

IN 1080

F-14: SERVOER, PID, DYNAMISKE, HYDRALIKK OG PNEUMATIKK

Yngve Hafting, Forelesning 14

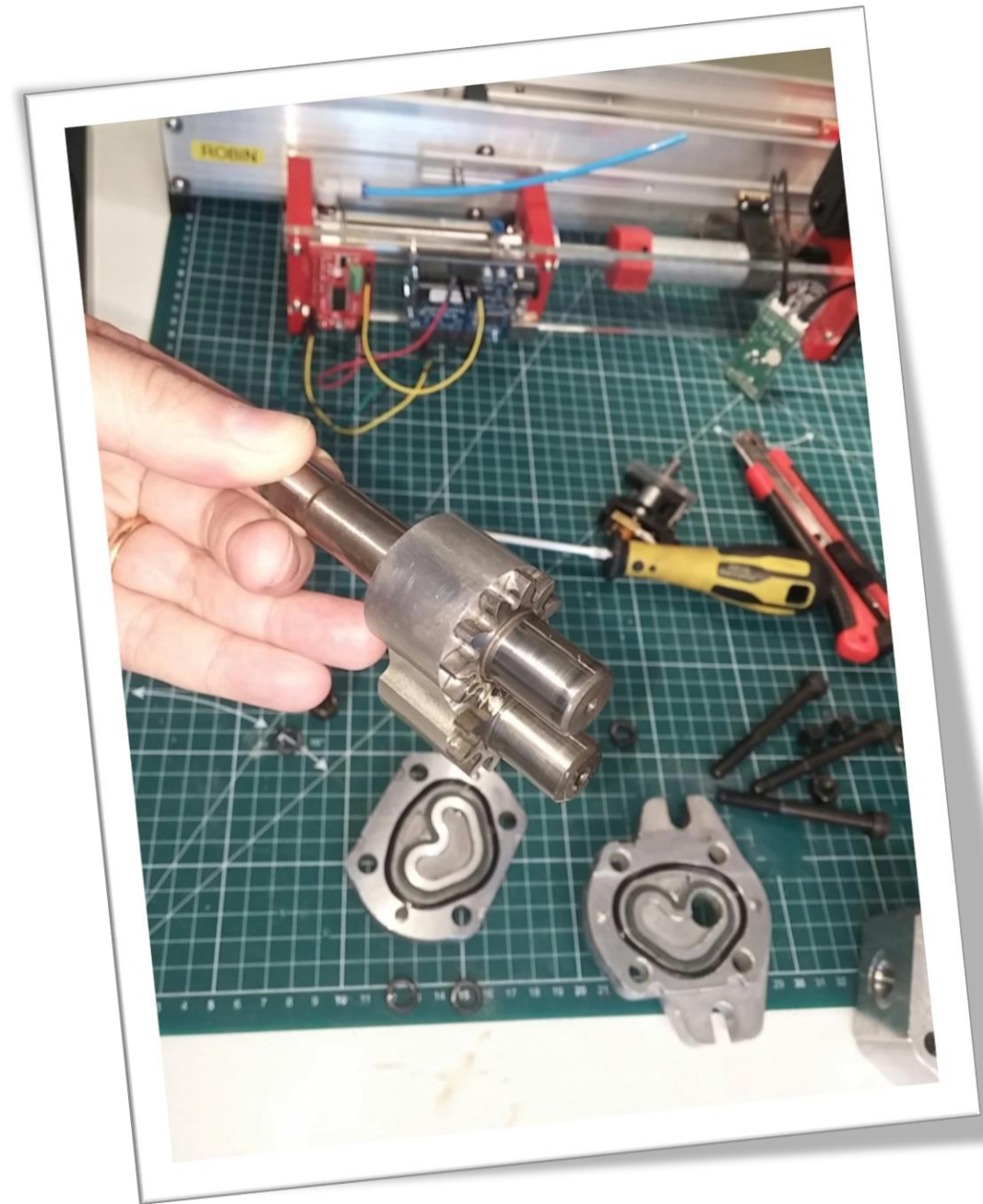


UiO • **Institutt for informatikk**

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

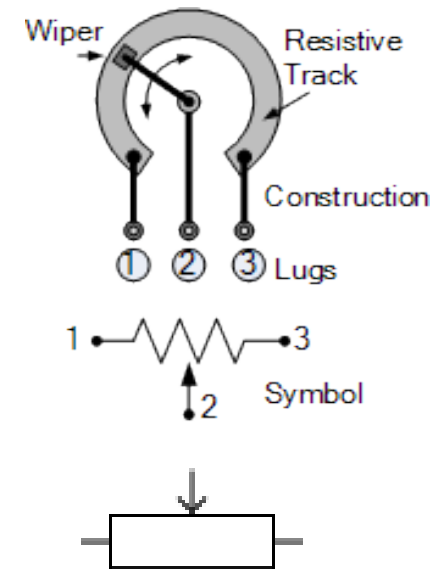
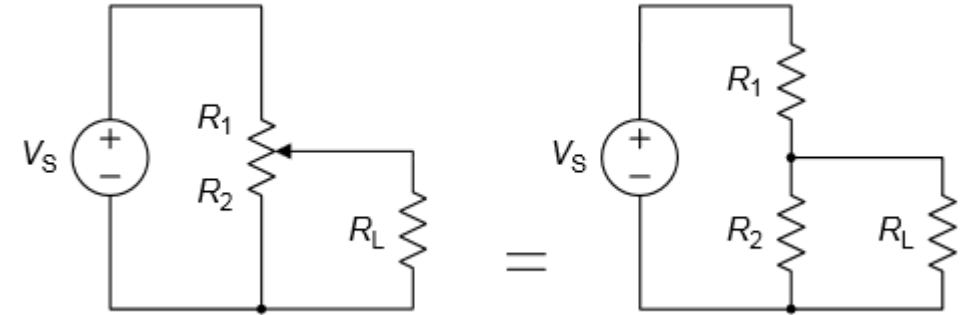
OVERSIKT

- Potentiometer
- Servoer
- Litt kontrollteori: PID
- Dynamixel servoer
- Pneumatikk og Hydraulikk
 - Rørforbindelser
 - Ventiler
 - Hydrauliske gir
 - Hydrauliske pumper



POTENTIOMETER

- Et potentiometer er en variabel spenningsdeler
 - Svært ofte er de dreibare, slik som vist på bilde/figur.
 - Kan også brukes som en variabel resistans
- Brukes f.eks i servoer



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

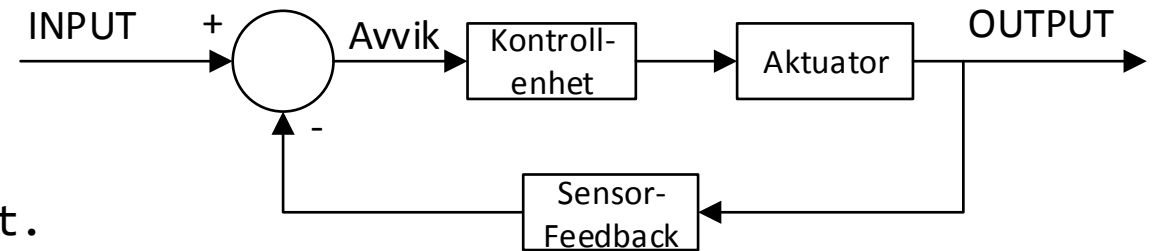


750W Industriell servo motor (Hiwin)

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:



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

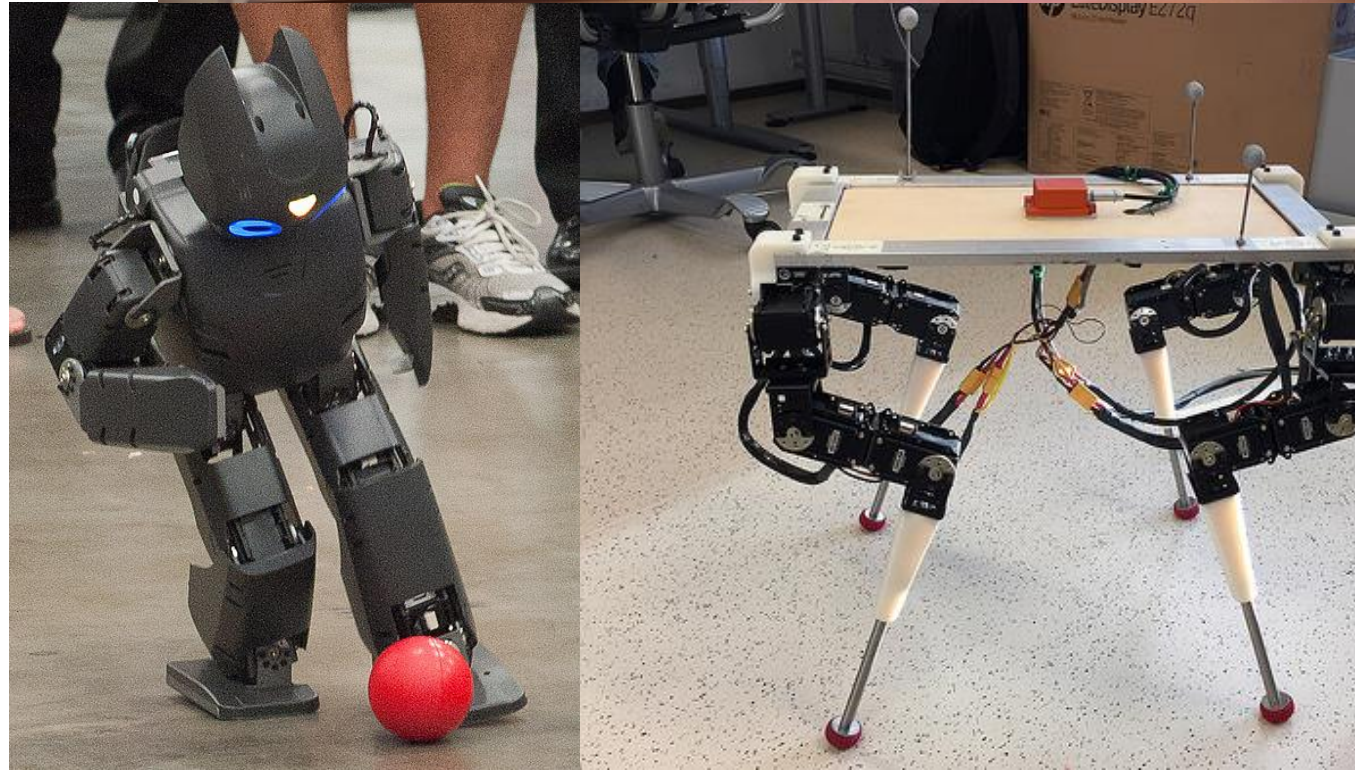
$$I: K_i \cdot \sum_n \text{Avvik} = K_i \cdot (\sum_{n-1} \text{Avvik} + \text{Avvik}_n)$$

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

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

DYNAMIXEL SERVOER

- Ved ROBIN bruker vi «Dynamixel servoer» i mange sammenhenger
- Hver slik servo har en egen 32bit Intel ARM prosessor som kan brukes til å justere posisjon, dreiemoment eller hastighet.
 - Programmert med PID kontroll
- Kraftmoment: 1.18- 40Nm
- Step per turn: 1024 til 502.000
- Hastighet 60- 300 rpm
- Backlash ned til 3,8 arcminutter (3.8/60 grad)
- De billigste har et arbeidsområde på 300 grader, mens de litt større kan gå hele veien rundt.
- Kostnad: 290 kr - 27kkr
- Kommunikasjon: TTL eller RS485, egen protokoll





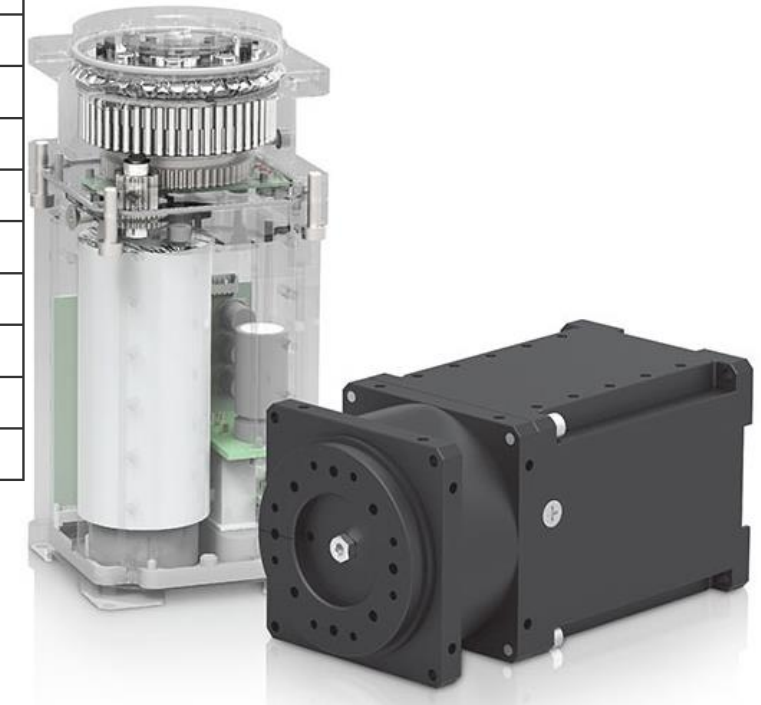
Dynamixel	Stall Torque (Nm)	Position Sensor (Resolution)	Network I/F	Motor	Gear Ratio (Material)
AX-12W	N/A	Potentiometer 300/1024	TTL	Cored Motor	1:32(empla)
AX-12A	1.5 at 12V	Potentiometer 300/1024	TTL	Cored Motor	1:254(empla)
AX-18A	1.8 at 12V	Potentiometer 300/1024	TTL	Coreless Motor	1:254(empla)
MX-28	2.5 at 12V	Contactless Absolute Encoder 360/4096	TTL/RS485	Maxon Motor	1:193(metal)
RX-24F	2.6 at 12V	Potentiometer 300/1024	RS485	Coreless Motor	1:193(metal)
RX-28	3.7 at 18.5V	Potentiometer 300/1024	RS485	Maxon Motor	1:193(metal)
MX-64	6 at 12V	Contactless Absolute Encoder 360/4096	TTL/RS485	Maxon Motor	1:200(metal)
RX-64	5.3 at 18.5V	Potentiometer 300/1024	RS485	Maxon Motor	1:200(metal)
MX-106	8.4 at 12V	Contactless Absolute Encoder 360/4096	TTL/RS485	Maxon Motor	1:225(metal)
EX-106+	10.9 at 18.5V	Magnetic Encoder 251/4096	RS485	Maxon Motor	1:184(metal)



DYNAMIXEL PRO

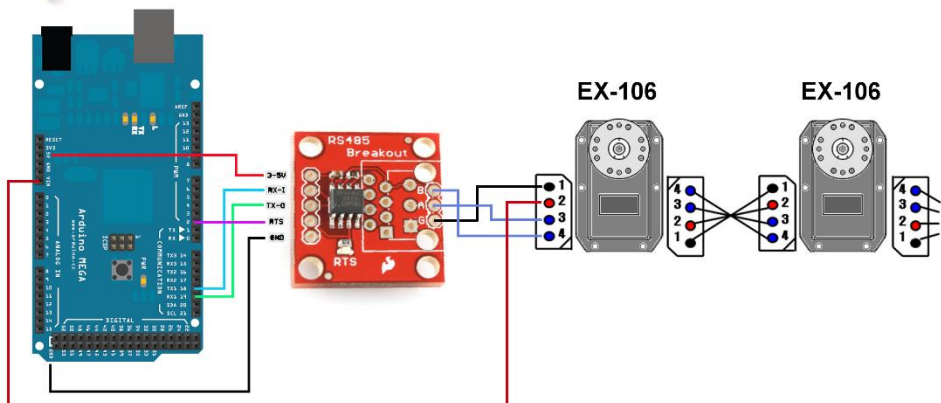
- 3 high end versions. Example H54-200-S500-R (top end)
- 1,000 pulse incremental encoder before gear reduction
- 4,096 step absolute encoder after gear reduction
- Cycloid type detachable reduction gear
- Various communication physical layer, RS-485, CAN, TTL, Ethercat (fieldbus system)
- ~ Price example: 27.500NOK... :)

		Unit	H54-200-S500-R
Rated voltage		V	24
No load speed		RPM	35
No load current		A	1.08
Continuous operation	Speed	RPM	32.1
	Torque	Nm	39.131
	Current	A	9.505
Resolution		Step/turn	502,000
Gear ratio		-	502
Backlash		arcmin	3.8
Interface		-	RS-485 / CAN
Operating temperature		°C	5~55





12V / 2500mA
Power Supply



PC

USB2dynamixel



BusPower



12V / 2500mA
Power Supply

PowerSupply



Servos



PC

USB2dynamixel



Zig2Serial/
ZIG-110A



Wireless

Zig110



BusPower



Servos



Battery

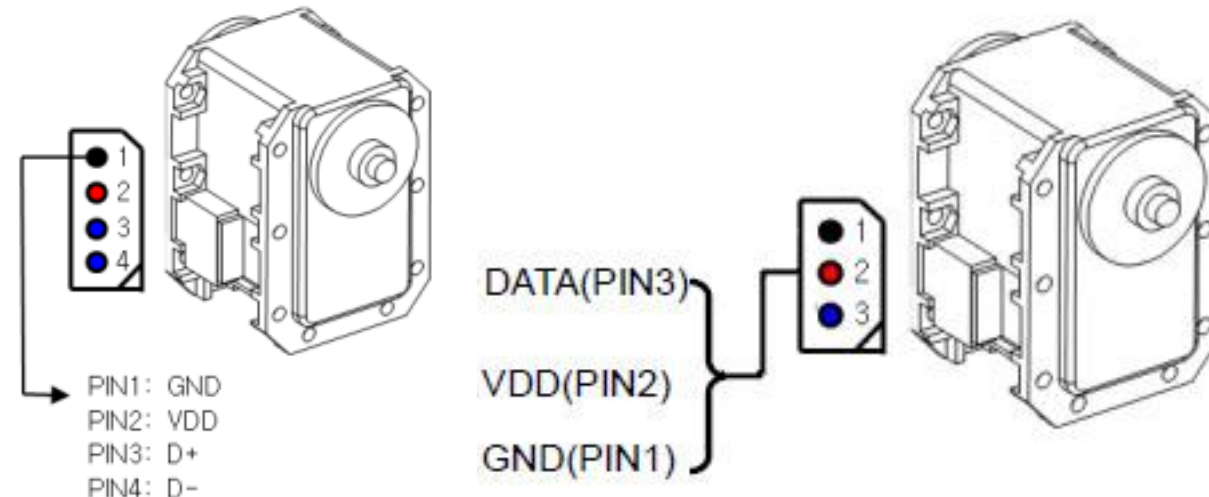


DYNAMIXEL FORTS:

Til servoene følger det med egen programvare som er egnet til å teste ut servoene / se hvilke kommandoer man kan gi.

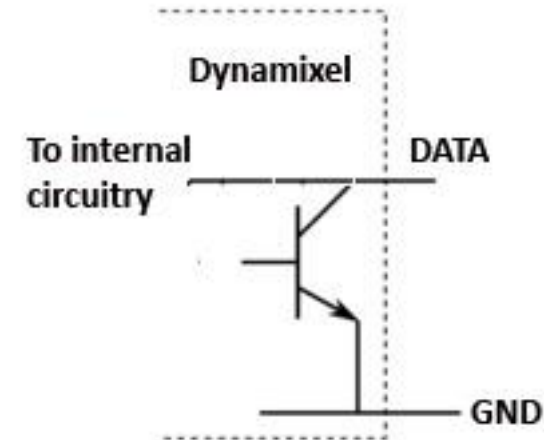
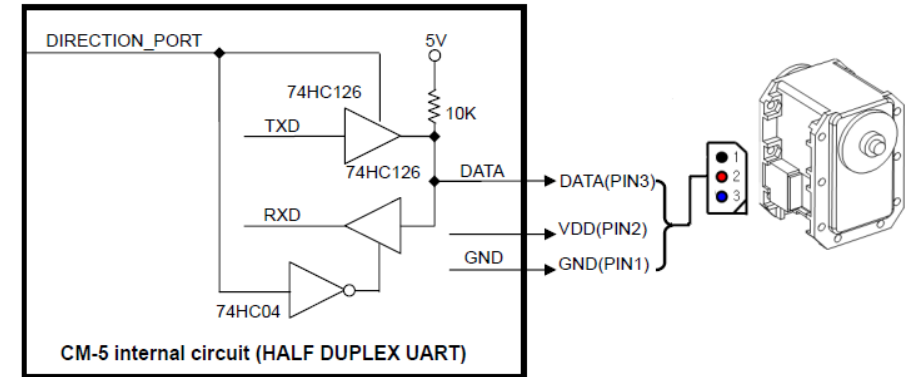
Servoene er enten med en variant av RS232 (3-wire), eller RS485 (4-wire) RS 485 kan brukes over lengre avstander og er mer immun mot støy.

Addr	Description	Value
24	Torque Enable	0
25	LED	0
26	D Gain	0
27	I Gain	0
28	P Gain	32
30	Goal Position	1019
32	Moving Speed	0
34	Torque Limit	1023
36	Present Position	1019
38	Present Speed	0
40	Present Load	0
42	Present Voltage	120
43	Present Temperature	27
44	Registered Instruction	0
46	Moving	0



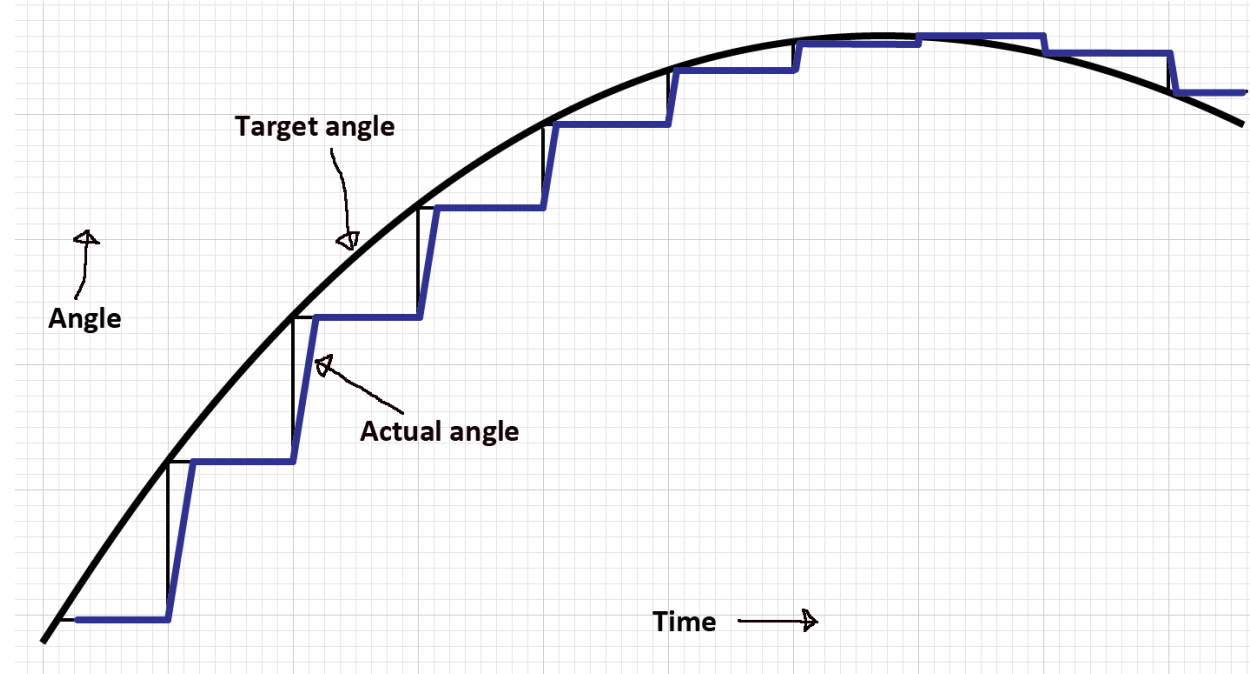
RS232 HALF DUPLEX - THE DYNAMIXEL BUS

- Bruker kun en linje til dataoverføring-
 - Halv duplex 8 bit, 1 stoppbit, ikke paritet
- Fysisk/ Elektrisk
 - En ledning brukes for bidireksjonale data (TXD/RXD)
 - En ledning til jord (Gnd) og en til strømforsyning 12V (Vdd)
- Alle Dynamixel servoer kobles til samme data, Gnd and Vdd
- Kun en enhet kan sende av gangen:
 - En pullup motstand kobler datalinjen til Vdd. Kontrollenhet eller servoene kan trekke linja lav for å sende data.
 - For å unngå elektriske kortslutning kan ingen enheter kan trekke linjene høye.



DYNAMIXEL BEVEGELSE:

- Dynamixel servoene kan operere i 2 modus:
 - Posisjonsmodus (Leddmodus/“joint mode”): Man spesifiserer hvilket utslag (vinkel) motoren kan ha, uavhengig av last.
 - Hjulmodus “wheel mode”: Man spesifiserer dreiemomentet, uavhengig av posisjon.
- I posisjonsmodus, kan en tilfeldig bevegelse beregnes ved å bryte ned bevegelsen til mindre segmenter som kjøres i høy hastighet. For å minimere feilen, må servoen ha tid til å fullføre hvert steg.



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)



RØRFORBINDELSER OG KOBLINGER

Gjengene «Threads» i hydrauliske and pneumatiske systemer kan spesifiseres som følger

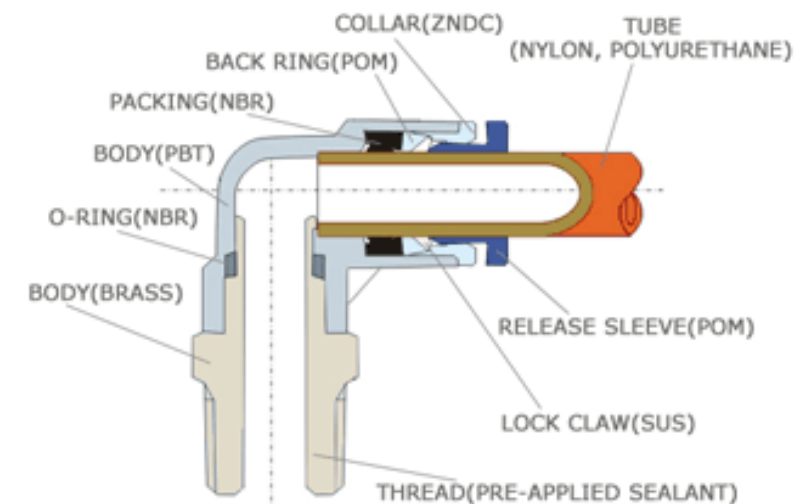
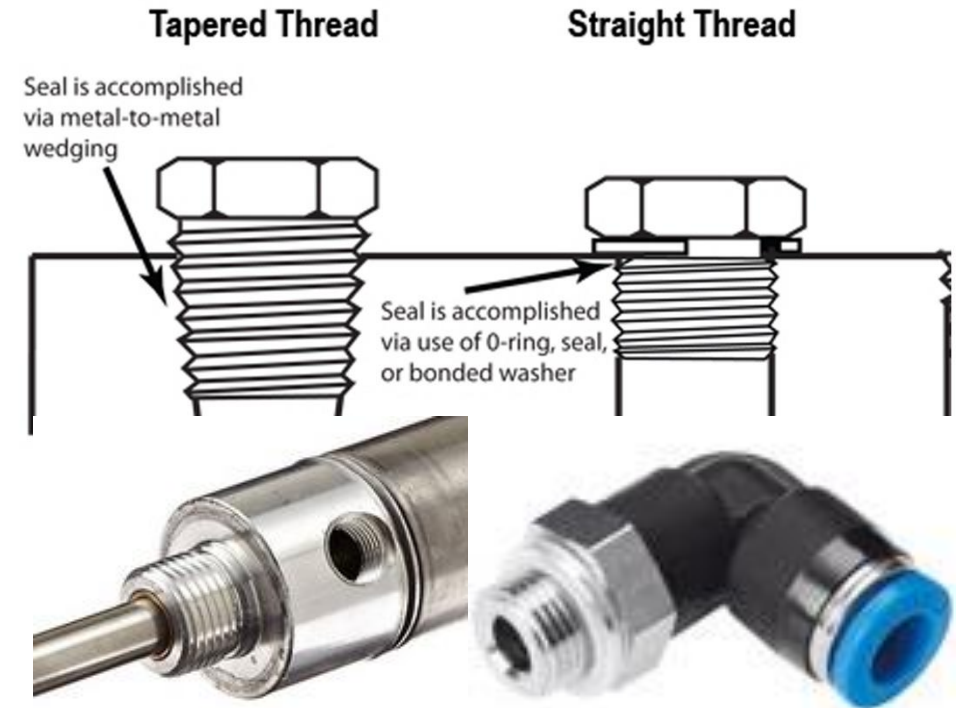
- Metrisk / mm: eks: M5 (5mm diameter)
 - Vanlig for små dimensjoner
- Imperial / inches: eks: 1/2 (1/2 tomme diameter)
 - Typisk oppgitt som en brøk. «"» betyr tomme («inch»)

Konisk «Tapering» versus rett «straight»

- R - thread
 - Konisk i henhold til EN 10226
 - Kan være lufttett/vanntett uten forsegling
- G - thread
 - Sylinderisk/ rett i henhold til EN-ISO 228-1
 - Trenger pakning («gasket»)

kobling mellom slanger og rør

- «Push-in fittings» - ofte brukt i pneumatikk
 - Trenger ikke verktøy for å sette inn eller frigjøre slangen.

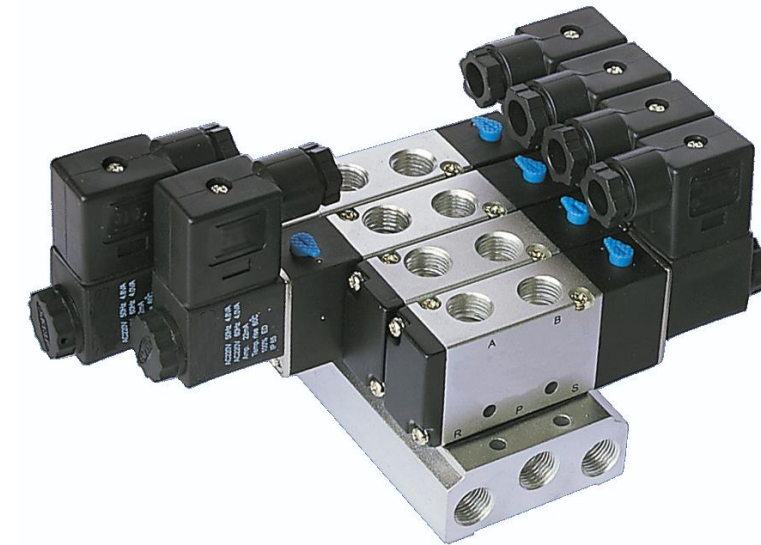


ELEKTRONISK KONTROLLERT PNEUMATIKK



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 høyttrykstank (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)



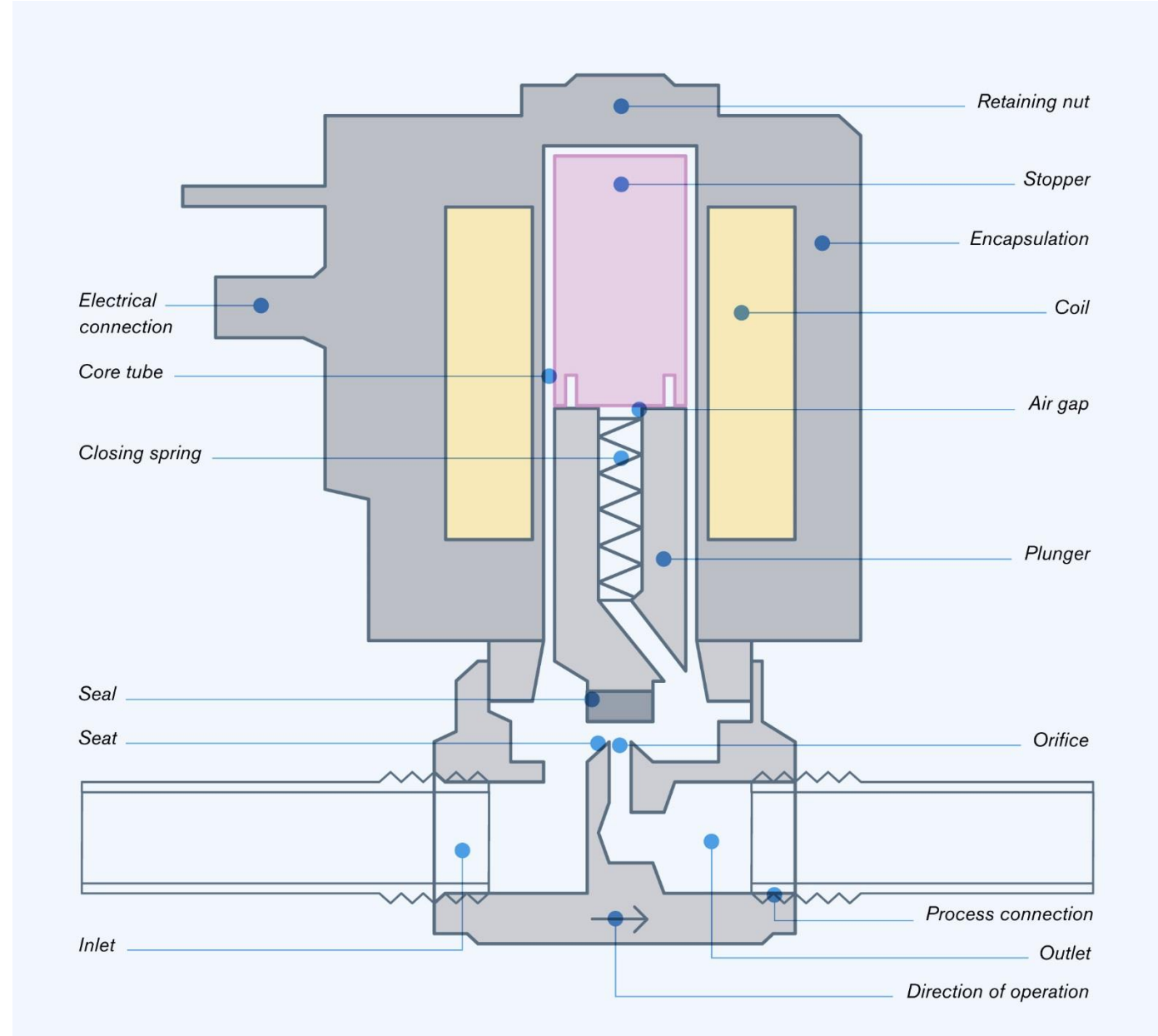
ELEKTRONISK KONTROLL AV MAGNETVENTIL

Tilstanden til ventilen kontrolleres av en spole.

Eks:

- Tilstand A:
 - Spolen er skrudd på med en spenning på 12V og trekker 200mA
- Tilstand B:
 - Spolen er skrudd av (0V), og trekker ikke strøm

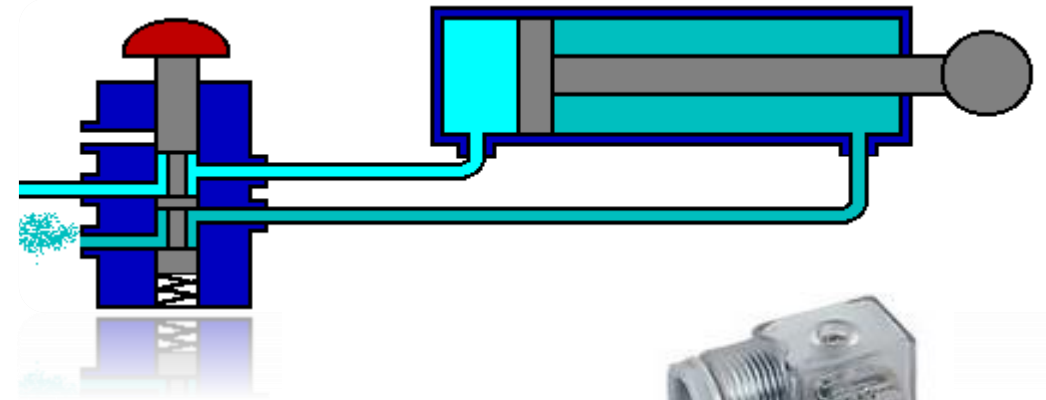
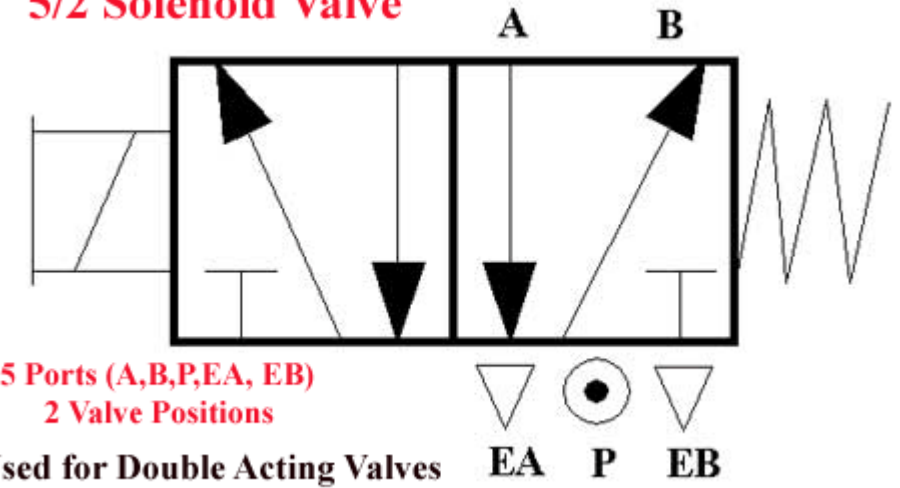
Siden en mikrokontroller ikke kan gi 200mA, så må vi benytte en motordriver mellom utgangene til mikrokontroller og inngangen til magnetventilen.



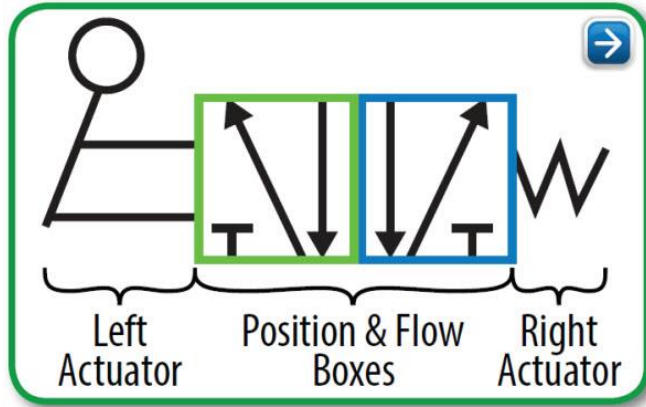
5/2 VENTILER

- 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



VENTILSYMBOLER OG TYPER



A,B: Inn/Utgang
E: «Exhaust»

P: «Pressure Inlet» *Figure 2A: 2 position, lever actuated, spring return valve*

T,R: Tank/reservoir

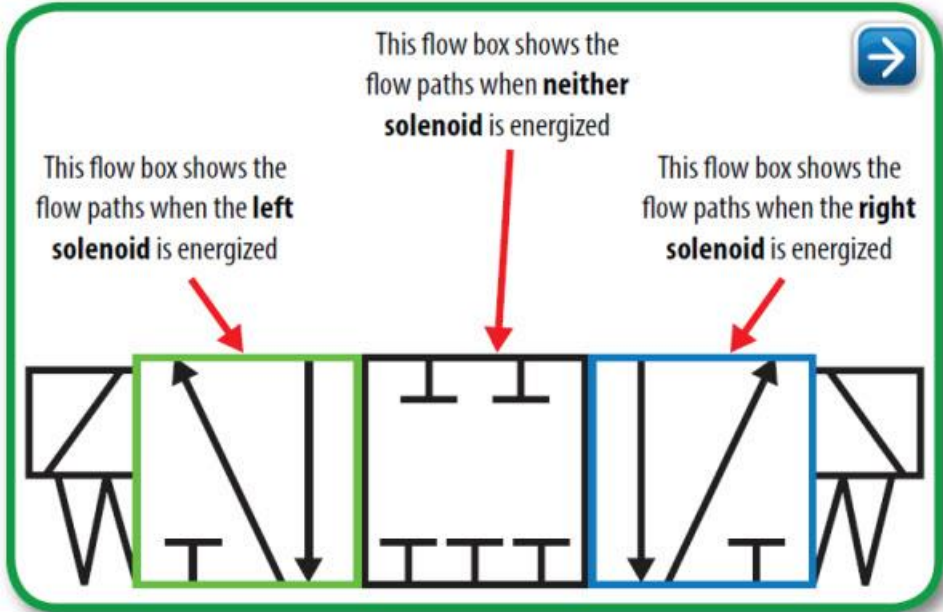


Figure 2B: 3 position, double solenoid actuated, spring return valve

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/>



HYDRAULIKK

I et hydraulisk system bruker vi en væske til aktivering

Open loop

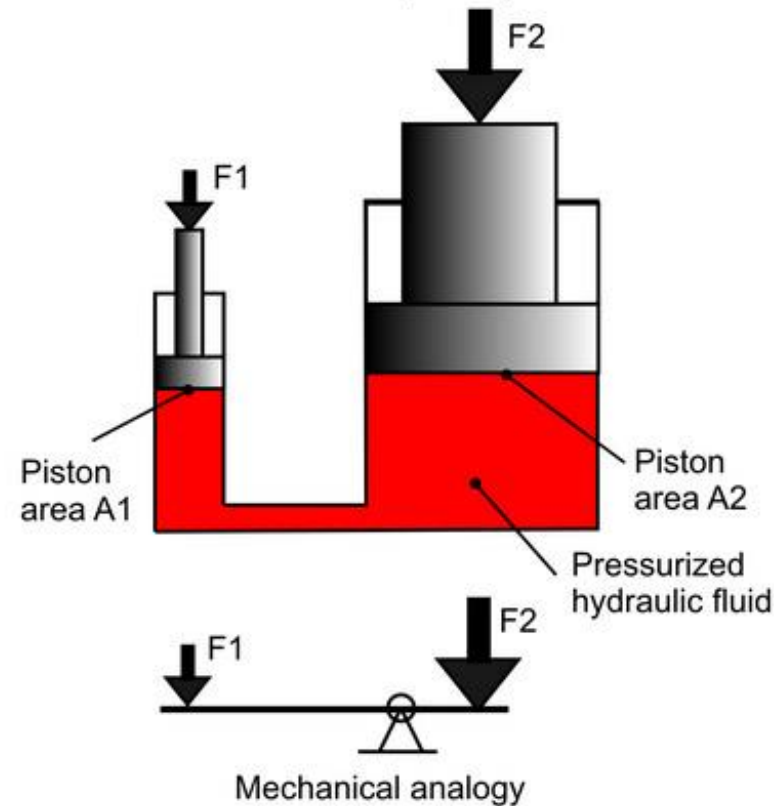
- Enklere krets, men mer komplisert ventil, for eksempel en 4/2-type
- Tanken er en del av loopen, men ikke trykksatt.
- Closed loop
 - Mer kompleks krets, men ingen bidireksjonal ventil.
 - Mykere overgang når retningen endres
 - Tanken brukes bare til etterfylling/ til utløp for sikkerhet (ikke en del av loopen)

Siden væsker er nærmest inkompressible, kan man bruke veldig høyt trykk uten å få eksplosjonsfare som følge av lekkasjer eller mekaniske feil. Derfor kan hydrauliske systemer overføre store krefter.

- Pascal's lov sier at trykket i et hydraulisk system er det samme i alle retninger, noe som gjør at vi kan overføre krefter som vist på figuren.

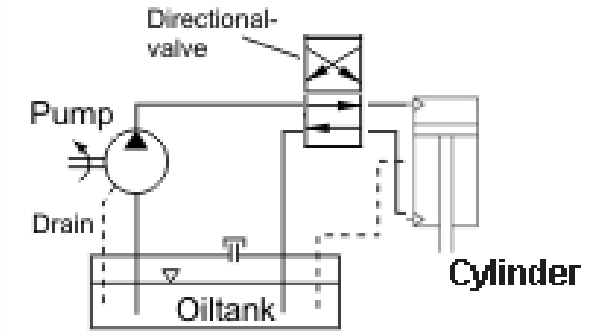
Force increase with hydraulics

$$F_2 = F_1 \cdot (A_2/A_1)$$

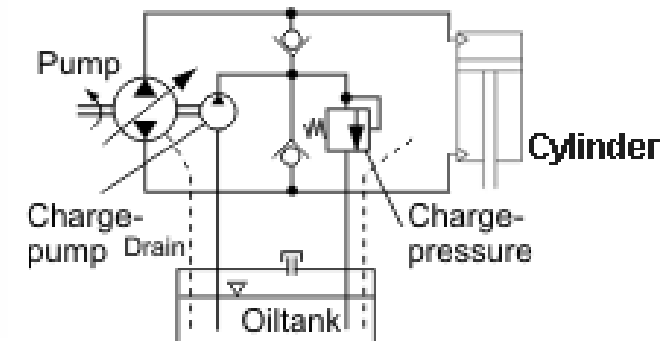


Hydraulisk gir

Open-loop hydraulic circuit

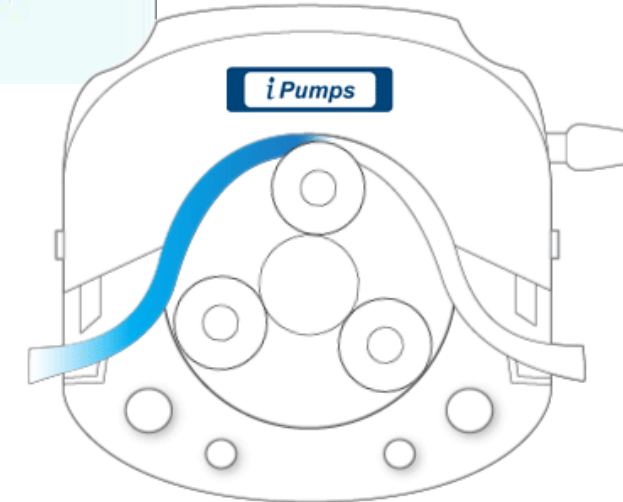
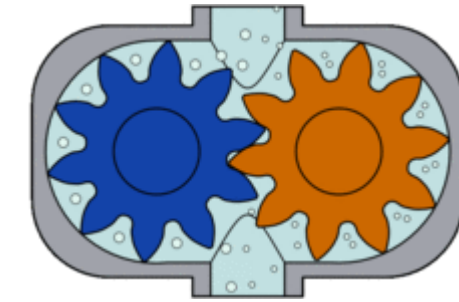
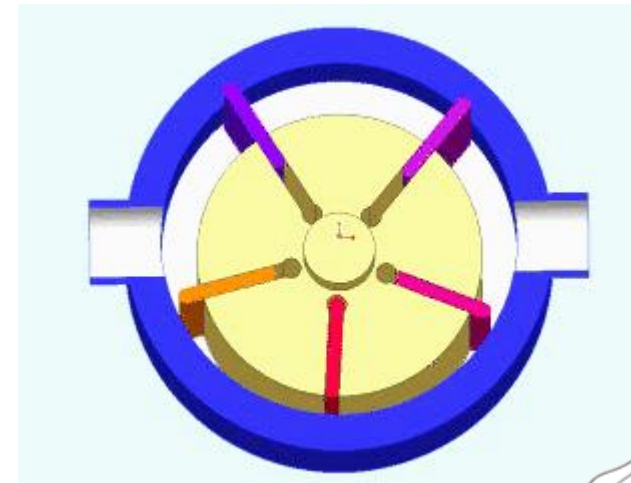


Closed-loop hydraulic circuit

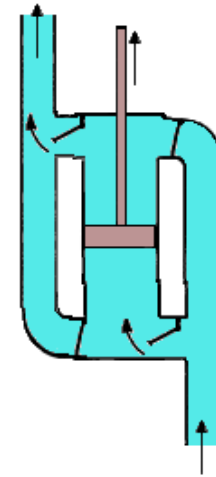


HYDRAULISKE PUMPER

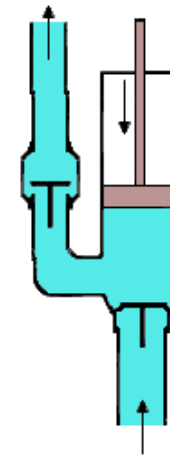
- Low reverse leakage pump types
- Girpumpe (“Gear Pump”)
 - Rimelige, billige og holdbare
 - Lavt volum
 - Høyt trykk (200-300bar)
 - Slitasje på foringer
 - Krever presise klaringer - omkring 10 μm
- Skovlepumpe (“Vane pump”)
 - Middels trykk
 - Middels volum
- Peristaltisk pumpe (“Peristaltic pump”)
 - 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



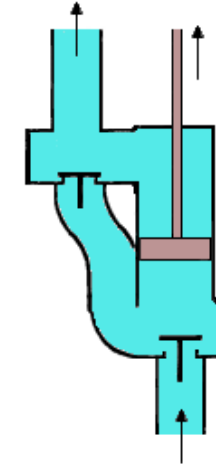
Double-acting piston pump



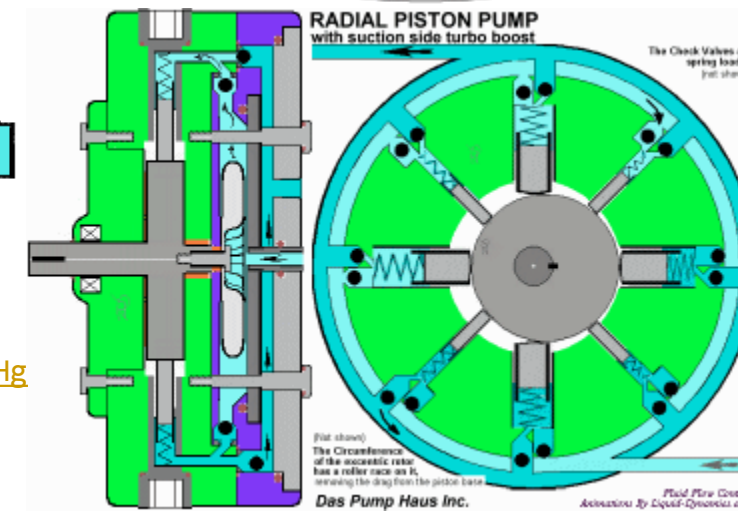
Single-acting, differential, valved piston pump



Double-acting, differential plunger/closed-piston pump



- [Hydraulikkpumper \(7,5 min\)](https://www.youtube.com/watch?v=Oy1iV6EzNHg)
<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-Dynamics.com