MHK0120 SISSEJUHATUS MEHHATROONIKASSE

Sügis 2018

Mikrokontrollerid ja välismaailm

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

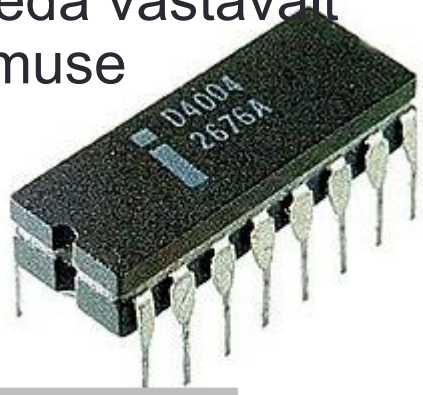
Teemad

Digitaalelektroonika analoogmaailmas

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

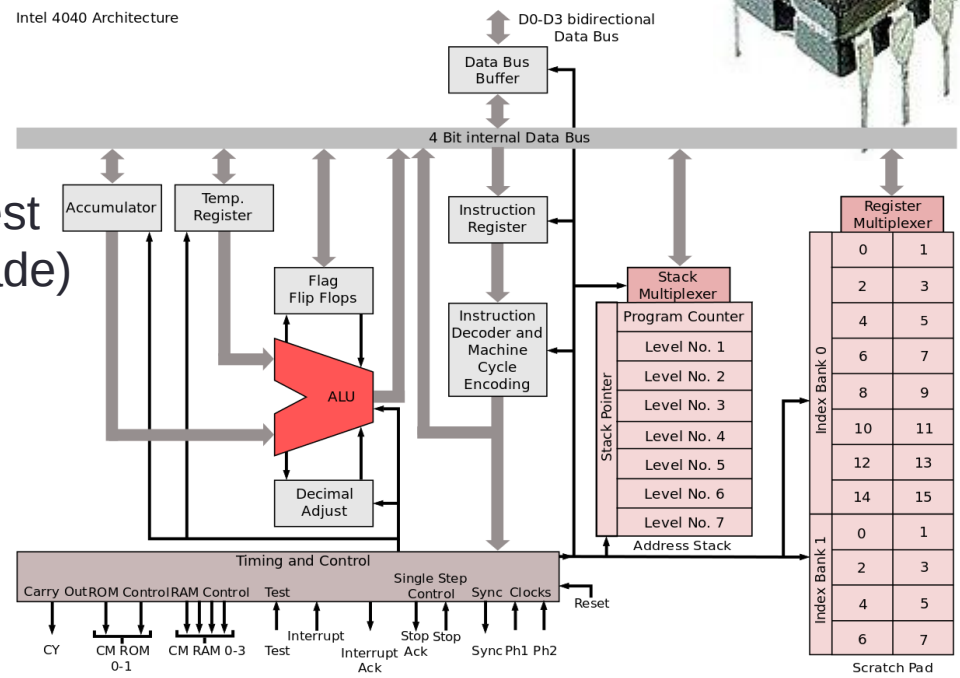
Mikroprotsessor

- Mikroprotsessor 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



Saab luua lihtloogikaelementidest

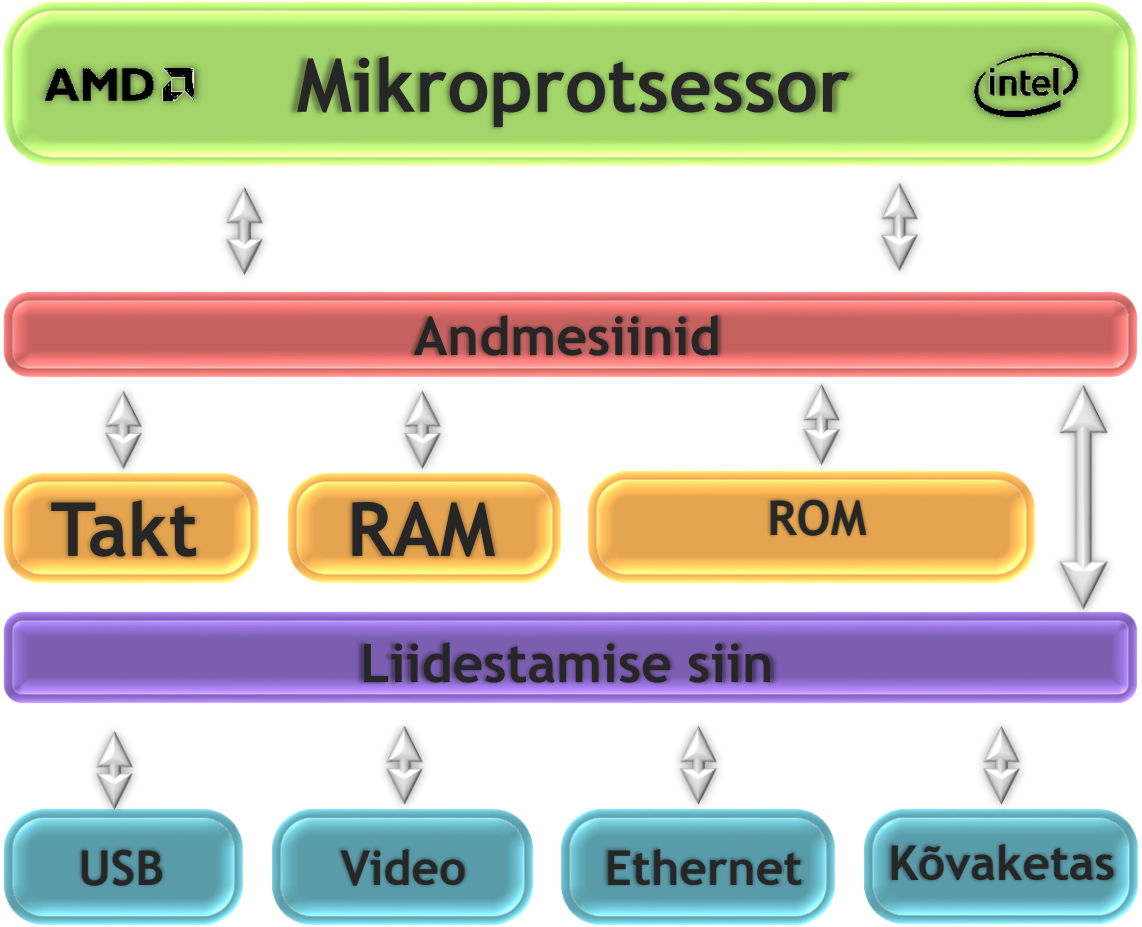
- ALU (aritmeetika-loogika seade)
- Aadressiregister
- Käsuregister
- Inforegister
- Andmesiin
- Aadressisiin



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

Intel 4004 (1971)

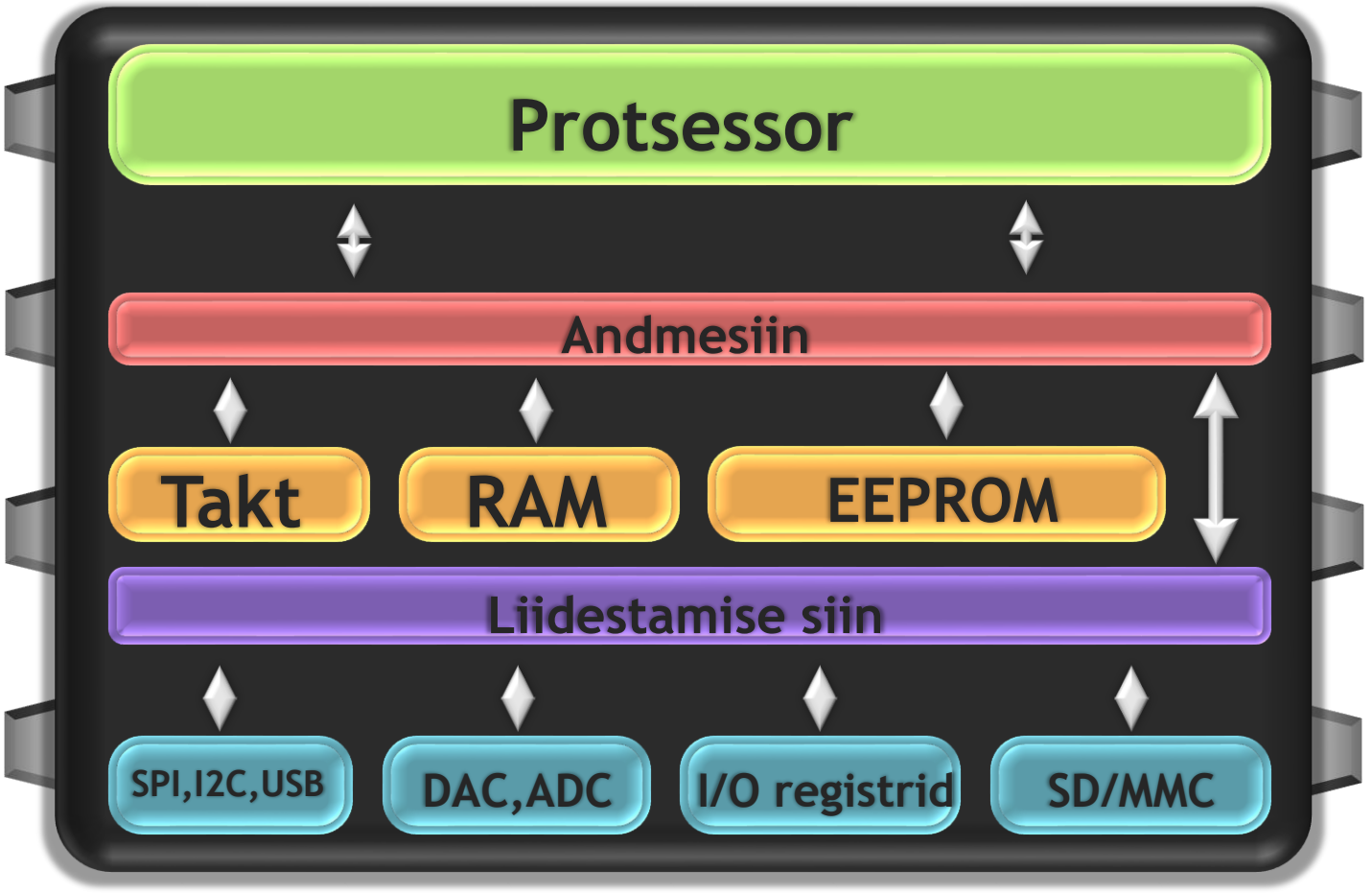
Mikroprotsessoriga süsteem (arvuti)



- Mikroprotsessorist ei piisa.

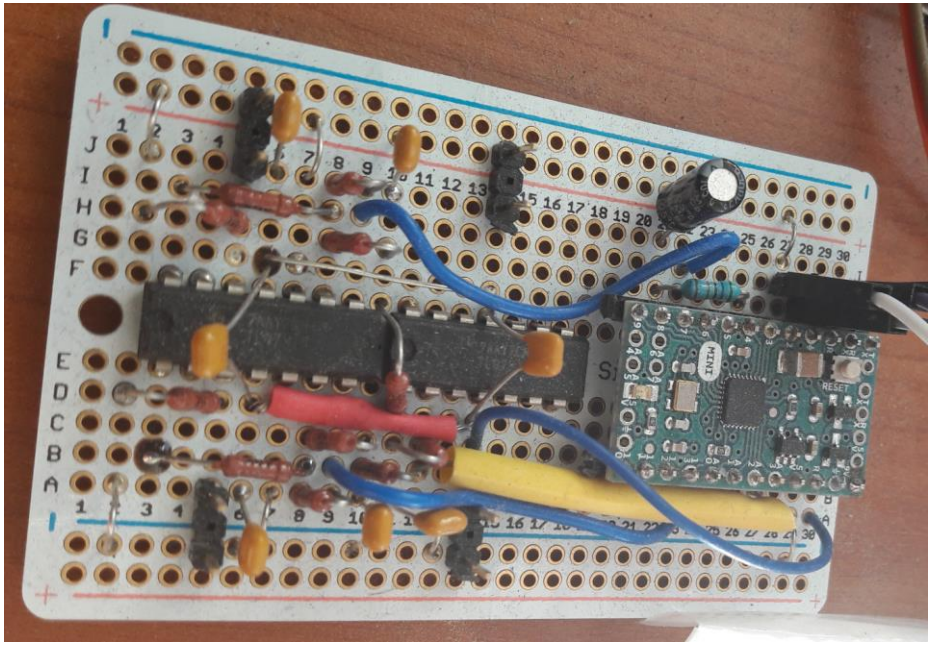
Mikrokontroller

- Eelnev slaid ühes ühe mikroskeemi sees.



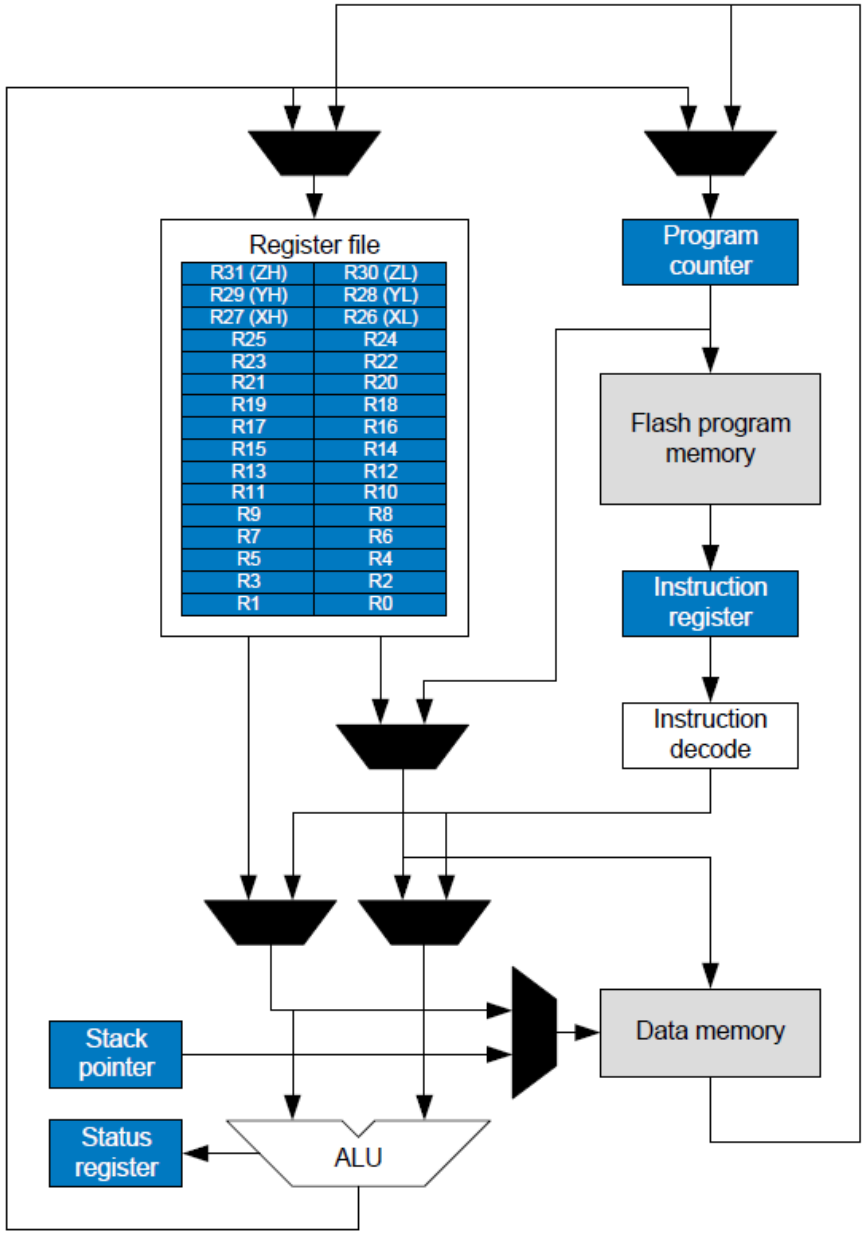
Mikrokontrolleri eripärad

- 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 arendusplatvormises (nt. Arduino, PI...)
- Odavad, programmeeritakse madala taseme keeles (C, ASM)



AVR arhitektuur

- 8 bitine sisemine andmesiin, millega liiguvad andmed aritmeetika-loogika-seadmesse(ALU)
- status register (SREG)
- program counter (PC),
- Juhupöördusega mälu(SRAM)
- Programm on eraldi mälus (Flash)
- ALU on 32 8-bitilist üldotstarbelist registrit.



AVR arhitektuur (CPU) käsustik

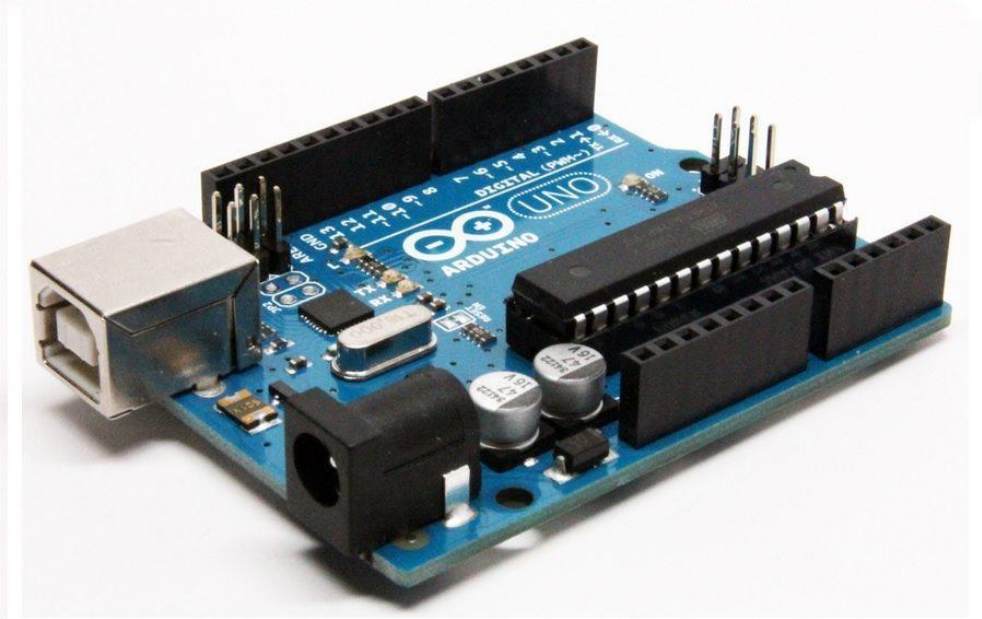
- Vaata andmelehte !

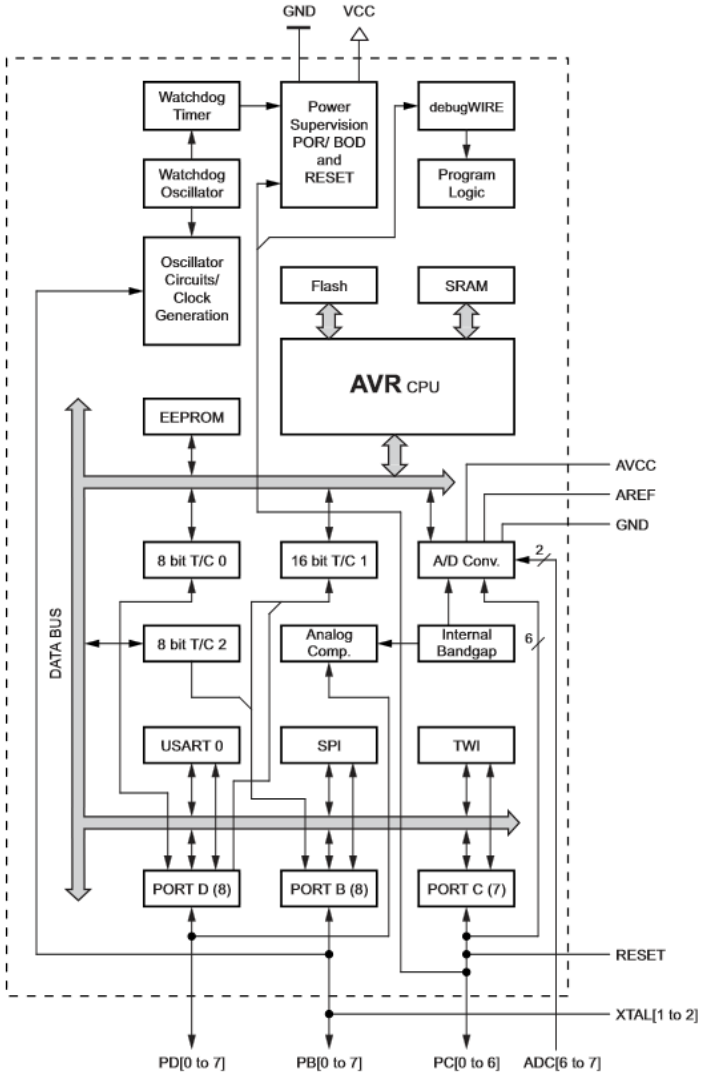
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
Mnemonics	**Operands**	**Description**	**Operation**	**Flags**	**#Clocks**
ADD	Rd, Rr	Add two Registers without Carry	Rd ← Rd + Rr	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add two Registers with Carry	Rd ← Rd + Rr + C	Z,C,N,V,H	1
ADIW	Rdl,K	Add Immediate to Word	Rdh:Rdl ← Rdh:Rdl + K	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	Rd ← Rd - Rr	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	Rd ← Rd - K	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract two Registers with Carry	Rd ← Rd - Rr - C	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract Constant from Reg with Carry.	Rd ← Rd - K - C	Z,C,N,V,H	1
SBIW	Rdl,K	Subtract Immediate from Word	Rdh:Rdl ← Rdh:Rdl - K	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	Rd ← Rd · Rr	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	Rd ← Rd · K	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	Rd ← Rd v Rr	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	Rd ← Rd v K	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	Rd ← Rd ⊕ Rr	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	Rd ← 0xFF − Rd	Z,C,N,V	1

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

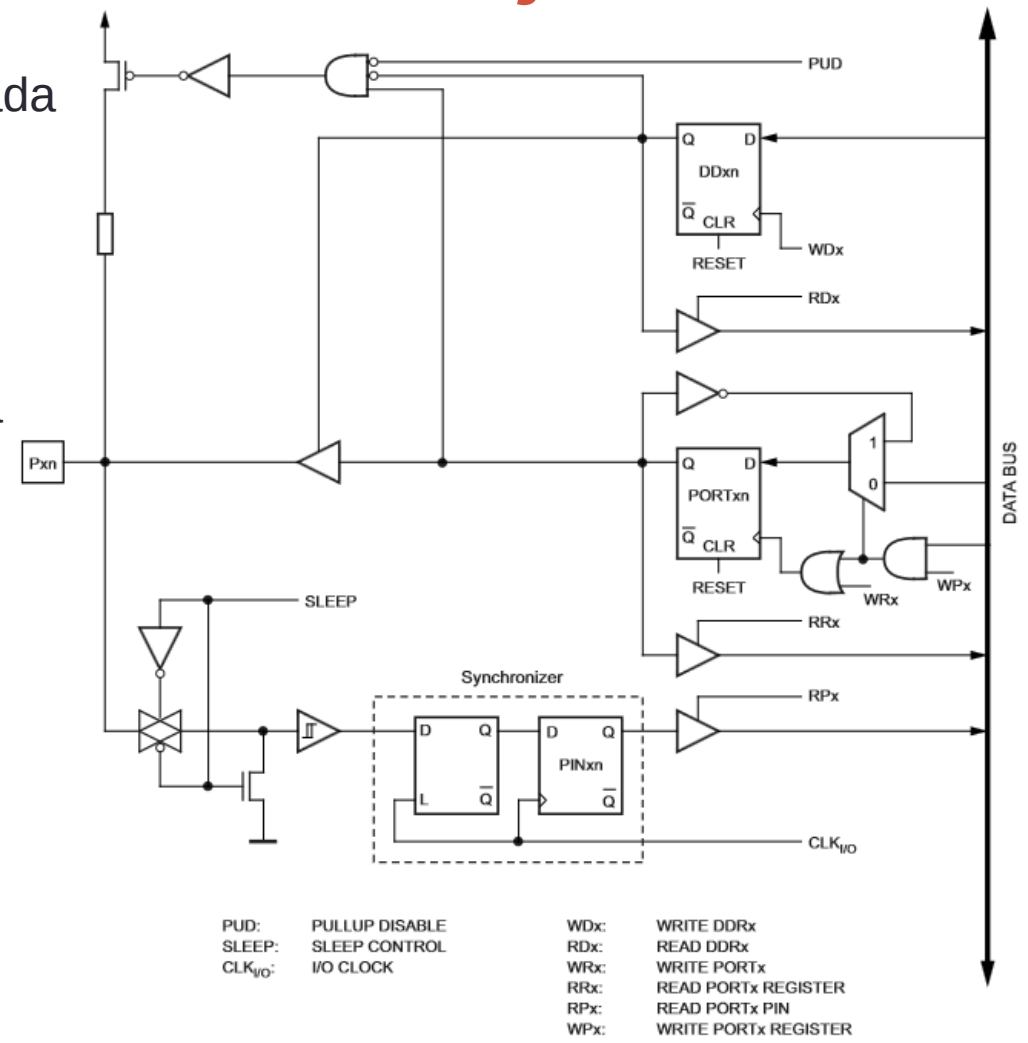
- Näide – Atmega328 (Arduino)
- Kolm üldotstarbelist porti
- Arduino – arenduskeskkond
- Oluline on lugeda andmelehte !





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“



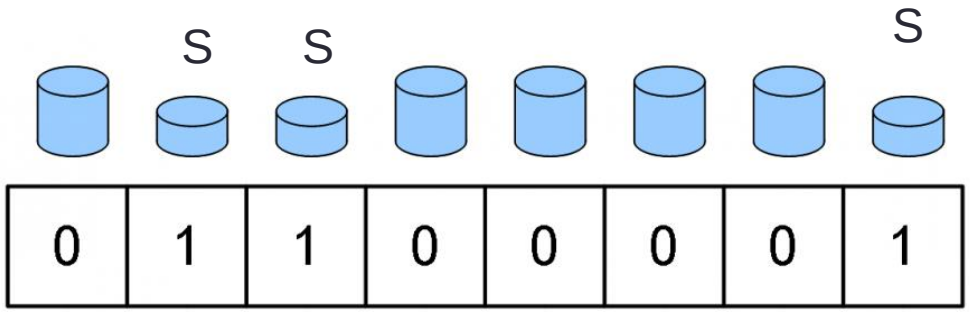
Note: 1. WRx, WPx, WDx, RRx, RPx, and RDx are common to all pins within the same port. $clk_{I/O}$, SLEEP, and PUD are common to all ports.

Registerid

- Võib vaadelda kui koduelektroonika nupupaneeliga
- Iga nupp teeb midagi, aga õigesti vaid siis kui ta on õigel ajal sisse lülitatud.

Kassettmagnetofoni nupud

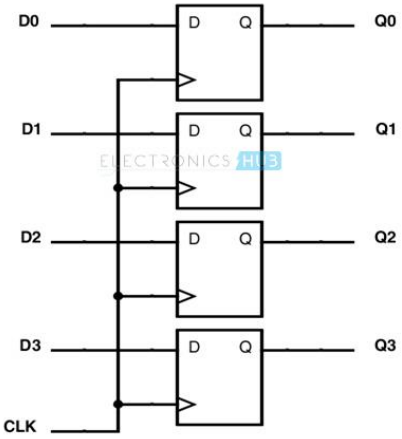
S – set
Binary value 01100001
Decimal value – 97
Hexdecimal value – 61
Octal value -141

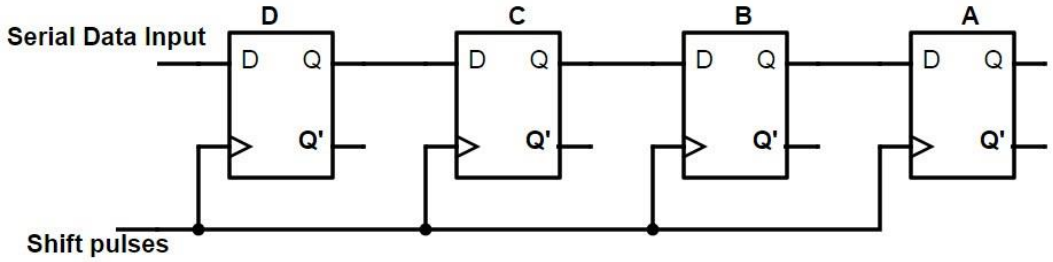


Register buttons and bit values
http://home.roboticlab.eu/en/avr/registers

Registrid

- CPU sees – harilikult D või RS trigerid (8,16,32 või 64 bitti)
- Registril on juurdepääsuaadress (ja harilikult nimi)
- Saab pöörduda protsessorikäsuga(C keeles peab olema defineeritud kui muutuja)
- Harilikult annab tootja nimetused (include file)
- Arvutuse jaoks või sisend-väljundiga ühendatud.





4- bit parallel register

4 bit serial register

https://www.electronicshub.org/d-flip-flop/

Katkestused

- Informaatikas tähendab katkestus asünkroonset signaali, mis katkestab programmi täitmise tsükli, et kontroll järgmisele protseduurile üle anda .

https://www.slideshare.net/ramadanahmadramdan/timer-interrupt

Katkestused

- Mikrokontrolleri puhul võib katkestus tekkida loendurite, andmesideliidese, konverterite jne..puhul või ka signaali loogilise oleku muutuse korral.
- Iga katkestus on seotud oma sündmusega (alamprogrammiga)

- C näide (ka Arduino)

- #include <avr/interrupt.h>
-
- ISR(XXX_vect)
- {
- 	// Do something
- }

Katkestused (paha näide)

- Oletame, et meil on 16 bitine muutuja , mille väärtusi saab muuta mitmes kohas :

```
#include <avr/interrupt.h>

// Global 16-bit variables x and y
unsigned short x, y;

// A random interrupt that changes the value of x
ISR(XXX_vect)
{
        x = 0x3333;
}

int main()
{
        // Give a value to x
        x = 0x1111;

        // Allow interrupts globally
        sei();

        // Give the value of x to y
        y = x;
}
```

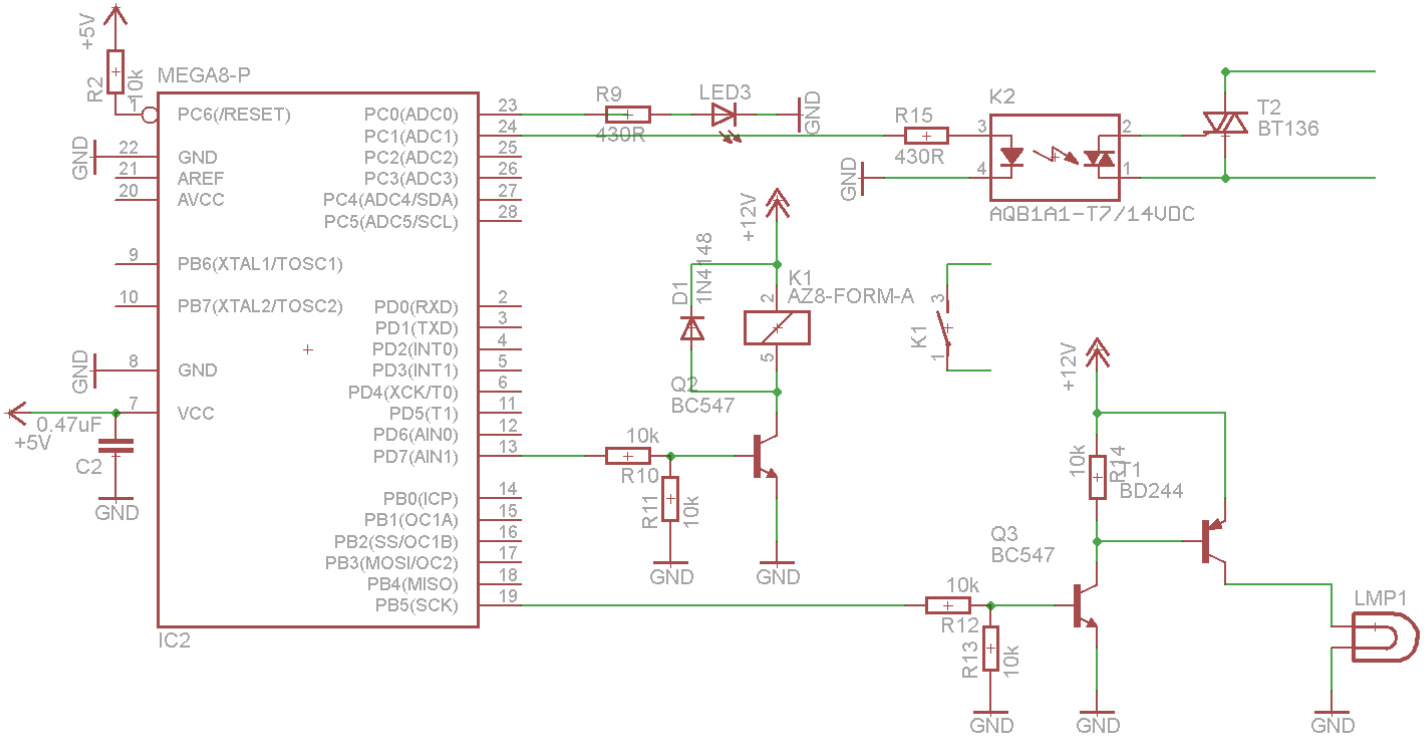
```
// Disallow interrupts globally
cli();

// Give the value of x to y
y = x;

// Re-allow all interrupts again
sei();
```

Y võib olla 0x3333, 0x1111 kuid samuti 0x3311 !

Kuidas parandada ?

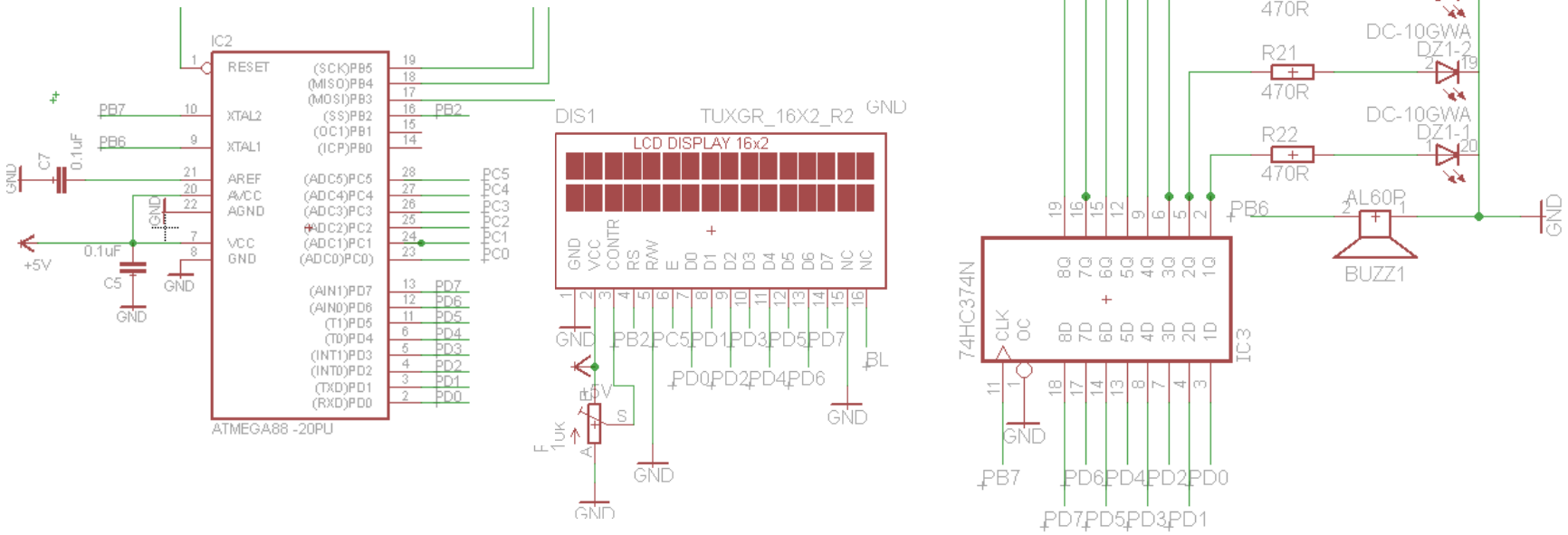
Lihtne digitaalne väljund

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



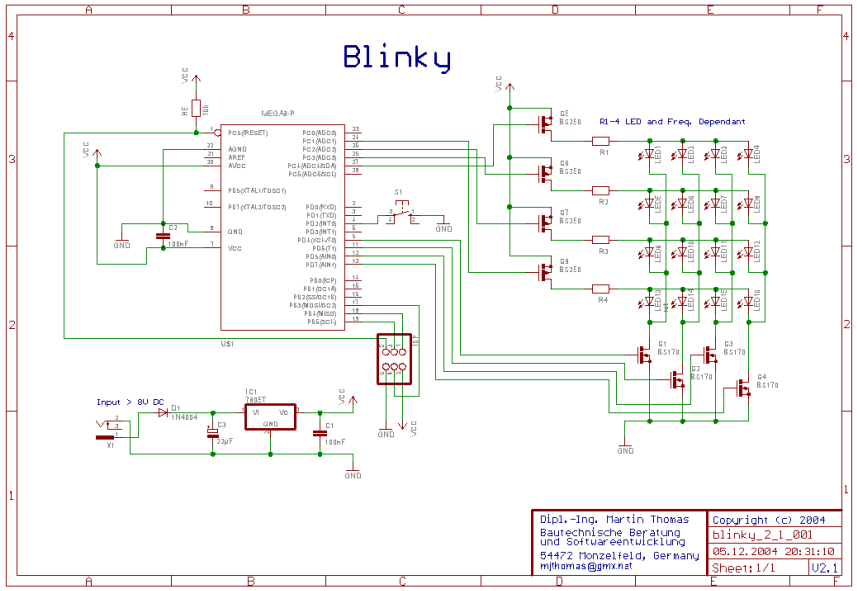
Puhverdatud digitaalne väljund

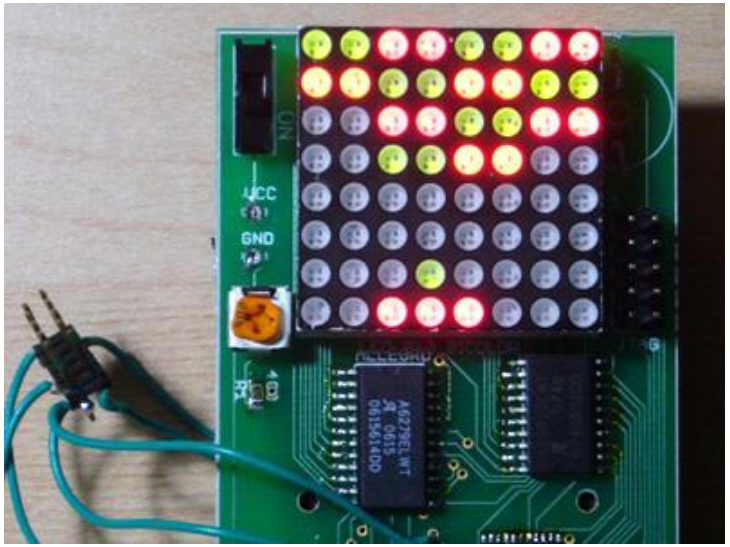
- Vajab nihkeregistreid
- Lisatavate sõltumatute väljundite arv on piiramatu.
- Suhteliselt lihtne programmeerida



Dünaamiline indikatsioon

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

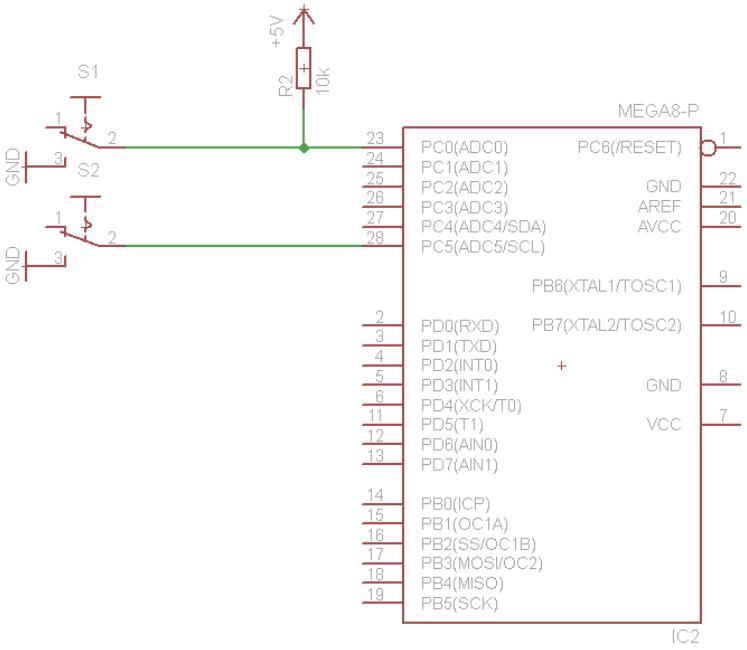


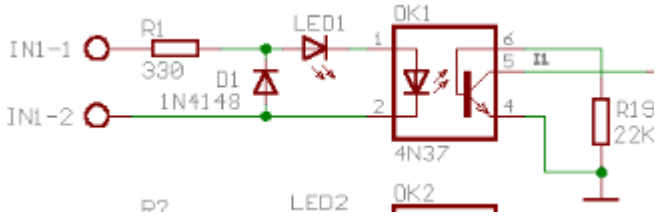


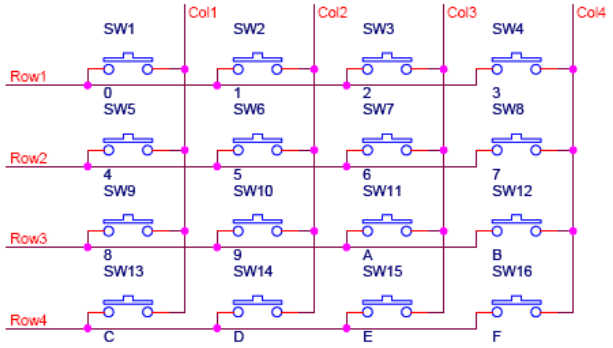
http://www.siwawi.arubi.uni-kl.de/avr_projects/matrix44/index.html

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…

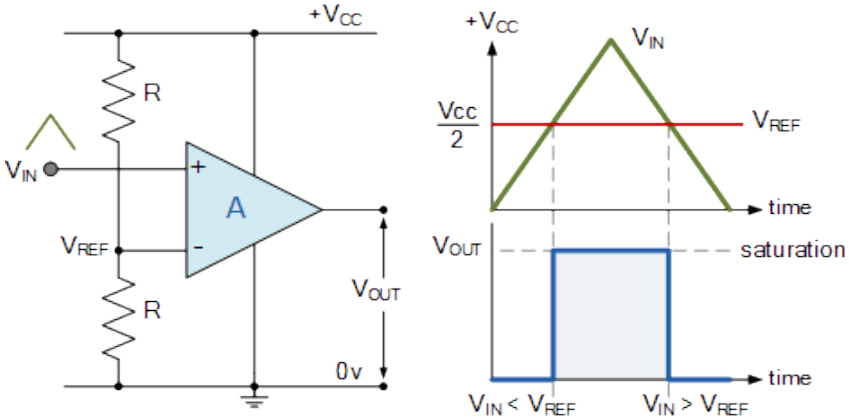






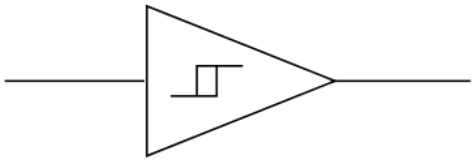
Komparaator

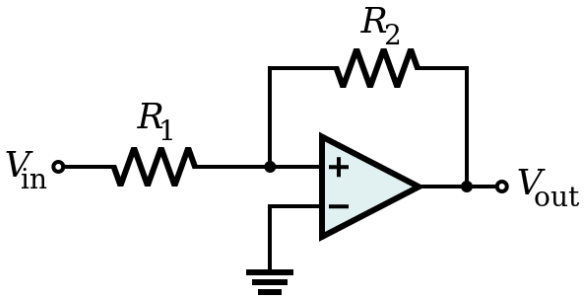
- Töö sarnaneb OV tööga, sageli kasutataksegi OV-d
- Kõige lihtsam 1 bitine A/D muundur
- Kui lisame positiivse tagasiside, saame Schmitti trigeri



Väljund:
- Kõrge (1) kui Vin>Vref
- Madal (0) kui Vin<Vref

Veel kasutusalasi:
- Signaali nullist läbimise detektor
- Digisignaalide mürast puhastaja



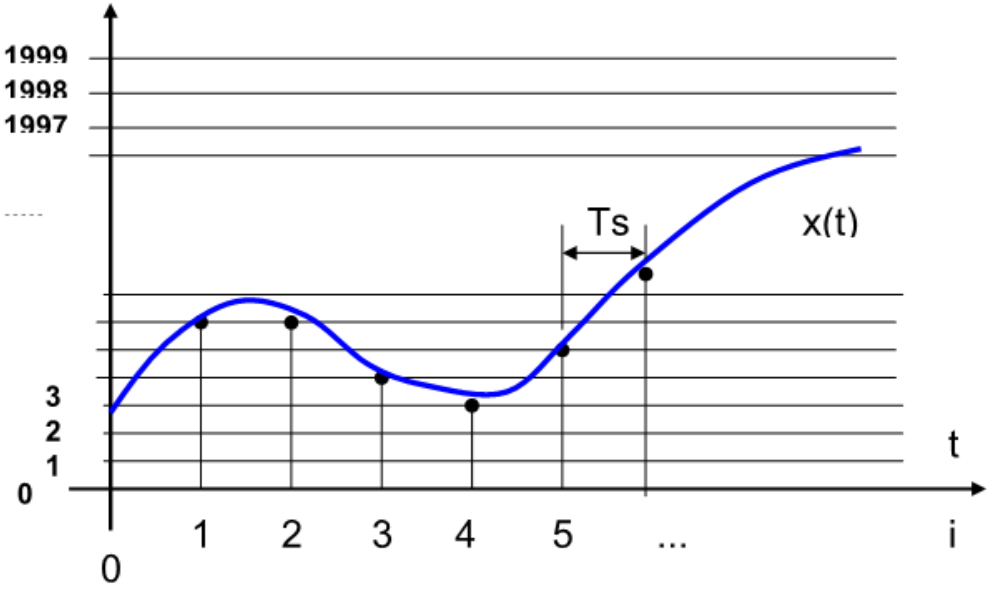


Analoog-digitaalmuundur

Analoogmaailm –pidevad suurused
Digitaalmaailm – diskreetsed(lõplikud) suurused.

Võivad olla kombineeritud (diskreetne aeg analoogsüsteemis ja vastupidi)

Pideva signaali x(t) teisendamine arvude jadaks xi

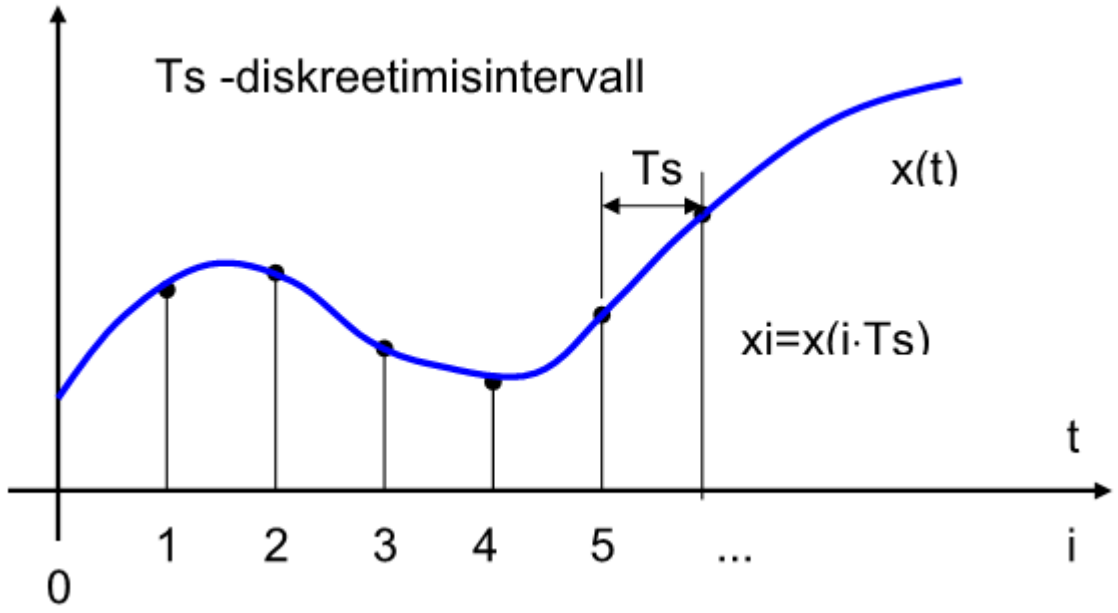


1. Diskreetimine (aeg)
2. Kvantimine (nivood)
3. Kodeerimine

Lõplik arv väärtusi väljundis

Analoog-digitaalmuundur

Diskreetimine (sampling)
Pidevate signaalide x(t) esitus arvude jadana xi, i=1, 2, 3, ..

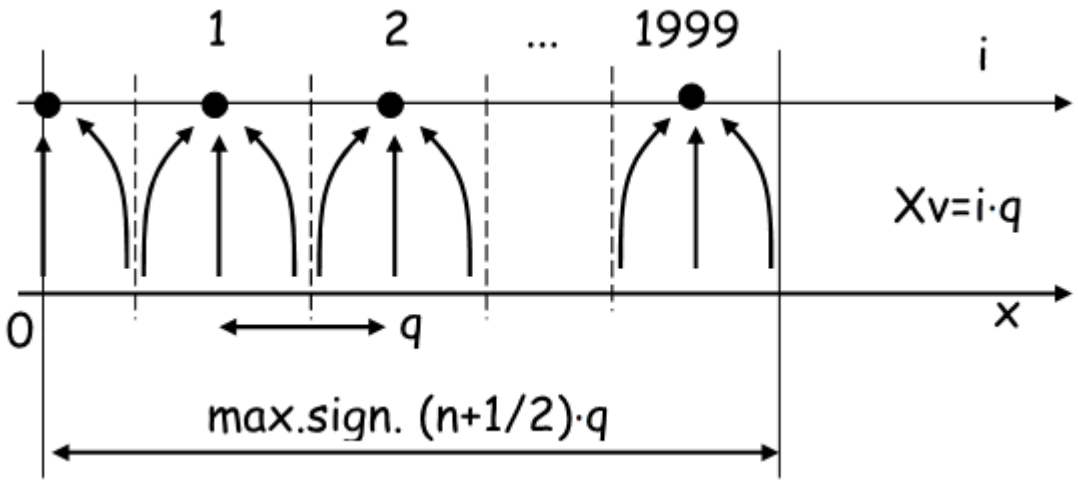


Ts valik
Kui signaali spektris on maksimaalne sagedus F, siis tuleb F(f) diskreetimisintervall Ts valida tingimusest: **Ts<=1/(2F)** ehk Fs>2F . Kui ei ole täidetud tekivad moonutused.
(Nyquist–Shannoni teoreem)

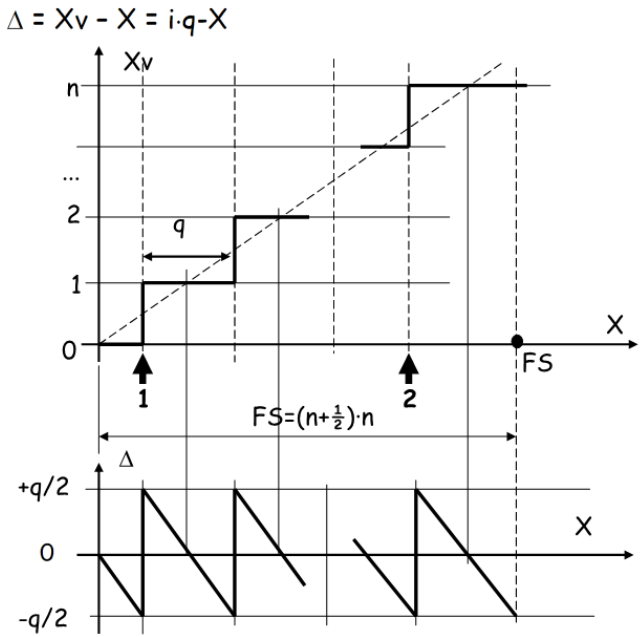
Analoog-digitaalmuundur

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



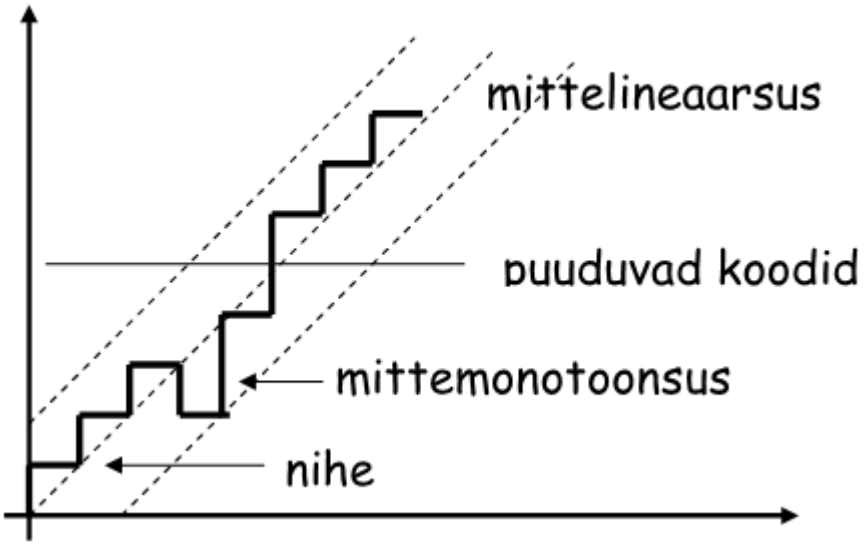
Mõõtepiirkond (Full Scale) on sisendsignaali vahemik kus viga Δ ei välju piiridest ±q/2 ning on väärtusega FS=(n+1/2)*q
nn. „täisskaala“)

Parim karakteristik koostatakse järgmiselt:
(sisendsignaal on pidev suurus, väljundsignaal –diskreetne.
sisend ja väljundsuurusi mõõdetakse kvantides q)

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

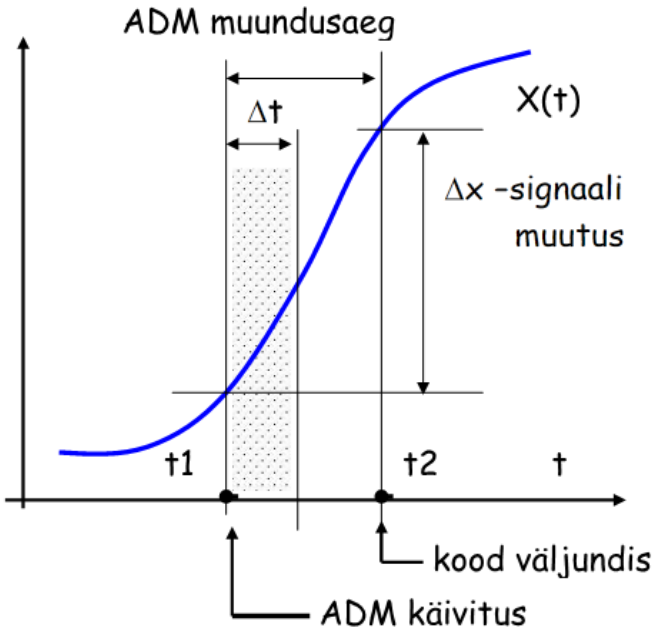
Analoog-digitaalmuundur

ADM tegelikud vead on palju suuremad

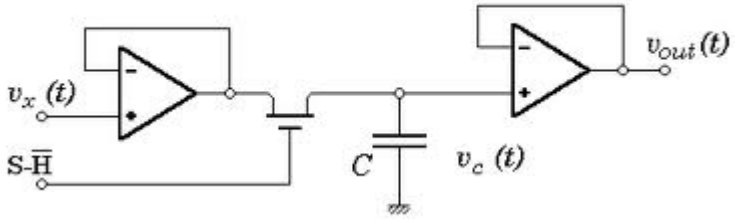


Analoog-digitaalmuundur

- 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 t2, see vastab signaalile mingil eelneval ajahetkel, seda hetke on raske fikseerida täpselt, eksisteerib ebamäärasus Δt nn. “apertuuriaeg”.

Analoog-digitaalmuundur

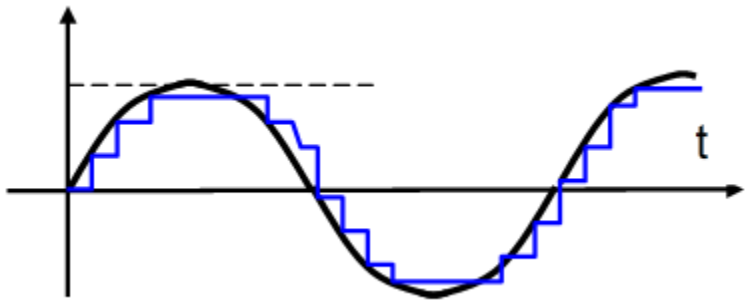
Järkude arv $n=\log_2(N)$

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

Mida suurem , seda täpsemini saab signaali digiteerida.

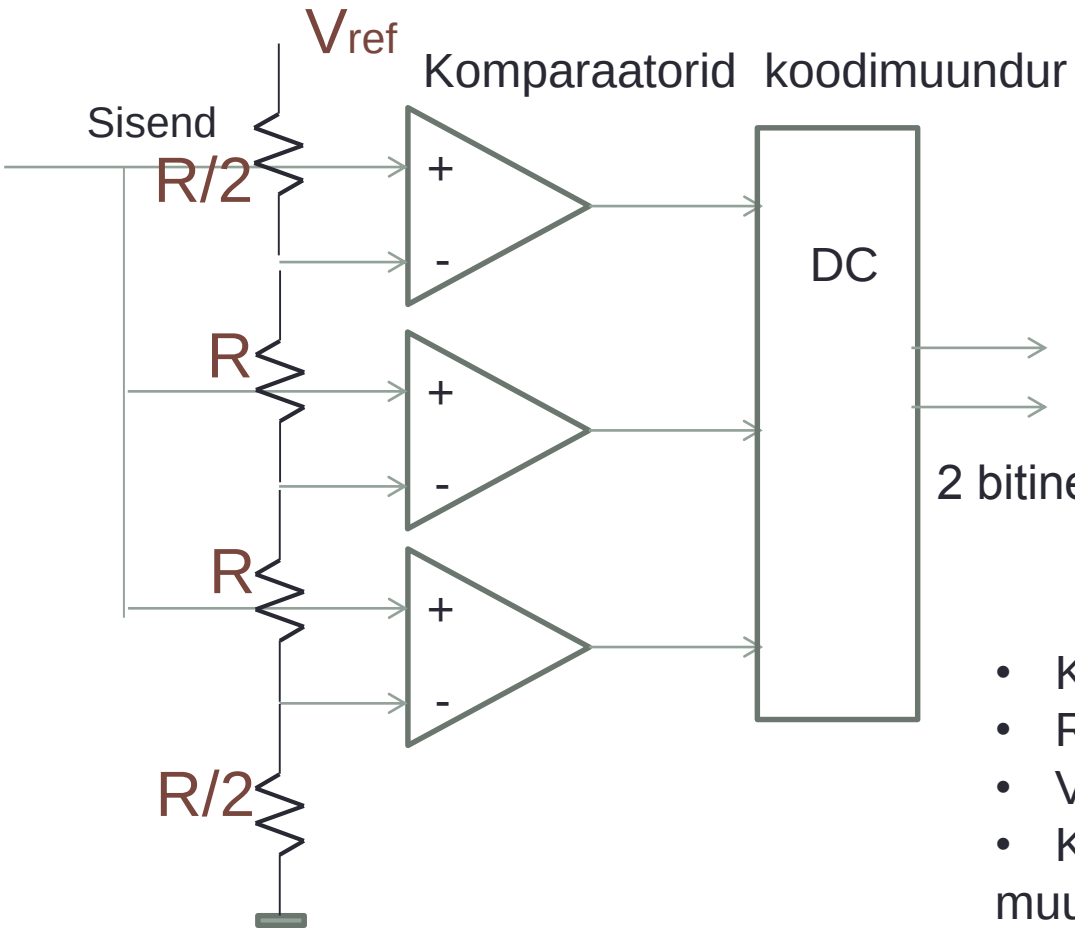
AD/DA muundamisel tekib kvantimismüra (q/2), mis lisandub kasulikule signaalile.

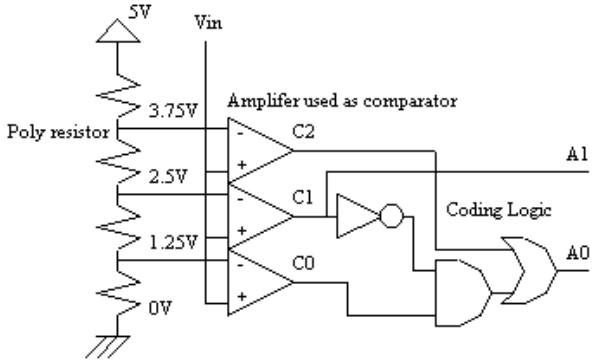
$K_n(dB)=6n+3$. See on alati olemas !!!



Analoog-digitaalmuundur

Paralleelmuundur



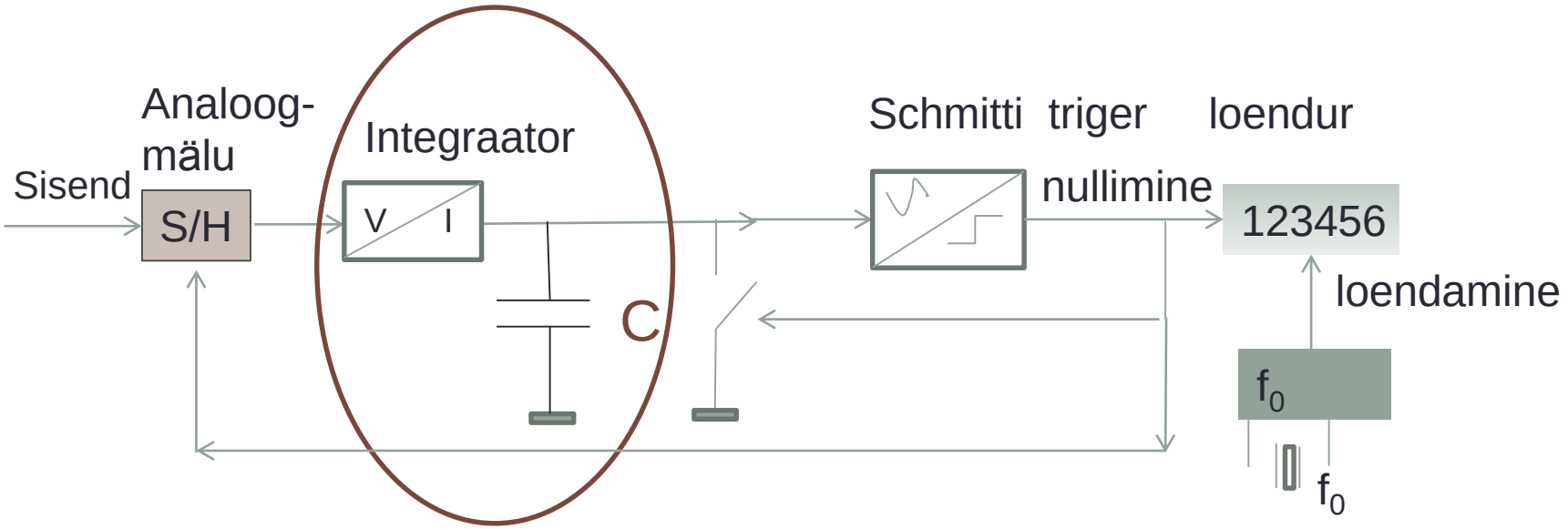


- Kiire
- Reaalajas toimiv
- Vajab 2^n-1komparaatorit !
- Kasutatakse kuni 8 bitiste muundurite korral (256 taset)
- Videotöötlus

Kõik teised on aeglasemad !

Analoog-digitaalmuundur

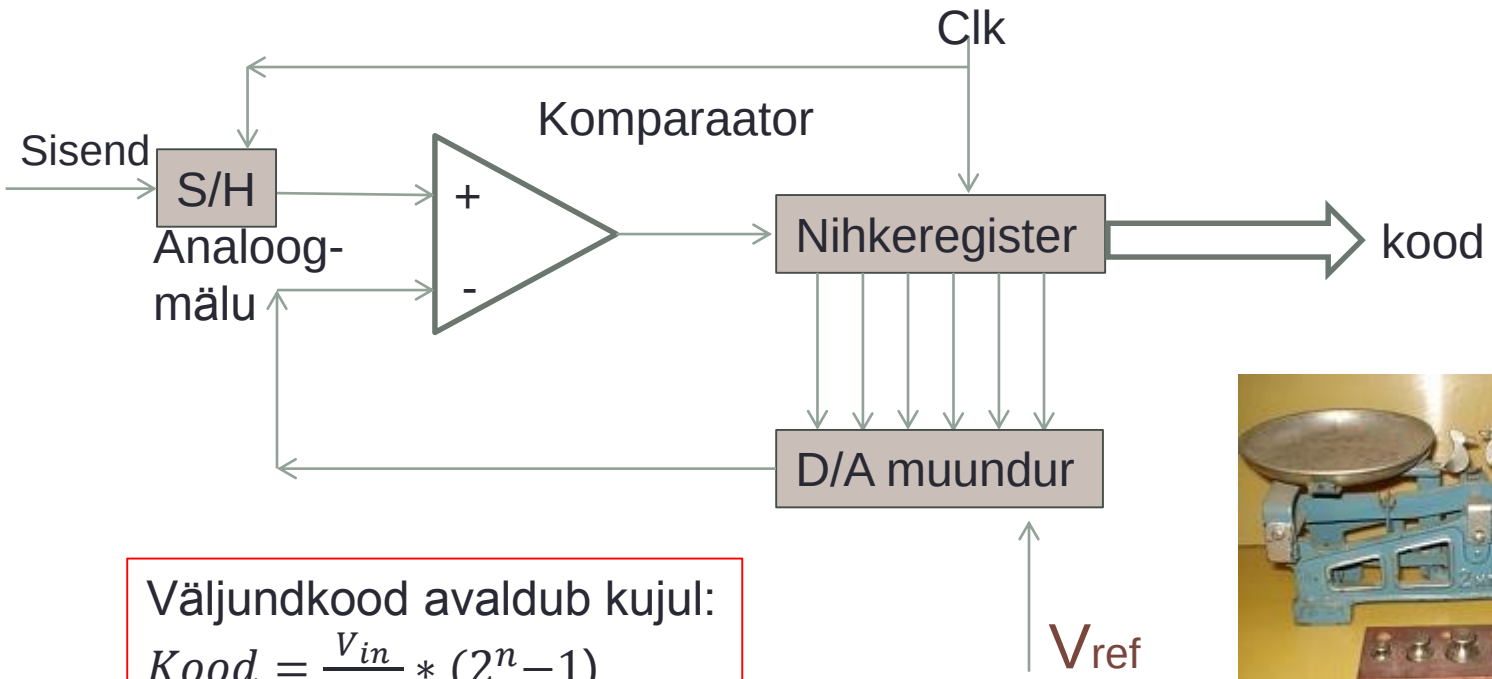
Integraatormuundur



- 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:

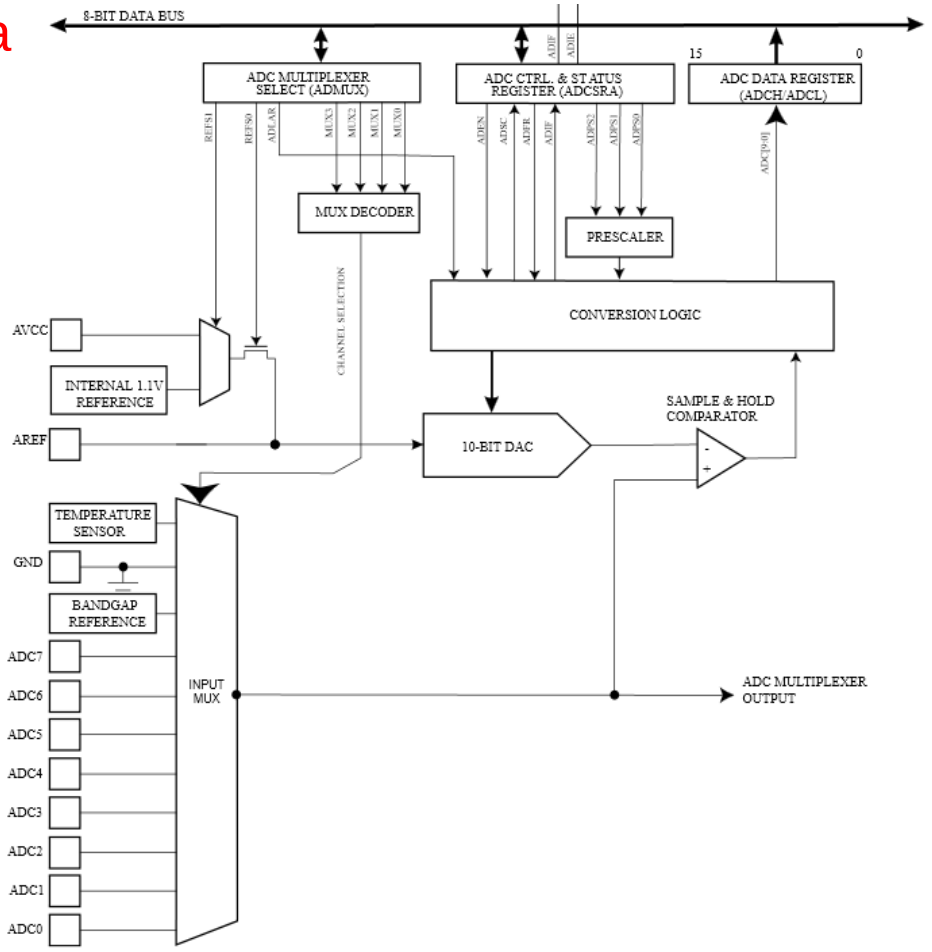
$$Kood = \frac{V_{in}}{V_{Ref}} * (2^n - 1)$$

Kus n on muunduri bittide arv

- Tööpõhimõte 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.
- VRef kas sisene või väline.
- Sisend ja VRef peavad olema positiivsed ja mitte suuremad kui toitepinge.



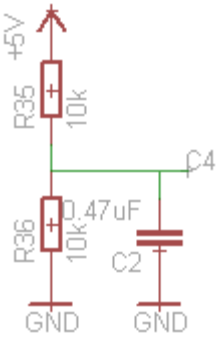
Väljundkood avaldub kujul:

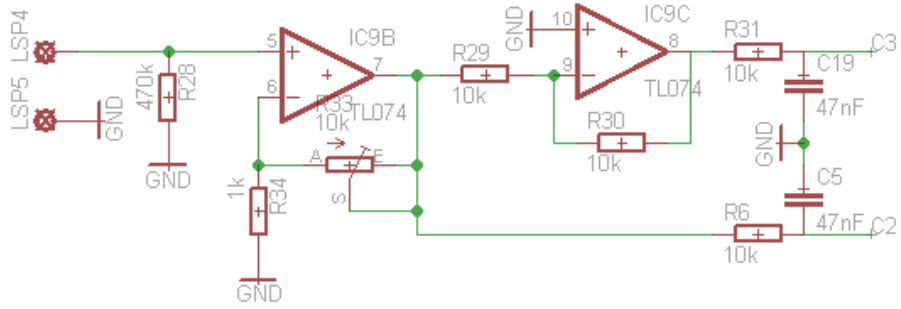
$$Kood = \frac{V_{in}}{V_{Ref}} * (2^n - 1)$$

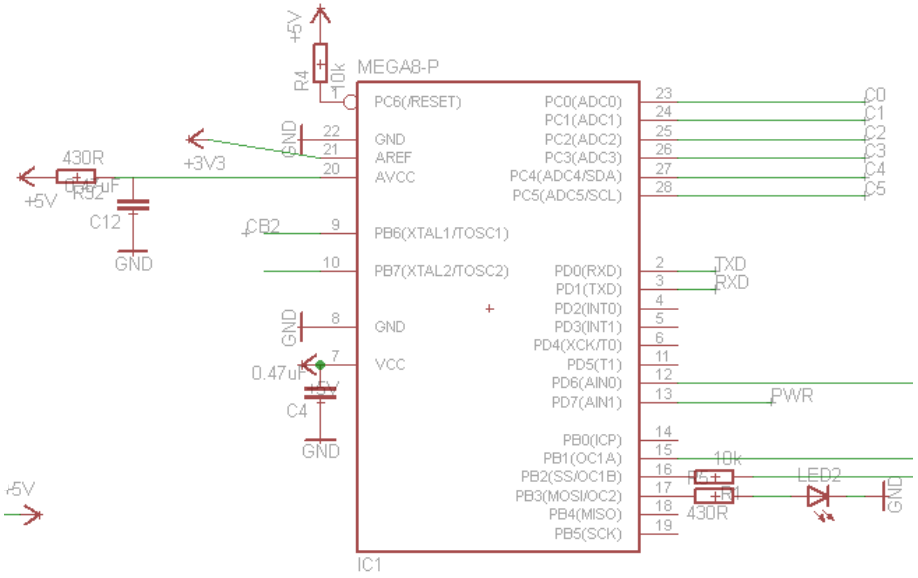
Kus n on muunduri bittide arv

AD muundur tänapäeva mikrokontrolleris

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





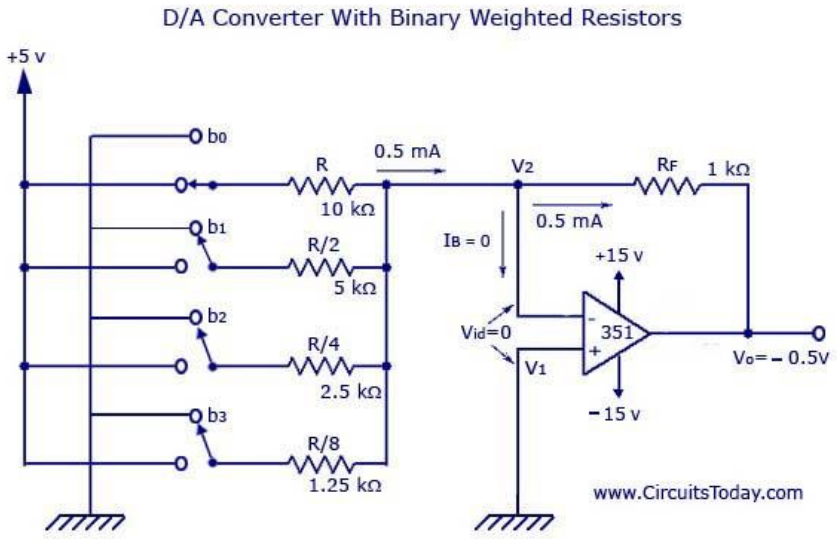


DA muundur

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.

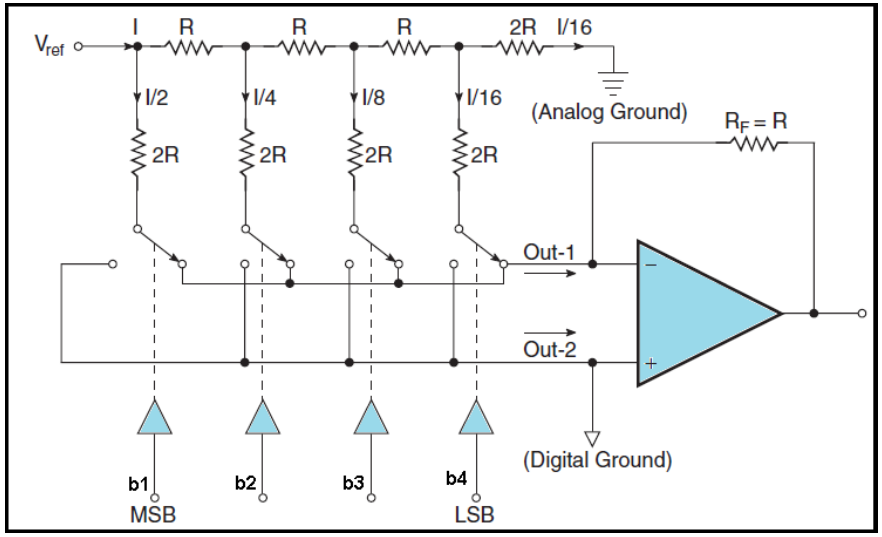


DA muundur

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.

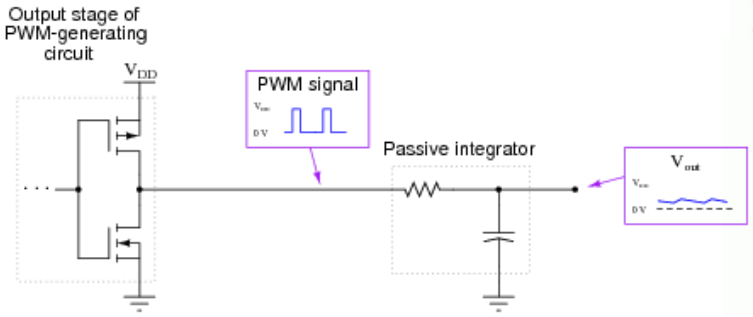


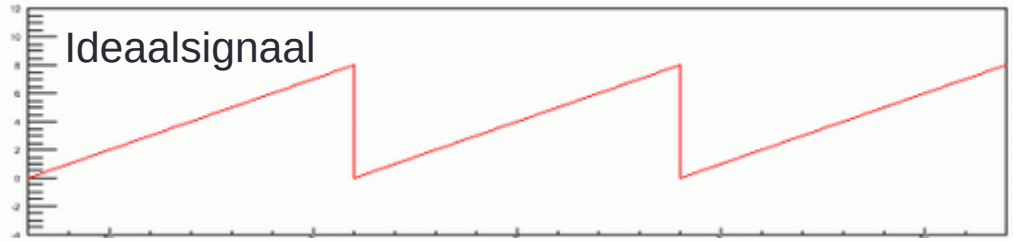
DA muundur

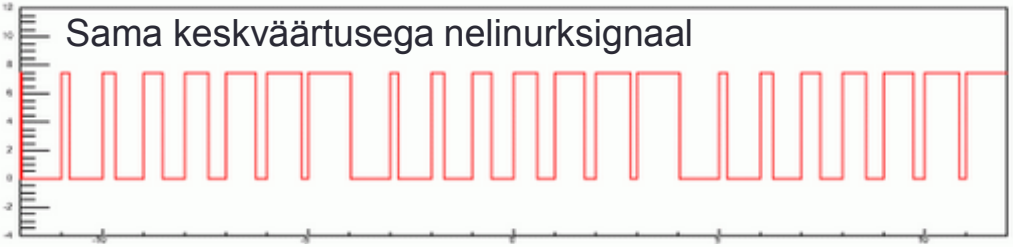
1 bitine muundur (impulss-laius muundur, PWM)

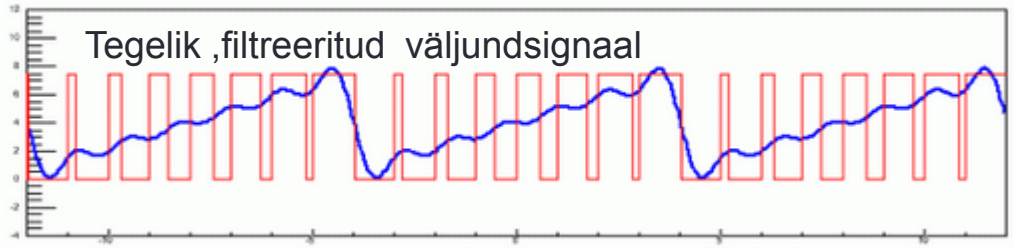
- Sisendsignaaliks on nelinurksignaal, mille harvendustegur (duty cycle) muutub vastavalt keskväärtusele.

- Väljundis peab olema kindlasti integreeriv element (kondensaator, mootor, küttekeha, valjuhääldi) !
- Vajab signaali sämplimissageduse tõstmist 2^n korda (n-bittide arv)
- Odav
- Kvaliteetse analoogsignaali saamiseks vajab väga head filtrit !



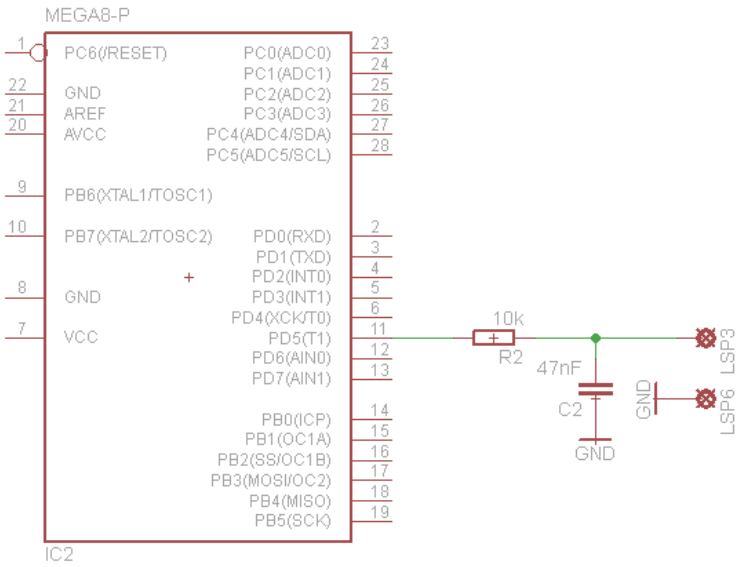


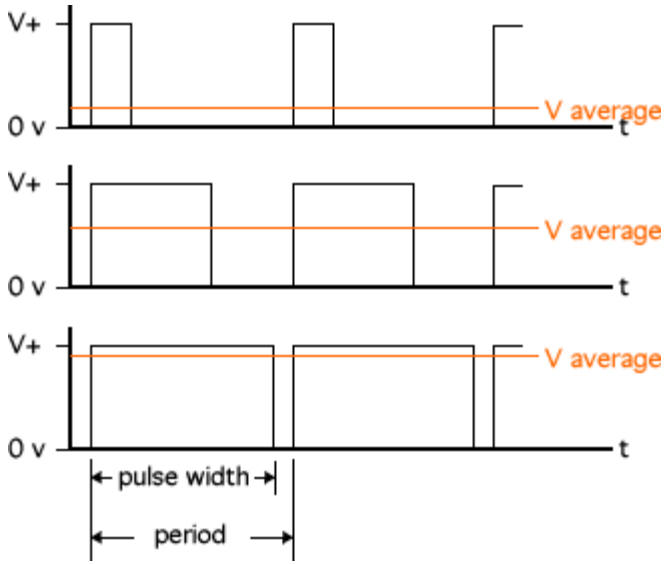




PWM mikrokontrolleris

- Reguleeritakse nelinurksignaali harvendustegurit
- Võimalus reguleerida näiteks valgusdioodi heledust
- Lihtne võimalus saada analoogpinget.
- Arduino - analogWrite





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

$$Väljundpinge\ efektiivväärtus = Toitepinge * \sqrt{\frac{Impulsi\ pikkus}{Perioodi\ pikkus}}$$