

Forelesning nr.1 INF 1411

Elektroniske systemer

Kursoversikt

Strøm, spenning, ladning og Ohms lov



Dagens temaer

- . Organisering av kurset
- . Læringsmål
- . Bakgrunn og motivasjon for kurs i analog elektronikk
- . Strøm, spenning, motstand og Ohms lov (Kap 2 og 3 fra læreboka)

Organisering av kurset

- . Forelesningsplanen på kursets hjemmeside
 - .Forelesninger: 1 dobbeltime per uke
 - .Regneøvelser: 1 dobbeltime per uke
 - .Labøvelser: 1 dag per uke i snitt
- . Obligatoriske øvelser
 - .Alle må være bestått for å ta eksamen
 - .Utføres normalt i grupper på to personer
 - .5 øvelser i lab + 1 teorioppgave
- . Endringer kan forkomme
 - .Sjekk forelesningsplanen jevnlig!

Om pensum

- . Pensum består av fire deler:
 - .Oppgitte kapitler fra læreboka
 - .Forelesninger og forelesningsnotater
 - .Gruppeoppgaver
 - .Labøvelser
- . Alle deler forutsettes kjent på eksamen

NB: Ikke ta for lett på gruppeøvelsene!

Labøvelser

- Viktig del av kurset!
- Forelesningene: Teoretisk grunnlag for labøvelsene
- Labøvelsene
 - Omsetter teorien til praksis
 - Utfyllende kunnskaper om bla. variasjon i komponenter
 - Gir kunnskap om labarbeid generelt og nyttig for senere kurs

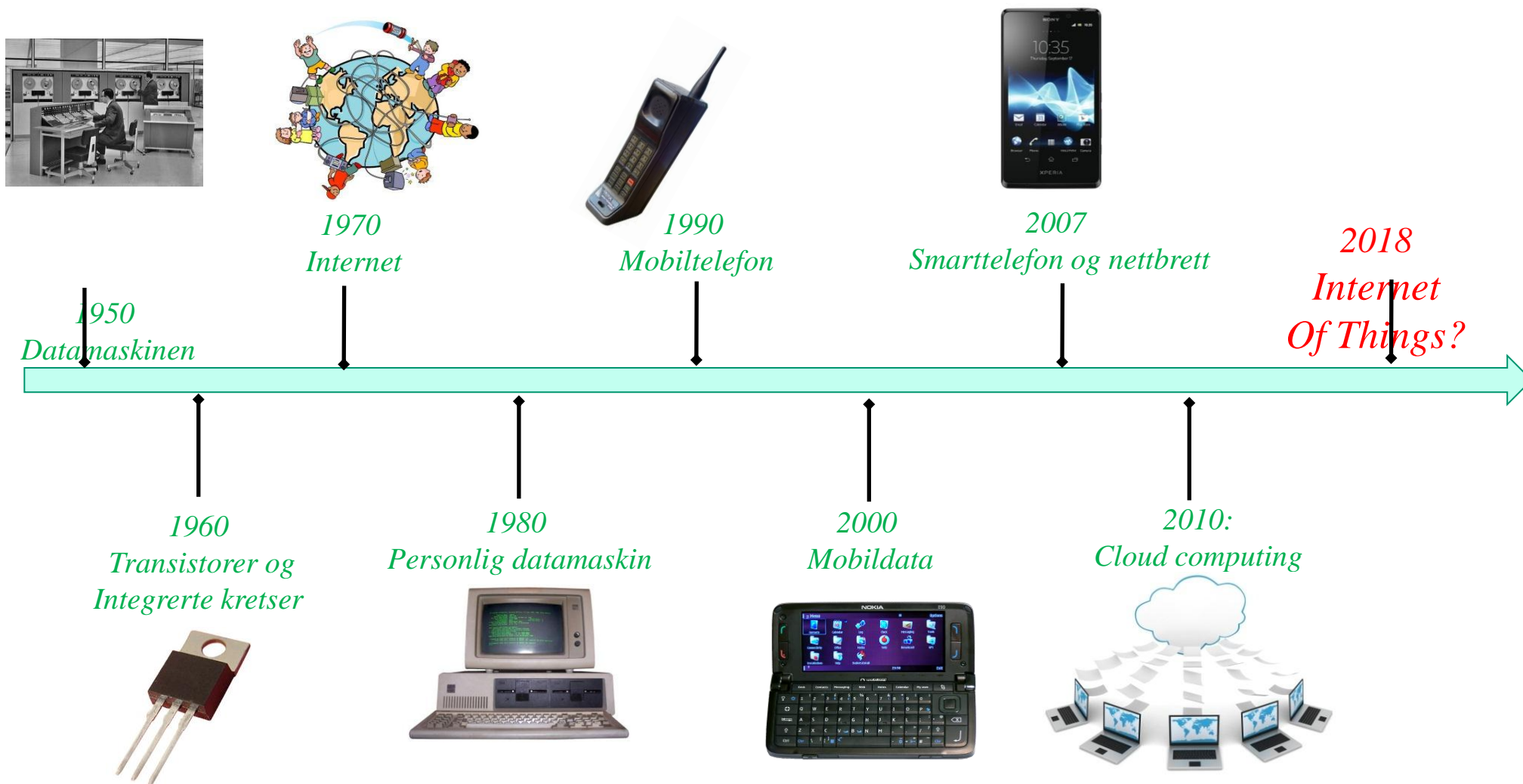


Læringsmål for kurset

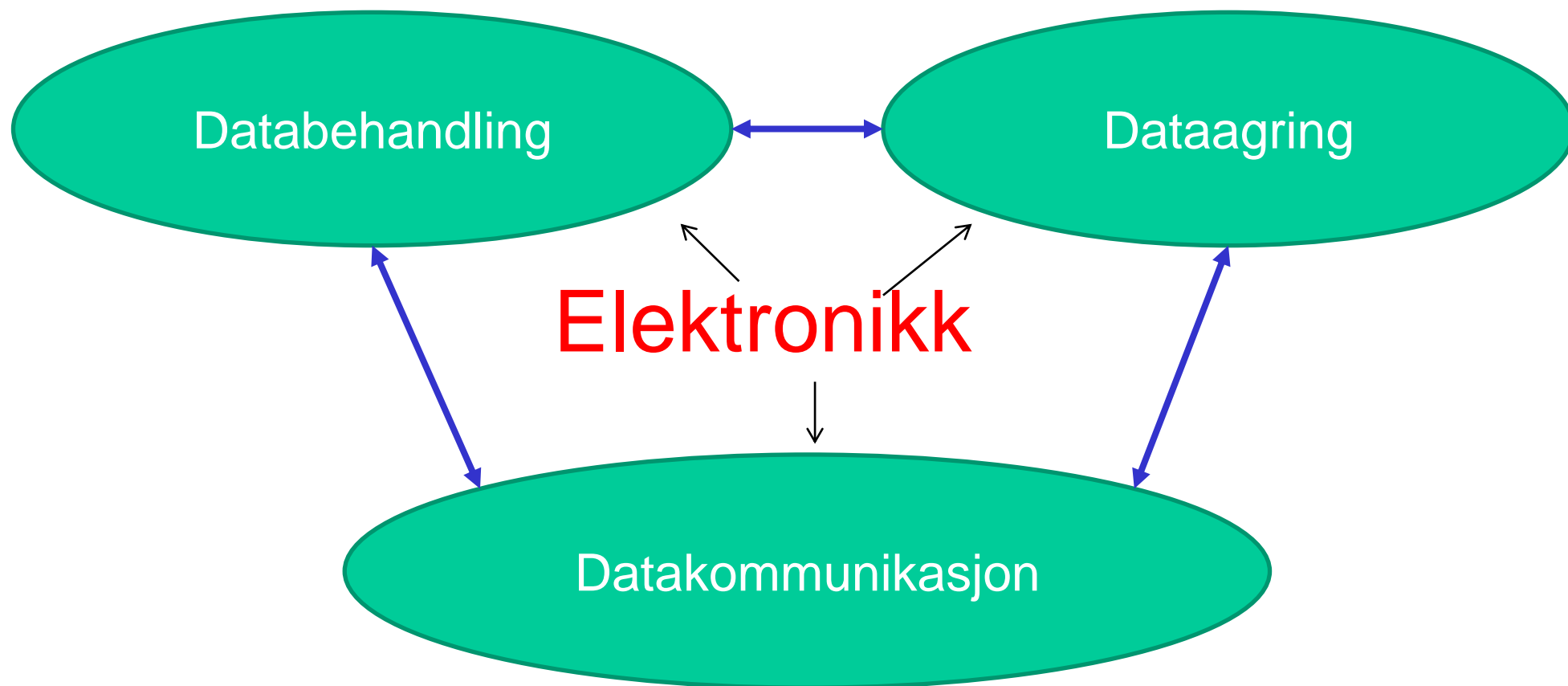


- Hovedmålet å «*gi innføring i hvordan (enkle) elektroniske systemer fungerer, og hvordan enkeltkomponenter virker og kan settes sammen til større systemer*»
 - . Forstå sammenhengen mellom fysiske enheter som ladning, strøm, spenning, motstand etc og lover/formler
 - . Forstå virkemåten til elektroniske komponenter
 - . Forstå forskjell mellom hva som er teoretisk og praktisk mulig
 - . Regne på kretser og komponentverdier
 - . Måling på og konstruksjon av enkle kretser.

Bakgrunn



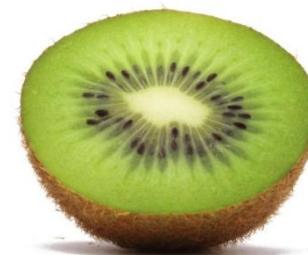
Tre oppgaver i informatikk



Moore's law

Antall transistorer på én integrert krets doubles hvert annet år

- Moore's lov har vist seg å gjelde mer:
 - Regnekraft doubles ca hvert annet år (og prisen halveres)
 - Datahukommelse doubles ca hvert annet år (og prisen halveres)
 - Båndbredde doubles ca hvert annet år (og prisen halveres)



Bakgrunn

- Elektronikk er overalt:
 - Datamaskiner, husholdningsapparater, biler, båter, medisinsk utstyr, våpen, musikk, foto, film, fly, tog, mobil-telefoner, sparepærer.....
- **Digital** elektronikk: Bruker to diskrete verdier: '0' og '1'
- **Analog** elektronikk: Verdier er kontinuerlige (uendelig mange)
 - Digital elektronikk er en spesiell type analog elektronikk

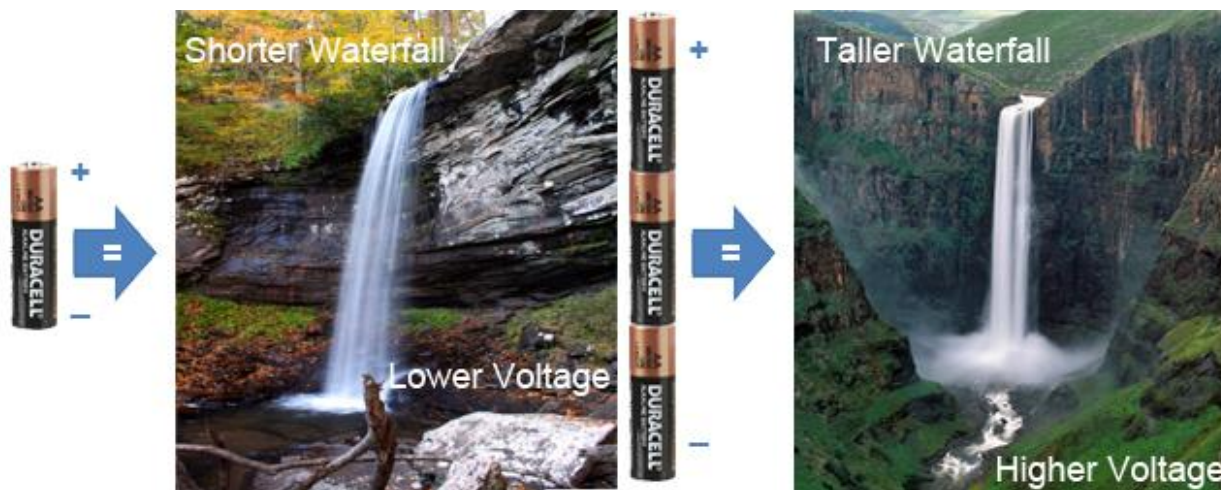


Bakgrunn (forts)

- . Digitale elektroniske systemer kan designes uten spesiell innsikt i analog elektronikk:
 - . Benytter velprøvde og standardiserte byggeblokker
 - . Designer på et høyere abstraksjonsnivå
- . MEN
 - . Konstruksjon av digitale byggeblokker skjer på analognivå
 - . Stadig raskere digitale kretser oppfører seg mer og mer som analoge kretser (dvs ikke bare '0' og '1')
 - . Verden er analog (består av uendelig mange verdier), ikke digital

Strøm og spenning – en analogi

- Strøm og spenning er svært grunnleggende fenomener som kan være litt vanskelige å forstå hva egentlig er
- Sammenligning: Vann som strømmer i en foss



- Spenning: Hastigheten til vannet
- Strøm: Vannmengden

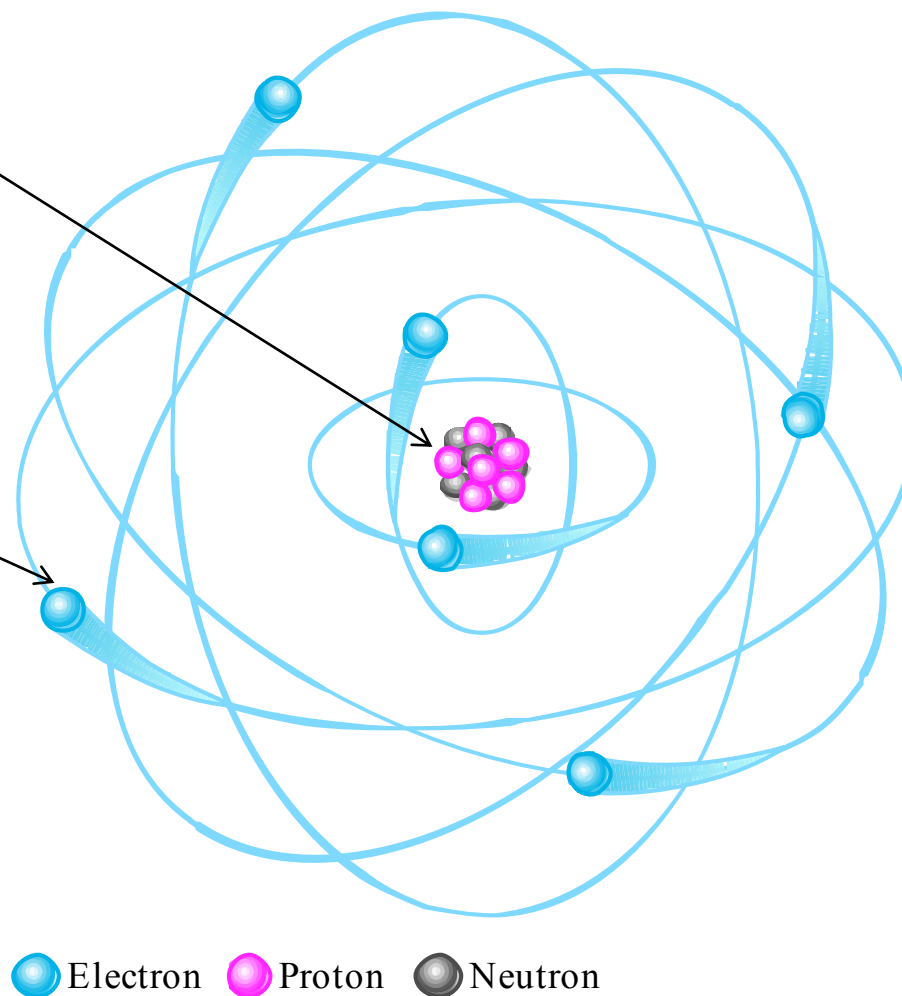
Motstand– en analogi

- I tillegg er *motstand* (*resistans*) sentralt.
- Hvis vann renner gjennom et rør vil antall liter og hastigheten bremses:
 - Et langt rør bremser mer enn et kort rør
 - Et tynt rør bremser mer enn et tykt rør
- Hvis vi skal ha samme vannmengde gjennom et lang rør som et kort rør (eller et tynt rør som et tykt rør), må vi øke trykket
- Hvis vi skal ha samme trykk i et tynt som et tykt rør, må vi enten senke eller øke vannmengden



Strøm og spenning: En mer presis forklaring

- Atomkjernen består av *positivt* ladede *protoner* og nøytralt ladene nøytroner
- Rundt atomkjernen svever *negativt* ladede *elektroner* i faste baner eller skall
- I et nøytralt atom er antall elektroner og protoner likt



Atomer, valensbånd og ladning (forts)

- Det ytterste skallet kalles for et *valensbånd*
- Elektronene i valensbåndet er med på å bestemme elektriske egenskaper til atomet
- Elektroner i ytre valensbånd har høyere energi og lavere binding til kjernen
- Hvis det er få elektroner i det ytterste båndet kan de lett forlate atomet og bli *frie* elektroner

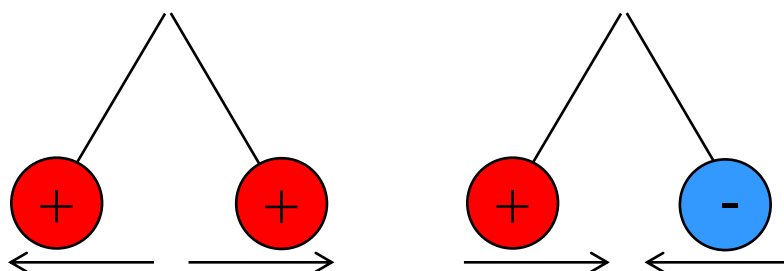


Ulike materialers egenskaper

- Antall elektroner i det ytterste valensbåndet bestemmer et materials *elektriske* egenskaper:
 - *Ledere*: Materiale med mange ledige elektronplasser i det ytterste valensbåndet, typisk. Kopper og sølv er eksempler på metaller som leder elektrisk strøm godt
 - *Halvledere*: Typisk 4 valenselektroner i det ytterste skallet. Silisium og germanium er halvledere som leder strøm og viktige i elektroniske komponenter
 - *Isolatorer*: Ingen valenselektroner, eller valenselektroner som er sterkt bundet til kjernen. Svært dårligere elektriske ledere

Elektrisk ladning

- Mellom elektrisk *ladede* partikler er det en kraft som gjør at de enten *tiltrekker* eller *frastøter* hverandre



- Kraften er direkte proporsjonal med ladningen
- Kraften er omvendt proporsjonal med kvadratet av avstanden
- Denne kraften kalles *elektrisk felt*

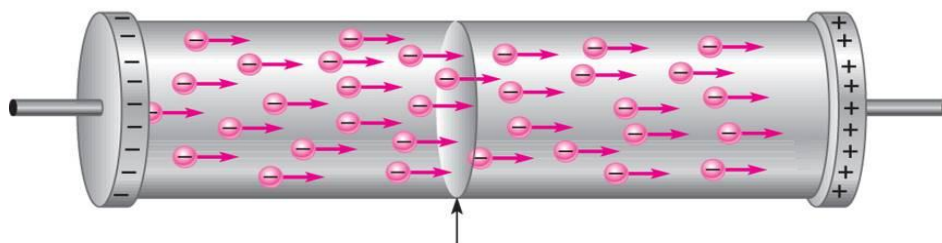
Elektrisk ladning (forts)

- Elektrisk ladning måles i *coulomb* (C)
- 1 coulomb tilsvarer ladningen til 6.25×10^{18} elektroner
- Et elektron har en ladning på -1.609×10^{-19} C, og et proton har en ladning på $+1.609 \times 10^{-19}$ C
- Ladning benevnes enten Q eller $q(t)$
- Total ladning er gitt av

$$Q = \frac{\text{antall elektroner}}{6.25 \times 10^{18} \text{ elektroner/C}} = \text{antall elektroner} \times 1.609 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Elektrisk ladning og strøm

- En annen grunnleggende enhet er *elektrisk strøm* som måles i *ampere*
- 1 ampere tilsvarer 1 coulomb som passerer et vilkårlig tverrsnitt i en elektrisk leder i løpet av 1 sekund



- Elektrisk strøm I er altså et mål for antall ladninger per tidsintervall

$$I = \frac{Q}{t}$$

Elektrisk ladning og strøm

- Strøm kan også betraktes som *overføring av ladning*
- Strøm har både en *verdi* og en *retning* (vektor)
- Gitt et referansepunkt måles strøm med hvilken rate ladninger passerer forbi punktet i øyeblikket
- Symbolet for strøm er I eller $i(t)$
- Hvis strømmen varierer med tiden er det vanligere å angi sammenhengen mellom strøm og ladning slik:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Spørsmål

1) Atomnummeret angir

- a. protoner i atomkjernen
- b. nøytronkjerner i atomkjernen
- c. protoner pluss nøytroner i atomkjernen
- d. elektroner i det ytre skallet

2) Valenselektroner er

- a. I det ytre skallet
- b. involvert i kjemiske reaksjoner
- c. relativt løst bundet
- d. alle egenskapene over

Spørsmål

3) Partikkelen som er ansvarlig for elektrisk strøm i faste ledende materialer er

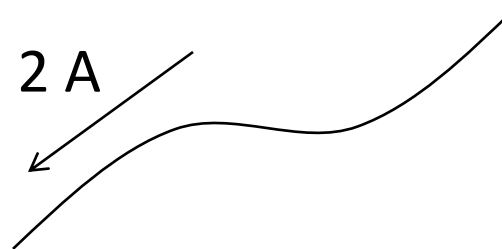
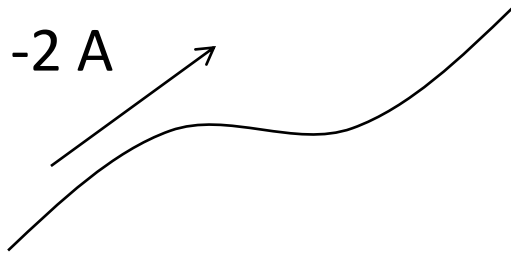
- a. protonet
- b. elektronet
- c. nøytronet
- d. alle nevnt over

4) Måleenheten for elektrisk ladning er

- a. C
- b. Ω
- c. Q
- d. W

Strøm

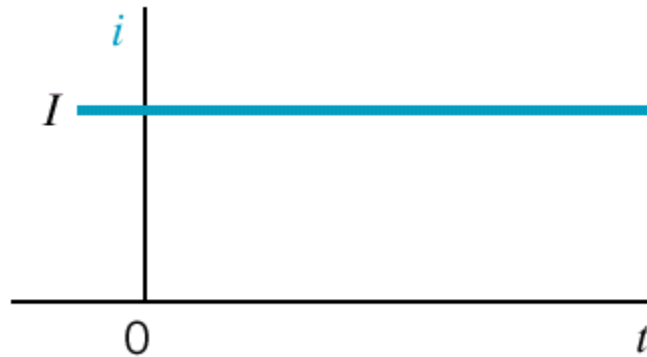
- Strøm har alltid en retning som angis med en pil



- Begge figurer angir samme strømstyrke og retning

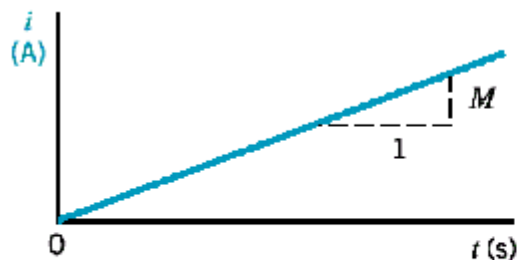
Ulike typer strøm: Likestrøm (DC)

- En *likestrøm* er en strøm som er konstant over tid
- Betegnes med « I » (stor I)

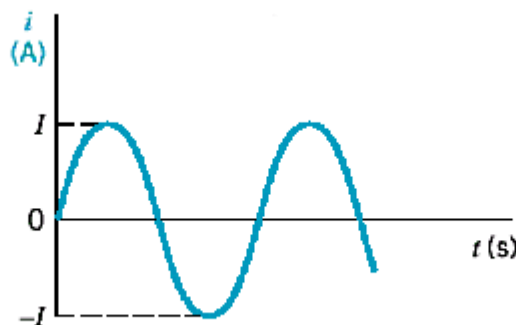


Ulike typer strøm: Vekselstrøm (AC)

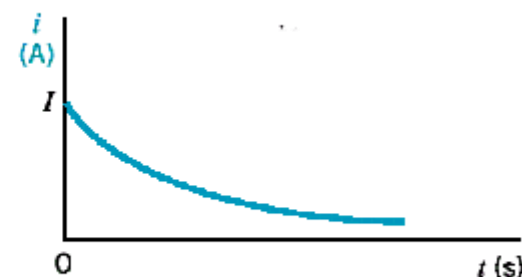
- En *vekselstrøm* varierer med tiden og betegnes med « i » eller « $i(t)$ » (liten i)
- Variasjonen kan enten være periodisk eller ikke-periodisk



(a)

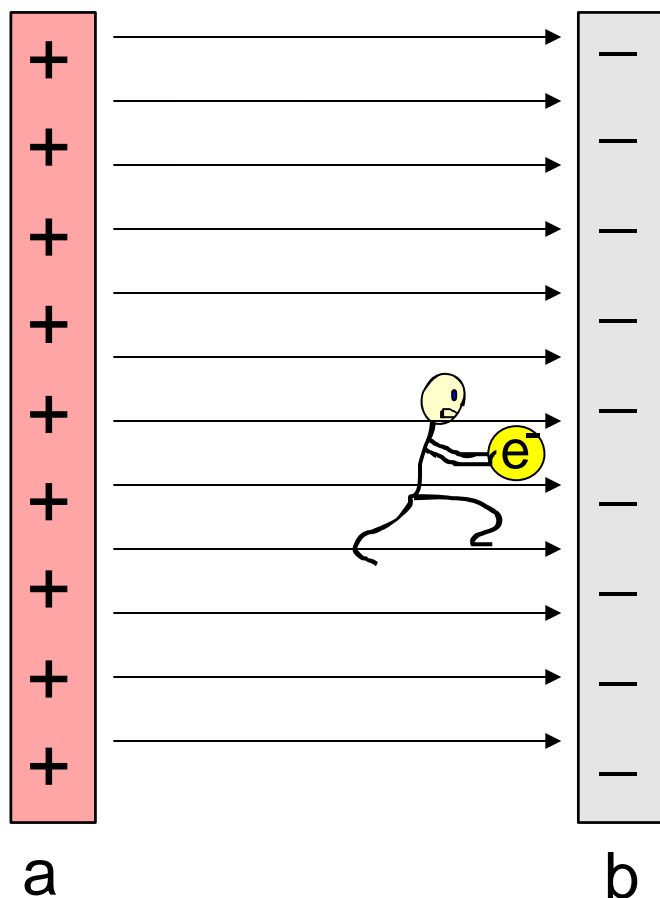


(b)



(c)

Spenning



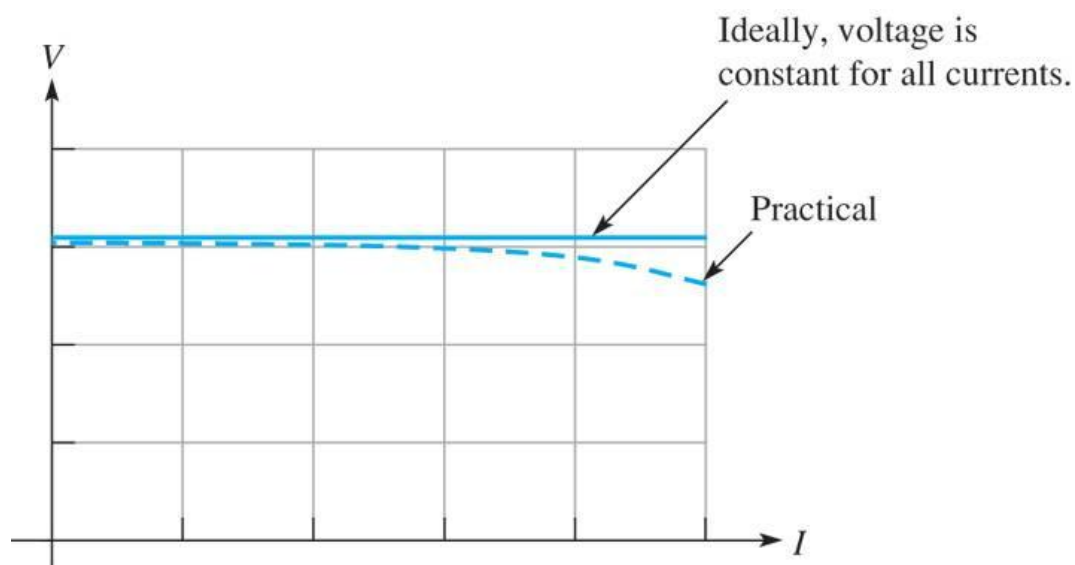
- For at ladninger skal bevege seg mellom a og b , må det være en *potensialforskjell* mellom a og b .
- Potensialforskjell eller *spenning* er et mål på arbeidet som kreves for å flytte ladninger fra a til b
- Spenning måles i *volt* som er definert ved
$$V = \frac{\text{energi}}{\text{ladning}} = \frac{W}{Q}$$
- 1 volt er spenningen mellom a og b når 1 joule brukes for for å flytte en ladning på 1 coulomb fra a til b

Spenningskilder

- Spenning kan enten være likespenning (DC), eller vekselspenning (AC)
- Batterier, brenselceller og solcellepaneler er likespenningskilder hvor spenning oppstår ved kjemiske reaksjoner eller konvertering av lys
- Generatorer er eksempel på vekselspenningskilder hvor spenning lages ved konvertering av mekaniske bevegelser som vind, vann eller havbølger

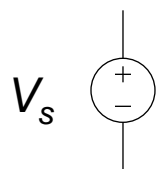
Spenningskilder (forts)

- Spenningskilder kan enten være *ideelle* eller *ikke-ideelle* (*praktiske*)
- En ideell kilde leverer konstant spenning uavhengig av strømmen kilden leverer
- I virkeligheten vil spenningen synke når strømmen øker

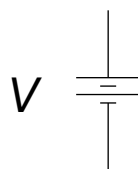


Spenningskilder (forts)

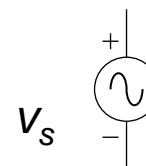
- Symboler for spenningskilder er



Likestrømskilde
(DC-spenning)



Batteri
(DC-spenning)

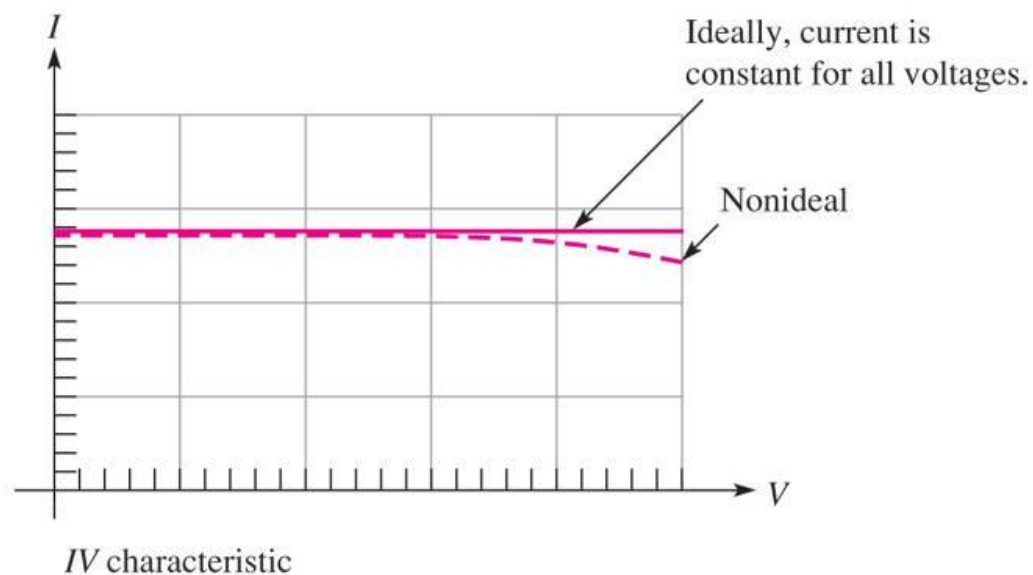
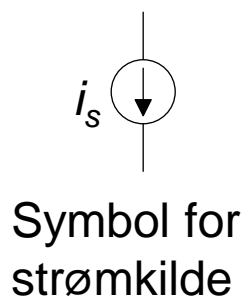


Vekselstrømskilde
(AC-spenning)

- '+' terminalen er V_s (eller v_s) volt *positiv* i forhold til '-' terminalen.
- Hvis V_s (eller v_s) er < 0 , er '+' terminalen *negativ* i forhold til '-' terminalen

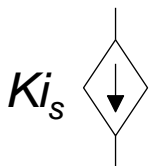
Strømkilder

- Noen ganger trenger man kilder som kan levere strøm uavhengig av spenningen
- For å levere en konstant strøm må kilden variere spenningen etter behov
- Også strømkilder kan være enten *ideelle* eller *ikke-ideelle*

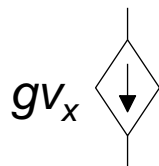


Oppsummering kilder

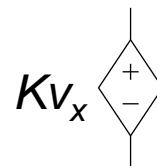
- Kilder kan enten være *ideelle* eller *ikke-ideelle*
- I tillegg kan kilder være *uavhengige* eller *avhengige*
 - **Uavhengig**: Kilden leverer strøm eller spenning som ikke er avhengig av andre strømmer eller spenninger i en krets
 - **Avhengig**: Kilden leverer en strøm eller spenning som er proporsjonal med en annen strøm eller spenning i en krets



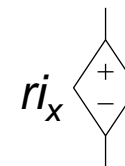
Strømkontrollert
strømkilde



Spenningskontrollert
strømkilde



Spenningskontrollert
spenningskilde



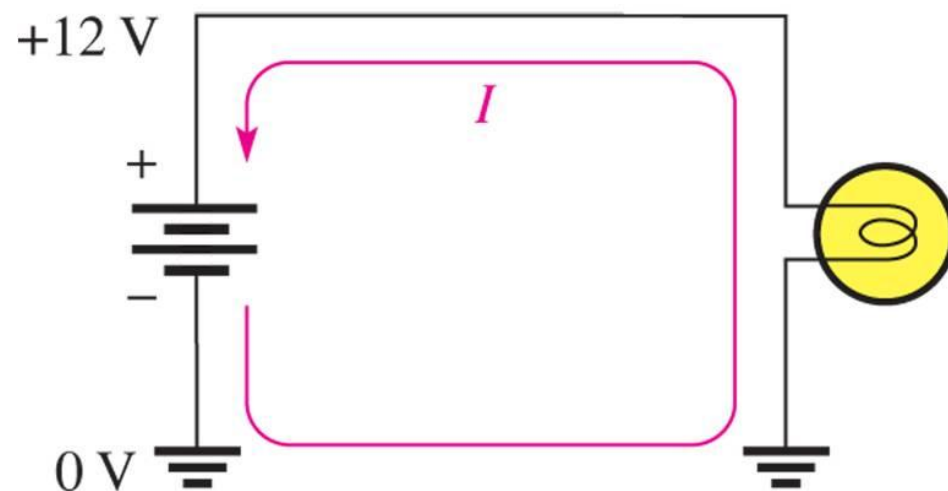
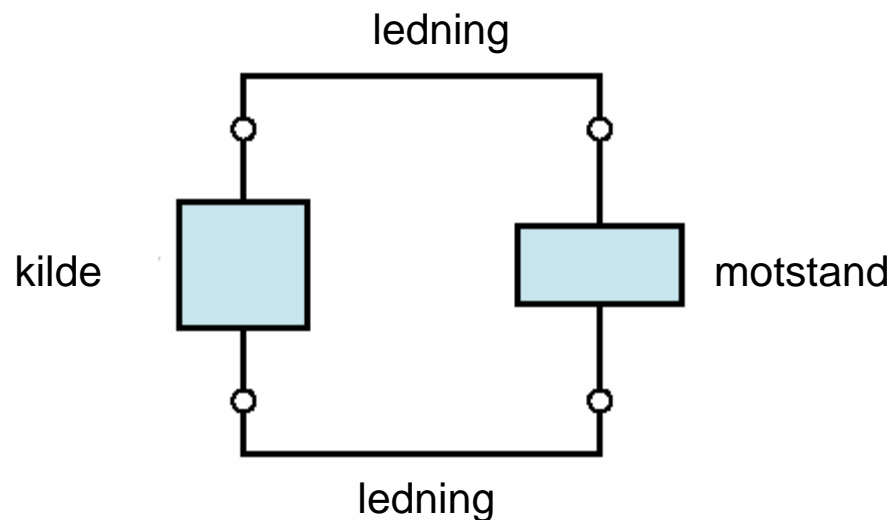
Strømkontrollert
spenningskilde

Spørsmål

- 1) En ideell strømkilde leverer en strøm som er
 - a. Uavhengig av spenningen over strømkilden
 - b. Direkte proporsjonal med spenningen
 - c. Omvendt proporsjonal med spenningen
 - d. Konstant
- 2) En uavhengig spenningskilde
 - a. Leverer spenning som er uavhengig av strømmen gjennom den
 - b. Leverer spenning som er avhengig av strømmen gjennom den
 - c. Leverer spenning som uavhengig av andre kilder
 - d. Leverer strøm som er avhengig av andre spenningskilder

Elektrisk krets

En *elektrisk krets* er en sammenkopling av elektriske elementer i en lukket løkke slik at elektriske ladninger eller strøm beveger seg i løkken



Resistans

- Når en elektrisk strøm går gjennom en leder eller et kretselement vil det alltid være en *resistans* R
- Resistans er et materiales motstand mot elektrisk strøm
Resistans gjør at endel av energien til elektronene som beveger seg konverteres til lys eller varme
- Ledere vil man at skal ha veldig lav eller ingen resistans for å unngå tap av energi
- Andre ganger ønsker man å ha en bestemt resistans, og da bruker man en *resistor* eller *Ohmsk motstand*

Resistans (forts)

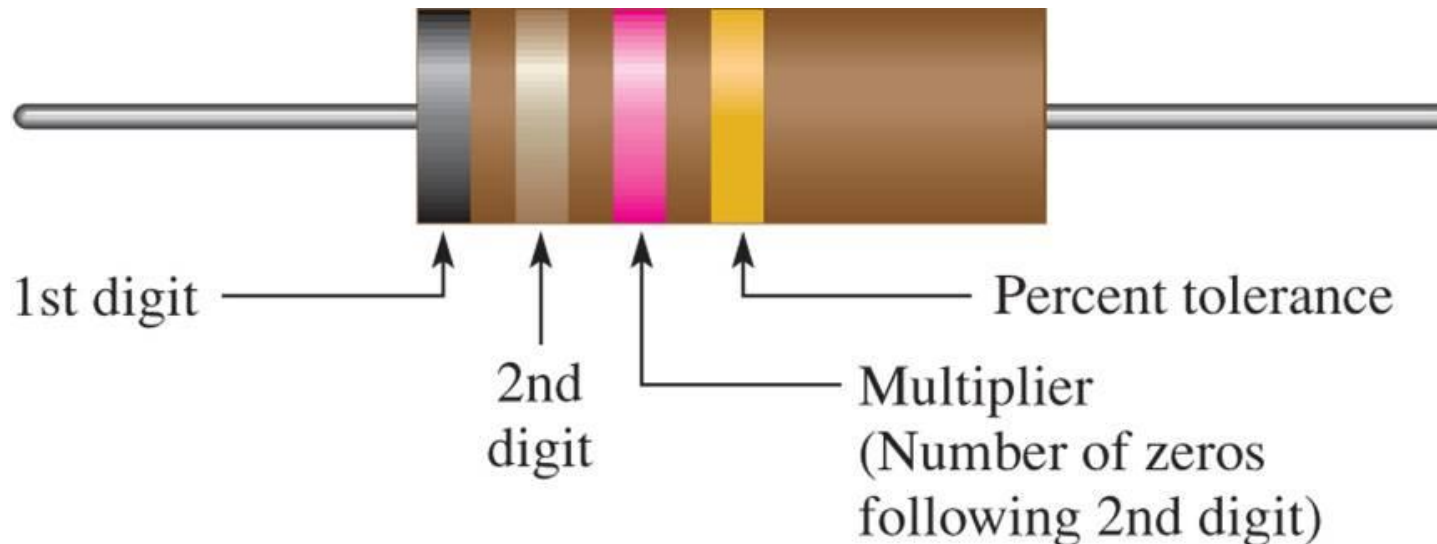
- Resistans måles i enheten Ohm
 - 1 Ohm er motstanden når det går en strøm på 1 ampere i et materiale med 1 volt spenningsforskjell mellom endepunktene
 - Det motsatte av resistans (dvs. ledningsevne) kalles *konduktans* og måles i Siemens

$$G = \frac{1}{R}$$

- Resistorer lages i mange ulike varianter, avhengig av bruksområde (strøm, spenning, fysisk størrelse og form, effekt, nøyaktighet)

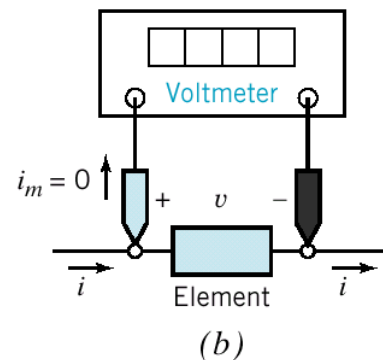
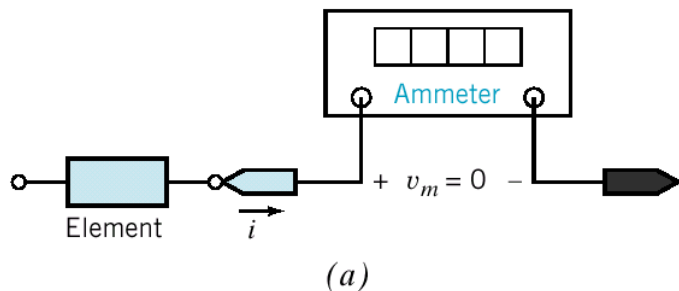
Resistans (forts)

- Fargekoding brukes for å angi Ohm og toleranse (mer om dette på lab og gruppeundervisning)



Måling av spenning, strøm og resistans

- Strøm, spenning og motstand kan måles med et *multimeter*
- Multimetre kan også måle effekt, frekvens, osv
- Man måler spenningen **over** og strømmen **gjennom** et element
- Første labøvelse vil dreie seg mye om måling



Ohms lov

- Ohms lov gir sammenhengen mellom strøm, spenning og resistans (motstand):

$$V = RI$$

- Alternativt kan dette skrives som

$$I = \frac{V}{R}$$

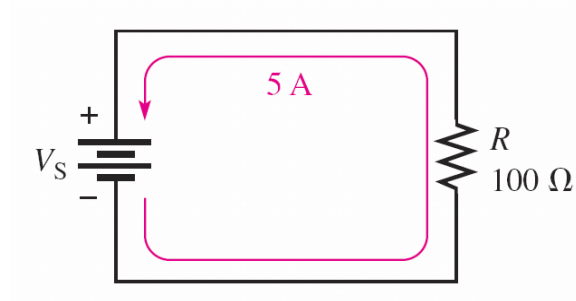
eller

$$R = \frac{V}{I}$$

- Hvis V øker og R er konstant, øker I
- Hvis V er konstant og R øker, synker I

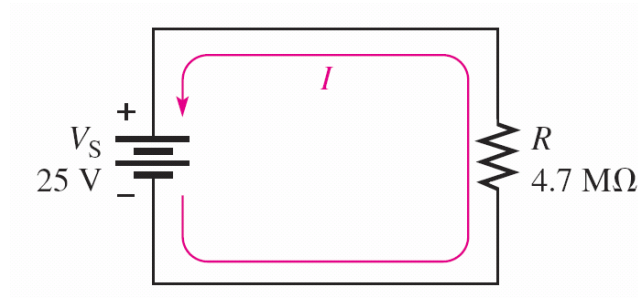
Bruk av Ohms lov

- Når spenning er ukjent:



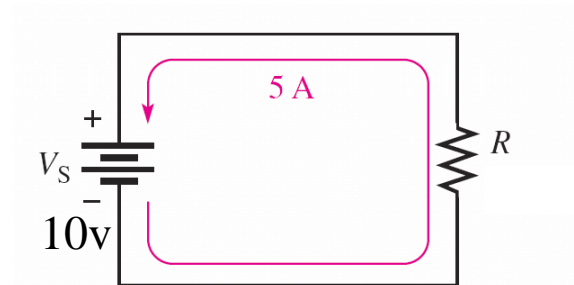
$$V = 100\Omega \cdot 5A = 500V$$

- Når strømmen er ukjent:



$$I = \frac{25V}{4.7M\Omega} = 5.32\mu A$$

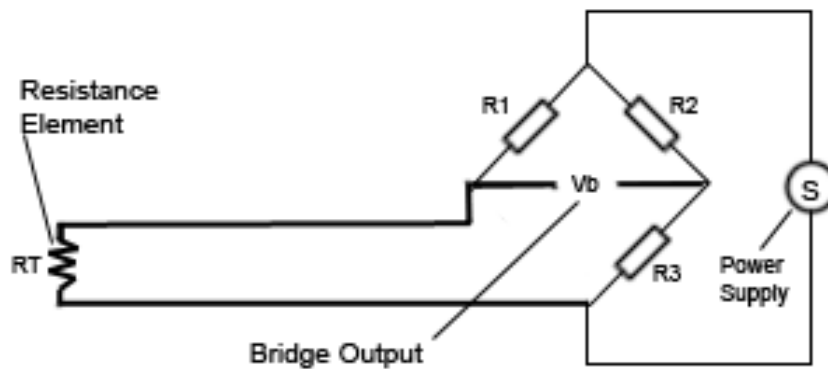
- Når resistansen er ukjent:



$$R = \frac{10V}{5A} = 2\Omega$$

Eksempel: Måling av temperatur

- Variasjon i R kan brukes til å måle temperatur:



- Spenningen V_b er et mål for temperaturen
- Fordelen med kretsen er at man ikke må måle både strøm og spenning for å bestemme R_t (dvs temperaturen)
- Kretsen kan også kalibreres (nullstilles)

Spørsmål

1) Hvis resistansen er 10Ω og strømmen er $0.2A$, hva er spenningen?

- a. 20 volt
- b. 0.2 volt
- c. 2000 milliVolt
- d. 2 Siemens

2) Ohms lov gir sammenhengen mellom

- a. Ladning, spenning og tid
- b. Ladning, strøm og tid
- c. Resistans, strøm og ladning
- d. Resistans, strøm og spenning

Spørsmål

3) Resistans er et uttrykk for

- a. Et materiales motstand mot elektrisk spenning
- b. Et materiales motstand mot elektrisk strøm
- c. Et materiales evne til å lede elektrisk strøm
- d. Et materiales evne til å transportere protoner

4) Hvis spenningen skal være konstant når strømmen øker, så må

- a. Konduktansen økes
- b. Resistansen økes
- c. Resistans holdes konstant
- d. Konduktansen holdes konstant