

Forelesning nr.2 IN 1080

Elektroniske systemer

Effekt, serielle kretser og
Kirchhoffs spenningslov



Dagens temaer

- Sammenheng mellom strøm, spenning, energi og effekt
- Strøm og resistans i serielle kretser
- Spenningskilder i serielle kretser
- Spenningsdelere
- Presentasjon av 1. labøvelse
- Temaene finnes i kapittel 3.3-3.7 og 4.1-4.9

Energi og effekt

- Energi er "evnen til å utføre arbeid"
- Energi måles i joule (J)

$$J = \frac{kg \times m^2}{s^2}$$

- *Effekt P* måles i *watt (W)* og defineres som "arbeid per tidsenhet"

$$P = \frac{J}{s}$$

- kWh (kilowatttime) er måleenheten som benyttes på strømregningen: $1kWh = 3600kJ$

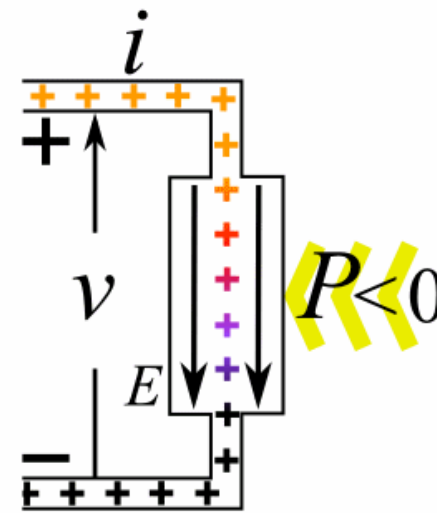
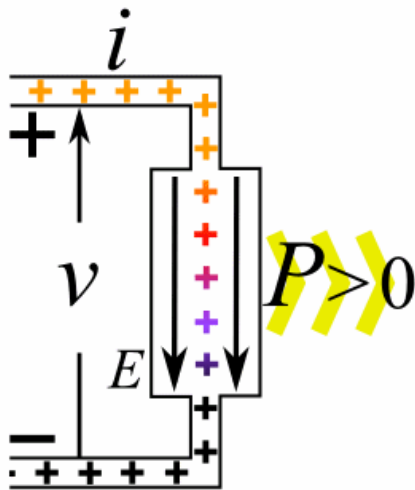


Effekt, spenning og strøm

- Når en strøm I går gjennom et element med spenning V over terminalene, er *effekten* gitt ved $P=VI$
- Effekt kan både være *positiv* og *negativ*:

Positiv: Elementet *absorberer* effekt

Negativ: Elementet *leverer* effekt



Energitap i resistorer

- Resistans gjør at en del av energien til elektroner i bevegelse blir enten til *varme* eller *lys*
 - Ønsket: Produksjon av varme eller lys
 - Uønsket: Overføringstap eller varme som må ledes bort
- *Effekten* er gitt av følgende formel:



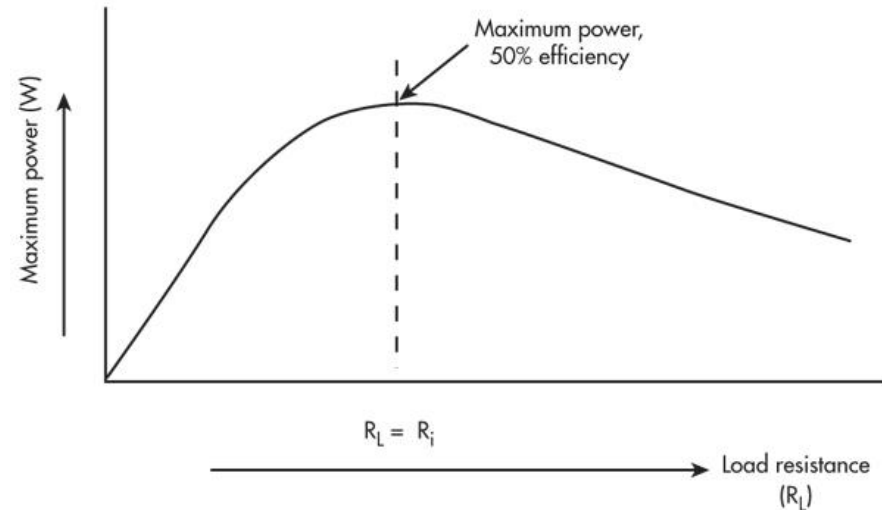
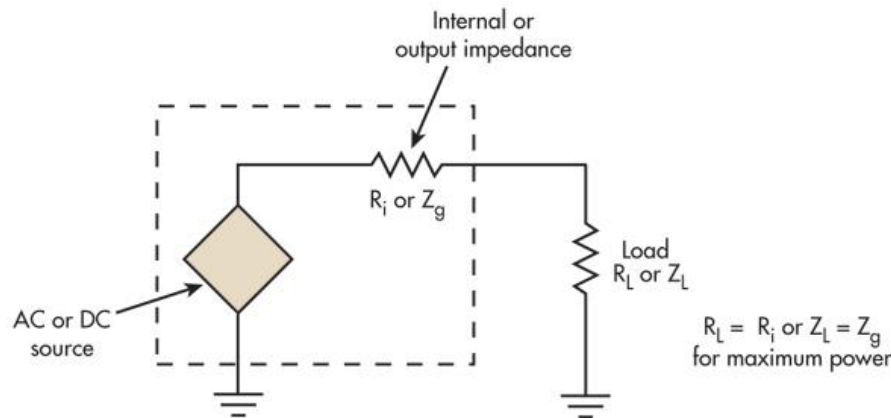
$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$



Maksimal effekt-overføring (1)

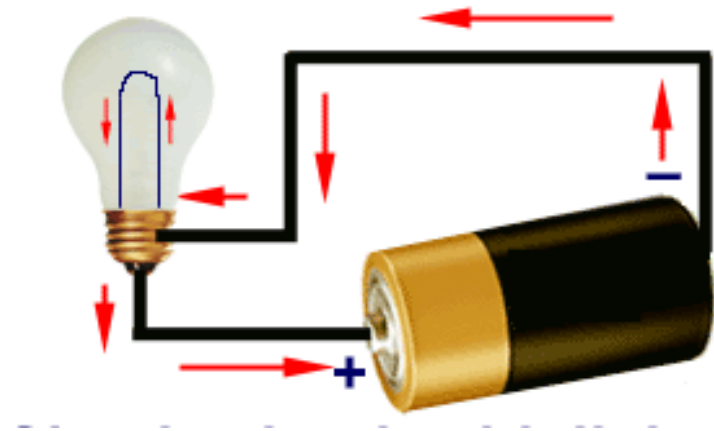
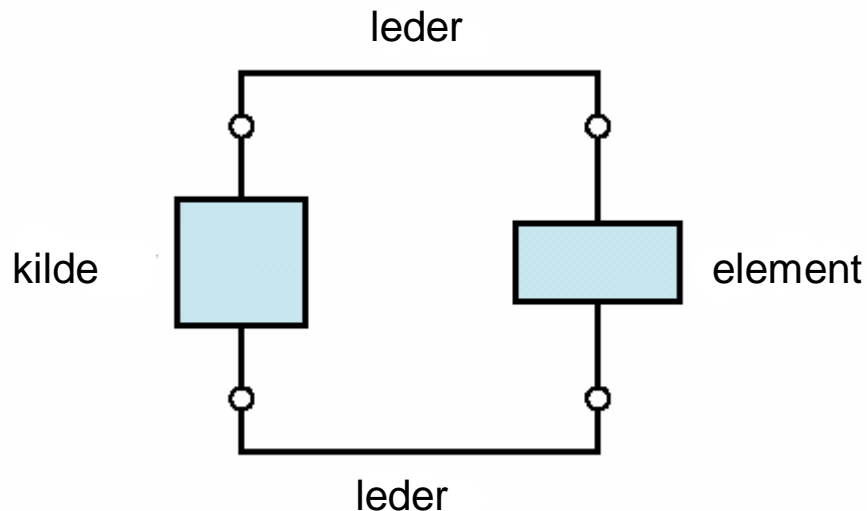
- I en del kretser ønsker vi å overføre mest mulig effekt fra en kilde til en last(motstand), f.eks.
 - Mellom effektforsterker og høyttalere
 - Mellom ulike forsterkertrinn
 - Mellom utgangstrinn og antenne i radiosendere
- Maximum Power Transfer teoremet sier at hvis man ønsker å overføre maksimal effekt fra en kilde med intern motstand R_i til en last R_L , så må R_i og R_L være like store

Maksimal effekt-overføring (2)



- Prosessen med å tilpasse R_L til R_i kalles for impedansmatching
- Impedansmatching er viktig når man skal koble sammen ulike komponenter eller systemer; hvis ikke kan
 - Ting ikke virke
 - Komponenter ødelegges
- Mer senere i kurset; temaet behøves i oblig 3

Ta det hele i bruk: Elektriske kretser



- En *elektrisk krets* består av *elementer* og *kilder* som er koblet sammen
- *Elementene* klassifiseres etter hvilke *egenskaper* de har
- Kretsen klassifiseres etter hvilken *topologi* den har

Kretselementer

- Et kretselement er en forenklet modell for en *fysisk* enhet
- Modellen kan være enkel (lineær) eller komplisert (ikke-lineær)
- Elementene klassifiseres ut fra strøm-spenningsforholdet mellom terminalene (sammenhengen mellom strøm og spenning)
- Skille mellom *aktive* og *passive* elementer
 - Passive elementer *kan ikke* levere effekt > 0 over tid
 - Aktive elementer *kan* levere effekt > 0 over tid

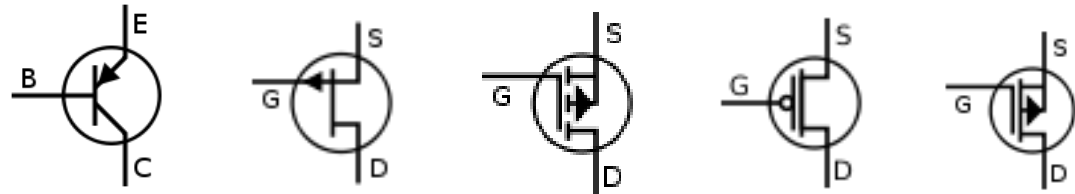
Kretselementer (forts)

- **Aktive elementer**

- Strøm/spenningskilder

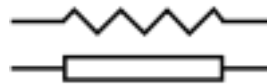


- Transistorer

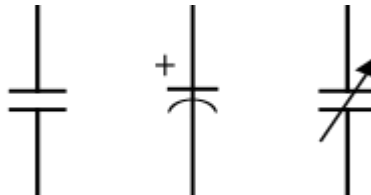


- **Passive elementer**

- Resistorer



- Kondensatorer



- Spoler(induktorer)



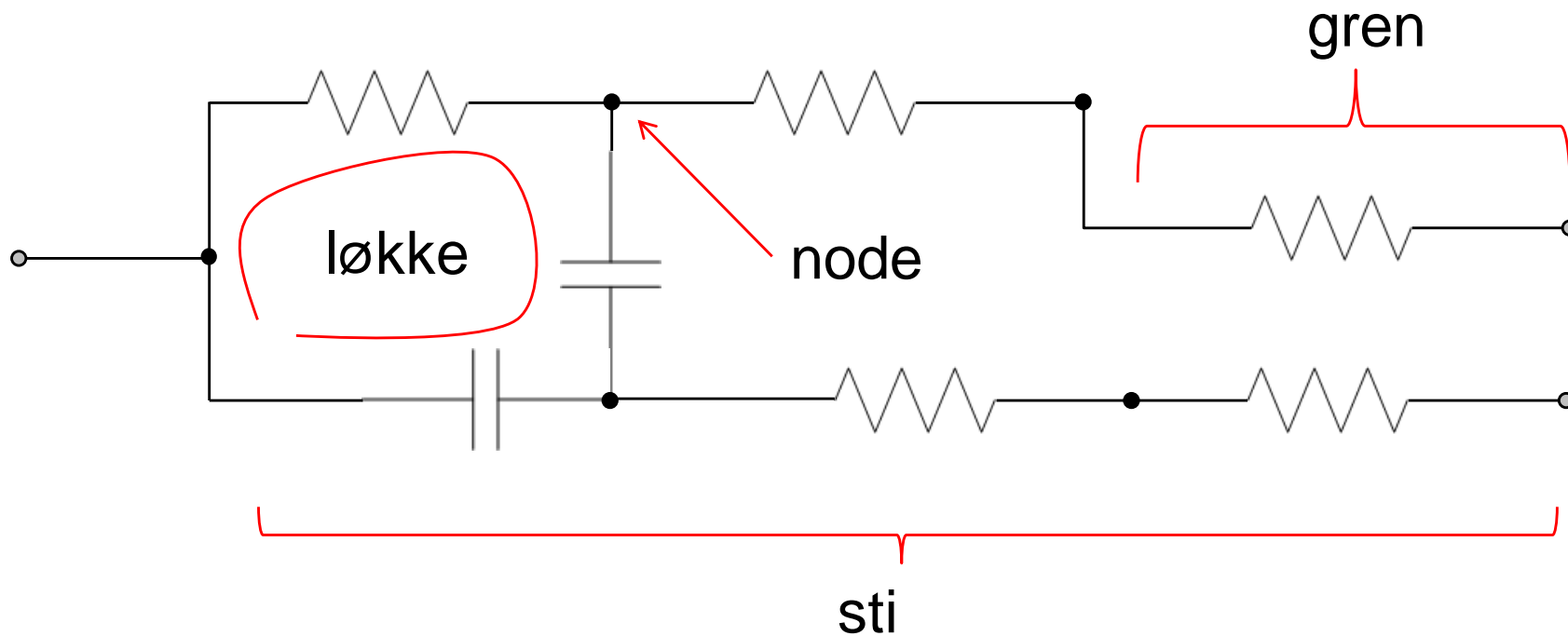
Nettverkstopologier

- **Nettverk:** Samling av elementer koblet sammen
- **Node:** Punkt hvor to eller flere elementer er koblet sammen med null motstand
- **Sti:** Vei mellom to noder gjennom et nettverk hvor en node besøkes kun én gang
- **Løkke:** Samme som *lukket sti*: Sti hvor start- og sluttnode er identisk
- **Gren:** Sti som består av ett enkelt element og nodene i hver ende

Nettverkstopologier (fortsatt)

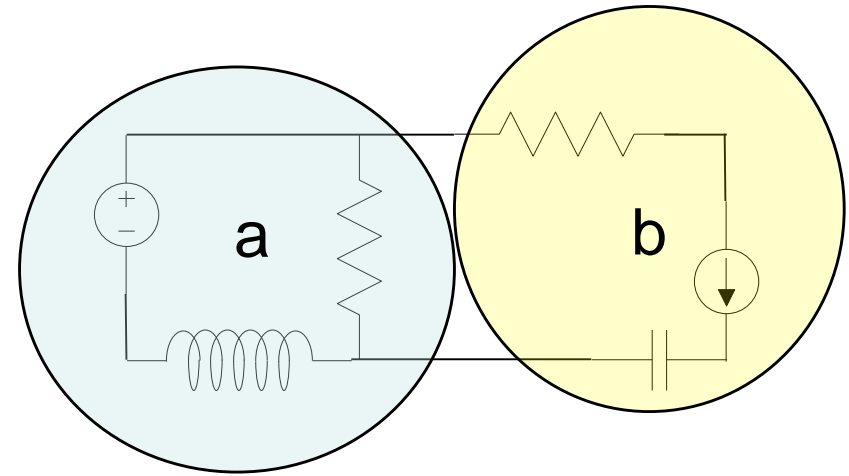
- Det er viktig å gjenkjenne ulike topologier når man analyserer kretser:
 - **Kirchhoffs spenningslov** kan benyttes for å finne spenninger i løkker
 - **Kirchhoffs strømlov** kan benyttes finne strømmer ut/inn av noder
 - **Branch current:** Finner uttrykk for strømmene i grener eller stier
 - **Mesh current:** Finner strømmene rundt løkker
 - **Nortons teorem** og **Thevenins teorem** brukes for å forenkle lineære nettverk
 - **Superposisjon:** Summering av bidrag fra enkelt-kilder i et nettverk
 - **Millmans teorem:** omforming av nettverk til en type som lettere lar seg analysere

Eksempel på krets/nettverk



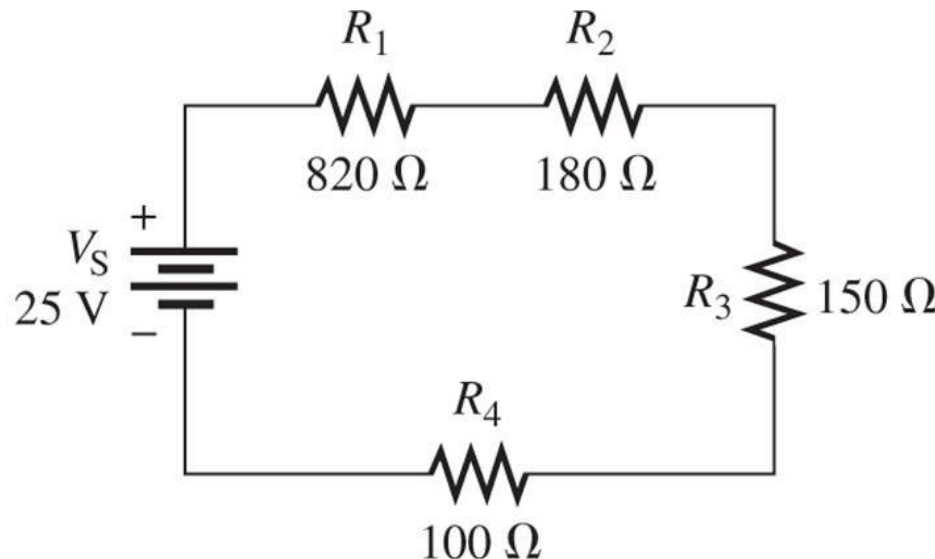
Spørsmål

- Gitt kretsen over til høyre
 - Hva kan denne kretsen også kalles?
 - Hvor mange noder har den?
 - Hvor mange elementer har den totalt?
 - Hvor mange hhv aktive og passive elementer har den?
 - Hva kalles topologien til den delen som ligger innenfor sirkelen til venstre (del **a**)?
 - Hva kalles topologien til den delen som ligger innenfor sirkelen til høyre (del **b**)?
 - Hvor mange løkker har kretsen totalt?
 - Hva kalles tilkoblingspunktene mellom **a** og **b**?



Bruk av Ohms lov - 1

- Ønsker å finne strømmen når resistans og spenning er kjent:

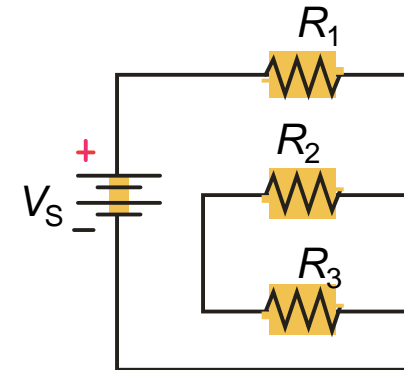
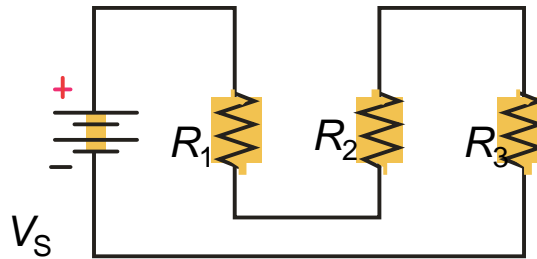
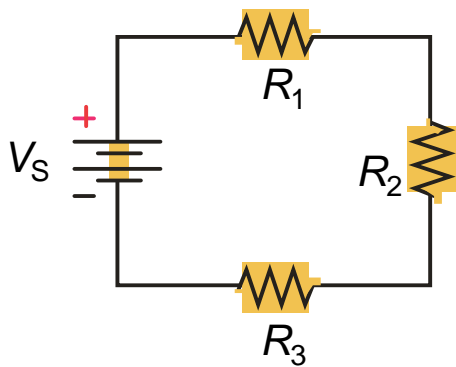


$$I = \frac{V_s}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{25\text{V}}{820\Omega + 180\Omega + 150\Omega + 100\Omega} = 20\text{mA}$$

- Spørsmål: I hvilken gren av kretsen går denne strømmen?

Serielle kretser

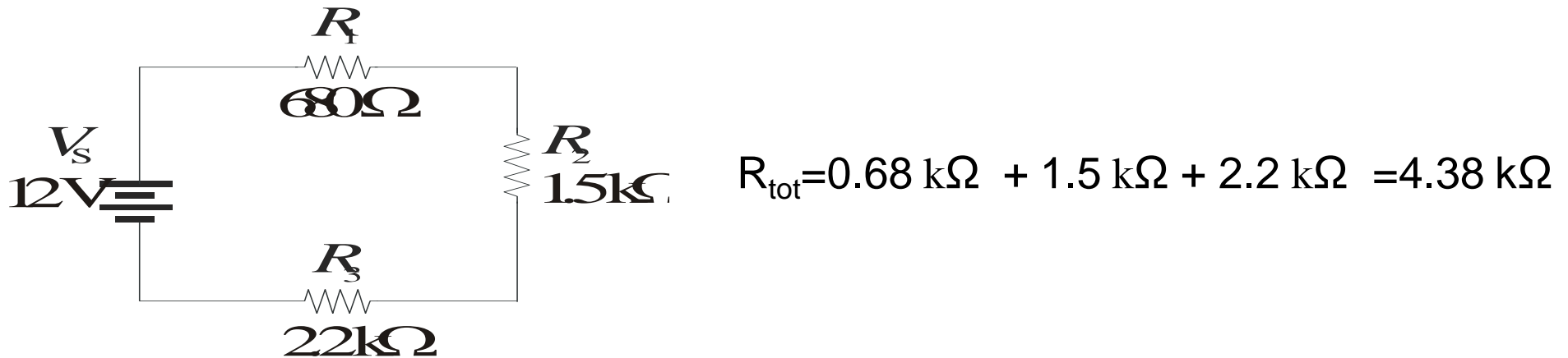
- En seriell krets har minst én kilde og/eller ett element
 - Men bare én felles løkke som strømmen går igjennom (*samme* strøm går igjennom alle kilder og elementer)



- Hvor må man koble inn et ampèremeter for å måle strømmen gjennom hver av de tre kretsene?

Total resistans i serielle kretser

- Den totale resistansen i en seriell krets er lik summen av resistansen til enkeltelementene



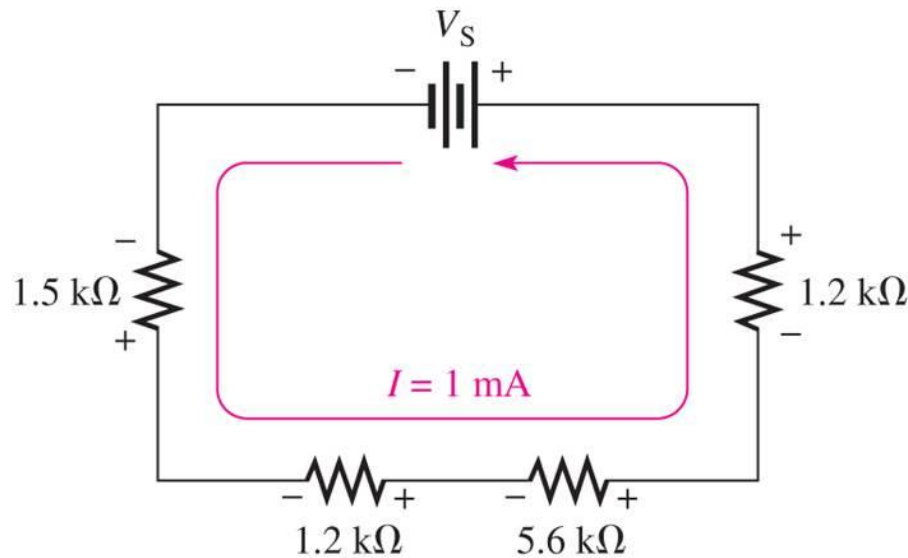
- Den totale resistansen for N resistanser i serie er gitt ved $R_{tot} = R_1 + R_2 + \dots + R_N$

Spørsmål

- Hvor stor indre resistans har en ideell spenningskilde?
- Hvor stor indre resistans har en ideell strømkilde?
- Hvor stor indre resistans har en amperemeter?
- Hva slags energiformer kan energien til elektroner gå over i?
- Kan en seriell krets bestå av både strøm- og spenningskilder?
- Kan en seriell krets bestå av mer enn én løkke?

Bruk av Ohms lov - 2

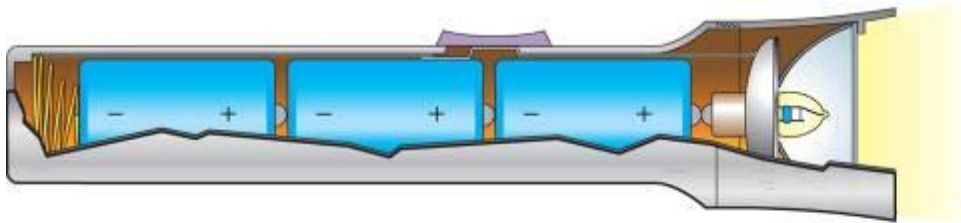
- Ønsker å finne spenningen når resistans og strøm er kjent:



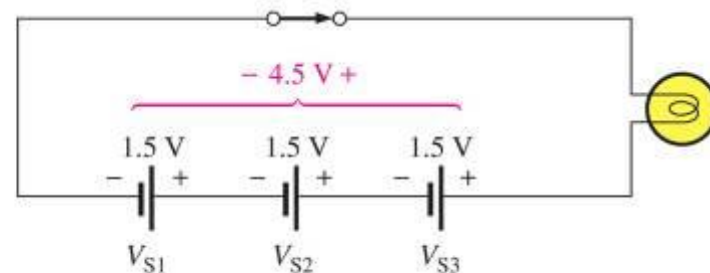
$$V_s = I(R_1 + R_2 + R_3 + R_4) = 1\text{mA}(1.2\text{k}\Omega + 5.6\text{k}\Omega + 1.2\text{k}\Omega + 1.5\text{k}\Omega) = 9.5\text{V}$$

Kirchhoffs spenningslov (KVL)

- I eksemplene så langt har kretsen bestått av kun én spenningskilde
- Kretser drevet av batterier har ofte flere batterier koblet etterhverandre, f.eks i en lommelykt eller elbil



(a) Flashlight with series batteries

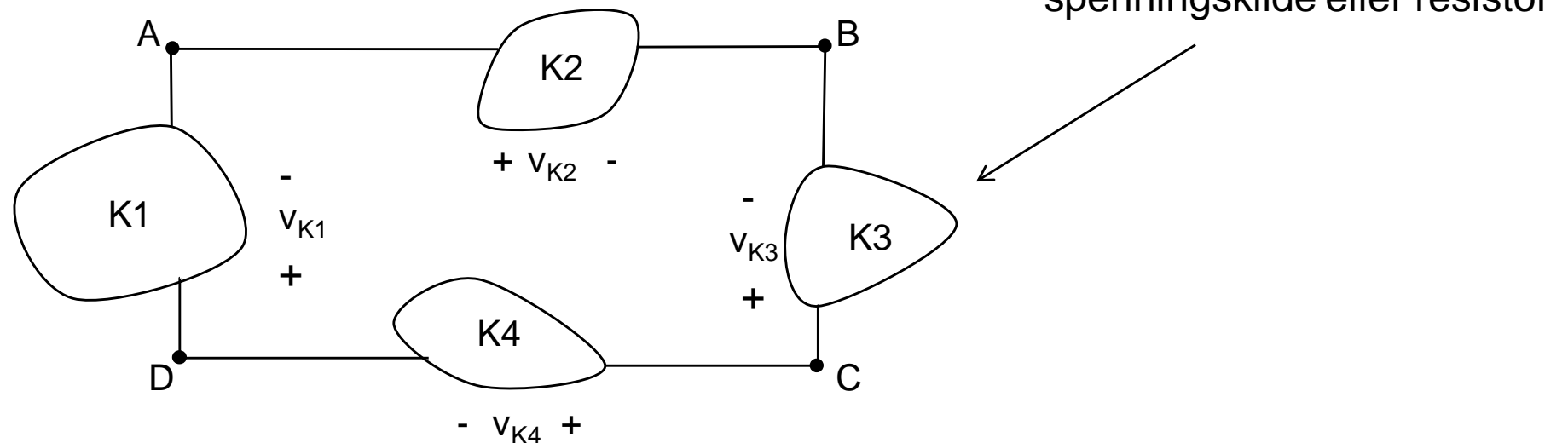


(b) Schematic of flashlight circuit

- I kretser med flere spenningskilder kan man benytte *Kirchhoffs spenningslov* for å finne den totale spenningen

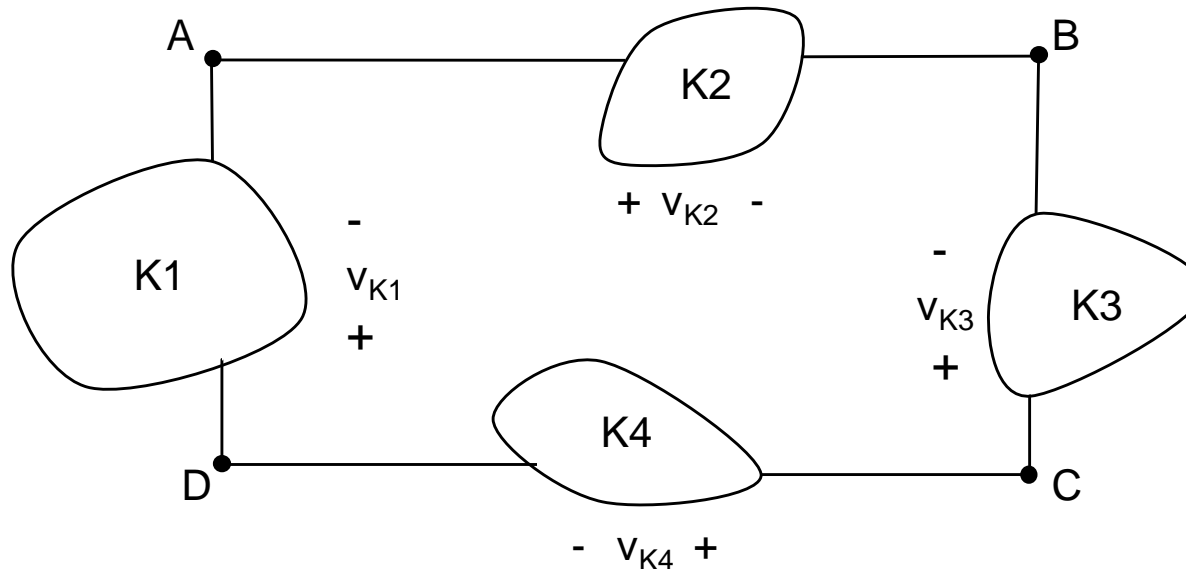
Kirchhoffs spenningslov (forts)

- "Den algebraiske summen av spenningene rundt en lukket sti er 0"



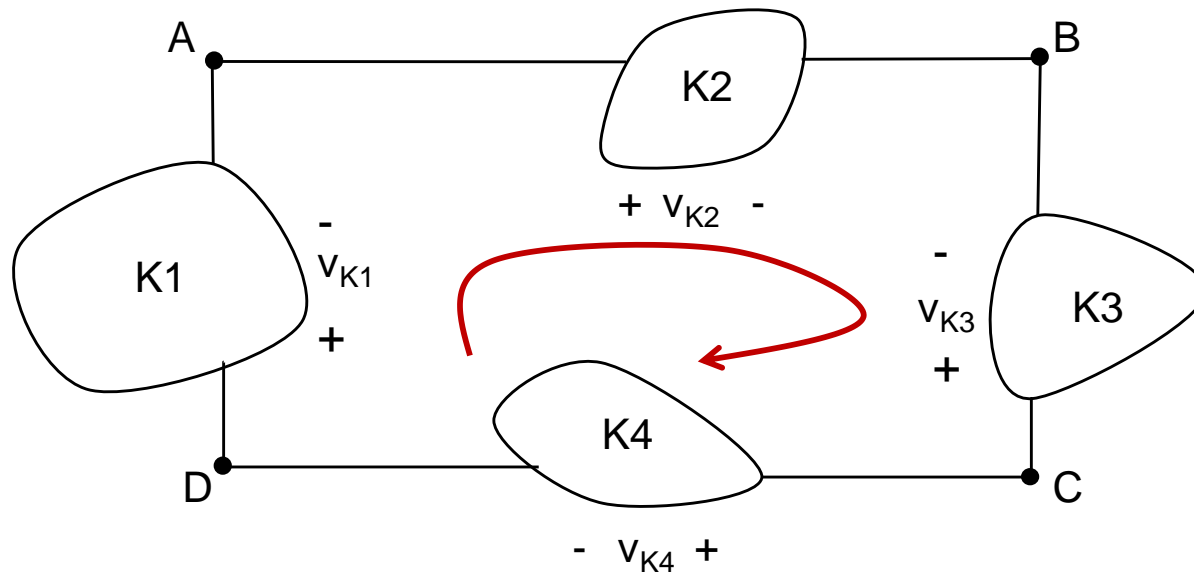
- Energien som kreves for å flytte en ladning mellom to noder er uavhengig av hvilken vei som velges gjennom kretsen

Kirchhoffs spenningslov (forts)



- Velger en retning (med eller mot klokka) gjennom løkken:
 - Hvis man treffer på «+» på et element først, settes spenningen som positiv
 - Hvis man treffer på «-» på et element først, settes spenningen som negativ

Kirchhoffs spenningslov (forts)

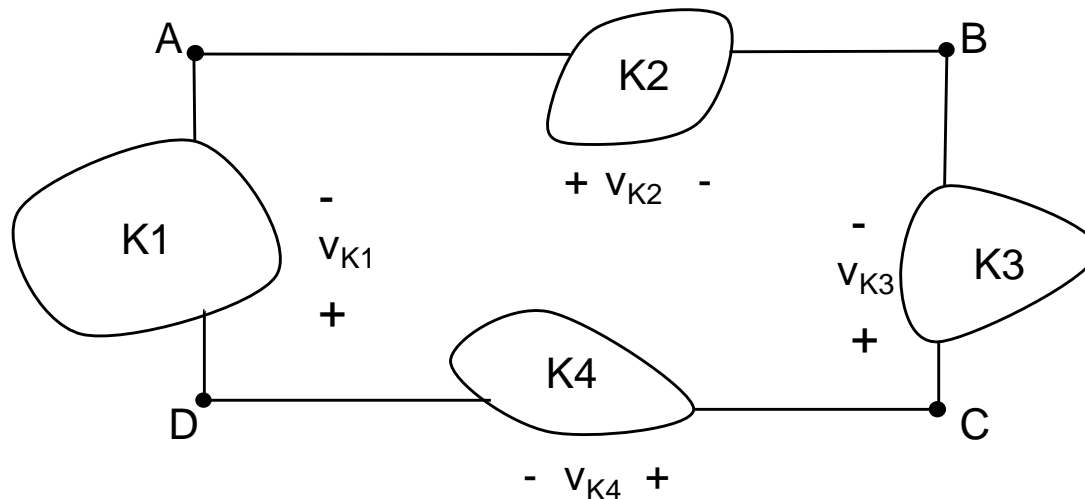


- Starter i node A og går med klokken:

$$v_{K2} + (-v_{K3}) + v_{K4} + v_{K1} = 0 \Rightarrow v_{K3} = v_{K1} + v_{K2} + v_{K4}$$

Kirchhoffs spenningslov (forts)

- Samme energi kreves for å flytte en ladning fra $A \rightarrow B \rightarrow C$, som fra $A \rightarrow D \rightarrow C$



$$V_{ABC} = V_{K2} - V_{K3} \quad \wedge \quad V_{ADC} = -V_{K1} - V_{K4} \Rightarrow$$

$$V_{ABC} = V_{ADC} \Rightarrow V_{K2} - V_{K3} = -V_{K1} - V_{K4} \Rightarrow$$

$$-V_{K3} + V_{K1} + V_{K2} + V_{K4} = 0$$

Spørsmål

- Er A positiv eller negativ i forhold til B?

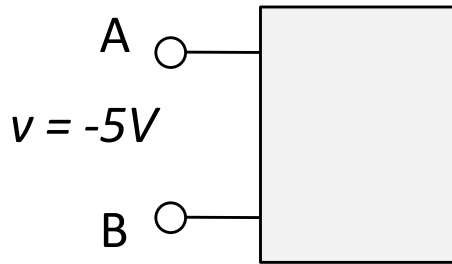


Fig 1)

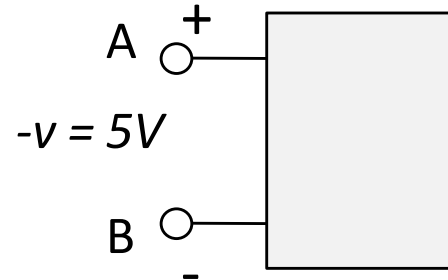


Fig 2)

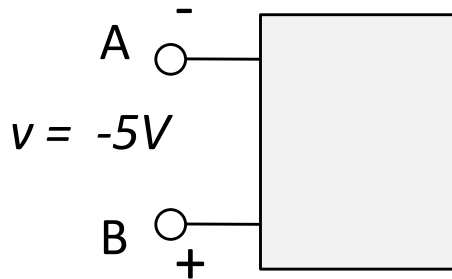


Fig 3)

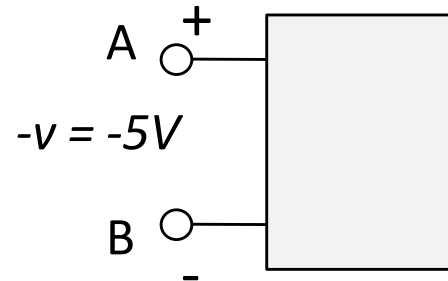
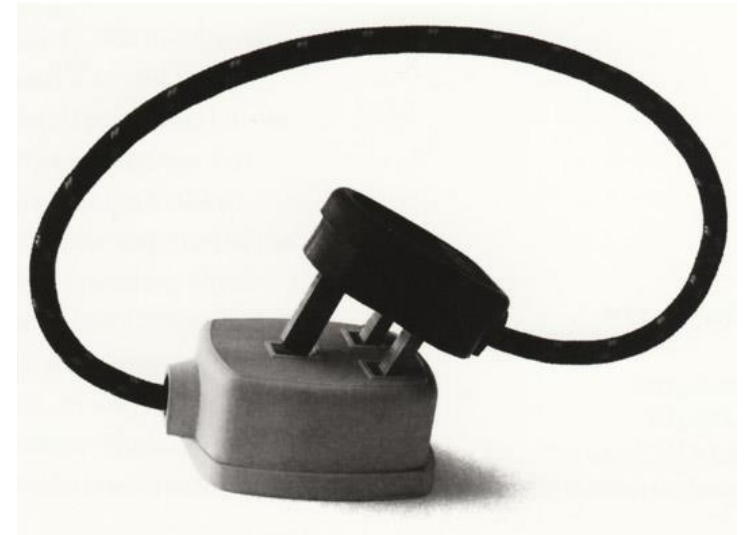
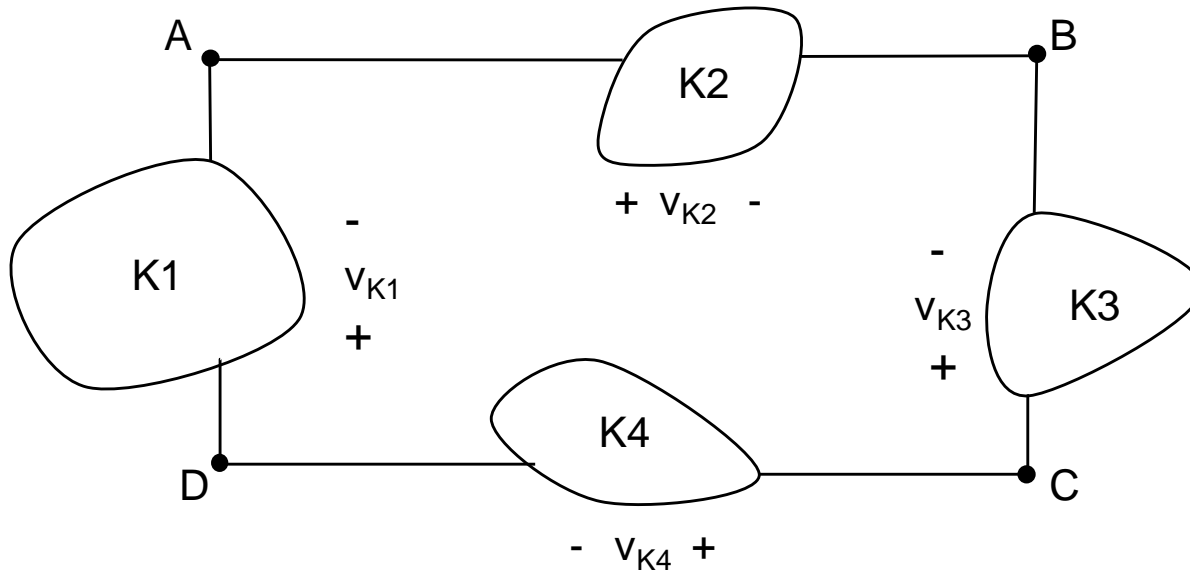


Fig 4)

Spørsmål

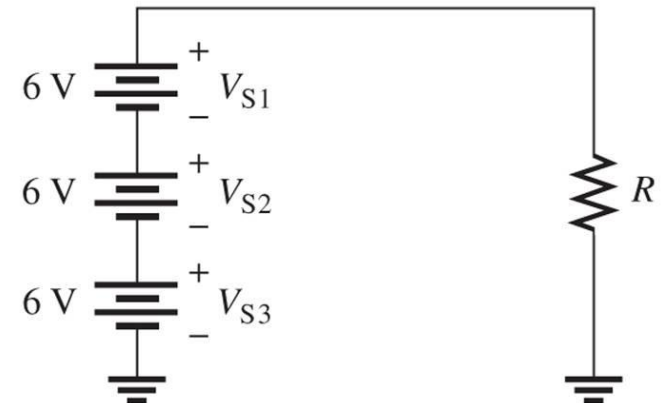
- Finn V_{K3} når $V_{K1} = 2\text{v}$, $V_{K2} = 5\text{v}$ og $V_{K4} = -4\text{v}$



- Hva skjer hvis $V_{K3} = 12\text{v}$, $V_{K1} = 0\text{v}$, $V_{K2} = 0\text{v}$ og $V_{K4} = 0\text{v}$?

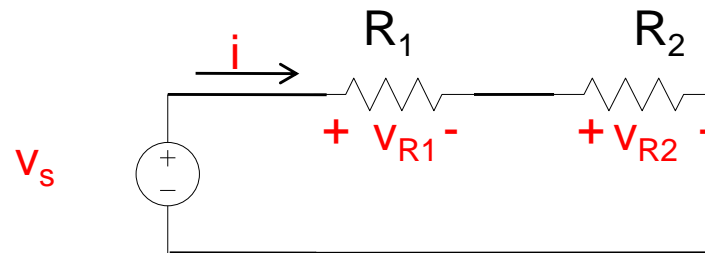
Spenningsøkning og -deling

- Man kan *øke* en spenning ved å koble flere spenningskilder i serie
- Noen ganger ønsker man å *redusere* spenningen med en bestemt faktor
- Dette kan gjøre med en *spenningsdeler*



Spenningsdeling (forts.)

- Ønsker å finne et uttrykk for spenningene V_{R1} og V_{R2} som funksjon av V_s , R_1 og R_2



$$V_s = V_{R1} + V_{R2} = iR_1 + iR_2 = i(R_1 + R_2) \Rightarrow$$

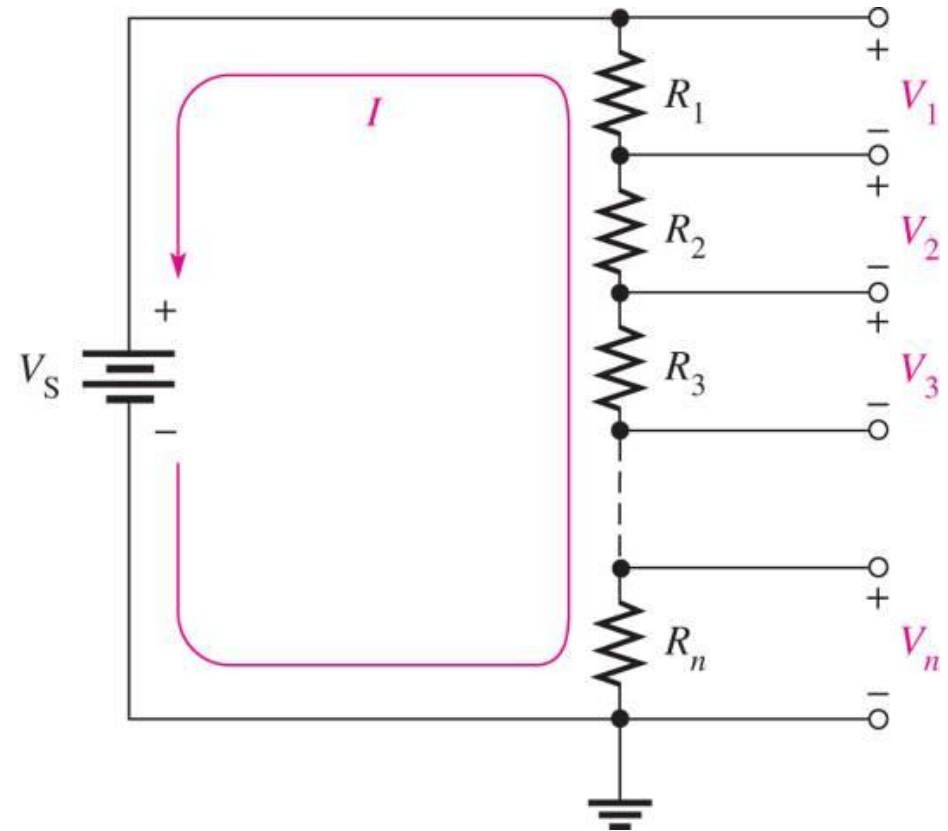
$$i = \frac{V_s}{R_1 + R_2} \Rightarrow V_{R2} = iR_2 = \left(\frac{V_s}{R_1 + R_2} \right) R_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_s$$

$$i = \frac{V_s}{R_1 + R_2} \Rightarrow V_{R1} = iR_1 = \left(\frac{V_s}{R_1 + R_2} \right) R_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s$$

Spenningsdeling (forts.)

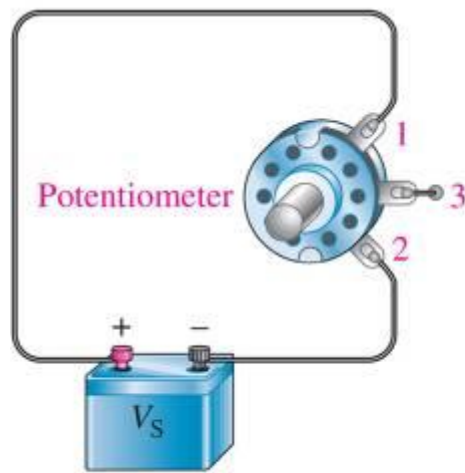
- Generelt:
 - Gitt en krets med n motstander, total resistans $R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ og spenning V_s
 - Da vil spenningen over motstand R_x være gitt av formelen

$$V_x = \left(\frac{R_x}{R_T} \right) V_s$$

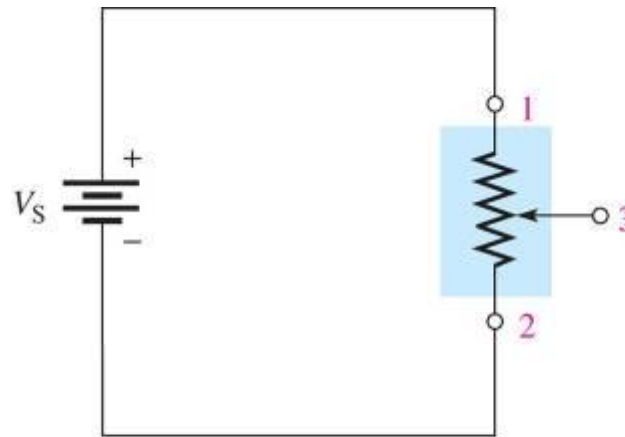


Variabel spenningsdeling

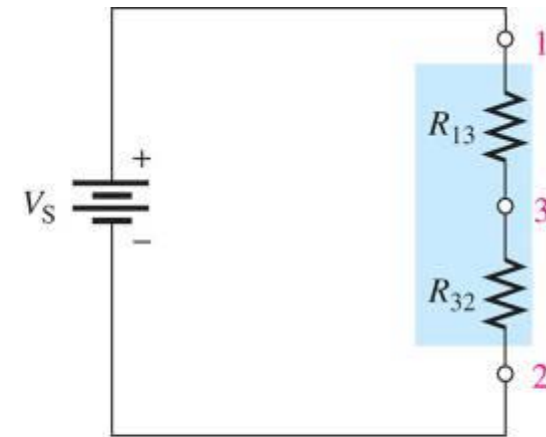
- Et *potentiometer* varierer spenningsdelingen mekanisk:



(a) Pictorial



(b) Schematic

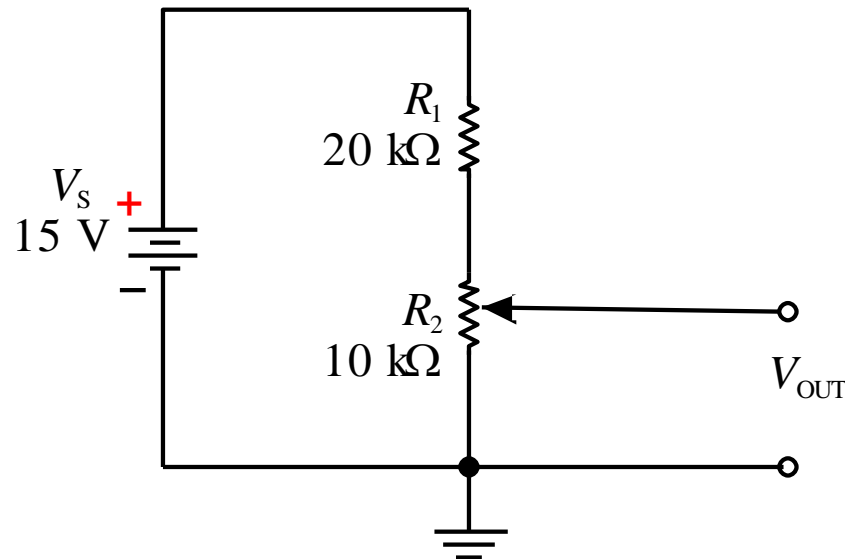


(c) Equivalent schematic

- Sett fra V_S er den *totale* resistansen $R_T = R_{13} + R_{32}$ konstant, mens *forholdet* mellom R_{13} og R_{32} varierer

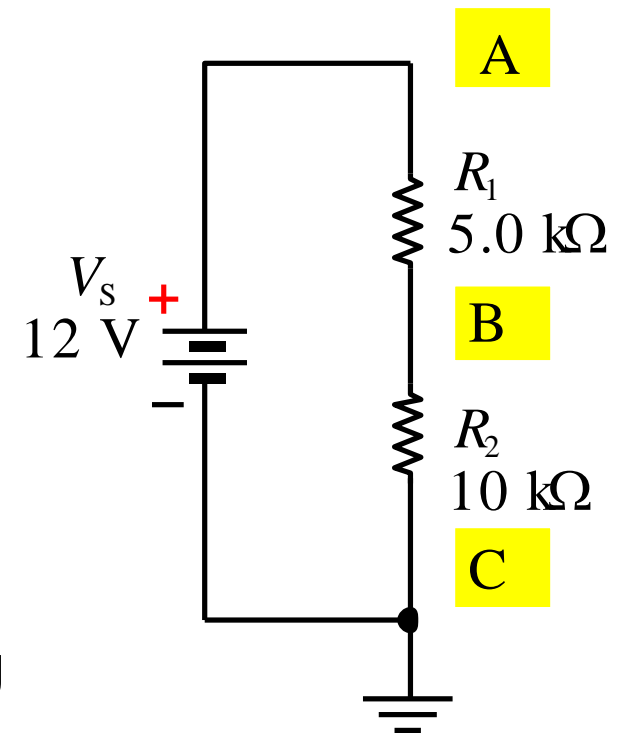
Spørsmål

- Hva er den minste og største verdien V_{out} kan ha?
- Hvor mye strøm må spenningskilden kunne levere som et minimum?



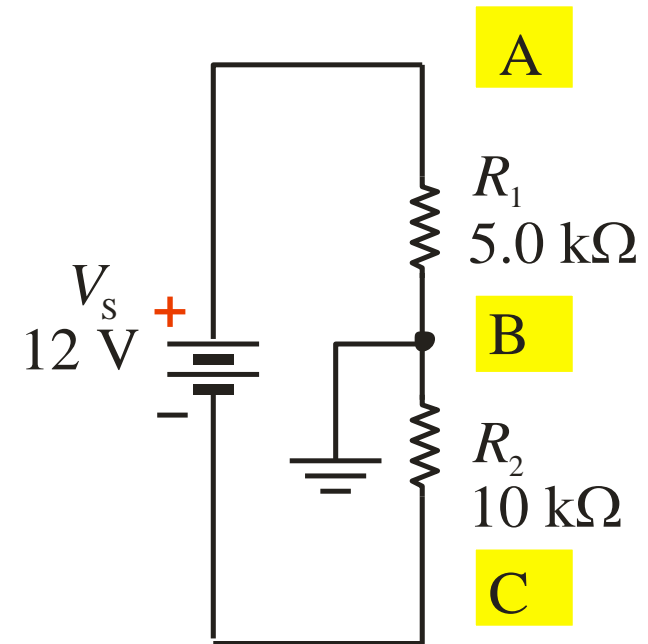
Måling av spenning

- Måling av spenning er alltid mellom (over) to punkter
- Ofte er det ene punktet (virtuell) jord og spenninger relativt til jord betegnes ved enkel subskript (f.eks V_A)
- For spenningskilder bruker man vanligvis også enkel subskript
- Mellom to vilkårlige noder brukes dobbel subskript, f.eks V_{BC}
- Den første noden har som regel høyest spenning i forhold til jord
- Hva er spenningene V_{AB} , V_{BC} , V_B , V_{BA} ?



Måling av spenning (forts)

- Jord er ikke alltid punktet med lavest spenning i en krets
- Gitt kretsen på forrige slide og tenk at jord-punktet flyttes til node B
- Spørsmål: Hva blir nå spenningene V_A og V_C etter at jordpunktet er flyttet?



1. Obligatoriske labøvelse

- Formål
 - Bli kjent med lab og Elvis-II
 - Måle på ulike motander og finne avvik/variasjon
 - Måle strøm og spenning
 - Noen teorispørsmål rundt Ohms lov og effektberegning
- Fullstendig oppgavetekst med labveiledning ligger på websiden til IN 1080
- Frist for innlevering er **fredag 16.februar kl. 23.59**
- Oppstart på lab skjer i uke 6 (fra mandag 5. februar)
- Sjekk websiden for nærmere info om labpartier

Oppsummeringsspørsmål

- [Kahoot!: www.kahoot.it](http://www.kahoot.it)
- Tema: Spørsmål fra forelesning 1 og 2