

IN 1080

REPETISJONSFORELESNING

Yngve Hafting, Repetisjon 11-15



UiO • **Institutt for informatikk**

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

VESENTLIG FØR EKSAMEN

- Kun én gruppe som har levert og ikke er rettet så langt.
 - Så vidt jeg vet har de en avtale om tid til å få gått gjennom obligen.
 - Hvis det er flere som mener de har levert uten å få rettet, bør de ta det opp i pausen.
- Eksamen blir digital.

TING SOM ER VESENTLIG TIL EKSAMEN

- Regn med å bruke grunnleggende fysikk
 - ($V=RI$, $P=VI$, $W=VIT$, $F=Ma$, $\tau = r \times F$)
 - Newton, Kirchoff, ..
 - Kjenne til grunnleggende kretselementer og forstå deres funksjon i kretser
 - L,C,R, Transistor, Opamp
- Elektromotorens oppbygning
 - Hva gjør rotor/ stator
 - Kunne vesentlige kjennetegn for forskjellige motortyper
 - (AC, DC, Steppermotor)
 - Kjenne begreper som synkronhastiget, slip, poler
- Motorstyring
 - Kommutering
 - Pulsbreddemodulasjon
 - Motordrivere
 - Power-transistorer (Mosfet,BJT, IGBT)
 - H-Bru
- Gir
 - Tannhjul
 - Kjenne til forskjellige oppbygninger
 - Kjenne til ormegir, planetgir, harmonic drive, kulematter
 - Kunne regne med utveksling

VESENTLIG FOR EKSAMEN FORTS:

- Busser
 - Kjenne til hva som skiller SPI, I2C og RS-232 og RS-485
 - Ikke nødvendigvis kjenne til hele protokollene, men det grunnleggende
 - Hvorfor vi bruker Pullup-motstander for I2C..
 - Kunne bruke bussterminologi
 - Seriell, Parallel, Full Duplex, Halv duplex, paritetsbit, baud rate, synkron, asynkron, pakker
 - Hvorfor vi bruker differensielle signaler i mange sammenhenger
- Kretskortskjema
 - Avkoblingskondensatorer
 - Kunne forstå strøm/ energibehov til kretser
- Kontrollsystem
 - «Open loop» vs «Closed loop»
 - Eks steppermotor vs Servo
 - Forstå hvordan et PID system virker
 - Ikke tuning av PID, men konseptet.
 - (Kunne kode PID kontroll med mikrokontroller/ pseudo kode.)

VESENTLIG FOR EKSAMEN FORTS:

- Hydraulikk og Pneumatikk
 - Hvilke fordeler og ulemper har vi med hydrauliske og pneumatiske systemer
 - Kjenne til typiske byggeblokker
 - Magnetventiler, sylindere, fittings
 - Kunne forstå ventildiagram
 - Hydrauliske pumpetyper
- Sensorer og sensorsystemer
 - Aktive og passive sensorsystemer (Sende ut energi...)
 - Wheatstone Bro (Oppbygning, behov for differensiell forsterkning)
 - Typer Sensorer (Motstandsbaserte, MEMS, Piezo, Hall effekt, Kapasitive og Optiske sensorer)
- AD-konvertering
 - Begreper som Linearitet, Dynamisk område, nyquist frekvens, aliasing
 - Når bruker vi differensiell forsterkning, instrumentforsterker
 - Støy: Common mode, Ground bounce
- Enkodere
 - Absolutt og quadrature enkodere
- Kunne bruke datablad til å analysere/ velge komponenter.
- Kunne forstå begreper på norsk og engelsk.

ELEKTROMOTOR PRINSIPP

(ikke homopolar)

En elektromotor består i hovedsak av to deler

1. Rotor (delen som roterer)

- a. består av en eller flere magneter og eller noe magnetiserbart.
- b. Rotoren kan være innvendig «inrunner» eller utvendig «outrunner»
 - i. Innvendig rotasjon er best for høy hastighet og lavt dreiemoment
 - ii. Utvendig rotasjon er best for lavere hastighet og høyt dreiemoment

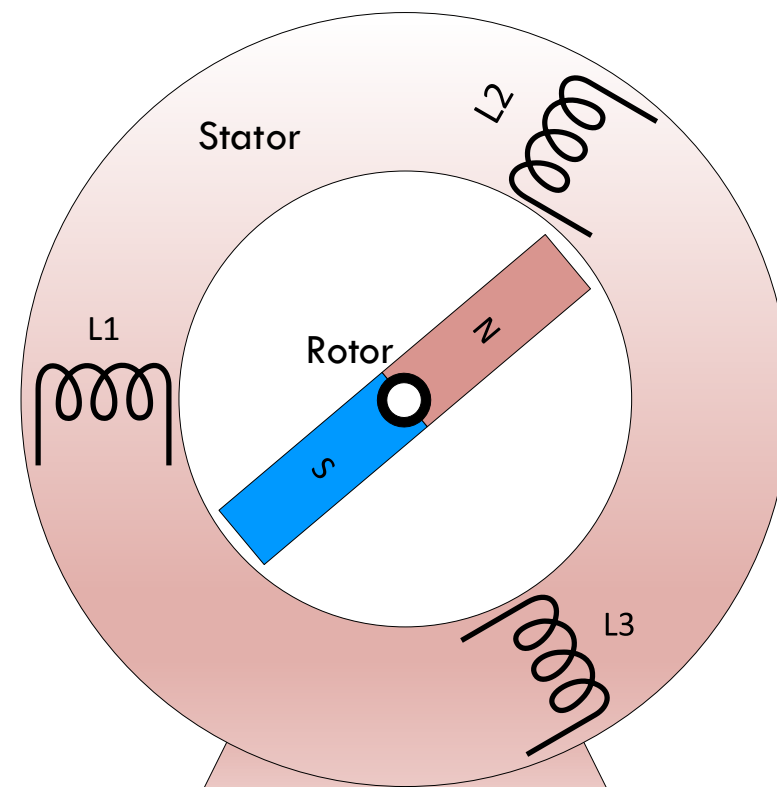
2. Statoren er den delen som står stille,

- a. består typisk av et antall elektromagneter i ring rundt aksen (kan også være permanentmagneter dersom rotoren er en elektromagnet).

Enten rotoren eller statoren består av elektromagneter som kan lage et varierende (roterende) magnetfelt som får rotoren i bevegelse.

Magnetfelt er proporsjonalt med strømmen i en spole.

Oppbygningen til rotor og stator og hvordan motoren kommuterer (dirigerer strømmen) avgjør hva slags navn og type motor vi snakker om.



ELEKTROMOTOR - ELEKTRISK MODELL

Forsyningsspenningen over motoren kan approksimeres ved

$$(1) \quad V = I \cdot R + L \cdot \frac{dI}{dt} + V_{EMF}$$

der I er strømmen inn, R er resistansen i spolen(e), L er induktansen i spolen(e), og V_{EMF} er industert spenning (ems, «back EMF») i spolen(e)

Er strømmen konstant (steady state AC) får vi

$$(2) \quad V = I \cdot R + V_{EMF}$$

Den industerte spenningen er proporsjonal med motorens vinkelhastighet ω og gitt av

$$(3) \quad V_{EMF} = k \cdot \omega,$$

der k er en fysisk motorkonstant. For konstant strøm får vi:

$$(4) \quad V = I \cdot R + k \cdot \omega$$

Dreiemomentet er proporsjonalt med strømmen (DC motorer):

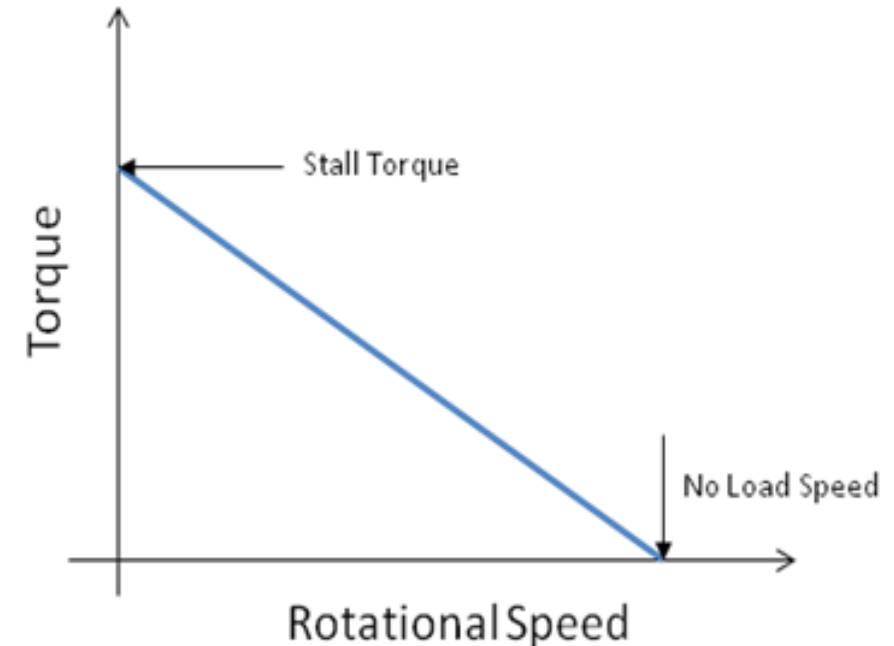
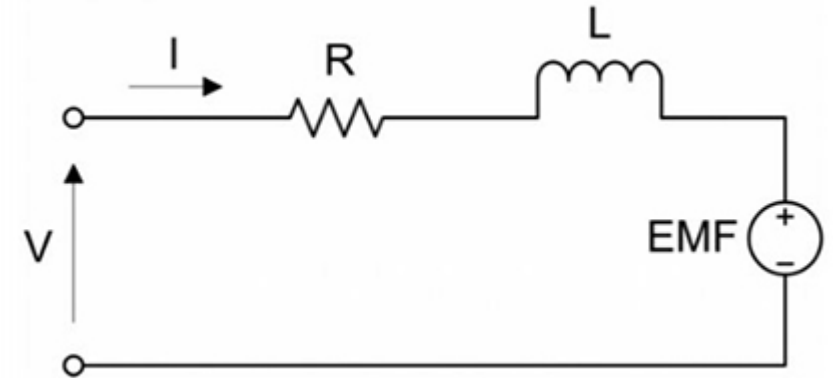
$$(5) \quad \tau = k \cdot I$$

Løser vi (4) for I og setter inn i (5), får vi

$$\tau = k(V - \omega \cdot k) / R$$

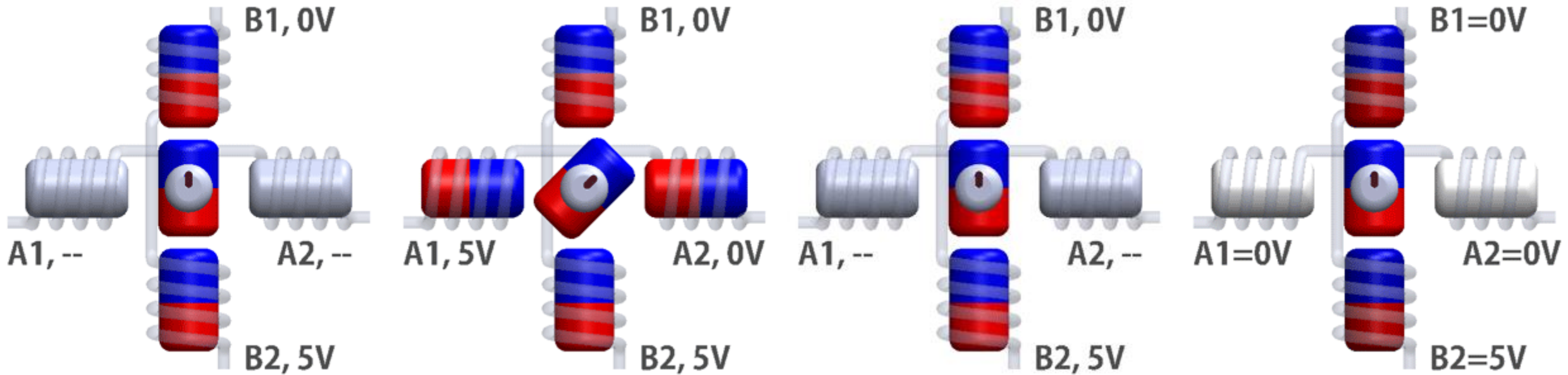
Vi ser at motoren får null dreiemoment når $V = \omega \cdot k$,

DVS $V = V_{EMF}$ og maksimal vinkelhastighet $\omega = V/k$ (se figur)



OVERSIKT KOMMUTERING

(GIF-ANIMASJON)



Wave

Fullstep

Halvstep

Mikrostep
(analog spenning)

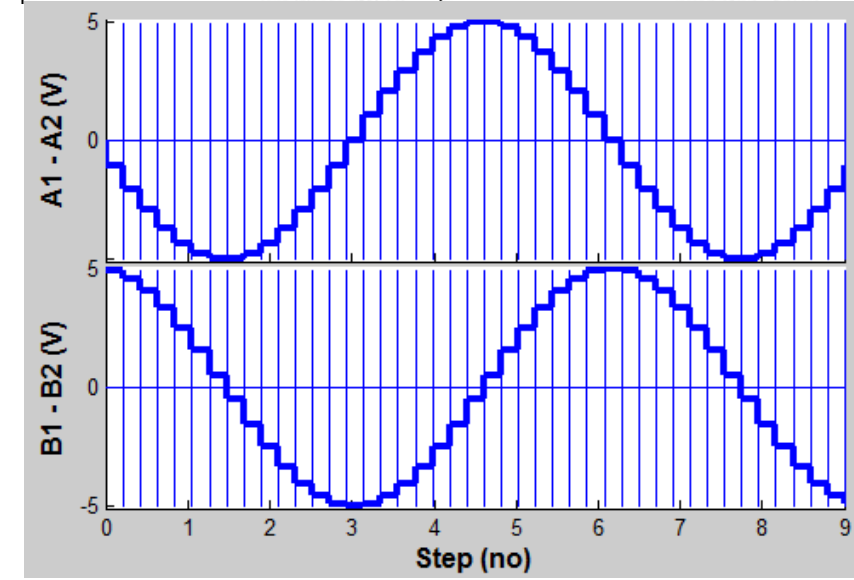
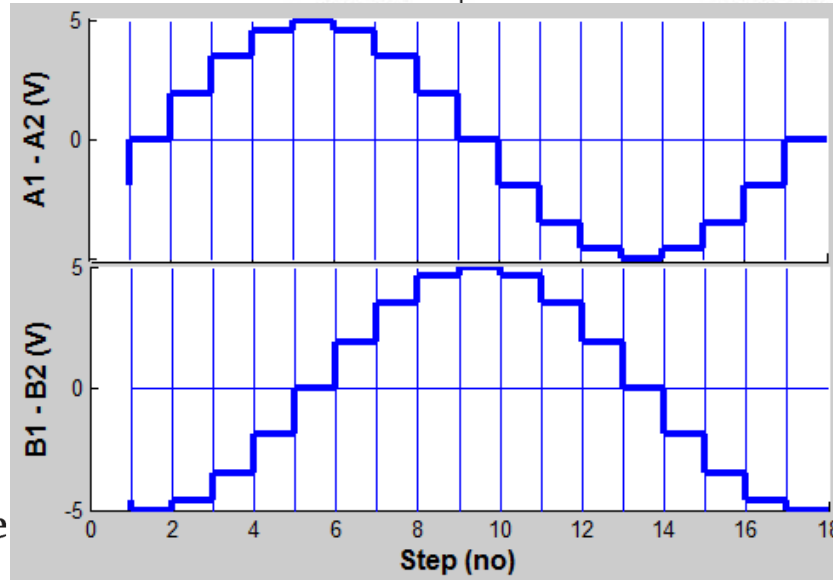
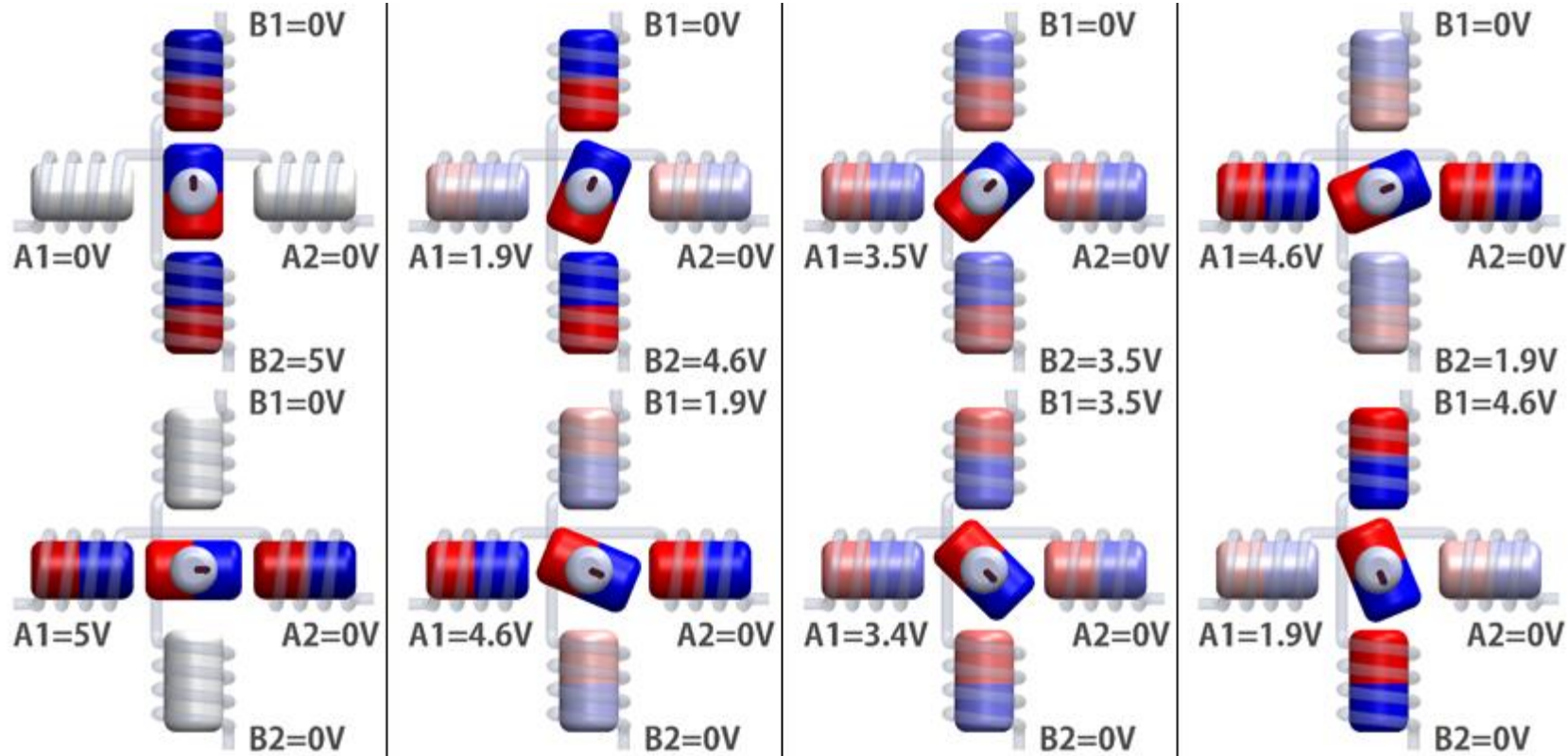
MIKROSTEPPING

Ved å bruke pulsbreddemodulasjon (PWM) for å gi analog spenning til spolene kan alle mulige kombinasjoner oppnås.

Kan gi konstant dreiemoment, men behøver ikke.

Dess finere oppløsning på pulsbreddemodulasjonen, dess nærmere blir signalet en sinus faseskiftet med 90 grader mellom inngangene.

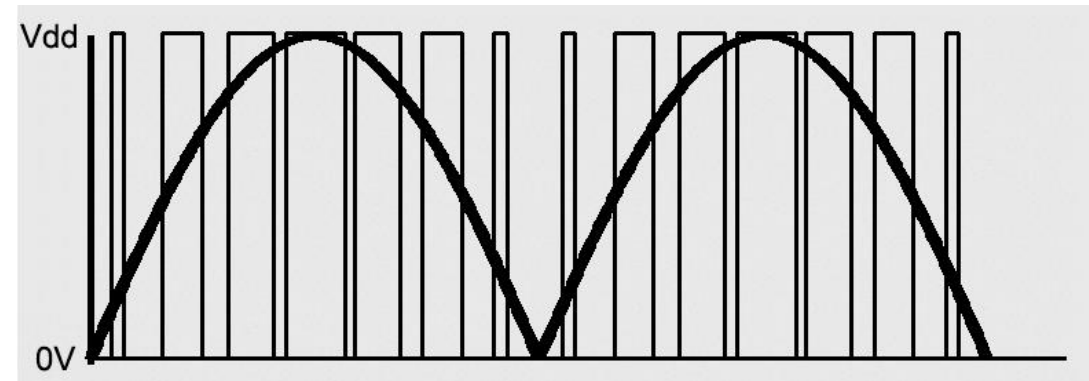
Støyen og vibrasjonene fra stepper motoren avtar med dess finere mikrostep som brukes.



PULSBREDDEMODULASJON (PWM)

Som regel er det upraktisk å generere analoge spenninger til motoren ved spenningsdeling, da dette gir mye tap av effekt og utvikling av varme.

For å unngå varmetap kan man generere analoge utgangsspenninger ved å skru av og på full spenning i hurtig tempo. Ved å variere bredden høyt signal har i forhold til lavt ("duty cycle") og ved å koble utgangen til et lavpassfilter, vil man få jevnet ut spenningen slik at den blir nærmere en sinus. På figuren ser vi en likerettet sinuskurve.



For høyere switchefrekvenser (>2kHz), så kan spolene i en motor utgjøre lavpassfilteret selv. Switchefrekvensen må være minst det dobbelte av signalfrekvensen, og man bruker gjerne noe høyere.

Motordrivere har ofte en egen inngang for pulsbreddesignaler som kan genereres med en mikrokontroller (Arduino el.).

MOTORDRIVER - TRANSISTORER

Vanlige typer transistorer for å håndtere store strømmer/spenninger

Power MOSFET

- Nesten ingen statisk styrestrøm på gate
- Gate kapasitansen kan være stor, kan gi utfordringer for trinnet som skal levere gatesignalet ved høye frekvenser
- Kan håndtere opp til 1000V / 100A
- Middels spenningsfall over utgangen under på-tilstand

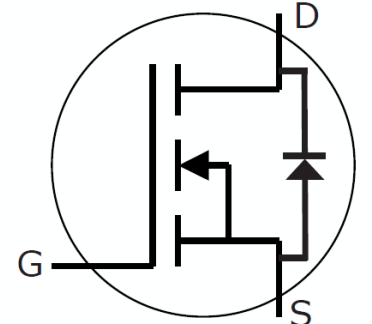
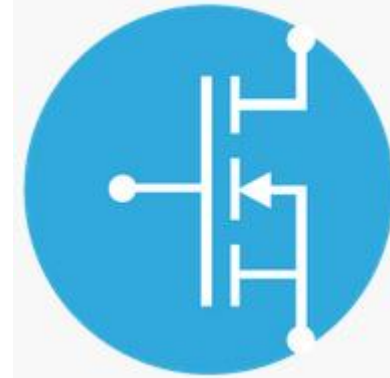
Bipolar junction transistor (BJT)

- Lav base kapasitans
- For å håndtere store strømmer trenger man en betydelig basestrøm. Darlington konfigurasjon kan redusere basestrømmen
- Lavt spenningsfall over utgangen under på-tilstand

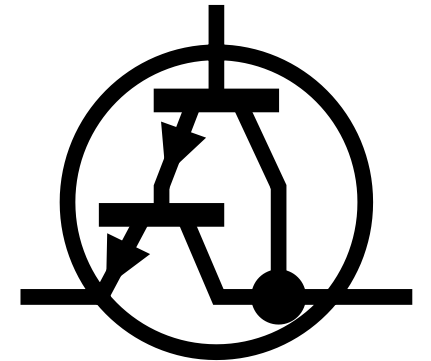
Insulated-gate bipolar transistor (IGBT)

- Det beste fra MOSFET / BJT
- Relativt lavt spenningsfall over utgangen under på-tilstand
- Mindre gate kapasitans en MOSFET og ingen statisk gate strøm
- Kan håndtere opp til 3000V / 1500A
- Lengre switchetid og større switchetap enn MOSFET

Power MOSFETs

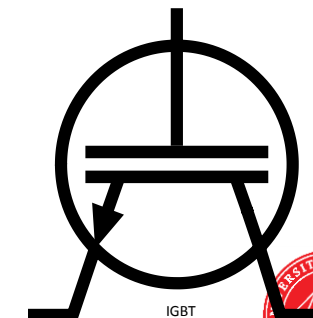
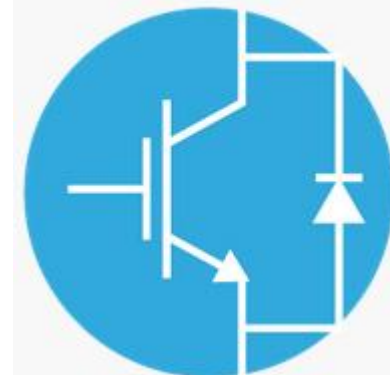


Power Bipolar



Darlington transistor

IGBTs



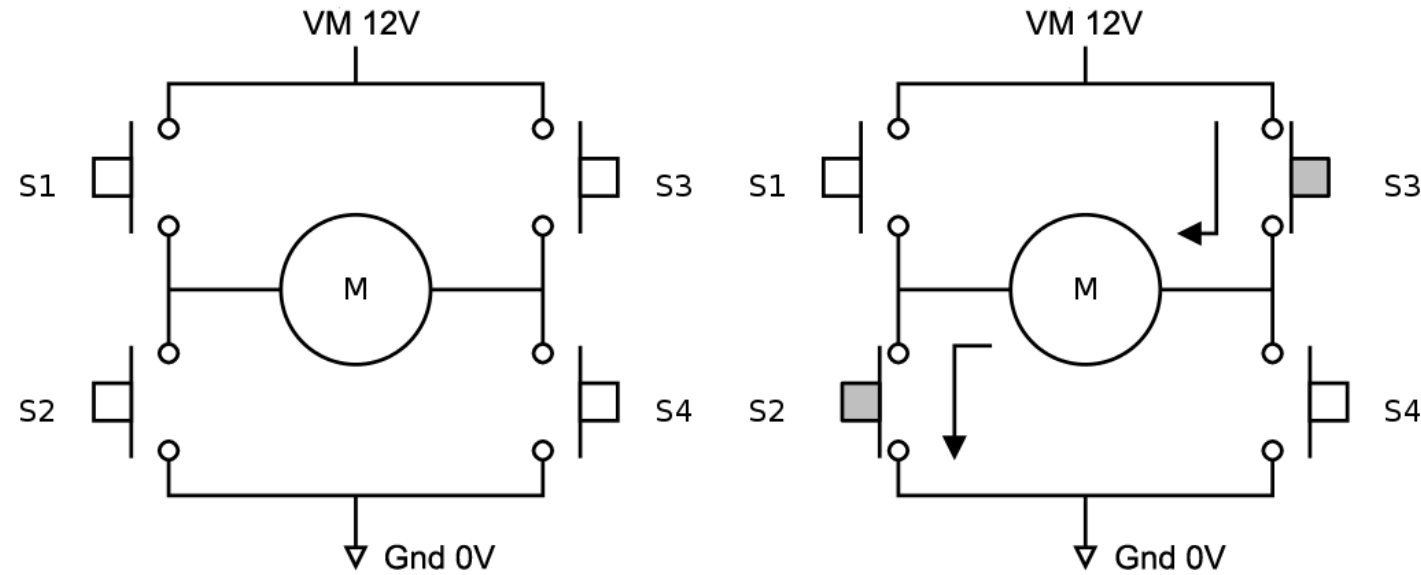
IGBT

H-BRO «H-BRIDGE»

En H-Bro brukes til å forsyne en last med bidireksjonal strøm. En H-Bru kan brukes når vi har høy spenning eller -strømstyrke

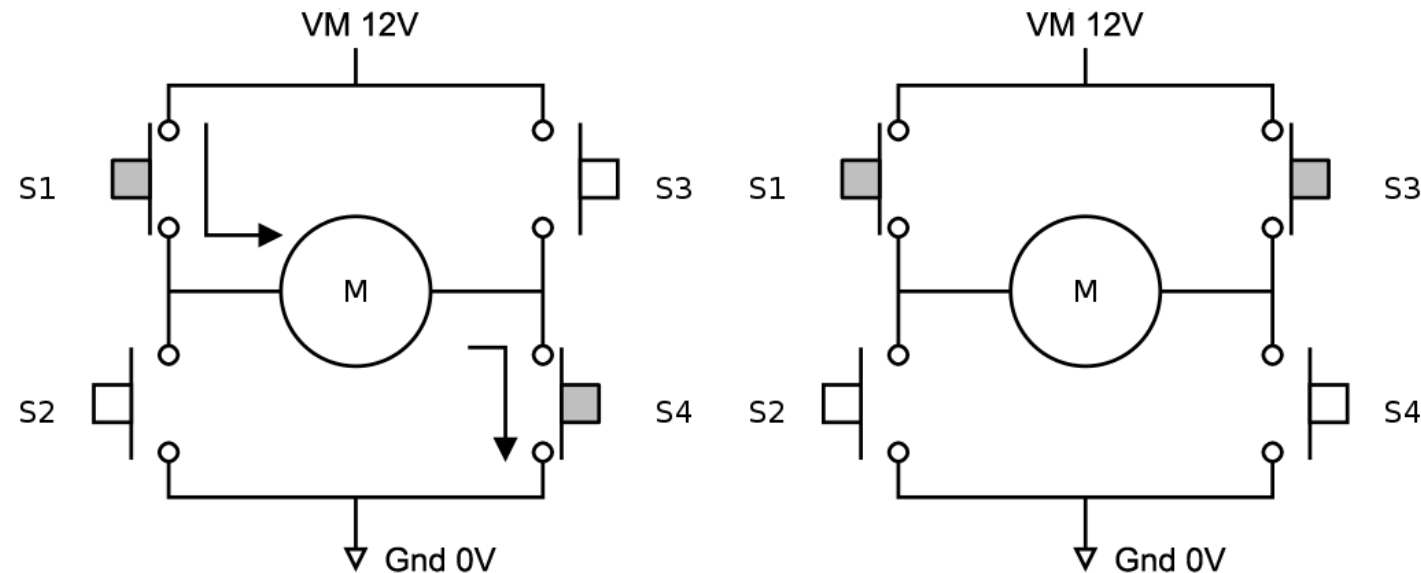
H-broen har i hovedsak fire tilstander som kan styres av transistorene S1, S2, S3 og S4:

- Høy-impedanse (Free running state): Motoren er koblet fra driveren
- Brems (Brake state): Begge sider av motoren er koblet til strømforsyning (eller begge til jord). Dette vil bremse motoren da det induseres strøm i spolene ved rotasjon.
- Forover (Forward state): Motoren er koblet til strømforsyningen i foroverretning.
- Revers (Reverse state): Motoren får strøm i omvendt rekkefølge av foroverretningen.



(a) Free Running State

(b) Reverse State



(c) Forward State

(d) Brake State

GIR OG TANNHJUL

Sammenheng mellom vinkelhastighet (ω) og antall tenner (N), og utveksling/dreiemoment (τ) :

$$\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{N_B}{N_A} = \frac{\tau_B}{\tau_A}$$

Her: $N_A = 10$, $N_B = 28$

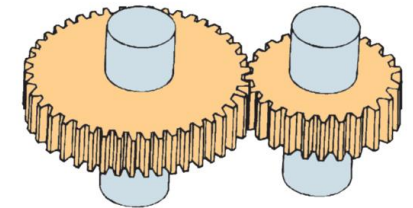
$$\Rightarrow \tau_B = \tau_A \cdot \frac{28}{10} = 2,8 \cdot \tau_A$$



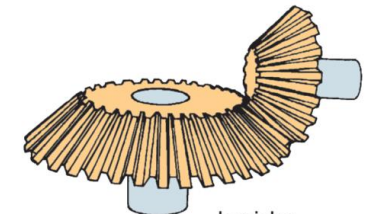
A

B

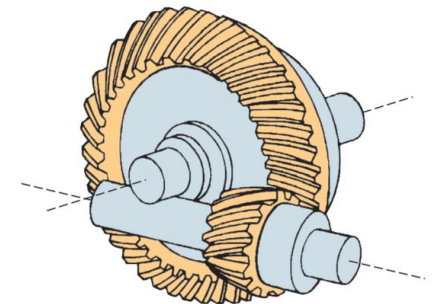
- Sylindriske tannhjul brukes for parallelle akser
- Koniske tannhjul brukes når aksene er i samme plan
- Hyperbolske tannhjul brukes når aksene er i ulike plan



sylindriske



koniske



hyperbolske

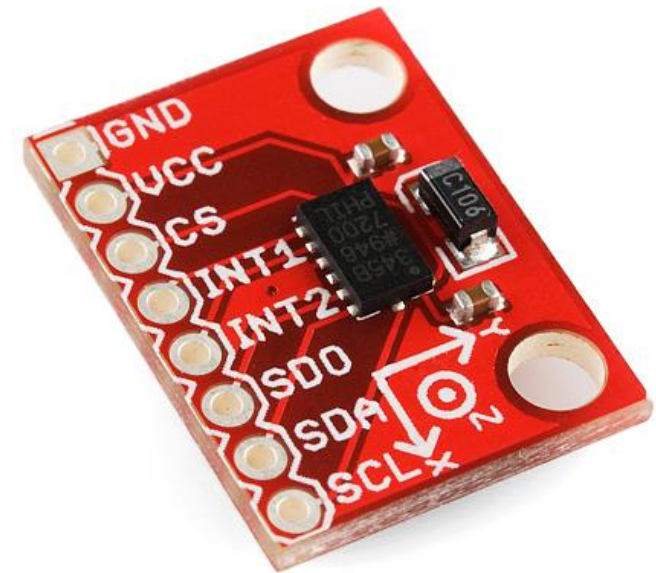
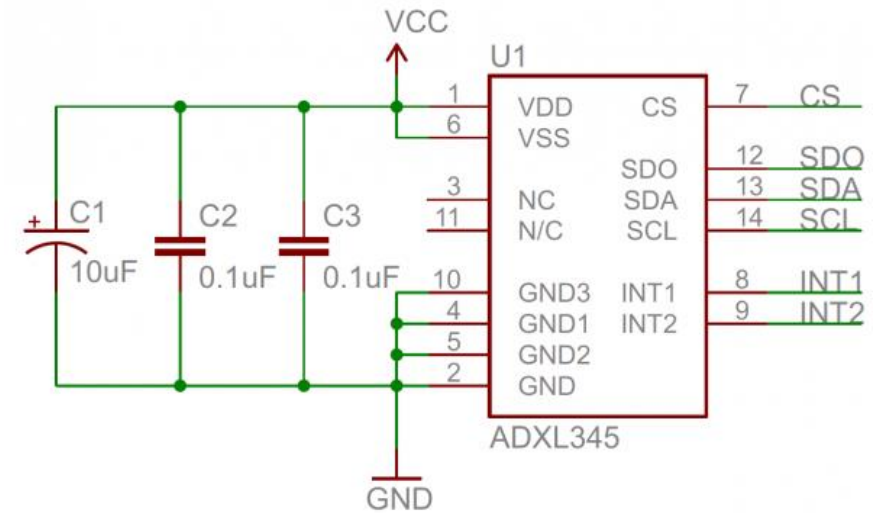
«Backlash»/ Dødgang/ klaring/slark

- Alle tannhjul og gir har noe backlash, både for å kunne gli og for å kunne fungere ved ulike temperaturer.

AVKOBLINGSKONDENSATOR

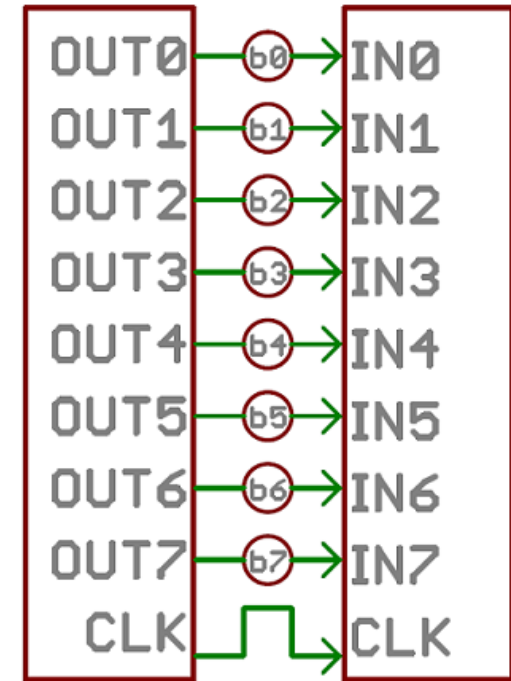
Små endringer i strømforsyning kan gi utslag i form av støy når vi holder på med sensitive komponenter.

- For å glatte ut strømmen benytter vi gjerne avkoblingskondensatorer «bypass/decoupling capacitor» rett ved strømforsyningspinnene til alle ICer.
- Størrelsen på avkoblingskondensator varierer.
 - Hurtigswitchende komponenter benytter gjerne små, raske kondensatorer omkring 100nF- 10uF
 - Strømforsyninger bruker typisk mye større kondensatorer.
- Ofte vil databladet til komponenten gi en pekepin på hva som er en fornuftig størrelse på avkoblingkondensatoren



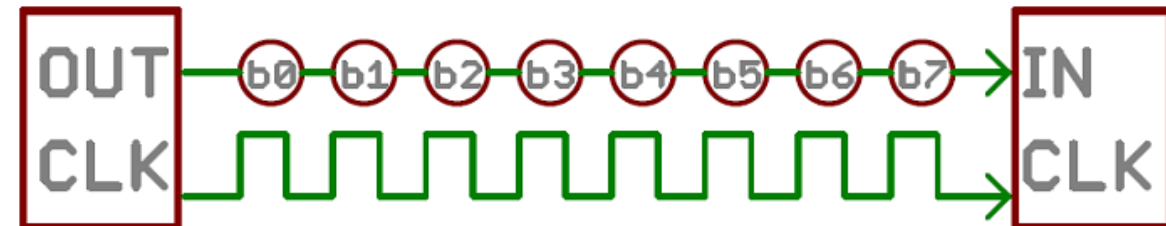
BUSSTERMINOLOGI

- En buss er en kobling der to eller flere komponenter kan kommunisere med hverandre.
- Seriell vs parallell buss
- Simplex (En retning)
- Full duplex: Begge retninger samtidig
- Halv-duplex: Begge retninger, men kun en av gangen



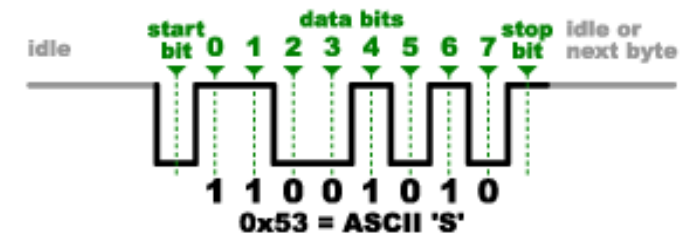
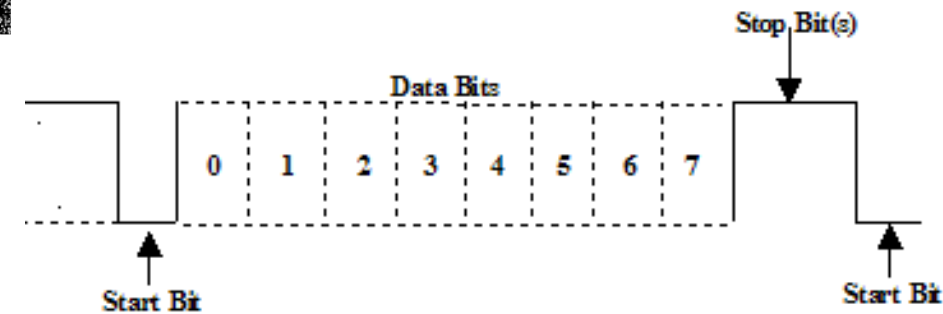
Bestemmer	Adlyder	Eksempel-buss
Host	Device	USB
Master	Slave	SPI, I2C
Data Terminal Equipment (DTE)	data communications equipment* (DCE)	RS-232

Seriell buss ↓ ,Parallell buss ↑



RS-232, OG UART PROTOKOLL

- For å overføre data med RS-232 bruker vi en UART («Universal asynchronous receiver-transmitter»)
 - UART står for overføringen av data og presenterer dem parallelt i mikrokontrolleren.
 - Normalt er UART innebygd i mikrokontrollere.
- Klokkedata overføres ikke (derav asynkron).
- Hastigheten kalles «baud rate»
 - Bestemmes i forkant!
 - Typisk 9600 -115200 bps
- Data sendes i pakker som også *må defineres i forkant*.
 - Alle pakker inneholder start og stoppbit.
 - Det kan også være 2 stoppbit
 - Data kan være fra 5 til 9 bit
 - Paritetsbit er lite brukt, men kan hjelpe dersom det er mye støy
 - Typisk 1 dersom tversummen av bits er odd, 0 ved partall.
- Generelt sendes LSB før MSB, så LSB er bit 0 i data
- TX (Transmit) fra en enhet kobles til RX (Receive) i den andre



Mer/kilder:

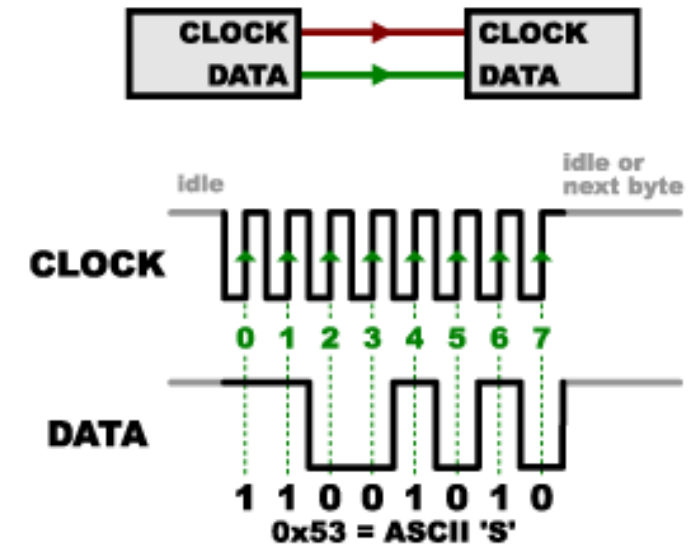
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-communication/all>

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/terminal-basics/all>



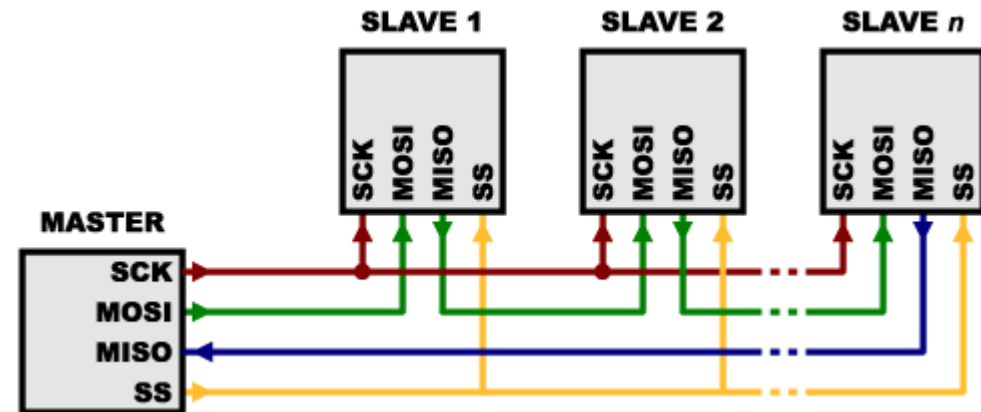
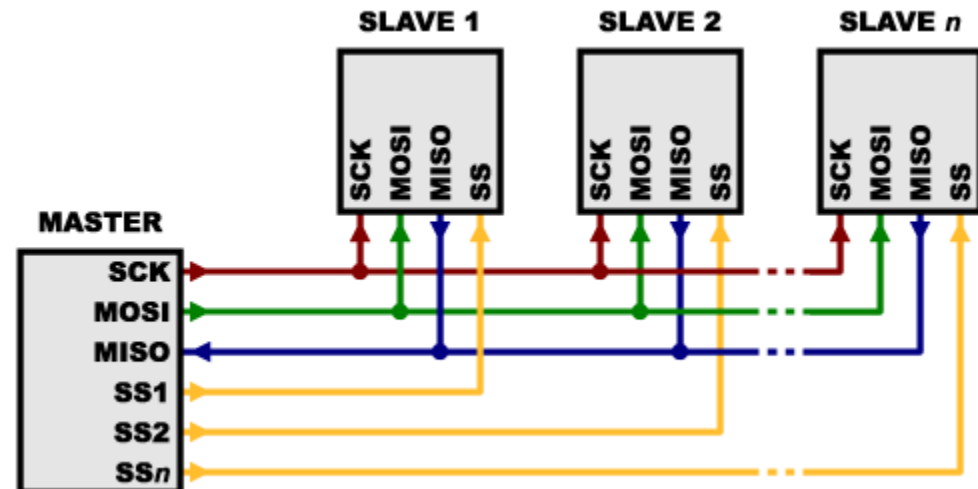
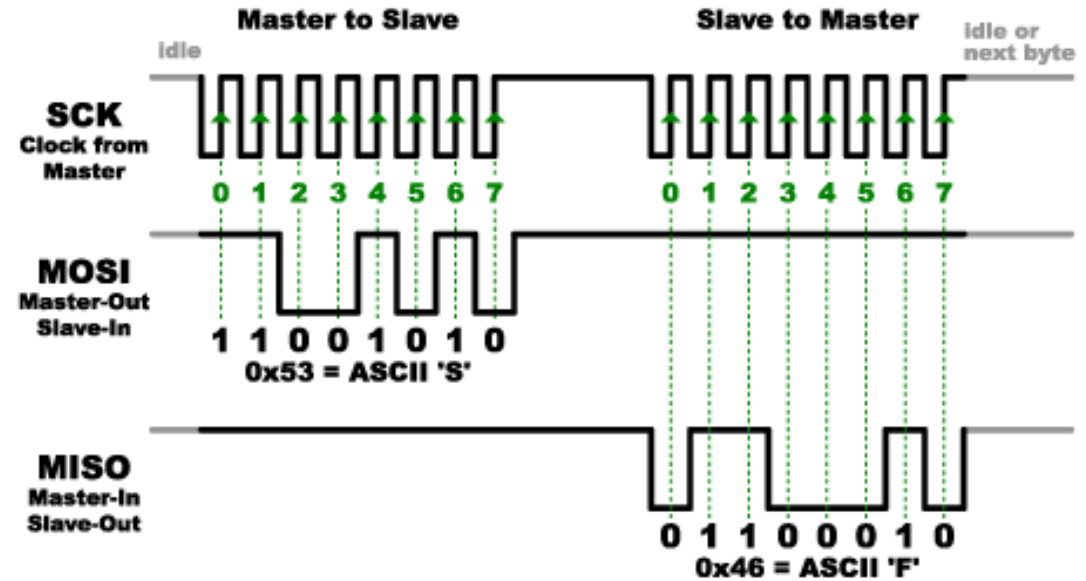
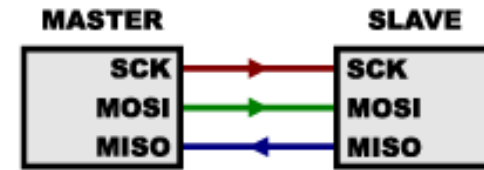
SPI – SERIAL PERIPHERAL INTERFACE

- Synkron, full duplex seriell dataoverføring
- En Master, en eller flere slaver.
- Klokke overføres via linje
 - slavene behøver ikke egen klokke
- Enklere enn RS-232.
 - Slave trenger omtrent bare et shift-register for å ta imot data
- Hastighet kbps- Mbps
- Terminologi:
 - SCK – Serial Clock (fra Master)
 - MOSI – Master Out, Slave In
 - MISO – Master In, Slave Out
 - SS – Slave Select



SPI- PROTOKOLL

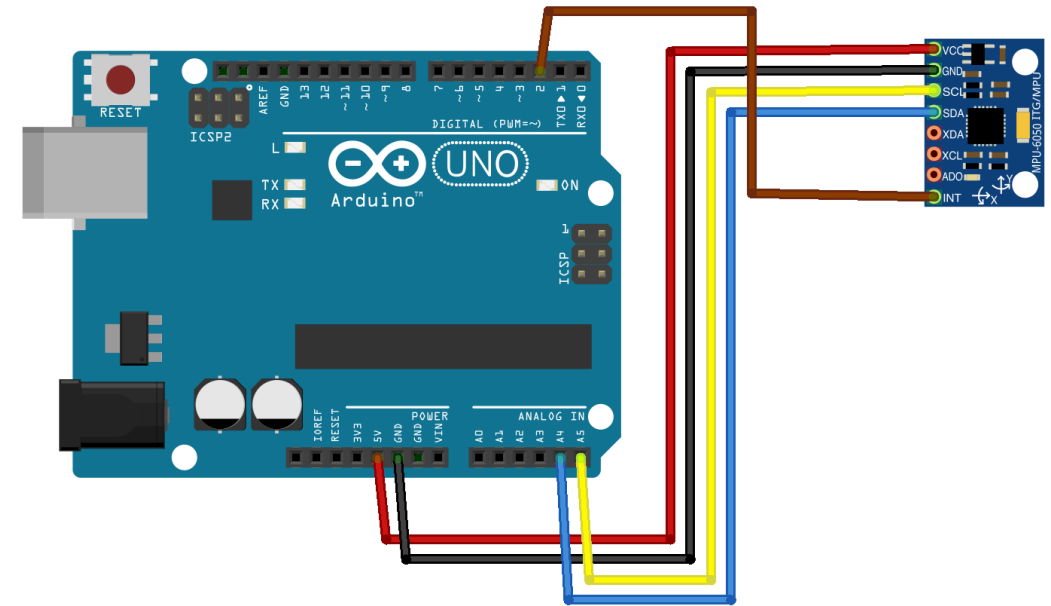
- Master som klokker all dataoverføring, og må vite hvor mye data den skal motta fra hver slave.
- Master kan enten ha en slave-select linje for hver slave, eller så må slavene være koblet i en kjedekobling «daisy chain» (se figur)
- Slave select signalet forteller slaven at den må lytte og eller sende data.
 - Slave select er aktivt lavt, og bør ha egen pullup-motstand, for å unngå konflikt på bussen.



SPI kjedekobling: Merk kobling MOSI-MISO

I²C «INTER-INTERGRATED CIRCUIT PROTOCOL.»

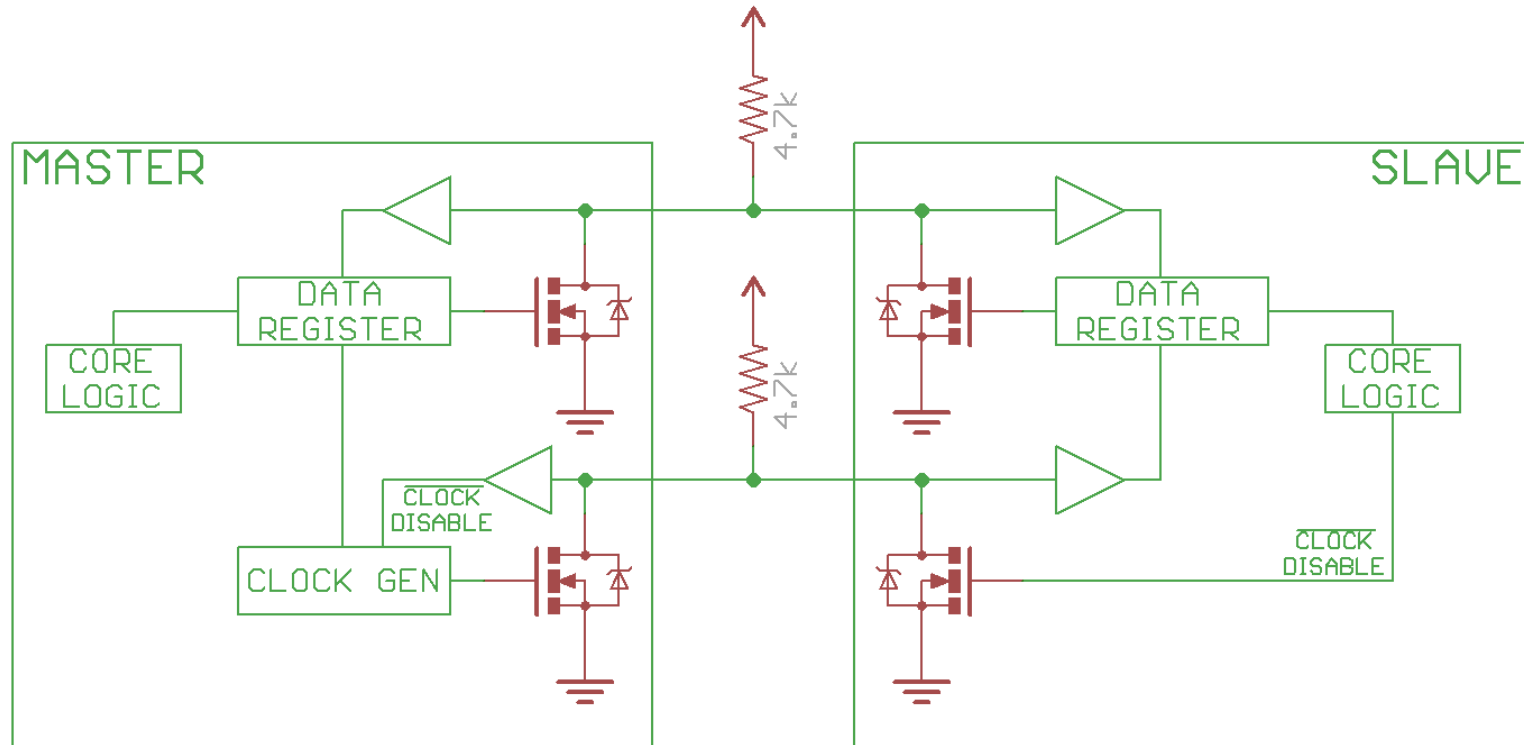
- I2C Bruker kun 2 linjer: SCL og SDA
- Kan ha svært mange enheter koblet på samme buss-
 - inntil 1008 slaver.
 - Flere enheter kan ha rollen som master
- Klokkehastighet på inntil 100kHz eller 400kHz
 - Raskere enn RS232,
 - langsommere enn SPI
- Mer kompleks logikk kreves sammenlignet med RS-232 og SPI.
- Kan fungere opp til 2-3 m lengde
- Kun halv duplex



fritzing

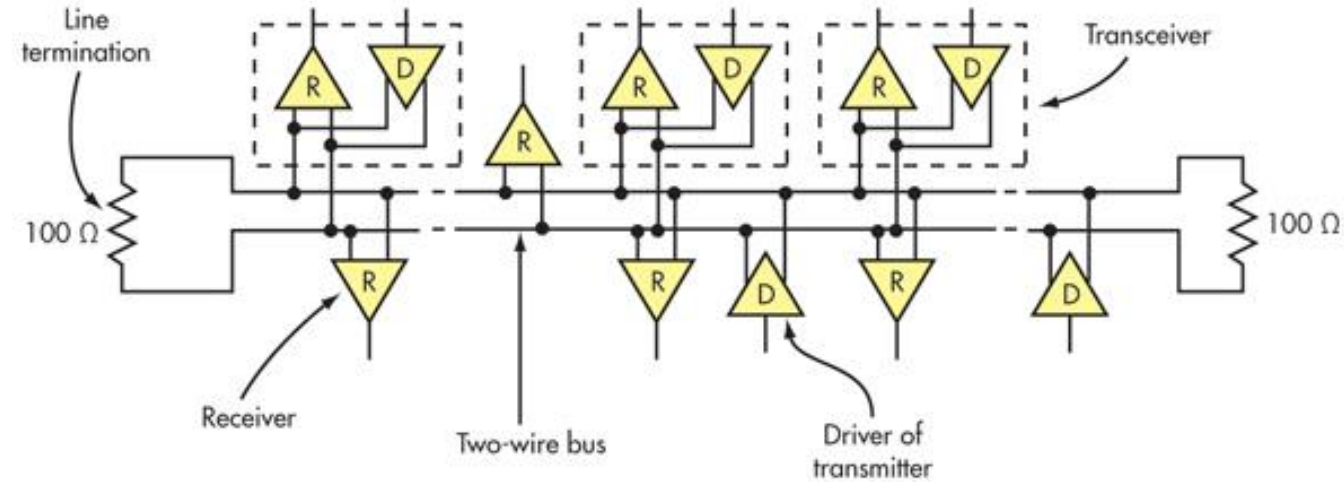
I²C - OPPSETT

- Både SCL og SDA er open drain (open collector for BJT).
 - DVS enhetene kan bare trekke linjene til jord, aldri sende ut et høyt signal.
- Krever pullup for å virke
 - Normalt 4,7k Ω
 - Ved flere enheter kan det kreves lavere verdier
 - Dersom man benytter forskjellige forsyningsspenninger kobler man mot den laveste, forutsatt at det er høyt nok for begge...



RS-485

- RS-485 er en fysisk standard laget for kommunikasjon over større avstander enn RS-232.
- Linjene drives differensielt, noe som gir mindre støy.
 - $|V_d| \geq 200 \text{ mV}$
 - Retningen på strømmen bestemmer om det er 0 eller 1 som sendes.
- Max 32 drivere og 32 mottagere.
- Kan kjøre både full og halv duplex
- Ingen definert protokoll, UART brukes ofte
- Bruker Twisted pair kabel med eller uten skjerming
- Hastigheten avtar med kabellengde
- Til sammenligning:
 - RS422: point-point
 - LVDS: point-point, + hastighet, -lengde
 - M-LVDS : flere på samme bus..



<http://www.electronicdesign.com/what-s-difference-between/what-s-difference-between-rs-232-and-rs-485-serial-interfaces>

KEY CHARACTERISTICS OF THE RS-232 AND RS-485 SERIAL INTERFACES

Parameter	RS-232	RS-485
Line configuration	Single-ended	Differential
Mode of operation	Simplex or full duplex	Simplex or half duplex
Maximum cable length	50 feet	4000 feet
Maximum data rate*	20 kbits/s	10 Mbits/s
Typical logic levels	± 5 to $\pm 15 \text{ V}$	± 1.5 to $\pm 6 \text{ V}$
Minimum receiver input impedance	3 to 7 k Ω	12 k Ω
Receiver sensitivity	$\pm 3 \text{ V}$	$\pm 200 \text{ mV}$

* Maximum rate at maximum cable length

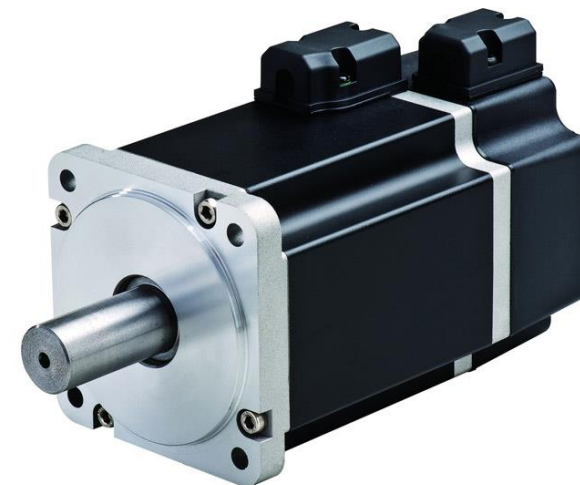
SERVOER

- En servo er i prinsippet en motor koblet sammen med et kontrollsystem i en lukket sløyfe (closed loop).
- Motoren er oftest elektrisk, men trenger ikke være det.
 - Elektriske servomotorer er gjerne giret ned betraktelig for å oppnå høy presisjon og en passende hastighet.
- Kontrollsystemet gir tilbakemelding (Feedback) på hvor servoen befinner seg, og sørger for at motoren finner den posisjonen/vinkelen som er ønsket.
- Servo med potentiometer (7 min):
<https://www.youtube.com/watch?v=SemcSgeL7JE>
- Servo koblet til arduino (10 min):
<https://www.youtube.com/watch?v=LXURLvga8bQ>

RC-servo



Dynamixel Servo

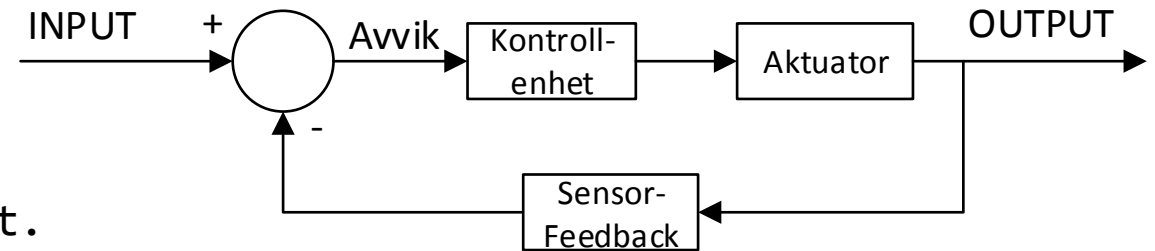


750W Industriell servo motor (Hiwin)

KONTROLL OG PID

- I en lukket sløyfe «Closed loop», bruker man sensordata sammen med input til å justere output.
- Avviket, eller feil/«error», avgjør hvilke signaler vi sender til aktuatoren.
- En svært vanlig måte å oppnå god kontroll på er ved å bruke en PID-regulator (Proporsjonal, Integrert, Derivert)
 - PID regulator bruker summen av gjeldende avvik, akkumulert (integrert) avvik og forskjellen mellom forrige og gjeldende avvik til å beregne output.
 - Ved å stille inn forsterkning P, I og D ledd, kan vi nå målet vårt fort, uten unødvendige oscillasjoner.
 - PID regulering kan gjøres både digitalt og analogt.
- I mer spesialiserte systemer kan man benytte (avanserte) matematiske modeller for å forutsi bevegelse ut over PID.
 - Man kan benytte maskinlæring til både å finne matematiske modeller basert på historikk, eller bare til å justere konstantene i en PID-sløyfe.

Generelt kontrollsystem, lukket sløyfe:



$$P: K_p \cdot \text{Avvik}$$

$$I: K_i \cdot \sum_n \text{Avvik} = K_i \cdot (\sum_{n-1} \text{Avvik} + \text{Avvik}_n)$$

$$D: K_d \cdot \Delta \text{Avvik} = K_d (\text{Avvik}_n - \text{Avvik}_{n-1})$$

- [PID-matematikk](https://www.youtube.com/watch?v=JEpWlT195Tw) (14,5 min)
- [Analog PID kontroll med operasjonsforsterkere](https://www.youtube.com/watch?v=YLGLrEwEiIQ) (7 min)
- [Eksempel med PID-kontroll](https://www.youtube.com/watch?v=K-F_T59ZDPw) (2 min)

PID: PROPORSJONAL, INTEGRERT, DERIVERT

For å lage PID kontroll, må man gjøre følgende

1. Beregne avviket (/feil, «error») mellom ønsket verdi «setpoint» og målt verdi.
$$avvik_n = målverdi - avlest\ verdi$$
2. Beregne Proporsjonsledd:
$$P = K_p \cdot avvik$$
3. Beregne Integrasjonsledd:
$$I = K_i \cdot avvik + I_{n-1}$$
4. Beregne Derivasjonsledd:
$$D = K_d(avvik - avvik_{n-1})$$
5. Beregne output = P + I + D =
$$K_p \cdot avvik + K_i \cdot avvik + I_{n-1} + K_d(avvik - avvik_{n-1})$$

Merk: Størrelsen på konstantleddene i integrasjonsledd og derivasjonsledd må skaleres avhengig av hvor ofte PID-verdiene beregnes.

Python kode

```
Kp = <P-konstant>
KI = <I-konstant>
Kd = <D-konstant>

def PID( previous_error,      # Forrige avvik
         integral,          # Forrige I-ledd
         setpoint,          # mål
         measured_value):    # avlest verdi

    error = setpoint-measured_value
    P = Kp * error
    I = Ki * error + integral
    D = Kd * (error-previous_error)

    return(P+I+D, error, I)

myPID = PID(<forrige feil>,<forrige I>,<mål>,<avlest verdi>)
OUTPUT = myPID[0]
myPID2 = PID(myPID[1], myPID[2], <mål>, <avlest verdi>)
OUTPUT = myPID2[0]
```


HYDRAULIKK OG PNEUMATIKK

Egenskaper til hydrauliske og pneumatiske aktuatorer:

- Pneumatikk-
 - drives av lufttrykk
 - Er «myke» siden luft er svært kompressibel.
 - Vanskelig å få presis kontroll
 - => Ofte binære (av/på) systemer
 - Normalt lavere trykk (<10 bar), over det må man ta hensyn til eksplosjonsfare.
- Hydraulikk
 - Drives av en væske
 - typisk vann eller olje
 - Kan ha svært høy kraft i forhold til vekt og størrelse. (Eks jekk)
 - Presis og høy grad av stivhet,
 - væsker komprimeres nesten ikke
 - Kan benytte høyt trykk (>5000 bar)

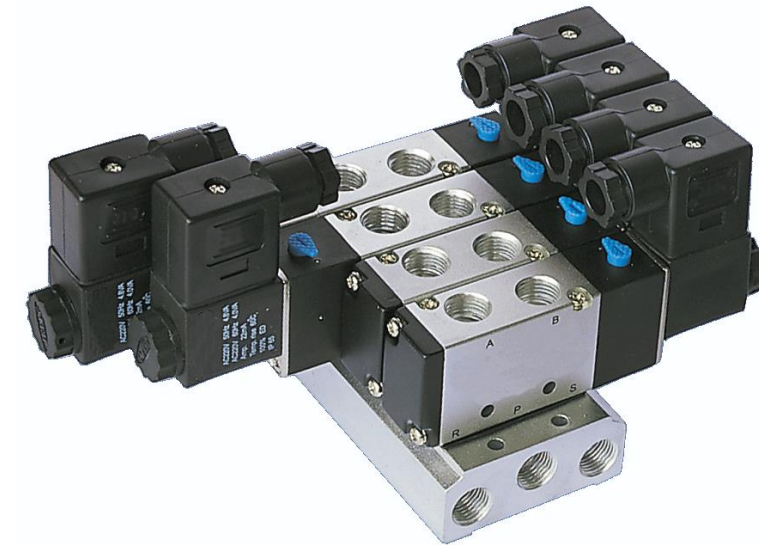


ELEKTRONISK KONTROLLERT PNEUMATIKK



Typisk 10 bar systemer basert på:

- Synlindere drevet av komprimert luft
 - Kan virke i begge retninger (double acting)
- Magnetventiler (Solenoid valves)
 - Ved ROBIN gruppen bruker vi we use magnetventiler som aktueres ved 0V / 12V
- Kilde til komprimert luft:
 - 10 bar kompressor
 - Man kan også bruke en høytrykkstank (300bar) med regulator for mobile applikasjoner.
- Slanger og fittings (Hoses / fittings)
- Kontrollsystem
 - Ved ROBIN bruker vi typisk Processing (PC) og Arduino + en standard motordriver for å drive magnetventilene.



Dette gir mulighet til

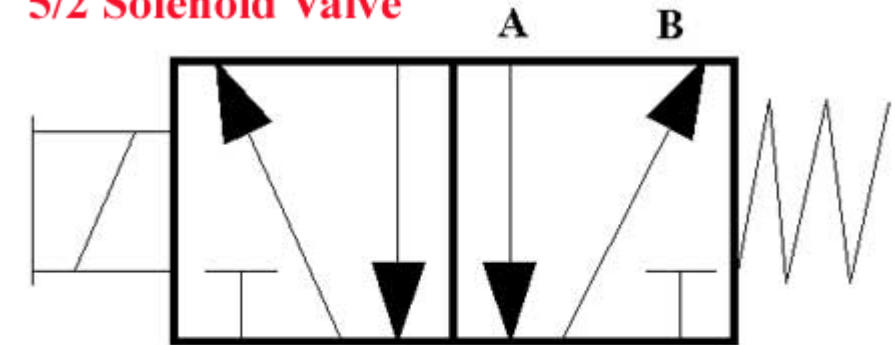
- Relativt store krefter og lav vekt
- Høye hastigheter
- Binær operasjon (fully contracted / fully extended)



5/2 VENTILER

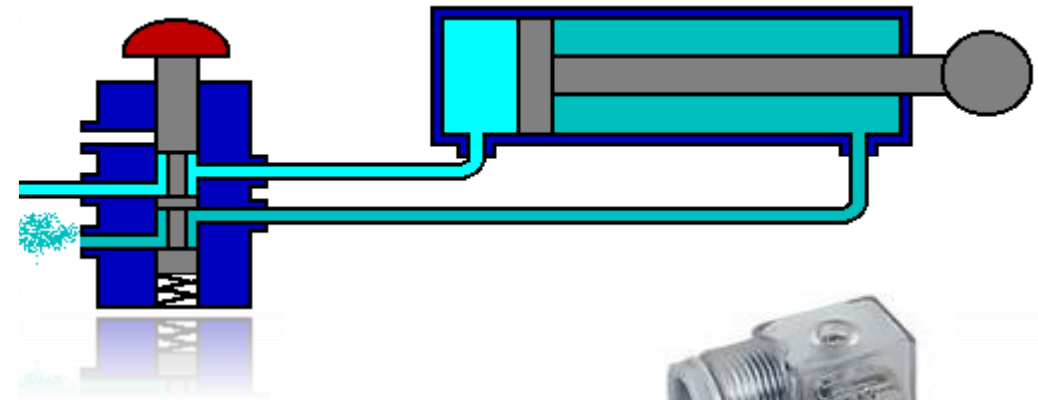
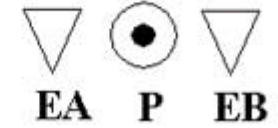
- Brukes både for hydrauliske og pneumatiske systemer
 - Gir mulighet for en sylinder til å virke i begge retninger
 - 2 tilstander, 5 utganger til slanger eller eksos
 - Separate ventiler kan monteres på eksosportene for å gi dempning i hver retning.
 - Kan benytte magnet, fjær eller manuell aktivering.
 - Ved ROBIN gruppen benytter vi magnet/fjærbasert aktivering.
 - «P» = Pressurized inlet. EA = Exhaust A..

5/2 Solenoid Valve

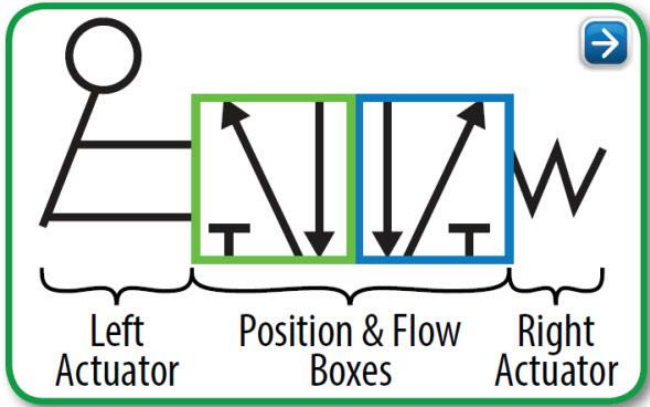


5 Ports (A,B,P,EA, EB)
2 Valve Positions

Used for Double Acting Valves



VENTILSYMBOLER OG TYPER



A,B: Inn/Utgang
 E: «Exhaust»
 P: «Pressure Inlet»
 T,R: Tank/reservoir

Figure 2A: 2 position, lever actuated, spring return valve

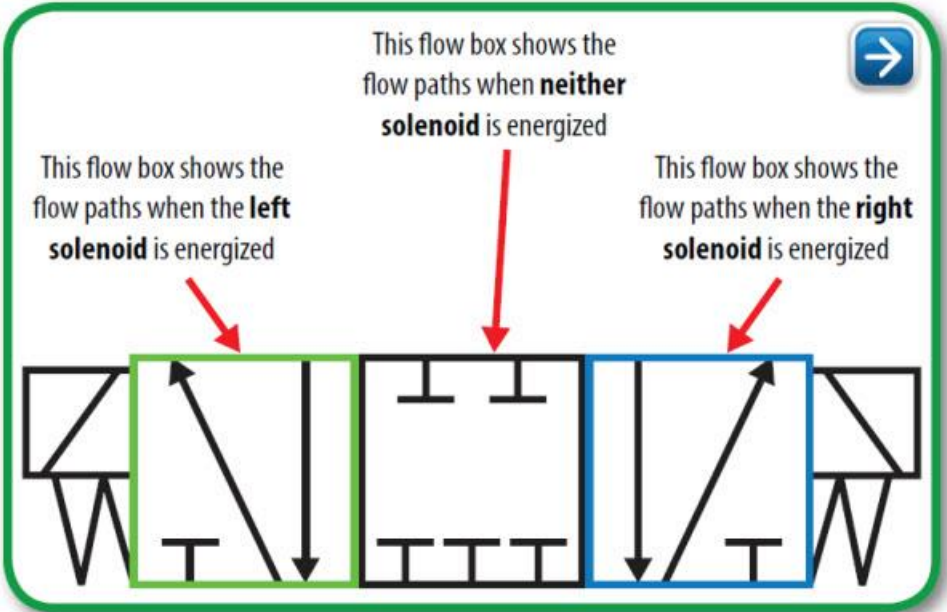


Figure 2B: 3 position, double solenoid actuated, spring return valve

Symbol	Principal Construction	Function	Application
		2/2 ON/OFF without exhaust.	Air motors and pneumatic tools
		3/2 Normally closed (NC), pressurizing or exhausting the output A	Single acting cylinders (push type), pneumatic signals
		3/2 Normally open (NO), pressurizing or exhausting the output A	Single acting cylinders (pull type), inverse pneumatic signals
		4/2 Switching between output A and B, with common exhaust	Double acting cylinders
		5/2: Switching between output A and B, with separate exhausts.	Double acting cylinders
		5/3, Open center: As 5/2 but with outputs exhausted in mid-position	Double acting cylinders, with the possibility to depressurize the cylinder

[Video om ventiltyper, 5min](#)

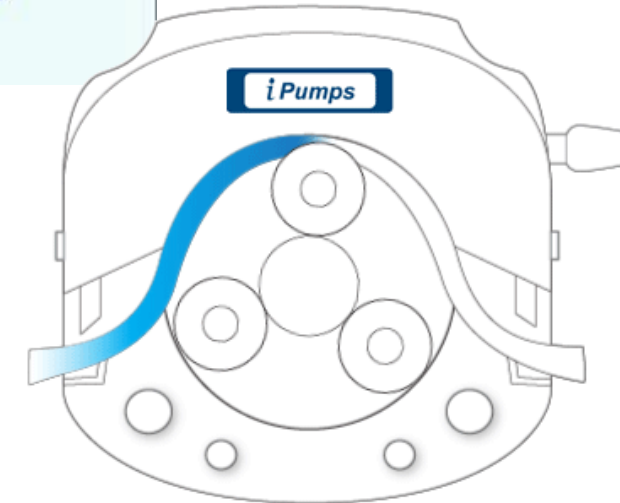
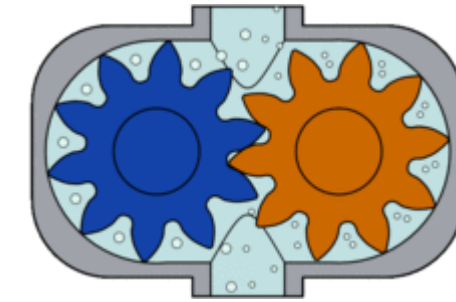
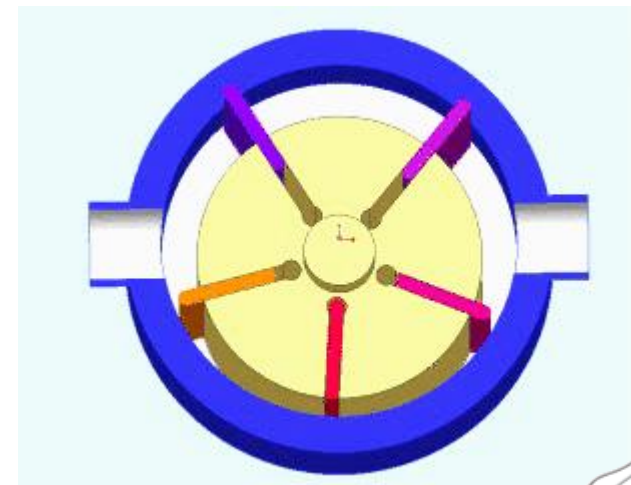
<https://www.youtube.com/watch?v=wKsNQpffRJU>

<https://library.automationdirect.com/pneumatic-circuit-symbols-explained/>

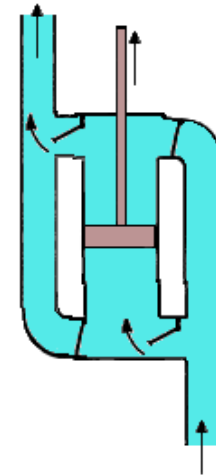


HYDRAULISKE PUMPER

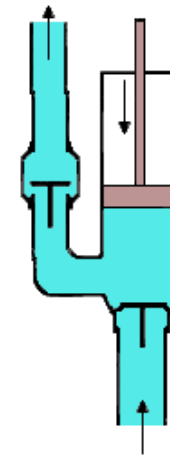
- Low reverse leakage pump types
- Girpumpe (“Gear Pump”)
 - Rimelige, billige og holdbare
 - Lavt volum
 - Høyt trykk (200-300bar)
 - Slitasje på foringer
 - Krever presise klaringer - omkring 10 μm
- Skovlepumpe (“Vane pump”)
 - Middels trykk
 - Middels volum
- Peristaltisk pumpe (“Peristaltic pump”)
 - Basert på en fleksibel slange
 - Lavt trykk, små volum
 - Brukes for nøyaktig dosering av væsker (medisinsk bruk)
 - Væsken er kun i kontakt med slangen, aldri pumpen eller dens smøring.
- Radiell stempelpumpe («Radial piston pump»)
 - Høyt trykk- 1000bar
 - Høy kompleksitet.
- Single piston



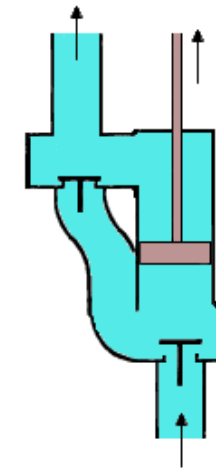
Double-acting piston pump



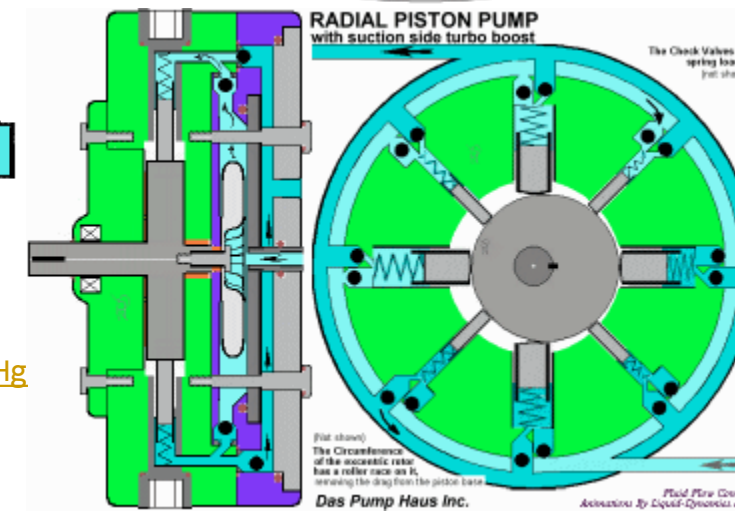
Single-acting, differential, valved piston pump



Double-acting, differential plunger/closed-piston pump



- **Hydraulikkpumper** (7,5 min)
<https://www.youtube.com/watch?v=Oy1iV6EzNHg>



RADIAL PISTON PUMP with suction side turbo boost

The Check Valves are spring loaded. (not shown).

(Not shown)

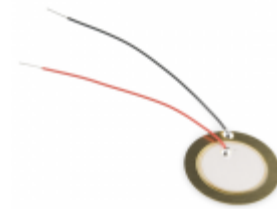
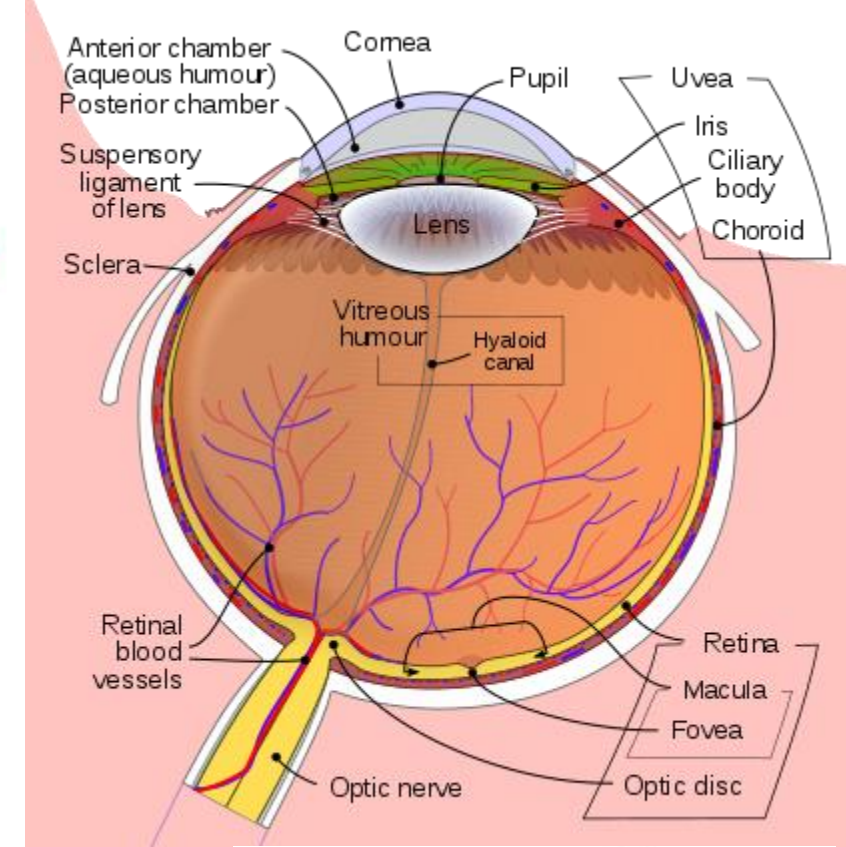
The Circumference of the eccentric rotor has a roller race on it, removing the drag from the piston base.

Das Pump Haus Inc.

Fluid Flow Control Accessories By Liquid-Cydraulics.com

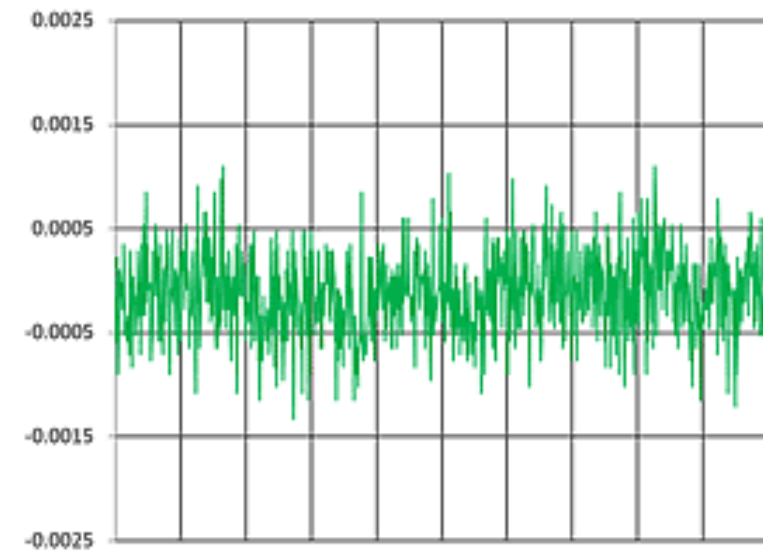
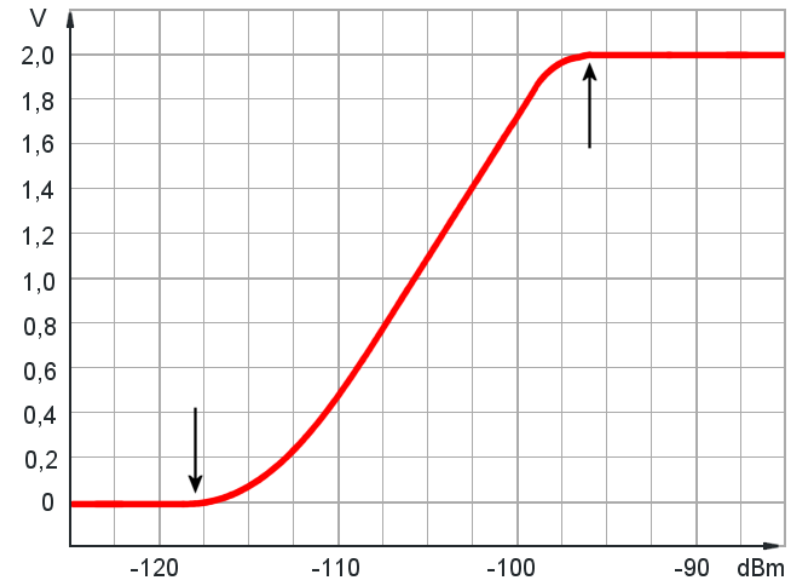
HVA ER EN SENSOR

- Noe som kan måle noe...
 - Sansene våre avhenger av sensorer slik som øyne, øre smaksløker osv.
- Kan brukes om sensorsystemer, som f.eks et ekkolodd eller en radar eller et fotoapparat, eller enkeltkomponenter som kan brukes til en måling.
- I et mekatronikkssystem, så er en sensor noe som oversetter et fysisk fenomen til et elektrisk signal som vi kan lese av analogt eller digitalt.



HVOR NØYAKTIG KAN VI MÅLE NOE?

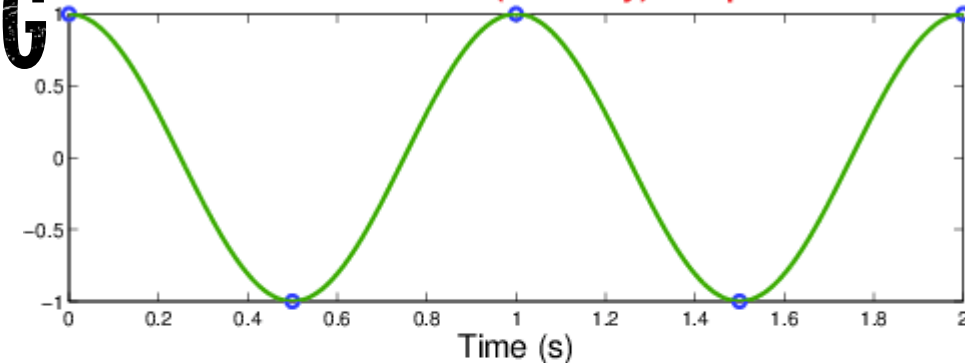
- Alle sensorer påvirker det de skal måle.
 - Vi kan f.eks ikke måle magnetfeltet rundt en strømførende kabel uten å tappe kabelen for energi. Dette tapet kan igjen måles hos den som bruker strømmen.
 - Mest viktig å tenke på dersom man holder på med eksperimenter i atomær skala eller svært lave temperaturer.
- Linearitet
 - Sensorer oppfører gjerne linjært kun innenfor et begrenset område
- Dynamisk område «Dynamic Range» (DR)
 - Dynamisk område angir hva som er forskjellen mellom maksimum og minimum verdier vi kan måle med sensoren.
 - Ofte er det mest nyttig å se på dynamisk område innenfor det området sensoren virker lineært «Linear Dynamic Range».
 - Dynamisk område angis ofte i desibel (dB)
- Støy
 - I alle måleoppsett får vi støy på grunn av varierende elektromagnetiske felt (temperatur, radiostøy, crosstalk mv).
 - I noen tilfeller blir støyen så høy at vi må ty til statistiske metoder for å beregne styrken på et signal.
 - Støy oppgis også gjerne i desibel



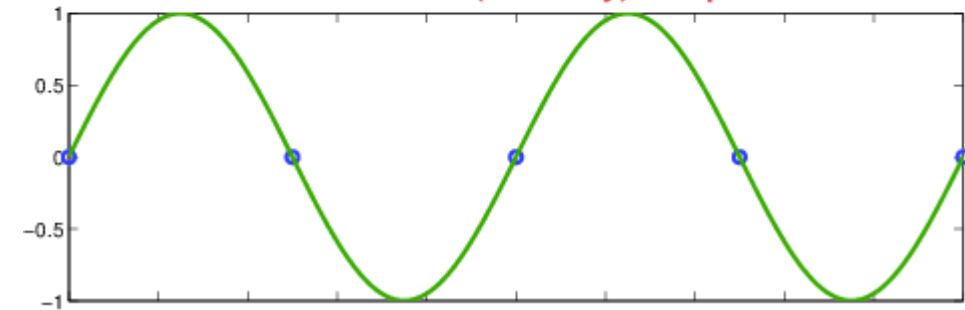
ANALOG TIL DIGITAL KONVERTERING

- For å lese av analoge spenninger, må vi gjøre en konvertering fra analog til digital.
- Det finnes mange teknikker for å konvertere spenninger fra et analogt til et digitalt signal. Alt etter metode får man ulike samplingshastigheter, presisjon, kvantiseringsfeil osv.
- Samplingsfrekvens er den hastigheten vi kan gjøre analoge målinger med.
 - Skal vi måle en frekvens, må samplingshastigheten være mer enn 2 ganger så stor som frekvensen vi skal måles, ellers risikerer vi aliasing.
 - Ved 1-bits konvertering (pulsbredde) er det vanlig å ha samplingsfrekvenser større enn 10x frekvensen på det vi måler på.

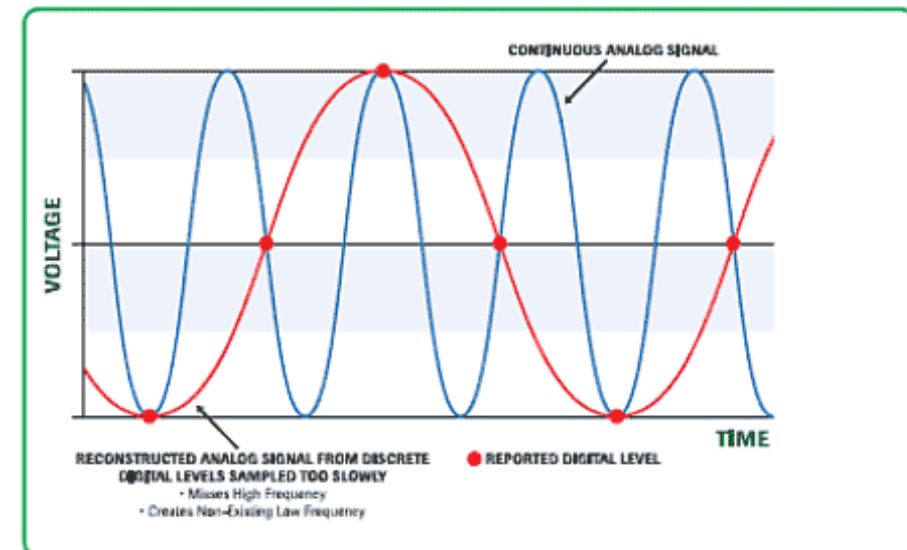
A 1-Hz Cosine Wave is (Critically) Sampled at 2 Hz



A 1-Hz Sine Wave is (Critically) Sampled at 2 Hz

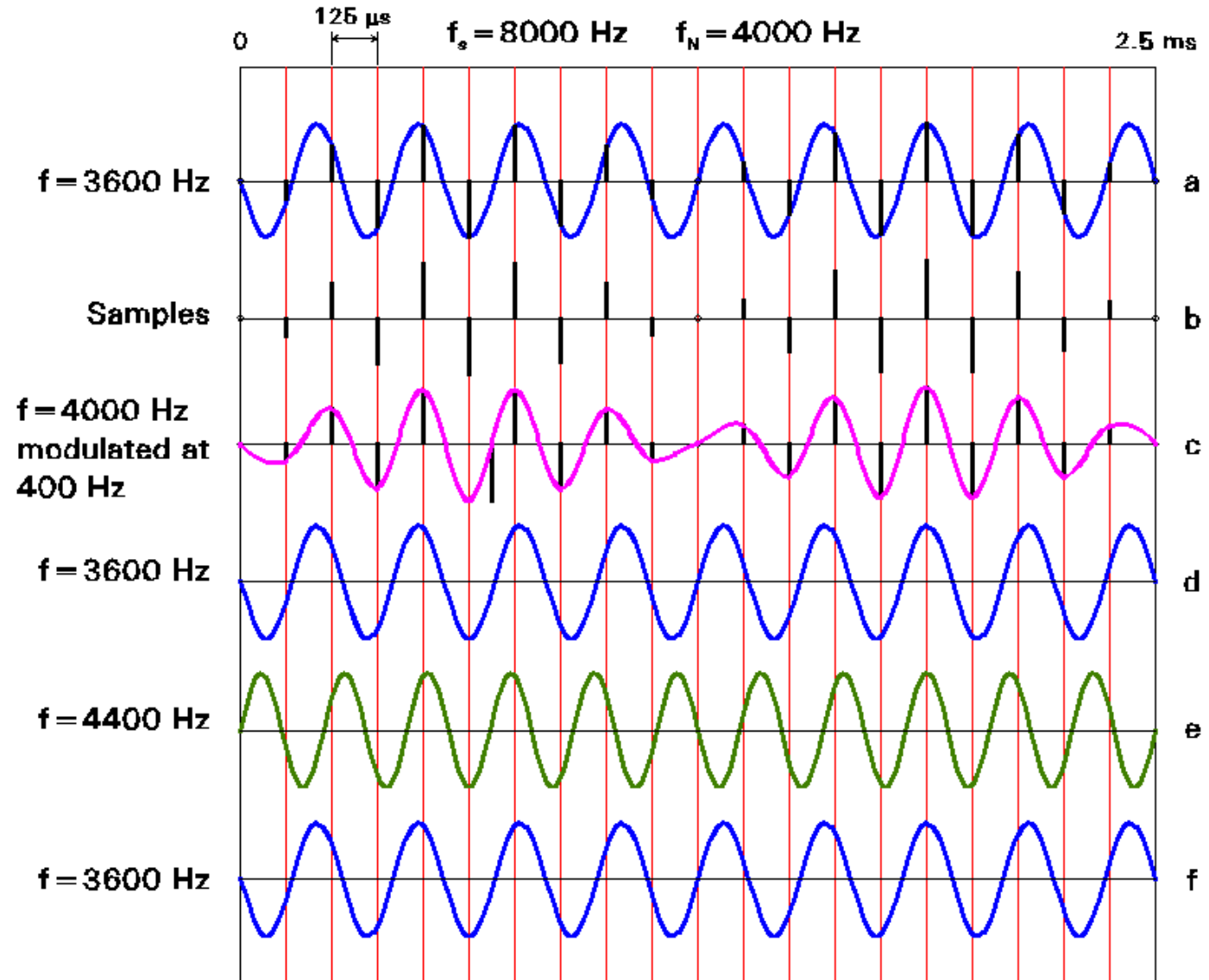


Nyquist Frequency (sampling too slow)



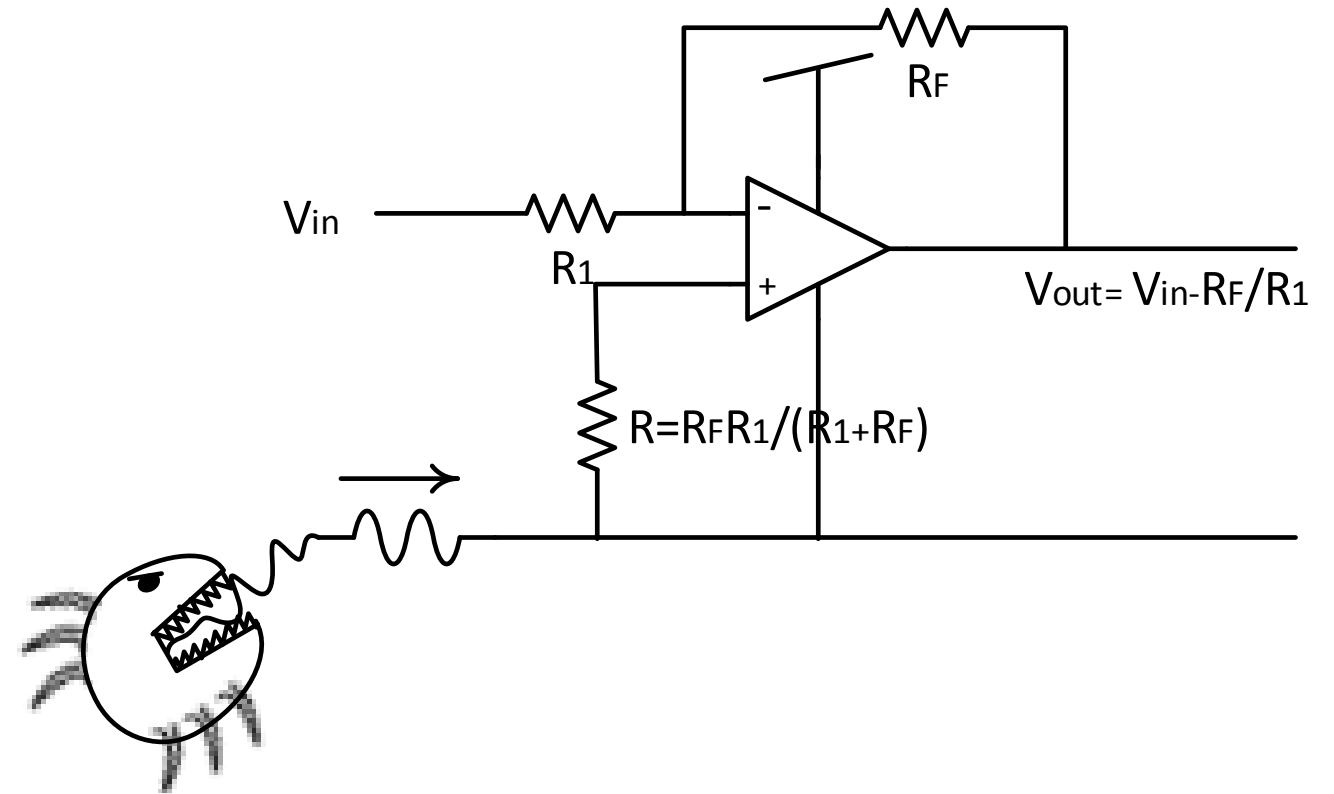
ALIASING

- I det vi konverterer et signal fra analog til digitalt kan det samme digitale signalet brukes til å gjengi flere signaler enn det vi opprinnelig konverterte.
- For å unngå dette problemet, må vi filtrere bort frekvenser høyere enn nyquist-frekvensen (=1/2 part av samplingsfrekvens)
- Når vi sampler noe må vi filtrere bort frekvenser høyere enn nyquist frekvensen. (F.eks med et lavpassfilter).
- Ufiltrerte høyere frekvenser ved sampling vil synes som lavere frekvenser.



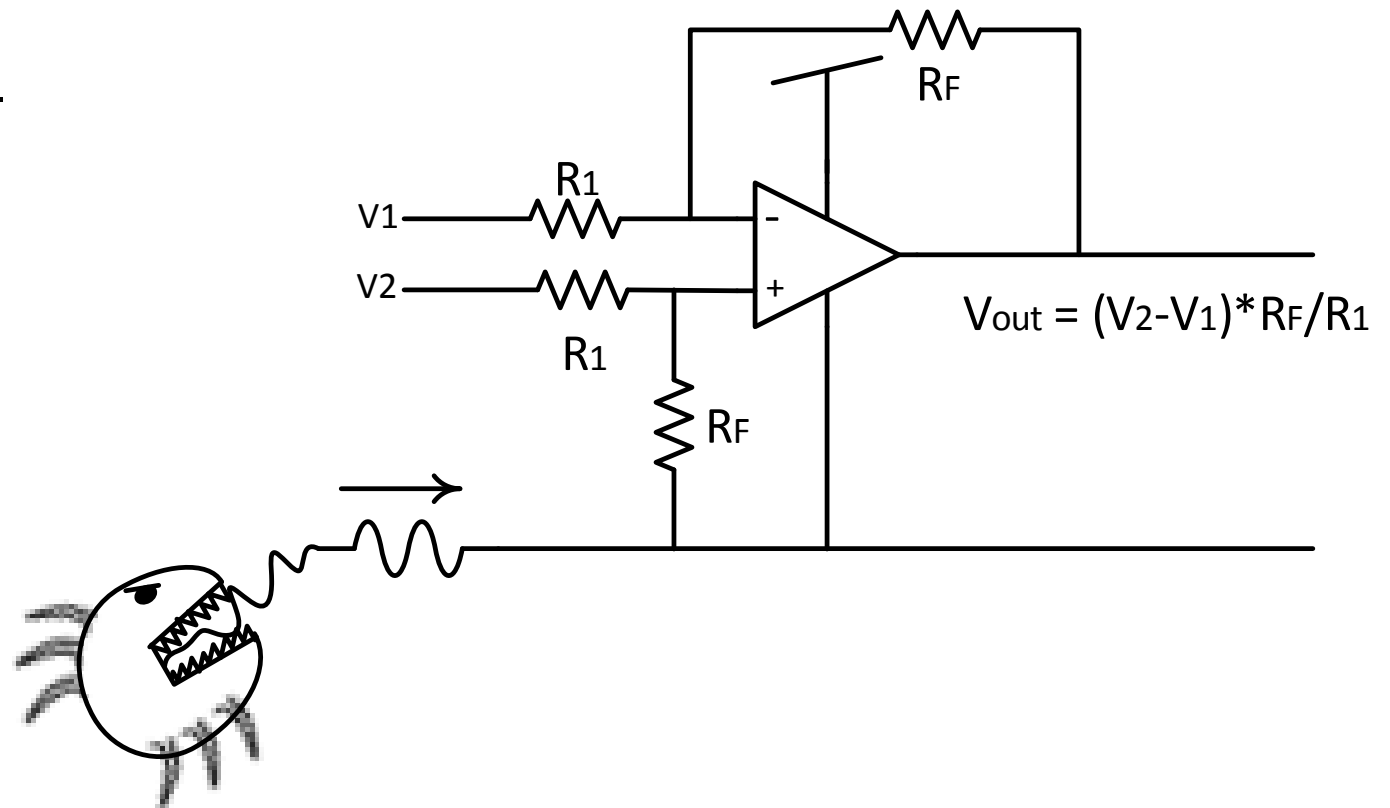
HVORFOR FORSTERKE DIFFERENSIELT?

- Støy i strømtilførsel-
«ground bounce»
- I en ikke-differensiell forsterkerkrets, vil støyen forsterkes like mye som signalet



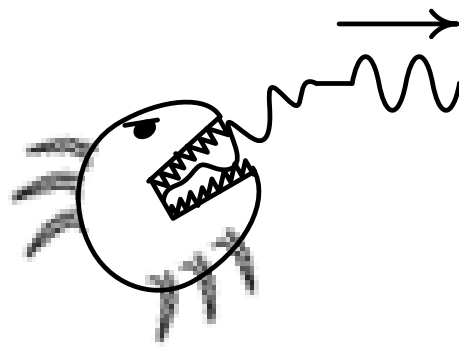
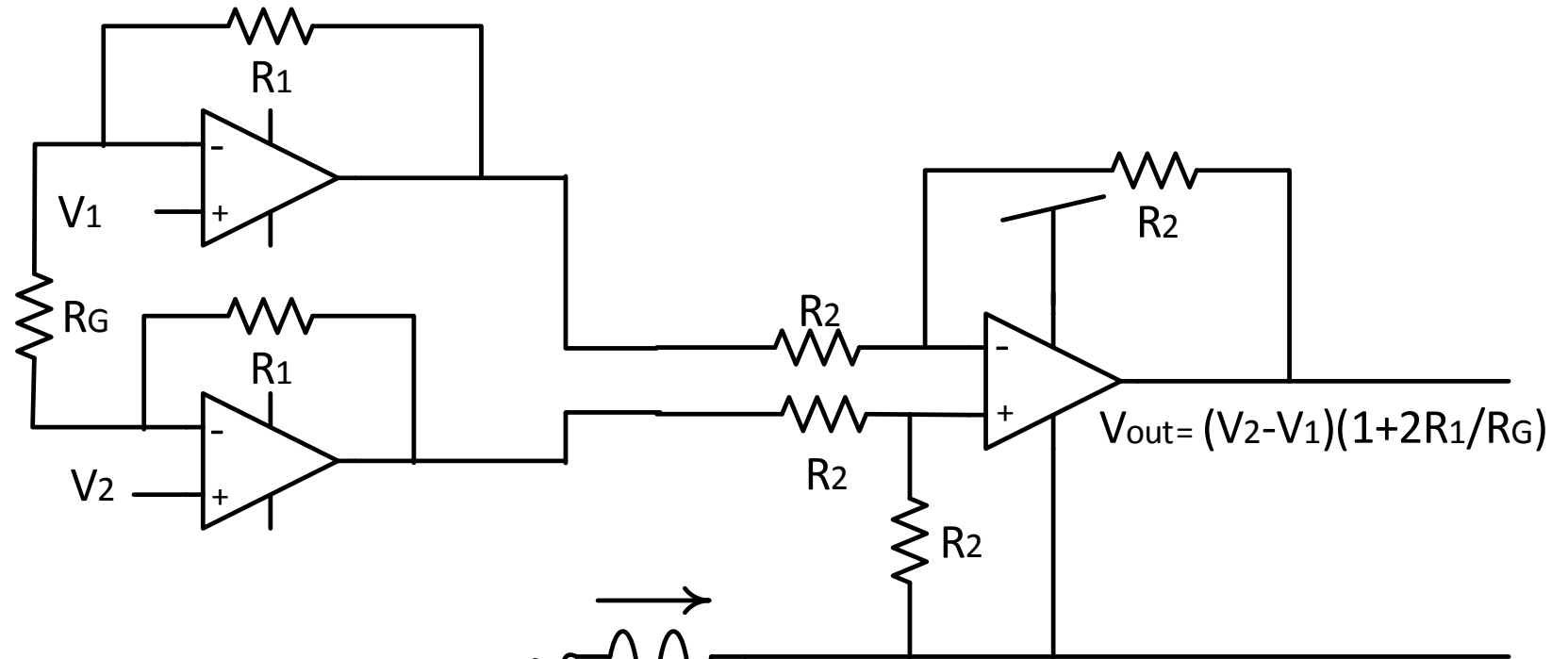
BEDRE: REN DIFFERENSIELL KRETS

- En differensiell krets med én opamp, vil være bedre enn en ikke-differensiell krets, men vi er avhengige av at R_1 er lav (i forhold til R_F).
 - Støyen propageres med 1 i gain, noe som fremdeles ikke er bra, siden inngangssignalet ofte er lite.
- Lav inngangsimpedans!
 - Jobber vi med f.eks en wheatstonebro, har vi typisk en motstand som kan være ganske stor før forsterkerkretsen...



BEST: INSTRUMENTERINGSFORSTERKER

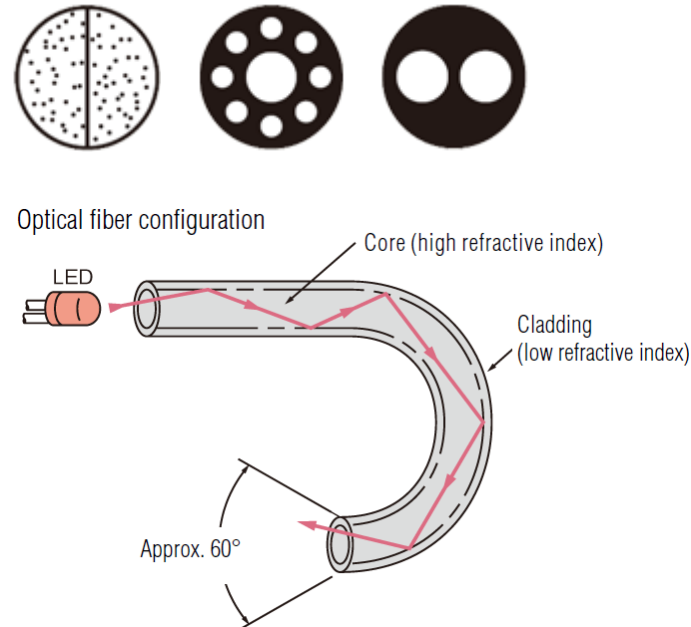
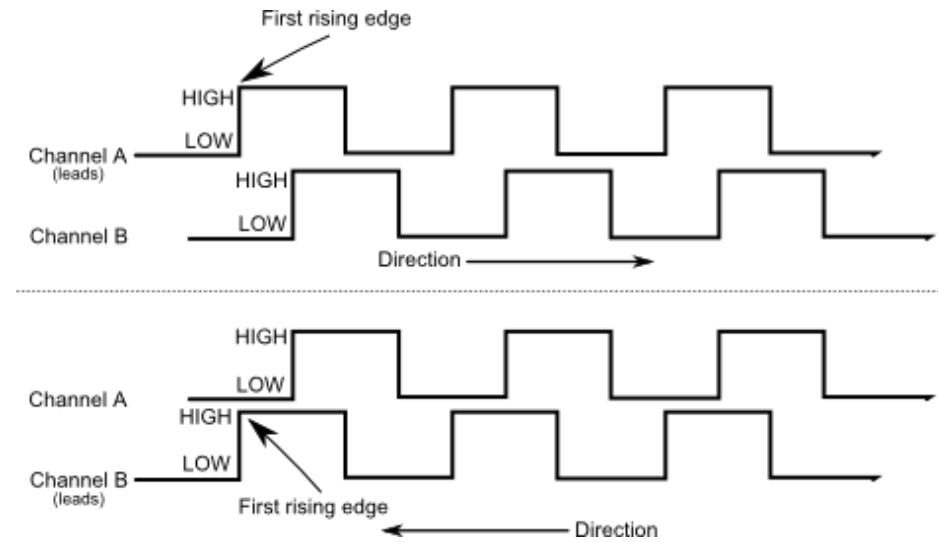
- Høy inngangsimpedans
- Her forsterkes begge signalene likt i det første steget.
 - Støy fra strømforsyning forsterkes likt i de to første opampene
- Det andre steget med gain på 1, sørger for at vi ikke lengre jobber differensielt.
- Instrumenteringsforsterker:
 - Høy inngangsimpedans
 - Lav utgangsimpedans
 - Høy CMRR
 - Høy, differensiell forsterkning





OPTISKE SENSORER

- Optiske enkodere
 - Quadrature enkoder
 - Bruker to spor
 - Viser hvilken retning
 - Absolutt enkoder
 - [Video](https://www.youtube.com/watch?v=CHE1imH9tdg) (3 min): <https://www.youtube.com/watch?v=CHE1imH9tdg>
 - NB: Gray code og Binærkode overskrift er forbyttet ved ca 1:57-2:20 min
- lesegaffel
- Laser sensorer (egen foil)
- Fiber optiske sensorer
- Kamera (Sensor bayer etc.)
- IR-kamera
- Røykvarsler



GOD SOMMER!

LYKKE TIL!