

Forelesning nr.1

IN 1080 Mekatronikk

Informasjon og introduksjon til kurset

Strøm, spenning og impedans
Elektriske komponenter



Temaer

- . Introduksjon til kurset
 - . Hvem er vi?
 - . Hva er mekatronikk?
 - . Temaer i kurset
 - . Forkunnskaper
 - . Undervisning
 - . Pensum
 - . Læringsplattformer

Hvem er vi?

Tre faglærere:

- Sigbjørn Næss, 1.aman II: *Analog elektronikk*
- Yngve Hafting, universitetslektor. *Mekatronikk*
- Mats Høvin, 1.amanuensis. *Lab og obligatoriske oppgaver*

Dessuten tre gruppelærere:

- Mathias Østby
- Georg Magneshaugen
- Eyosiyas Bisrat Taye

Hva er mekatronikk?

- **Mekanikk**

- . Kraft
- . Dreiemoment
- . Bevegelseslover
- . Energi og arbeid

- **Elektronikk**

- . Elektrisitet
- . Magnetisme
- . Halvledere
- . Kretsteori

- **Måleteknikk**

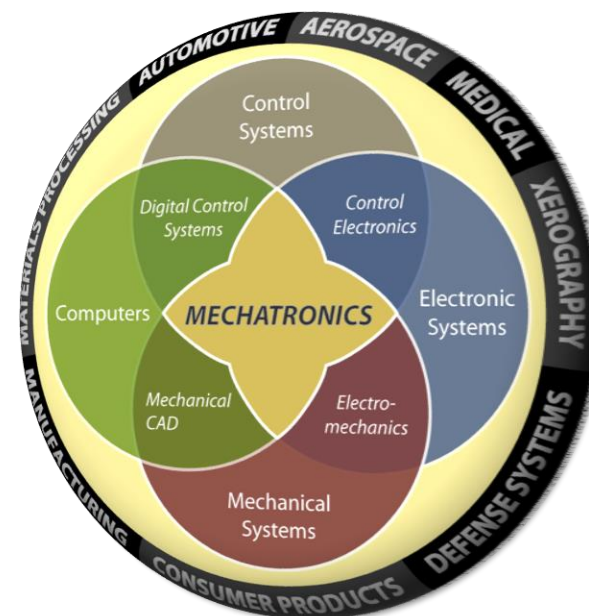
- . Sensorer
- . AD-konvertering
- . Forsterkere

- **Programmering**

- . C (Arduino)
- . Busser

- **Kontrollteori**

- . Kontrollsystemer



Forkunnskaper

- R1+R2 fra VGS, samt fordypning i minst ett realfagsemne til
 - .Fysikk er en fordel
 - . Ikke Fysikk? => vurder **FYSIKK 1** som støttelitteratur
 - Relevante tema fra Fysikk 1 og 2:
 - Rettlinjet bevegelse, Newtons lover, kraft, arbeid, energi, strøm, spenning, resistans, frekvens, halvledere og transistorer, *induksjon*, *sirkelbevegelse*, *bevegelsesmengde*.
- Anbefalte emner:
 - .IN1000 (o.l.)
 - . Generell forståelse av hvordan program er bygd opp
 - . Noe trening i å programmere
 - .IN1020
 - . Sekvensiell logikk, flipfloper
 - . Noe trening i å forstå oppbygning av digitale systemer

Undervisning

- . Grunnet korona-situasjonen blir IN1080 undervist heldigitalt våren 2021:
 - . Forelesningene skjer kun på Zoom (lenke med møte-id og password finner dere på <https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/IN1080/v21/>)
 - . Gruppeøvelsene skjer også bare på Zoom (lenke med møte-id og password finner dere på <https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/IN1080/v21/>)
 - . Fordi det ikke er mulig å gjennomføre obligatoriske labøvelser med fysisk oppmøte, vil disse bli teorioppgaver som skal ved regning og bruk av Python/MatLab
 - . 6 obliger totalt med ca 2 ukers mellomrom
 - . Foreløpige frister er 29/1, 12/2, 26/2, 12/3, 26/3, 16/4
 - . Noen av de ukentlige labgruppene gjøres digitale hvor ekstra regneøvelser/oppgaver blir gjennomgått og/eller spørsmål knyttet til obligene, resten blir avlyst (mer info kommer på hjemmesiden)
 - . Gruppeøvelsene og forelesningene blir en blanding av teori og oppgaveløsning

Pensum

- Pensum: <https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/IN1080/v21/pensumliste/index.html>
- Viktig: Forelesningene er pensum!
- Læreboka dekker mer enn pensum i IN1080 og vil være nyttig oppslagsverk i senere kurs
- I tillegg finnes det gode ressurser for analog elektronikk på nett f.eks på
 - Khan Academy: www.khanacademy.org
 - All about Circuits www.allaboutcircuits.com
- Som med annet man finner på nett må man være kritisk
 - Finnes bla feil i formler på endel Wiki-sider om elektronikk
 - Ikke alle videoer på YouTube er like bra eller illustrerende.

Eksamen

- Det vil ikke bli skoleeksamen i IN1080 våren 2021
- Eksamen blir en 3- eller 4-timers hjemmeeksamen **med** karakter
- Dato for eksamen er 14. juni
- Alle obliger må være godkjente før man får gå opp til eksamen (eventuelt godkjent fra tidligere)
- Trekkfrist er 1.mai

Forelesningsopptak

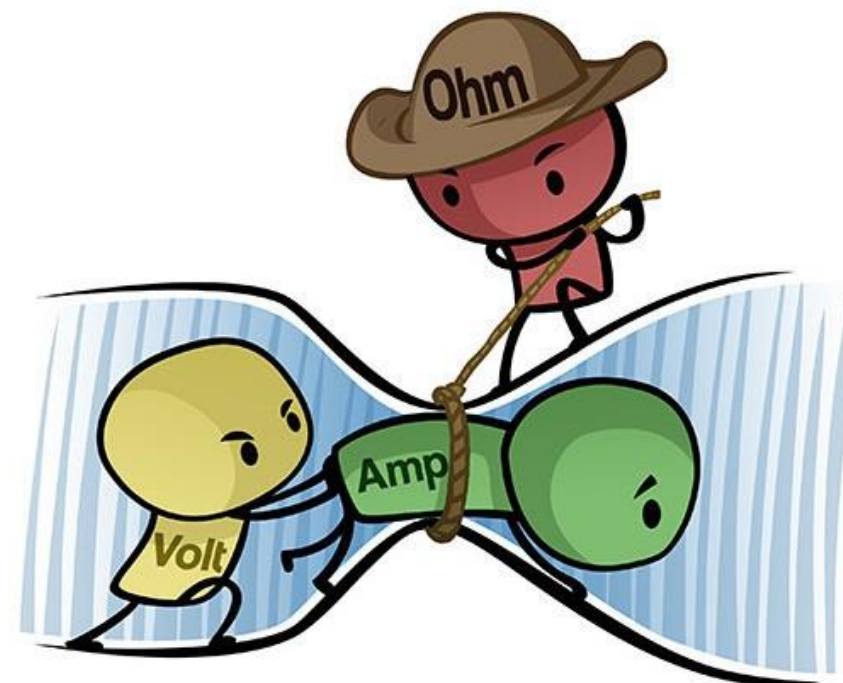
- Både forelesninger og gruppeøvelser vil tas opp og legges ut på nett (se hjemmesiden for info)
- For å sikre anonymitet vil det ikke tas opptak av chat-vinduet
- Hvis man stiller et spørsmål muntlig kan dette komme med på opptaket

Kommunikasjon og læringsplattformer

- Dere oppfordres sterkt til å stille spørsmål både underveis og etterpå om ting dere lurer på, ønsker repetert eller hvis noe er uklart
- Sjekk hjemmesiden jevnlig for beskjeder og annen informasjon
- Canvas vil bli brukt til bla oblig-innleveringer og noe ekstrastoffpadl
- Mattermost (mattermost.uio.no) eller Padlet (uio.padlet.org) kan brukes til spørsmål eller tilbakemeldinger
- Det er også greit å sende email hvis dere foretrekker det, enten til gruppelærerne eller foreleserne (adressene blir lagt ut på kurssiden).

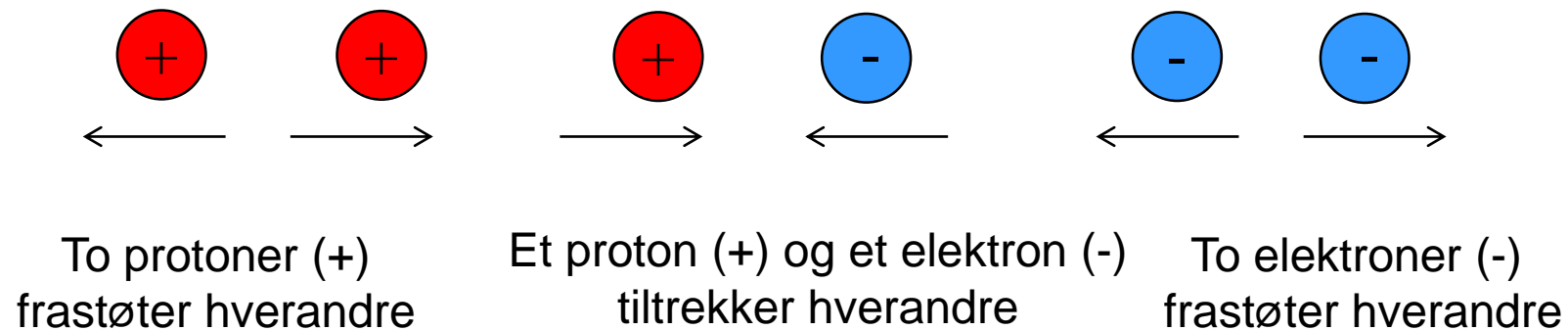
Strøm, spennning og motstand

- *Strøm, spennning og impedans (motstand)* er sentrale begreper i elektronikk:
 - **Strøm:** Elektrisk ladede partikler som beveger seg
 - **Spennning:** Forskjell i elektromagnetisk felt som får elektrisk ladede partikler til å bevege seg
 - **Impedans (motstand):** Egenskapen som bremser bevegelsen til elektrisk ladede partikler gjennom et materiale



Elektrisk ladning

- Mellom elektrisk *ladede* partikler oppstår det et elektrisk felt som gjør at de enten *tiltrekker* eller *frastøter* hverandre

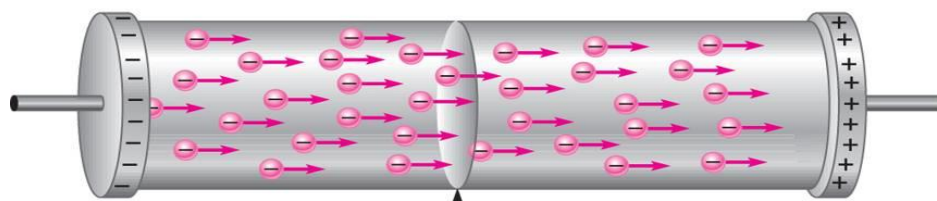


Elektrisk ladning (forts)

- Ladning måles i *coulomb* (C): 1C er den samlede ladningen til 6.25×10^{18} elektroner (uten fortegn)
- Elektronet har en ladning på -1.609×10^{-19} C og protonet har en ladning på $+1.609 \times 10^{-19}$ C
- Ladninger summerer seg opp
 - F.eks er 3 protoner og 2 elektroner er samlet sett positive med $+1.609 \times 10^{-19}$ C ladning
- Ladning benevnes enten Q eller $q(t)$

Elektrisk ladning og strøm

- Når elektrisk ladde partikler beveger seg oppstår en elektrisk strøm



- Elektrisk strøm I er mengden ladning Q som beveger seg eller overføres per tidsintervall t

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

- Strøm måles i ampere: 1 ampere betyr at en total ladning på 1 coulomb passerer et vilkårlig tverrsnitt i en elektrisk leder i løpet av 1 sekund

$$A = \frac{C}{s} \leftrightarrow C = A \cdot s$$

Elektrisk ladning og strøm

- Strøm har både en *verdi* og en *retning* (vektor)
- Sammenhengen mellom i og q er gitt av:

$$i(t) = \frac{dq}{dt}$$

- 'I' betegner konstant strøm, *likestrøm (dc)*, mens 'i' er en varierende strøm, en *vekselstrøm (ac)*
- Bruk av 'I' og 'i' for å skille mellom ac og dc er ikke alltid konsekvent 😞
- Ofte brukes ac og dc om spenninger også
- Elektrisk spenning lager et elektromagnetisk felt som får ladninger til å bevege seg, dvs elektrisk strøm
- Uten spenning ingen strøm
 - hvis spenningsforskjellen mellom to punkter er 0 går det ingen strøm mellom dem

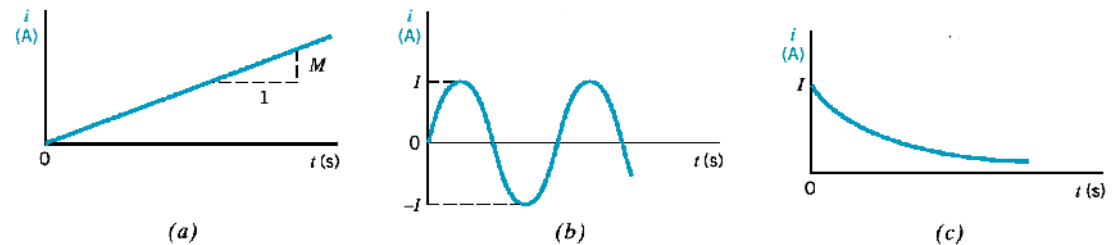
Likestrøm (dc) og vekselstrøm (ac)

- En *likestrøm* er konstant over tid (tidsinvariant)



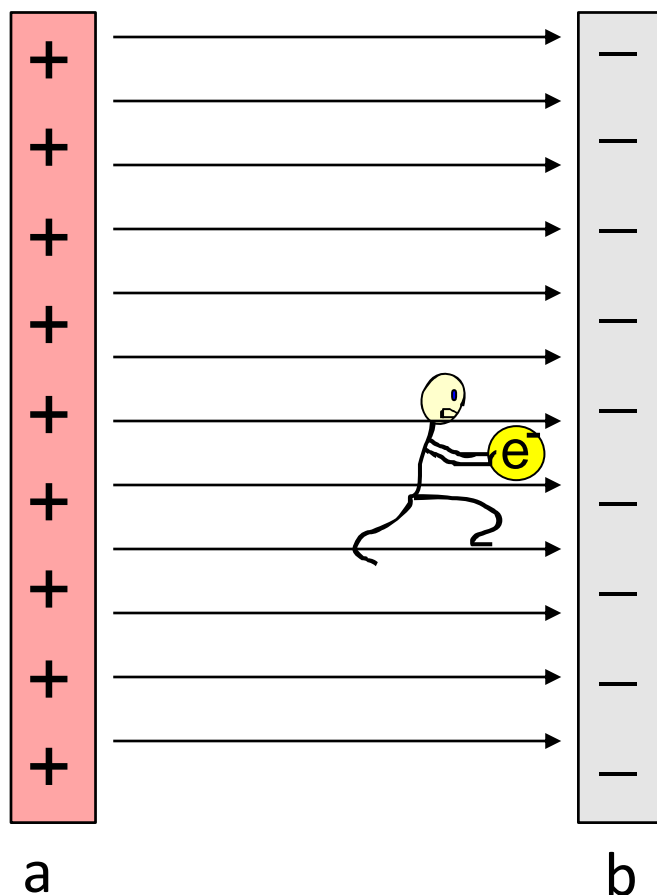
- Hva slags type strøm vi har med å gjøre er viktig både når vi skal analysere og lage kretser
- Oppførselen og analysen er enklere når vi har bare dc

- En *vekselstrøm* varierer over tid
- Variasjonen kan enten være *periodisk* eller *ikke-periodisk*



- Hvis variasjonen er langsom eller tidsvinduet lite, kan en vekselstrøm anses som likestrøm
- Legg merke til at strømmen både kan endre retning (b), eller variere i samme retning (a) og (c)

Elektrisk spenning



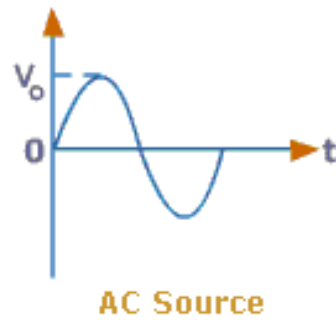
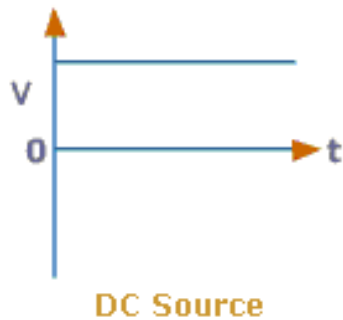
- For at ladninger skal bevege seg må det være en *potensial-* eller *spenningsforskjell*
- Spenningsforskjellen er et mål på arbeidet som kreves for å flytte ladninger fra *a* til *b*
- Spenning måles i *volt* og er definert ved

$$V = \frac{\text{energi}}{\text{ladning}} = \frac{W}{Q}$$

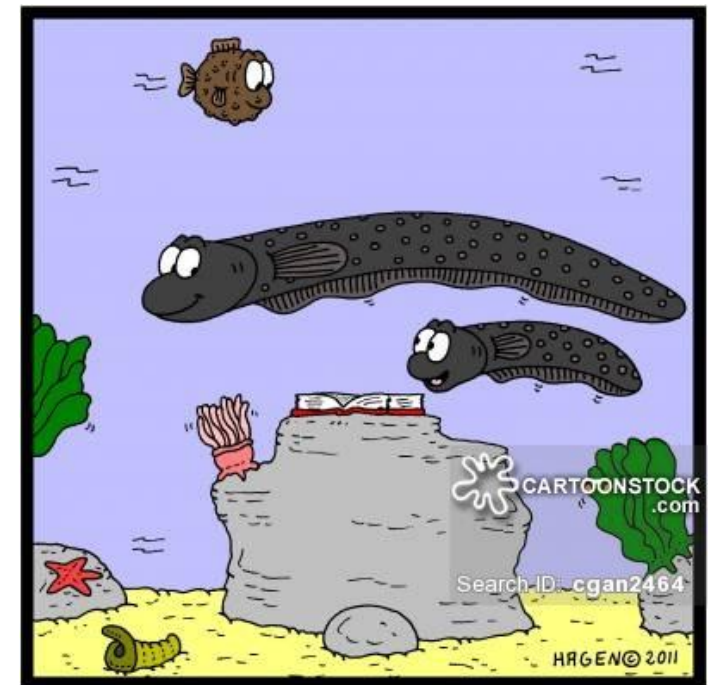
- **1 volt** er spenningen mellom *a* og *b* når **1 joule** brukes for å flytte en ladning på **1 coulomb** fra *a* til *b*
- **Merk:** Spenning betegnes med *U* eller *V*

Spenningskilder

- Spenning kan enten være likespenning eller vekselspenning



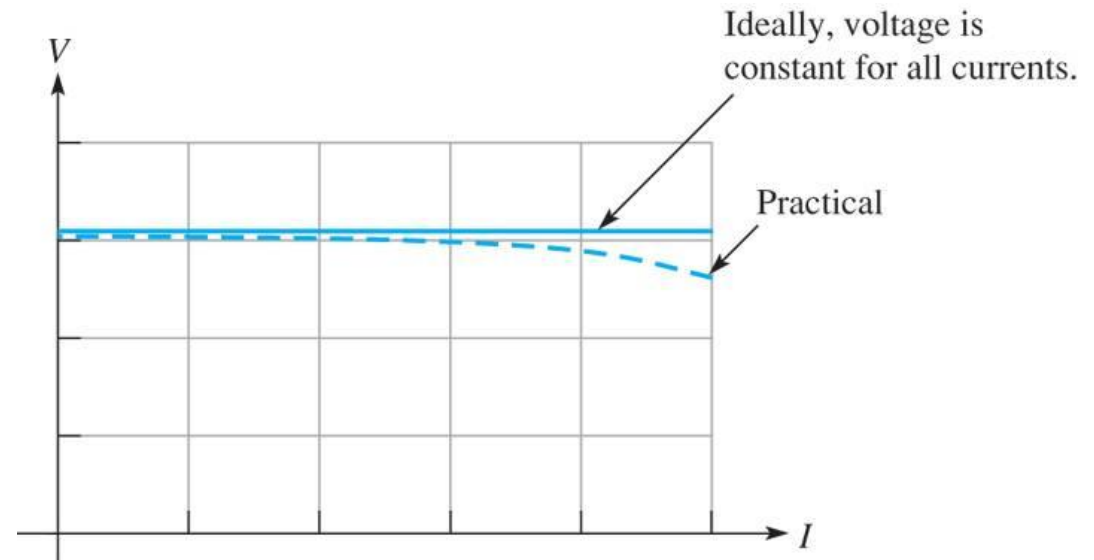
- Batterier og solceller er likespenningskilder hvor spenning kommer fra kjemiske reaksjoner eller konvertering av lys
- Generatorer lager vekselspenning ved omdanning av mekanisk bevegelsesenergi, f.eks vind, fossefall eller havbølger



Dad, do we zap in AC or DC?

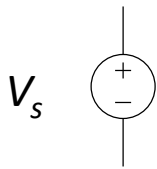
Spenningskilder (forts)

- 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

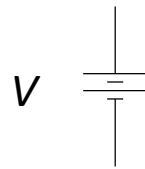


Spenningskilder (forts)

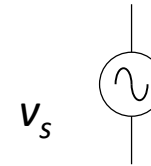
- Symboler for spenningskilder er



Likespenningsskilde
(DC-spenning)



Batteri
(DC-spenning)

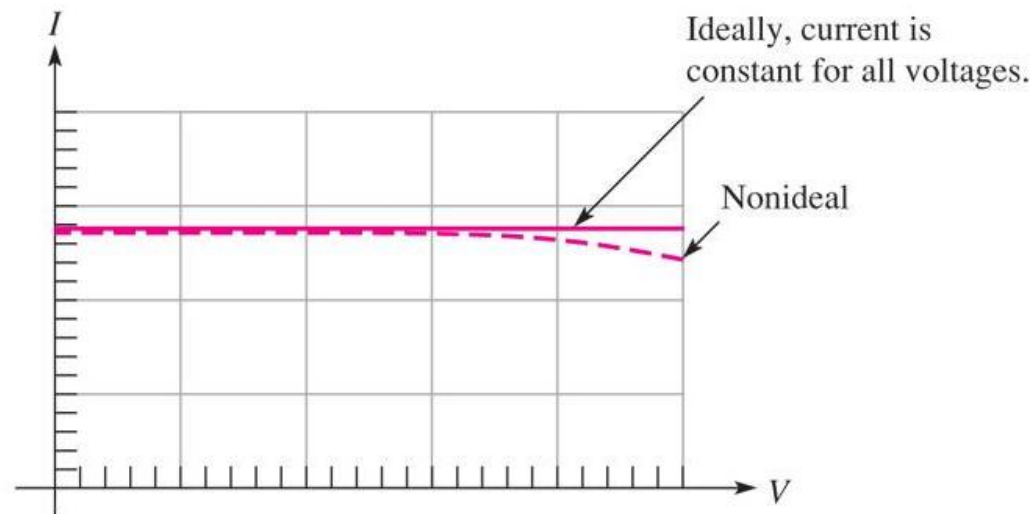
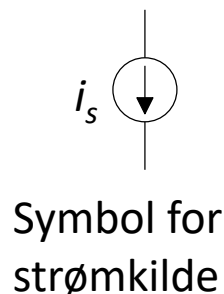


Vekselspenningsskilde
(AC-spenning)

- '+' 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

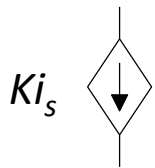
Strømkilder

- Strømkilder kan enten være *ideelle* eller *ikke-ideelle (praktiske)*
- En ideell strømkilde leverer konstant strøm uavhengig av spenningen over kilden
- I virkeligheten vil spenningen synke når strømmen øker

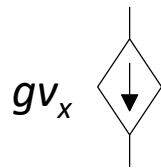


Oppsummering kilder

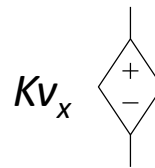
- Kilder klassifiseres også ut fra en annen egenskap:
 - **Uavhengig**: Strømmen eller spenningen er ikke avhengig av andre strømmer eller spenninger
 - **Avhengig**: Strømmen eller spenningen varierer i takt med en annen strøm eller spenning



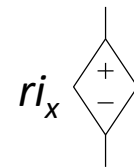
Strømkontrollert
strømkilde



Spenningskontrollert
strømkilde



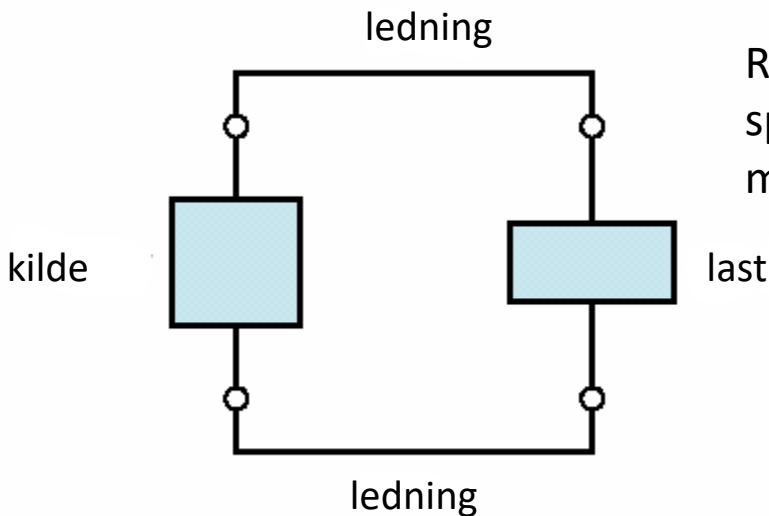
Spenningskontrollert
spenningskilde



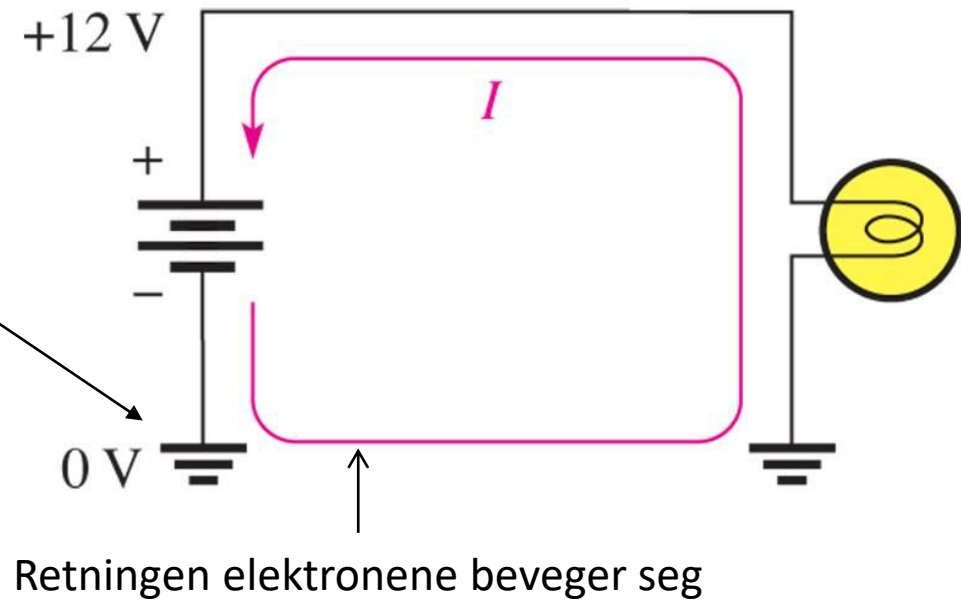
Strømkontrollert
spenningskilde

Elektrisk krets

- En *elektrisk krets* er en sammenkopling av elektriske elementer slik at elektriske strøm beveger gjennom den
- Vanligst at strømretningen vises fra '+' til '-', selv om det er elektroner som beveger seg (fra '-' til '+')



Referansepunkt som
spenninger i kretsen
måles relativt til

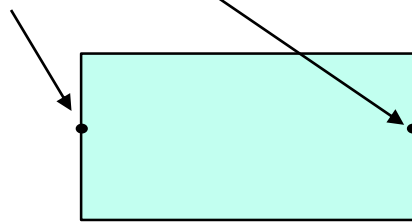


Elektroniske komponenter

- En krets består av ledere og komponenter (elementer)
- Elementer kan enten være **aktive** eller **passive**
- Strøm- og spenningskilder er eksempler på aktive elementer
- Resistorer, kondensatorer og spoler (induktorer) er eksempler på passive elementer
- Passive elementer kalles noen ganger for **last**
- Litt forenklet er forskjellen:
 - Aktive elementer produserer energi som overføres gjennom strøm og/eller spenning
 - Passive elementer omdanner energien fra en kilde til en annen form for energi (lys/varme), eller lagrer energien

Elektroniske komponenter (forts)

- En komponent (også kalt element) har minst to tilkoblingspunkter eller ***terminaler***



- En strøm kan gå gjennom en terminal (enten inn eller ut)
- En terminal har en spenning målt i forhold til en annen terminal eller et annet punkt
 - Et elektrisk felt måles alltid mellom to punkter
- Komponenter tegnes ofte som en firkant
 - Men de mest brukte typene har gjerne egne symboler

Elektroniske komponenter (forts)

- For å forstå hvordan en komponent virker kan man beskrive hvordan strømmen inn/ut varierer i forhold til spenningen på inngangen/utgangen
- Denne sammenhengen kan tenkes på som et matematisk funksjon som beregner en strøm eller spenning (utgang) som funksjon av en strøm eller spenning (inngang)
- Funksjonen kan beskrives med alt fra enkle lineære uttrykk til kompliserte uttrykk med mange ikke-lineære ledd
 - Stor nøyaktighet krever som regel kompliserte uttrykk

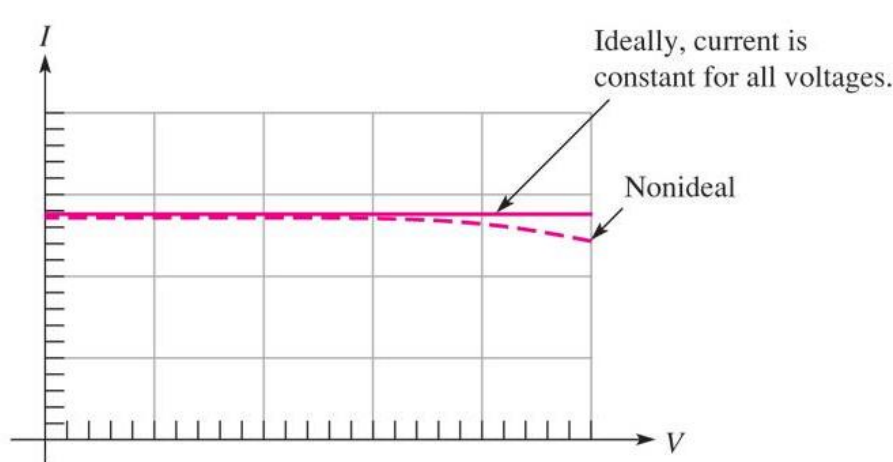


Elektroniske komponenter (forts)

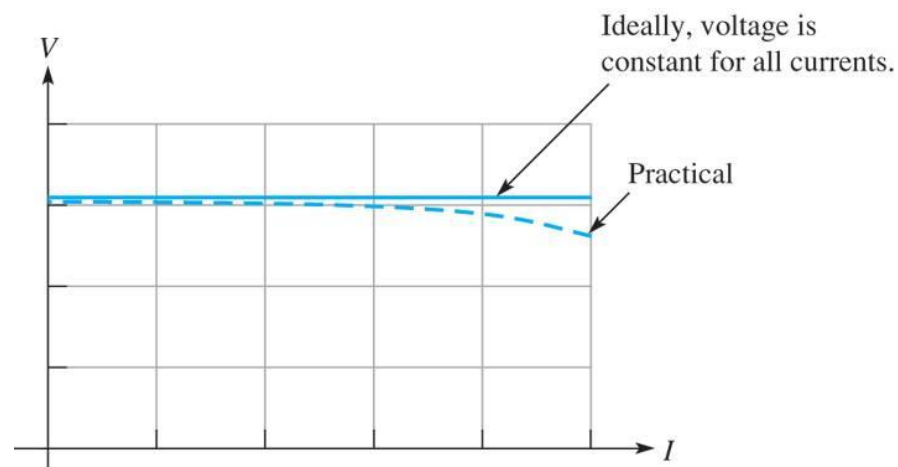
- Vi bruker ulike funksjoner for å beskrive virkemåten, f.eks
 - . *Strømmen ut* varierer som funksjon av *strømmen inn* og/eller *spenningen inn*
 - . *Spenningen ut* varierer som funksjon av *strømmen inn* og/eller *spenningen inn*
 - . *Mao: både strøm og spenning kan være uavhengige og avhengige variable*
- Vi bruker en funksjon som sier noe om den egenskapen vi er interessert i eller som beskriver den viktigste virkemåten til komponenten
- Vi vil alltid ha spenning på både inngang og utgang, og strøm inn og ut
 - . Men de kan noen ganger være lik eller veldig nær 0
 - . Andre ganger er vi ikke interessert i f.eks hva spenningen er på utgangen
- Noen ganger trenger vi å si hvordan strømmen eller spenningen varierer som funksjon av tid eller frekvens
- Vi trenger flere ulike funksjoner for å beskrive ulike deler av oppførselen til en bestemt komponent

Elektroniske komponenter (forts)

- Eksempel: En I - V eller *strøm-spenning karakteristikk* er en funksjon med I (el. V) på x-aksen og V (el. I) på y-aksen:



Strømmen varierer som funksjon av spenningen



Spenningen varierer som funksjon av strømmen

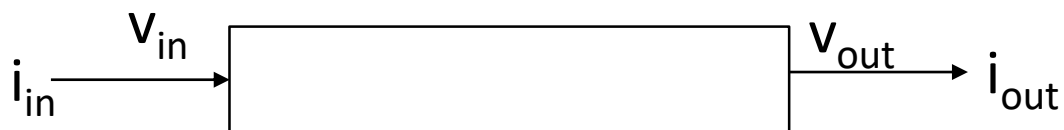
- En I - V karakteristikk visualiserer hvordan en komponent fungerer
 - En graf er som regel lettere å lese enn et komplisert matematisk uttrykk
 - Mye brukt ved simuleringer og fysiske målinger i lab

Oppsummering elektroniske komponenter

- En elektronisk komponent er en fysisk «duppeditt» som brukes i en elektronisk krets
- Vi trenger et eget «språk» for å beskrive hva en komponent gjør:
 - Vi kan se på komponenten som en matematisk funksjon med en strøm eller spenning som inngangsverdi og som «lager» en strøm eller spenning på utgangen
- Vi kan ha ulike (enkle eller kompliserte) matematiske funksjoner for å beskrive ulike sider av oppførselen til en komponent
- I-V karakteristikken
 - sier hvordan spenningen eller strømmen på utgangen varierer når spenningen eller strømmen på inngangen varierer
 - er kanskje den letteste måten å huske og se for seg hva en elektronisk komponent faktisk og hvorfor vi trenger den.
- *Vi kommer til å bruke I-V karakteristikk mye i IN1080 sammen med enkle matematiske uttrykk for å beskrive elektroniske komponenter*

Resistorer

- En *resistor* eller (ohmsk) motstand er en elektronisk komponent:



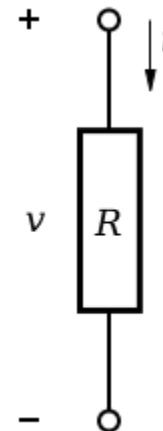
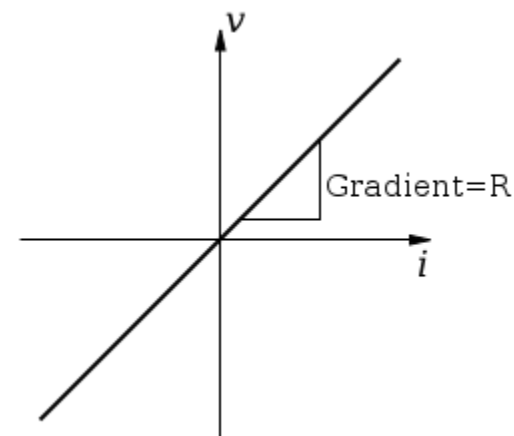
- I en resistor vil $i_{out} = i_{in}$ siden antall elektroner som går inn må komme ut på den andre siden (elektronene blir ikke borte inne i resistoren)
- Derimot bremses de opp av materialet resistoren er laget av, så det trengs en spenningsforskjell mellom inngangen og utgangen for å skyve dem igjennom, dvs $V_{out} < V_{in}$
- Hvor mye elektronene bremses opp er bestemt av *resistansen* R , en egenskap ved en resistor
 - Resistansen avhenger bla av hva resistoren er laget av, fysisk størrelse og temperatur

Resistorer (forts)

- Sammenhengen mellom resistansen R , strømmen I gjennom resistoren (enten i_{in} eller i_{out}) og spenningsfallet V ($v_{in} - v_{out}$) over den er gitt av

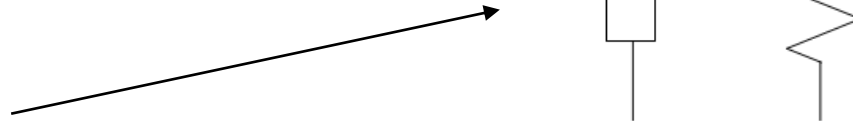
$$R = \frac{V}{I} \leftrightarrow V = R \cdot I$$

- Måleenheten for resistans er Ohm
- I-V karakteristikk til en resistor
- Vi kan beregne R for en ukjent resistor:
 - Måle spenningsfallet og strømmen
 - Tegne den rette linjen som er I-V karakteristikken
 - R er stigningstallet til den rette linjen

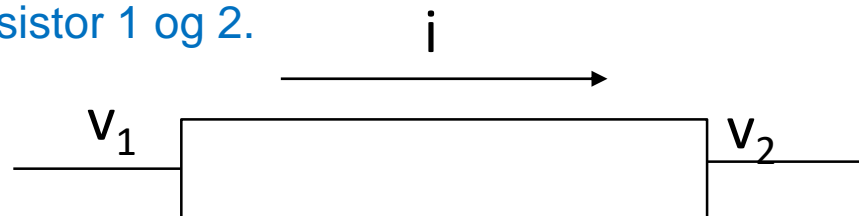


Resistorer (forts)

- To ulike symboler for en resistor



- Resistoren følger Ohms lov: $V = R \cdot I$
 - Vi antar at Ohms lov alltid gjelder, men den må tilpasses hvis vi skal bruke den på vekselstrøm/spenninger (mer om dette senere i kurset)
- **Eksempel:** Vi måler følgende strømmer og spenninger for to resistorer.
 - 1) Siden spenning alltid er definert som *potensialforskjell*, hvordan er v_1 og v_2 målt?
 - 2) Finn resistansen til resistor 1 og 2.



Resistor 1: $v_1 = 1.5$ volt, $v_2 = 1$ volt, $i = 0.1$ ampere

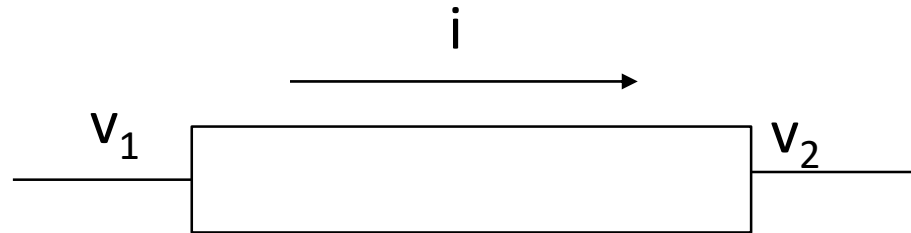
Resistor 2: $v_1 = 5.6$ volt, $v_2 = 2,6$ volt, $i = 0.06$ ampere

Ledningsevne

- I elektronikk er vi interessert i mye rart, blant annet hvor godt eller dårlig et materiale leder strøm
- Høyere motstand (impedans) betyr dårligere ledningsevne fordi ladninger bremses kraftigere opp
 - **Leder:** Materiale (stort sett metaller) med lav impedans og som leder elektrisk strøm godt. Kopper, gull, aluminium og sølv er gode ledere
 - **Halvleder:** Materiale som leder strøm dårlig, men som kan tilsettes stoffer som bedrer lederegenskapene. Viktige i komponenter som transistorer og dioder. Silisium, germanium og gallium er eksempler på halvledere
 - **Isolator:** Leder ikke strøm eller har svært høy impedans. Eksempler på isolatorer er glass, porselen, gummi, plast, papir og tørr luft
- Både ledere, halvledere og isolatorer behøves i elektroniske og elektriske systemer

Ledningsevne (forts)

- **Eksempel:** Vi ønsker å klassifisere ledningsevnen til tre ulike materialer som er bygget som resistorer og får oppgitt målinger av strømmen for ulike spenningsfall. Er de gode ledere, gode isolatorer eller noe midt i mellom?



- Materiale 1: $v_1 = 10$ volt, $v_2 = 9$ volt, $i = 10^{-15}$ ampere
- Materiale 2: $v_1 = 1$ volt, $v_2 = 0.99$ volt, $i = 1$ ampere
- Materiale 3: $v_1 = 10$ volt, $v_2 = 9.999999$ volt, $i = 10^{-12}$ ampere

Resistivitet og resistans

- **Resistivitet ρ** er en egenskap ved alle materialer og sier noe om hvor stor motstand materialet har mot elektrisk strøm
- **Resistans R** er den faktiske motstanden mot elektrisk strøm til en bestemt resistor og er avhengig av resistiviteten til materialet, og lengden og tverrsnittet som strømmen beveger seg gjennom
- Hvis resistoren er sylindereformet med lengde L og tverrsnitt A er sammenhengen mellom ρ og R

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

Resitivitet og resistans (forts)

- . Resistans omgjør noe av bevegelsesenergien til elektronene til lys eller varme
- . Med «ideel» menes at resistoren ikke endrer resistans f.eks som funksjon av temperatur, trykk, frekvens osv
 - . Noen ganger ønsker vi at resistoren skal være ideel
 - . Andre ganger kan man utnytte at resistansen varierer til f.eks å måle temperatur
- . *Ledere* ønsker man skal ha veldig lav eller ingen resistans for å unngå tap av energi
- . *Isolatorer* må ha veldig høy resistans

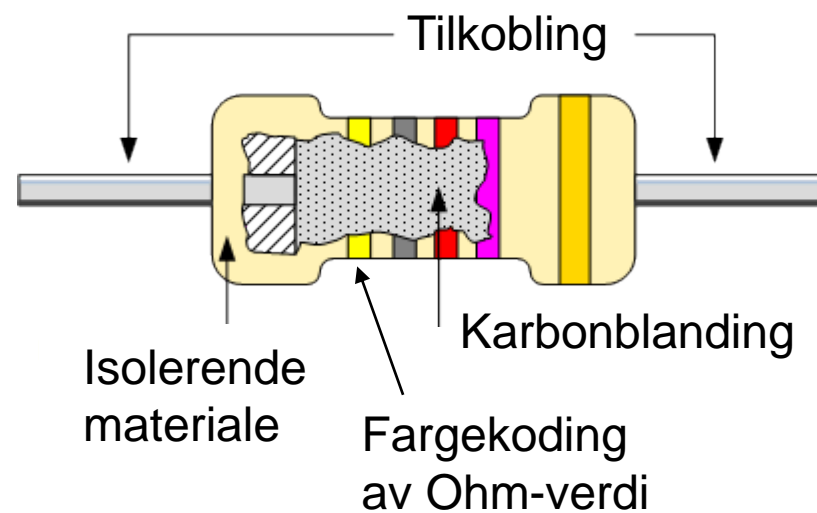
Resitivitet og resistans (forts)

- Resistans måles i *ohm*
 - **1 ohm** er motstanden når det går en strøm på **1 ampere** i et materiale med **1 volt** spenningsforskjell mellom endepunktene
- Noen ganger ønsker vi å beskrive hvor godt en komponent *leder* strøm, ikke hvor mye den *bremser* strøm
 - Ledningsevne heter *konduktans*, måles i *siemens* og er definert ved

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

Resistorer

- Fargekoding brukes for å angi Ohm og prosentvis avvik eller nøyaktighet i forhold til eksakt verdi
- Resistorer lages vanligvis av karbon, ulike metaller eller metall-oksyd film
- På integrerte kretser er det vanlig å bruke halvledere også som resistorer



Lineære vs ikke-lineære resistorer

- Resistansen R til en ideel, lineær resistor er konstant, uansett uansett ytre faktorer
- Resistansen til fysiske resistorer er imidlertid ikke konstant
- **Spørsmål 1:** Hvorfor ønsker vi at R skal være konstant?
- **Spørsmål 2:** Hvorfor er det allikevel ikke et problem at R kan variere?
- **Spørsmål 3:** Hva må vi derfor ta hensyn til når vi velger resistor?
- **Spørsmål 4:** Hva kan man bruke en motstand til hvis resistansen varierer med
 - a) Temperatur?
 - b) Mekanisk påvirkning?