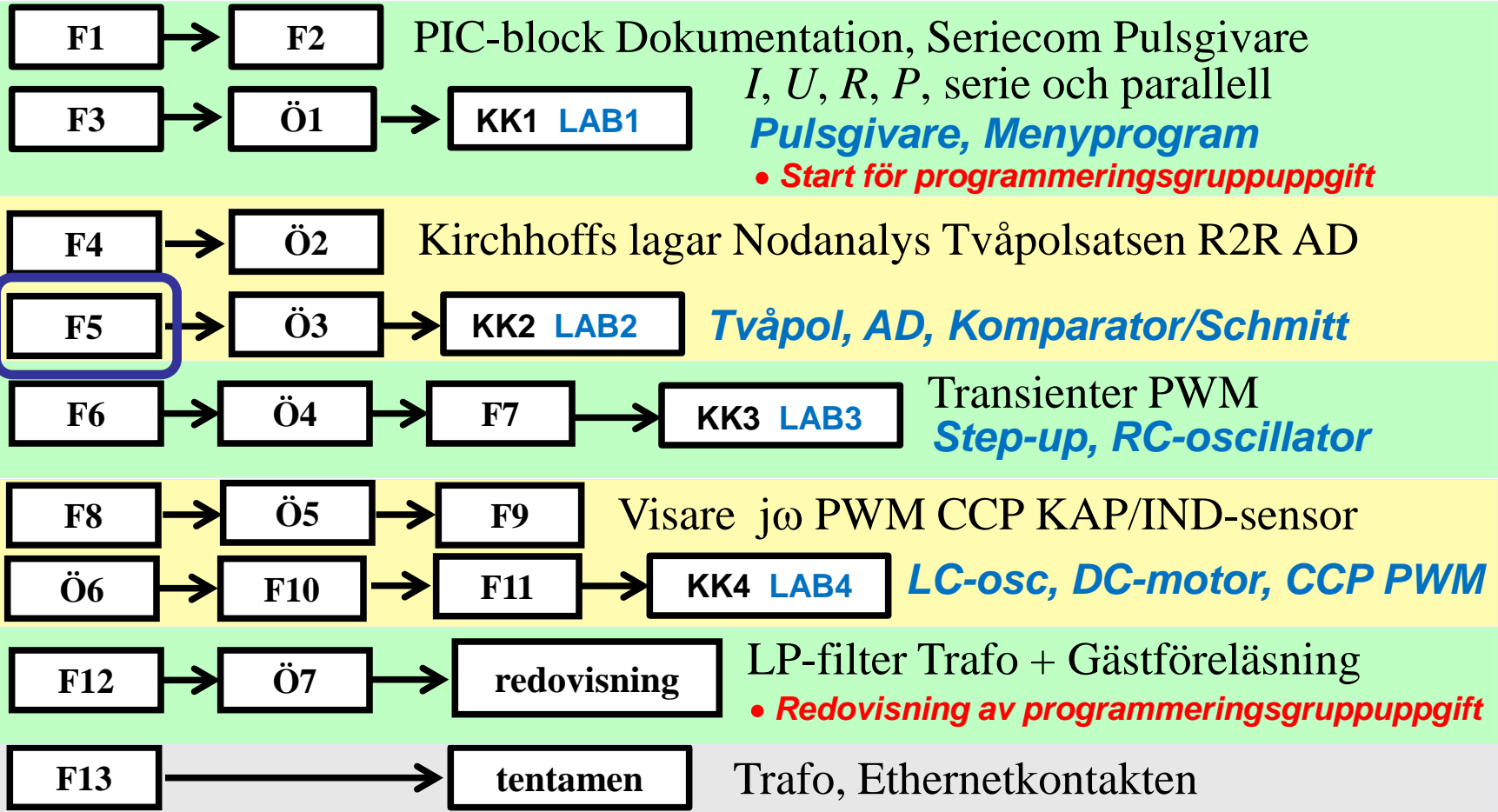
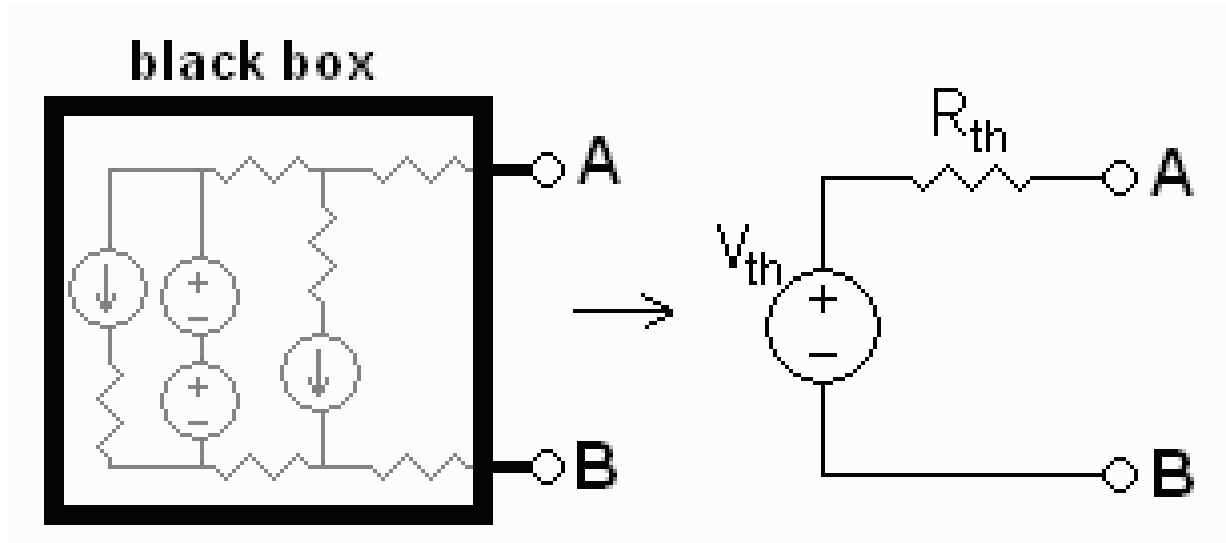


IE1206 Inbyggd Elektronik

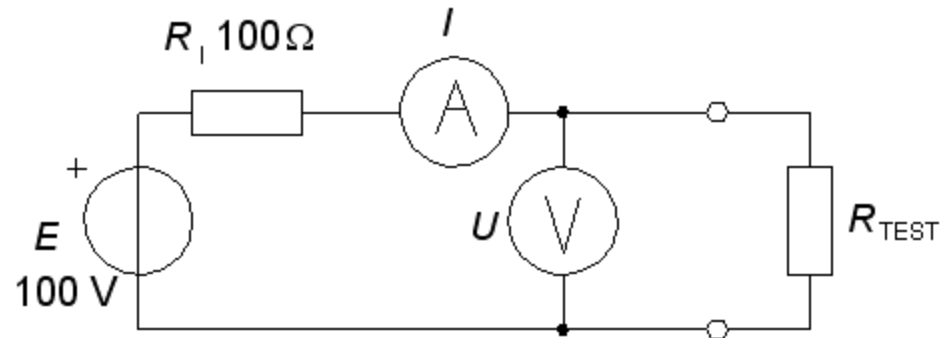


Tvåpolssatsen – Black box



? = !

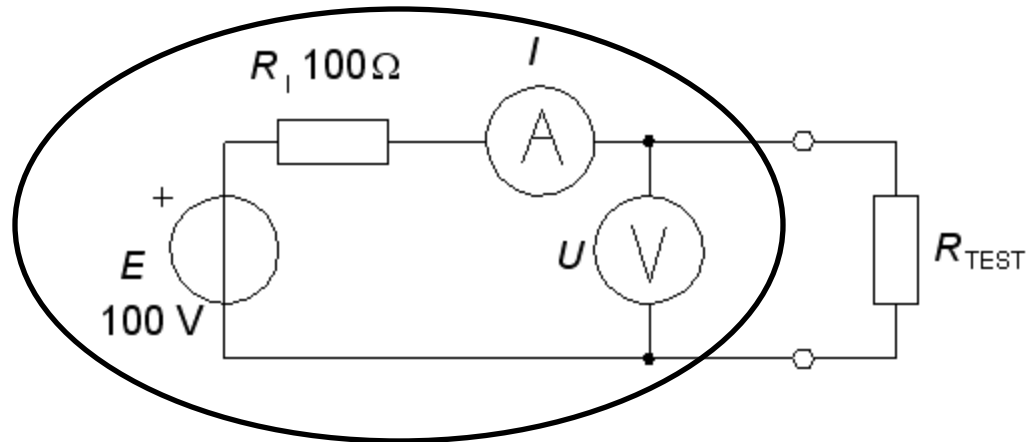
Spännings- och Strömkällor



En *okänd* spänningskälla provas med några testresistorer.

(**Facit:** vi känner till att spänningskällan har emk 100 V och den inre resistansen $100\ \Omega$).

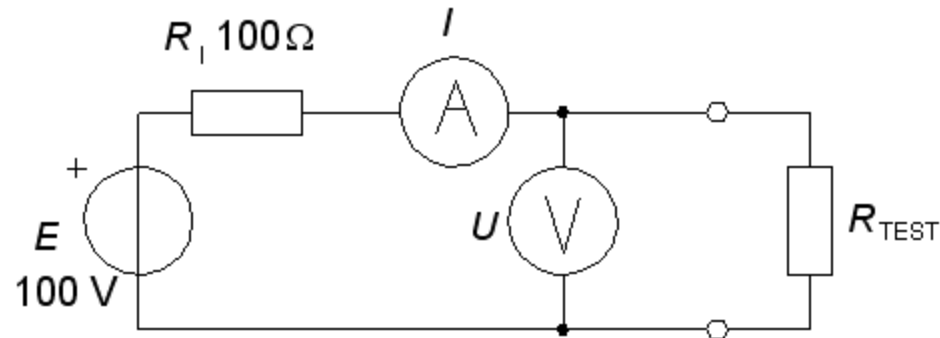
Spännings- och Strömkällor



En *okänd* spänningskälla provas med några testresistorer.

(**Facit:** vi känner till att spänningskällan har emk 100 V och den inre resistansen $100\ \Omega$).

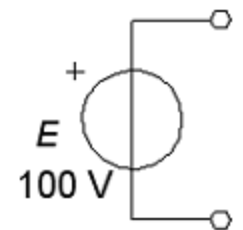
Det verkar vara en ideal 100V emk?



$$R_{\text{TEST}} = 10 \text{ k}\Omega \quad I \approx 10 \text{ mA} \quad U \approx 100 \text{ V} \quad (= 99,0099 \text{ V})$$

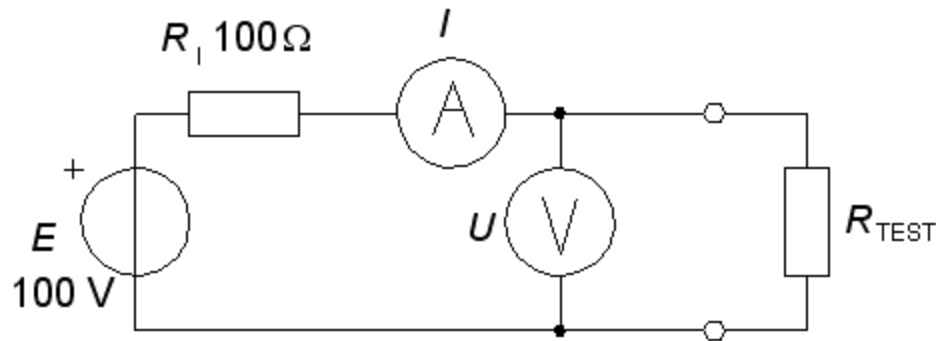
$$R_{\text{TEST}} = 20 \text{ k}\Omega \quad I \approx 5 \text{ mA} \quad U \approx 100 \text{ V} \quad (= 99,5025 \text{ V})$$

Det verkar vara en "ideal" 100 V emk eftersom vi kan **fördubbla** strömuttaget utan att kläm-spänningen påverkas (märkbart) ?



Ideal spänningskälla, resistansfri

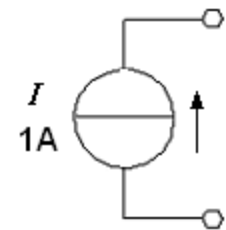
Det verkar vara en ideal strömgenerator 1 A?



$$R_{\text{TEST}} = 1\Omega \quad I \approx 1\text{A} \quad U \approx 1\text{V} \quad (= 0,9901\text{ A})$$

$$R_{\text{TEST}} = 2\Omega \quad I \approx 1\text{A} \quad U \approx 2\text{V} \quad (= 0,9804\text{ A})$$

Det verkar vara en "ideal" 1A strömgenerator eftersom den ström som levereras *inte* påverkas (märkbart) vid **fördubblad** lastresistor ?



Ideal strömgenerator, den inre resistansen är oändlig

Emk/Strömkälla

En spänningskälla uppför sig som en ideal **emk** om den inre resistansen R_I är *liten* i förhållande till de använda yttre resistanserna.

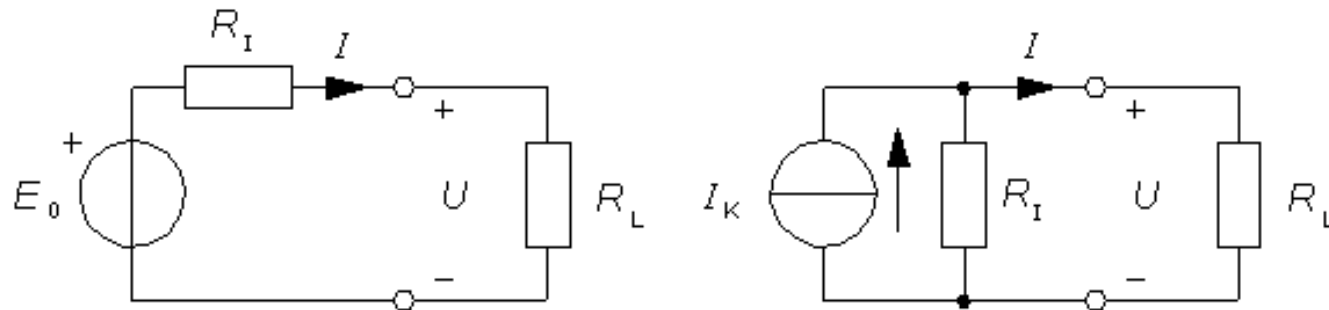
En spänningskälla uppför sig som en ideal **strömgenerator** om den inre resistansen R_I är *stor* i förhållande till de använda yttre resistanserna.

William Sandqvist william@kth.se

Tvåpolssatsen

Spänningskällor och strömkällor, kan beskrivas antingen med emk-modeller eller med strömgenerator-modeller.

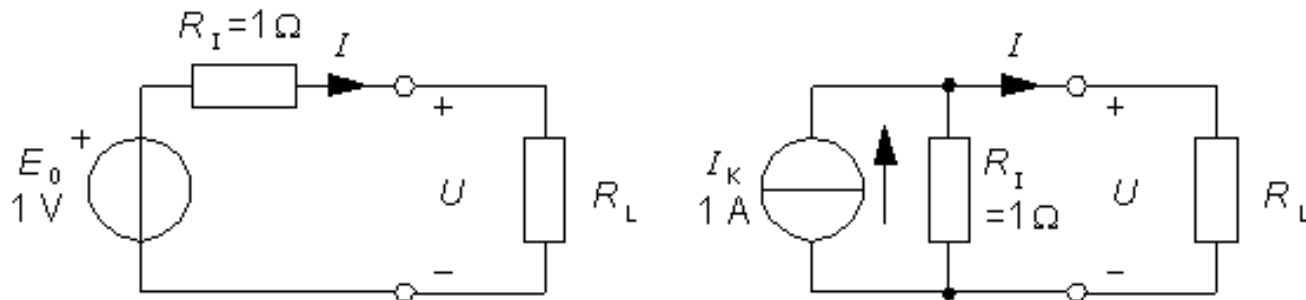
Detta gäller *varje tvåpol*, dvs. två ledningar som leder ut från ett ”generellt nät” bestående av emker-resistorer-strömgeneratorer.



Thévenin spänningskällemodell, och **Norton** strömgenerator-modell för tvåpoler.

Thévenin och Norton

Thévenin och Norton-modellerna är ekvivalenta. Oavsett vilken yttre resistor man ansluter till modellerna ger de samma U och I !



Vi jämför de två modellerna med en yttre resistor $R_L = 1 \Omega$

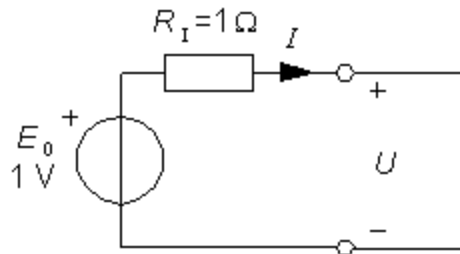
$$U = E \cdot \frac{R_L}{R_I + R_L} = 1 \cdot \frac{1}{1+1} = 0,5 \text{ V}$$

$$U = I_K \cdot \frac{R_I \cdot R_L}{R_I + R_L} = 1 \cdot \frac{1 \cdot 1}{1+1} = 0,5 \text{ V}$$

$$I = \frac{E}{R_I + R_L} = \frac{1}{1+1} = 0,5 \text{ A}$$

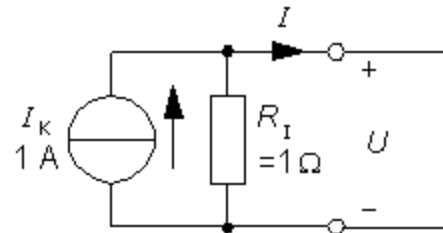
$$I = I_K \cdot \frac{R_I}{R_I + R_L} = 1 \cdot \frac{1}{1+1} = 0,5 \text{ A}$$

Tomgångsspänning och kortslutningsström



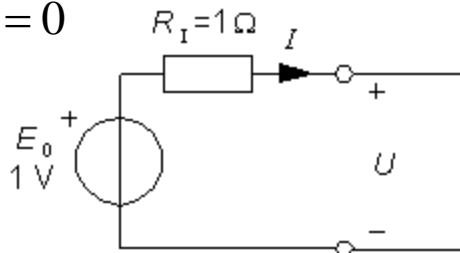
$$U = E_0 - R_I \cdot I = 1 - 1 \cdot 0 = 1 \text{ V}$$

$$I = 0$$



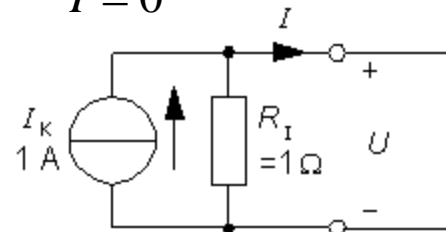
$$U = I_K \cdot R_I = 1 \cdot 1 = 1 \text{ V}$$

$$I = 0$$



$$U = 0$$

$$I = \frac{E_0}{R_I} = \frac{1}{1} = 1 \text{ A}$$

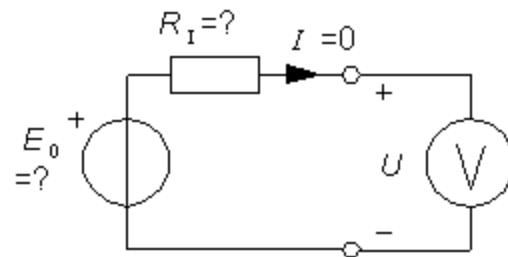


$$U = 0$$

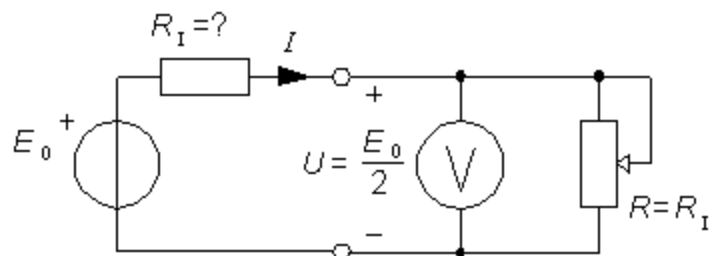
$$I = I_K = 1 \text{ A}$$

Experimentell bestämning av E_0 och R_I

E_0 kan mätas direkt med en *bra* voltmeter. Om mätströmmen är ≈ 0 blir $U = E_0$.



R_I bestäms därefter genom att man belastar tvåpolen med ett justerbart motstånd så att U sjunker till $E_0/2$. Då har justermotståndet *samma* värde som den inre resistansen. $R = R_I$.

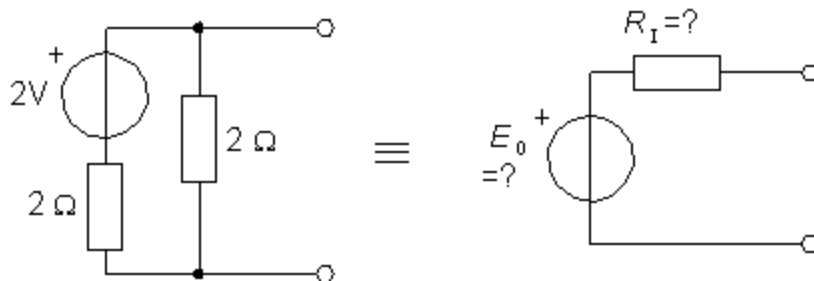


Justermotståndet kan sedan tas bort och dess inställda värde ($= R_I$) kan mätas med en Ω -meter.

William Sandqvist william@kth.se

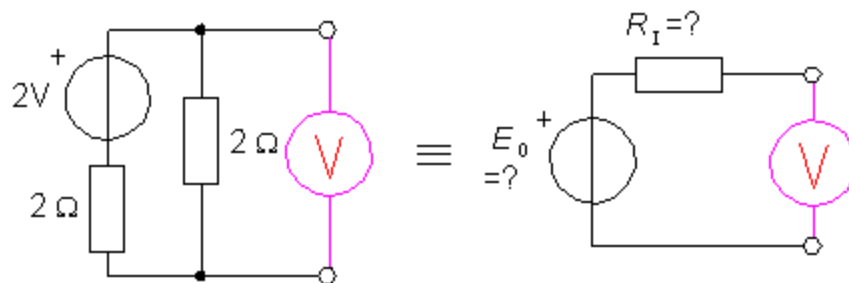
Ekvivalent tvåpol E_0 (8.3)

Ersätt den givna tvåpolen med en enklare som har en emk i serie med en resistor.

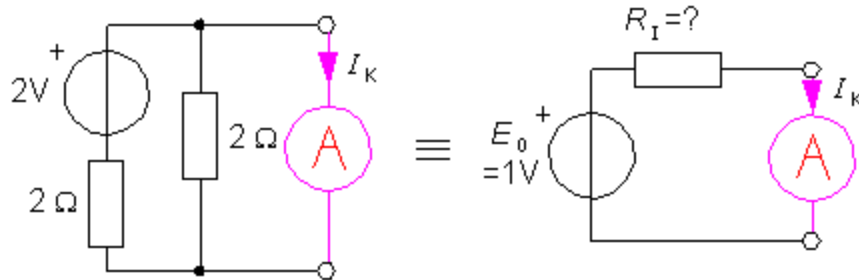


E_0 blir samma som den givna tvåpolens tomgångsspänning.

$$E_0 = 2 \frac{2}{2+2} = 1 \text{ V}$$

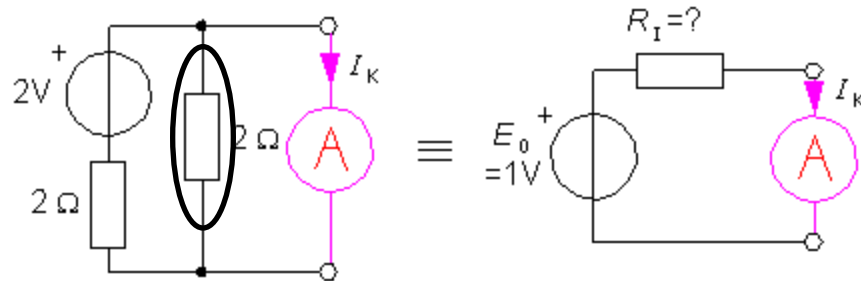


Ekvivalent tvåpol R_I



Efter en *tänkt* kortslutning kan den inre resistansen R_I beräknas ur den tänkta *kortslutningsströmmen* I_K .

Ekvivalent tvåpol R_I

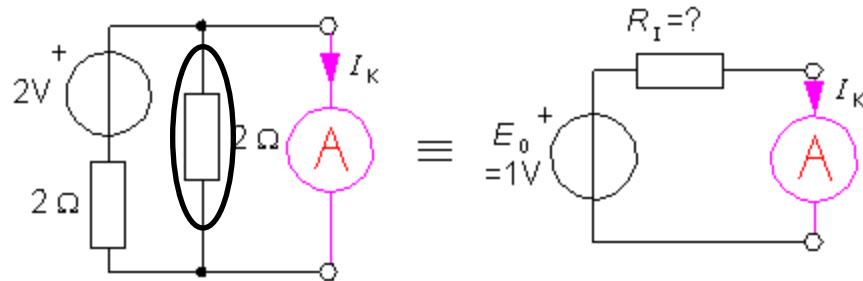


Efter en *tänkt* kortslutning kan den inre resistansen R_I beräknas ur den tänkta *kortslutningsströmmen* I_K .

Kortsluter man den ursprungliga tvåpolen blir den parallella 2Ω -resistorn strömlös:

$$I_K = \frac{2}{2} = 1 \text{ A}$$

Ekvivalent tvåpol R_I



Efter en *tänkt* kortslutning kan den inre resistansen R_I beräknas ur den tänkta *kortslutningsströmmen* I_K .

Kortsluter man den ursprungliga tvåpolen blir den parallella 2Ω -resistorn strömlös:

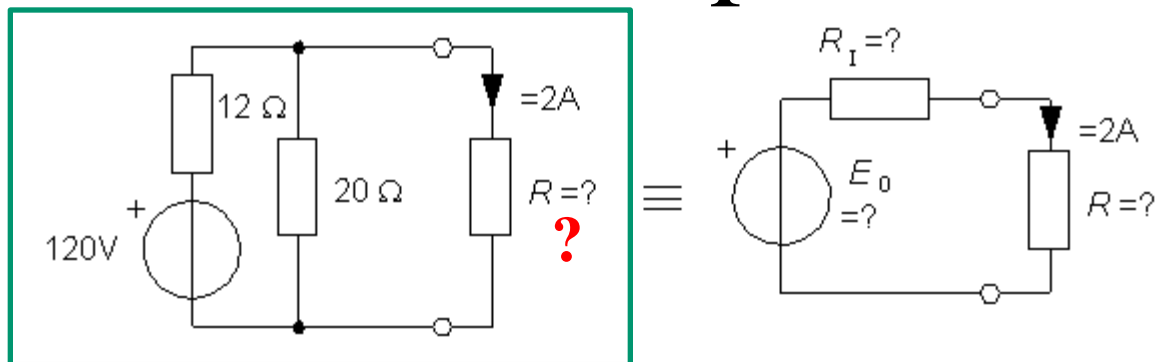
$$I_K = \frac{2}{2} = 1 \text{ A}$$

Den ekvivalenta tvåpolens R_I beräknas så att det blir samma kortslutningsström:

$$R_I = \frac{E_0}{I_K} = \frac{1}{1} = 1 \Omega$$

William Sandqvist william@kth.se

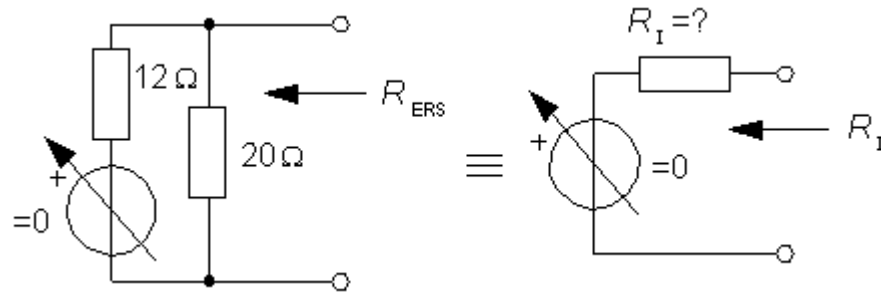
Räkna med tvåpolssatsen



Vilket värde ska R ha för att strömmen genom resistorn ska bli $2A$? Om R vore ansluten till tvåpolsekvivalenten i stället vore problemet elementärt.

- Låt oss därför använda tvåpolssatsen som räkneknep.

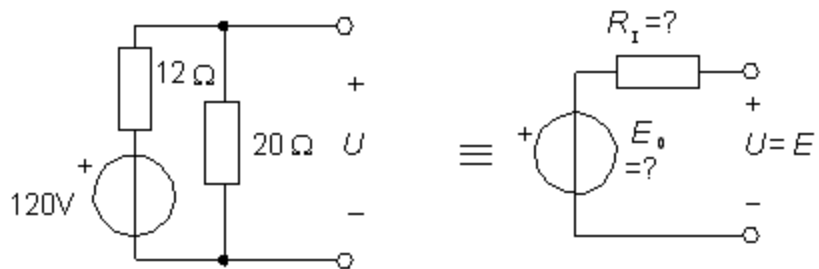
$$R_I = R_{ERS}$$



Om alla emker skulle halveras i ursprungskretsen då skulle naturligtvis E_0 i tvåpolsekvivalenten också halveras. Om man därför ”vrider ner” alla emker ända till (nästan) ”0” i båda kretsarna ser man, att tvåpolsekvivalentens R_I är lika med ursprungskretsens ersättningsresistans R_{ERS} :

$$R_I = R_{ERS} = \frac{12 \cdot 20}{12 + 20} = 7,5\ \Omega$$

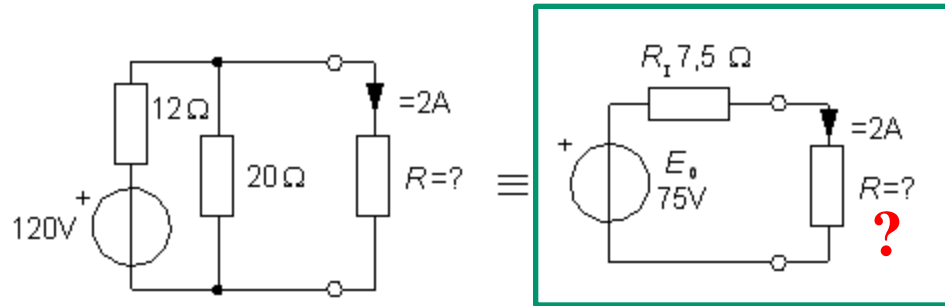
$E_0 = U$ tomgångsspänningen



Om man inte vrider ner emkerna så ser man att $E_0 = U =$ tomgångsspänningen:

$$E_0 = U = 120 \cdot \frac{20}{12 + 20} = 75\ \text{V}$$

Nu är det enklare att beräkna resistorn



$$I = \frac{E_0}{R_1 + R} = 2 \Leftrightarrow \frac{75}{7,5 + R} = 2 \Rightarrow R = 30 \Omega$$

William Sandqvist william@kth.se

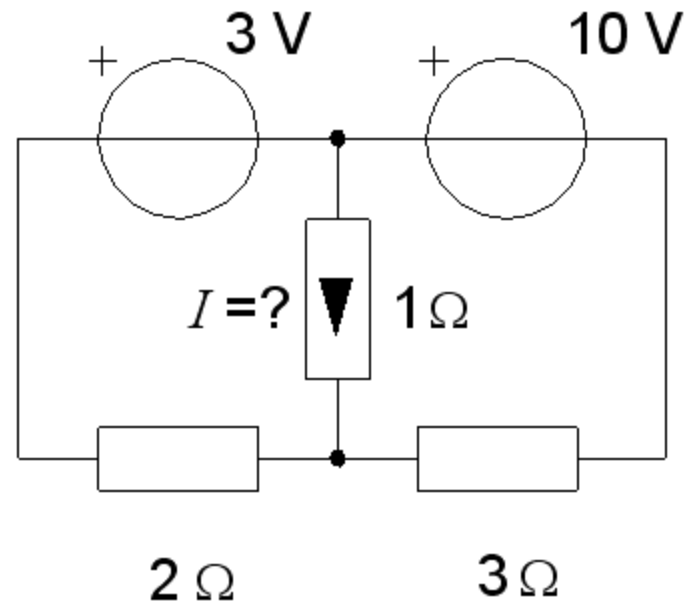
Superpositionsprincipen

Om komponenterna och sambanden är *linjära* och *oberoende* så gäller superpositionsprincipen.

Olinjära komponenter som tex diod eller olinjära samband som effekt omöjliggör superposition.

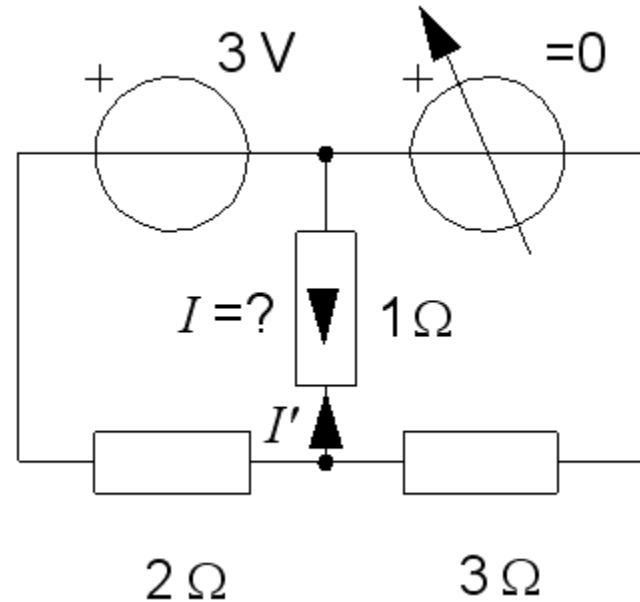
Superposition, bara 3V-emk

Vrid ner 10V emken till "0"
och beräkna bidraget I' från
3V emken till I .



Superposition, bara 3V-emk

Vrid ner 10V emken till "0"
och beräkna bidraget I' från
3V emken till I .

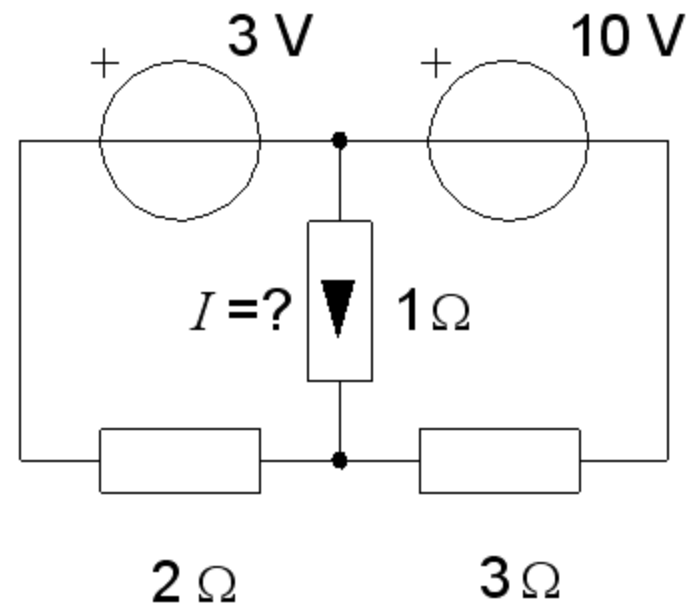


Spänningsdelningsformeln:

$$U_{1\Omega} = 3 \frac{\frac{1 \cdot 3}{1+3}}{\frac{1 \cdot 3}{1+3} + 2} = 0,82 \quad \Rightarrow \quad I' = \frac{U_{1\Omega}}{1} = 0,82$$

Superposition bara 10V-emk

Vrid ner 3V emken till "0"
och beräkna bidraget I'' från
10V emken till I .

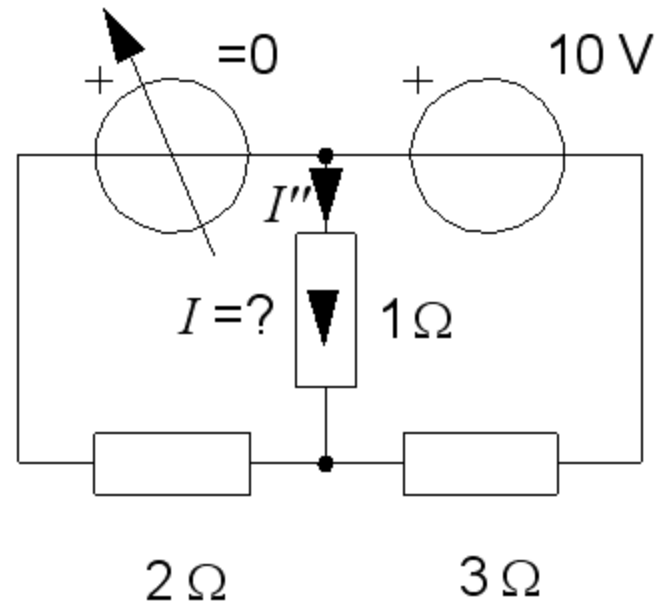


Superposition bara 10V-emk

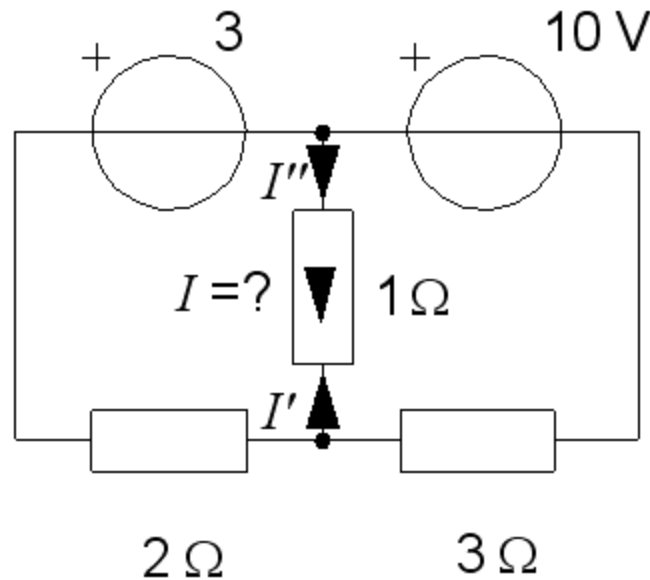
Vrid ner 3V emken till "0"
och beräkna bidraget I'' från
10V emken till I .

Spänningsdelningsformeln:

$$U_{1\Omega} = 10 \frac{\frac{1 \cdot 2}{1+2}}{\frac{1 \cdot 2}{1+2} + 3} = 1,82 \quad \Rightarrow \quad I'' = \frac{U_{1\Omega}}{1} = 1,82$$



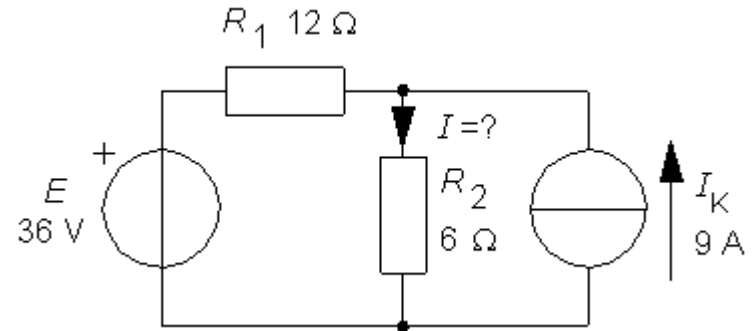
Superposition – addera bidragen



$$I = I'' - I' = 1,82 - 0,82 = 1 \text{ A}$$

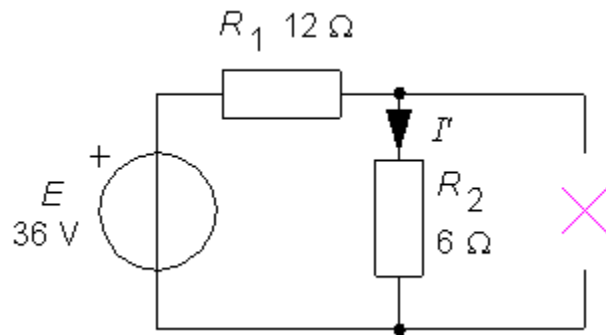
William Sandqvist william@kth.se

Lös I med superposition (8.7)



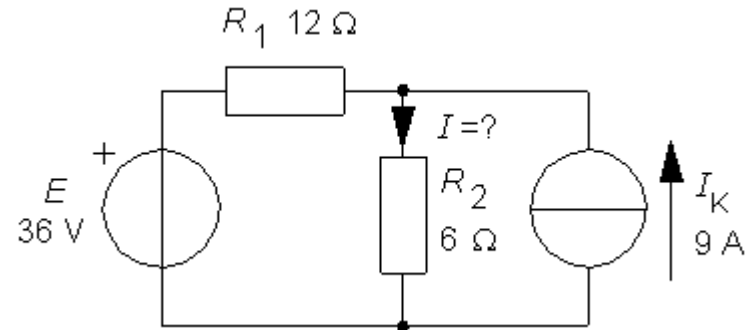
Lös I med superposition (8.7)

*En nedvriden strömgenerator blir
ett avbrott!*



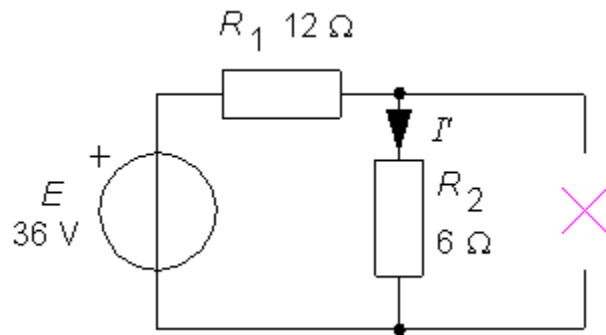
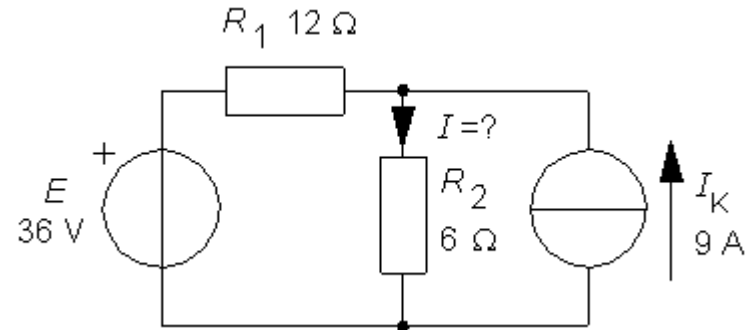
$$I' = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{36}{12 + 6} = 2$$

OHM's lag



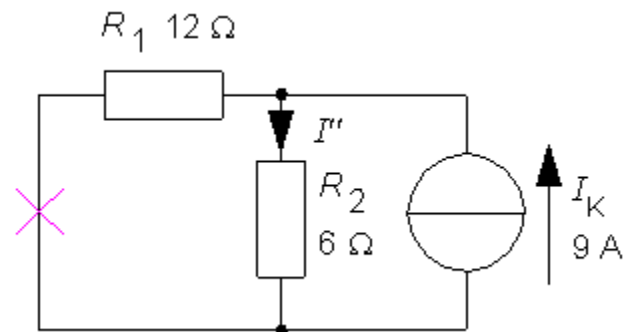
Lös I med superposition (8.7)

*En nedvriden strömgenerator blir
ett avbrott!*



$$I' = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{36}{12 + 6} = 2$$

OHM's lag

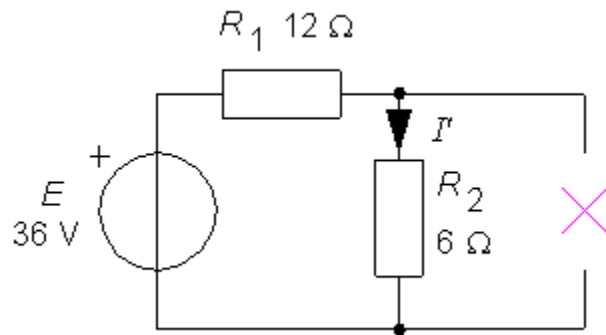
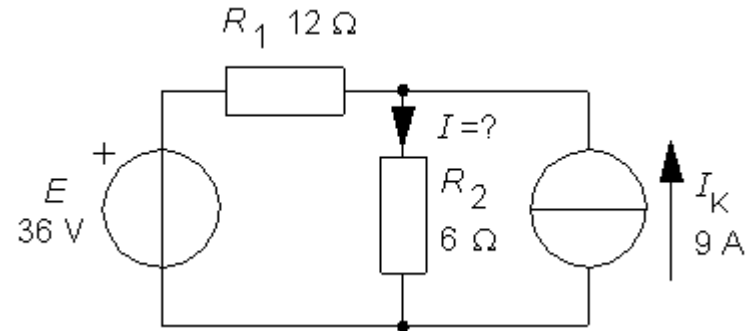


$$I'' = I_K \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 9 \cdot \frac{12}{12 + 6} = 6$$

Strömgrening

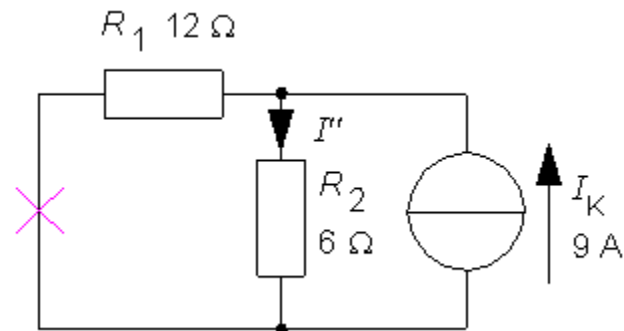
Lös I med superposition (8.7)

*En nedvriden strömgenerator blir
ett avbrott!*



$$I' = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{36}{12 + 6} = 2$$

OHM's lag



$$I'' = I_K \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 9 \cdot \frac{12}{12 + 6} = 6$$

Strömgrening

$$I = I' + I'' = 2 + 6 = 8 \text{ A}$$

William Sandqvist william@kth.se