

Forelesning nr.13 INF 1411

Elektroniske systemer

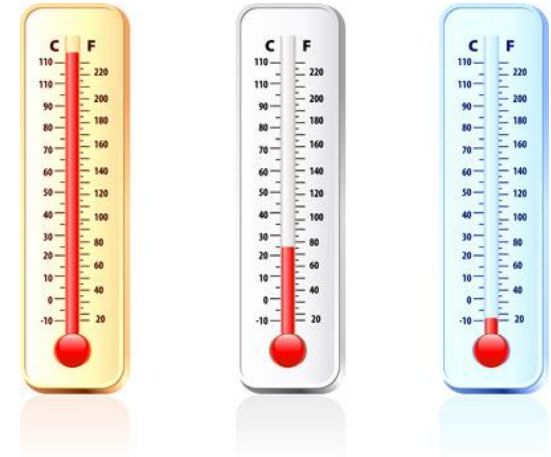
Sensorer
AD og DA-konvertering



Dagens temaer

- Sensorer for måling av
 - Temperatur
 - Strekk, press, trykk og væskestrømmer
 - Hastighet og akselerasjon
- Digital-til Analog konvertering (DAC)
- Analog-til-Digital konvertering (ADC)
- Dagens temaer er hentet fra kapittel 19.1-19.5 + ekstrastoff dekket kun av forelesning

Temperaturmåling



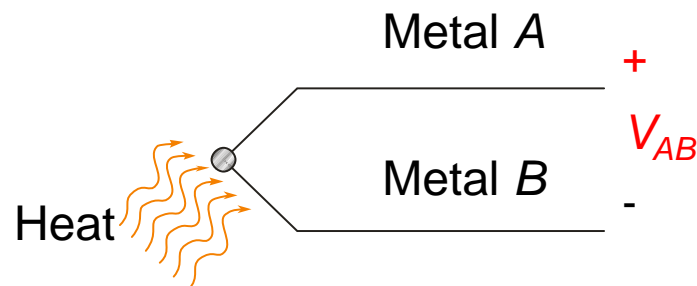
- Måling av temperaturer er avgjørende på ulike områder, bla i industrielle prosesser, helse, varme og energi
- Konvensjonell temperaturmåling er basert på varmeutvidelseskoeffisienter til ulike materialer som kvikksølv og etanol, og avlesningen var med det blotte øye
- Moderne temperaturmålere er transducere: Temperaturavlesningen konverteres til en spenning eller strøm som er proporsjonal med temperaturen

Temperaturmåling (forts)

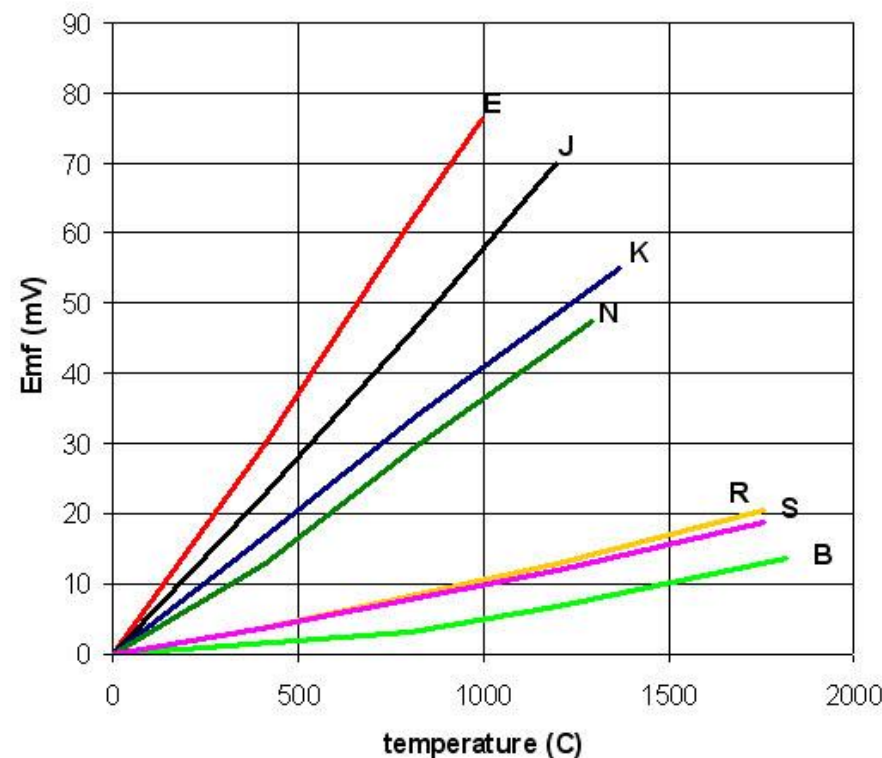
- Det benyttes i dag hovedsaklig tre typer transducere:
 - Termokoblinger
 - Temperaturavhengig resistans
 - Termistorer
- Alle har begrensninger i temperatur-område, presisjon, linearitet og dynamikk
- Begrensningene trekker som regel i motsatt retning, dvs at om man velger høy presisjon har man lite temperaturområde
- Ikke-linearitet kan relativt enkelt kompenseres



Termokoblinger

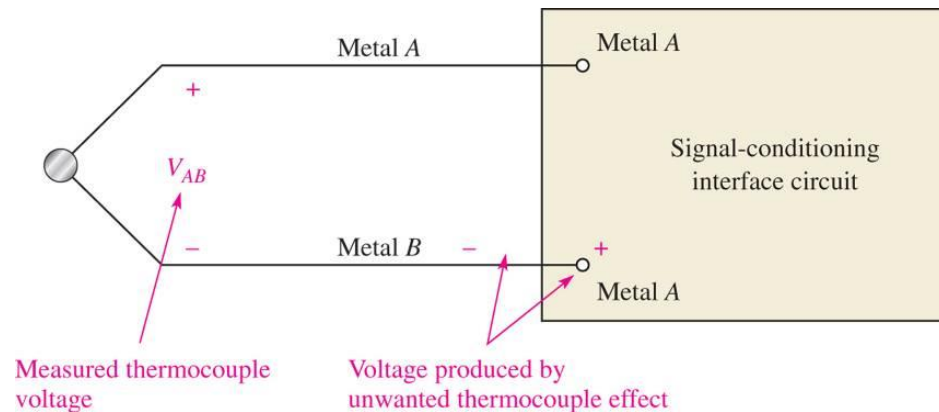


- Termokoblinger er baserer seg på *Seebeck-spenningen*
- Hvis to ulike metaller eller legeringer forbindes, oppstår det et elektrisk felt i overgangen (størrelsesorden mV)
- Størrelsen på feltet øker tilnærmet lineært med temperaturen
- Termokoblinger kan måle fra -250 til 2000° C, men for en gitt metallkombinasjon er måleområdet mindre



Termokoblinger (forts)

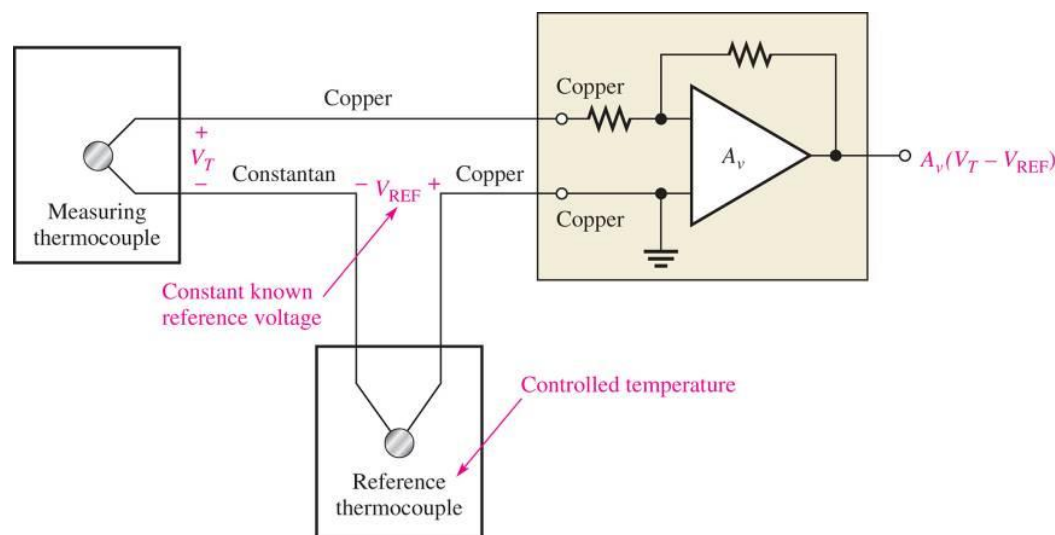
- Enhver metall-metall overgang vil produsere et elektrisk felt, derfor vil tilkoblingen til en termokobling introdusere en ekstra termokobling



- Det er viktig at man kompenserer for parasitt-spenningene som introduseres

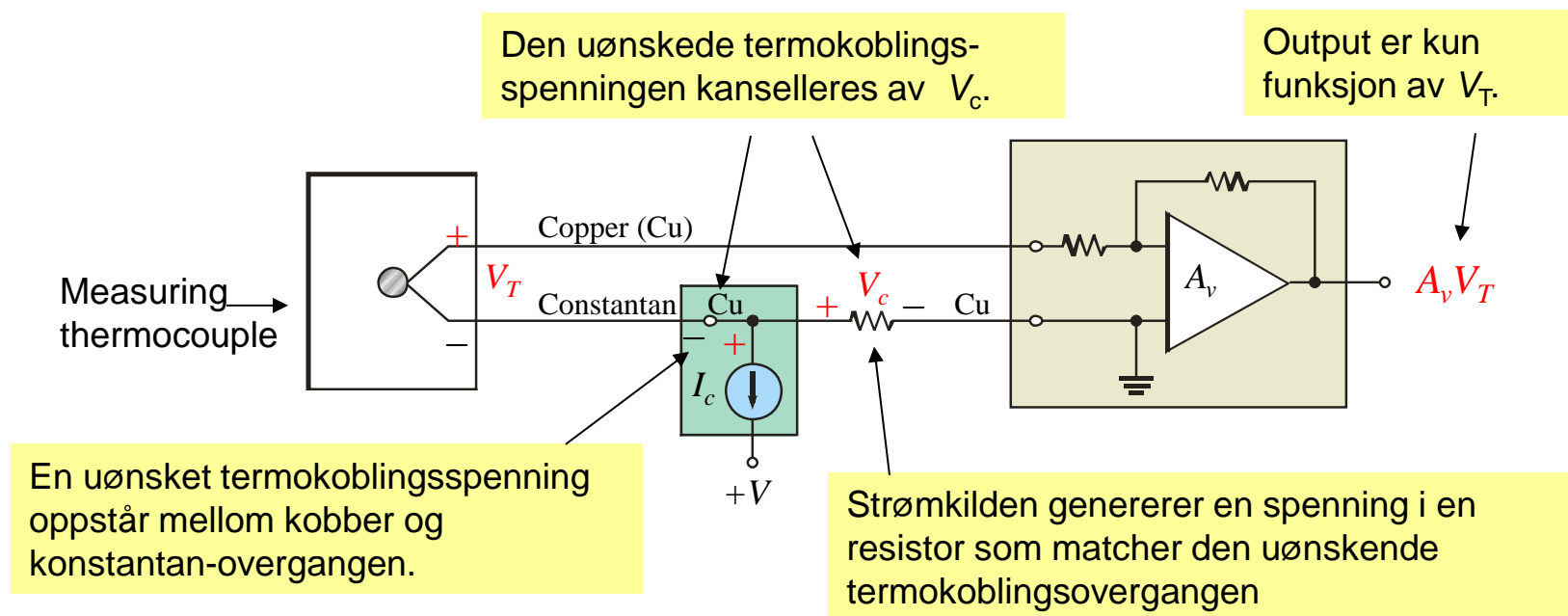
Termokoblinger (forts)

- En teknikk går på å ha en referansetemperatur (f.eks isvann med 0 grader) med en ekstra termokobling
- Referansen gjør at man introduserer en ny termokobling med kjent temperatur og kjent Seebeck-spenning, og denne kan trekkes fra den målte spenningen i den ønskede måleproben



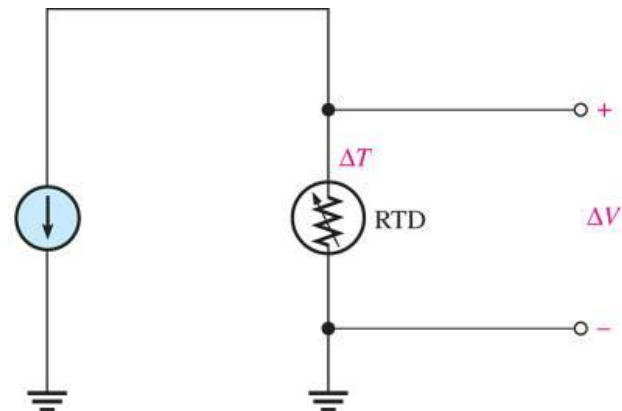
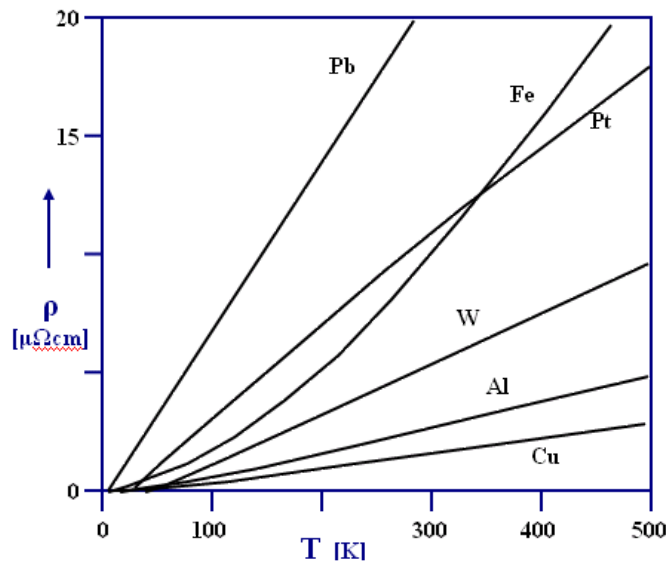
Termokoblinger (forts)

- Det er ikke praktisk å ha ismaskin for å lage referansetemperatur
- Bedre å bruke temperaturavhengig strømkilde for å kompensere for en ekstra Seebeck-spenning

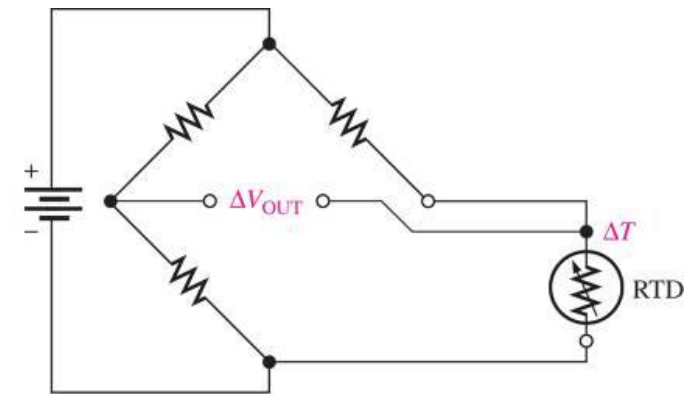


Resistansedetektorer

- En type temperaturmåler bruker temperatur-avhengig resistans (RTD)
- RTD'er har problem med parasitteffekter, fordi tilkoblingslederne også tilfører temperaturavhengig resistans
- Temperatur måles enten ved å måle spenningsfallet over en motstand med konstant strøm, eller endringen i resistans i en brokobling (Wheatstonebro)



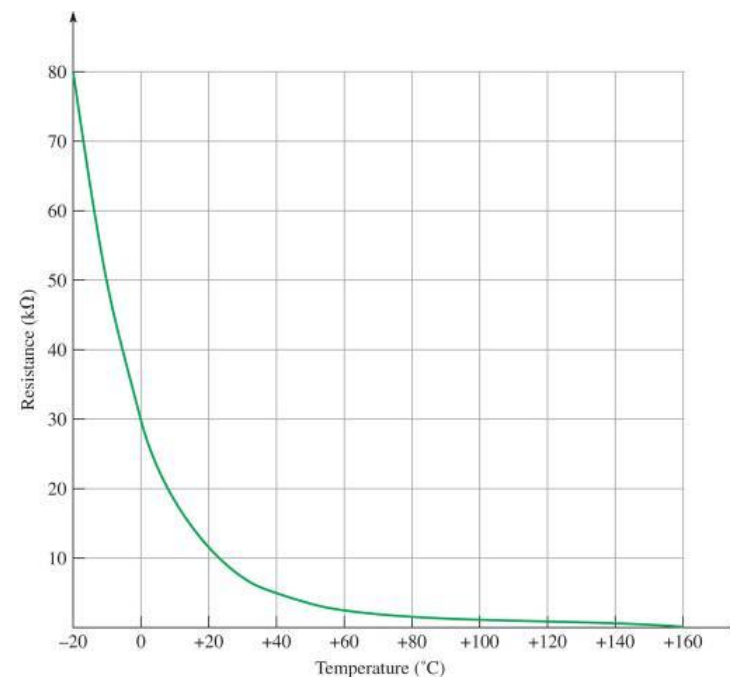
(a) A change in temperature, ΔT , produces a change in voltage, ΔV , across the RTD proportional to the change in RTD resistance when the current is constant.



(b) A change in temperature, ΔT , produces a change in bridge output voltage, ΔV_{OUT} , proportional to the change in RTD resistance.

Termistorer

- Termistorer er en type halvleder hvor resistansen synker med økende temperatur
- Termistorer har logaritmisk (ikke-lineær) karakteristikk
- Termistorer har smal båndbredde, men er raske, presise og billige
- Brukes bla integrert på CPU'er for å styre viftehastighet
- Termistorer kan også brukes i brokoblinger

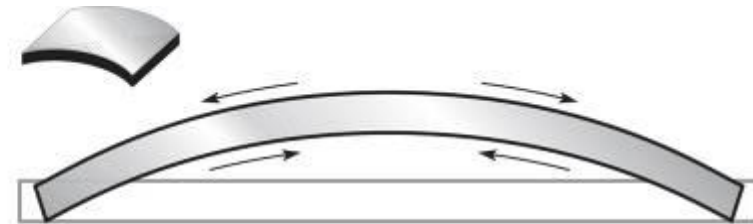


Måling av strekk, trykk og væskestrøm

- Strekk eller bøyning kan måles med en mostandstråd som ender motstand ved mekanisk påvirkning (piezoresistivitet)



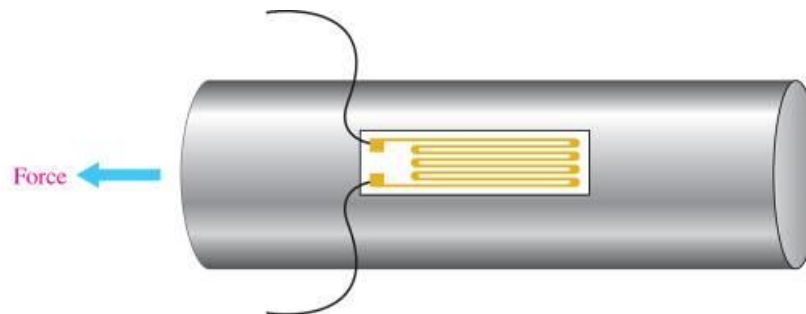
(a) Strain occurs as length changes from L to $L + \Delta L$ when force is applied.



(b) Strain occurs when the flat plate is bent, causing the upper surface to expand and the lower surface to contract.



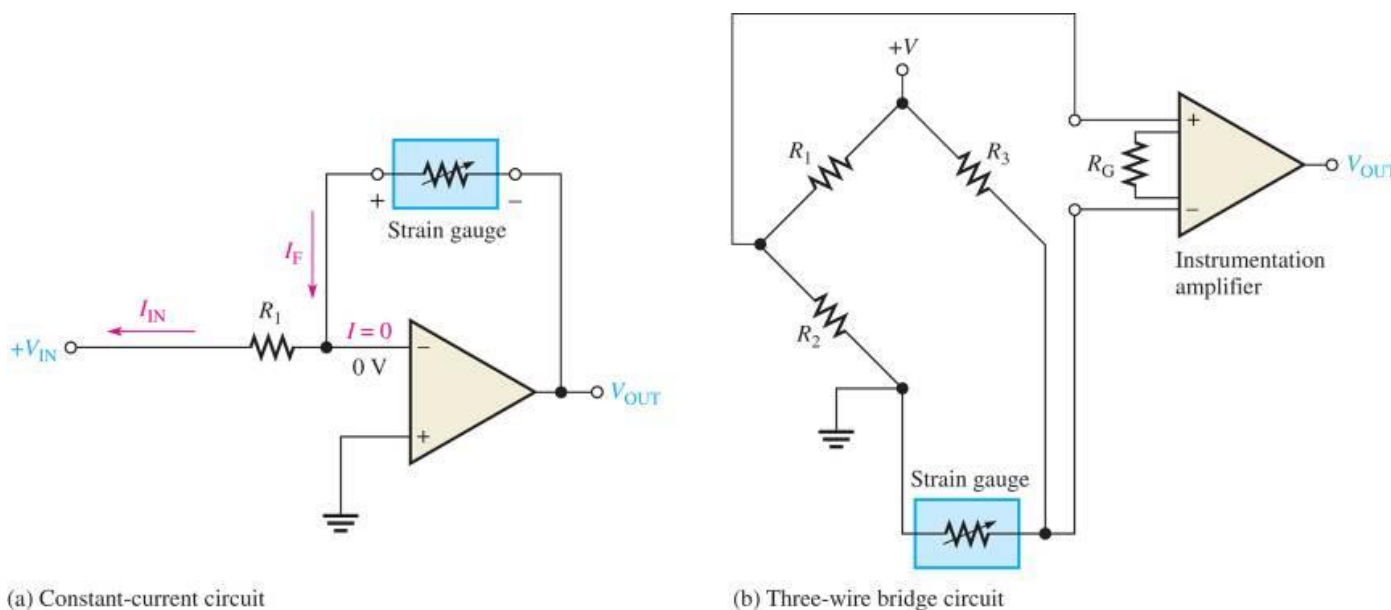
(a) Typical strain gauge configuration.



(b) The strain gauge is bonded to the surface to be measured along the line of force. When the surface lengthens, the strain gauge stretches.

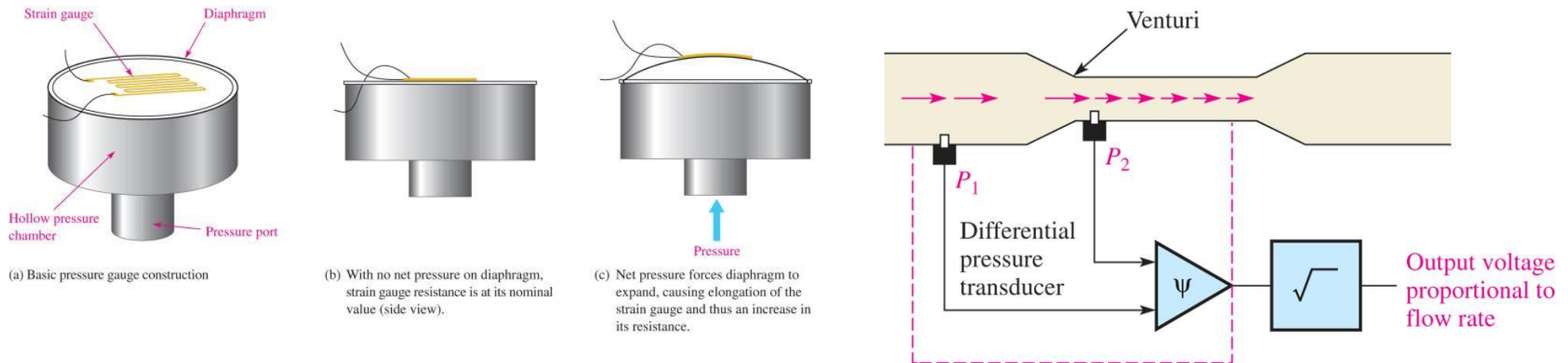
Måling av strekk, trykk og væskestrøm

- Samme oppsett som for temperaturmåling brukes for trykk og strekkmåling
- Trykk og strekk er enklere å måle fordi det ikke er nødvendig å kompensere i like stor grad



Måling av strekk, trykk og væskestrøm

- Trykk kan måles ved å feste en strekksensor på en fleksibel membran
- Væskestrøm kan måles ved å beregne trykkforskjellen mellom to punkter med ulik diameter



Måling av akselerasjon

- Akselerasjonsmåling brukes i en lang rekke anvendelser:
 - Tekniske anvendelser, bla kollisjonsputer, vibrasjonsmålinger, seismisk aktivitet, hastighet, posisjonering osv
 - Industrielle anvendelser, bla overvåkning av vibrasjoner og rotasjonshastighet, måling av G-krefter i luft- og romfart
 - Biologiske anvendelser: Sporing av dyr, energiforbruk
 - Medisinske anvendelser: Hjertekompresjon, skrittellere
 - Forbrukerelektronikk, bla roteringsfunksjon smart phones og kameraer, spillkonsoller, bildestabilisator i kamera, fallbeskyttelse i harddisker

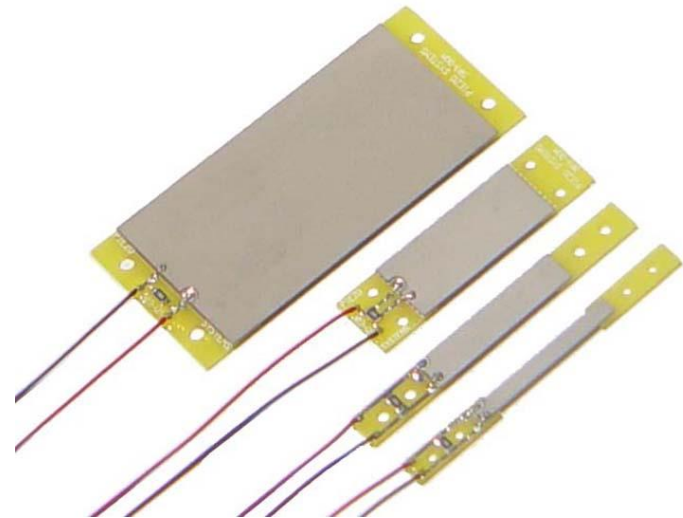
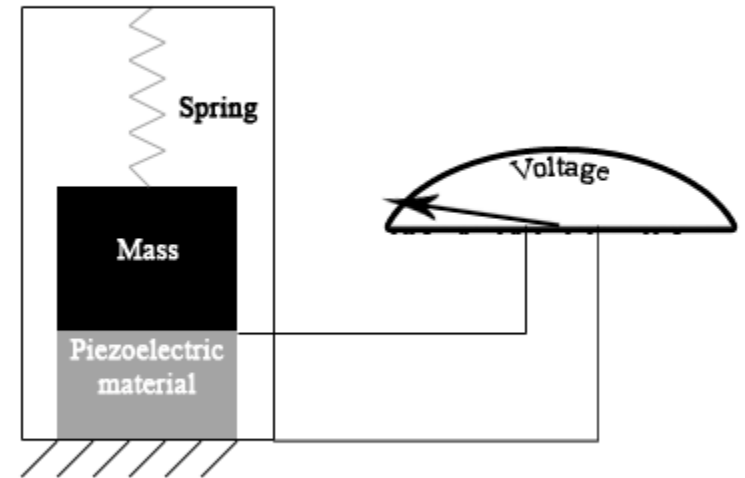


Akselerasjonsmålere

- Tre vanlige sensortyper for akselerasjon er basert på
 - Piezo-elektrisitet
 - Piezo-resistivitet
 - Variabel kapasitans, resistans eller induktans
- Finnes i tillegg en rekke andre varianter basert på disse
- Felles for alle er at en endring i hastighet fører til endring i kapasitans/resistans/induktans eller spenning

Piezoelektrisitet

- Piezoelektrisitet oppstår når ladning akkumuleres i visse typer faste stoffer pga mekanisk påvirkning
- Effekten er reversibel
 - Når den mekaniske påvirkningen fjernes endres det elektriske feltet tilbake til det opprinnelige
- Motsatt effekt kan brukes til å lage ultralyd og elektromotorer
 - Ved å sette spenning på et materiale skapes bevegelse



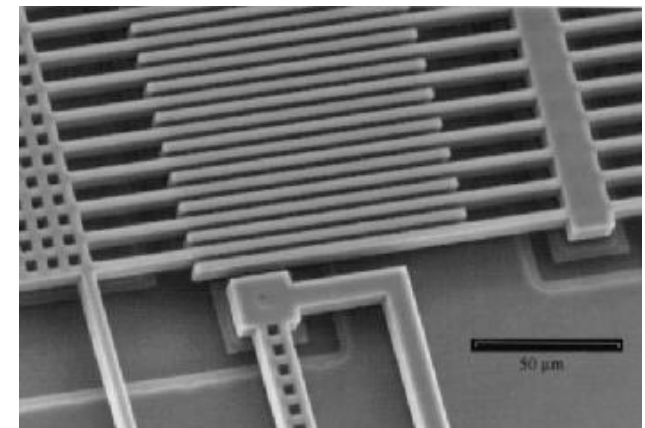
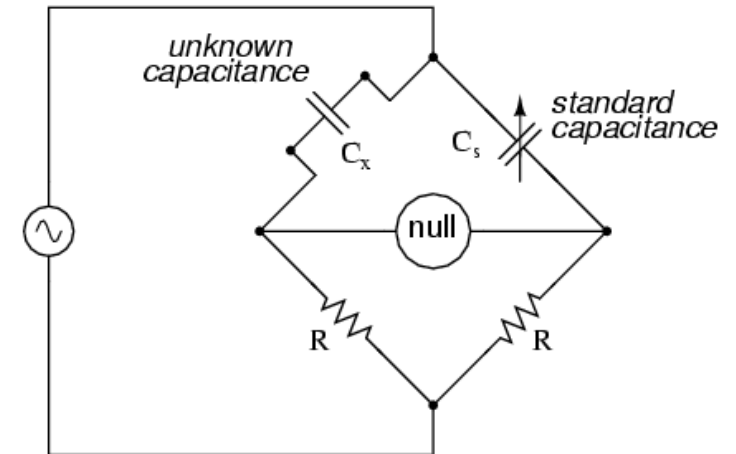
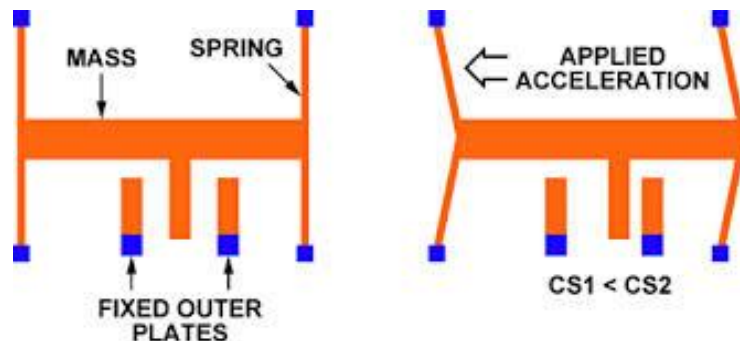
Piezoresistivitet

- Samme effekt som piezoelektrisitet, men her endres resistansen som følge av mekanisk påvirkning
- Imidlertid er det ingen reversibel effekt (ikke mulig å endre resistans for å generere mekanisk bevegelse)



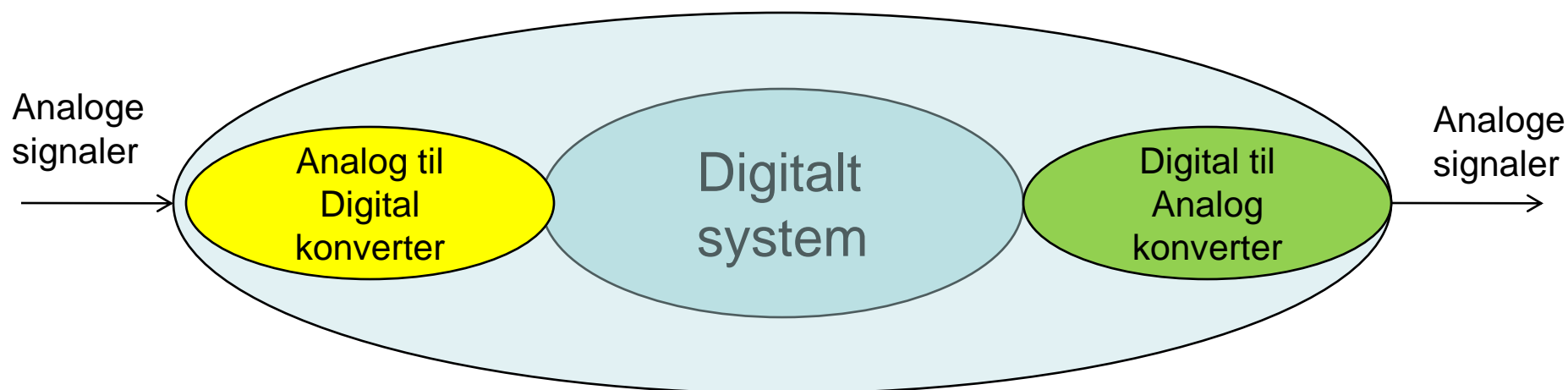
Variabel kapasitans

- Ved å la en plate på kondensatoren være fast og den andre bevegelig, vil kapasitansen endres ved endring i bevegelse
- Endringen i konduktans kan måles med en Wheatstonebro



AD og DA-konvertering

- Verden er stort sett analog, dvs alt er kontinuerlige verdier
- Kjernen i beregningssystemer er som regel digital



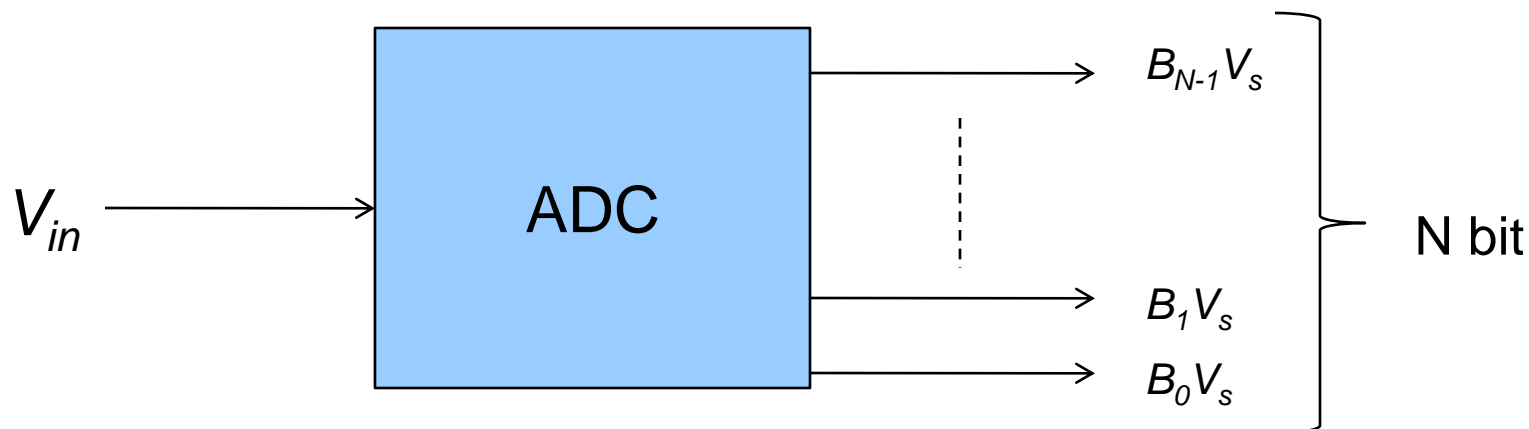
AD og DA-konvertering (forts)

- For å kunne kommunisere med omverdenen trengs kretser for
 - Konvertering av analoge signaler til digitale signaler (ADC)
 - Konvertering av digitale signaler til analoge signaler (DAC)
- Det finnes en rekke ulike strategier for ADC og DAC med forskjellig
 - hastighet
 - nøyaktighet
 - effektforbruk,
 - pris
- Kravet til oppløsning er som regel gitt av det digitale systemet

Analog-til-digital konvertering

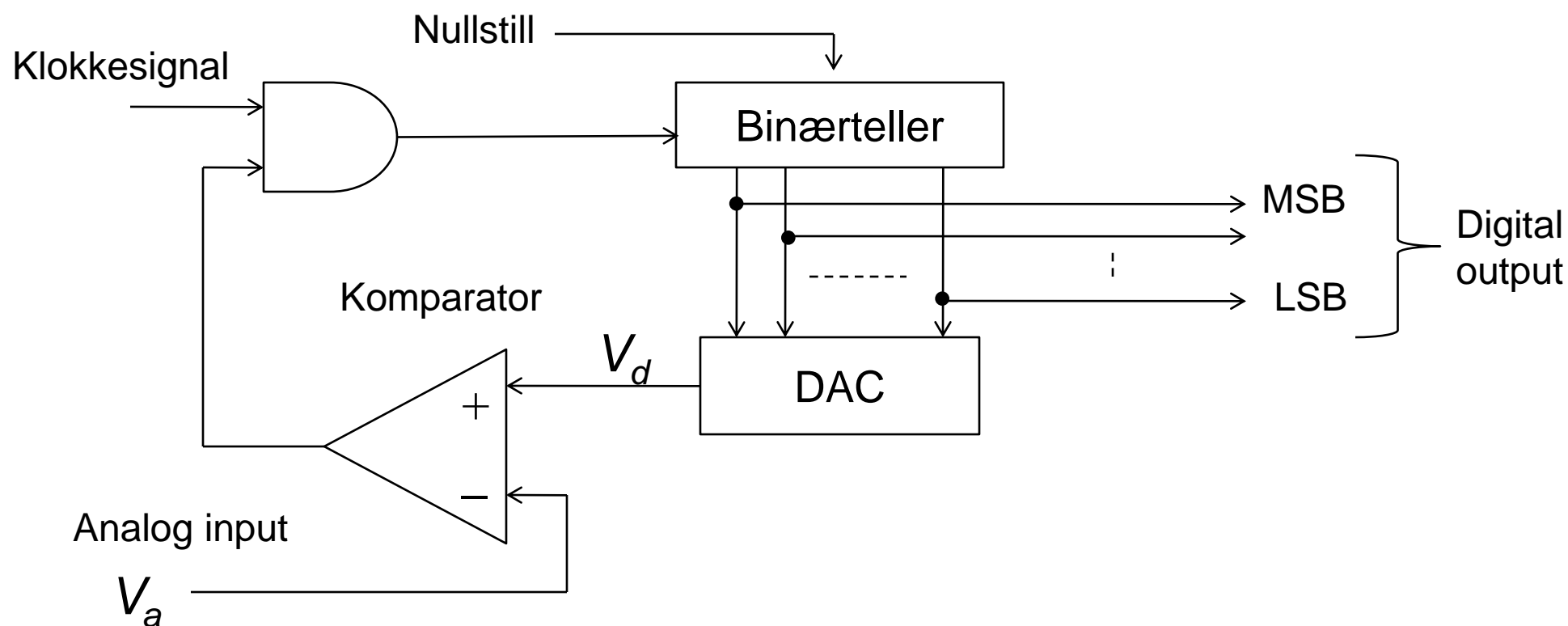
- En PC har flere enheter knyttet til seg som kan ses på som AD-konvertere:
 - Tastatur
 - Mus
 - Mikrofon
- Alle har til oppgave å omforme ytre analoge signaler til digital representasjon i datamaskinen
- Den vanligste ADC'en konverterer en analog spenning til et bitmønster, dvs én signallinje inn (analog) og N signallinjer ut (en linje for hvert bit)

Analog-til-digital konvertering (forts)

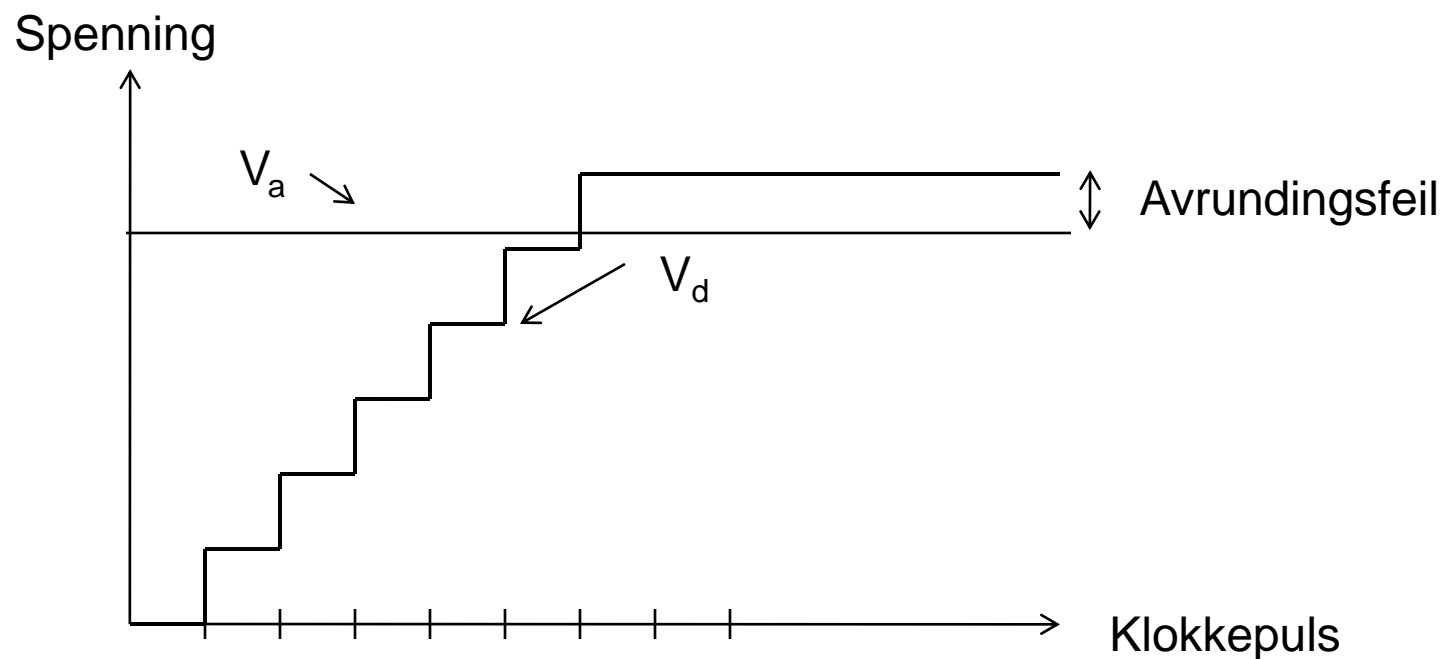


- V_s er den spenningen som brukes for å angi logisk '1', mens B_i enten er '0' eller '1', så $V_s B_i$ er derfor enten 0 volt eller V_s volt

ADC med teller



ADC med teller (forts)

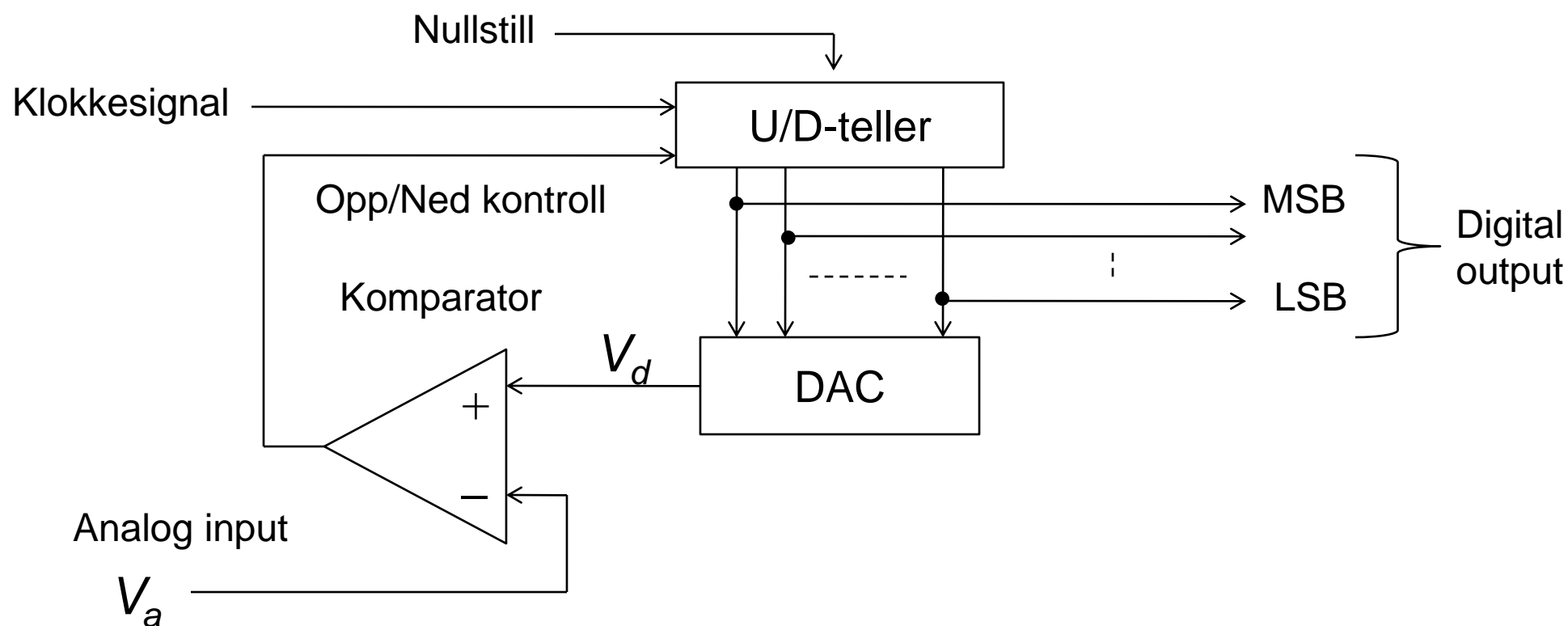


- Så lenge V_a er mindre enn V_d , vil telleren fortsette å telle
- Avrundingsfeilen skyldes at den digitale telleren har endelig oppløsning

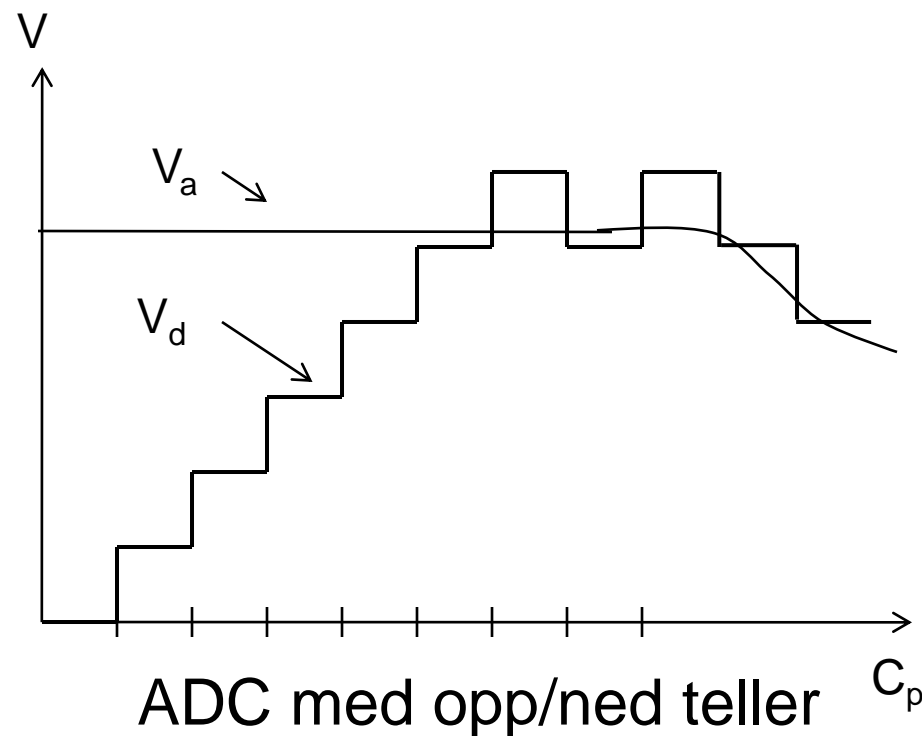
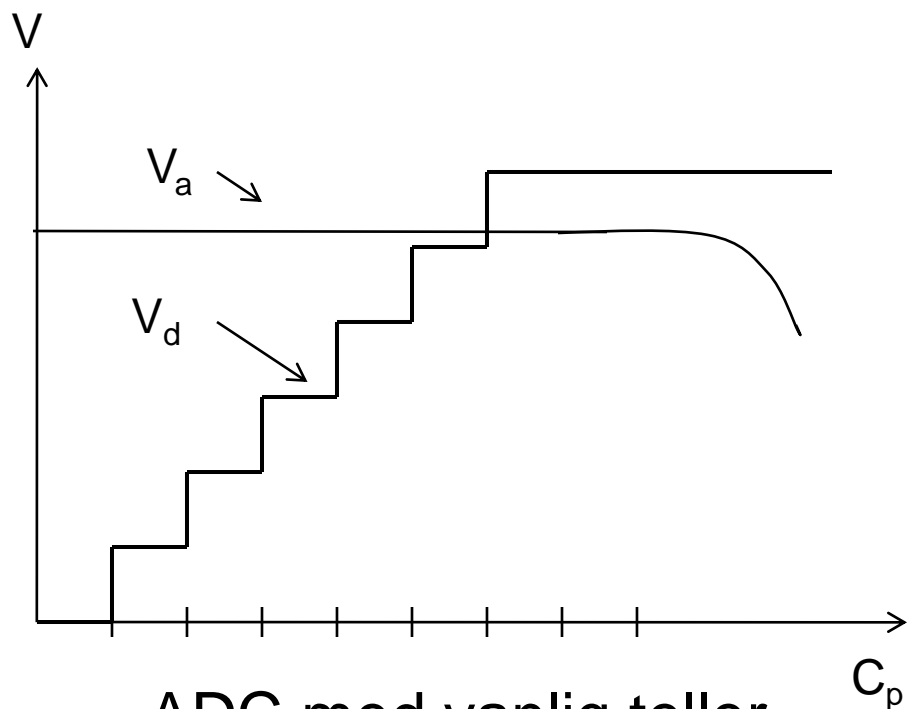
ADC med teller (forts)

- Avrundingsfeilen kan gjøres vilkårlig liten ved å øke antall bit i telleren og det digitale signalet
- Jo flere bit, desto langsommere blir ADC'en
 - For å konvertere V_a , trengs V_d/V_a antall klokkesykler
- Største ulempen med denne ADC'en er at den ikke klarer å følge det analoge signalet hvis det varierer over tid, med mindre man nullstiller telleren og starter på nytt
- Hvis man erstatter den binære telleren med en opp-ned teller kan man følge tidsvarierende signaler bedre

ADC med opp/ned teller



ADC med opp/ned teller



- I motsetning til ADC med vanlig teller, vil det minst signifikante bitet endre verdi rundt V_a selv når V_a ikke endrer seg

ADC med suksessiv tilnærming

- Tellende ADC'er trenger i verste fall 2^N intervaller for å telle opp til riktig spenning
- Istedenfor en teller kan man bruke en programmerbar enhet som gjør et binærsøk etter riktig verdi, og den trenger maks N intervaller for å finne spenningen
- Enheten starter med å sette '1' i MSB og de andre bit'ene til '0'.
 - Hvis V_d fortsatt er lavere enn V_a , settes det nest mest signifikante bit'et til 1.
 - Hvis V_d er høyere enn V_a , settes det mest signifikante bitet til 0 og de resterende til 1
- Prosessen over gjentas helt til det er det minst signifikante bitet som må endres.

ADC med parallell komparator

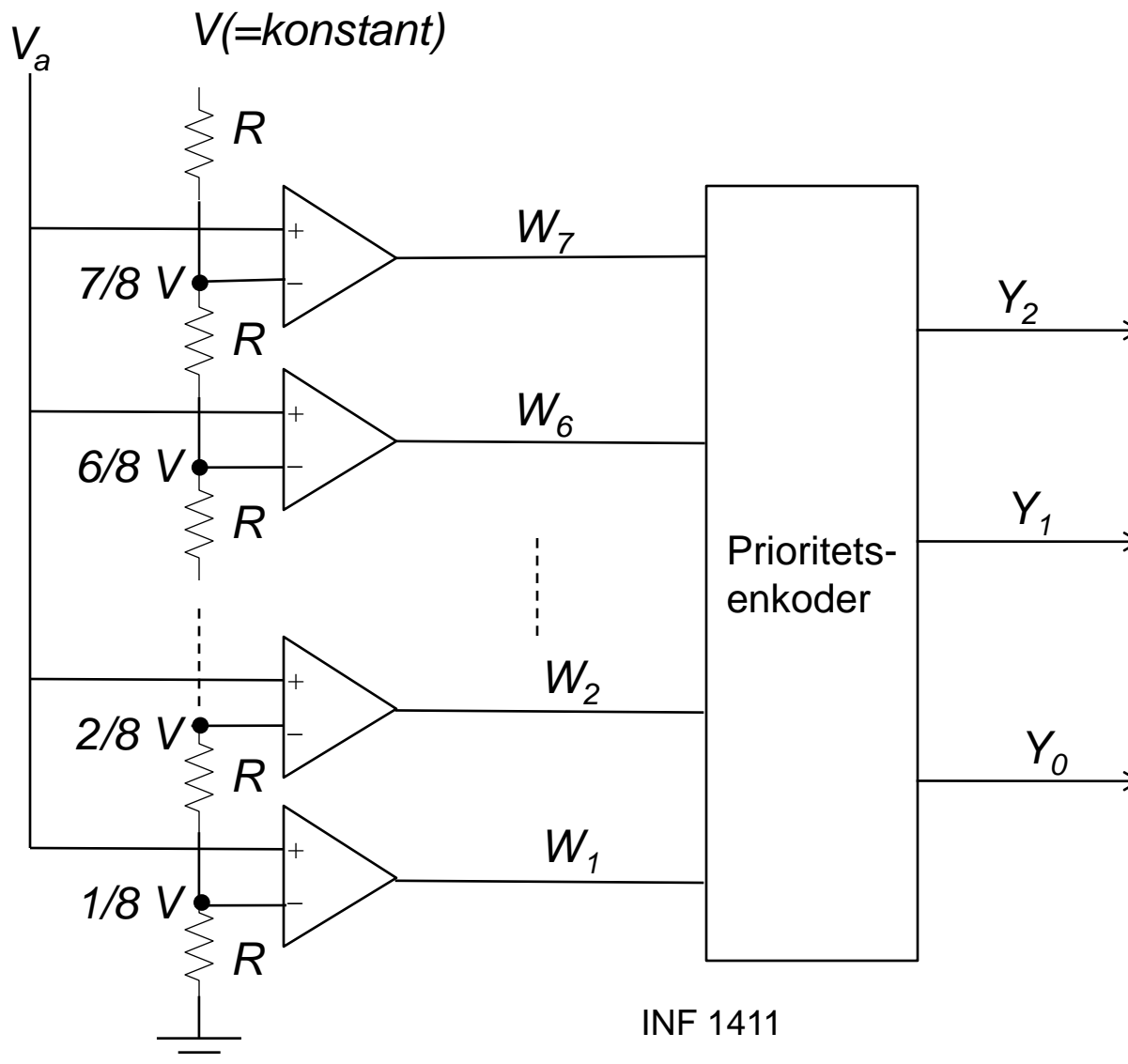
- Det tre foregående ADC'ene baserer seg på suksessiv tilnærming og er relativt langsomme
- En raskere måte er å gjøre sammenligning i parallell uten bruk av klokkesignaler
- Hastigheten til en ADC med parallellkomparator er begrenset av tidsforsinkelsen gjennom opamp'er og digital logikk
- Ulempen er at det kreves ekstra hardware:
 - $N-1$ komparator for N bit
 - N motstander for N bit
- Hvis hastighet er det viktigste vil man velge denne typen ADC
- Ingen problemer med tidsvarierende input-spenninger

ADC med parallell komparator (forts)

- For å forstå denne typen ADC, trenger man å skjønne hva en prioritetsenkoder gjør
- En prioritetsenkoder er digital krets som har M input-linjer og N outputlinjer, og hvor $2^N \geq M$
- Verdien på de N output-linjene angir det mest signifikante bitet i M som har en '1'

W_7	W_6	W_5	W_4	W_3	W_2	W_1	Y_1	Y_2	Y_3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

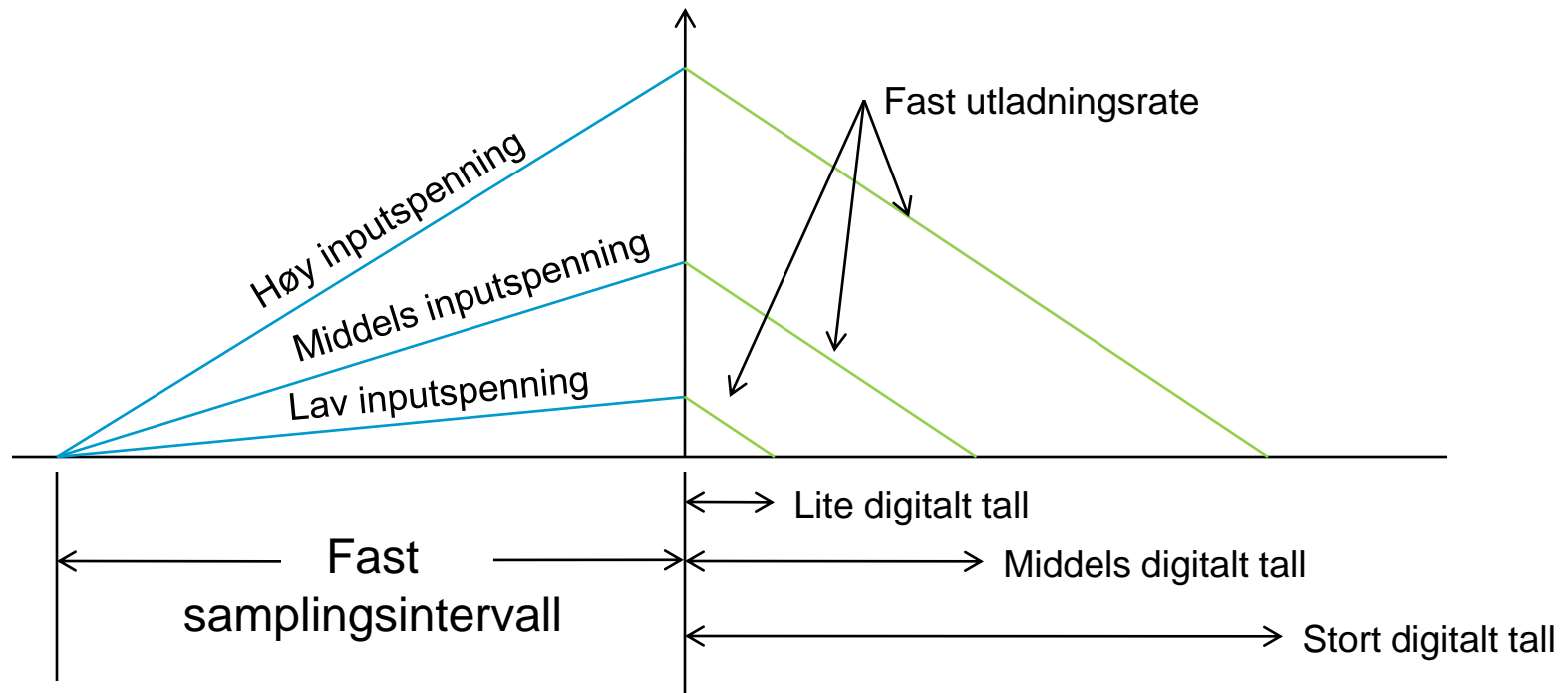
ADC med parallell komparator (forts)



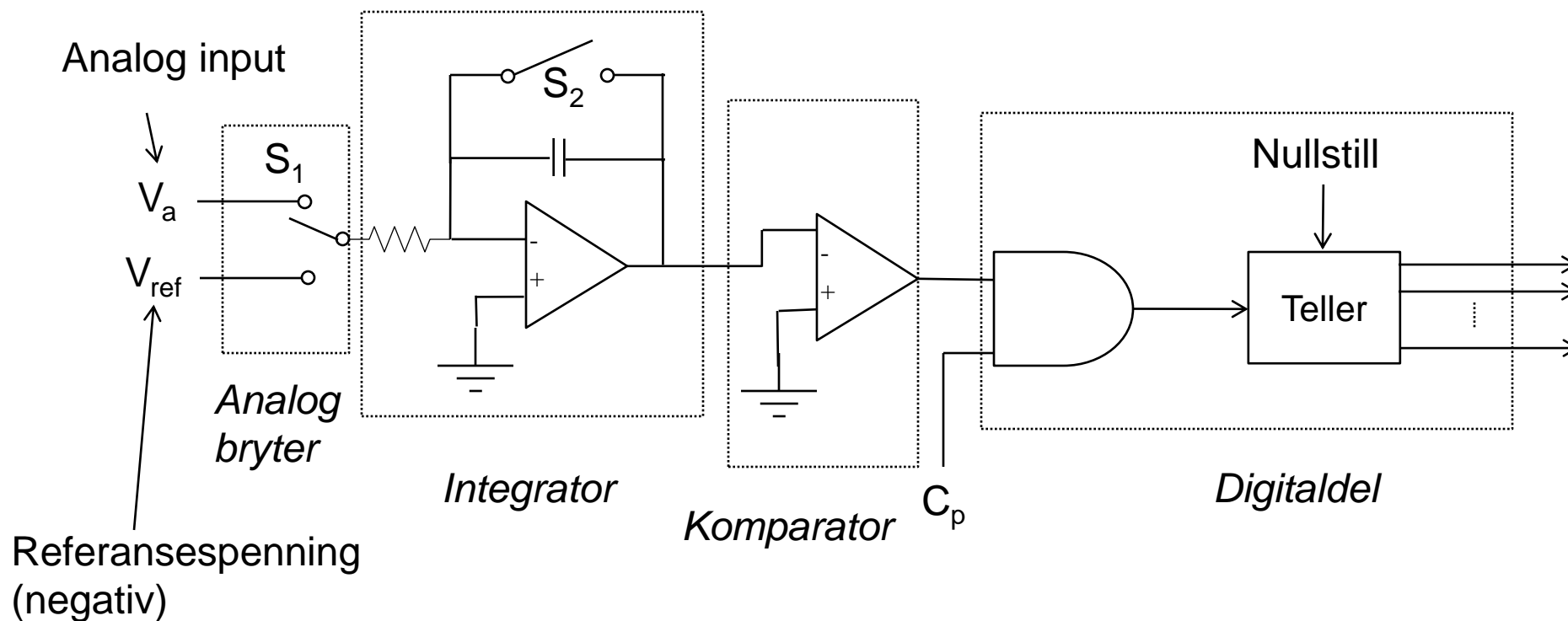
Dual-slope ADC

- Dette er en mye brukt ADC som er basert på integrasjon
- Kresten bruker få komponenter og kan lages med så høy oppløsning som ønskelig
- Området det skal måles i kan også settes ved en referansespenning V_{ref} , og man får samme oppløsning uavhengig av hva V_{ref} er.
- En av fordelene ved kretsen er at den kan gjøres immun mot støy i input-signalet, f.eks fra lysnettet (50 Hz)

Dual-slope ADC (forts)



Dual-slope ADC (forts)



Dual-slope ADC (forts)

- Telleren nullstilles og kondensatoren lades først ut (S_1 er åpen og S_2 lukkes)
- Kondensatoren i integratoren lades opp over et fast tidsintervall (kalt samplingsintervallet) av input-spenningen ved at S_1 kobles til V_a og S_2 åpnes. Telleren teller ikke
- Jo høyere input-spenning, desto høyere spenning lades kondensatoren opp til i løpet av samplingsintervallet
- Ved enden av samplingsintervallet kobles så S_1 til V_{ref} og kondensatoren lades ut, samtidig som telleren starter
- Når spenningen har ladet seg ut til V_{ref} , stopper telleren, og man har da et mål for V_a relativt til V_{ref}

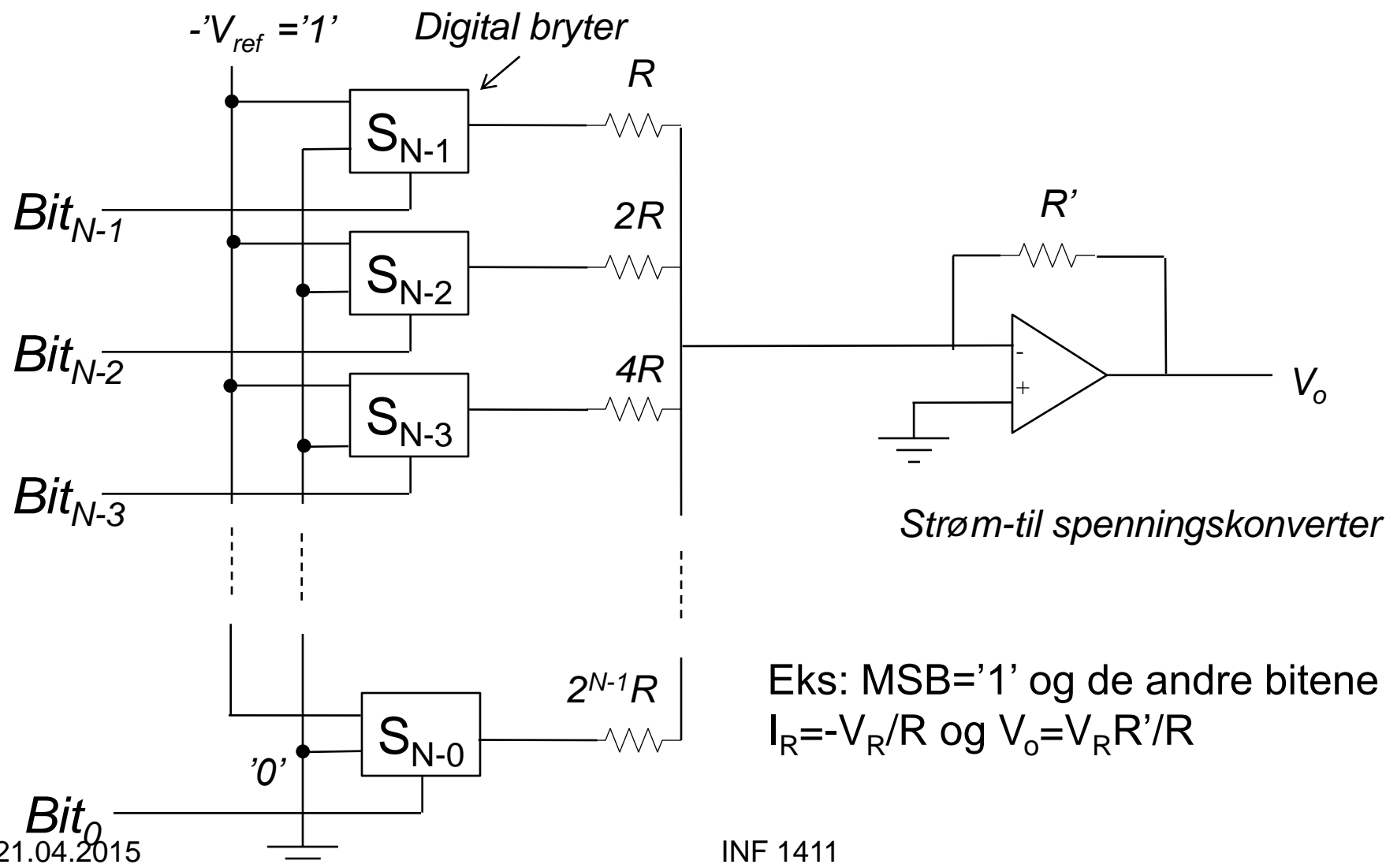
Digital-til-analog konvertere (DAC)

- Ofte trenger man en analog representasjon av digitale verdier, f.eks høytalere som er koblet til en PC eller en MP3-spiller
- ADC'er er ofte enklere å lage, og har heller ikke de samme utfordringene med oppløsning og hastighet
- ADC'er er nesten utelukkende basert på opamp'er og motstandsnettverk, eventuelt transistorer
- Sammenhengen mellom den digitale og analoge representasjonen er gitt av

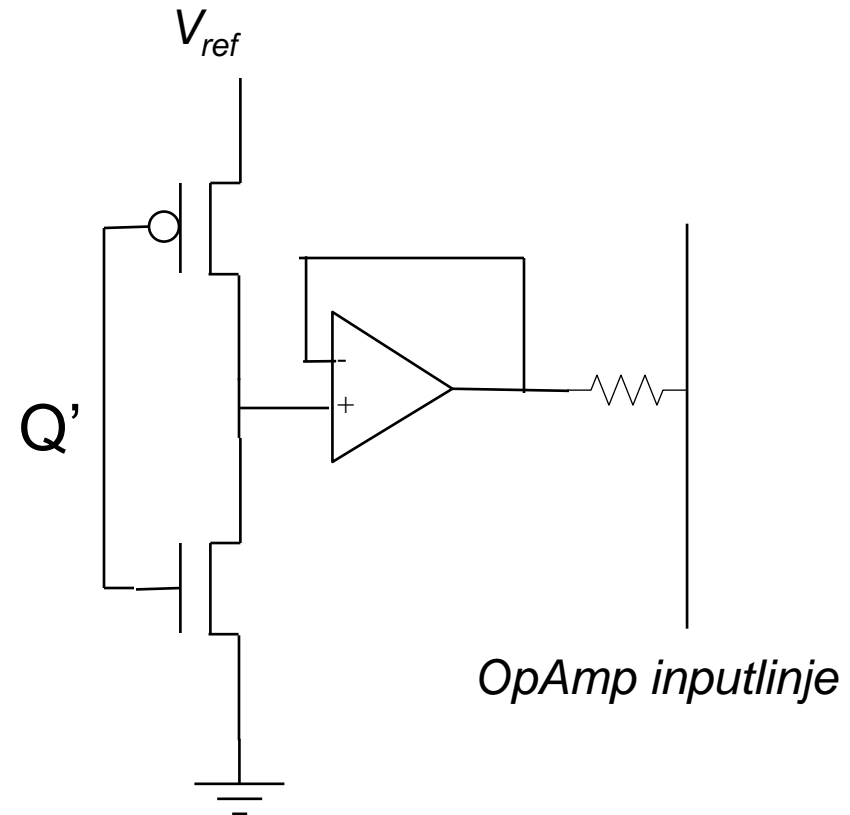
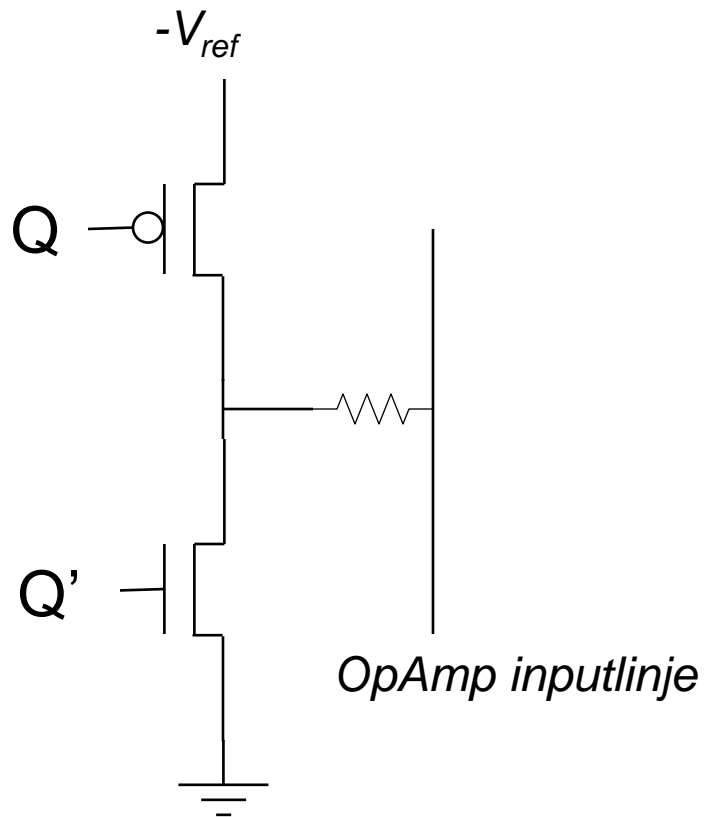
$$V_o = (2^{N-1}a_{n-1} + 2^{N-2}a_{N-2} + \dots + 2^2a_2 + 2^1a_1 + a_0)V$$

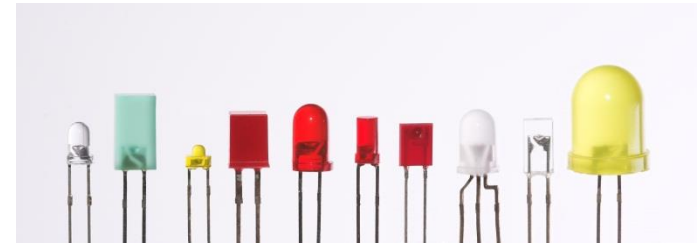
der V_o er den analoge verdien, V er en proporsjonalitetsfaktor og a_n bit nummer n i det digitale tallet som skal konverteres

DAC med binærvektet motsandsnettverk



Implementasjon av digitale brytere





Oppsummeringsspørsmål

Kapittel 19.1-19.5



Spørsmål 1

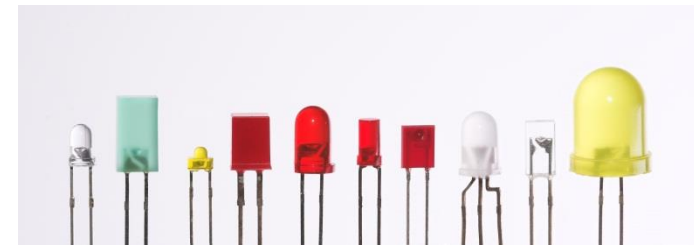
AD-konvertering vil si

- a) Å konvertere et dc-signal til et ac-signal
- b) Å konvertere et ac-signal til et dc-signal'
- c) Å konvertere et digitalt signal til et analogt signal
- d) Å konvertere et analogt signal til et digitalt signal

Spørsmål 2

Presisjonen til et digitalt signal

- a) Er bestemt av spenningene som benyttes for å kode '0' og '1'
- b) Er bestemt av antall bit i det digitale ordet
- c) Er avhengig av samlingshastigheten
- d) Er avhengig av klokkefrekvensen til det digitale systemet

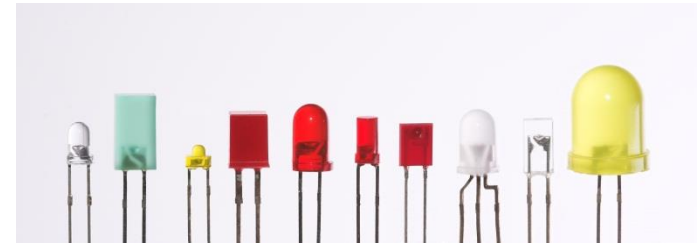


Spørsmål 3

En ADC med suksessiv tilnærming

- a) Er raskere enn en parallell-ADC
- b) Bruker en spenningsfølger for å sammenligne
spenninger
- c) Trenger i verste fall 2^N klokkesykler for et N-bits digitalt
ord som representerer en analog spenning
- d) Trenger ikke en DAC for å kontrollere tellingen

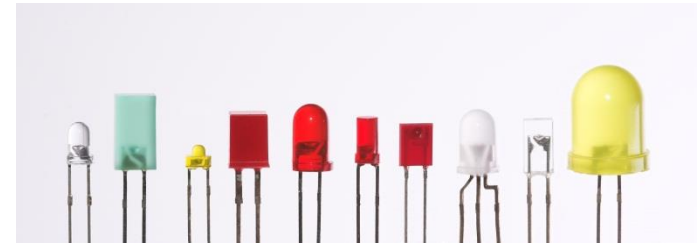




Spørsmål 4

En ADC med parallellkomparator

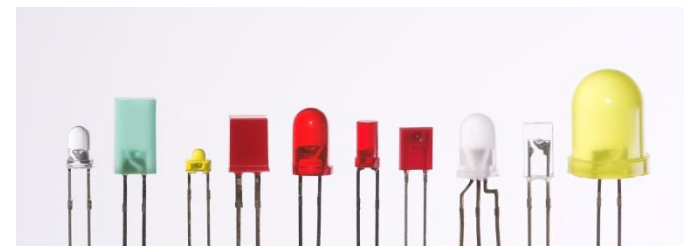
- a) Trenger ikke et klokkesignal
- b) Er langsommere enn en ADC med suksessiv tilnærming
- c) Trenger mindre hardware enn en ADC med opp/ned-teller
- d) Håndterer ikke spenninger som varierer over tid



Spørsmål 5

En dual-slope ADC

- a) Baserer seg på derivasjon
- b) Har samme oppløsning uavhengig av nivået på referanse-spenningen
- c) Er følsom for støy (fra f.eks lysnettet)
- d) Har lavere oppløsning enn teller-basert ADC



Spørsmål 6

En DAC

- a) Gir bedre presisjon på på analog-siden enn på digitalsiden
- b) Det er vanskeligere å lage en DAC med høy oppløsning enn en ADC
- c) En DAC trenger alltid et klokkesignal
- d) Gir aldri bedre oppløsning på det analoge signalet enn på det digitale signalet

