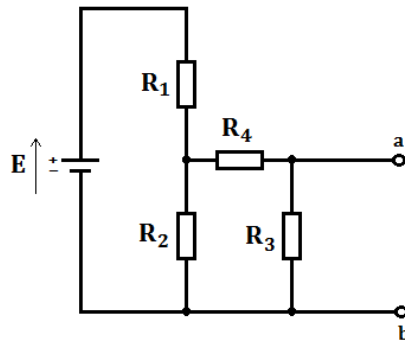


Leon Charles Thévenin



THEVENIN'S REGEL (DC)

Eksempel



KELD DÝRMOSE



AAMS

Aarhus Maskinmesterskole
Aarhus School of Marine and Technical Engineering

Thevenin's regel

Thevenin's regel (teorem) kan formuleres således:

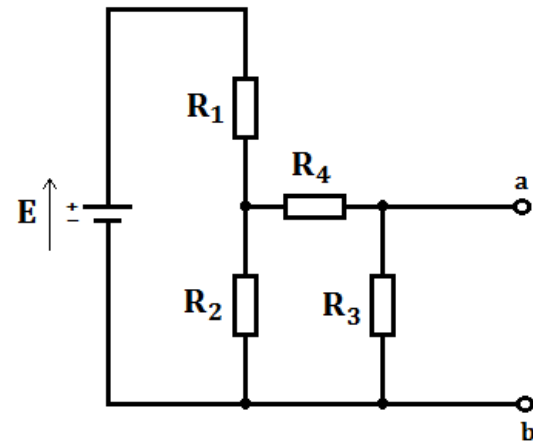
Et aktivt kredsløb, som er tilgængeligt i to punkter, kan erstattes af en enkelt ideel spændingskilde med konstant elektromotorisk kraft, og en serieforbundet resistans.

Thevenin's regel

Thevenin's regel (teorem) kan formuleres således:

Et aktivt kredsløb, som er tilgængeligt i to punkter, kan erstattes af en enkelt ideel spændingskilde med konstant elektromotorisk kraft, og en serieforbundet resistans.

Det som reglen siger er, at f.eks. dette kredsløb:

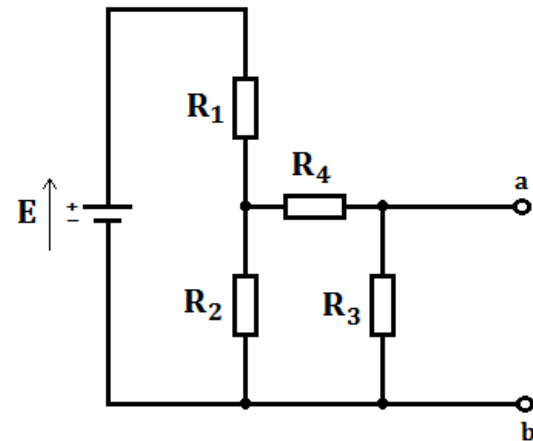


Thevenin's regel

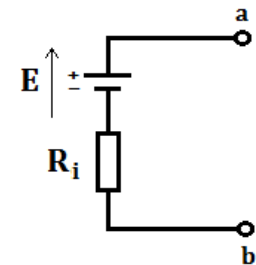
Thevenin's regel (teorem) kan formuleres således:

Et aktivt kredsløb, som er tilgængeligt i to punkter, kan erstattes af en enkelt ideel spændingskilde med konstant elektromotorisk kraft, og en serieforbundet resistans.

Det som reglen siger er, at f.eks. dette kredsløb:

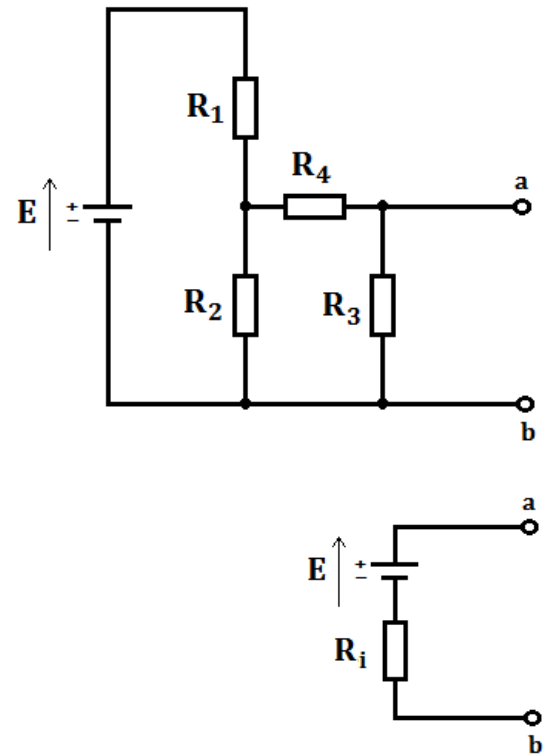


- kan ækvivaleres, og derfor erstattes, med dette kredsløb:



Thevenin's regel

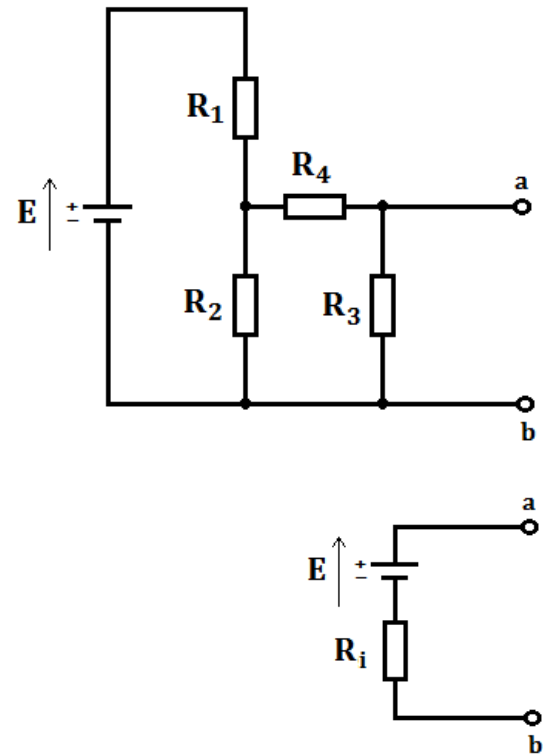
Og hvorfor kan det så være nyttigt?



Thevenin's regel

Og hvorfor kan det så være nyttigt?

Et tænkt eksempel kunne være at man ønskede at et bestemt spændingsområde mellem punkterne a og b, som kan bruges til analogt inputsignal til en PLC.

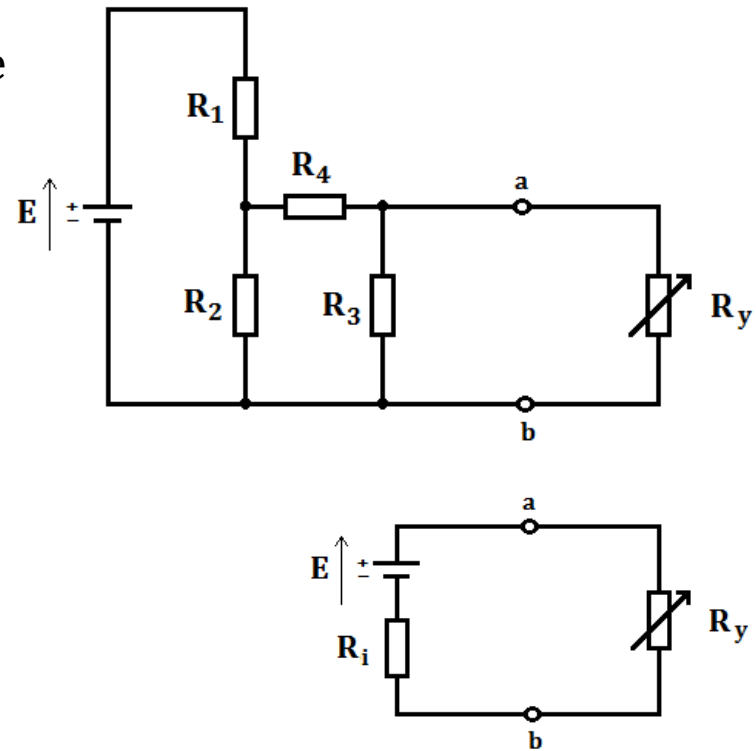


Thevenin's regel

Og hvorfor kan det så være nyttigt?

Et tænkt eksempel kunne være at man ønskede at et bestemt spændingsområde mellem punkterne a og b, som kan bruges til analogt inputsignal til en PLC.

Dette spændingsområde kunne skabes ved at montere en variabel resistans på klemmerne a og b



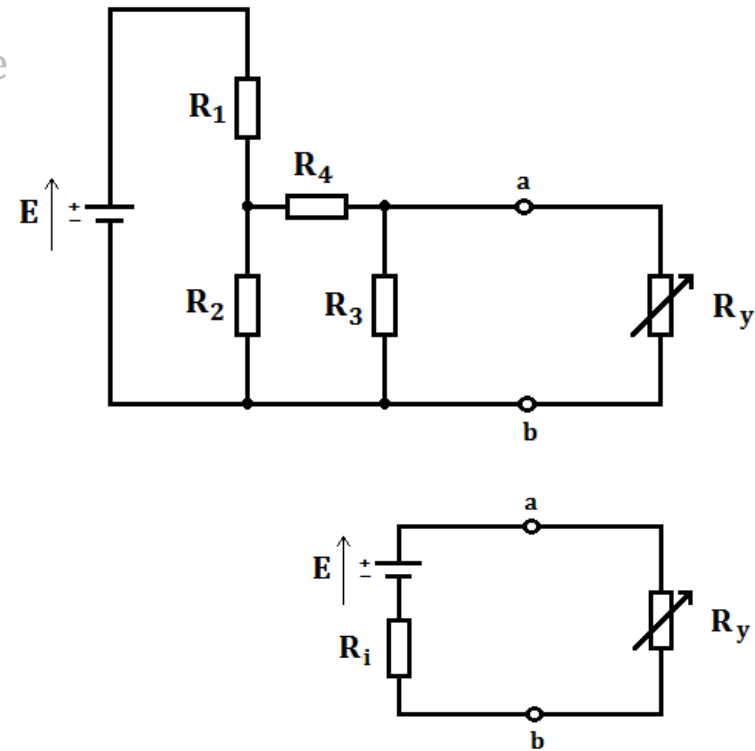
Thevenin's regel

Og hvorfor kan det så være nyttigt?

Et tænkt eksempel kunne være at man ønskede at et bestemt spændingsområde mellem punkterne a og b, som kan bruges til analogt inputsignal til en PLC.

Dette spændingsområde kunne skabes ved at montere en variabel resistans på klemmerne a og b

Med Thevenin's ækvivalente kredsskema er det nemt og hurtigt at beregne spændingen mellem klemmerne a og b, givet at den ydre modstand varieres eller skiftes – og på samme måde er det selvfølgelig også nemt at beregne strømmen, hvis er den man er interesseret i.



Thevenin's regel

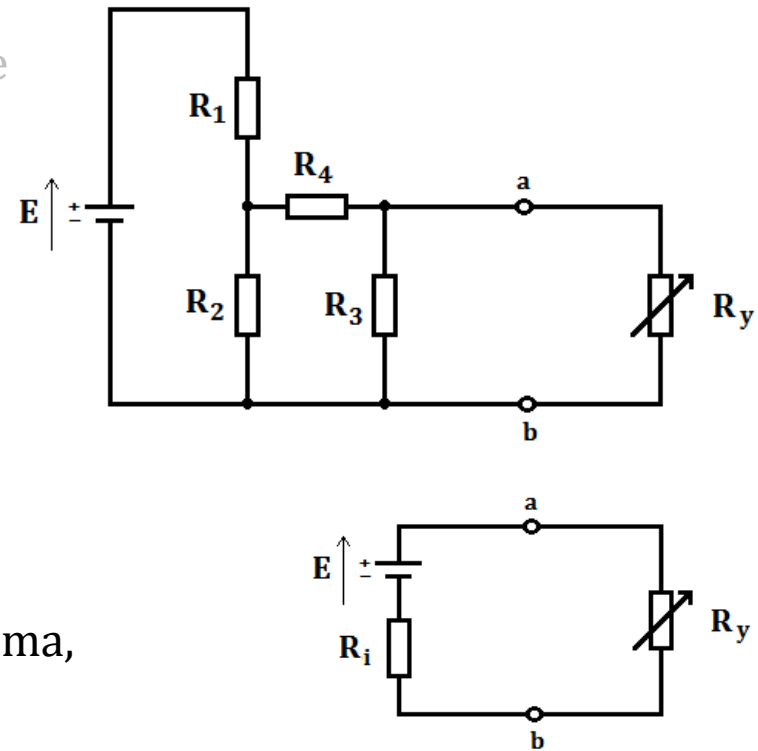
Og hvorfor kan det så være nyttigt?

Et tænkt eksempel kunne være at man ønskede at et bestemt spændingsområde mellem punkterne a og b, som kan bruges til analogt inputsignal til en PLC.

Dette spændingsområde kunne skabes ved at montere en variabel resistans på klemmerne a og b

Med Thevenin's ækvivalente kredsskema er det nemt og hurtigt at beregne spændingen mellem klemmerne a og b, givet at den ydre modstand varieres eller skiftes – og på samme måde er det selvfølgelig også nemt at beregne strømmen, hvis er den man er interesseret i.

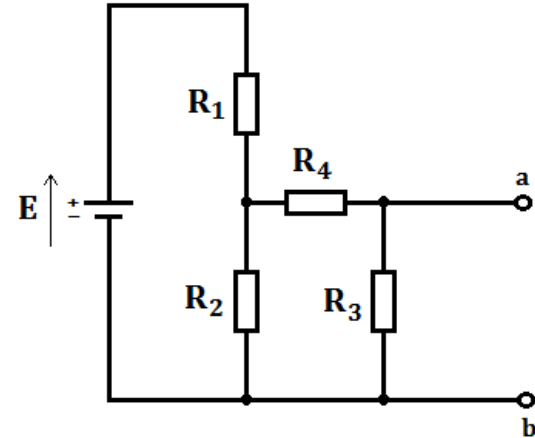
Men lad os gennemgå et eksempel med viste kredsskema, og nogle tilhørende værdier, og lad os finde Thevenin ækvivalenten herfor



Thevenin's regel

Først finder vi tomgangsspændingen U_{ab} :

Der er flere fremgangsmåder her, men lad os holde os til de grundlæggende metoder, og starte med at finde strømmen der flyder fra spændingskilden.



$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \ \Omega \\ R_2 &= 200 \ \Omega \\ R_3 &= 100 \ \Omega \\ R_4 &= 100 \ \Omega \end{aligned}$$

Thevenin's regel

Først finder vi tomgangsspændingen U_{ab} :

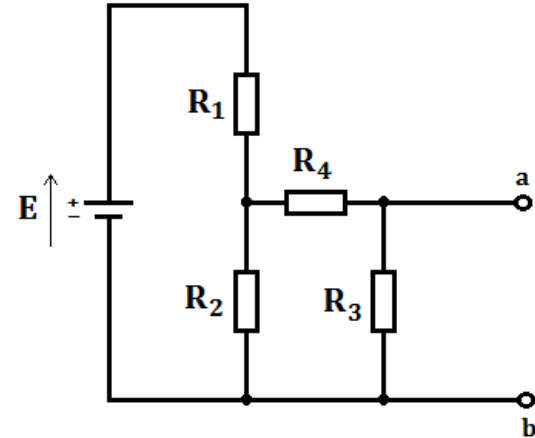
Der er flere fremgangsmåder her, men lad os holde os til de grundlæggende metoder, og starte med at finde strømmen der flyder fra spændingskilden.

For at kunne det, må vi kende kredsens erstatningsresistans:

$$R_e = R_1 + (R_2^{-1} + (R_3 + R_4)^{-1})^{-1} \Rightarrow$$

$$R_e = 50 + (200^{-1} + (100 + 100)^{-1})^{-1} \Leftrightarrow$$

$$R_e = 50 + 100 \Leftrightarrow R_e = 150 \Omega$$



$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \Omega \\ R_2 &= 200 \Omega \\ R_3 &= 100 \Omega \\ R_4 &= 100 \Omega \\ R_e &= 150 \Omega \end{aligned}$$

Thevenin's regel

Først finder vi tomgangsspændingen U_{ab} :

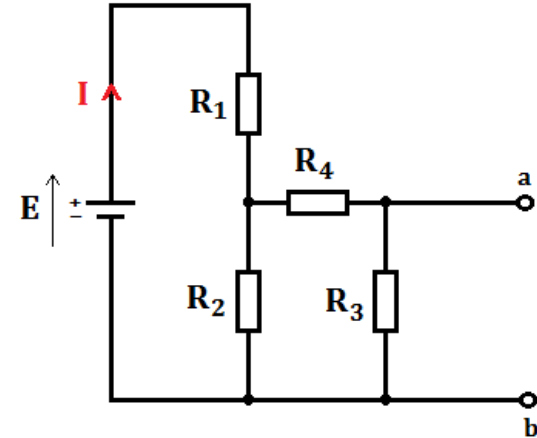
Der er flere fremgangsmåder her, men lad os holde os til de grundlæggende metoder, og starte med at finde strømmen der flyder fra spændingskilden.

For at kunne det, må vi kende kredsens erstatningsresistans:

$$R_e = R_1 + (R_2^{-1} + (R_3 + R_4)^{-1})^{-1} \Rightarrow$$

$$R_e = 50 + (200^{-1} + (100 + 100)^{-1})^{-1} \Leftrightarrow$$

$$R_e = 50 + 100 \Leftrightarrow R_e = 150 \Omega$$



$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \Omega \\ R_2 &= 200 \Omega \\ R_3 &= 100 \Omega \\ R_4 &= 100 \Omega \\ R_e &= 150 \Omega \\ I &= 160 \text{ mA} \end{aligned}$$

Strømmen:

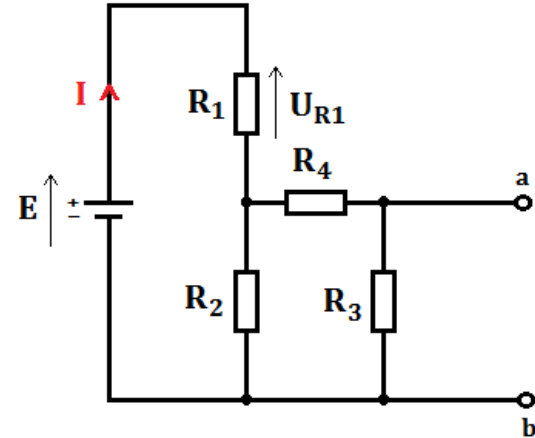
$$I = \frac{E}{R_e} \Rightarrow I = \frac{24}{150} \Leftrightarrow I = 160 \text{ mA}$$

Thevenin's regel

Først finder vi tomgangsspændingen U_{ab} :

Spændingen over R_1 må være:

$$U_{R1} = I \cdot R_1 \Rightarrow U_{R1} = 0,16 \cdot 50 \Leftrightarrow U_{R1} = 8 V$$



$$\begin{aligned} E &= 24 V \\ R_1 &= 50 \Omega \\ R_2 &= 200 \Omega \\ R_3 &= 100 \Omega \\ R_4 &= 100 \Omega \\ R_e &= 150 \Omega \\ I &= 160 mA \\ U_{R1} &= 8 V \end{aligned}$$

Thevenin's regel

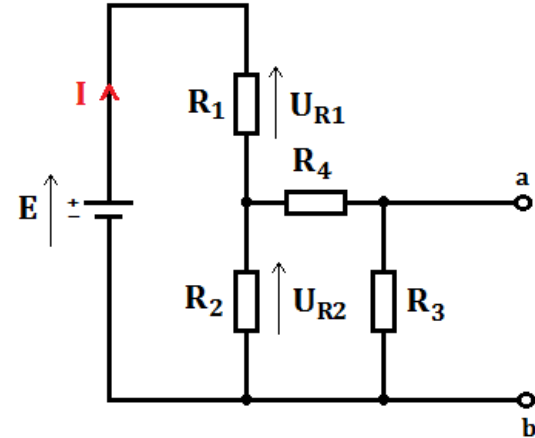
Først finder vi tomgangsspændingen U_{ab} :

Spændingen over R_1 må være:

$$U_{R1} = I \cdot R_1 \Rightarrow U_{R1} = 0,16 \cdot 50 \Leftrightarrow U_{R1} = 8 \text{ V}$$

Ifølge Kirchhoffs 2. lov, må spændingen over R_2 være:

$$E = U_{R1} + U_{R2} \Rightarrow U_{R2} = 24 - 8 \Leftrightarrow U_{R2} = 16 \text{ V}$$



$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \ \Omega \\ R_2 &= 200 \ \Omega \\ R_3 &= 100 \ \Omega \\ R_4 &= 100 \ \Omega \\ R_e &= 150 \ \Omega \\ I &= 160 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 8 \text{ V} \\ U_{R2} &= 16 \text{ V} \end{aligned}$$

Thevenin's regel

Først finder vi tomgangsspændingen U_{ab} :

Spændingen over R_1 må være:

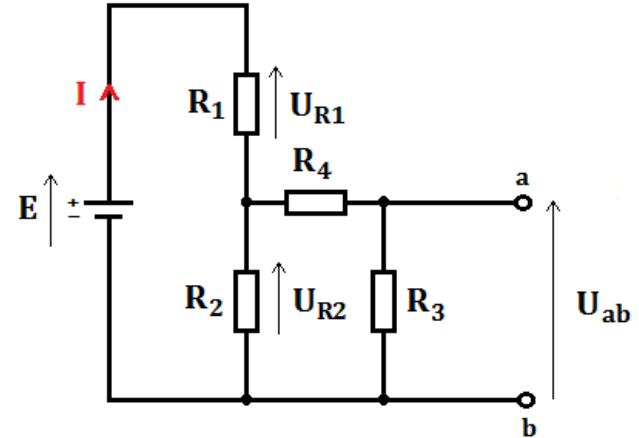
$$U_{R1} = I \cdot R_1 \Rightarrow U_{R1} = 0,16 \cdot 50 \Leftrightarrow U_{R1} = 8 \text{ V}$$

Ifølge Kirchhoffs 2. lov, må spændingen over R_2 være:

$$E = U_{R1} + U_{R2} \Rightarrow U_{R2} = 24 - 8 \Leftrightarrow U_{R2} = 16 \text{ V}$$

Denne spænding må også ligge henover $R_3 + R_4$, og da disse to er lige store, må de dele spændingen lige mellem dem, og spændingen bliver således:

$$U_{R3} = U_{ab} = \frac{16}{2} = 8 \text{ V}$$

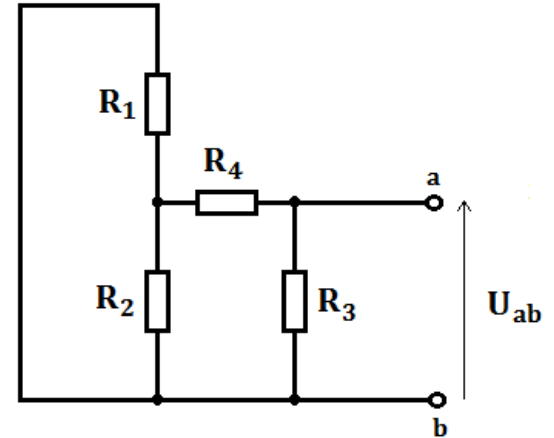


$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \ \Omega \\ R_2 &= 200 \ \Omega \\ R_3 &= 100 \ \Omega \\ R_4 &= 100 \ \Omega \\ R_e &= 150 \ \Omega \\ I &= 160 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 8 \text{ V} \\ U_{R2} &= 16 \text{ V} \\ U_{ab} &= 8 \text{ V} \end{aligned}$$

Thevenin's regel

Thevenin ækvivalentens indre resistans R_i :

Allerførst skal man se at der her er forskel på R_i og R_e !



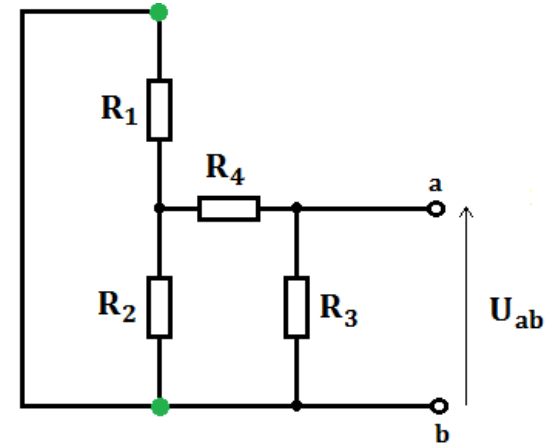
$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \ \Omega \\ R_2 &= 200 \ \Omega \\ R_3 &= 100 \ \Omega \\ R_4 &= 100 \ \Omega \\ R_e &= 150 \ \Omega \\ I &= 160 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 8 \text{ V} \\ U_{R2} &= 16 \text{ V} \\ U_{ab} &= 8 \text{ V} \end{aligned}$$

Thevenin's regel

Thevenin ækvivalentens indre resistans R_i :

Allerførst skal man se at der her er forskel på R_i og R_e !

Årsagen er at en kreds' erstatningsresistans afhænger af hvor i kredsen man påtrykker en spænding, og R_e var jo påtrykt en spænding i disse **to punkter**



$$\begin{aligned}E &= 24 \text{ V} \\R_1 &= 50 \text{ } \Omega \\R_2 &= 200 \text{ } \Omega \\R_3 &= 100 \text{ } \Omega \\R_4 &= 100 \text{ } \Omega \\R_e &= 150 \text{ } \Omega \\I &= 160 \text{ mA} \\U_{R1} &= 8 \text{ V} \\U_{R2} &= 16 \text{ V} \\U_{ab} &= 8 \text{ V}\end{aligned}$$

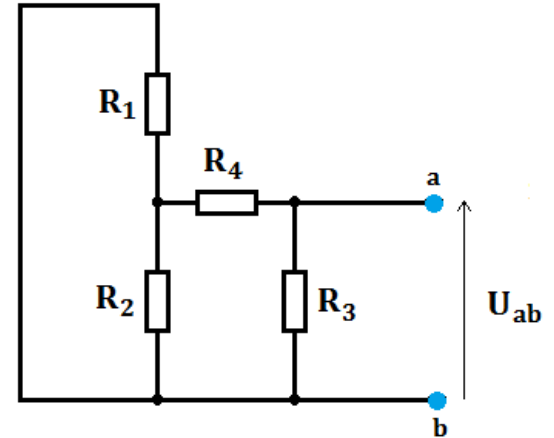
Thevenin's regel

Thevenin ækvivalentens indre resistans R_i :

Allerførst skal man se at der her er forskel på R_i og R_e !

Årsagen er at en kreds' erstatningsresistans afhænger af hvor i kredsen man påtrykker en spænding, og R_e var jo påtrykt en spænding i disse **to punkter**

Og for at finde R_i skal vi se erstatningsresistansen fra disse **to punkter**



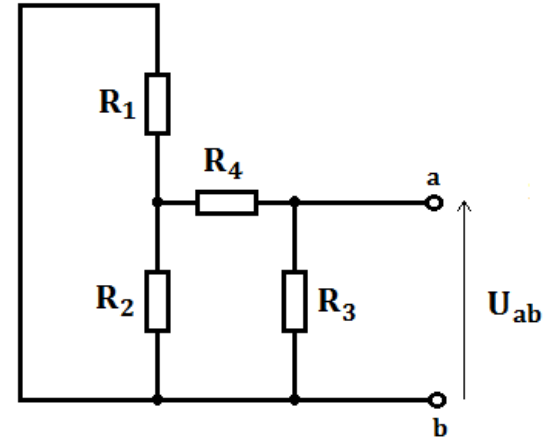
$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \ \Omega \\ R_2 &= 200 \ \Omega \\ R_3 &= 100 \ \Omega \\ R_4 &= 100 \ \Omega \\ R_e &= 150 \ \Omega \\ I &= 160 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 8 \text{ V} \\ U_{R2} &= 16 \text{ V} \\ U_{ab} &= 8 \text{ V} \end{aligned}$$

Thevenin's regel

Thevenin ækvivalentens indre resistans R_i :

Lad os finde R_i

R_1 og R_2 sidder nu parallelt med hinanden



$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \ \Omega \\ R_2 &= 200 \ \Omega \\ R_3 &= 100 \ \Omega \\ R_4 &= 100 \ \Omega \\ R_e &= 150 \ \Omega \\ I &= 160 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 8 \text{ V} \\ U_{R2} &= 16 \text{ V} \\ U_{ab} &= 8 \text{ V} \end{aligned}$$

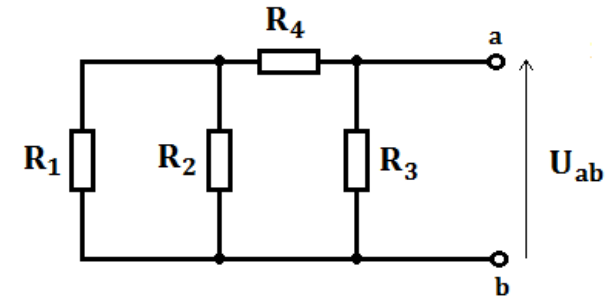
Thevenin's regel

Thevenin ækvivalentens indre resistans R_i :

Lad os finde R_i

R_1 og R_2 sidder nu parallelt med hinanden:

$$R_{12} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \Rightarrow$$



$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \ \Omega \\ R_2 &= 200 \ \Omega \\ R_3 &= 100 \ \Omega \\ R_4 &= 100 \ \Omega \\ R_e &= 150 \ \Omega \\ I &= 160 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 8 \text{ V} \\ U_{R2} &= 16 \text{ V} \\ U_{ab} &= 8 \text{ V} \end{aligned}$$

Thevenin's regel

Thevenin ækvivalentens indre resistans R_i :

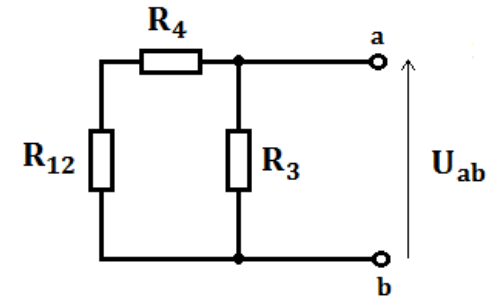
Lad os finde R_i

R_1 og R_2 sidder nu parallelt med hinanden:

$$R_{12} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \Rightarrow$$

$$R_{12} = \frac{1}{\frac{1}{50} + \frac{1}{200}} \Leftrightarrow$$

$$R_{12} = 40 \Omega$$



$$\begin{aligned} E &= 24 V \\ R_1 &= 50 \Omega \\ R_2 &= 200 \Omega \\ R_3 &= 100 \Omega \\ R_4 &= 100 \Omega \\ R_e &= 150 \Omega \\ I &= 160 mA \\ U_{R1} &= 8 V \\ U_{R2} &= 16 V \\ U_{ab} &= 8 V \\ R_{12} &= 40 \Omega \end{aligned}$$

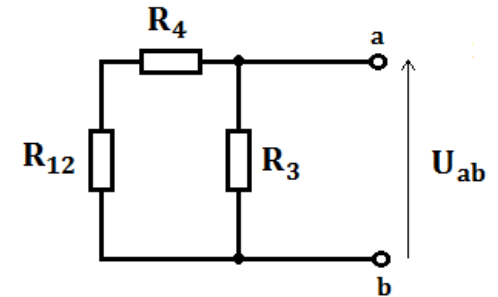
Thevenin's regel

Thevenin ækvivalentens indre resistans R_i :

Lad os finde R_i

R_{12} og R_4 sidder nu i serie med hinanden:

$$R_{124} = R_{12} + R_4 \quad \Rightarrow$$



$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \ \Omega \\ R_2 &= 200 \ \Omega \\ R_3 &= 100 \ \Omega \\ R_4 &= 100 \ \Omega \\ R_e &= 150 \ \Omega \\ I &= 160 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 8 \text{ V} \\ U_{R2} &= 16 \text{ V} \\ U_{ab} &= 8 \text{ V} \\ R_{12} &= 40 \ \Omega \end{aligned}$$

Thevenin's regel

Thevenin ækvivalentens indre resistans R_i :

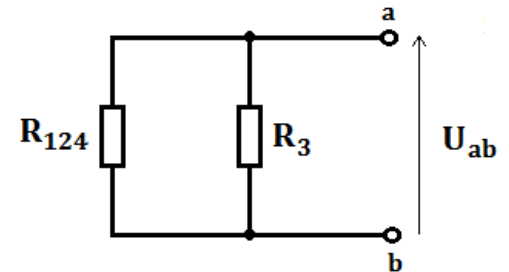
Lad os finde R_i

R_{12} og R_4 sidder nu i serie med hinanden:

$$R_{124} = R_{12} + R_4 \quad \Rightarrow$$

$$R_{124} = 40 + 100 \quad \Leftrightarrow$$

$$R_{124} = 140 \Omega$$



$$\begin{aligned} E &= 24 V \\ R_1 &= 50 \Omega \\ R_2 &= 200 \Omega \\ R_3 &= 100 \Omega \\ R_4 &= 100 \Omega \\ R_e &= 150 \Omega \\ I &= 160 mA \\ U_{R1} &= 8 V \\ U_{R2} &= 16 V \\ U_{ab} &= 8 V \\ R_{12} &= 40 \Omega \\ R_{124} &= 140 \Omega \end{aligned}$$

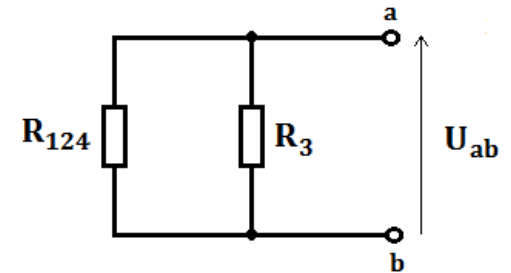
Thevenin's regel

Thevenin ækvivalentens indre resistans R_i :

Lad os finde R_i

R_{124} og R_3 sidder nu parallelt med hinanden:

$$R_i = (R_{124}^{-1} + R_3^{-1})^{-1} \Rightarrow$$



$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \ \Omega \\ R_2 &= 200 \ \Omega \\ R_3 &= 100 \ \Omega \\ R_4 &= 100 \ \Omega \\ R_e &= 150 \ \Omega \\ I &= 160 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 8 \text{ V} \\ U_{R2} &= 16 \text{ V} \\ U_{ab} &= 8 \text{ V} \\ R_{12} &= 40 \ \Omega \\ R_{124} &= 140 \ \Omega \end{aligned}$$

Thevenin's regel

Thevenin ækvivalentens indre resistans R_i :

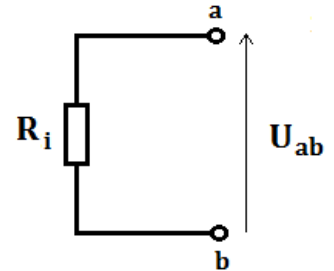
Lad os finde R_i

R_{124} og R_3 sidder nu parallelt med hinanden:

$$R_i = (R_{124}^{-1} + R_3^{-1})^{-1} \Rightarrow$$

$$R_i = (140^{-1} + 100^{-1})^{-1} \Leftrightarrow$$

$$R_i = 58\frac{1}{3} \Omega$$

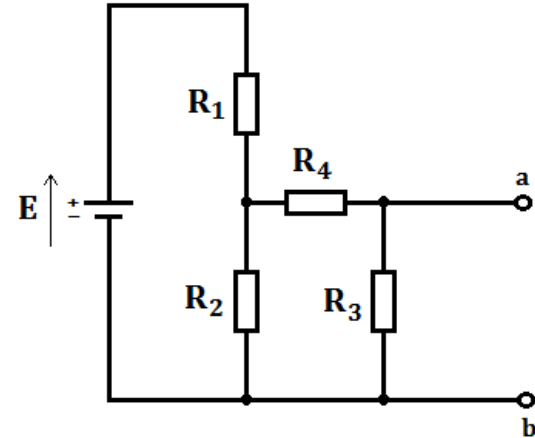


$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \Omega \\ R_2 &= 200 \Omega \\ R_3 &= 100 \Omega \\ R_4 &= 100 \Omega \\ R_e &= 150 \Omega \\ I &= 160 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 8 \text{ V} \\ U_{R2} &= 16 \text{ V} \\ U_{ab} &= 8 \text{ V} \\ R_{12} &= 40 \Omega \\ R_{124} &= 140 \Omega \\ R_i &= 58,3 \Omega \end{aligned}$$

Thevenin's regel

Thevenin ækvivalenten:

Hermed har vi altså at det oprindelige kredsløb:



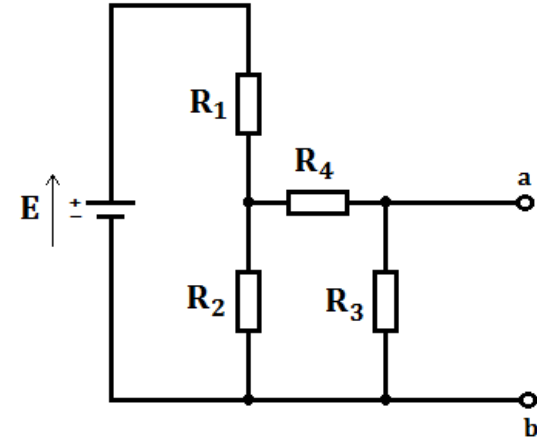
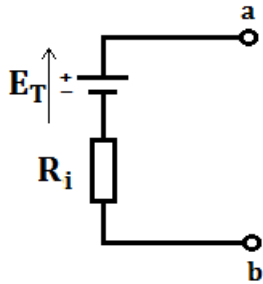
$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \ \Omega \\ R_2 &= 200 \ \Omega \\ R_3 &= 100 \ \Omega \\ R_4 &= 100 \ \Omega \\ R_e &= 150 \ \Omega \\ I &= 160 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 8 \text{ V} \\ U_{R2} &= 16 \text{ V} \\ U_{ab} &= 8 \text{ V} \\ R_{12} &= 40 \ \Omega \\ R_{124} &= 140 \ \Omega \\ R_i &= 58,3 \ \Omega \end{aligned}$$

Thevenin's regel

Thevenin ækvivalenten:

Hermed har vi altså at det oprindelige kredsløb:

Opfører sig elektrisk som Thevenin ækvivalenten:



$$\begin{aligned} E &= 24 \text{ V} \\ R_1 &= 50 \ \Omega \\ R_2 &= 200 \ \Omega \\ R_3 &= 100 \ \Omega \\ R_4 &= 100 \ \Omega \\ R_e &= 150 \ \Omega \\ I &= 160 \text{ mA} \\ U_{R1} &= 8 \text{ V} \\ U_{R2} &= 16 \text{ V} \\ E_T &= 8 \text{ V} \\ R_{12} &= 40 \ \Omega \\ R_{124} &= 140 \ \Omega \\ R_i &= 58,3 \ \Omega \end{aligned}$$

(Givet at man netop betragter udtagene a og b)