

ELEKTRISKE KREDSLØB (DC)

Kredsløbstyper:

- Serieforbindelser
- Parallelforbindelser
- Blandede forbindelser

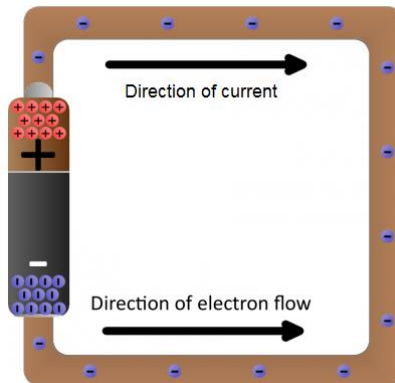
Central lovmæssigheder

- Ohms lov,
effektformel,
Kirchhoffs 1. & 2. lov



AAMS

Aarhus Maskinmesterskole
Aarhus School of Marine and Technical Engineering



KELD DÝRMOSE

DC kredsløb

DC står for "direct current" som på dansk betyder jævnstrøm. I DC kredsløb vil både spænding og strøm være jævn, hvilket dels vil sige, at elektronerne (ladningerne) altid bevæger sig i samme retning rundt i kredsløbet, og dels at strøm (I) og spænding (U) til enhver tid er konstant (modsat vekselstrøm - AC)

Hvis man et kort øjeblik ser bort fra resistansers temperaturafhængighed, vil de to altoverskyggende formler eller sammenhænge i ellæren altid være de følgende to:

Ohms lov:

$$U = I \cdot R \qquad [V] = [A] \cdot [\Omega]$$

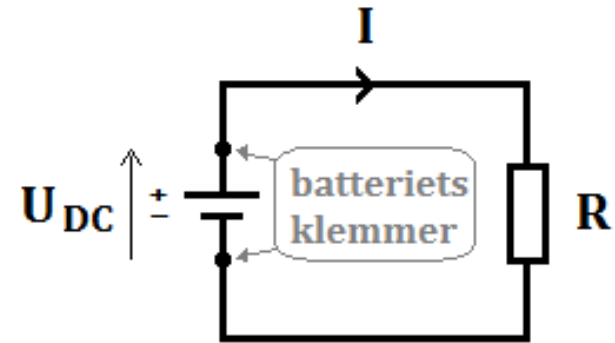
Effektformlen:

$$P = U \cdot I \qquad [W] = [V] \cdot [A]$$

Med disse to sammenhænge kan man udlede, udvide og opbygge de formler man har brug for til, at løse næsten alle problemstillinger i DC kredsløb. Men lad os blot komme i gang, og starte med at se på håndteringen af serieforbindelser (underforstået serieforbindelse af resistanser og spændingskilde).

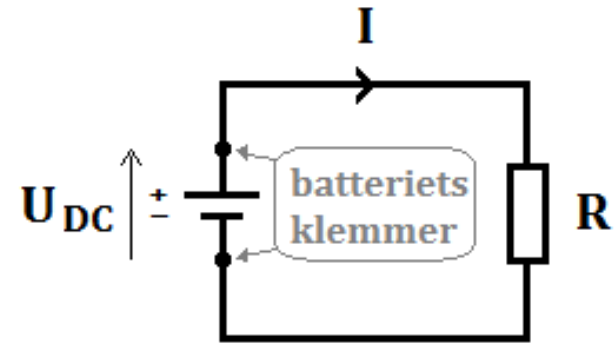
Serieforbindinger

Et meget simpelt elektrisk kredsløb:

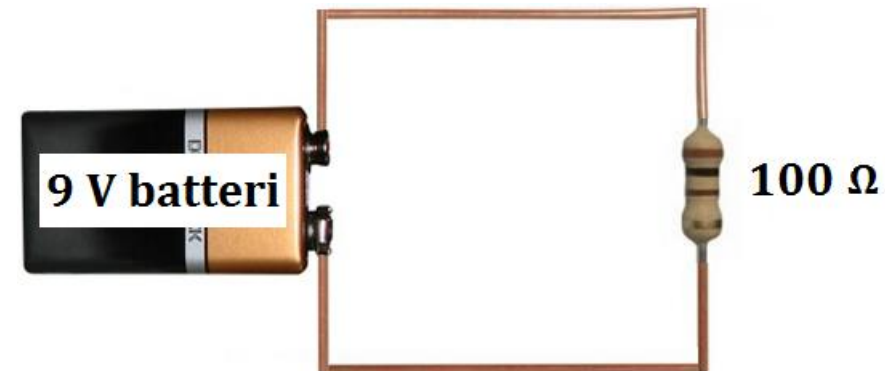


Serieforbindinger

Et meget simpelt elektrisk kredsløb:



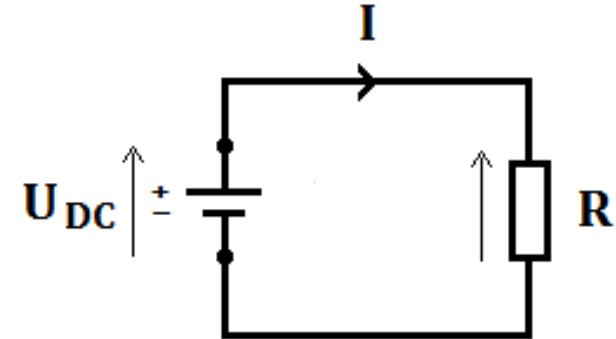
Som kunne være et kredsskema over et virkeligt kredsløb som f.eks.:



Serieforbindelser

Når et kredsløb er sluttet og der er påtrykt kredsen en spænding, vil der løbe en strøm i kredsen hvis størrelse bestemmes ved Ohms lov:

$$U = I \cdot R \quad \Leftrightarrow \quad I = \frac{U}{R} \quad [A]$$



Serieforbindelser

Når et kredsløb er sluttet og der er påtrykt kredsen en spænding, vil der løbe en strøm i kredsen hvis størrelse bestemmes ved Ohms lov:

$$U = I \cdot R \quad \Leftrightarrow \quad I = \frac{U}{R} \quad [A]$$

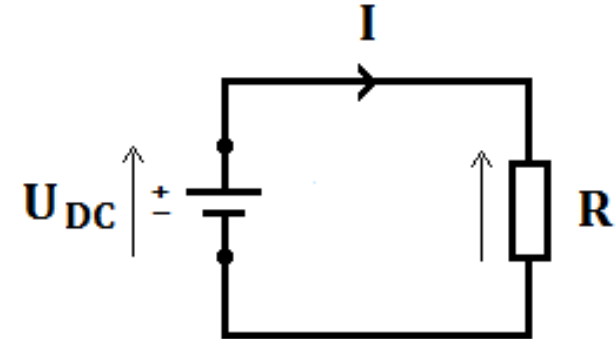
Hvis det antages at spændingen på batteriets klemmer er:

$$U_{DC} = 9 \text{ V}$$

og resistansen er:

$$R = 100 \Omega$$

vil der konstant løbe følgende strøm fra plus til minus i kredsen:



Serieforbindelser

Når et kredsløb er sluttet og der er påtrykt kredsen en spænding, vil der løbe en strøm i kredsen hvis størrelse bestemmes ved Ohms lov:

$$U = I \cdot R \quad \Leftrightarrow \quad I = \frac{U}{R} \quad [A]$$

Hvis det antages at spændingen på batteriets klemmer er:

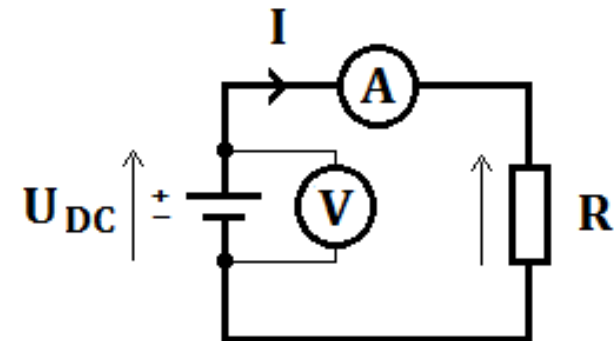
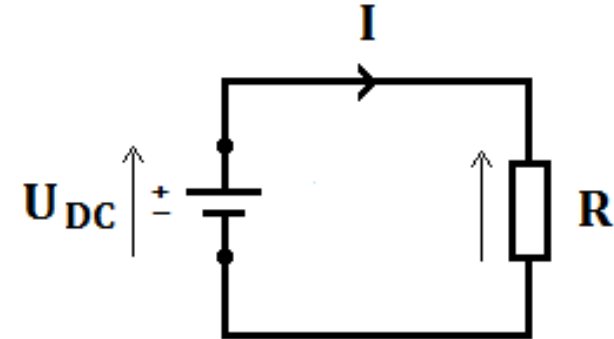
$$U_{DC} = 9 \text{ V}$$

og resistansen er:

$$R = 100 \Omega$$

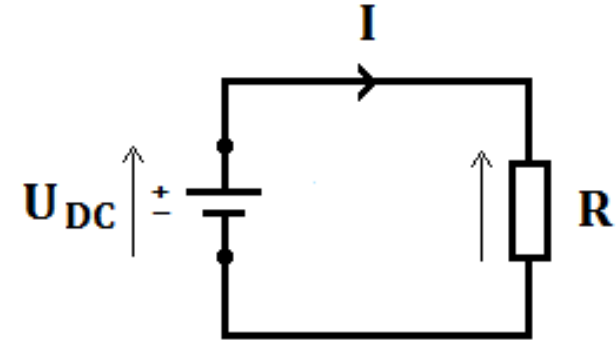
vil der konstant løbe følgende strøm fra plus til minus i kredsen:

$$I = \frac{U_{DC}}{R} \quad \Rightarrow \quad I = \frac{9}{100} \quad \Leftrightarrow \quad I = 90,0 \text{ mA}$$



Serieforbindelser

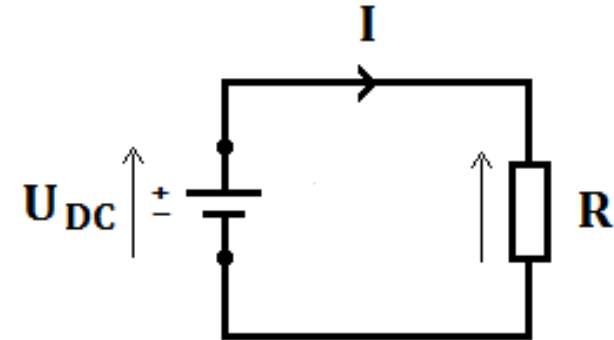
I vores hverdag vil de fleste nok være tilfredse med, at aflæse klemspændingen på selve batteriet, men spørgsmålet er om ikke også selve batteriet påvirkes når den gennemløbes af en strøm!?



Serieforbindelser

I vores hverdag vil de fleste nok være tilfredse med, at aflæse klemspændingen på selve batteriet, men spørgsmålet er om ikke også selve batteriet påvirkes når den gennemløbes af en strøm?

Jo, det gør den! Derfor er det også hensigtsmæssigt at ækvivalerer (opføre sig elektrisk som) et batteri med følgende to komponenter:

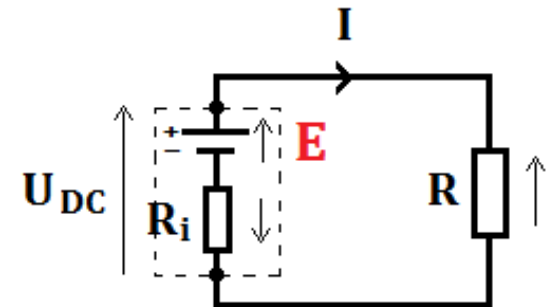
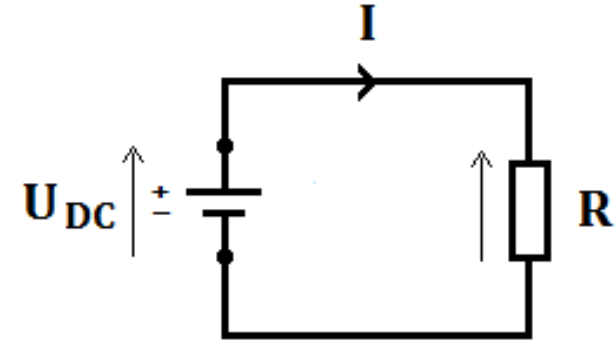


Serieforbindelser

I vores hverdag vil de fleste nok være tilfredse med, at aflæse klemspændingen på selve batteriet, men spørgsmålet er om ikke også selve batteriet påvirkes når den gennemløbes af en strøm?

Jo, det gør den! Derfor er det også hensigtsmæssigt at ækvivalerer (opføre sig elektrisk som) et batteri med følgende to komponenter:

- **En ideel spændingskilde**
(tabsfri)

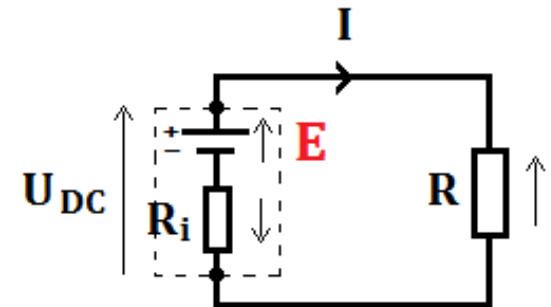
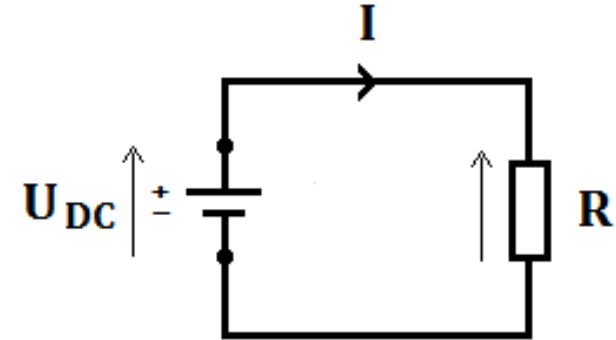


Serieforbindelser

I vores hverdag vil de fleste nok være tilfredse med, at aflæse klemspændingen på selve batteriet, men spørgsmålet er om ikke også selve batteriet påvirkes når den gennemløbes af en strøm?

Jo, det gør den! Derfor er det også hensigtsmæssigt at ækvivalerer (opføre sig elektrisk som) et batteri med følgende to komponenter:

- **En ideel spændingskilde**
(tabsfri)
- **En indre resistans (R_i)**
(svarende til tabet i den kemiske proces)



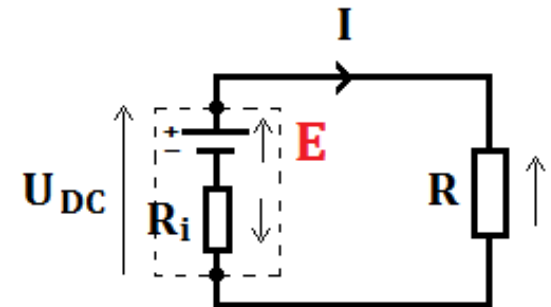
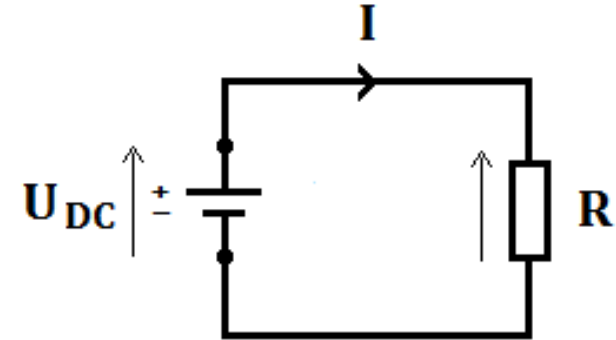
Serieforbindelser

I vores hverdag vil de fleste nok være tilfredse med, at aflæse klemspændingen på selve batteriet, men spørgsmålet er om ikke også selve batteriet påvirkes når den gennemløbes af en strøm?

Jo, det gør den! Derfor er det også hensigtsmæssigt at ækvivalerer (opføre sig elektrisk som) et batteri med følgende to komponenter:

- **En ideel spændingskilde**
(tabsfri)
- **En indre resistans (R_i)**
(svarende til tabet i den kemiske proces)

Den spænding som den ideelle spændingskilde kan frembringe kaldes batteriets elektromotoriske kraft (**E**)



Serieforbindelser

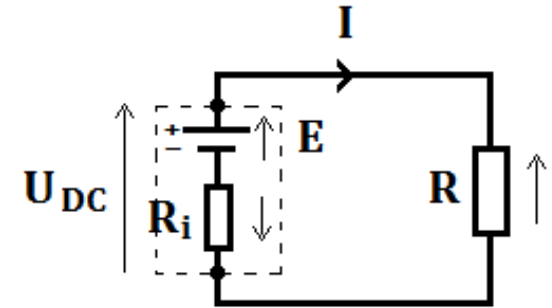
Lad os prøve at beregne batteriets elektromotoriske kraft, under antagelse af at eksemplet fra før er situationen, og at vi ved at batteriet kemiske proces kan ækvivaleres med en resistans på $0,8 \Omega$. Vi har altså følgende oplysninger:

$$R_i = 0,8 \Omega$$

$$U_{DC} = 9 \text{ V (batteriets klemspændingen)}$$

$$R = 100 \Omega$$

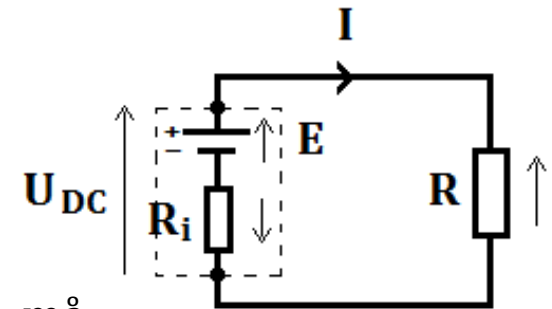
$$I = 90 \text{ mA (som alle kredsens komponenter gennemløbes af)}$$



Serieforbindelser

Lad os prøve at beregne batteriets elektromotoriske kraft, under antagelse af at eksemplet fra før er situationen, og at vi ved at batteriet kemiske proces kan ækvivaleres med en resistans på $0,8 \Omega$. Vi har altså følgende oplysninger:

Da alle kredsens komponenter gennemløbes af samme strøm, må vi kunne beregne spændingen der ligger over hver enkelt resistans i kredsen vha. Ohms lov



$$R_i = 0,8 \Omega$$

$$U_{DC} = 9 V$$

$$R = 100 \Omega$$

$$I = 90 mA$$

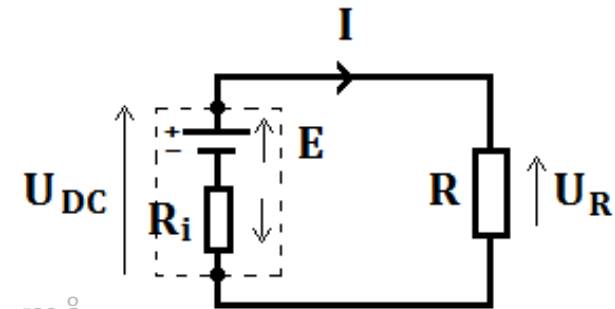
Serieforbindelser

Lad os prøve at beregne batteriets elektromotoriske kraft, under antagelse af at eksemplet fra før er situationen, og at vi ved at batteriet kemiske proces kan ækvivaleres med en resistans på $0,8 \Omega$. Vi har altså følgende oplysninger:

Da alle kredsens komponenter gennemløbes af samme strøm, må vi kunne beregne spændingen der ligger over hver enkelt resistans i kredsen vha. Ohms lov

Spændingen over den ydre resistans (R) må være:

$$U_R = I \cdot R \quad \Rightarrow \quad U_R = 0,09 \cdot 100 \quad \Leftrightarrow \quad U_R = 9 \text{ V}$$



$$\begin{aligned} R_i &= 0,8 \Omega \\ U_{DC} &= 9 \text{ V} \\ R &= 100 \Omega \\ I &= 90 \text{ mA} \end{aligned}$$

Serieforbindelser

Lad os prøve at beregne batteriets elektromotoriske kraft, under antagelse af at eksemplet fra før er situationen, og at vi ved at batteriet kemiske proces kan ækvivaleres med en resistans på $0,8 \Omega$. Vi har altså følgende oplysninger:

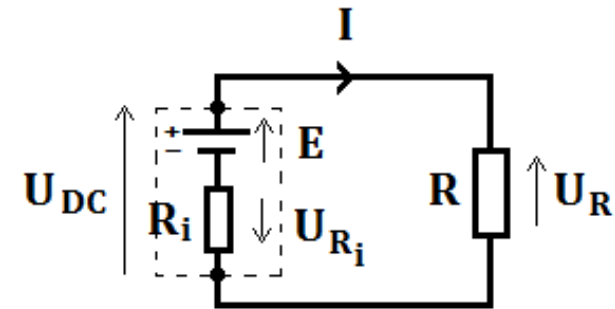
Da alle kredsens komponenter gennemløbes af samme strøm, I , vi kunne beregne spændingen der ligger over hver enkelt resistans i kredsen vha. Ohms lov

Spændingen over den ydre resistans (R) må være:

$$U_R = I \cdot R \quad \Rightarrow \quad U_R = 0,09 \cdot 100 \quad \Leftrightarrow \quad U_R = 9 \text{ V}$$

Spændingen over den indre resistans (R_i) må være:

$$U_{R_i} = I \cdot R_i \quad \Rightarrow \quad U_{R_i} = 0,09 \cdot 0,8 \quad \Leftrightarrow \quad U_{R_i} = 0,07 \text{ V}$$



$$\begin{aligned} R_i &= 0,8 \Omega \\ U_{DC} &= 9 \text{ V} \\ R &= 100 \Omega \\ I &= 90 \text{ mA} \end{aligned}$$

Serieforbindelser

Spændingen over den ydre resistans (R) må være:

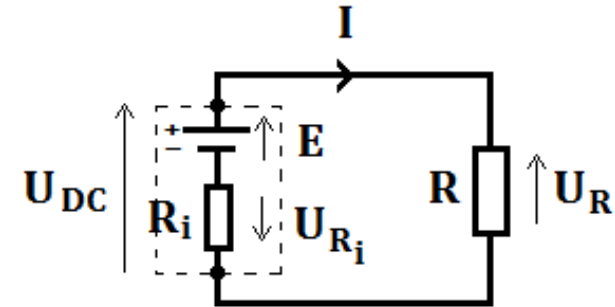
$$U_R = I \cdot R \Rightarrow U_R = 0,09 \cdot 100 \Leftrightarrow U_R = 9 \text{ V}$$

Spændingen over den indre resistans (R_i) må være:

$$U_{R_i} = I \cdot R_i \Rightarrow U_{R_i} = 0,09 \cdot 0,8 \Leftrightarrow U_{R_i} = 0,07 \text{ V}$$

Batteriets elektromotoriske kraft (E) kan beregnes som:

$$E = U_{R_i} + U_R \Rightarrow E = 0,07 + 9 \Leftrightarrow E = 9,07 \text{ V}$$



$$R_i = 0,8 \Omega$$

$$U_{DC} = 9 \text{ V}$$

$$R = 100 \Omega$$

$$I = 90 \text{ mA}$$

Serieforbindelser

Spændingen over den ydre resistans (R) må være:

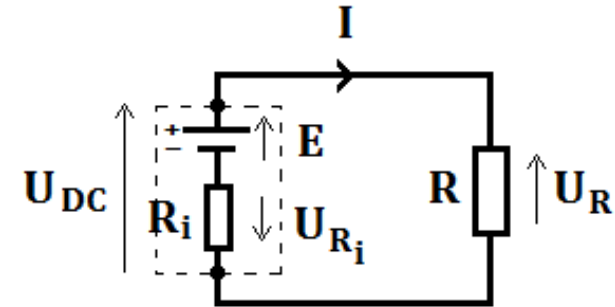
$$U_R = I \cdot R \Rightarrow U_R = 0,09 \cdot 100 \Leftrightarrow U_R = 9 \text{ V}$$

Spændingen over den indre resistans (R_i) må være:

$$U_{R_i} = I \cdot R_i \Rightarrow U_{R_i} = 0,09 \cdot 0,8 \Leftrightarrow U_{R_i} = 0,07 \text{ V}$$

Batteriets elektromotoriske kraft (E) kan beregnes som:

$$E = U_{R_i} + U_R \Rightarrow E = 0,07 + 9 \Leftrightarrow E = 9,07 \text{ V}$$



$$\begin{aligned} R_i &= 0,8 \Omega \\ U_{DC} &= 9 \text{ V} \\ R &= 100 \Omega \\ I &= 90 \text{ mA} \end{aligned}$$

Denne sammenhæng er netop **Kirchhoffs 2. lov**:

Summen af elektromotoriske kræfter (E) i et elektrisk kredsløb, er lig med summen af spændingsfald ($U_{R_i} + U_R$) i kredsløbet.

(gælder uanset antallet af spændingskilder og belastninger, eller måden de er forbundet!)

Serieforbindelser

Spændingen over den ydre resistans (R) må være:

$$U_R = I \cdot R \Rightarrow U_R = 0,09 \cdot 100 \Leftrightarrow U_R = 9 \text{ V}$$

Spændingen over den indre resistans (R_i) må være:

$$U_{R_i} = I \cdot R_i \Rightarrow U_{R_i} = 0,09 \cdot 0,8 \Leftrightarrow U_{R_i} = 0,072 \text{ V}$$

Batterie

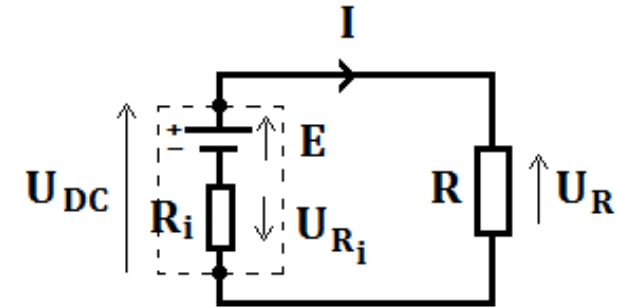
$$E = U_{R_i}$$

Denne s



om:

7 V



$$R_i = 0,8 \Omega$$

$$U_{DC} = 9 \text{ V}$$

$$R = 100 \Omega$$

$$I = 90 \text{ mA}$$

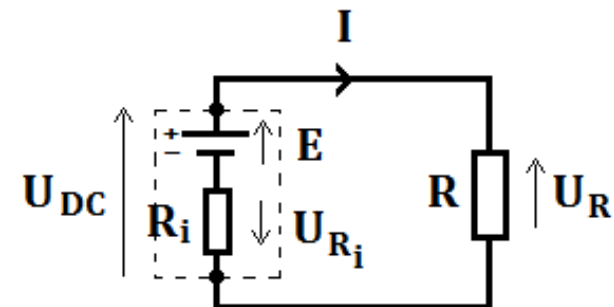
Summen af spændingerne over de to modstande er lig med den samlede spændingskilde ($U_{R_i} + U_R = U_{DC}$) i kredsløbet.

Men hvad nu hvis vi ændrede den ydre resistans til f.eks. 20Ω ?

Serieforbindelser

Ja, Kirchhoffs 2. lov gælder altid, så lad os tage udgangspunkt i den:

$$E = U_{R_i} + U_R \quad \Leftrightarrow$$



$$R_i = 0,8 \Omega$$

$$R = 20 \Omega$$

$$I = ?$$

$$U_{DC} = ?$$

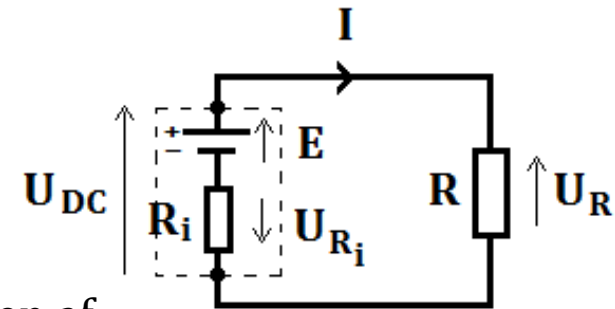
Serieforbindelser

Ja, Kirchhoffs 2. lov gælder altid, så lad os tage udgangspunkt i den:

$$E = U_{R_i} + U_R \quad \Leftrightarrow$$

Spændinger over resistanserne kender vi ikke, efter ændringen af den ydre resistans (R), men de kan beskrives ved Ohms lov:

$$E = I \cdot R_i + I \cdot R \quad \Leftrightarrow$$



$$R_i = 0,8 \Omega$$

$$R = 20 \Omega$$

$$I = ?$$

$$U_{DC} = ?$$

Serieforbindelser

Ja, Kirchhoffs 2. lov gælder altid, så lad os tage udgangspunkt i den:

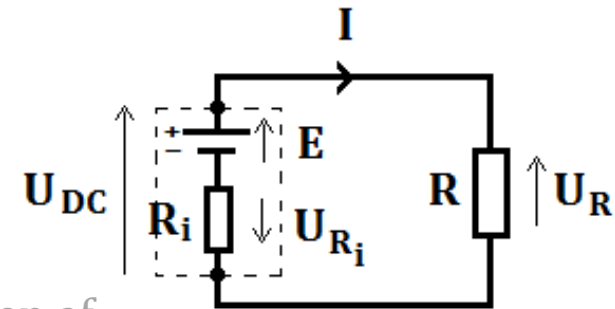
$$E = U_{R_i} + U_R \quad \Leftrightarrow$$

Spændinger over resistanserne kender vi ikke, efter ændringen af den ydre resistans (R), men de kan beskrives ved Ohms lov:

$$E = I \cdot R_i + I \cdot R \quad \Leftrightarrow$$

Den eneste værdi vi ikke kender her er strømmen, så den finder vi:

$$E = I \cdot (R_i + R) \quad \Leftrightarrow$$



$$R_i = 0,8 \Omega$$

$$R = 20 \Omega$$

$$I = ?$$

$$U_{DC} = ?$$

Serieforbindelser

Ja, Kirchhoffs 2. lov gælder altid, så lad os tage udgangspunkt i den:

$$E = U_{R_i} + U_R \quad \Leftrightarrow$$

Spændinger over resistanserne kender vi ikke, efter ændringen af den ydre resistans (R), men de kan beskrives ved Ohms lov:

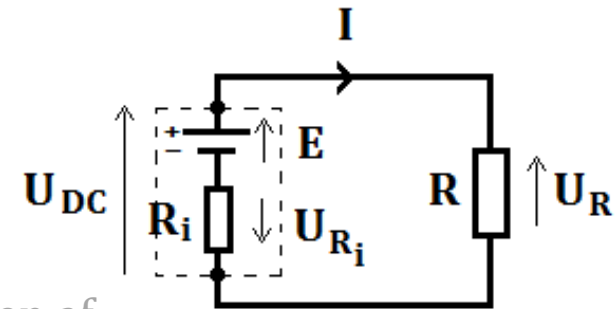
$$E = I \cdot R_i + I \cdot R \quad \Leftrightarrow$$

Den eneste værdi vi ikke kender her er strømmen, så den finder vi:

$$E = I \cdot (R_i + R) \quad \Leftrightarrow$$

$$I = \frac{E}{(R_i + R)} \Rightarrow I = \frac{9,07}{0,8 + 20} \Leftrightarrow I = 436 \text{ mA}$$

(hvor strømmen før var 90 mA med $R = 100 \Omega$)



$$R_i = 0,8 \Omega$$

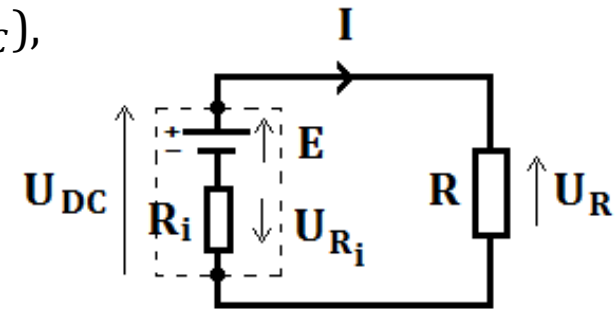
$$R = 20 \Omega$$

$$I = 436 \text{ mA}$$

$$U_{DC} = ?$$

Serieforbindelser

Hvis vi nu ønsker at kende batteriets nye klemspænding (U_{DC}), har vi to muligheder, da denne spænding jo både er påtrykt batteriet (så at sige), men også den ydre kreds!



$$R_i = 0,8 \Omega$$

$$R = 20 \Omega$$

$$I = 452 \text{ mA}$$

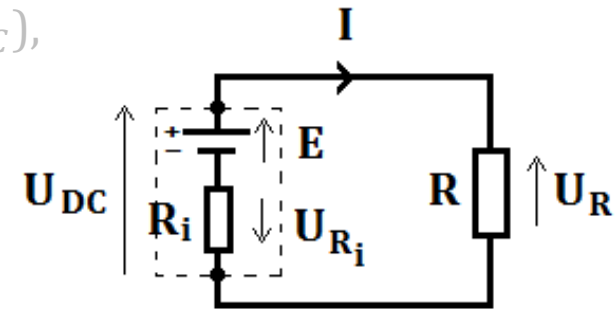
$$U_{DC} = ?$$

Serieforbindelser

Hvis vi nu ønsker at kende batteriets nye klemspænding (U_{DC}), har vi to muligheder, da denne spænding jo både er påtrykt batteriet (så at sige), men også den ydre kreds!

Fremgangsmåde 1 - den ydre kreds:

$$U_{DC} = I \cdot R \quad \Rightarrow \quad U_{DC} = 0,436 \cdot 20 \quad \Leftrightarrow \quad U_{DC} = 8,72 \text{ V}$$



$$R_i = 0,8 \Omega$$

$$R = 20 \Omega$$

$$I = 452 \text{ mA}$$

$$U_{DC} = 8,72 \text{ V}$$

Serieforbindelser

Hvis vi nu ønsker at kende batteriets nye klemspænding (U_{DC}), har vi to muligheder, da denne spænding jo både er påtrykt batteriet (så at sige), men også den ydre kreds!

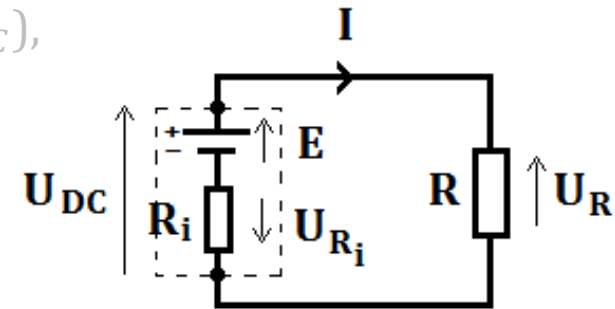
Fremgangsmåde 1 - den ydre kreds:

$$U_{DC} = I \cdot R \quad \Rightarrow \quad U_{DC} = 0,436 \cdot 20 \quad \Leftrightarrow \quad U_{DC} = 8,72 \text{ V}$$

Fremgangsmåde 2 - den indre kreds:

$$U_{DC} = E - U_{Ri} \quad \Leftrightarrow \quad U_{DC} = E - (I \cdot R_i) \quad \Rightarrow$$

$$U_{DC} = 9,07 - (0,436 \cdot 0,8) \quad \Leftrightarrow \quad U_{DC} = 8,72 \text{ V}$$



$$R_i = 0,8 \Omega$$

$$R = 20 \Omega$$

$$I = 452 \text{ mA}$$

$$U_{DC} = 8,72 \text{ V}$$

Serieforbindelser

Hvis vi nu ønsker at kende batteriets nye klemspænding (U_{DC}), har vi to muligheder, da denne spænding jo både er påtrykt batteriet (så at sige), men også den ydre kreds!

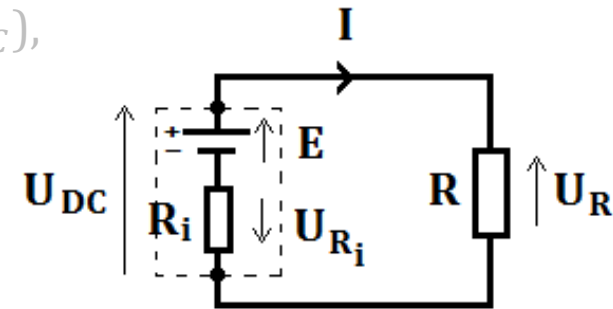
Fremgangsmåde 1 - den ydre kreds:

$$U_{DC} = I \cdot R \quad \Rightarrow \quad U_{DC} = 0,436 \cdot 20 \quad \Leftrightarrow \quad U_{DC} = 8,72 \text{ V}$$

Fremgangsmåde 2 - den indre kreds:

$$U_{DC} = E - U_{Ri} \quad \Leftrightarrow \quad U_{DC} = E - (I \cdot R_i) \quad \Rightarrow$$

$$U_{DC} = 9,07 - (0,436 \cdot 0,8) \quad \Leftrightarrow \quad U_{DC} = 8,72 \text{ V}$$



$$R_i = 0,8 \Omega$$

$$R = 20 \Omega$$

$$I = 452 \text{ mA}$$

$$U_{DC} = 8,72 \text{ V}$$

Læg mærke til at efterhånden som strømmen stiger pga. mindre og mindre ydre belastning, vil klemspændingen falde – når batteriets indre resistans er præcis den samme som kredsens ydre resistans, vil klemspændingen præcis være halvdelen af E !

(dog kan et 9 V batteri ikke drive så stor en strøm – max ca. 650 mA!)