



UiO **• Institutt for informatikk**

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

IN 1080

Sensorer, Differensiell forsterkning, AD-konvertering

Yngve Hafting, 2020



Hvor står vi og hvor går vi...

Kort om emnet

- *Grunnleggende analog elektronikk, sensorer og sensor grensesnitt, aktuatorer. Programmering av mekatroniske systemer.*

Hva lærer du?

Etter å ha tatt IN1080 kan du:

- *forstå virkemåten til analoge kretser. Aktuelle begreper er: strøm, spenning, motstand, effekt, impedans, likestrøm, vekselstrøm, RCL, MOS, FET, OPamp*
- *bruke klassiske analysemetoder basert på Kirchoff, Thevenin og Nortons teoremer*
- *forstå og anvende sensorer, signalkondisjonering og konvertering, samt noen komponent-komponent busser*
- *bygge og programmere enkle mekatroniske systemer med mikrokontroller, aktuatorer og sensorer*
- *forstå grunnleggende kontrollteori og virkemåte for PIDkontrollere*

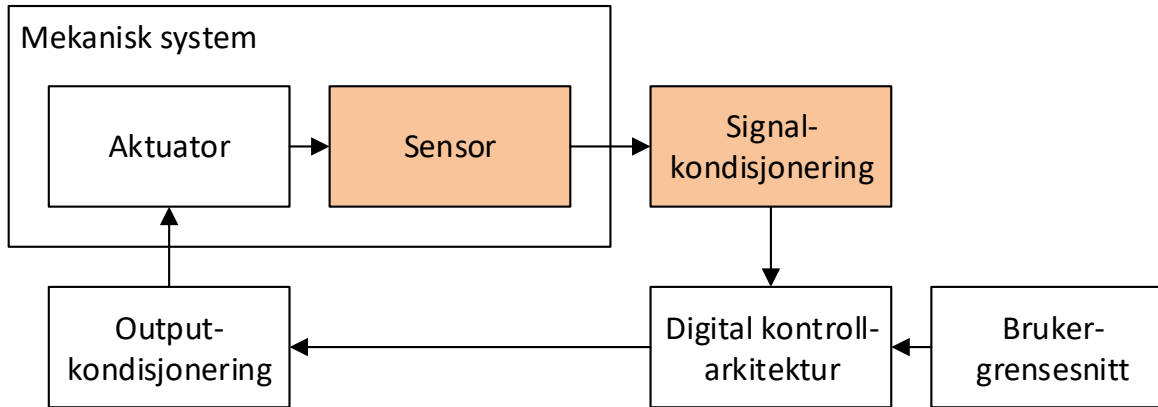
Lab

- Ikke lab pga koronavirus

Forelesning

- *Kunne velge sensorsystemer for mekatronikk*
 - Hva er en sensor
 - Hvilke typer sensorer finnes
 - Hvordan virker sensorer?
 - Hvordan oppnå presise måleresultater?
 - Forstå digitalisering av måledata
 - Hva begrenser kvalitetene på sensordata.
 - Hvordan presenteres sensorer av de som lager dem?

Systemperspektiv og oversikt



- Sensor begreper

- Transducere, aktuatorer og sensorer
- Aktive og passive sensorer
- Hva slags sensorer kan vi få tak i?
- Avlesing av sensorer
 - Linearitet, Dynamisk område
 - Desibel skala

- Signalkondisjonering

- Differensiell forsterkning
- Instrumentforsterker
 - Avkoblingskondensatorer
 - Opamp datablad

- AD konvertering
 - Aliasing
 - Arduino ADC

- Sensorer

- Brytere
 - Pullup kretser
- Resistive sensorer
 - Eks : Strekkklapp i wheatstone bru og datablad
- MEMS
- Piezoresistive
- Induktive
- Hall
- Optiske
- Laserbaserte
- Kapasitive

Transducere, aktuatorer og sensorer



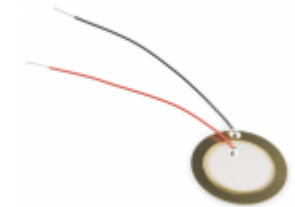
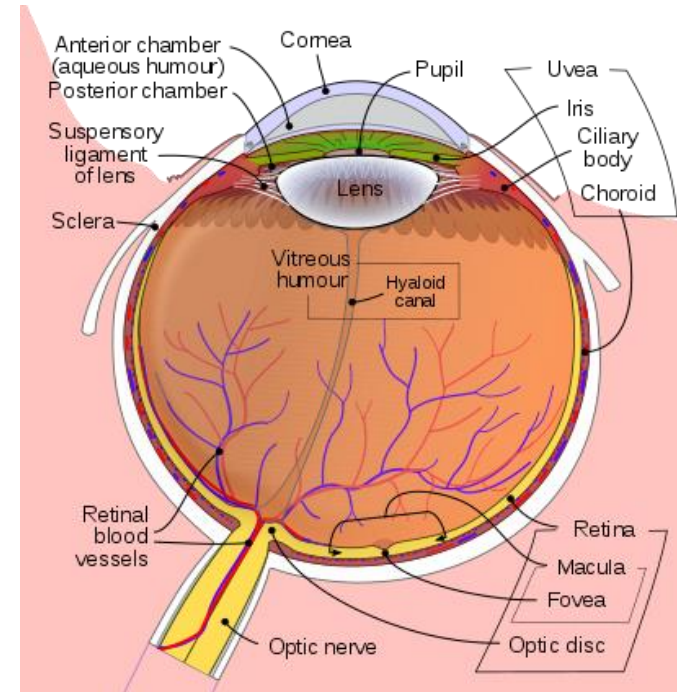
- En **transducer** er (per definisjon) en **gjenstand som overfører energi fra en form til en annen**.
 - En transducer som genererer et *elektrisk signal* kalles en *elektrisk transducer* (ofte sensor)
 - En transducer som genererer **mekanisk bevegelse** kalles en **aktuator**



- En **sensor** er noe som kan *føle* eller *måle*...
 - 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 mekatronikkssystemer benyttes gjerne **elektriske transducere som sensorer**.

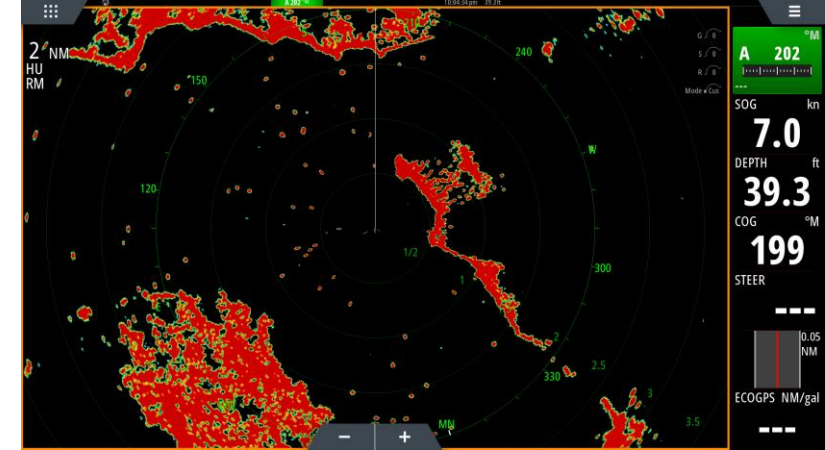
- Vi omtalerer disse typisk bare som sensorer, medmindre de brukes den andre veien også. (Eks: ultralydstransducere)



Aktive og Passive Sensorer



- To forskjellige definisjoner:
 1. Sensorer som *bruker* vs. *ikke bruker* strømforsyning. (alle sensorsystemer der vi forsterker eller digitaliserer)
 - Mye brukt, men *upraktisk* definisjon for mekatroniske systemer som omtrent utelukkende vil benytte sensorer som en del av en elektrisk krets.
 2. Sensorer som *sender ut signaler* (energi) er *aktive*, i motsetning til de som bare passivt måler det som de tar inn.
 - Hva er en sensor? Et helt sensor system (eks kamera + blits eller bare bildebrikken?)
 - Aktive: Radar, Lidar, Ultralyd, Lasere,...
 - Passive: Strekkklapp, antenne, pickups,...

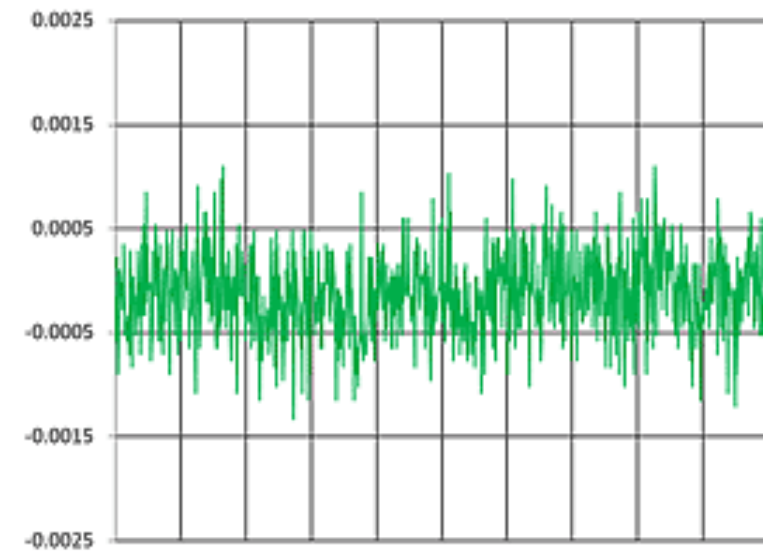
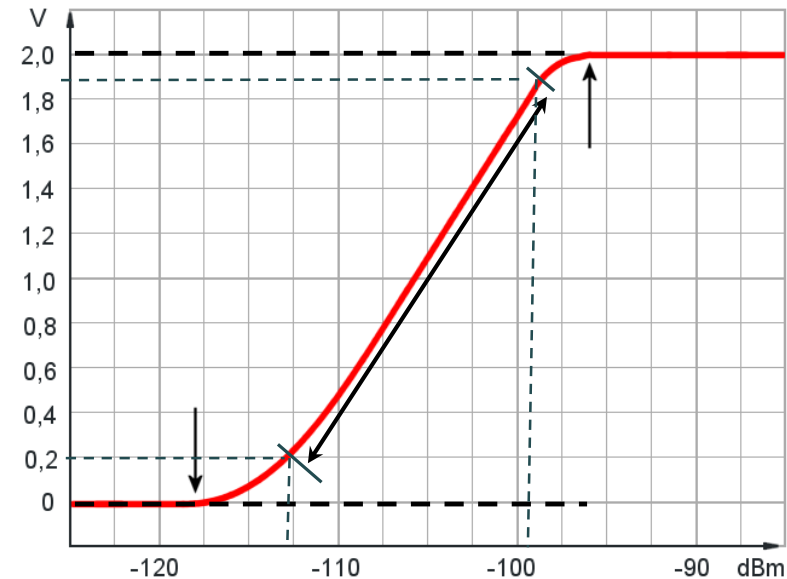


Hva kan vi måle fysisk? Hvilke Typer Sensorer har vi?

- Tid
 - Klokker
 - Frekvens
- Posisjon
 - Vinkel
 - Høyde
 - Lengde
 - Avstand
 - Hastighet
 - Rotasjon
 - Orientering
- Temperatur
- Luftfuktighet
- Gass
- Lyd
 - Hørbar lyd
- Ultralyd
 - Tonehøyde
- Lys
 - Fotodiode
 - Farge, bølgelengde
 - IR
 - Røntgen
- Kraft
 - Moment
 - Trykk
 - Strekk
- Magnetfelt
 - Hall effekt
 - Feltstyrke
 - MR
- Elektriske
 - Strøm
- Spenning
 - Motstand
 - Brytere
- Ioniserende stråling
 - Geigertellere
- Massespektroskopi
 - *RAMAN spektrometer*
- Atomære størrelser
 - *Kvante-tunneleringsmikroskop*
 -
- OSV...

Hvor nøyaktig kan vi måle noe?

- Alle sensorer påvirker det de skal måle.
 - multimeter eller oscilloskop, ... (sjekk spekk)
 - Mest viktig å tenke på dersom man holder på med eksperimenter i atomær skala eller svært lave temperaturer.
- Dynamisk område «Dynamic Range» (DR)
 - Dynamisk område angir hva som er forskjellen mellom maksimum og minimum verdier vi kan måle med sensoren.
 - Oftest omtalt: Innenfor det området sensoren virker lineært: «Linear Dynamic Range». (mer om litt...)
 - Dynamisk område angis ofte i desibel (dB) (neste side)
- Støy
 - I alle måleoppsett får vi støy på grunn av varierende elektromagnetiske felt
 - temperatur, radiostøy, crosstalk, ground bounce, etc.
 - 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..



Desibel – et effektmål

- dB er oppkalt etter Alexander Graham Bell (telefonen) fordi det var Bell Laboratories som først tok enheten i bruk ifht regning på tap i telefonlinjer.
- dB er i seg selv ett dimensjonsløst mål for å beskrive **forsterkning av effekt** (lyd/el.).
- Desibel brukes fordi det er praktisk til f.eks lyd og størrelser som endres eksponensielt.
- 1 Bel er s.a. $B = \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \Leftrightarrow \frac{P_2}{P_1} = 10^B$,
der P_2 og P_1 er effektmål
1dB = 0,1B **dvs** $\frac{P_2}{P_1} = 10^{\frac{dB}{10}}$, **$dB = 10 \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$**
 - eks: $3dB = 10^{\frac{3}{10}} \approx 2$ (forsterkning)
 - eks2 : *Hvor mye er en forsterkning på 35 ganger i dB?*
 - $35 = 10^{\frac{x}{10}} \Rightarrow \log 35 = \log 10^{\frac{x}{10}} \Leftrightarrow \log 35 = \frac{x}{10} \Leftrightarrow 10 \log 35 = x \Leftrightarrow 15,4 = x$
 - Svar: En forsterkning (av effekt) på 35 ganger tilsvarer 15,4dB

- eks: $3dB = 10^{\frac{3}{10}} \approx 2,15$ (forsterkning)
- Eks 2: Hvor mye er en forsterkning av effekt på 35 ganger i dB?
 - $35 = 10^{\frac{x}{10}} \Rightarrow \log 35 = \log 10^{\frac{x}{10}}$
 - $\Leftrightarrow \log 35 = \frac{x}{10} \Leftrightarrow 10 \log 35 = x$
 - $\Leftrightarrow 15,4 = x$
- Svar: En forsterkning av effekt på 35 ganger tilsvarer 15,4dB

Desibel notasjon: dB , L_{dB} (V_{dB} , I_{dB}), dBV

- dB har alltid utgangspunkt i effekt, men brukes til andre størrelser-
 - slik som spenning (V) og Strøm (I)
- Måler vi strøm eller spenning i dB, så får vi en omregning som følge av at effekt følger kvadratet av strøm eller spenning i en krets

$$P = VI, V = RI \Rightarrow P = \frac{V^2}{R} \Leftrightarrow P = I^2 R$$

- EKS: øker vi (effekten) med 40 dB ved å endre spenning, blir spenningsforsterkningen

$$F_V = \frac{V_2^2}{V_1^2} = 10^{\frac{40}{10}} \Leftrightarrow \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = 10^4 \Leftrightarrow \frac{V_2}{V_1} = 10^2 = 100$$

- [Merk at her blir $F_p = 10^{\frac{40}{10}} = 10^4 = 10\ 000$]

Generelt:

Vi bruker notasjon L for Level (nivå) siden det skiller seg fra effekt.

$$L_{dB} = 10 \log \left(\frac{P_2}{P_1} \right), \text{ der } P = k \cdot L^2, \text{ og } k \text{ er konstant}$$

$$\Rightarrow L_{dB} = 10 \log \left(\frac{k \cdot L_2^2}{k \cdot L_1^2} \right) \Rightarrow L_{dB} = 10 \log \left(\frac{L_2^2}{L_1^2} \right)$$

$$\Rightarrow L_{dB} = 10 \log \left(\left(\frac{L_2}{L_1} \right)^2 \right) \Rightarrow L_{dB} = 20 \log \left(\frac{L_2}{L_1} \right)$$

- MAO blir en forsterkningen av spenning eller strøm

$$L_{dB} = 20 \log \left(\frac{L_2}{L_1} \right) \text{ der } L \text{ kan være spenning (V) eller strøm (I).}$$

$$V_{dB} = 20 \log \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$I_{dB} = 20 \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

- Eks: Hvis vi endrer en spenning med 6dB, hvor mye forsterkning i spenning er det?

$$6 \text{ db} = 20 \log (V_2/V_1)$$

$$0,3 = \log (V_2/V_1)$$

$$\underline{V_2/V_1 = 10^{0,3} \approx 2}$$

- Oppgir vi en størrelse i **dBV**, så er det **alltid relativt til 1V**.
(dbX er relativt til X)

- Eks: Hva er størrelsen på et signal på

a) -30dBV og b) -60dbV?

a) $-30 \text{ dbV} = 20 \log (V_2/1V) \Rightarrow -1,5 = \log (V_2)$

▪ $V_2 = 10^{-1,5} V \approx 0,032 V = \underline{32 \text{ mV}}$

b) $-60 \text{ dbV} = 20 \log (V_2/1V) \Rightarrow -3 = \log (V_2)$

$V_2 = 10^{-3} V = \underline{1 \text{ mV}}$

Eksempel: inverterende forsterker med 40dB forsterkning

Vi har $R_i = 1\text{k}\Omega$.

Finn R_f slik at vi får 40dB forsterkning

$$40\text{dB} = 20\log(V_{\text{ut}}/V_{\text{inn}}) \Rightarrow$$

$$2 = \log(V_{\text{ut}}/V_{\text{inn}}) \Rightarrow$$

$$V_{\text{ut}}/V_{\text{inn}} = 10^2 = 100$$

$$V_{\text{ut}} = 100 \cdot V_{\text{inn}}$$

Neg. Feedback:

$$V_- = V_+ = 0\text{V}$$

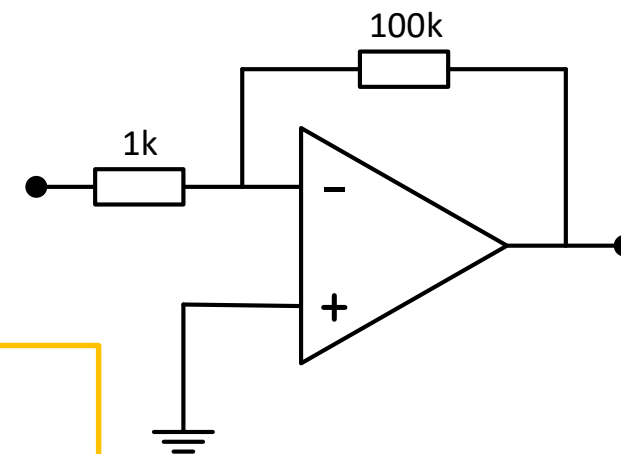
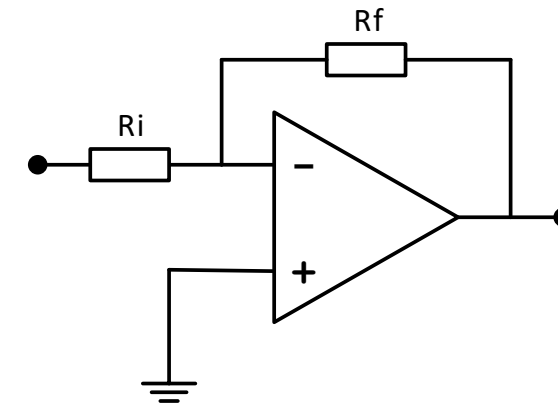
$$V_{\text{inn}} = I \cdot R_i, \quad R_i = 1\text{k}\Omega$$

$$V_{\text{ut}} = -I \cdot R_f$$

$$\Rightarrow V_{\text{ut}} = -V_{\text{inn}} \cdot R_f / R_i$$

$$\Rightarrow R_f = 100 \cdot R_i \quad (\text{satt inn for } V_{\text{ut}} = 100 V_{\text{inn}})$$

$$\Rightarrow R_f = 100\text{k}\Omega$$

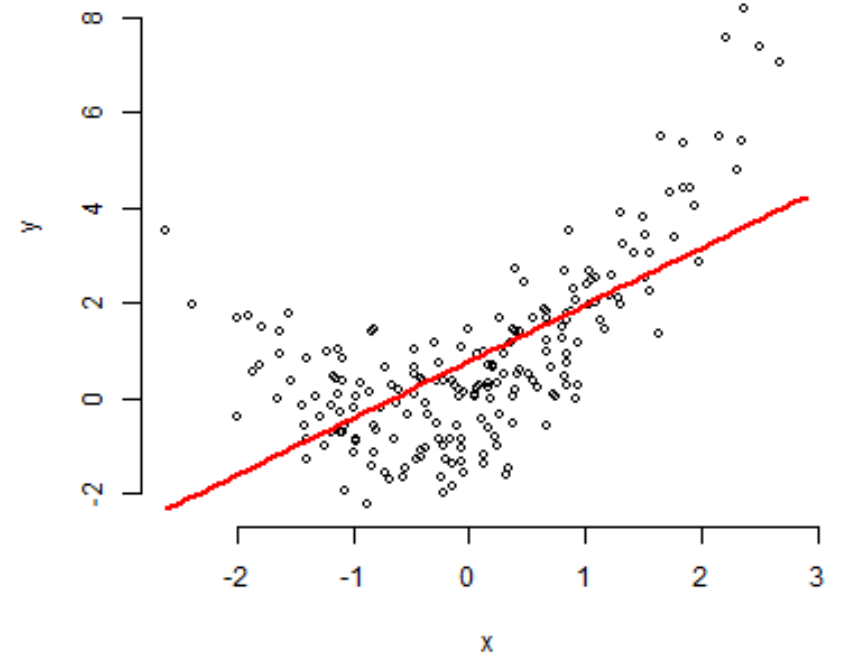
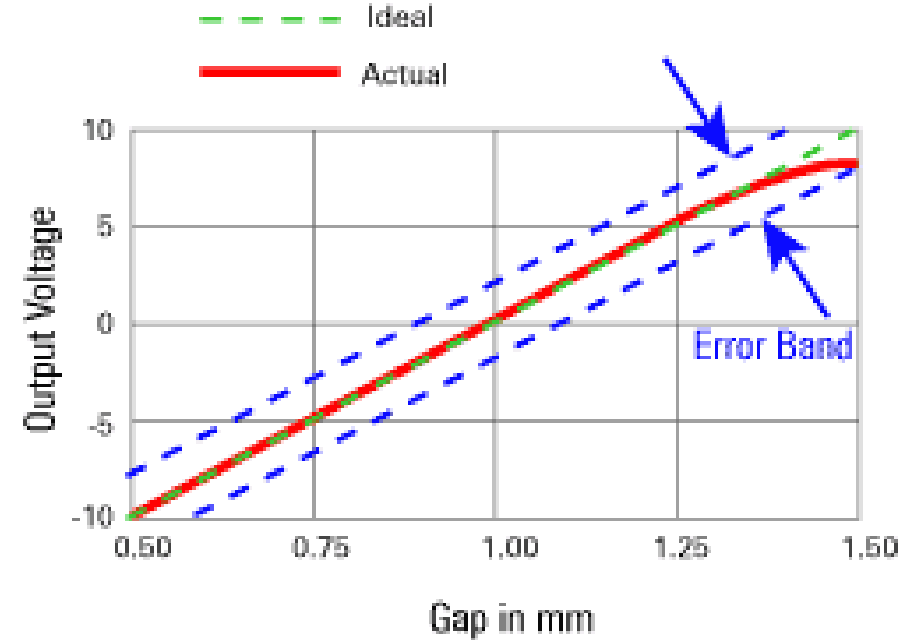
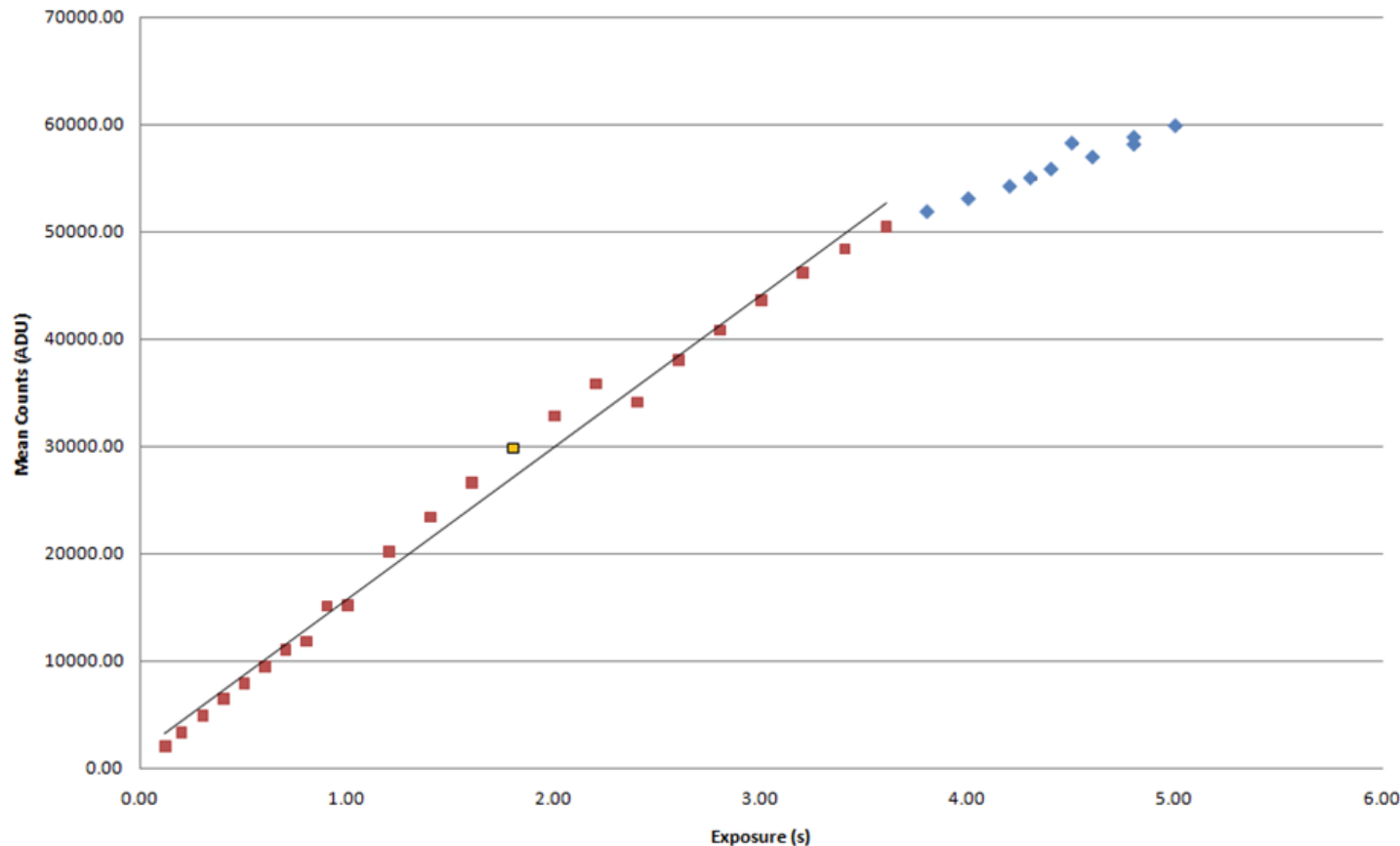


MERK: Vi har 40dB forsterkning, (ikke -40dB), selv om forsterkeren er inverterende.

Retningen på strømmen eller fortegnet på spenningen er irrelevant; $P = \frac{V^2}{R} = R \cdot I^2$.

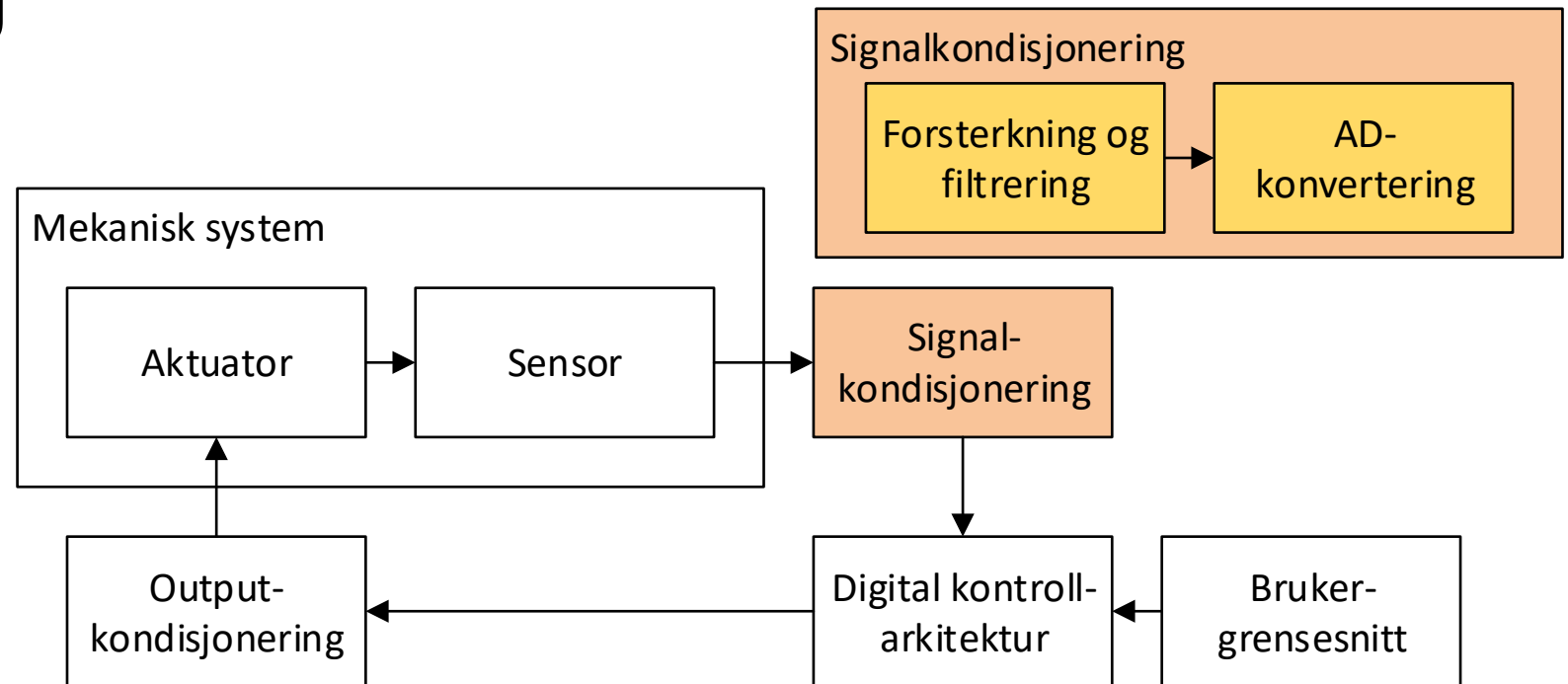
- Linearitet og avvik sier noe om hvor godt vi kan regne med at sensordata følger den størrelsen sensoren måler.
- Sensorer har typisk et begrenset område der de oppfører seg lineært.

Photon Linearity, Coldrick Observatory Dome, 07.03.11



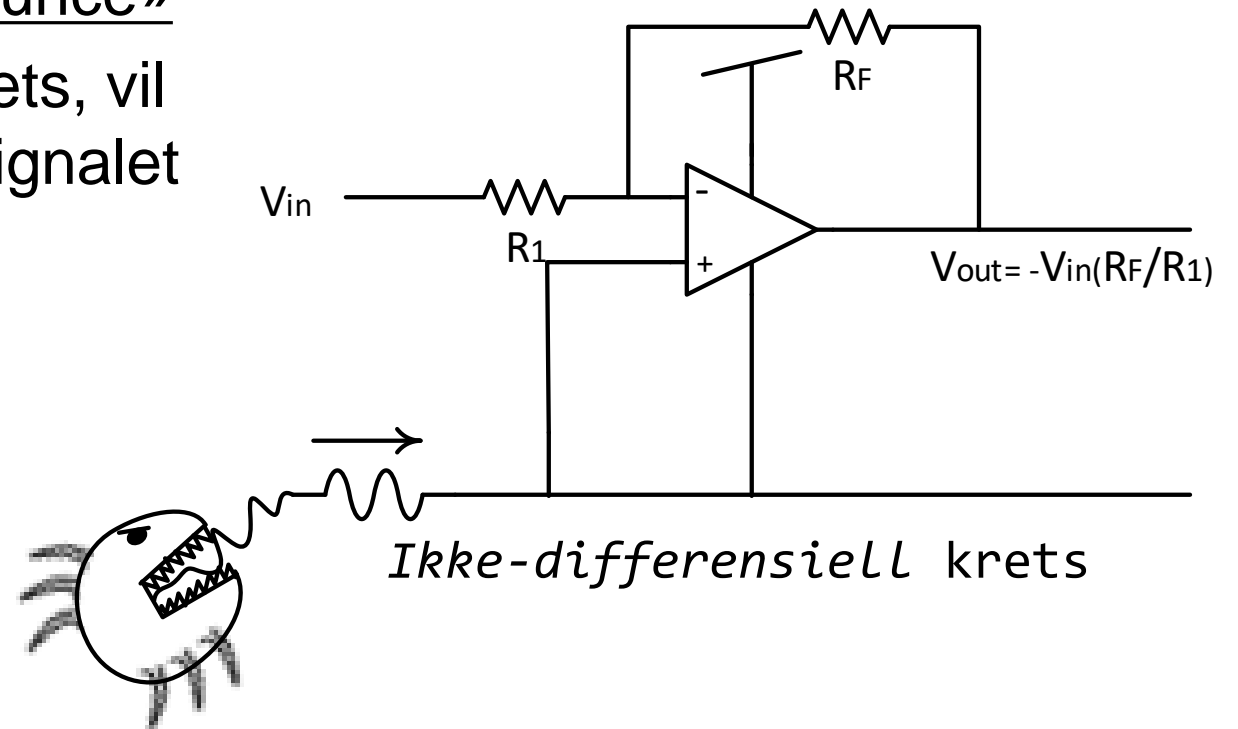
Signalkondisjonering

- Differensiell forsterkning
- Instrumentforsterker
- Avkoblingskondensator
- *Eks. Opamp*
- AD-konvertering
 - Samplefrekvens
 - Kvantisering
 - Aliasing



Hvorfor forsterke differensielt?

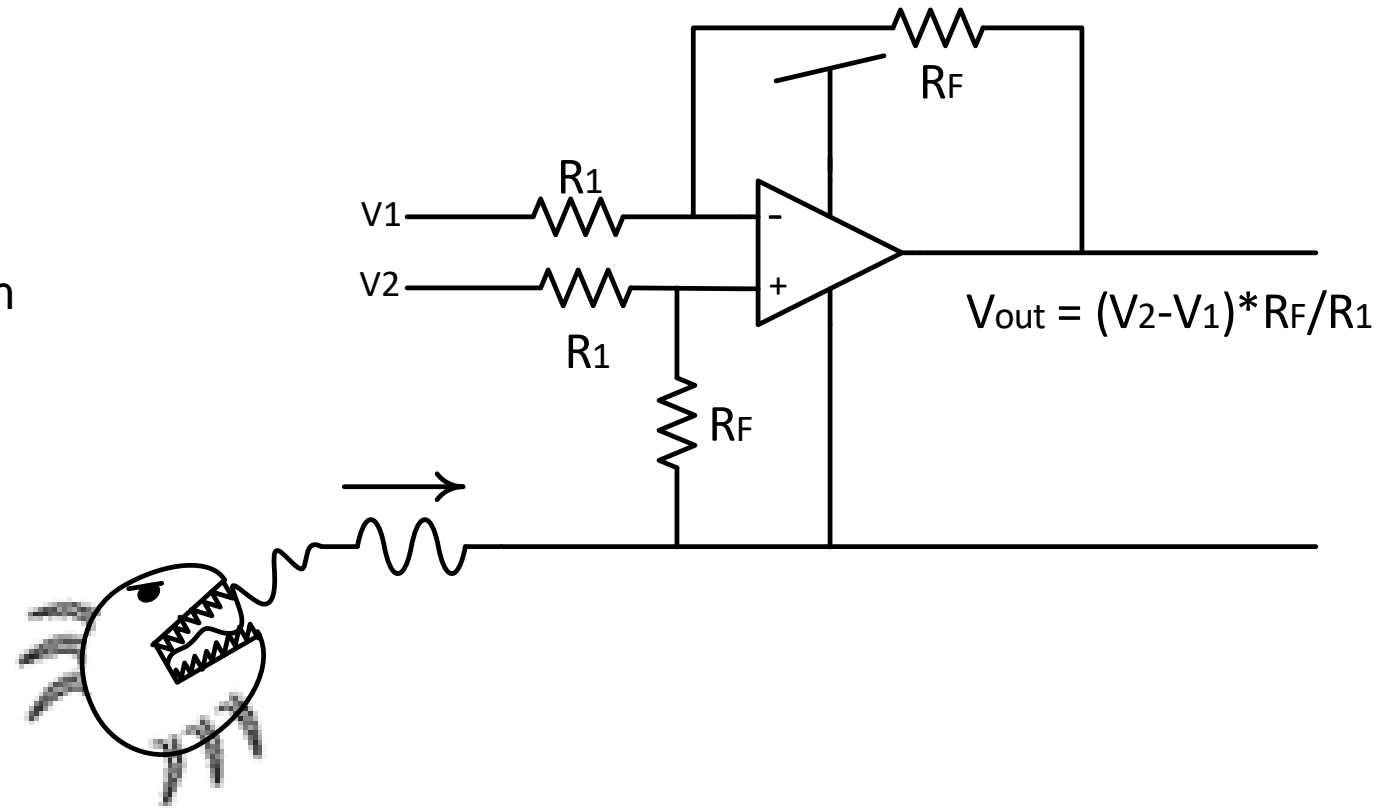
- Støy i strømtilførsel* - «ground bounce»
- I en ikke-differensiell forsterkerkrets, vil støyen forsterkes like mye som signalet



(* og utgang...)

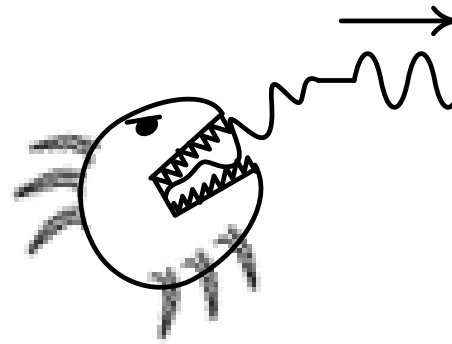
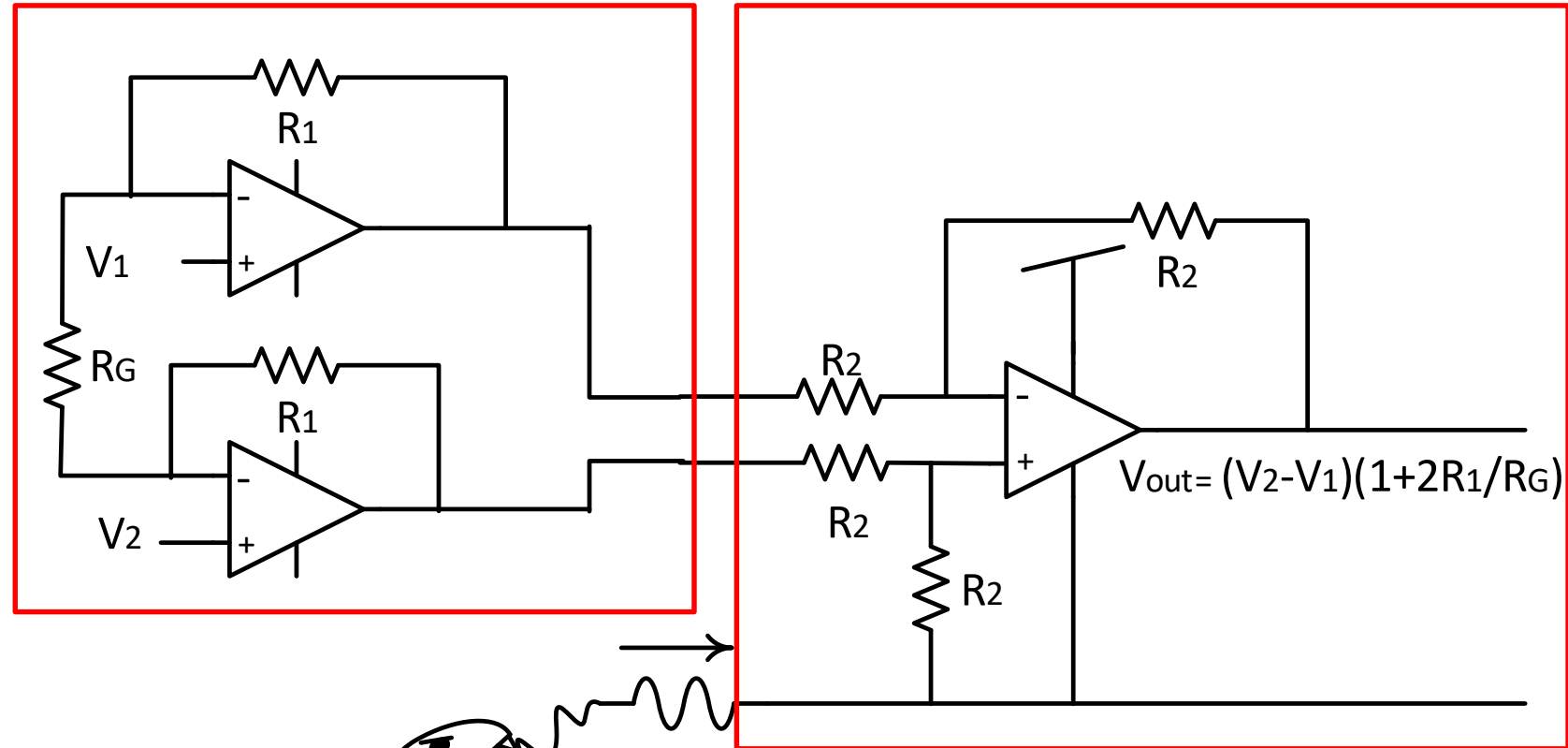
Bedre: Ren Differensiell Krets

- Differensiell krets med én opamp,
 - Bedre enn en ikke-differensiell krets,
 - avhengige av at inngangsimpedansen 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!
 - Vi ønsker høy inngangsimpedans...
 - Jobber vi med f.eks en wheatstone-bro, har vi typisk en motstand som kan være ganske stor før forsterkerkretsen...



Best: Instrumenteringsforsterker

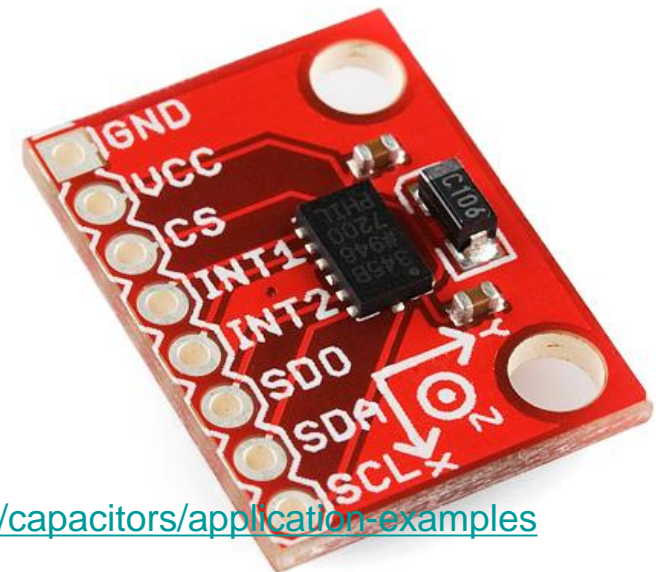
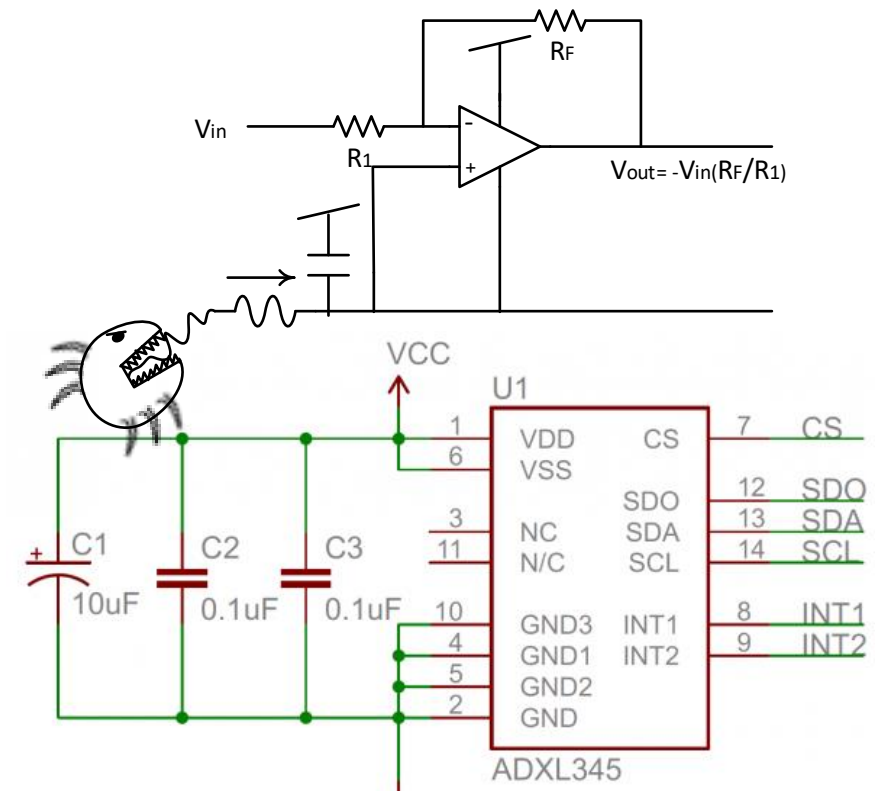
- Høy inngangsimpedans
 - V_1 og V_2 går rett inn i opamp
(=> ~ 0 strømtrekk)
- Signalene forsterkes like mye i det første steget.
 - Støy fra strømforsyning forsterkes likt i de to første opampene
- Det andre steget med forsterkes differensielt (her: med gain på 1), slik at vi får én utgangsspenning.
- Instrumenteringsforsterker:
 - Høy inngangsimpedans
 - Lav utgangsimpedans
 - Høy CMRR
 - Høy, differensiell forsterkning
 - Finnes i mange varianter, men har disse trekkene felles.



Avkoblingskondensator

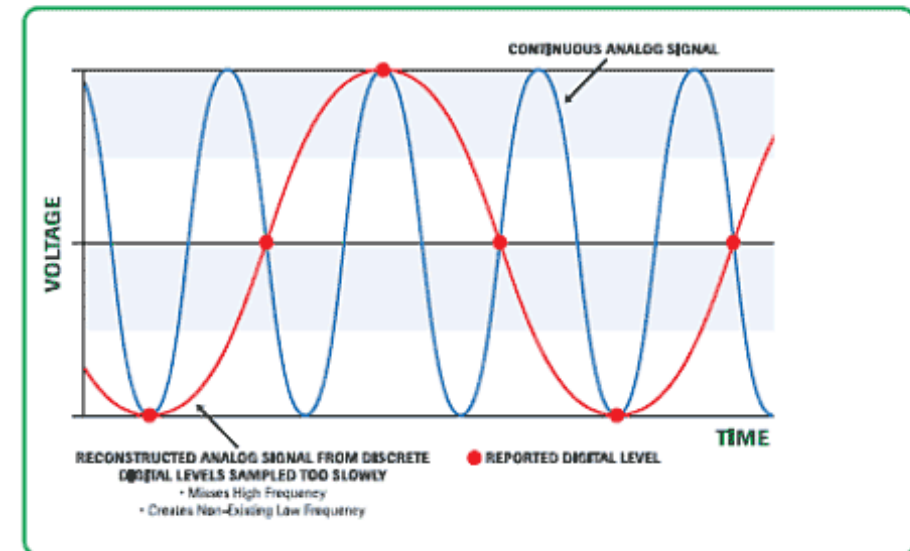
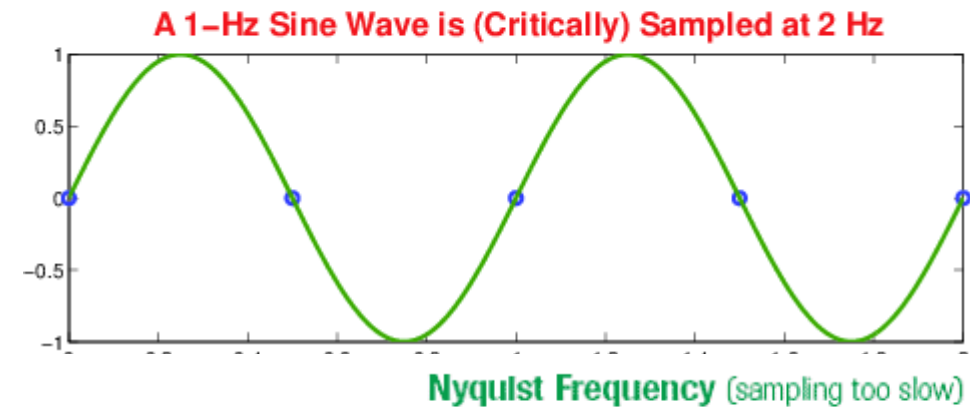
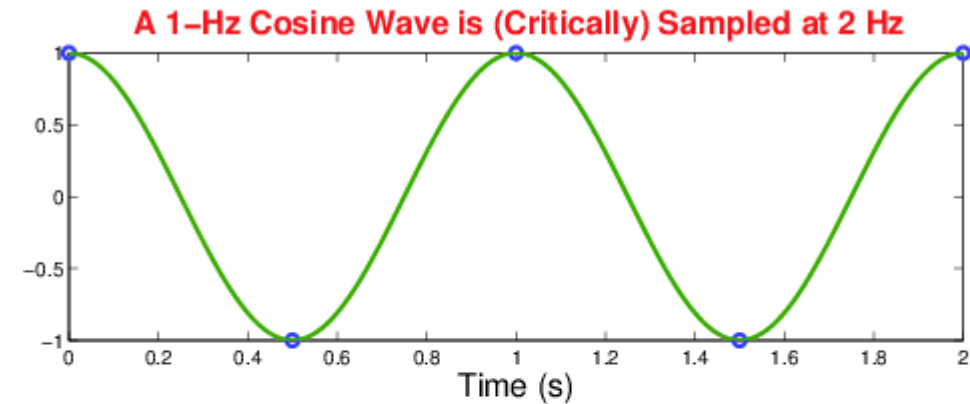
Små endringer i strømforsyning kan gi utslag i form av støy når vi holder på med sensitive komponenter.

- **Avkoblingskondensatorer** («bypass» «decoupling capacitor») settes rett ved strømforsyningspinnene til integrerte kretser (IC'er).
 - Disse tar opp små svingninger i spenning, og glatter ut inngangsspenningen.
- Størrelsen på avkoblingskondensator varierer.
 - Hurtigswitchende komponenter benytter gjerne små, raske kondensatorer omkring 100nF- 10uF
 - Strømforsyninger bruker typisk mye større kondensatorer.
- Datablad til komponenter sier ofte hva som er en fornuftig størrelse på avkoblingkondensatorer



Analog til Digital konvertering

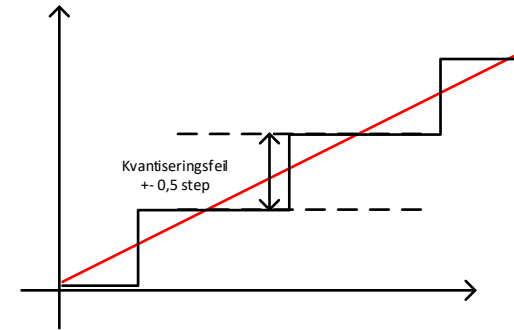
- Etter å ha konvertert et sensorsignal til en passende spenning kan vi konvertere det til et digitalt signal.
- Det finnes mange teknikker for å konvertere spenninger fra et analogt til et digitalt signal. Alt etter metode får man ulike samplingshastigheter, presisjon, kvantiseringsfeil osv.



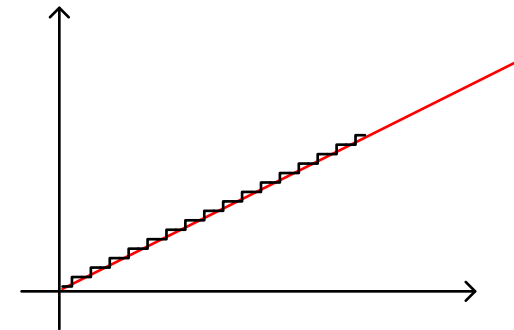
Kvantisering

- Kvantiseringen er presisjonen vi sampler med.
- Kvantiseringsfeil er avviket mellom det vi måler og den faktiske verdien til signalet.
 - Eks: 8 Bits presisjon, betyr at vi har binærkode som kan ha verdier fra $0-2^8 = 255$.
 - Leser vi av en spenning mellom 0 og 5V med 8 bits presisjon, har vi 256 nivåer mellom 0 og 5V. Hvert step (LSB) blir på $5V/256 = 19,5mV$
 - Kvantiseringsfeilen $\pm \frac{19,5mV}{2} = \pm 9,8mV$

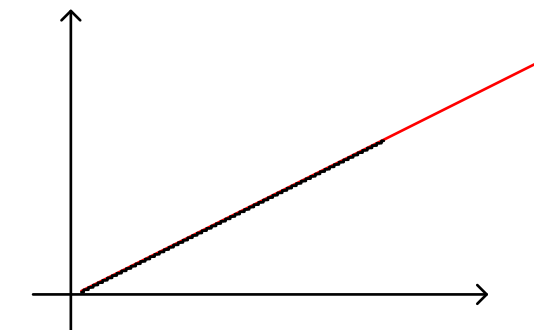
2 bits presisjon:
4 nivåer



4 bits presisjon:
16 nivåer



6 bits presisjon:
64 nivåer

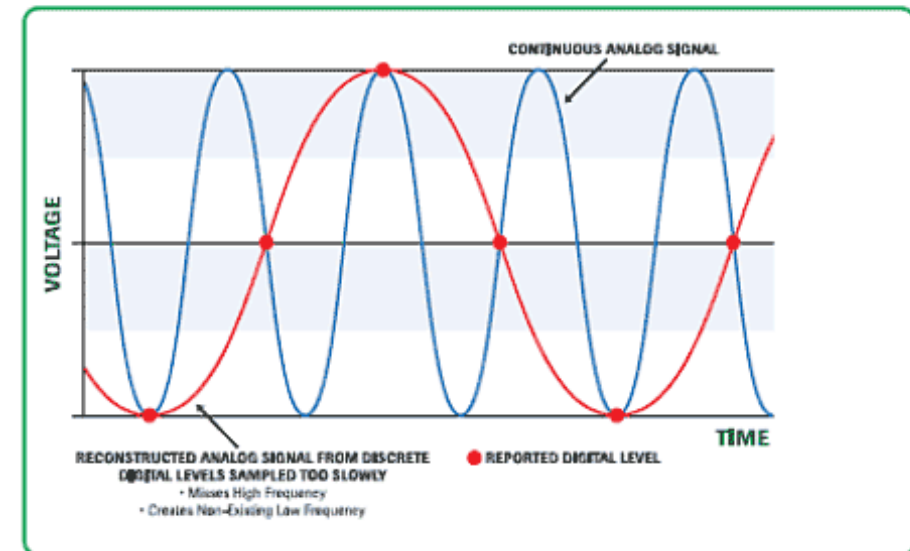
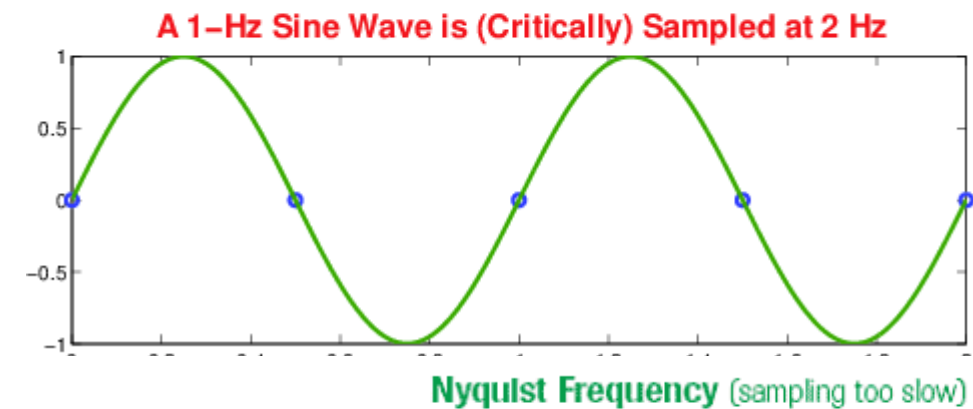
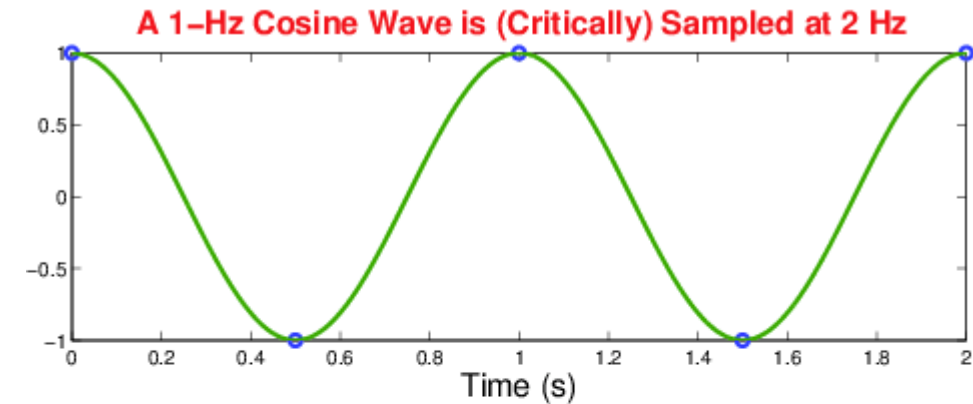


Samplingsfeil, aliasing og nyquist

- 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.

$$f_{Nyquist} = \frac{f_{sample}}{2}$$

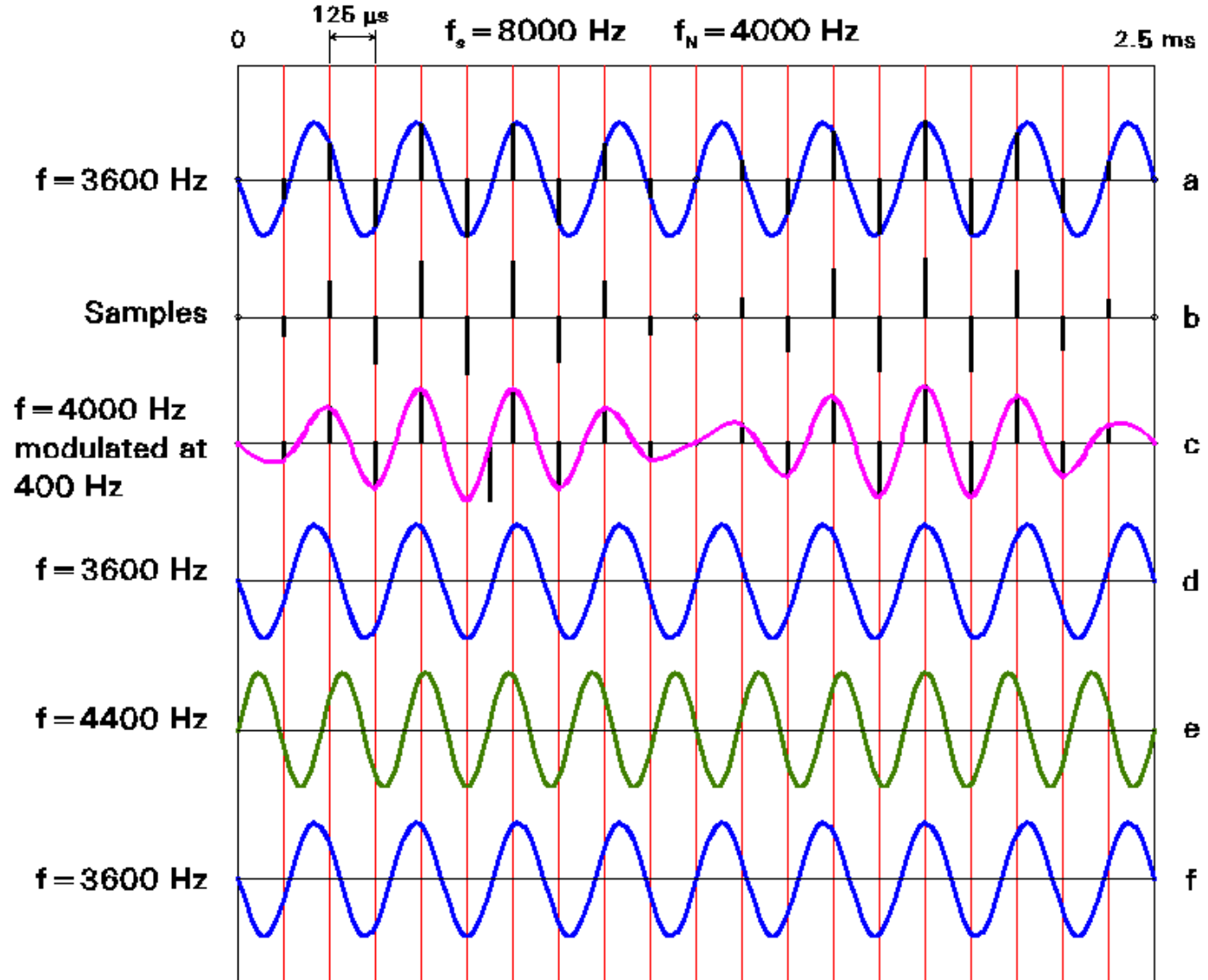
- **MERK** "Nyquist rate" = 2x maxfrekvens

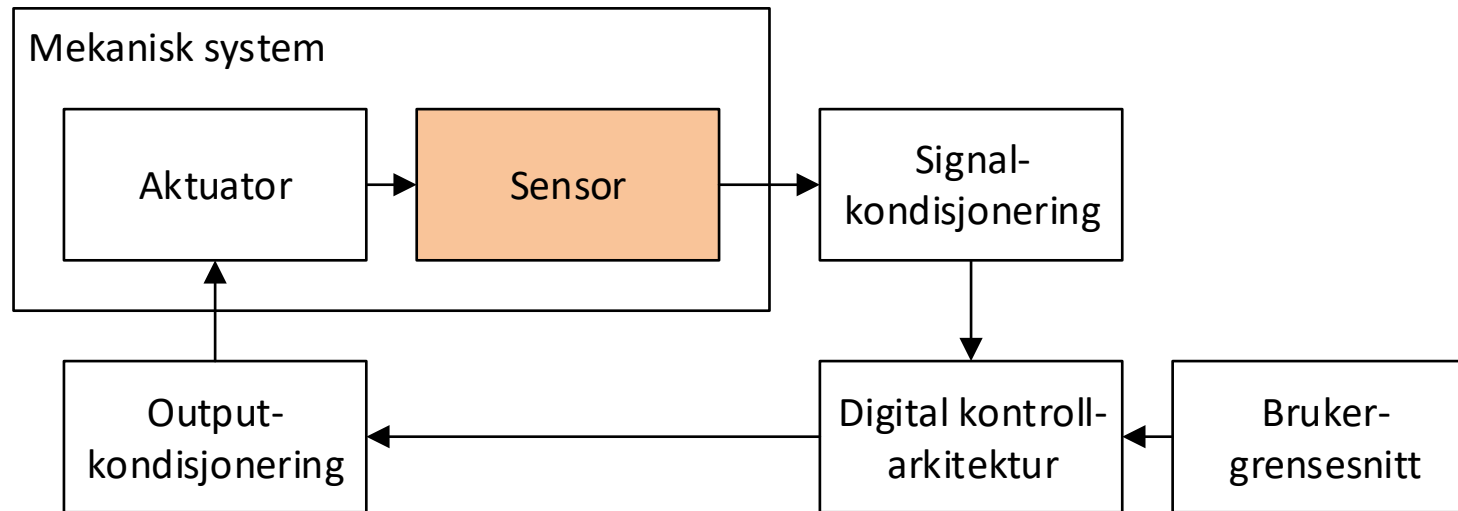


- I det vi konverterer et signal fra analog til digitalt kan det samme digitale signalet brukes til å gjengi flere signaler enn det vi opprinnelig konverterte.
- Ufiltrerte høyere frekvenser ved sampling vil synes som lavere frekvenser.
- For å unngå dette problemet, må vi filtrere bort frekvenser høyere enn halve samplingsfrekvensen. (F.eks med et lavpassfilter).
- [For å få riktig amplitude må samplingsfrekvensen være mye større enn signalfrekvensen (10x+)].

$$f_{sample} \gg f_{signal}$$

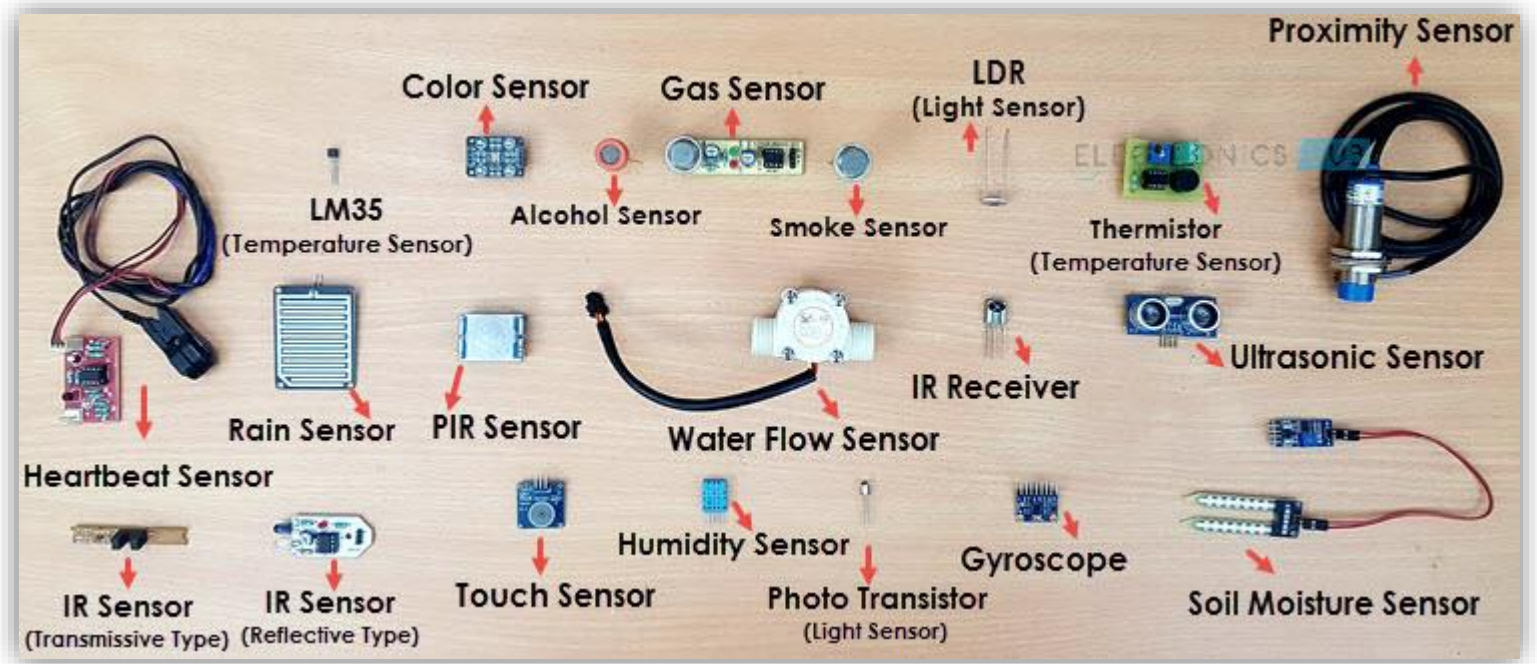
Aliasing





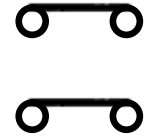
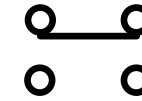
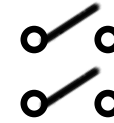
Hvordan er sensorer bygd opp?

- Brytere
- Motstand
- MEMS
- Induktive sensorer
- Hall sensor
- Optiske sensorer

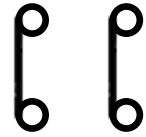
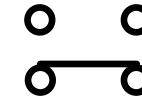
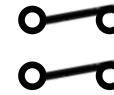


Brytere

1



2



SPST/
Form-A/
Form-B

SPDT/
Form-C/
Form-D

DPST/
DPCO

- Bryterkonfigurasjoner
 - Lett å avsløre med multimeter

- Terminologi
 - Firebokstavers koder for brytere se

<https://en.wikipedia.org/wiki/Switch>

- P = «Pole» er antall brytere
- T = «Throw» er antall muligheter per pol
- S = «Single»
- D = «Double»
- NO = Normally Open

Prell

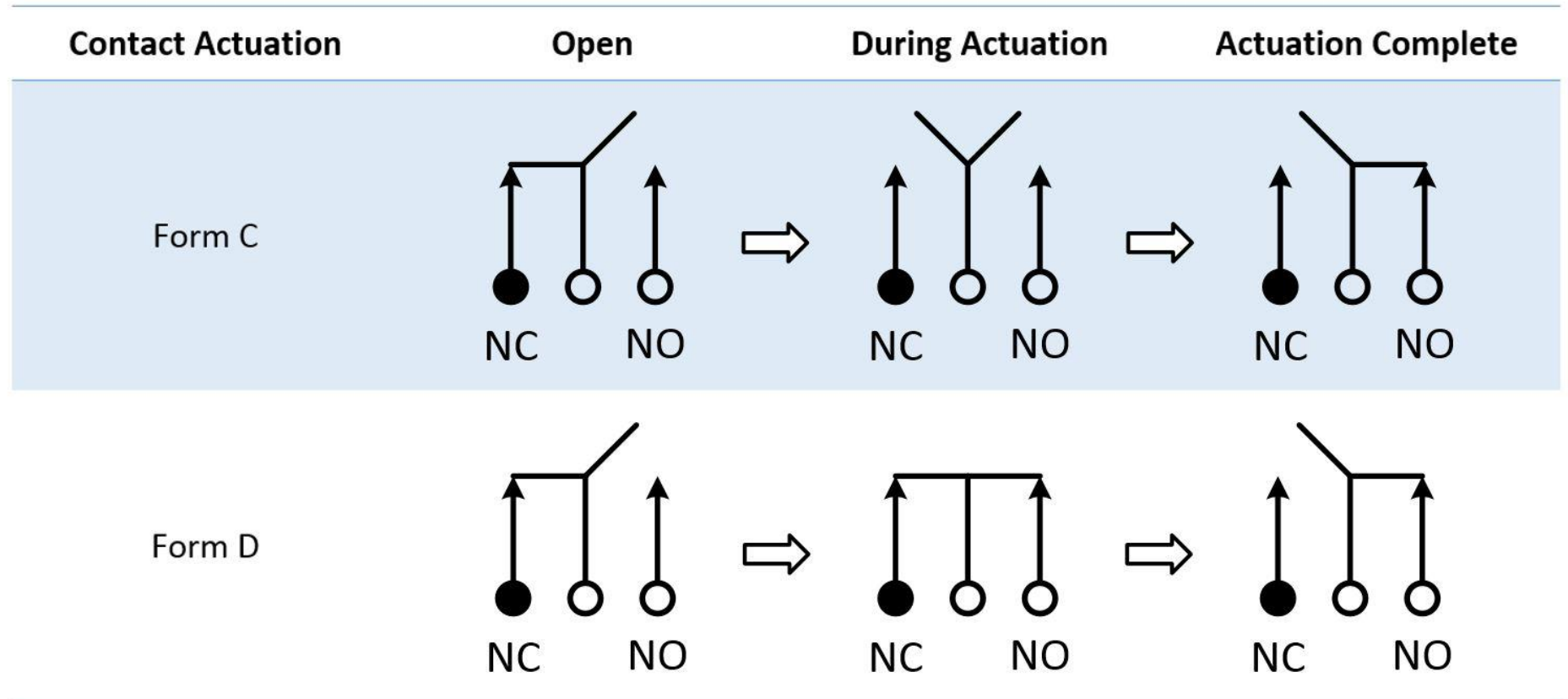
Vanlig i mekaniske kontakter. Digitale systemer må ta høyde for at det forekommer.



Brytere-terminologi

Hver pinne kan beskrives som:
 NC = Normally Closed
 NO = Normally Open

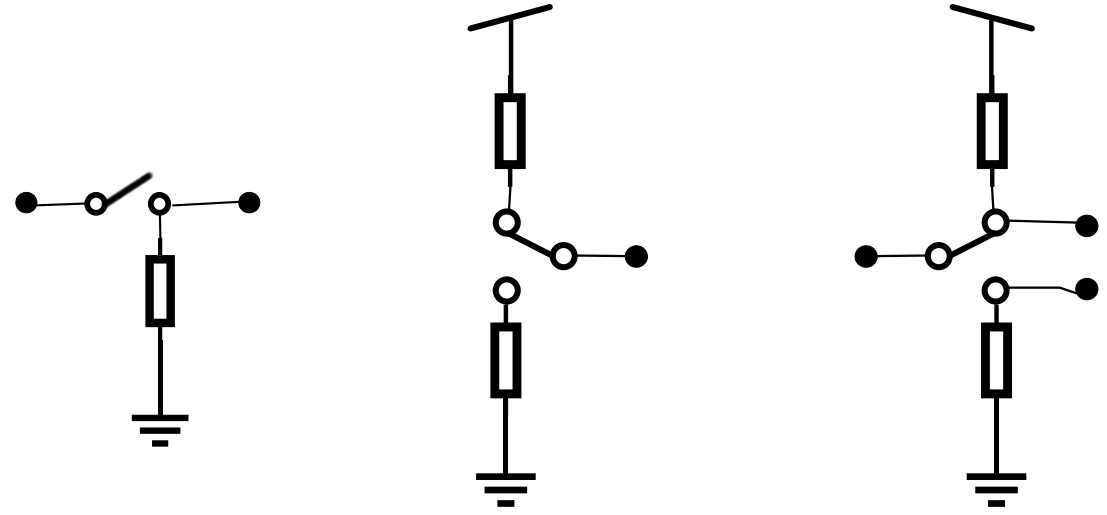
MERK forskjell på form D og form C før du har fullført aktivering



<http://www.ni.com/white-paper/3960/en/>

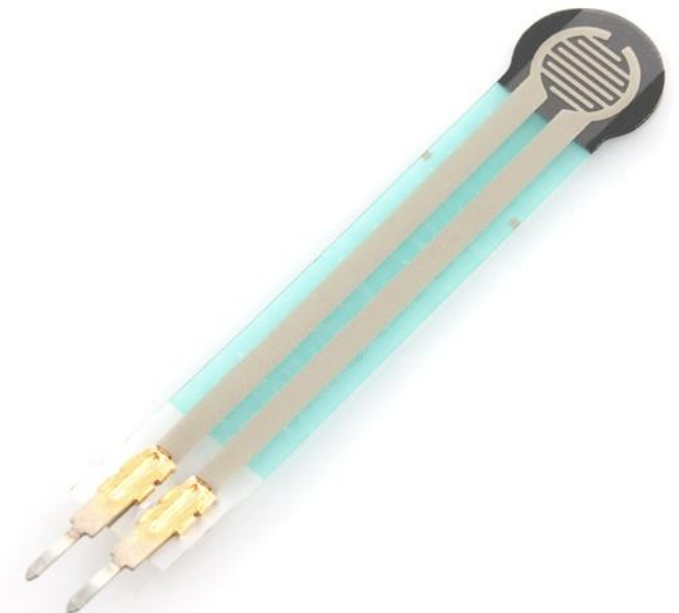
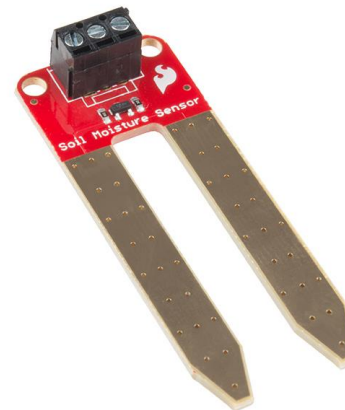
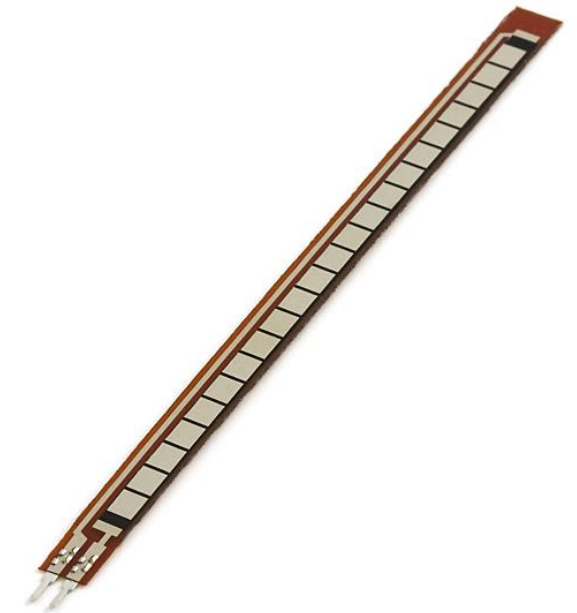
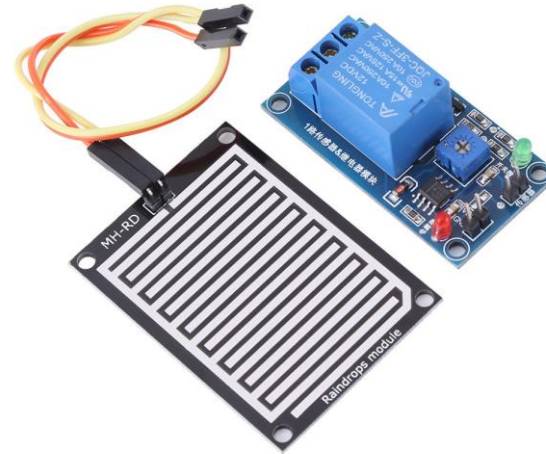
Pull-up/-Down

- Pullup / Pulldown
 - Brukes i forbindelse med
 - Brytere
 - Busser
 - IO- porter



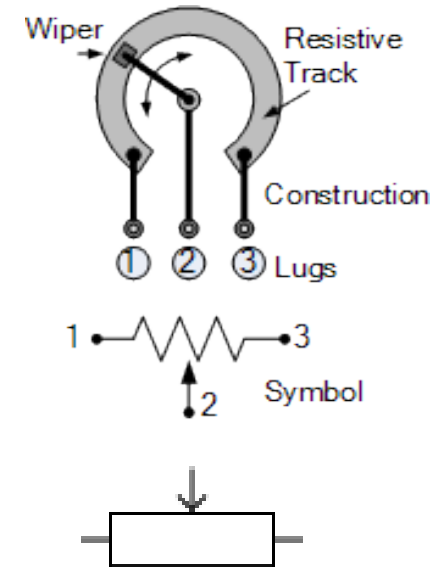
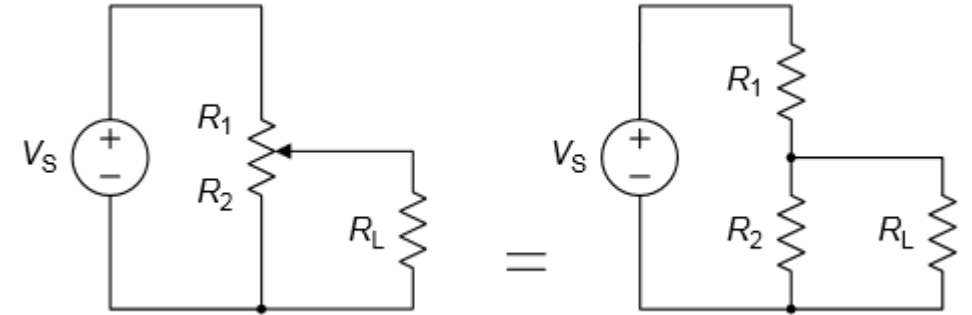
Motstandsbaserte sensorer

- *Krever at de inngår i en spenningsdeler som for eksempel en wheatstone bru.*
- FSR: Force resistive sensor
 - Inneholder en polymer som leder strøm bedre dess mer den er klemt sammen
 - Billige, men ikke spesielt nøyaktige i bruk
- Regnsensor og Fuktighetssensor for jord
 - Utnytter at vann senker resistansen mellom trådene
- Potensiometer
 - Måler gjerne vinkel ved å endre kontaktpunktet på et metallbånd
- Strekkklapper / Trykksensor
 - En motstandstråd der motstanden øker når sensoren strekkes (til å måle krefter/ vibrasjoner, ikke lange utslag)
 - Typisk brukt i en wheatstone bru (neste foil)
- Temperatursensor

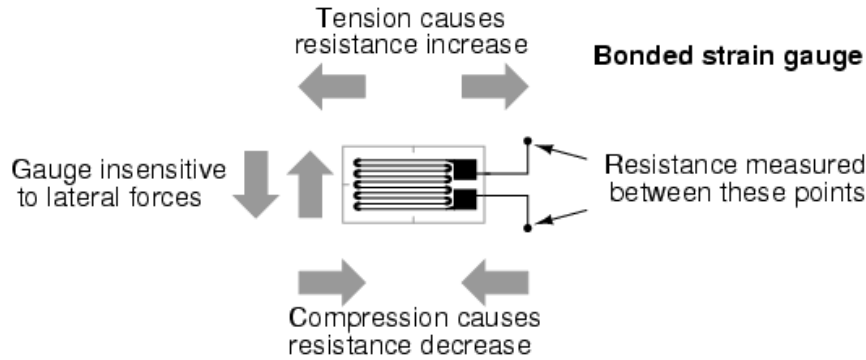


Potentiometer

- 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



Eks s1/2: Strekkklapp (Strain Gauge)

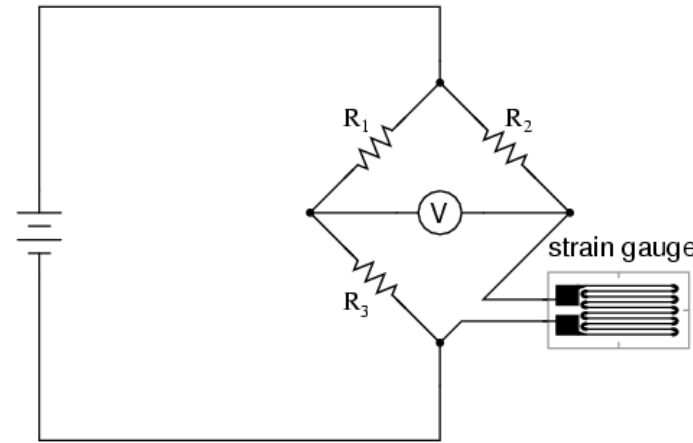


$$R = \rho \frac{L}{A}$$

ρ (Rho) er resistiviteten til det ledende materialet oppgitt i Ωm , L er lengden (m) og A er arealet av tversnittet (m^2).

Ved kompresjon så minker L og A øker, omvendt ved strekk.

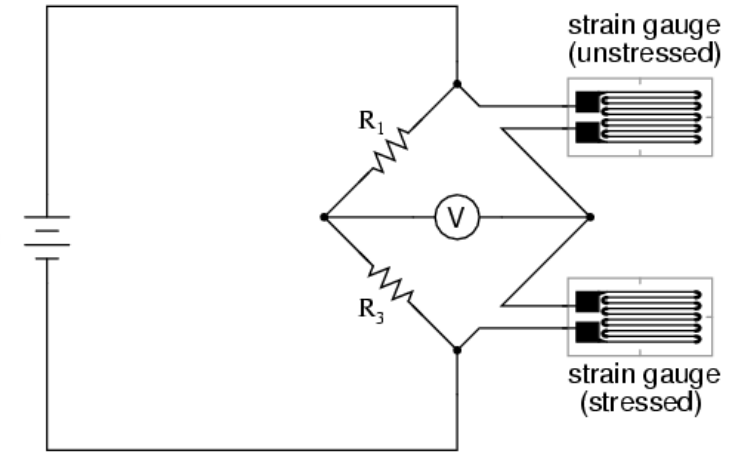
Quarter-bridge strain gauge circuit



En Quarter Bridge (wheatstone bru) kan brukes.

Presisjonen blir dårlig: Strekkklappen endrer resistans med temperatur og lineariteten ikke er allverdens, samt at utslaget er lite.

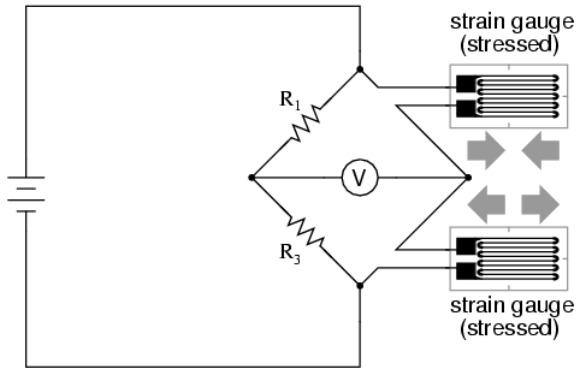
Quarter-bridge strain gauge circuit with temperature compensation



En strekkklapp som ikke strekkes, satt inn i samme bru, kan vi kompensere for temperatursvingninger.

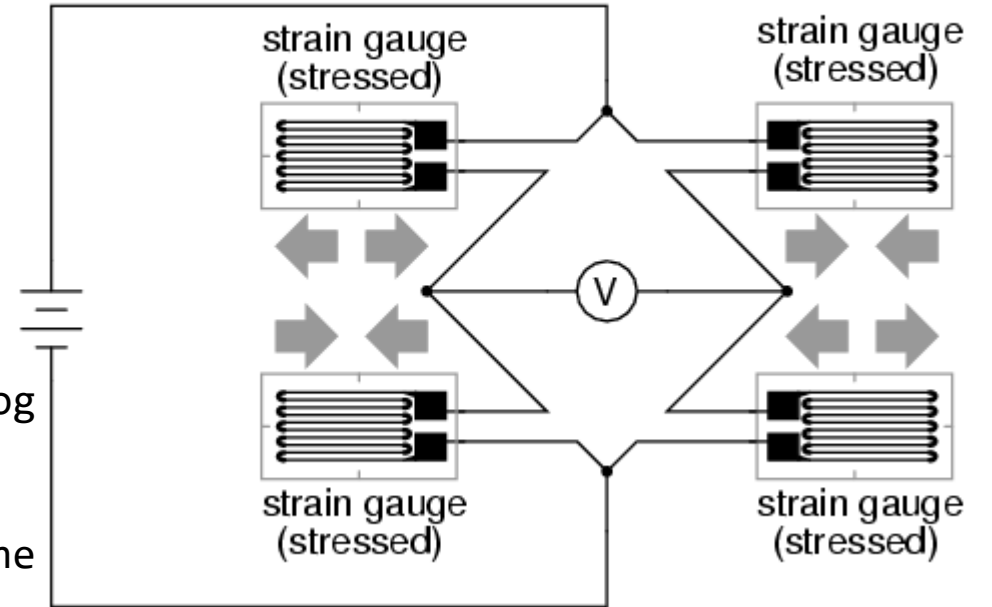
Men utslaget er fremdeles lite og med dårlig linearitet

Half-bridge strain gauge circuit



Hvis vi benytter begge strekkklappene i hver sin retning, får vi bedre linearitet, og noe bedre utslag, men det kan fremdeles forbedres...

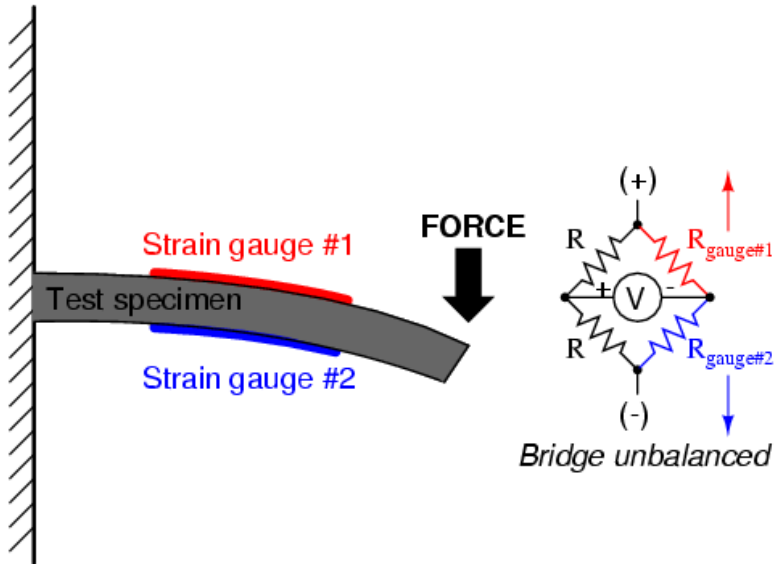
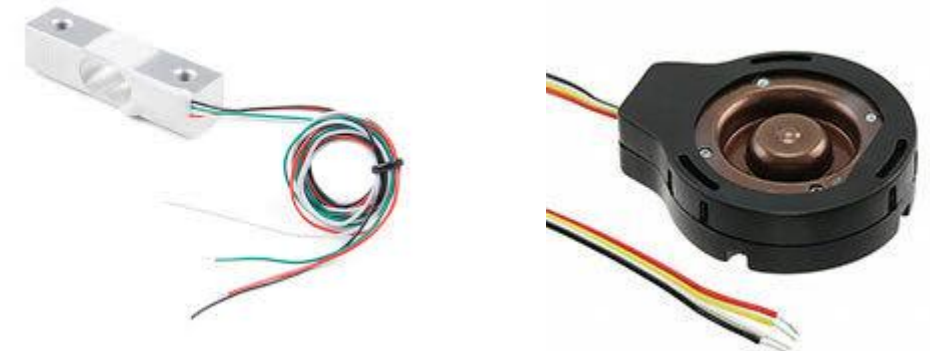
Full-bridge strain gauge circuit



Med en "Full bridge", så får vi maksimalt utslag, og god linearitet.

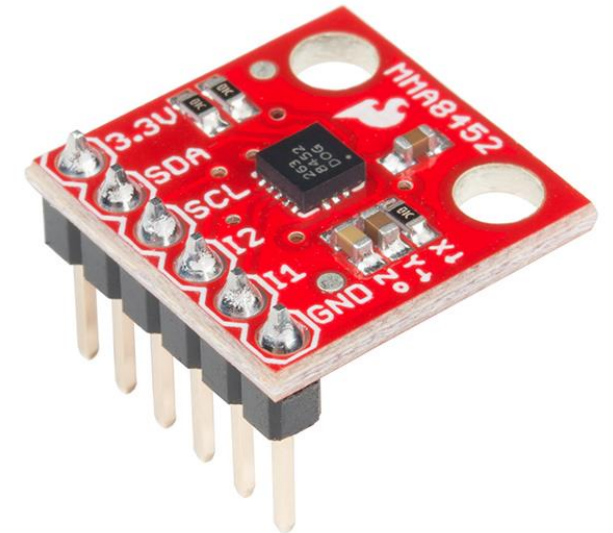
Tykkelsen på ledningsbanene kan kalibreres (trimmes) under produksjon.

En "load cell" vil typisk bestå av en full bridge, ferdig kalibrert, beregnet for bestemte applikasjoner. Form kan variere...



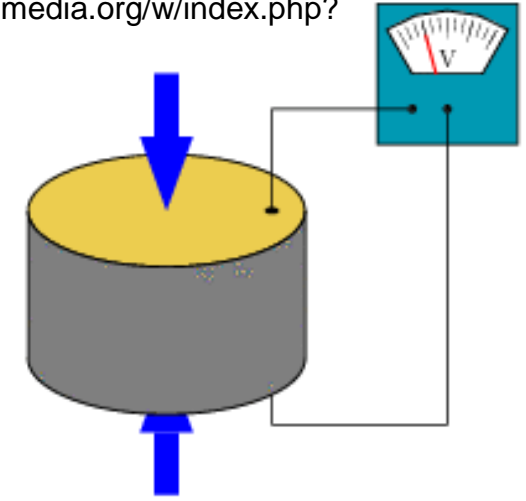
MEMS-sensorer

- MEMS = Micro electro mechanical systems.
 - Bruker CMOS teknologi til å lage mekaniske strukturer for bestemte formål. Strukturene er vesentlig større enn vanlige transistorer (Mikro, ikke nano).
- Kommer typisk ferdig i en chip
 - Selges ofte i små moduler
 - Ofte kan disse kommunisere digitalt over en buss (I2C, SPI el.)
 - Kan lages i ASICs (Application Specific Integrated Circuit)
 - DVS de kan være på samme chip som en mikrokontroller
- Mest typiske eksempler er
 - Aksellerometer
 - Gyroskop
 - Trykksensorer
 - Vibrasjonssensorer
 - Magnetometer
 - Lab on Chip - sensorer for medisinsk bruk.



Piezoelektriske sensorer

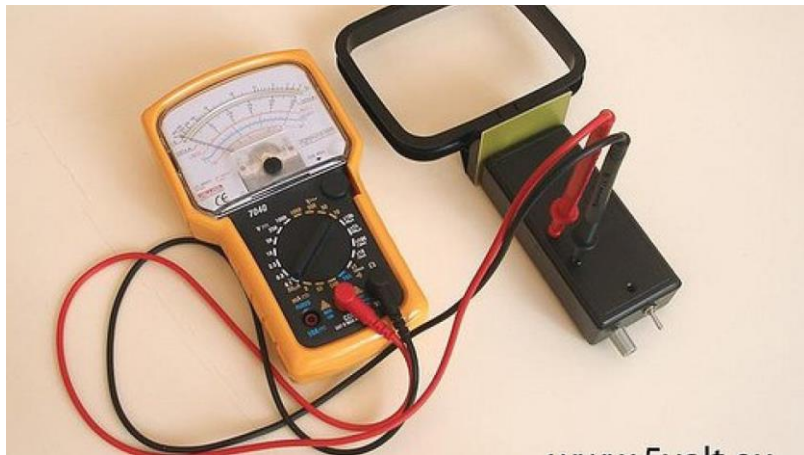
- Piezoelektriske elementer genererer strøm i det de trykkes eller strekkes (avhengig av form).
- Piezoelementer brukes til å endre form avhengig av hvilken spenning de utsettes for (Transducer).
- Brukes typisk der man skal måle frekvens og amplitude:
 - Brukes i mikrofoner
 - Gitarpickups
 - Vibrasjonssensorer
 - Ultralydtransducere (Sonar, ekkolodd).
- Piezoelektriske elementer
 - er aktive i den forstand at de kan generere strøm
 - Er passive i den forstand at de ikke må tilføres spenning for å generere strøm.



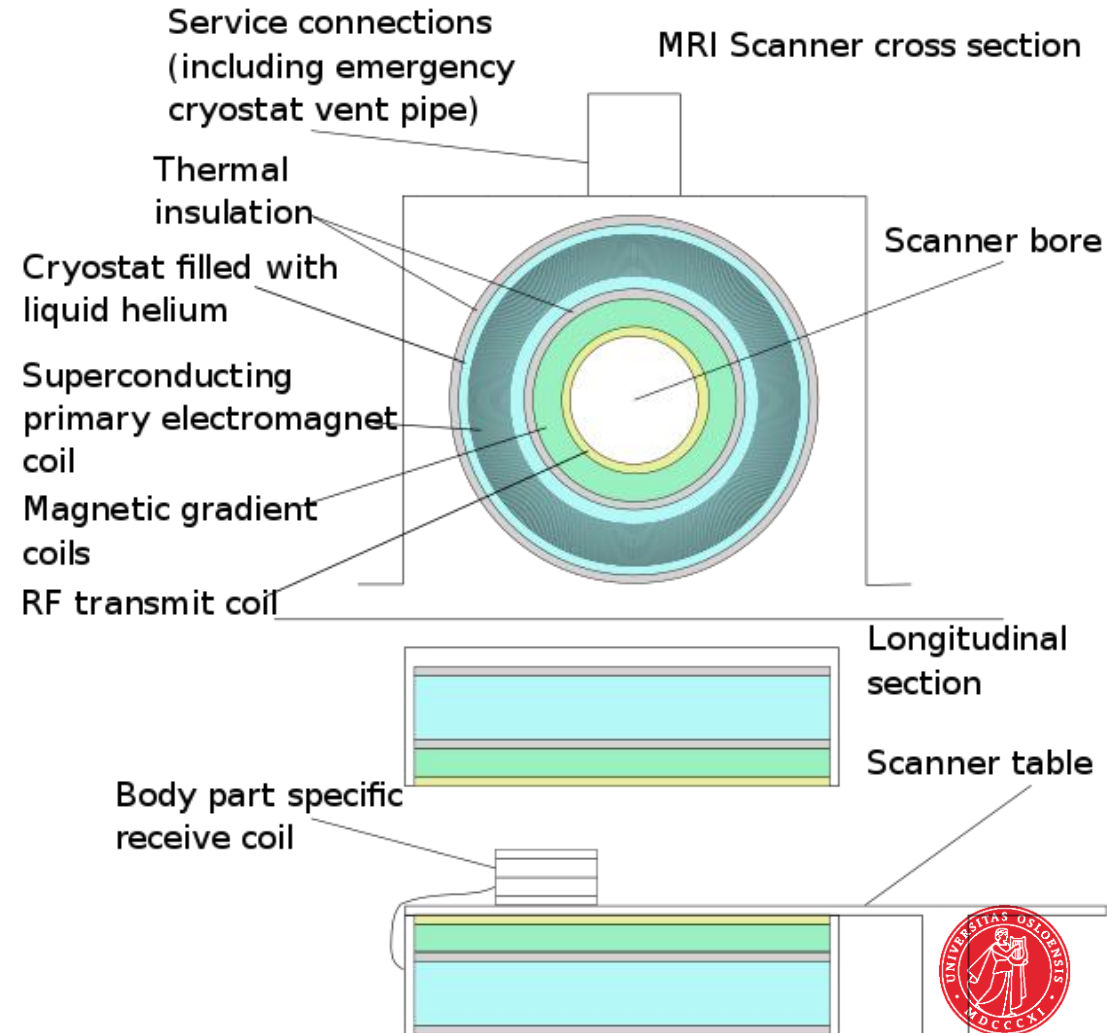
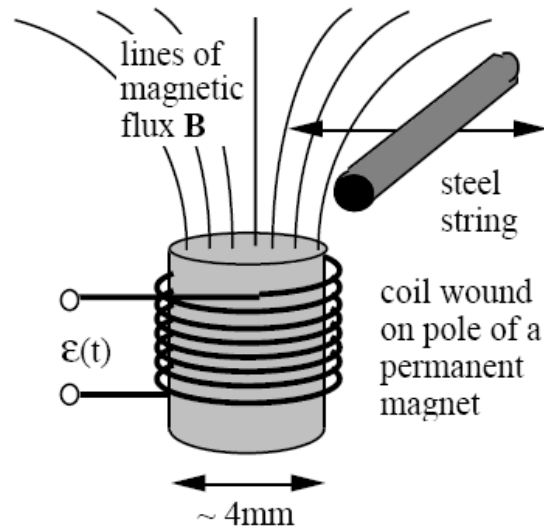
Induktive / magnetiske sensorer

Består av spoler, måler vekslende magnetfelt

- Mikrofoner
- Gitar pickups
- MR -maskiner
- Flux-meter

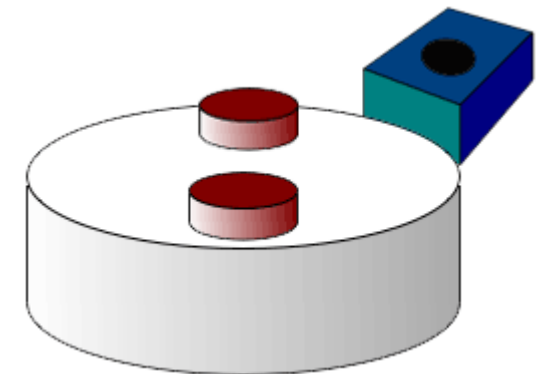
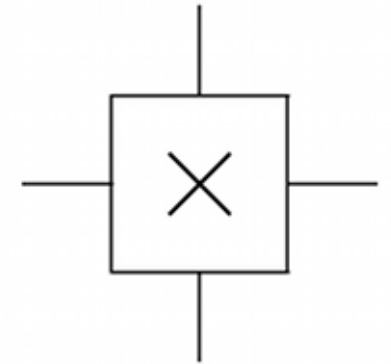


Schematic diagram of a simple pickup.



Hall sensor

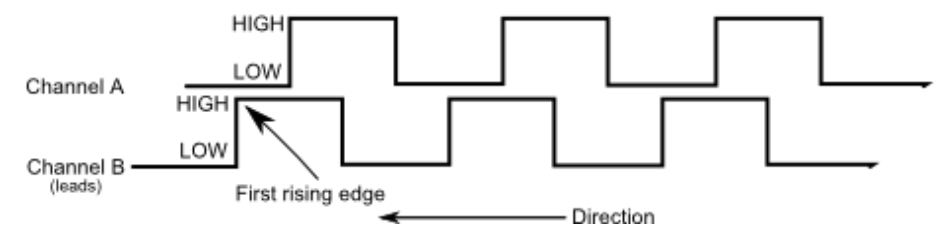
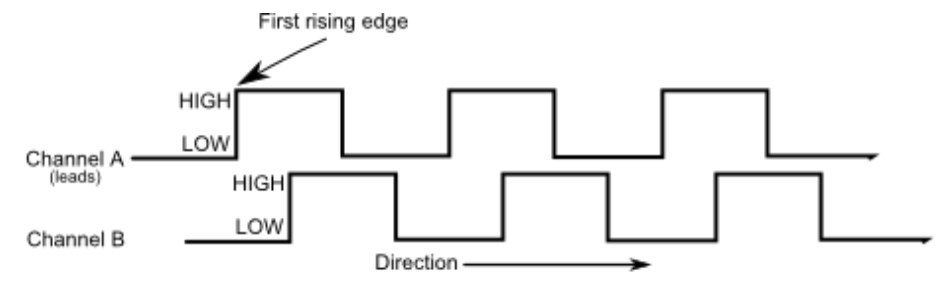
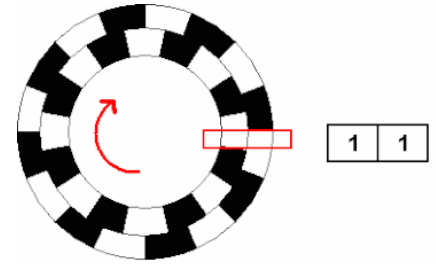
- En hall sensor måler absolutt magnetfeltstyrke
- I Hall sensoren lar man strøm gå over en plate av et halvledermateriale. Dersom strømmen er 90 grader på magnetfeltet vil negative og positive ladninger trekkes til hver sin side, og generere en spenning.
- Spenningen er proporsjonal med magnetfeltet.
- Halvledermaterialet og dopingene bestemmer sensitiviteten



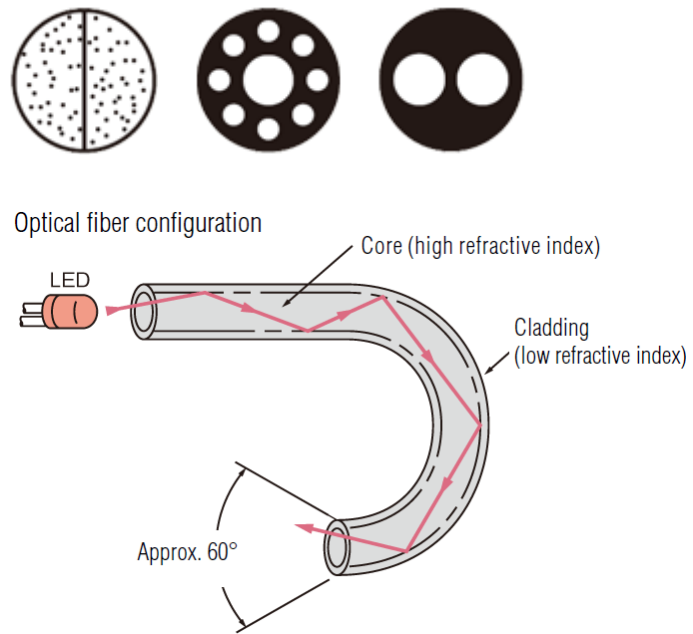
By Sidehack at English Wikibooks - Transferred from en.wikibooks to Commons., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=61795514>

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

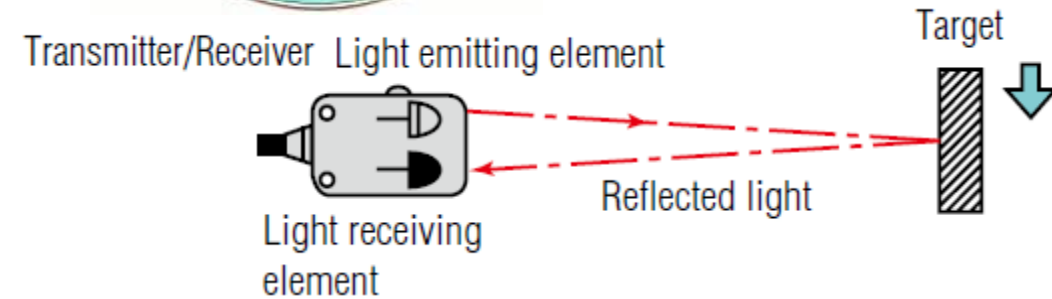


- lesegaffel
- Laser sensorer (egen foil)
- Fiber optiske sensorer
- Kamera (Sensor bayer etc.)
- IR-kamera
- Røykvarsler



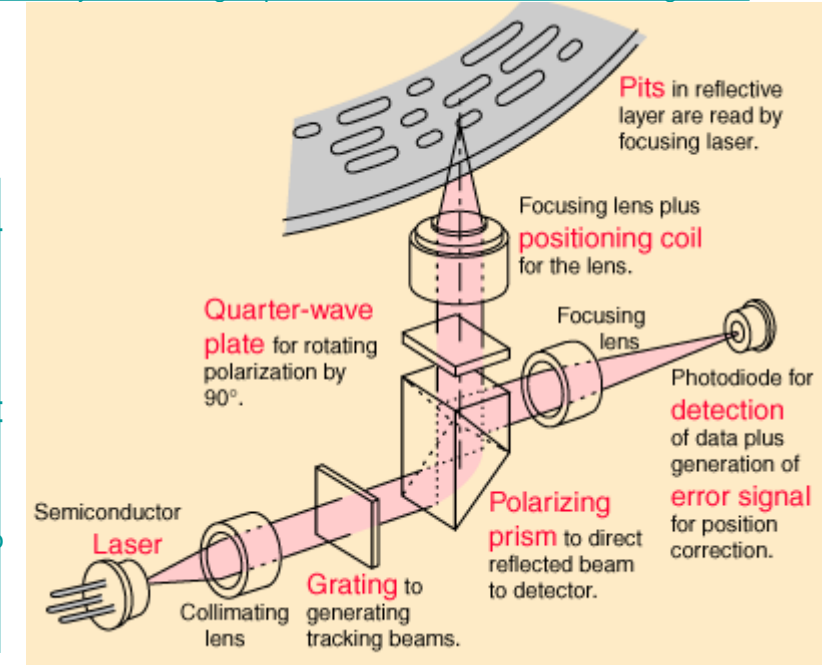
Lasersensorer

- Lasere (Light amplification by stimulated emission of radiation) avgir (normalt) monokromatisk, koherent lys som kan fokuseres svært nøyaktig til en stråle.
- Lasermålere består gjerne av både en sender og en mottagerdel.
- Lasersensorer er på alle måter aktive sensorer,
 - de trenger strøm for å sende ut laserlys som de igjen måler ved retur
- Lasersensorer kan bruke forskjellige prinsipper:
 1. Ved å måle «Time of flight» fra lyssignalet sendes ut til det kommer tilbake (Lidar, avstandssensorer, 3D-scannere)
 2. Ved å måle variasjon i lysintensitet (hastighetsmålere for bil, mus ol, CD spillere)
 3. Ved å måle endringer i bølgelengde på det utsendte lyset (Raman spektroskopi)
- Lasersensorer virker bokstavelig talt med lysets hastighet, så en laser kan scanne store områder på kort tid.
- NB: Laserstråler på ca $1\text{mw}/\text{cm}^2$ kan gi øyeskader.
 - Bruk av lasere med høyere klasse enn 2 krever dispensasjon fra statens strålevern.



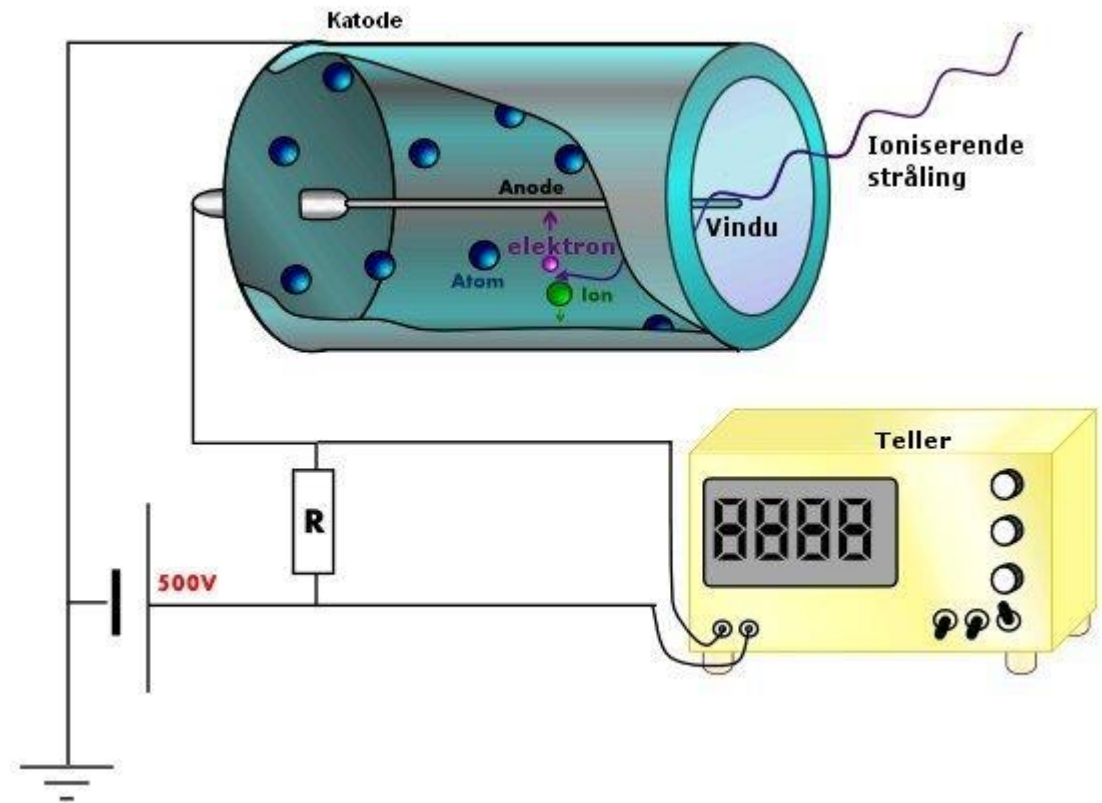
https://www.keyence.com.sg/ss/products/sensor/sensorbasics/laser_light/info/

<http://chadorzel.com/principles/2010/02/23/amazing-laser-application-4-op-1/>



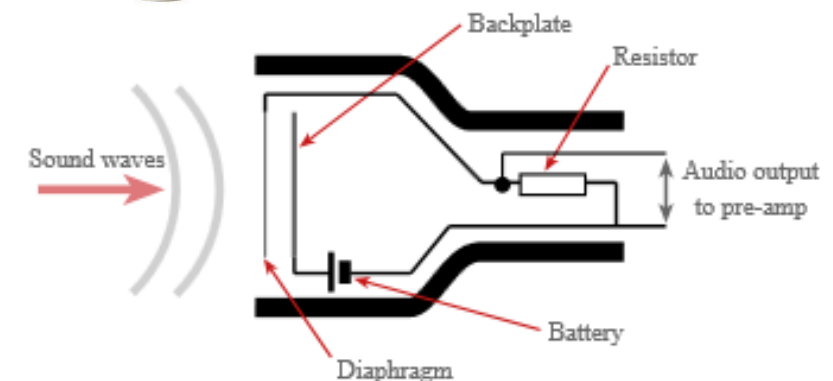
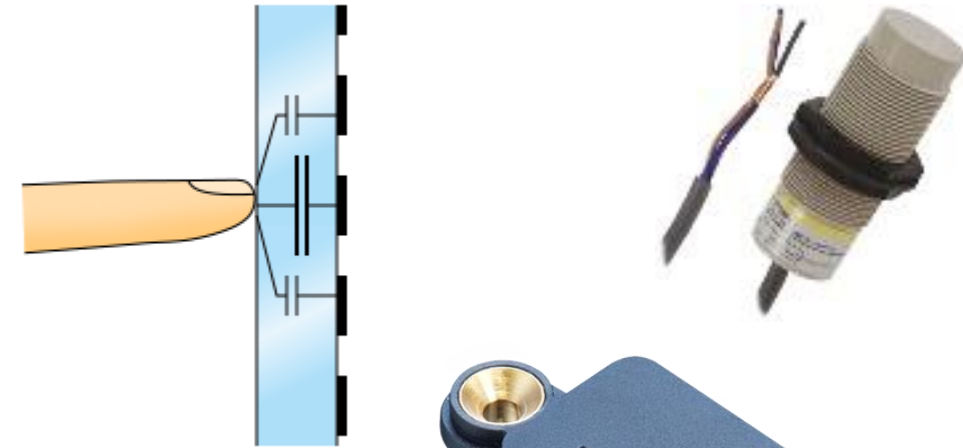
Ioniske sensorer

- Røykvarsler
- Geigerteller



Kapasitive sensorer

- Berørings-skjermer
- Trackpads ol.
- Kontakt/ Nærhetssensor
 - Brukes i industri-systemer / samlebånd ol.
 - Kan virker gjennom glass, plast, papp, ol.
 - Avhenger av hvordan jording skjer- i sensoren, eller utenfor.
- Kondensatormikrofoner
 - Kondensatoren forspennes typisk med 48V DC. Når membranen beveger seg genereres vekselspenning over motstanden. Utgangsimpedansen er høy, så forsterkerledd er gjerne nødvendig.



Lesestoff:

- AD konvertere

Lese: : 19.1 tom 19.3

Oppgaver: 19: 1, 3, 4, 7, 8

- Sensorer

Lese: Hele kapittel 13. NB: Ikke alt trenger dybdeleses:

Vektlegge forståelse/ dybde i

13.4 tom 13.4.4.3 (brytere, resistive sensorer) ,

13.5.2 tom. 13.5.2.2 (strekklapp, load cell),

13.5.6 tom 13.5.6.2 (optiske enkodere)

Oppgaver: 13: 7, 10

- Signalkondisjonering

Lese 14.5.1 (Instrumenteringsforsterker).

(ikke oppgaver fra dette kapitlet).