

IN 1080

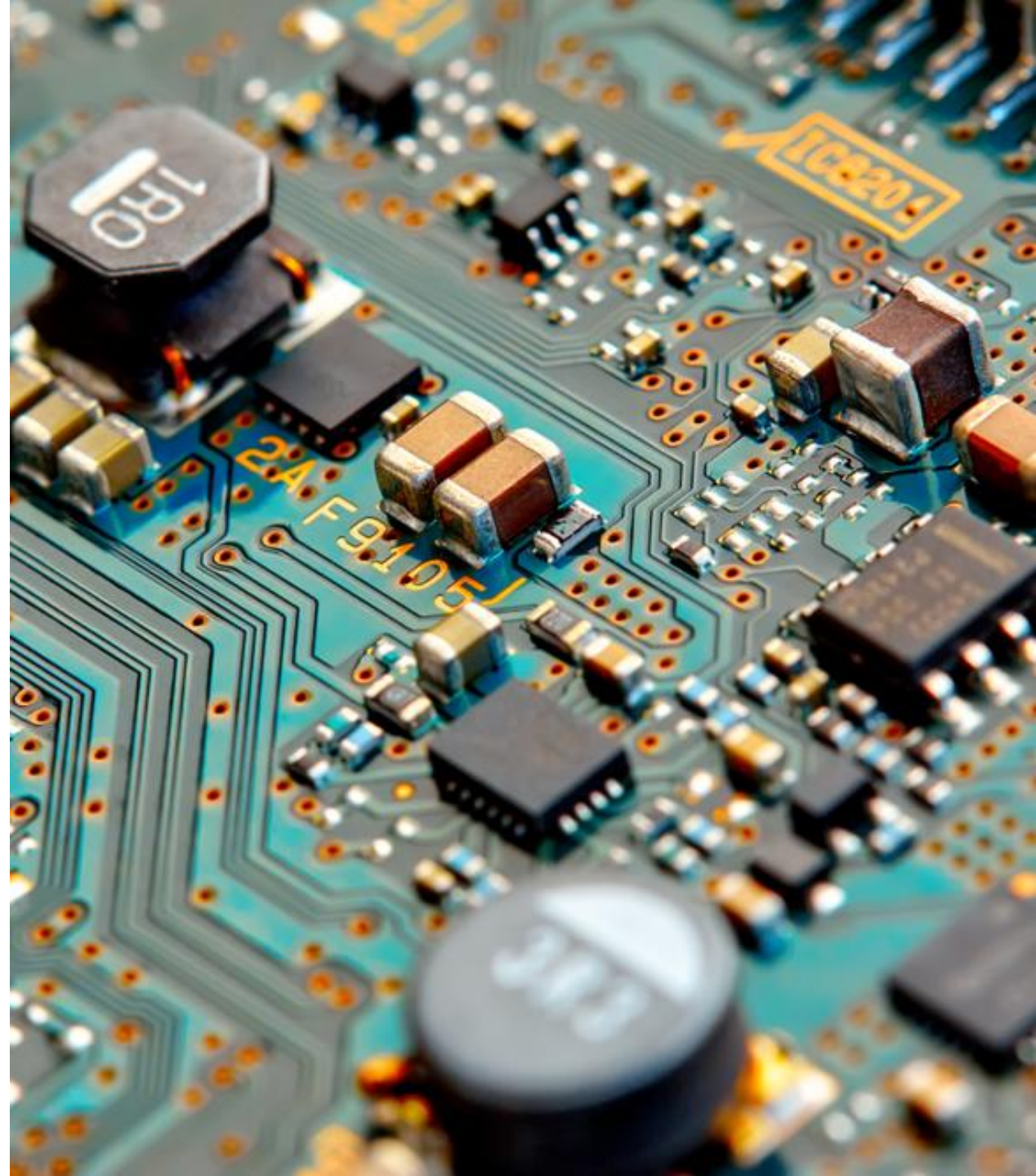
Mekatronikk

Del 1: Analog elektronikk

Forelesning 2



UNIVERSITETET
I OSLO



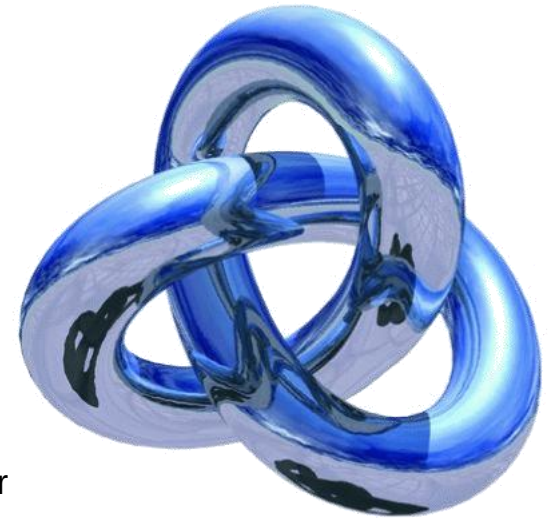
Om dagens forelesning

- I denne forelesningen skal vi se på
 - *Nettverkstopologier*: ulike måter å koble sammen kretselementer på
 - Hvordan vi kan bruke *Ohms lov* til å finne en ukjent spenning, strøm eller motstand
 - Sammenhengen mellom strøm og spenning i *serielle kretser*
 - Hva *Kirchhoffs strøm- og spenningslover* sier og hvordan vi kan bruke dem
 - Hvordan man beregner *samlet resistans* når resistorer er koblet i parallell og i serie
 - Hvordan vi kan *måle* strøm og spenning
 - Eksempel på *kretsanalyse*



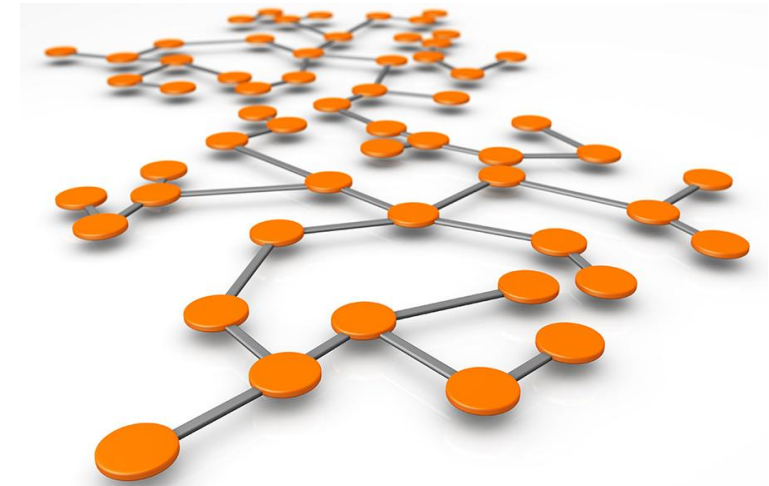
Nettverkstopologier

- Det er sjelden vi studerer og lager enkle kretser med bare én kilde og ett element
- Når vi skal lage eller analysere større kretser, er det nyttig å kunne gjenkjenne hvor og hvordan elementene er koblet sammen. Dette kalles for *kretstopologien*
 - Her bryr vi oss f.eks. ikke om hvor mange Ohm en resistor er eller hvor mange volt en spenningskilde leverer
- En del topologier har egne navn:
 - **Nettverk:** En samling av elementer som er koblet sammen (mao. et annet ord for krets eller delkrets)
 - **Node:** Et punkt hvor to eller flere elementer er koblet sammen (med null motstand)
 - **Sti:** En vei mellom to noder gjennom et nettverk hvor en node besøkes bare én gang
 - **Løkke:** En lukket sti: Sti hvor start- og sluttnode er identisk
 - **Gren:** En sti som består av ett enkelt element og nodene i hver ende av elementet
 - **Lineær(t) krets(element):** Krets eller element med lineær sammenheng mellom strøm og spenning
 - Her trengs bare Ohms lov for å beskrive sammenhengen mellom strøm og spenning
 - **Parallell krets:** (Del)krets med elementer koblet i parallell hvor strømmen forgreiner seg i mindre delstrømmer
 - **Seriell krets:** (Del)krets med elementer koblet i serie hvor samme strøm går gjennom alle elementene
 - **Passivt element:** Kretselement som «forbruker» strøm
 - **Aktivt element:** Kretselement som «produserer» strøm eller spenning til kretsen
 - **Terminal:** Tilkoblingspunkt, f.eks. mellom to kretser eller endepunktene på et element



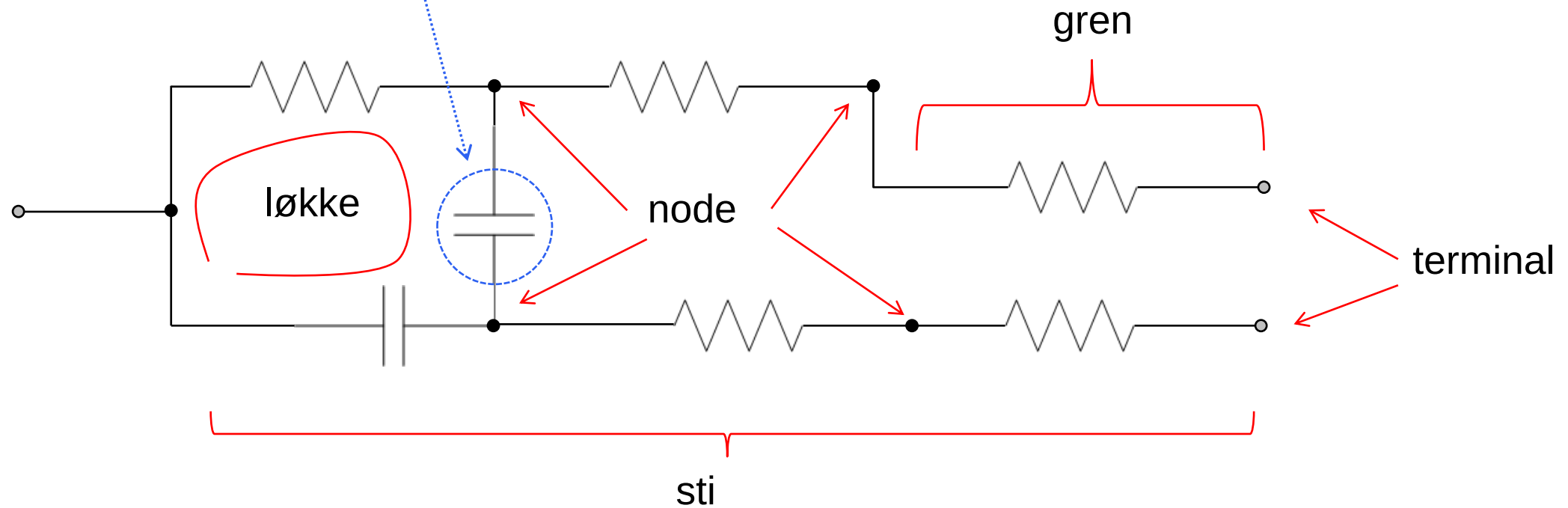
Nettverkstopologier (forts)

- Topologien kan hjelpe oss til å beskrive sammenhengen mellom strøm og spenning:
 - Kirchhoffs spenningslov: brukes for å finne spenninger over elementer i løkker
 - Kirchhoffs strømlov: brukes for finne strømmen ut av eller inn i noder
 - «Branch current»: Finner uttrykk for strømmene i grener eller stier
 - «Mesh current»: Finner strømmene rundt løkker
 - Nortons teorem og Thèvenins teoremer brukes for å forenkle lineære nettverk
 - Superposisjon: Summering av bidrag fra enkelt-kilder i et nettverk
- I dette kurset skal vi bruke Ohms lov og Kirchhoffs to lover
- Hvis kretsen i tillegg består av ikke-lineære elementer (bla halvledere), kan teknikkene over bare benyttes på de delene er lineære
- Store kretser (både lineære og ikke-lineære) analyserer vi med dataverktøy, f.eks. LtSpice
 - Men: Viktig å kunne analysere små kretser «for hånd» for å forstå virkemåten og kvalitetssikre dataassistert analyse



Eksempel på krets

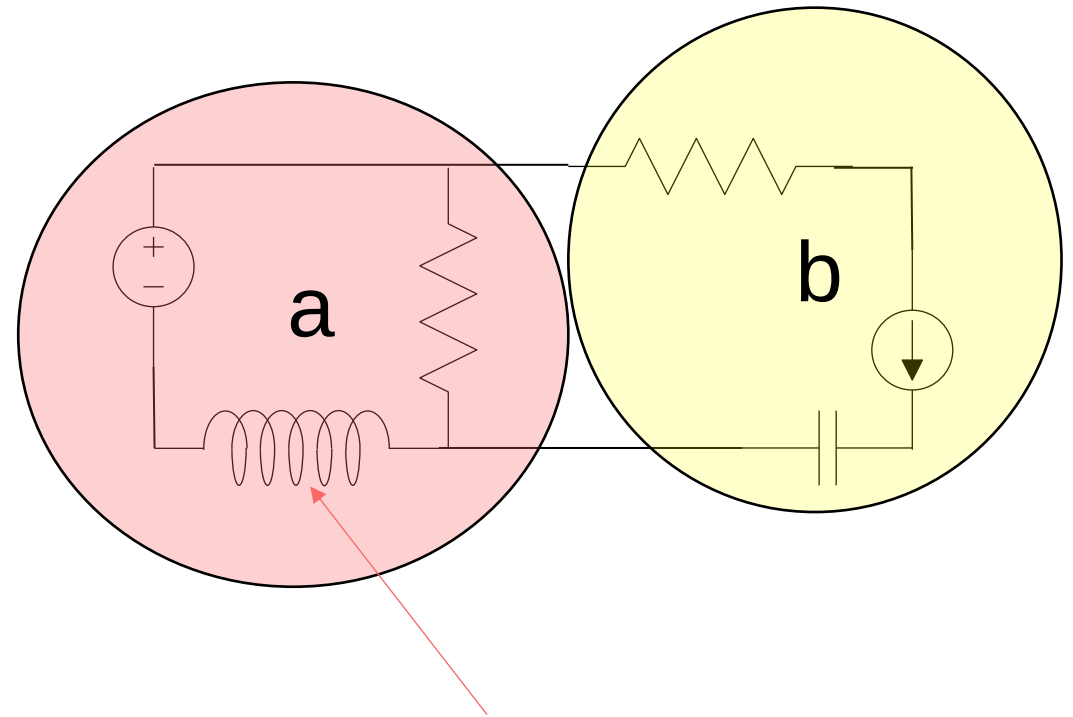
(Kondensator, et kretselement vi kommer tilbake til senere i kurset)



Oppgave

Gitt kretsen til høyre:

- 1) Hva kan kretsen også kalles?
- 2) Hva kalles hvert av de ulike kretselementene?
- 3) Hvor mange noder har den?
- 4) Hvor mange elementer har den totalt?
- 5) Hvor mange hhv aktive og passive elementer har den?
- 6) Hva kalles topologien til delen som ligger innenfor sirkelen til venstre (del a)?
- 7) Hva kalles topologien til delen som ligger innenfor sirkelen til høyre (del b)?
- 8) Hvor mange løkker har kretsen totalt?
- 9) Hva kalles tilkoblingspunktene mellom a og b?
- 10) Er kretsen lineær eller ikke-lineær?



(Spole: kretselement vi ikke skal studere nærmere i IN1080)

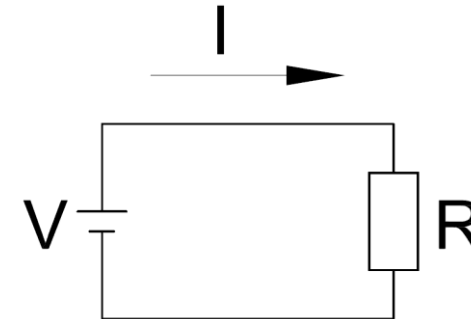
Ohms lov

- Ohms lov gir sammenhengen mellom spenning, strøm og impedans
 - Vi antar for enkelhets skyld at 'motstand' = 'impedans' = 'resistans'
 - Ohms lov gjelder også for de to andre typene impedans (kapasitiv og induktiv), men formelen må da endres noe
 - Ohms lov brukes for å finne den ene størrelsen når de to andre er kjent

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

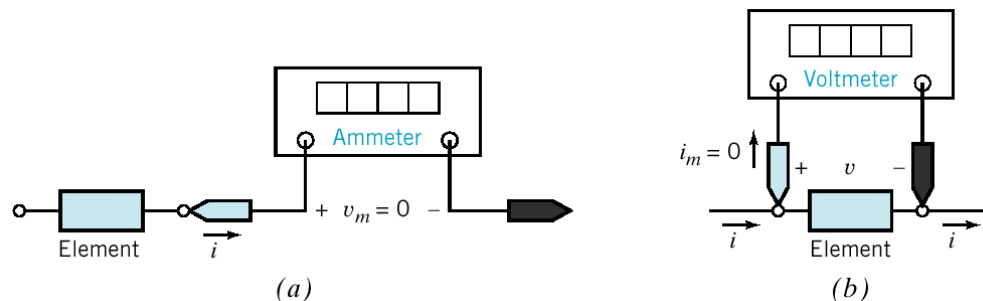
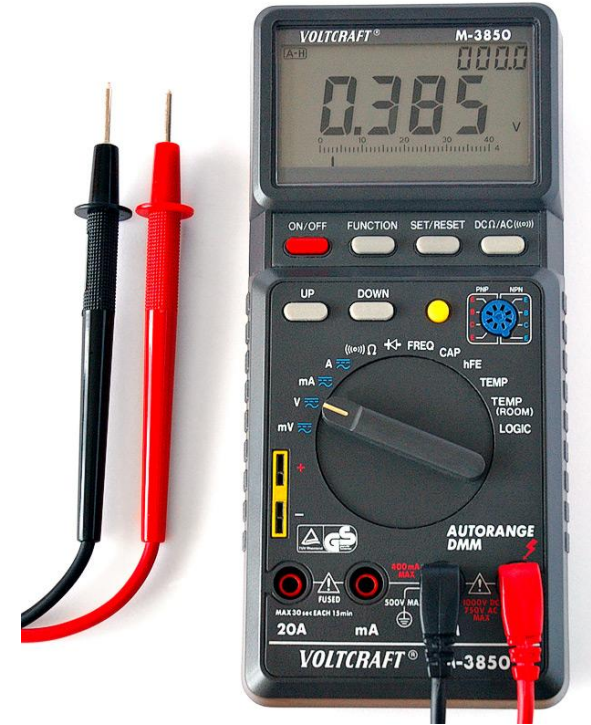
Oppgave: Gitt kretsen til høyre.

- 1) Hva er strømmen I hvis $V = 5\text{V}$ og $R = 10\Omega$?
- 2) Hva er resistansen R hvis $I = 1\text{A}$ og $V = 15\text{V}$?
- 3) Hva er spenningen V hvis $I = 2,5\text{A}$ og $R = 100\Omega$?



Måling av spenning, strøm og resistans

- Strøm, spenning og motstand kan måles med et *multimeter*
- Vi måler spenningen *over* og strømmen *gjennom* et element
- Viktig at multimeteret **IKKE** påvirker måleresultatet.
 - Kommer tilbake til hvordan et måleinstrument kan påvirke målinger
- Strøm måles ved å koble inn multimeteret som en del av kretsen slik at strømmen går gjennom måleinstrumentet
 - Spørsmål: Hva må motstanden gjennom multimeteret være for at målingen ikke skal påvirke strømmen gjennom kretsen?
- Spenning måles ved å koble multimeteret parallelt med elementet vi skal måle spenningsfallet over
 - Spørsmål: Hva må motstanden gjennom multimeteret være for at målingen ikke skal påvirke spenningen over elementet?

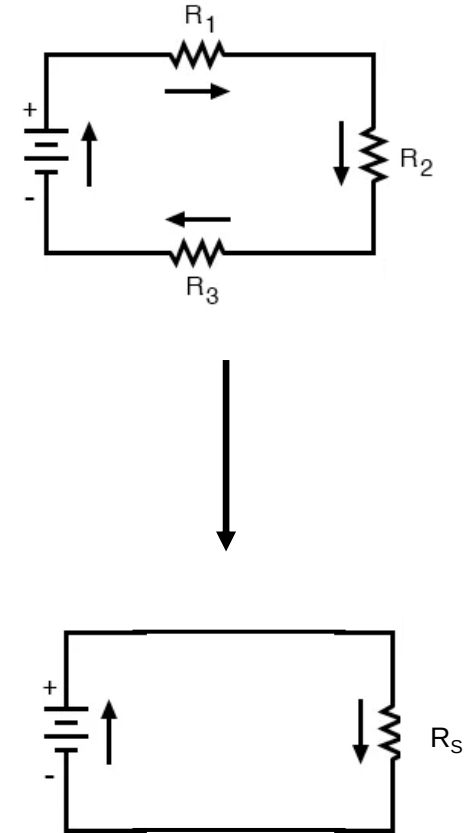


Serielle kretser

- En seriell krets kjennetegnes ved at
 1. den har minst én kilde **og**
 2. det er én felles løkke som strømmen går gjennom
- Vi finner den totale resistansen ved å summere enkeltresistansene
- Vi kan erstatte de tre opprinnelige resistorene med en ny resistor som har resistans lik summen av de tre opprinnelige:

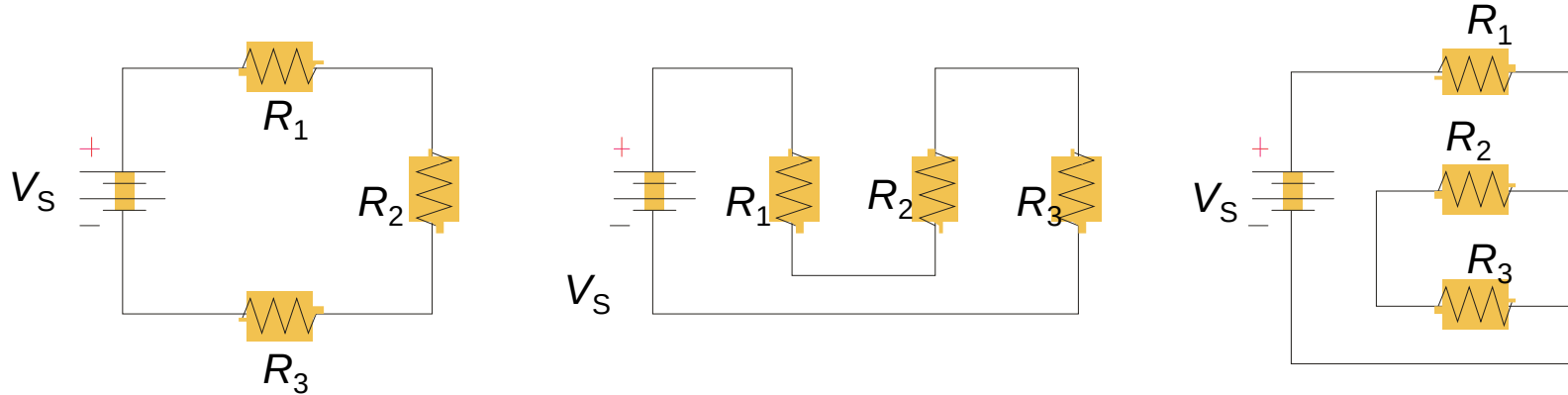
$$R_S = R_1 + R_2 + R_3$$

- De to kretsene kalles *elektrisk ekvivalente* fordi det er samme strøm, spenning og resistans i kretsen (selv om antallet resistorer er forskjellig)
- Den totale resistansen R_S for n resistanser i serie er $R_S = R_1 + R_2 + \dots + R_n$



Serielle kretser (forts)

- Det kan kreve litt øvelse å se at en krets er seriell:

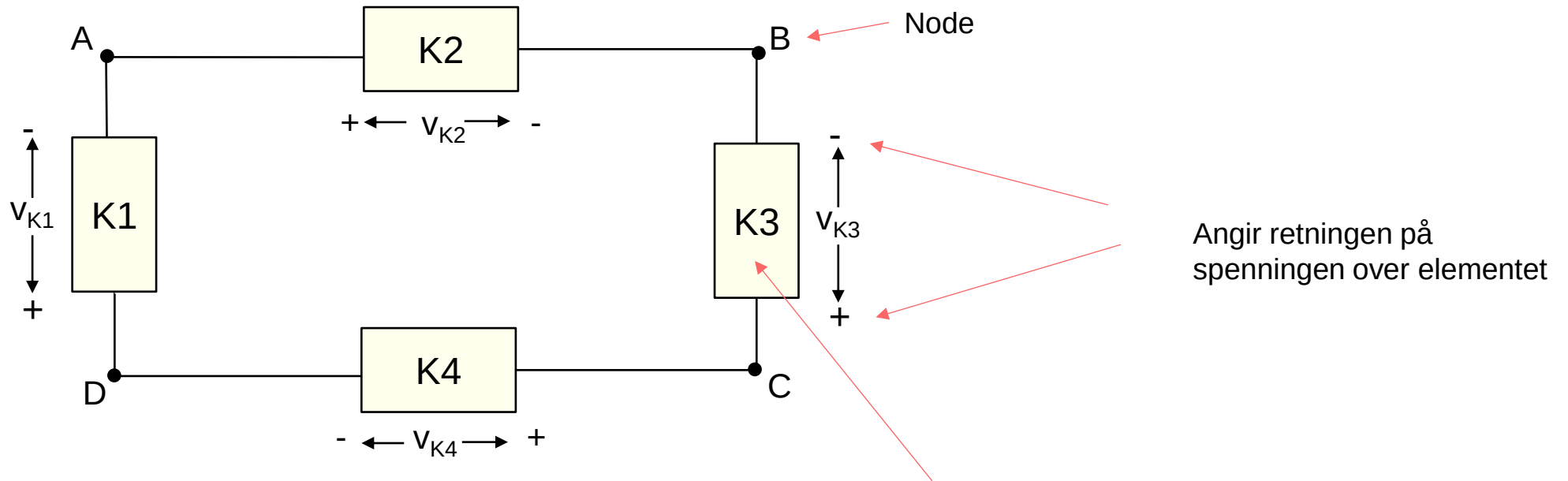


Oppgave

- 1) Hvor mange aktive og passive elementer har kretsene over?
- 2) Hvor mange noder har kretsene?
- 3) Hva er den funksjonelle forskjellen mellom dem?
- 4) Hva er sammenhengen mellom strømmene som går gjennom R_1 , R_2 , R_3 og kilden V_S ?
- 5) Hvis vi ønsker å måle strømmen som går i kretsen: hvor må vi gjøre dette?
- 6) Er det forskjell i topologi mellom de tre kretsene?

Kirchhoffs spenningslov

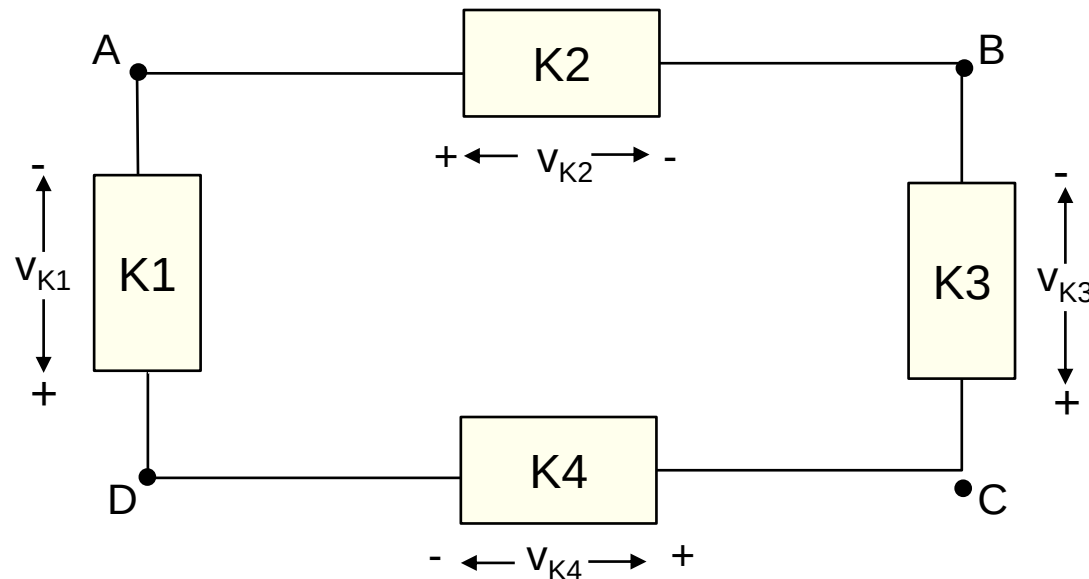
- Vi kan finne spenningen over hvert enkelt element i en seriell krets ved å bruke Kirchhoffs spenningslov (KVL)
- KVL: "Den algebraiske summen av spenningene rundt en løkke er 0"
- For å bruke KVL for å finne en ukjent spenning, må den ukjente spenningen være over et element som er del av en løkke
- Spenningen over de andre kretselementene i løkken må være kjente



Vilkårlig kretselement som har spenningsfall over seg
(dvs. et aktivt eller et passivt kretselement)

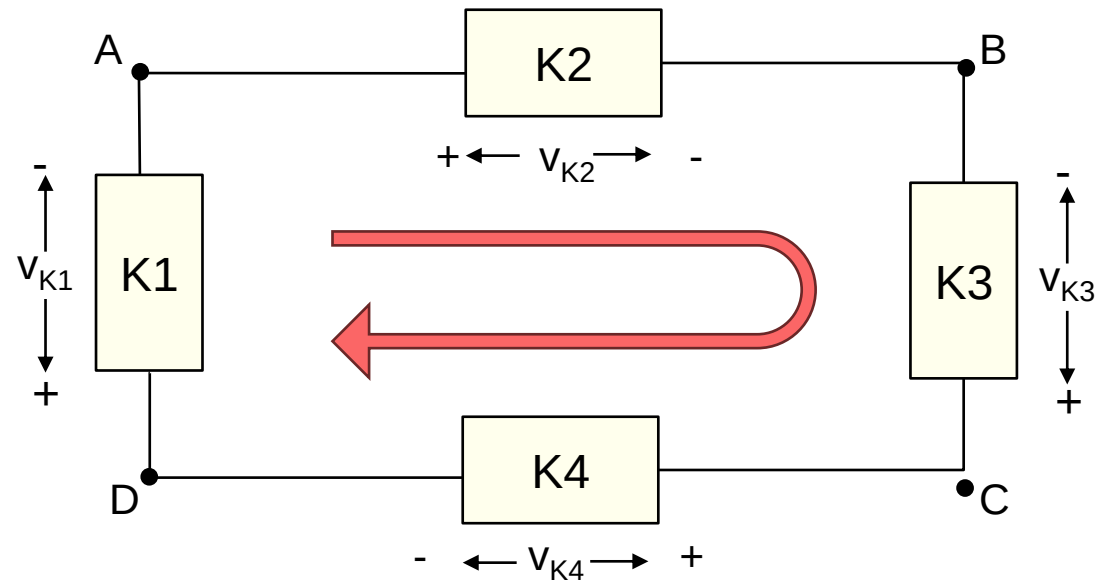
Kirchhoffs spenningslov (forts)

- Vi skal nå se hvordan vi kan sette opp ligningen for KVL
- Starter i en vilkårlig node og velger en retning som vi skal gå i rundt løkken og summere opp spenningene over
 - Hvis man treffer på «+» på et element først, er spenningen over elementet positiv
 - Hvis man treffer på «-» på et element først, er spenningen over elementet negativ
 - **NB:** Spiller ingen rolle om man går med eller mot klokken eller i hvilken node man starter



Kirchhoffs spenningslov (forts)

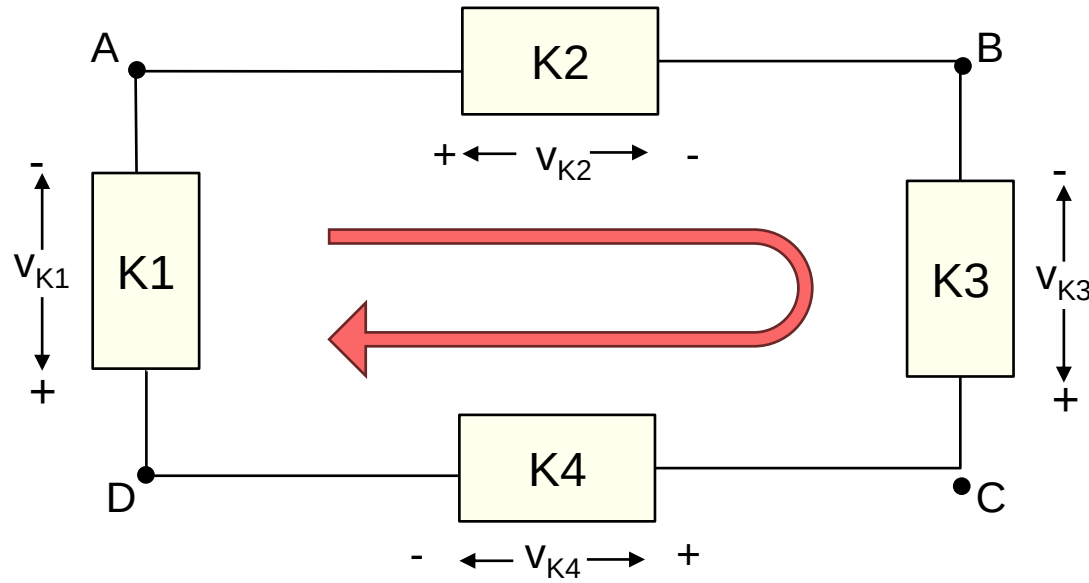
- Vi ønsker å finne spenningen V_{K3} over element K3 uttrykt ved V_{K1} , V_{K2} og V_{K4}
- Starter i node A og går rundt løkken **med** klokken



- KVL gir følgende ligning: $V_{K2} + (-V_{K3}) + V_{K4} + V_{K1} = 0 \Rightarrow V_{K3} = V_{K1} + V_{K2} + V_{K4}$

Oppgave

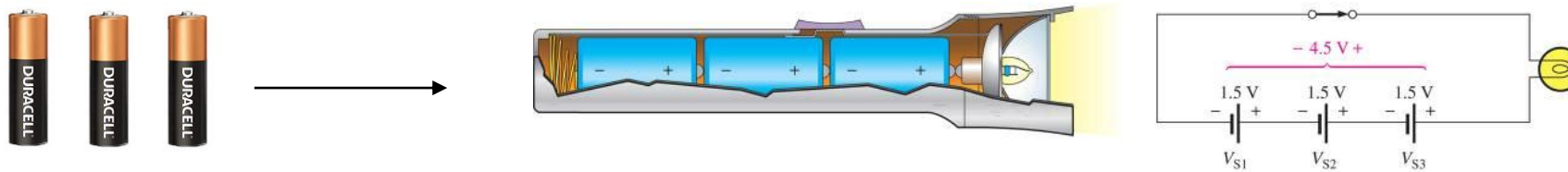
- Hvis vi antar at $V_{K1} = 2v$, $V_{K2} = 5v$ og $V_{K4} = 3v \Rightarrow V_{K3} = 2v + 5v + 3v = 10v$



- Tenk nå at $V_{K1} = -2v$, $V_{K2} = -5v$ og $V_{K4} = 1v$
 - Hva blir nå V_{K3} ?
 - Hva det betyr negative spenninger i dette tilfellet (mhp. slik kretsen er tegnet) ?

Seriekobling av spenningskilder

- En krets kan bestå av mer enn én spenningskilde
 - F.eks. kan batteridrevne kretser ha flere batterier koblet i serie:
 - Lommelykt med 1,5 volt enkeltbatterier, eks AA- eller AAA-størrelse

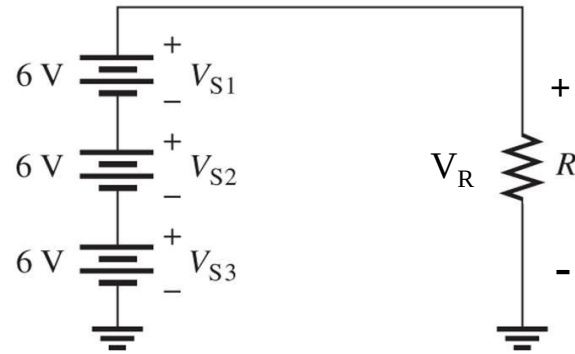


- Elbilbatterier (400-800 volt) er bygd opp av enkeltbatterier som hver gir ca. 3,6 volt



Spenningsdeling

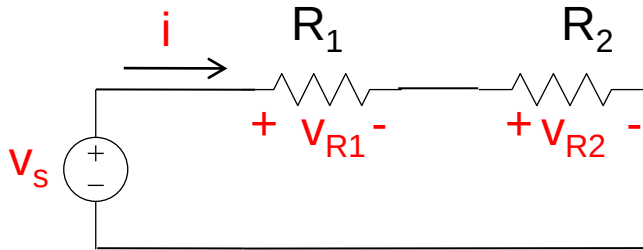
- Ved å koble spenningskilder i *serie* kan man øke spenningen
- Bruker KVL på kretsen under for å finne spenningen over resistoren



- Kretsen ser tilsynelatende ikke ut som en løkke, så hvorfor kan vi allikevel bruke KVL?
 - $V_{S1} + V_{S2} + V_{S3} + (-V_R) = 0v \Rightarrow V_R = 18v$
- I en del andre tilfeller trenger vi å *redusere* spenningen med en bestemt faktor uten å endre spenningskilden
- Dette kan gjøre med en *spenningsdeler*, som består av resistorer koblet i serie med en spenningskilde

Spenningsdeling (forts)

- Vi ønsker å finne formlene for spenningene V_{R1} og V_{R2} over hver av de to seriekoblede resistorene R_1 og R_2 som funksjon av V_s , R_1 og R_2



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

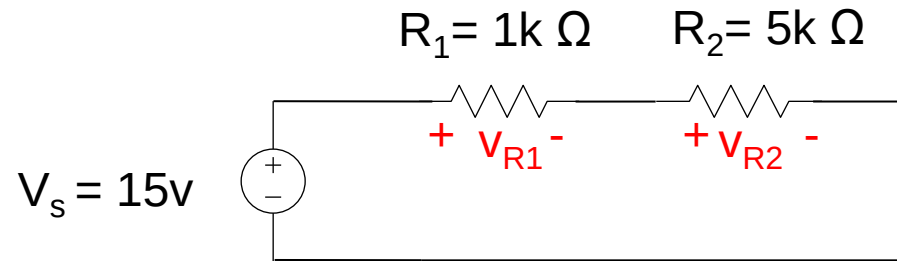
$$i = \frac{V_s}{R_1 + R_2} \Rightarrow V_{R2} = iR_2 = \left(\frac{V_s}{R_1 + R_2} \right) R_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_s$$

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

NB: Motstanden med høyest impedansverdi har størst spenningsfall!

Spenningsdeling (forts)

- Eksempel: Finn spenningen over hver av de to resistorene når $R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 5\text{ k}\Omega$ og $V_s = 15\text{ v}$



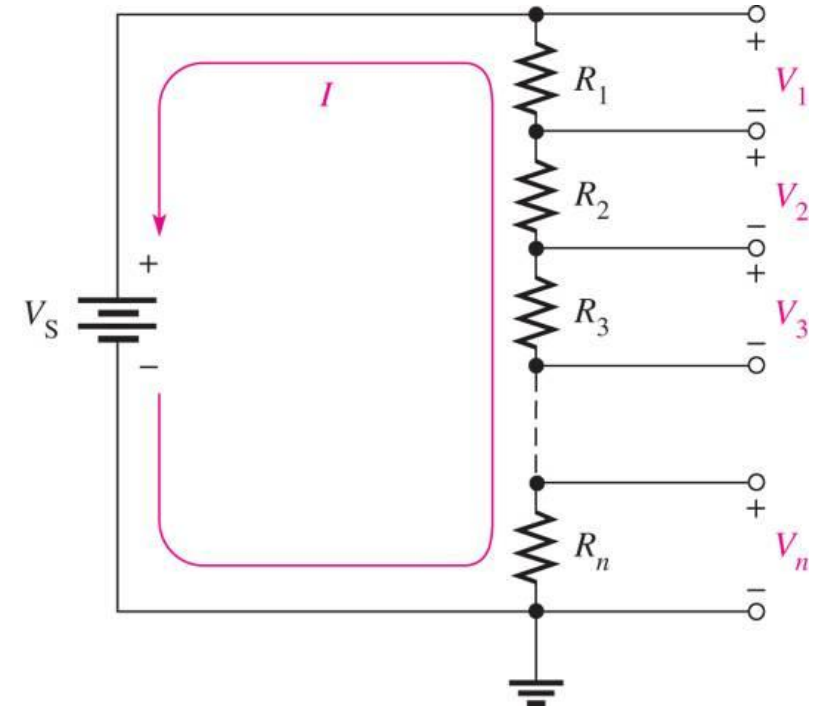
$$V_{R_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s = \frac{1\text{ k}\Omega}{1\text{ k}\Omega + 5\text{ k}\Omega} 15\text{ v} = 2,5\text{ v}$$

$$V_{R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_s = \frac{5\text{ k}\Omega}{1\text{ k}\Omega + 5\text{ k}\Omega} 15\text{ v} = 12,5\text{ v}$$

Spenningsdeling (forts)

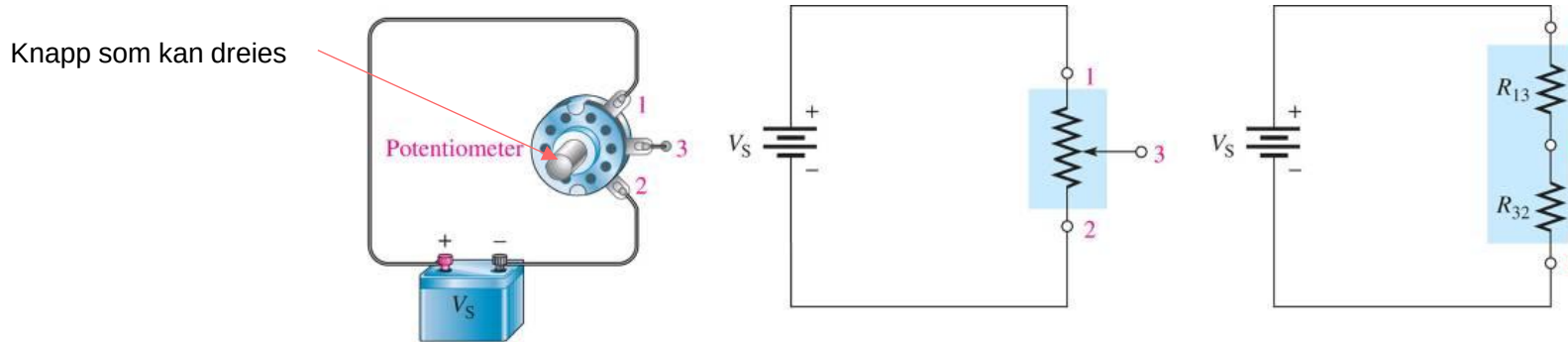
- Formelen kan utvides til å gjelde flere enn to resistorer i serie
- Gitt en krets med n motstander, hvor den total resistansen er $R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ og spenningen er V_S
- Da er spenningsfallet V_x over en vilkårlig resistor R_x i kjeden av seriekoblede resistorer gitt av formelen

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



Variabel spenningsdeling

- Et *potentiometer* varierer spenningsdelingen mekanisk:



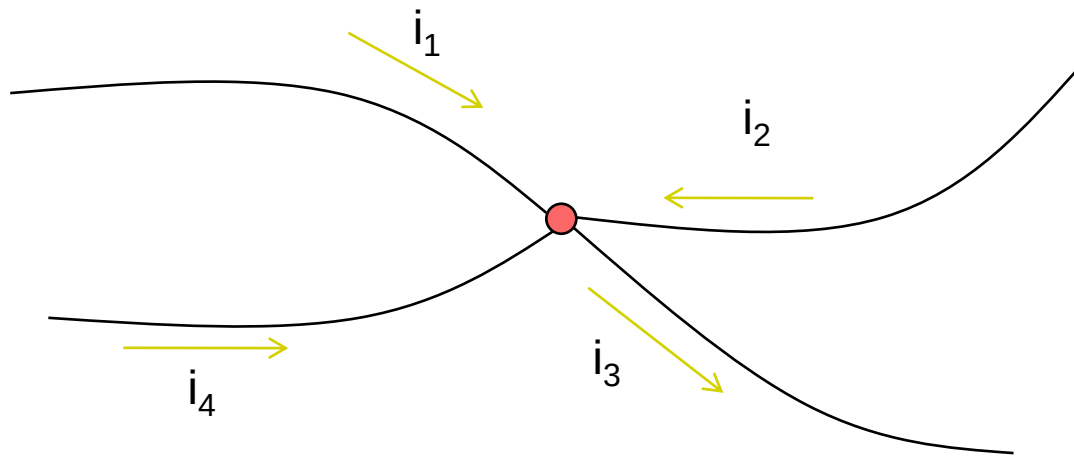
- Sett fra spenningskilden V_s er den *totale* resistansen $R_T = R_{13} + R_{32}$ konstant, mens R_{13} og R_{32} varierer avhengig av posisjonen til knappen i midten av potentiometeret
- Spenningen V_{32} mellom node 3 og 2, og V_{13} mellom node 1 og 3 er gitt av formlene

$$V_{32} = \frac{R_{32}}{R_T} V_s$$

$$V_{13} = \frac{R_{13}}{R_T} V_s$$

Kirchhoffs strømlov (KCL)

- Kirchhoffs strømlov sier at «den algebraiske summen av alle strømmene som går inn mot (eller ut av) en node er lik 0»
- På samme måte som for KVL må vi velge en «referanseretning», dvs angi om positiv strømretning er **inn mot** noden eller **ut av** noden
- Strømmer som går motsatt av referanseretningen inngår med negativt fortegn i ligningen



- **Refleksjon:** Hvordan kan vi begrunne intuitivt at KCL er riktig?

- Positiv retning **inn mot noden**:
 $i_1 + i_2 + (-i_3) + i_4 = 0$

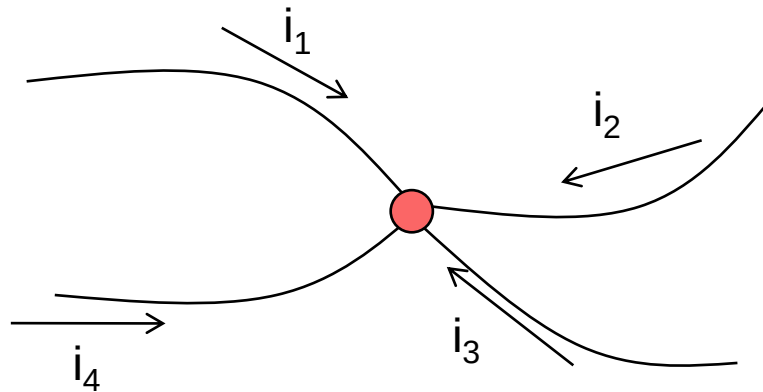
- Positiv retning **ut av noden**:
 $-i_1 + (-i_2) + i_3 + (-i_4) = 0$

- Det generelle tilfellet kan skrives som

$$\sum_{n=1}^N i_n = 0$$

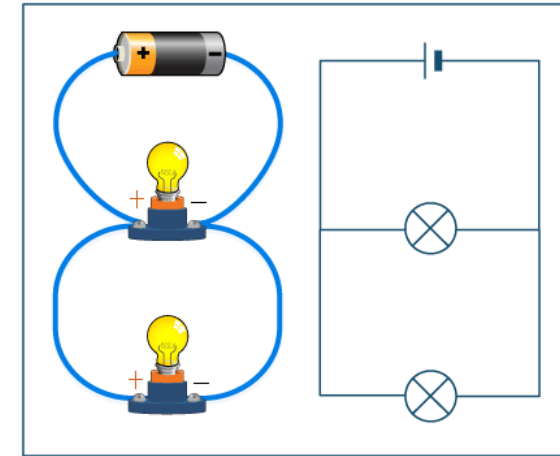
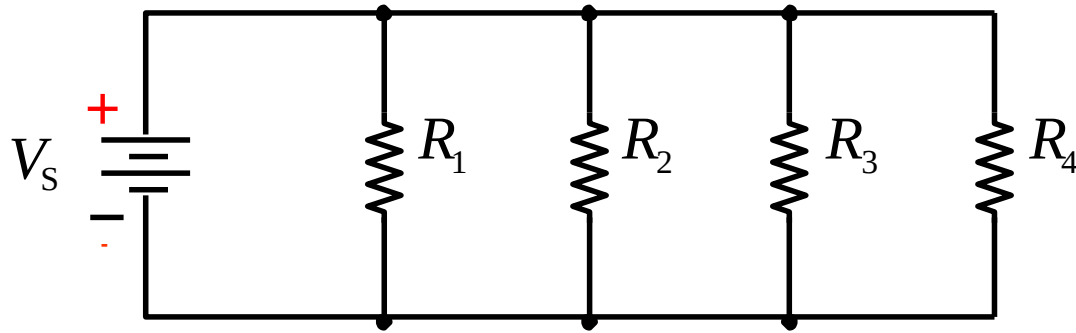
Oppgave

- 1) Finn verdien til i_1 når $i_2 = 2\text{A}$, $i_3 = -3\text{A}$ og $i_4 = 0,5\text{A}$
- 2) Anta nå at strømretningene på bildet er korrekte: Hvilke verdier har i_1 , i_2 , i_3 og i_4 i dette tilfellet?



Parallellkrets

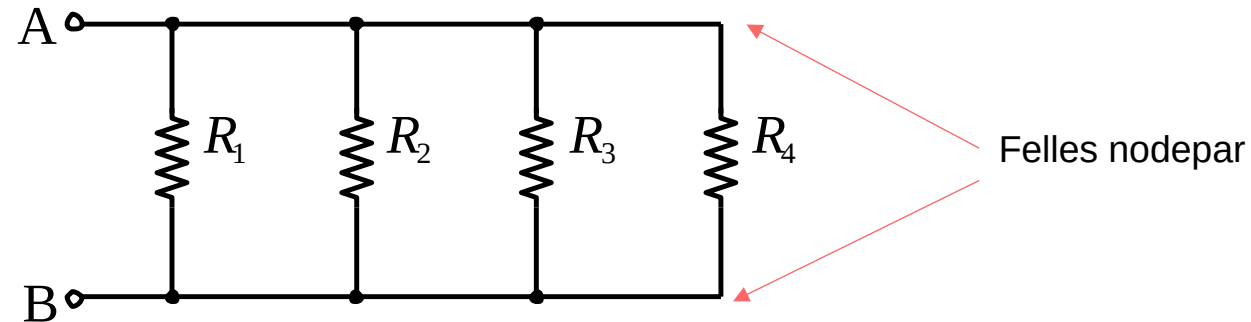
- En *parallellkrets* har mer enn én strømvei mellom terminalene på en spenningskilde



- Strømmene gjennom hvert element kan være ulike, men alle elementene har samme spenning over seg
- En parallellkrets kan være delkrets i en større krets som ikke er parallell
 - Parallellkretsen trenger ikke være direkte koblet til en spenningskilde
 - En parallellkobling kan også bestå av andre kretselementer enn resistorer

Resistorer i parallell

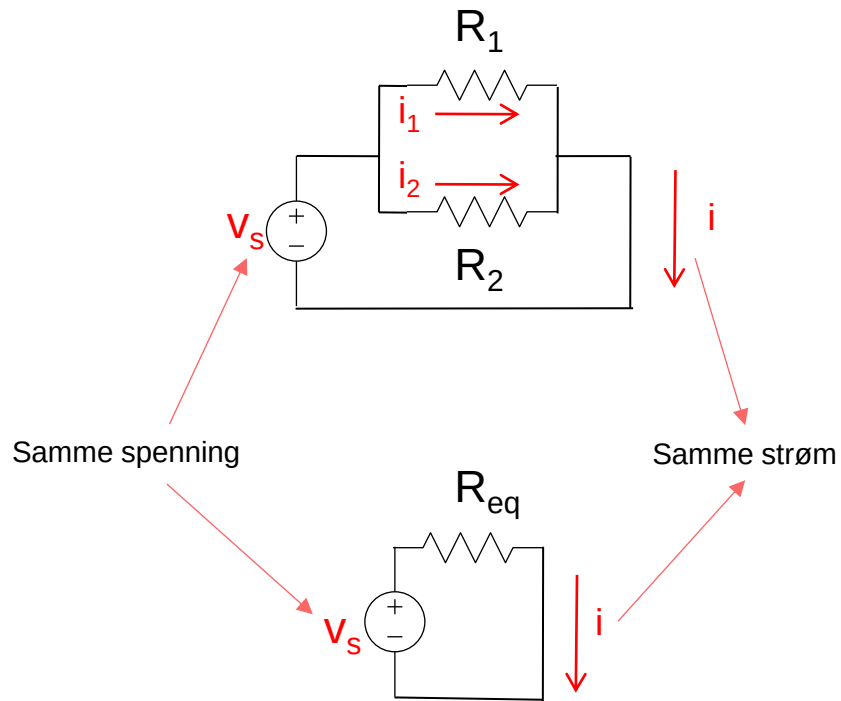
- Vi skal nå fokusere bare på resistorer i parallell
- Resistorer er koblet i parallell hvis endepunktene er koblet sammen i det samme nodeparet



- En krets kan ha resistorer som *lokalt sett* er parallelle (eventuelt serielle), og del av en større krets som verken er parallell eller seriell

Ekvivalent motstand for to resistorer i parallell

- Ønsker å erstatte de to resistorene R_1 og R_2 med en ny resistor R_{eq}
 - Vi krever at den nye kretsen med R_{eq} er ekvivalent med kretsen med R_1 og R_2 i parallell, dvs at den totale strømmen er den samme



Kirchhoffs strømlov

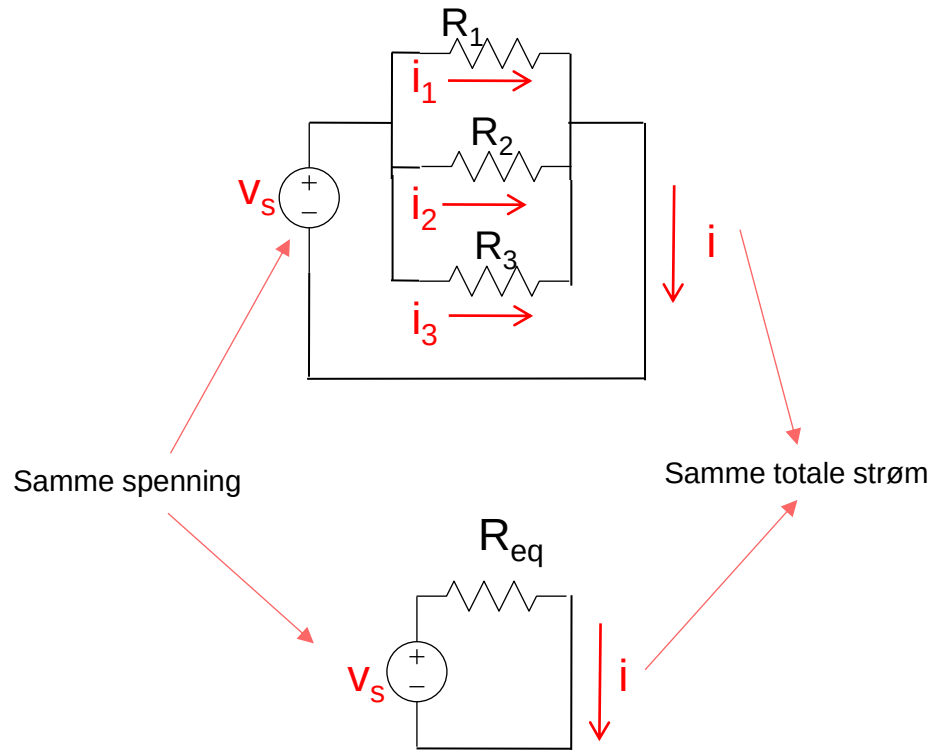
Ohms lov

$$i = i_1 + i_2 \wedge i_1 = \frac{v_s}{R_1} \wedge i_2 = \frac{v_s}{R_2} \Rightarrow$$
$$i = \frac{v_s}{R_1} + \frac{v_s}{R_2} = v_s \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$i = \frac{v_s}{R_{eq}} \wedge i = v_s \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \Rightarrow$$
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Ekvivalent motstand for tre resistorer i parallell

- Ønsker å finne den samlede resistansen til tre resistorer i parallell
 - Benytter samme fremgangsmåten som for to parallelle resistorer:



$$i = i_1 + i_2 + i_3 \wedge i_1 = \frac{v_s}{R_1} \wedge i_2 = \frac{v_s}{R_2} \wedge i_3 = \frac{v_s}{R_3}$$
$$i = \frac{v_s}{R_1} + \frac{v_s}{R_2} + \frac{v_s}{R_3} = v_s \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$i = \frac{v_s}{R_{eq}} = v_s \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \Rightarrow$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

Ekvivalent motstand for n resistorer i parallell

- Den samlede resistansen R_{eq} til n resistorer koblet i parallell er lik summen av den *inverse* av resistansen til hvert enkelt element

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \Rightarrow R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

- Det er sjelden vi trenger å bruke formelen analytisk (dvs uten å sette inn tallverdier med en gang)
 - Trenger vi å beregne parallellmotstanden til **tre eller flere resistorer i parallell** finner vi først den inverse, og så inverterer en gang til
- **Merk:** Det forventes at dere kan både utledningen og formelen for **to** resistorer i parallell

Ekvivalent motstand for n like resistorer i parallell

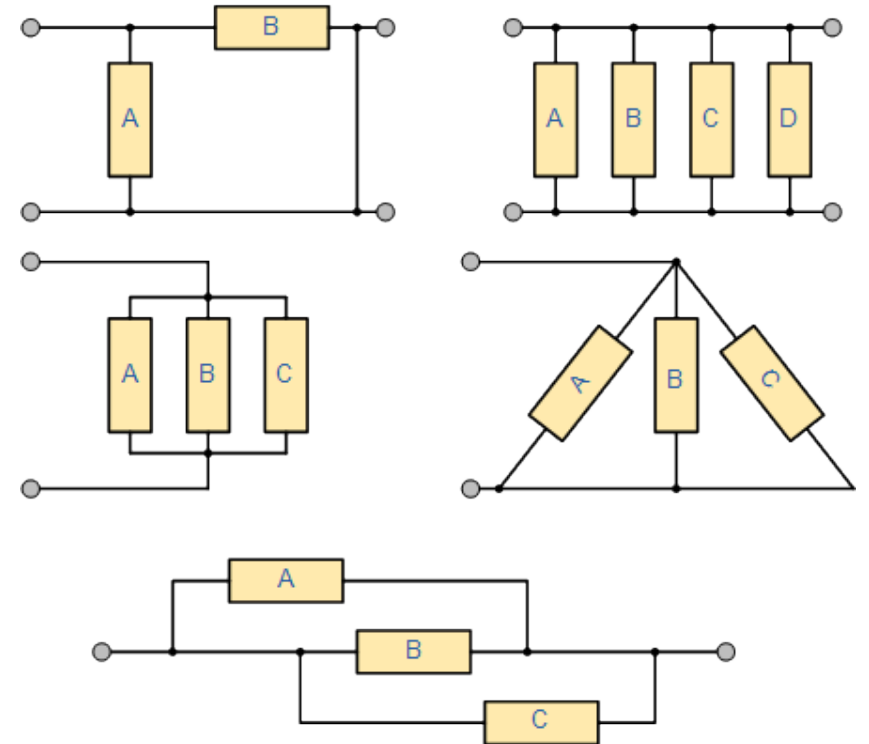
- Hvis alle n resistorer har samme Ohm-verdi R blir den totale resistansen i en parallellkobling

$$R_T = \frac{R}{n}$$

- Notasjonen for resistorer i parallell er

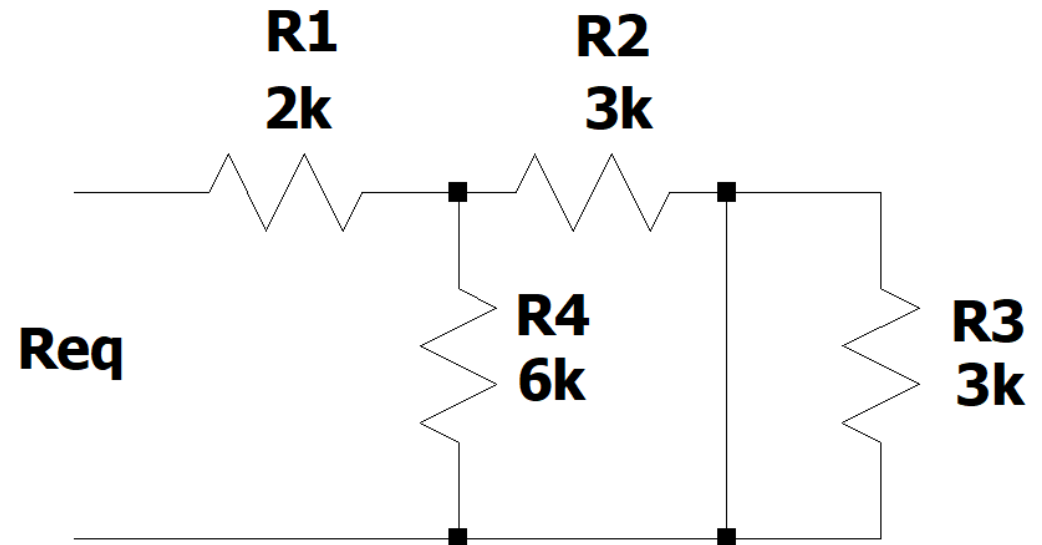
$$R_n || R_m$$

- Merk:** Det er ikke alltid like lett å se i et kretsdiagram hvilke resistorer som er parallellkoblet



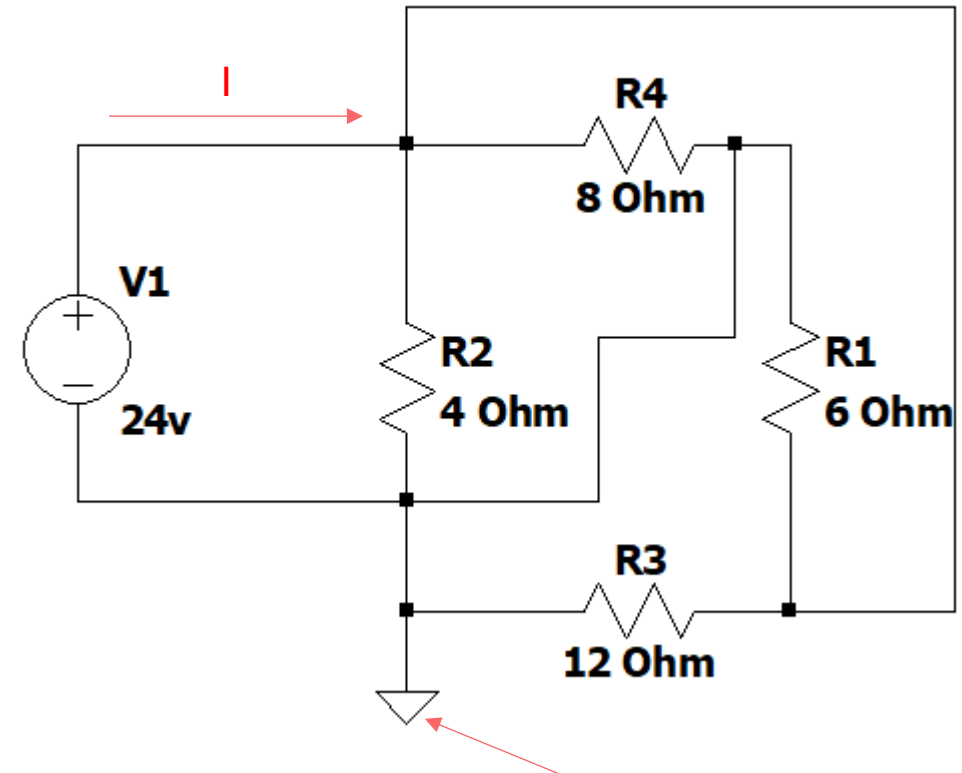
Parallellkobling (1)?

- Vi ønsker ofte å finne ut hvor stor resistans det er mellom to noder i en krets
- Eksempel: Finn den ekvivalente resistansen R_{eq} i kretsen til høyre
 - (Svaret er 4kOhm, men hvordan finner vi det ut?)



Parallellkobling (2)?

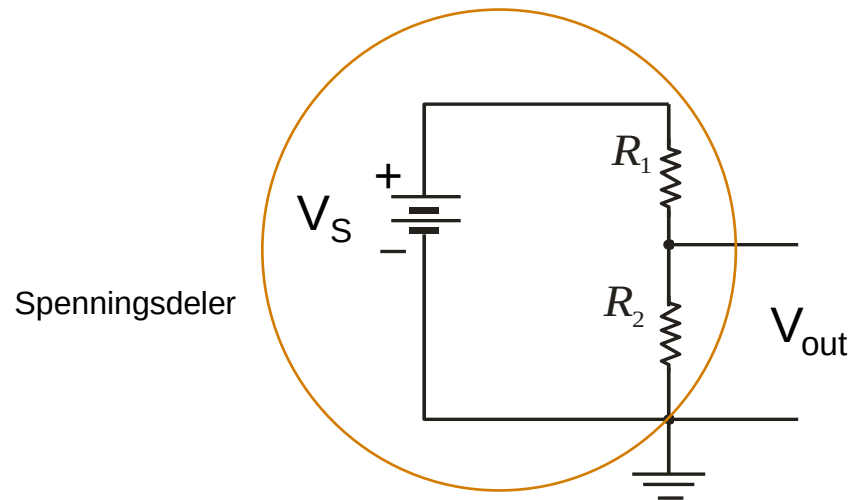
- Selv om en krets er liten (få komponenter) kan det noen ganger være vanskelig å se hva slags topologi det er
 - Man kan f.eks. bli lurt av hvordan kretsen er tegnet
- Eksempel: Gitt kretsen til høyre:
 - Hvor stor er strømmen I ?
- Utfordringen i dette eksempelet består i å finne den ekvivalente motstanden R_{eq} til $R1$, $R2$, $R3$ og $R4$
 - Deretter kan vi finne strømmen I ved å bruke Ohms lov $I=V/R_{eq}$
 - Danner $R1$, $R2$, $R3$ og $R4$ en parallellkrets, seriellkrets, en blanding – eller noe helt annet?
 - (Svaret er $R_{eq} = 1,6\Omega$ og $I = 15A$ – men hvordan kommer vi fram til det? Hint: Finn nodene i kretsen)



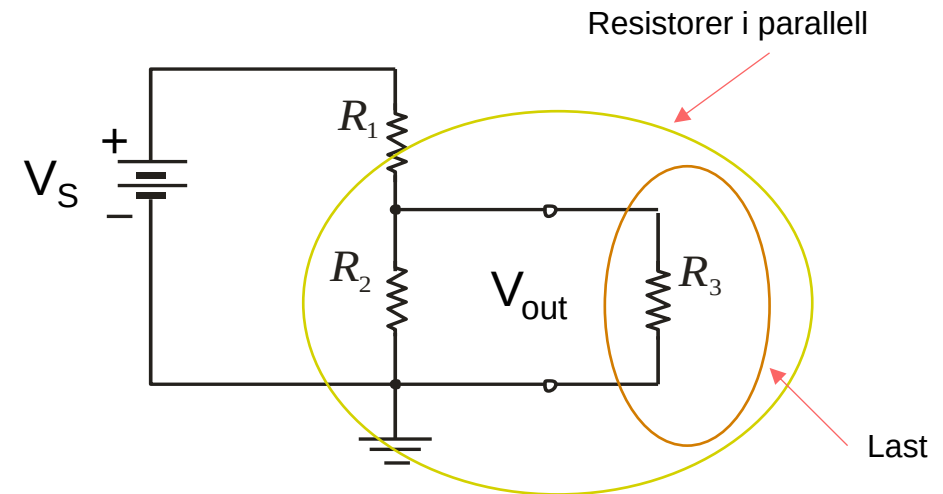
Alternativt symbol for 'jord' – men vi trenger ikke koble kretsen til jord for å finne strømmen I

Spenningsdeler med lastmotstand

- Hvis vi skal bruke en spenningsdeler som forsyningsspenning, vil resistansen i det vi kobler til få spenningen til å falle
 - Det som kobles til kalles for «last»



$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_S$$



$$V_{out} = \frac{R_2 || R_3}{R_1 + R_2 || R_3} V_S = \frac{\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} V_S = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}} V_S$$

Eksempel

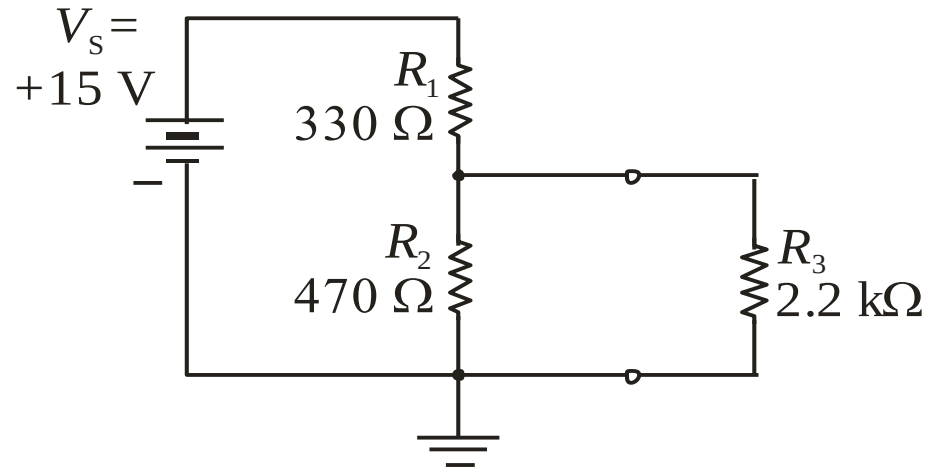
- Gitt spenningsdeleren i figuren under

1) Hva er spenningen V_{out} FØR resistor R_3 kobles til?

$$V_{\text{out}} = R_2 / (R_1 + R_2) * V_s \approx 8,8\text{v}$$

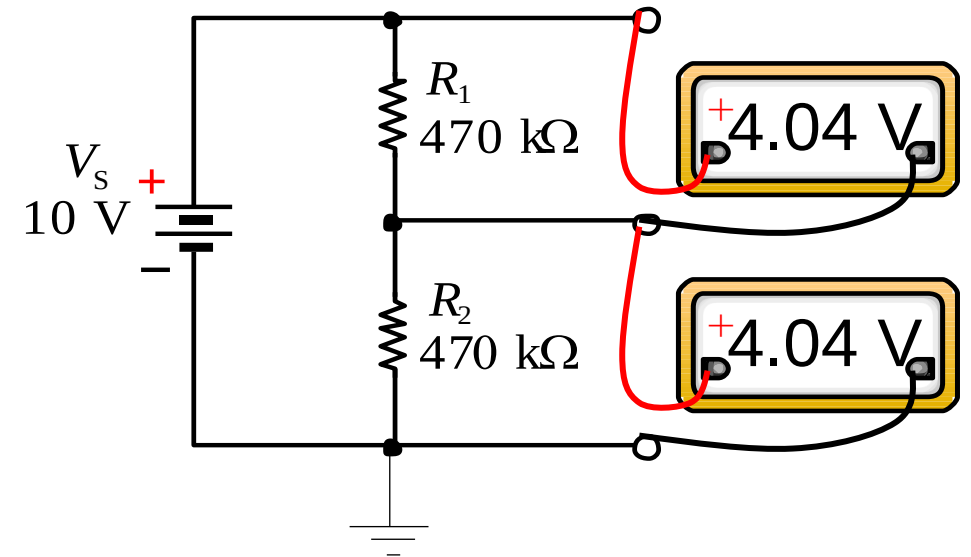
2) Hva er V_{out} ETTER at resistor R_3 er koblet til?

$$V_{\text{out}} = (R_2 || R_3) / (R_1 + R_2 || R_3) * V_s \approx 8,1\text{v}$$



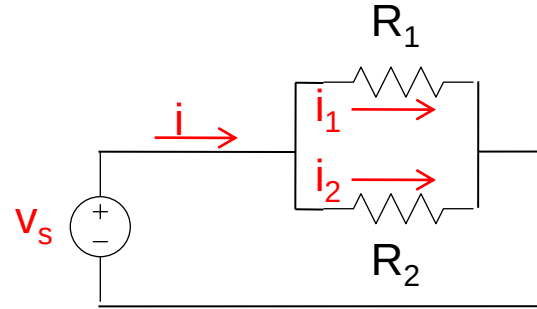
Påvirkning på spenningmåling

- Et voltmeter som kobles i parallell med elementet som det skal måles spenning over, vil innføre en parallellmotstand
 - 1) Hva er den (teoretiske) spenningen i noden mellom R_1 og R_2 uten voltmeteret koblet inn (målt i forhold til jord)?
 - 2) Hvordan forklarer du målingen som vises?
 - 3) Hva skjer hvis det brukes *to* voltmetre som måler spenningen over R_1 og R_2 samtidig?
 - 4) Hva vil du si om kvaliteten til dette voltmeteret?



Strømdeling

- Noen ganger trenger man å fordele en strøm over flere resistorer i parallell

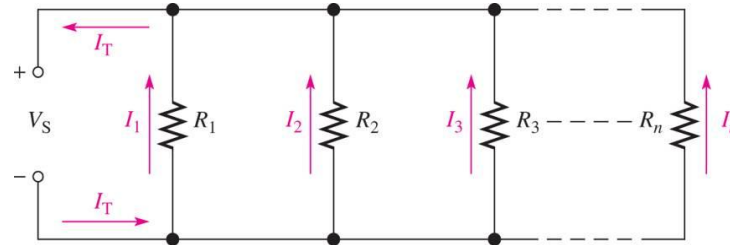


$$i_1 = \frac{v_s}{R_1} = \frac{i(R_1 \parallel R_2)}{R_1} \Rightarrow i_1 = i \frac{R_1 R_2}{R_1(R_1 + R_2)} = i \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$i_2 = \frac{v_s}{R_2} = \frac{i(R_1 \parallel R_2)}{R_2} \Rightarrow i_2 = i \frac{R_1 R_2}{R_2(R_1 + R_2)} = i \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Strømdeling (forts)

- Uttrykket for strømdeling kan generaliseres til å gjelde n parallellkoblede grener



- Strømmen I_x gjennom én gren er gitt av

$$V_S = I_x R_x \Rightarrow I_x = \frac{V_S}{R_x}$$

- Samtidig er V_S gitt av den totale strømmen I_T ganget med den totale resistansen R_T

$$I_x = \frac{V_S}{R_x} = \frac{I_T R_T}{R_x} = \left(\frac{R_T}{R_x} \right) I_T$$

Seriell-parallellkretser

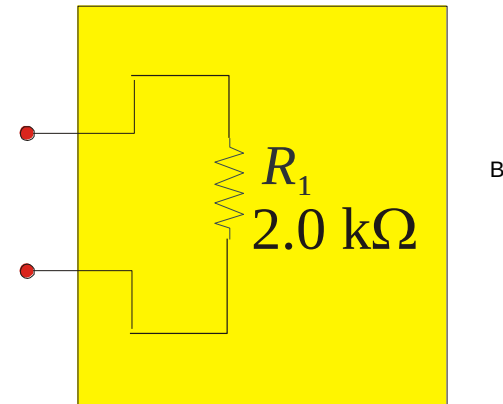
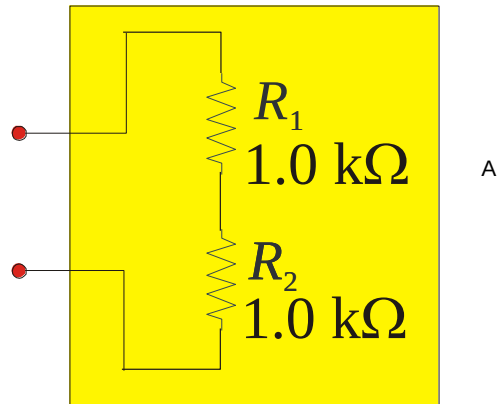
- De fleste kretser har en blanding av serie- og parallell-koblede elementer
- Man ønsker nesten alltid å bruke færrest mulig komponenter, så det er behov for å kunne redusere bla antall resistorer
- For å forenkle må man identifisere hvilke elementer som er i serie og i parallell, og benytte formlene for resistorer i hhv serie og parallell

$$R_S = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

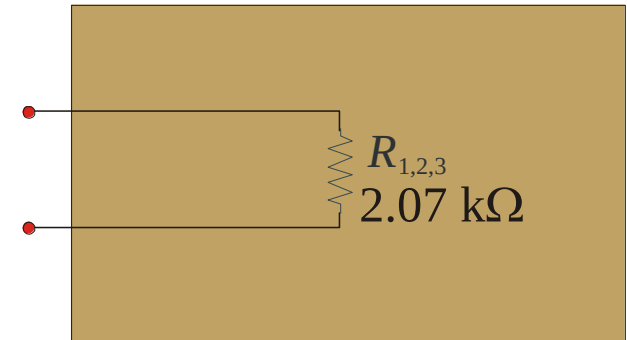
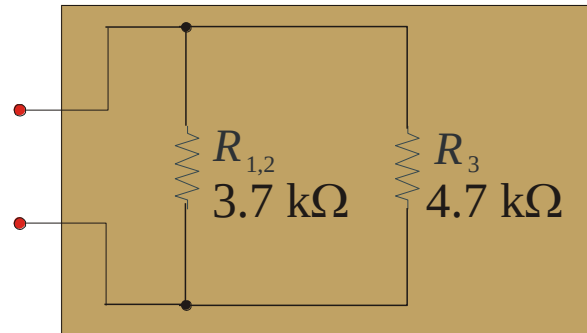
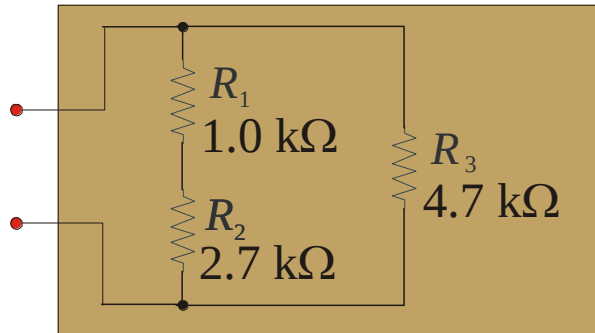
Seriell-parallellkretser (forts)

- Kretser kalles *ekvivalente* hvis de har de samme elektriske egenskapene mellom et nodepar
- Sett fra «utsiden» har krets A og B de samme elektrisk egenskapene (i dette tilfellet samme resistans)



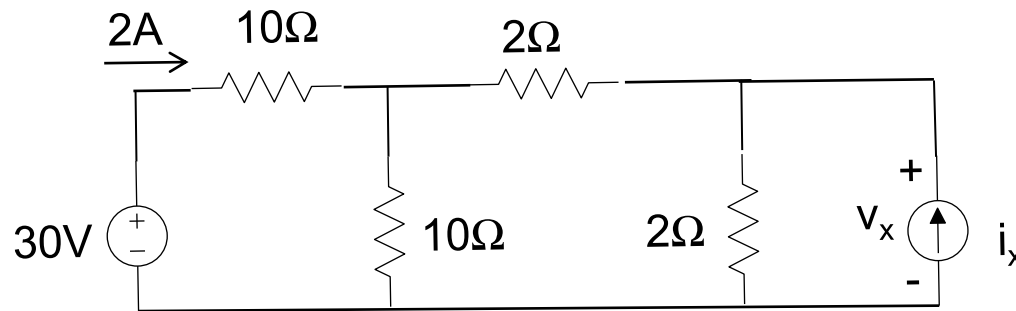
Seriell-parallellkretser (forts)

- Målt mellom de røde terminalene er det ikke mulig å avgjøre hva som er forskjellen mellom disse kretsene



Eksempel: Kretsanalyse

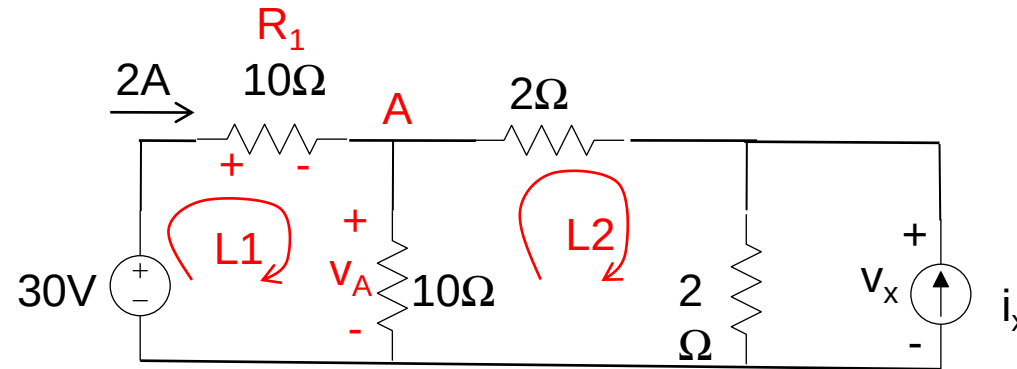
- Finn spenningen v_x i kretsen under



- Vi starter med å sette navn på relevante noder, løkker, strømmer, spenninger og elementer

Eksempel (forts)

- *Steg 1:* Finn v_A ved å bruke KVL på løkke L1:



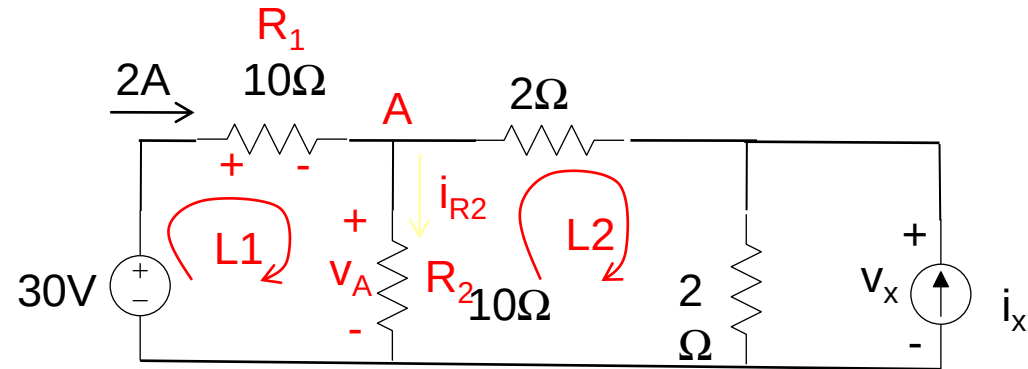
$$-30v + v_{R1} + v_A = 0 \Rightarrow$$

$$-30v + 10\Omega \times 2A + v_A = 0 \Rightarrow$$

$$v_A = 10v$$

Eksempel (forts)

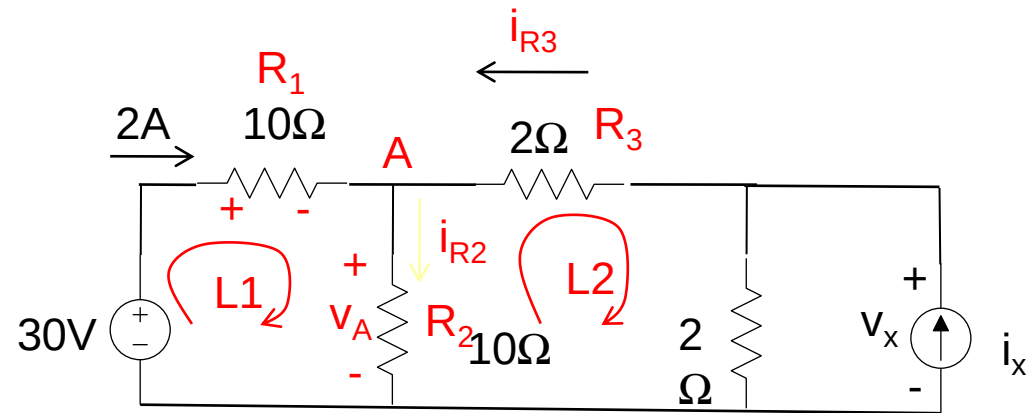
- Steg 3: Finn i_{R2} ved å bruke Ohms lov:



$$i_{R2} = \frac{10v}{10\Omega} = 1A$$

Eksempel (forts)

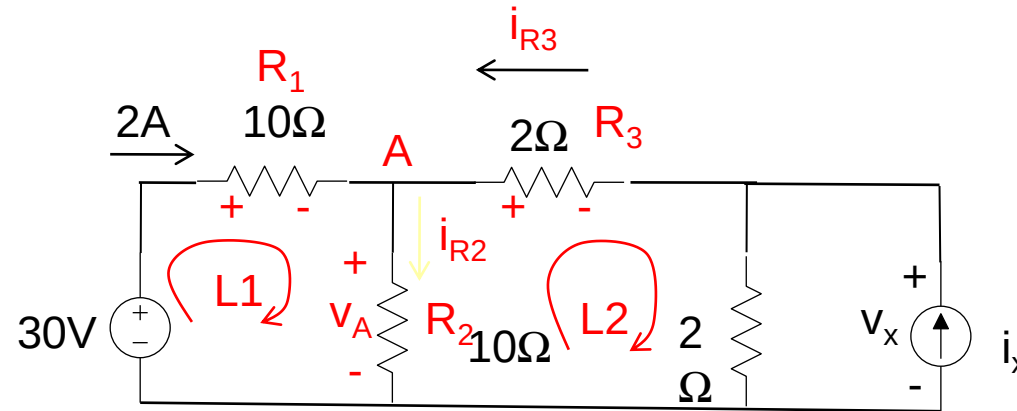
- *Steg 4: Bruk KCL mot node A*



$$2A + i_{R3} = i_{R2} \Rightarrow i_{R3} = 1A - 2A = -1A$$

Eksempel (forts)

- Steg 5: Bruk KVL på løkke L2



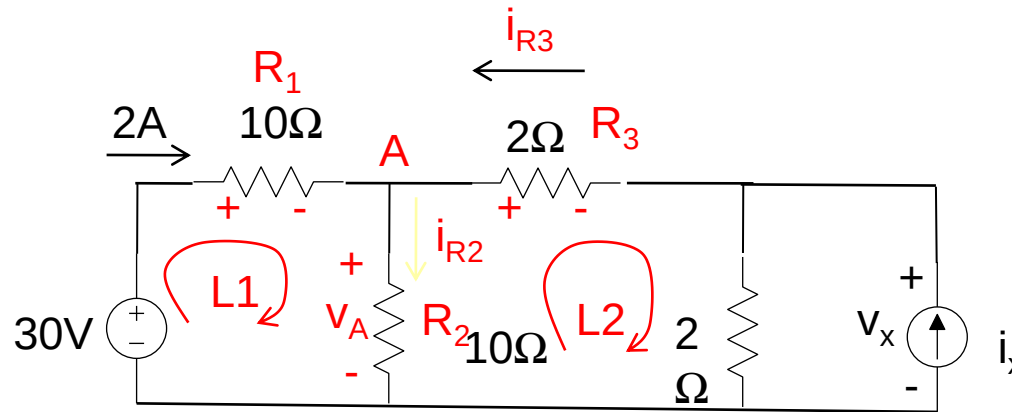
- Bruker Ohms lov for å finne V_{R3} som da gir

$$-v_A + v_{R3} + v_x = 0$$

$$-10v + 2\Omega \times 1A + v_x = 0 \Rightarrow v_x = 8v$$

Eksempel (forts)

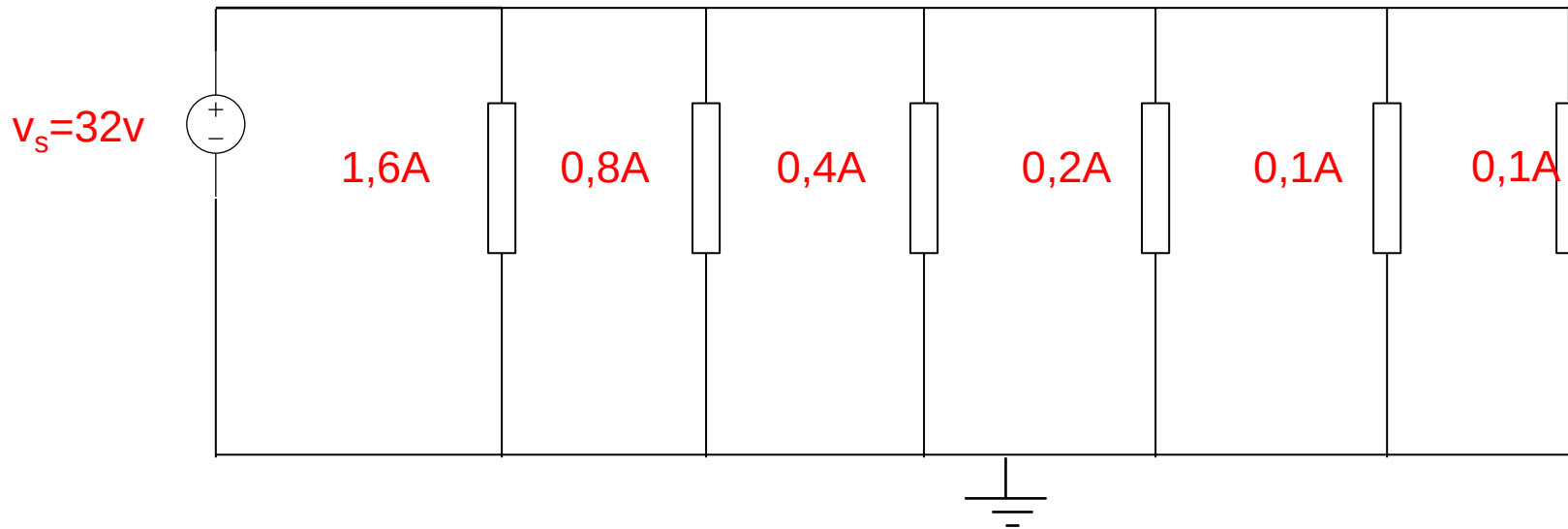
- Vi fant den ukjente spenningen ved bruk av KVL, KCL og Ohms lov



- Det finnes analyseteknikker (som ikke er pensum i IN1080) som ville ha hjulpet oss mer systematisk i analysen
- For større kretser brukes simuleringsprogrammer, f.eks. SPICE

Nøtt til neste gang

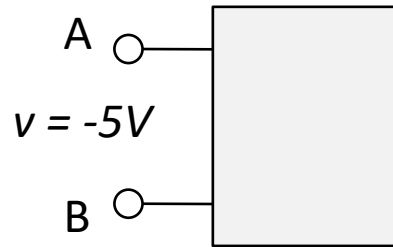
- Gitt en krets som skal brukes til å lage 6 strømmer slik det er vist:



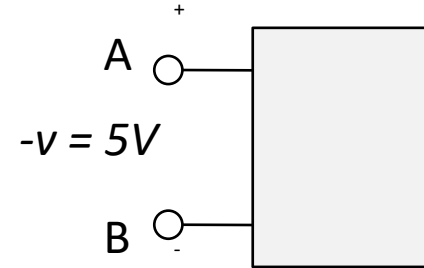
- Hvis du bare har én resistorstørrelse tilgjengelig, hvor stor må denne være for at du skal klare deg med så *få* resistorer som mulig?

Oppgave

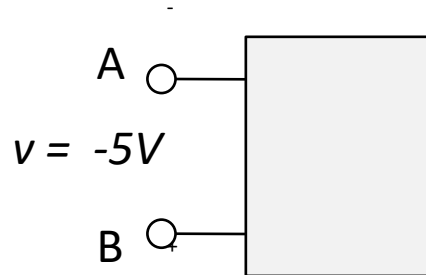
- Er terminal A positiv eller negativ i forhold til terminal B?



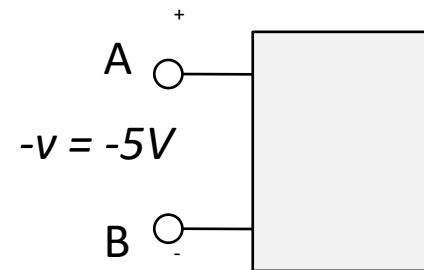
Tilfelle 1)



Tilfelle 2)



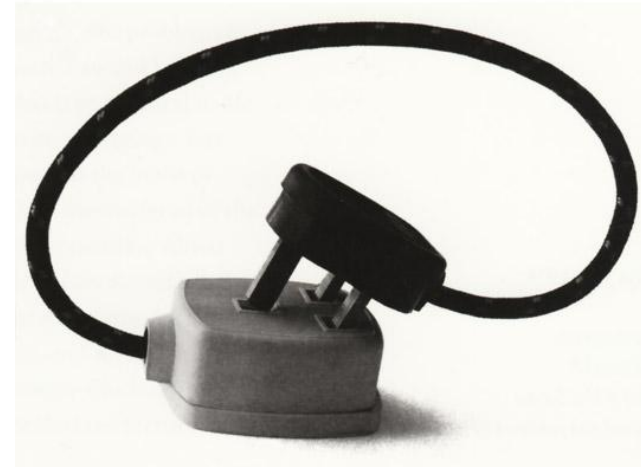
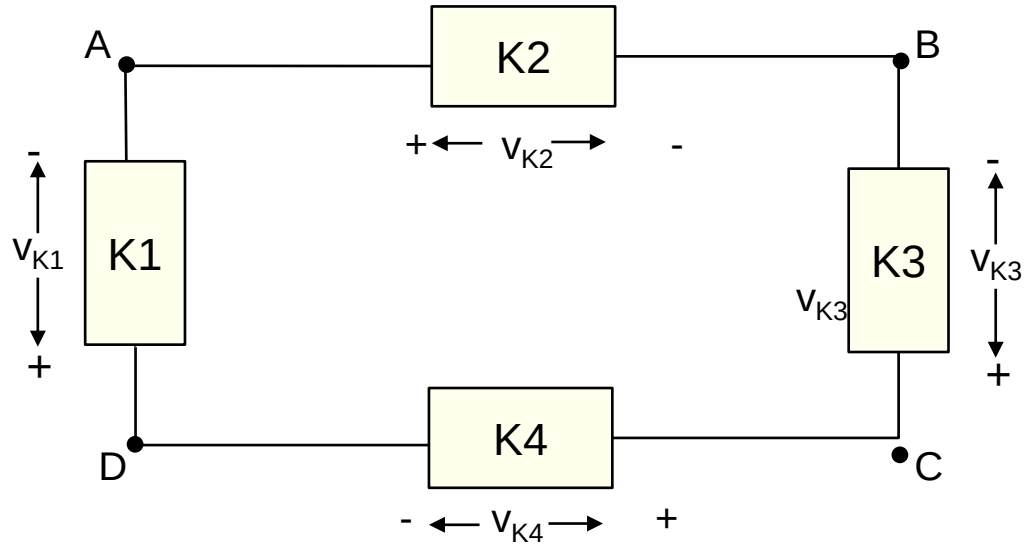
Tilfelle 3)



Tilfelle 4)

Oppgave

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



2) Hva skjer hvis $V_{K3} = 12\text{v}$, $V_{K1} = -2\text{v}$, $V_{K2} = -4\text{v}$ og $V_{K4} = 0\text{v}$? Forklar hva som skjer rent fysisk.

Oppgave

- Fra eksamen INF 1411 våren 2015

Spm 1: Hvor mange noder har kretsen?

Spm 2: Hva er den totale resistansen hvis $R=22\text{k}\Omega$?

