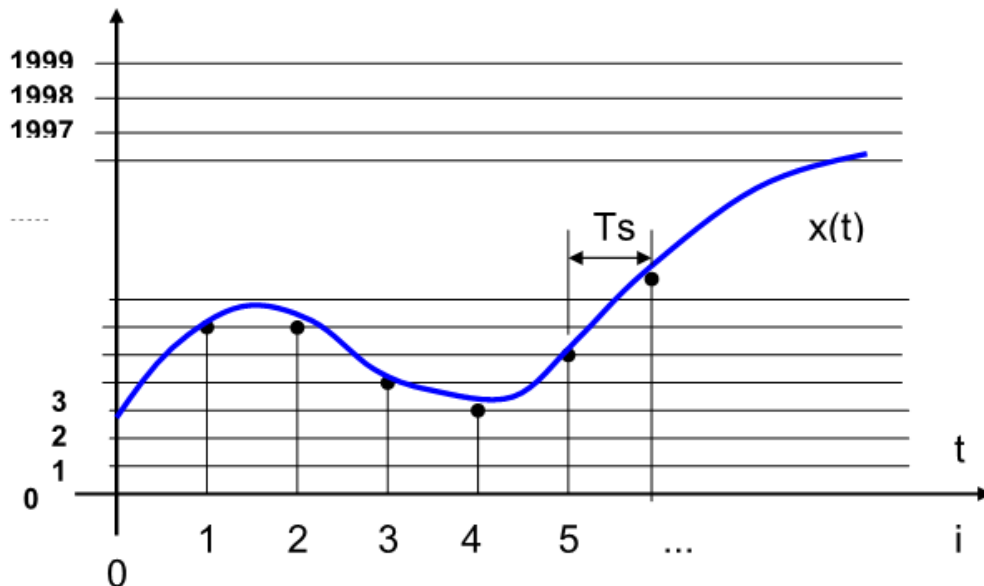
Analoogmaailm – pidevad suurused

Digitaalmaailm – diskreetsed(lõplikud) suurused.

Võivad olla kombineeritud (diskreetne aeg analoogsüsteemis ja vastupidi)



Pideva signaali $x(t)$ teisendamine arvude jadaks x_i



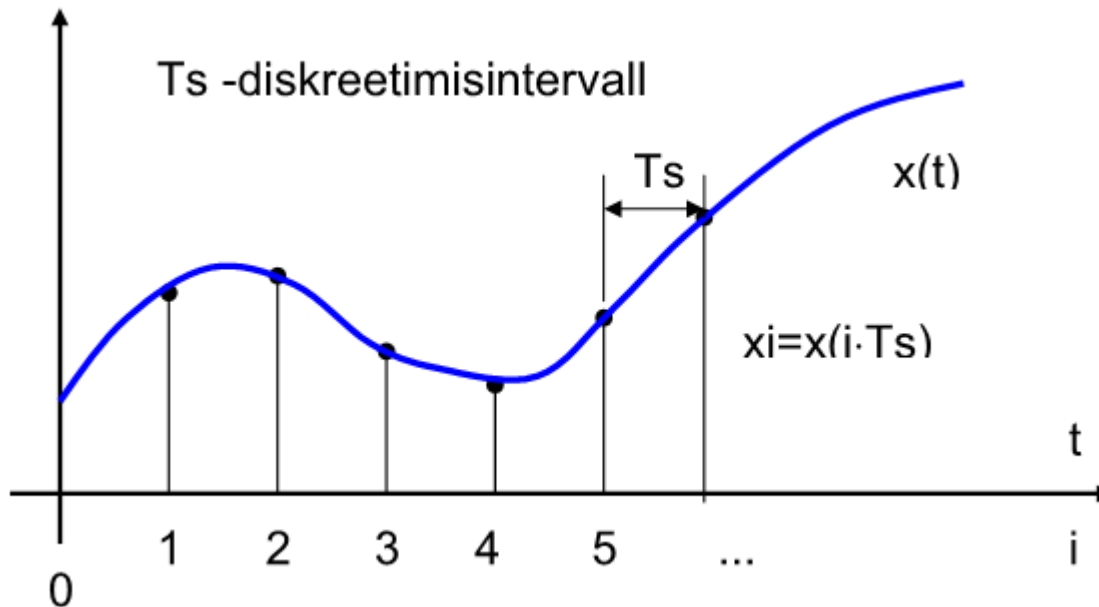
1. Diskreetimine (aeg)
2. Kvantimine (nivood)
3. Kodeerimine

Lõplik arv väärtusi väljundis

Analoog-digitaalmuundur

Diskreetimine (sampling)

Pidevate signaalide $x(t)$ esitus arvude jadana x_i , $i=1, 2, 3, \dots$



T_s valik

Kui signaali spektris on maksimaalne sagedus F , siis tuleb $F(f)$ diskreetimisintervall

T_s valida tingimusest: **$T_s \leq 1/(2F)$** ehk $F_s > 2F$. Kui ei ole täidetud tekivad moonutused.

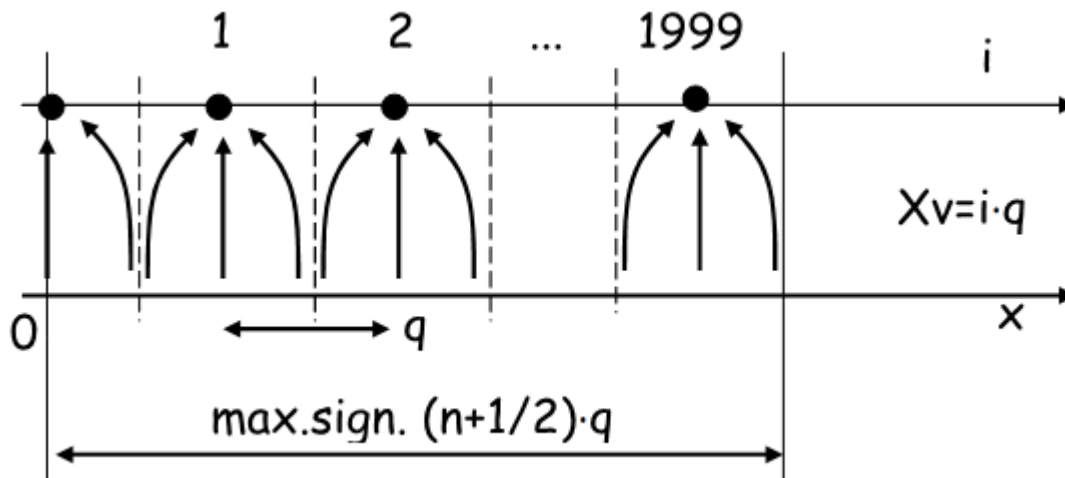
(Nyquist–Shannoni teoreem)

Analoog-digitaalmuundur

Kvantimine (quantization)

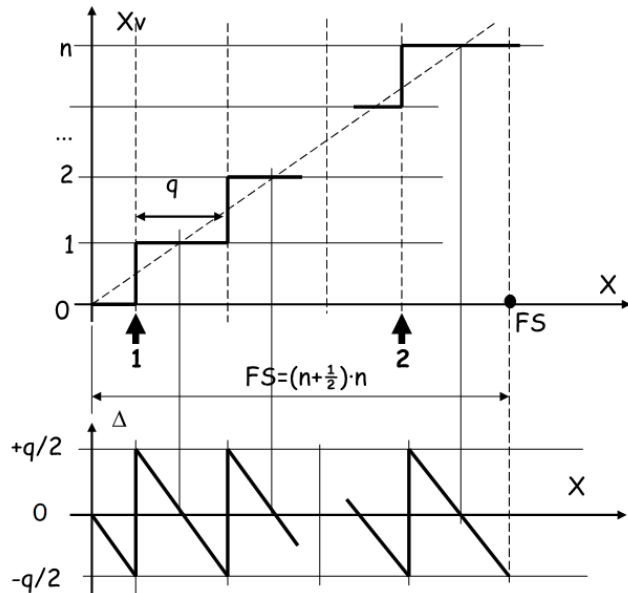
Signaalile (reaalarvule X) seatakse vastavusse väljundsignaal (ratsionaalarv m/n ehk täisarv kvante $i=1/n$). Kuidas teha nii, et viga oleks kõige väiksem?

- arvude ümardamine /rounding/



Analoog-digitaalmuundur

$$\Delta = X_v - X = i \cdot q - X$$



Mõõtepiirkond (Full Scale) on sisendsignaali vahemik kus viga Δ ei välju piiridest $\pm q/2$ ning on väärtusega $FS = (n + 1/2) \cdot q$ nn. „täisskaala“)

Parim karakteristik koostatakse järgmiselt:

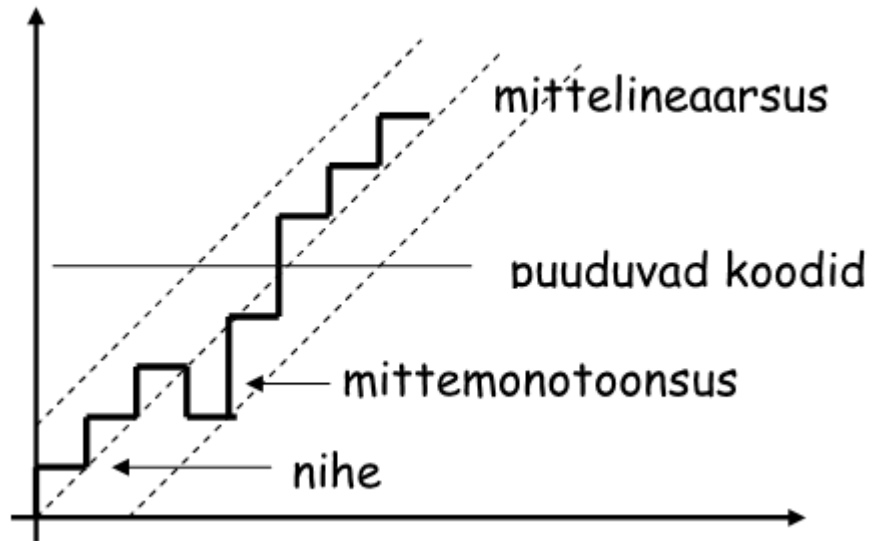
(sisendsignaali on pidev suurus, väljundsignaal – diskreetne.

sisend ja väljundsuurusi mõõdetakse kvantides q)

- sisendi väärtusel 0 on väljund 0 - sisendsignaali $q/2$ muutub väljund q
- sisendi muutudes q võrra muutub väljund q võrra.

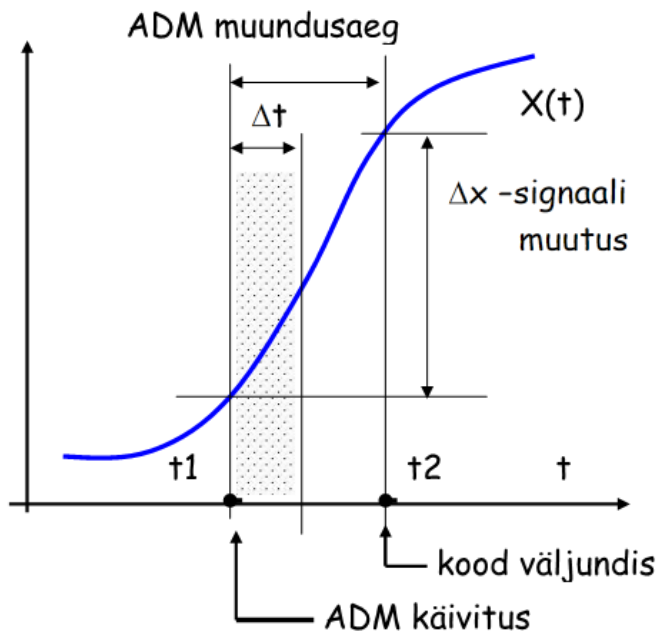
Analoog-digitaalmuundur

ADM tegelikud vead on palju suuremad

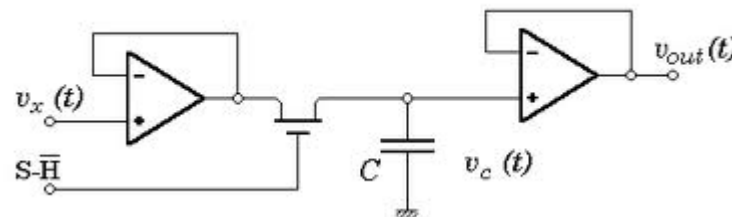


Analoog-digitaalmuundur

- Muundusaeg . Signaal ei tohi muundamishetkel muutuda



Fikseerida $X(t)$ väärtused kindlatel ajahetketel ja teha siis ADM-ga muundamine.
(**sample & hold**)



Signaal $X(t)$ muutub ajas. Tulemus saadakse ajahetkel t_2 , see vastab signaalile mingil eelneval ajahetkel, seda hetke on raske fikseerida täpselt, eksisteerib ebamäärasus Δt nn. "apertuuriaeg".

Analoog-digitaalmuundur

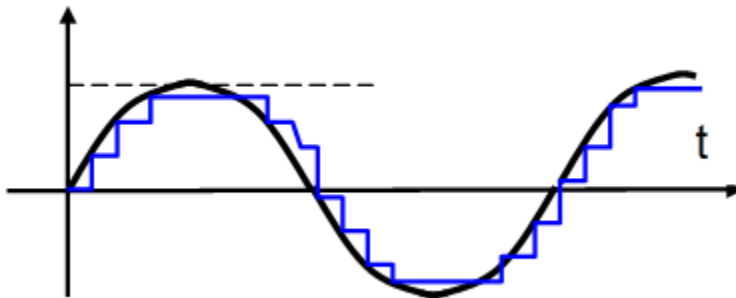
Järkude arv $n = \log_2(N)$

- 8 bitisel muunduril 256 nivood
- 16 bitisel muunduril 65536 nivood

Mida suurem , seda täpsemini saab signaali digiteerida.

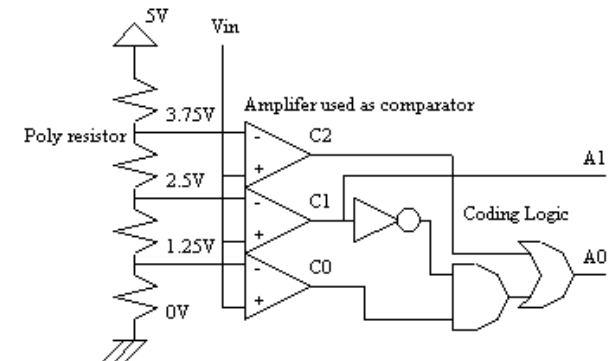
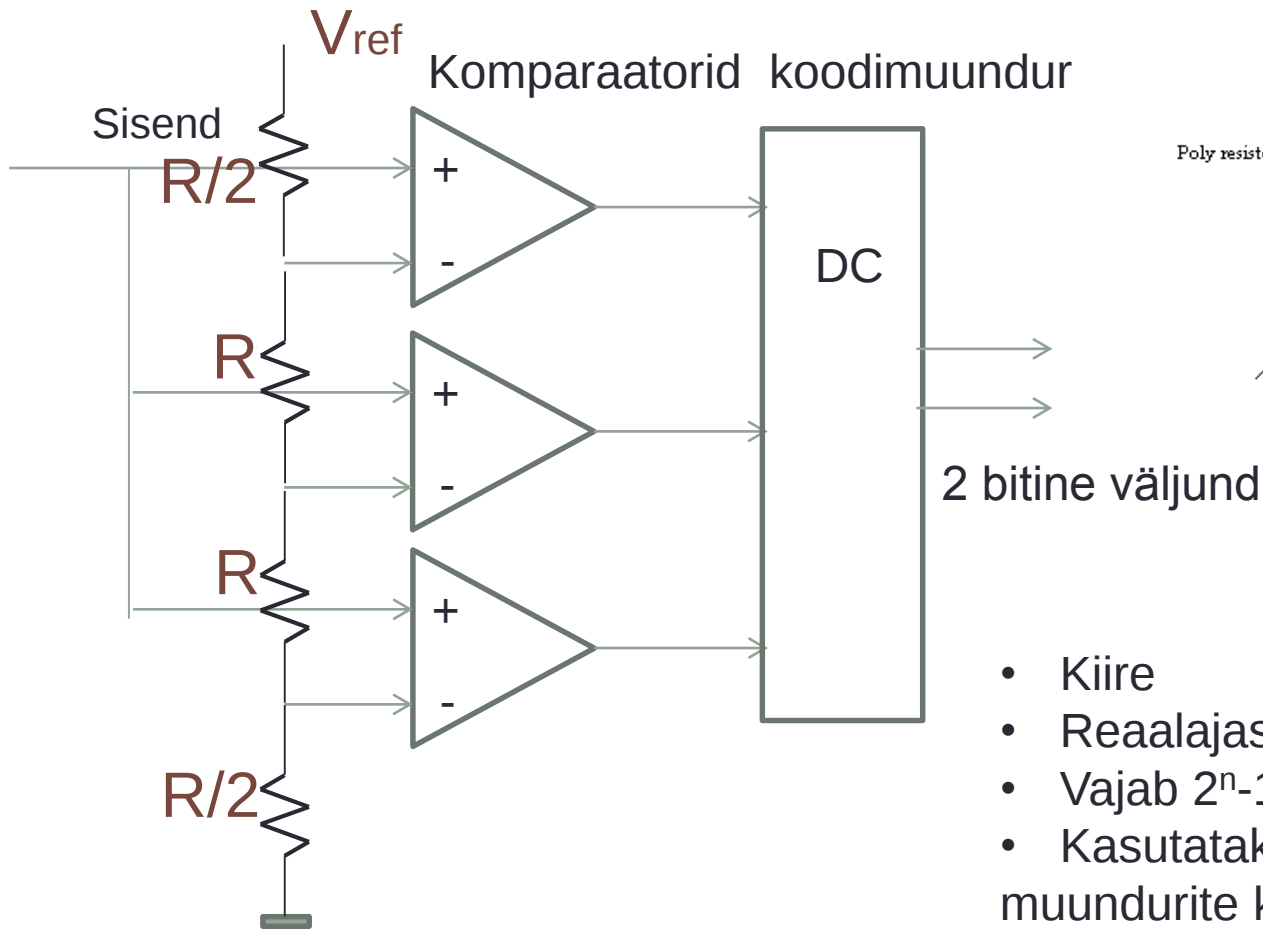
AD/DA muundamisel tekib **kvantimismüra** ($q/2$), mis lisandub kasulikule signaalile.

$K_n(\text{dB}) = 6n + 3$. See on alati olemas !!!



Analoog-digitaalmuundur

Paralleelmuundur

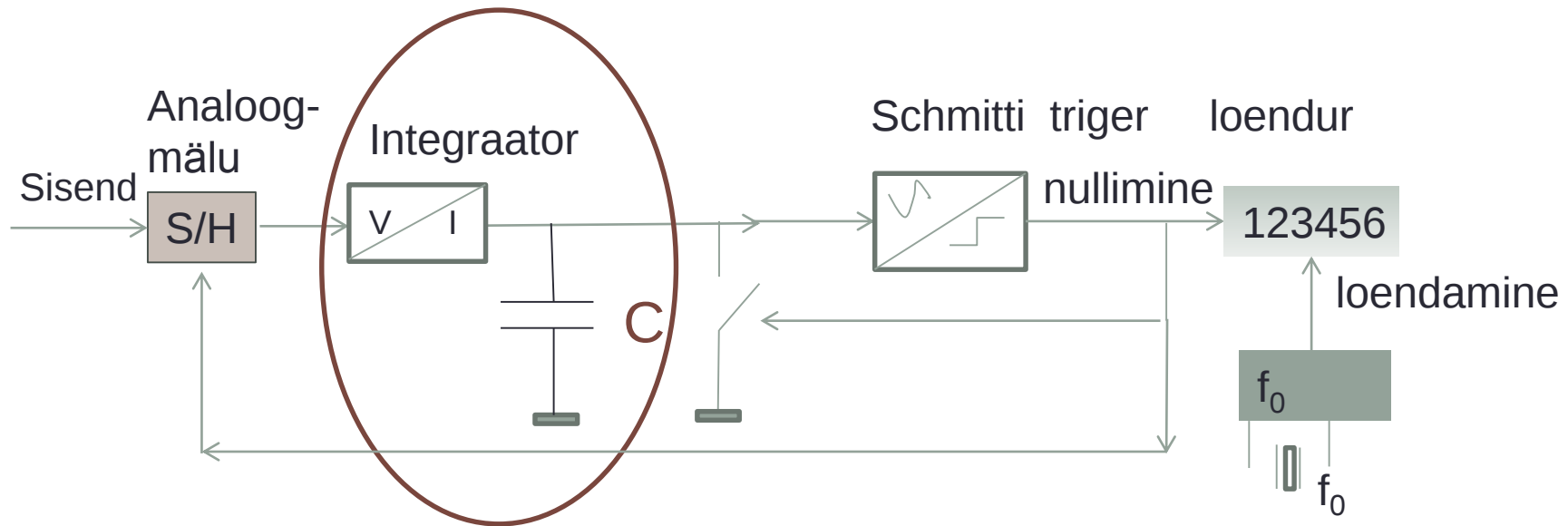


- Kiire
- Reaalajas toimiv
- Vajab $2^n - 1$ komparaatorit !
- Kasutatakse kuni 8 bitiste muundurite korral (256 taset)
- Videotöötlus

Kõik teised on aeglasemad !

Analoog-digitaalmuundur

Integraatormuundur

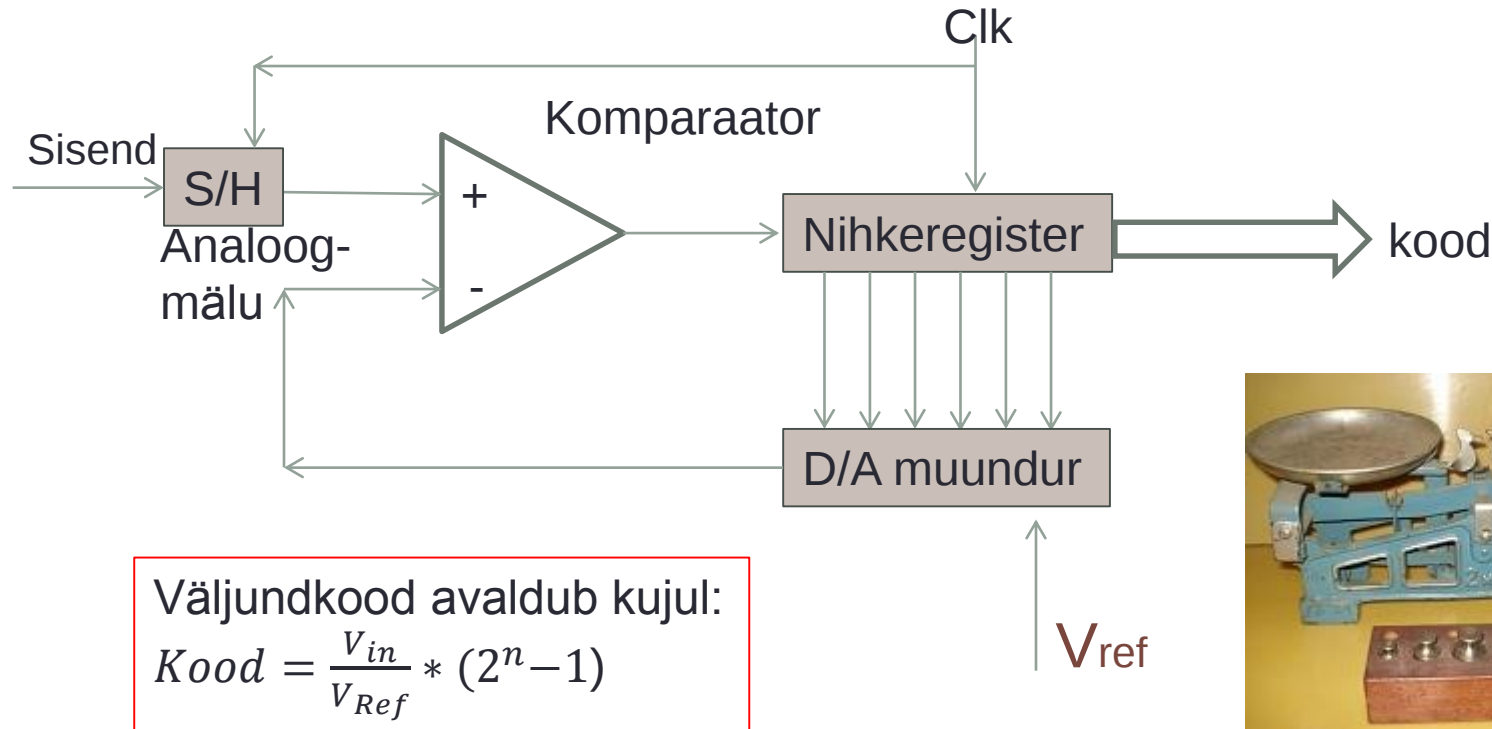


- Pinge muundatakse ajamuutuseks (ka VCO – voltage controlled oscillator)
- Kõige täpsemad kuid kõige aeglasemad (aega saab mõõta väga täpselt)
- Kasutusel eelkõige multimeetrites



Analoog-digitaalmuundur

Kaalumismuundur



Väljundkood avaldub kujul:

$$Kood = \frac{V_{in}}{V_{Ref}} * (2^n - 1)$$

Kus n on muunduri bittide arv



- Tööpõhimõtte sarnaneb kangkaaludega kaalumisega. Koodid proovitakse läbi.
- Enamlevinud meetod. Täpsus sõltub D/A muunduri kvaliteedist.
- muundusaeg- n-takti (n- muunduri bittide arv)

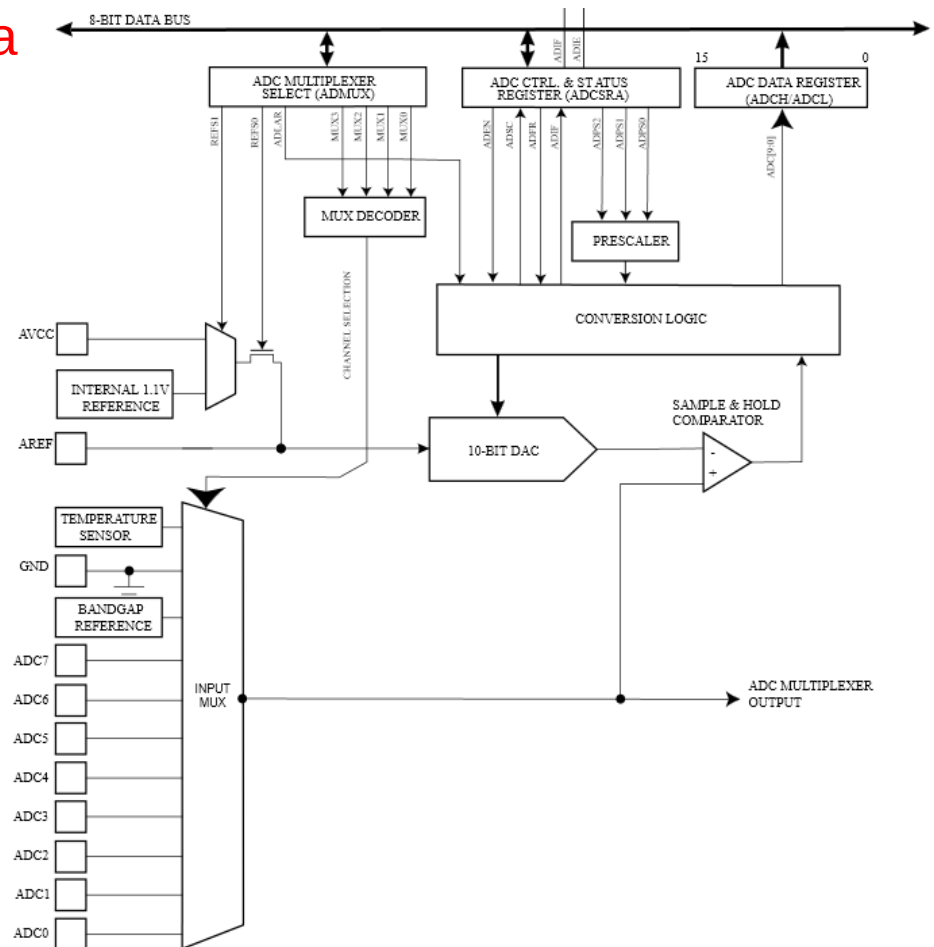
AD muundur tänapäeva mikrokontrolleris

- Kasutamisel tuleb hoolega lugeda andmelehte (datasheet) !
- Reeglina on sisendis mux ja üks muundur protsessori kohta.
- Tavaliselt kas 8 või 10bitine.
- Mõnikord on lisatud ka võimendi.
- V_{Ref} kas sisene või väline.
- Sisend ja V_{Ref} peavad olema positiivsed ja mitte suuremad kui toitepinge.

Väljundkood avaldub kujul:

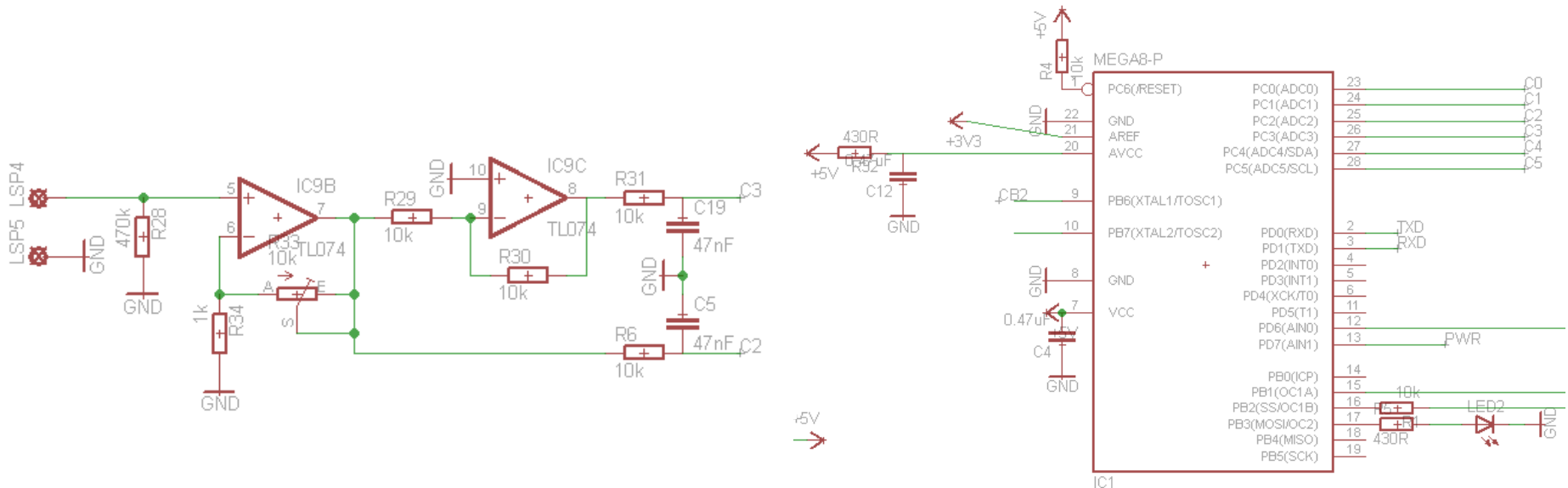
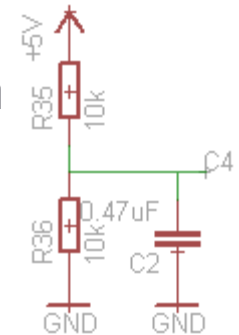
$$Kood = \frac{V_{in}}{V_{Ref}} * (2^n - 1)$$

Kus n on muunduri bittide arv



AD muundur tänapäeva mikrokontrolleris

- Enamikes mikrokontrolleris on AD muundur
- Kasutatakse multiplekserit, juhtimine täpselt andmeleht
- Tugipinge – kas sisemine või välimine.
- Vajadusel ette võimendi või pingejagur !



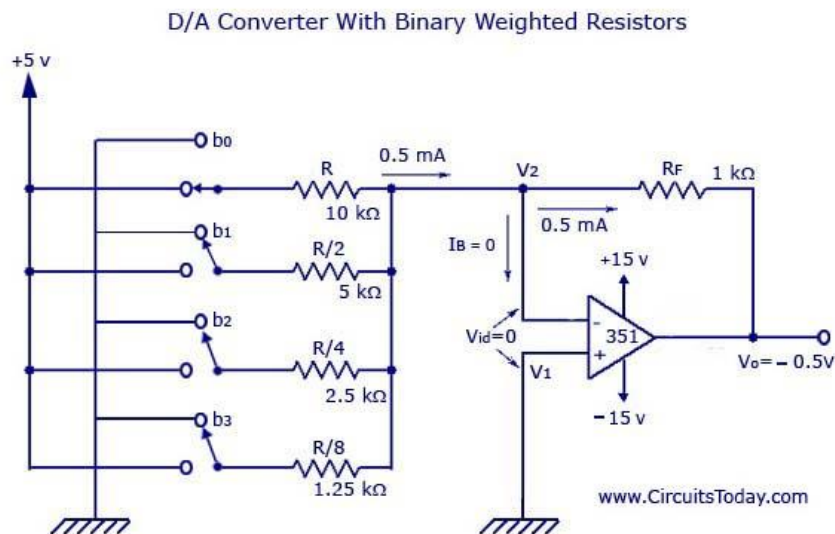
DA muundur

Paralleelmuundur

- Iga biti väärtus korrutatakse tema kaaluteguriga 2^n ning korrutised liidetakse.
- Lihtsam variant –kasutada takisteid, millest iga järgmine on 2 korda väiksem

Kasutusala – diskreetelemendid (takistid), kui vajalik bittide arv on väike.

Näiteks 12 biti puhul peab takistite suhe olema juba 2048 ! Seetõttu on see variant ebapraktiline ja vähe kasutuses.

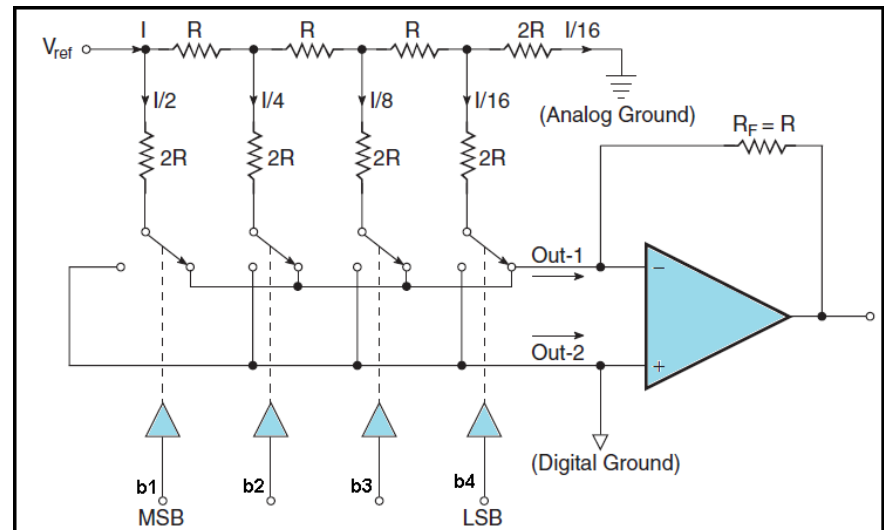


DA muundur

Paralleelmuundur

- Iga biti väärtus korrutatakse tema kaaluteguriga 2^n ning korrutised liidetakse.
- Parem variant –kasutada püsiva impedantsiga R-2R ahelat

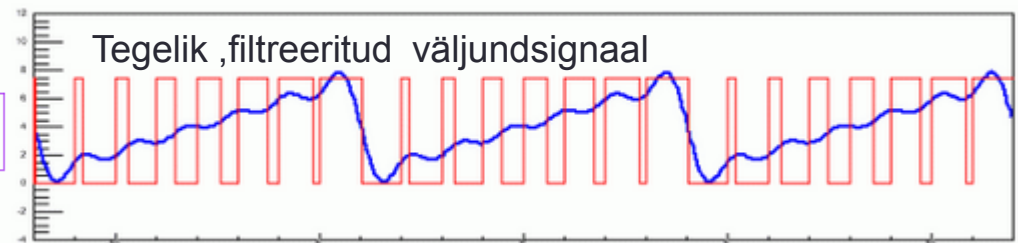
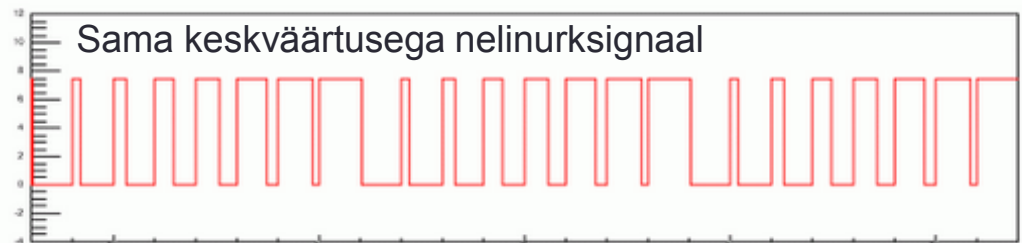
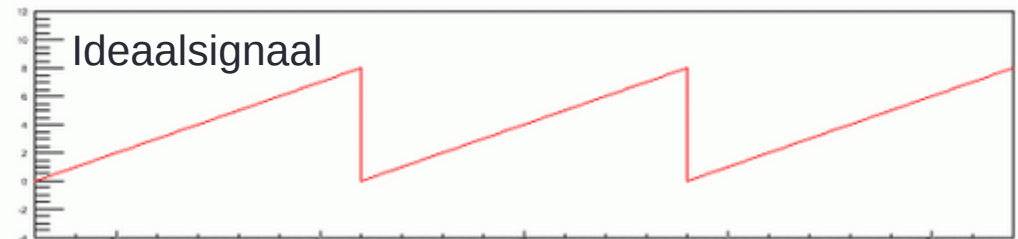
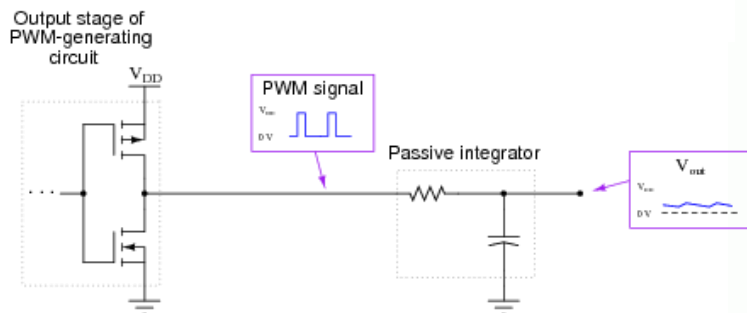
Eelis- takistite takistused ei ole kriitilise suurusega, kuid peavad olema võimalikult ühesugused, mikroskeemides lihtne realiseerida.



DA muundur

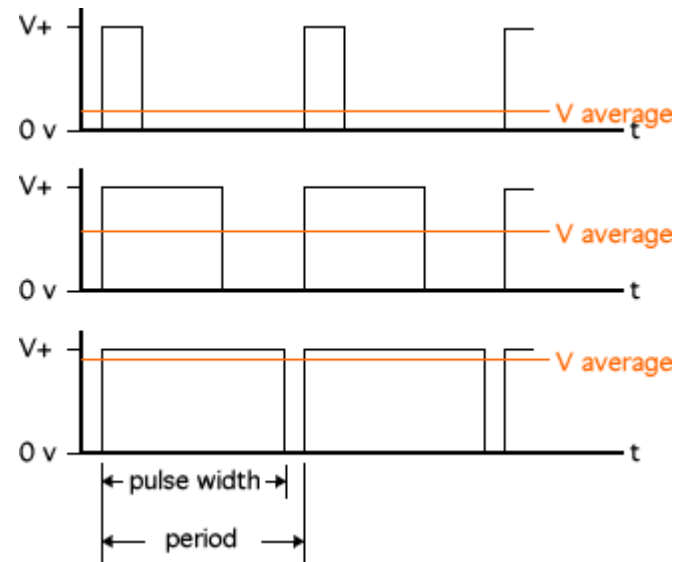
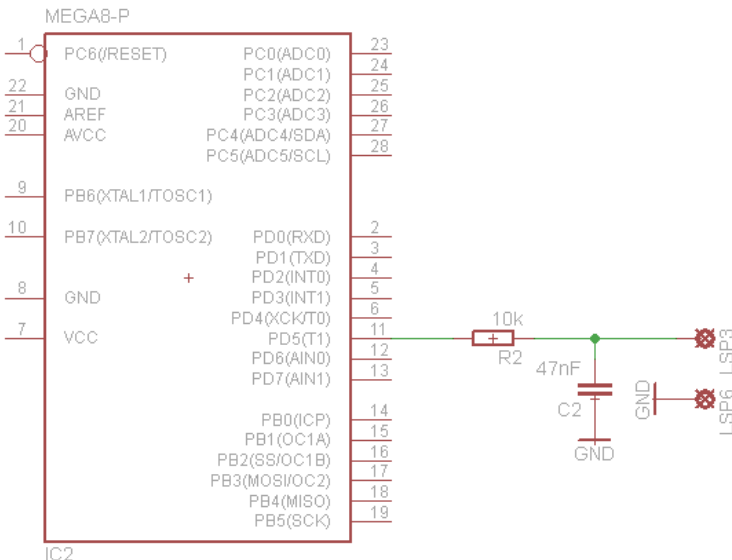
1 bitine muundur (impulss-laius muundur, PWM)

- Sisendsignaali on nelinurksignaali, mille harvendustegur (duty cycle) muutub vastavalt keskväärtusele.
- Väljundis peab olema kindlasti integreeriv element (kondensator, mootor, küttekeha, valjuhääldi) !
- Vajab signaali sãmplimissageduse tõstmist 2^n korda (n -bittide arv)
- Odav
- Kvaliteetse analoogsignaali saamiseks vajab väga head filtrit !



PWM mikrokontrolleris

- Reguleeritakse nelineurksignaali harvendustegurit
- Võimalus reguleerida näiteks valgusdiodi heledust
- Lihtne võimalus saada analoogpinget.



$$\text{Väljundpinge keskväärtus} = \text{Toitepinge} * \frac{\text{Impulsi pikkus}}{\text{Perioodi pikkus}}$$