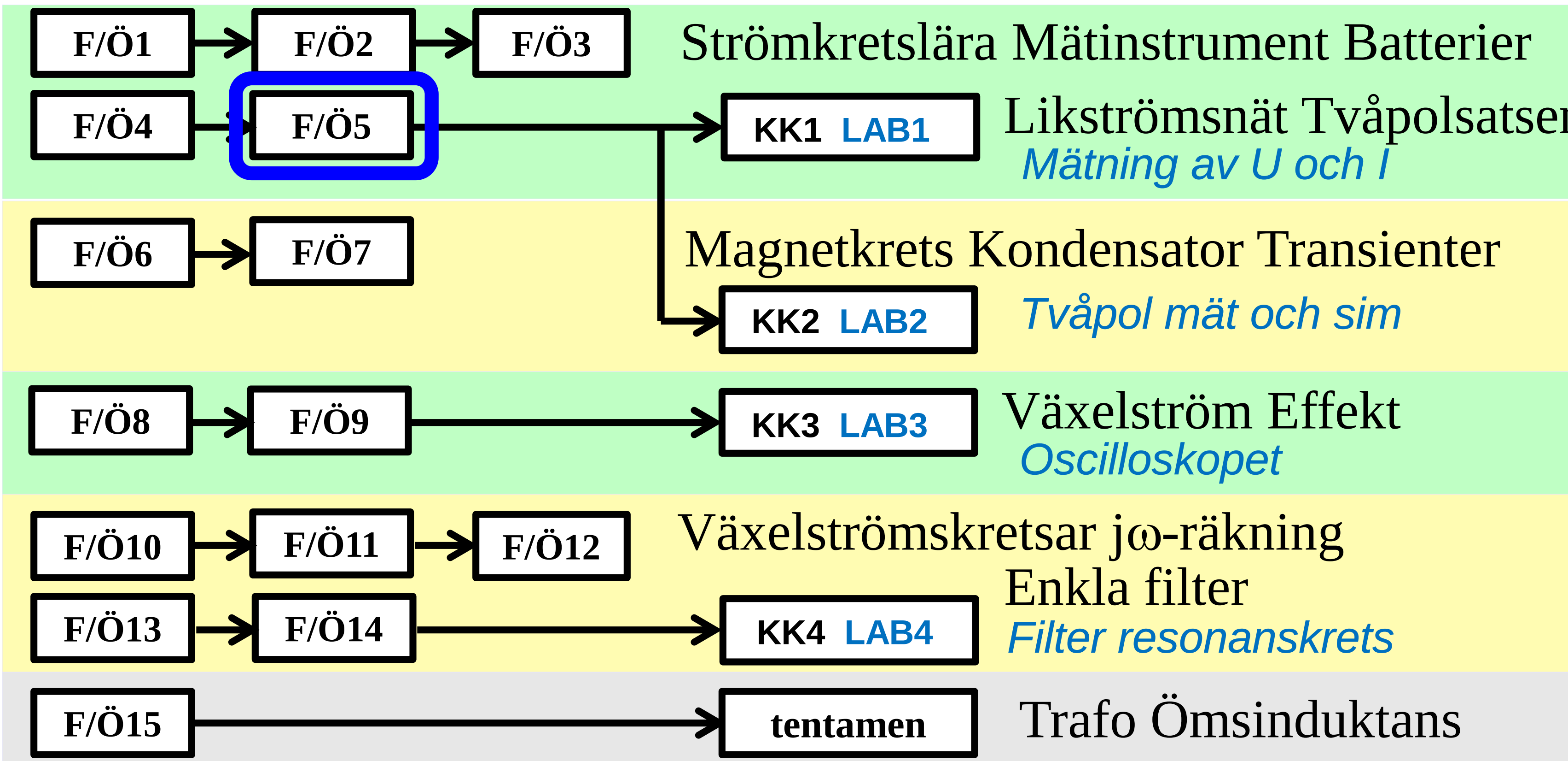
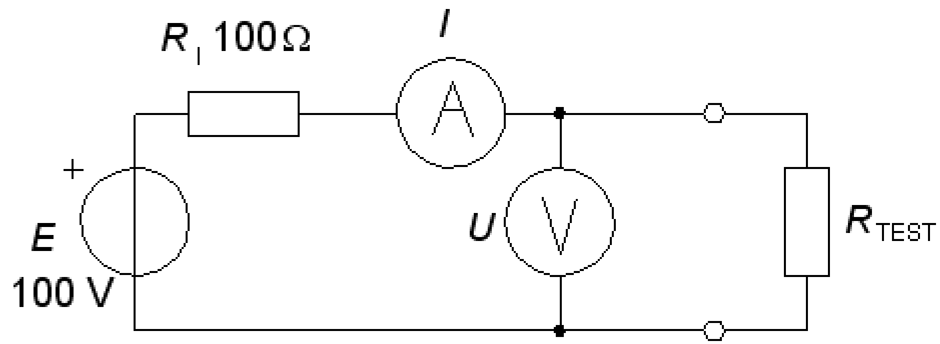
IF1330 Ellära



Föreläsningar och övningar bygger på varandra! Ta alltid igen det Du missat!
Läs på i förväg – delta i undervisningen – arbeta igenom materialet efteråt!

William Sandqvist william@kth.se

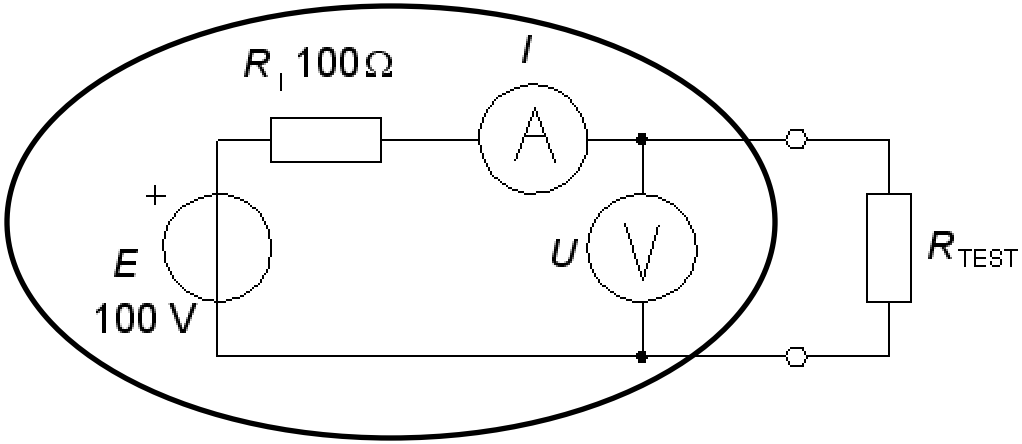
Spännings- och Strömkällor



En *okänd* spänningskälla provas med några testresistorer.

(**Facit**: vi vet att spänningskällan har emk 100V och den inre resistansen 100Ω).

Spännings- och Strömkällor

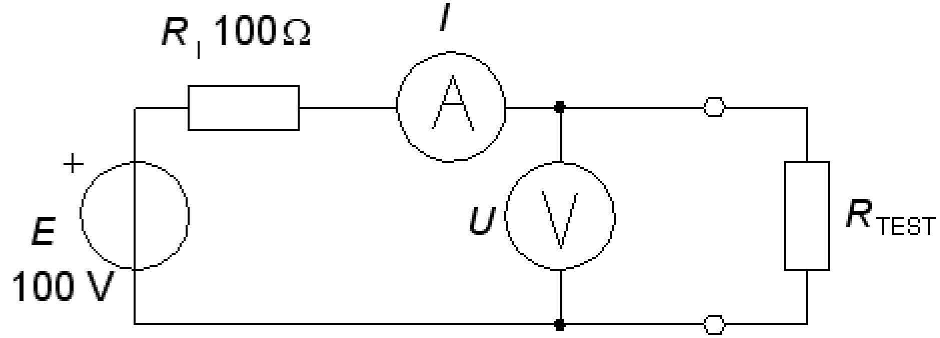


En *okänd* spänningskälla provas med några testresistorer.

(**Facit**: vi vet att spänningskällan har emk 100V och den inre resistansen 100Ω).

William Sandqvist william@kth.se

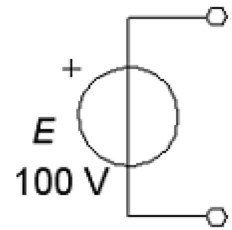
Det verkar vara en ideal 100V emk?



R_{TEST} = 10 kΩ $I \approx$ 10 mA $U \approx$ 100 V

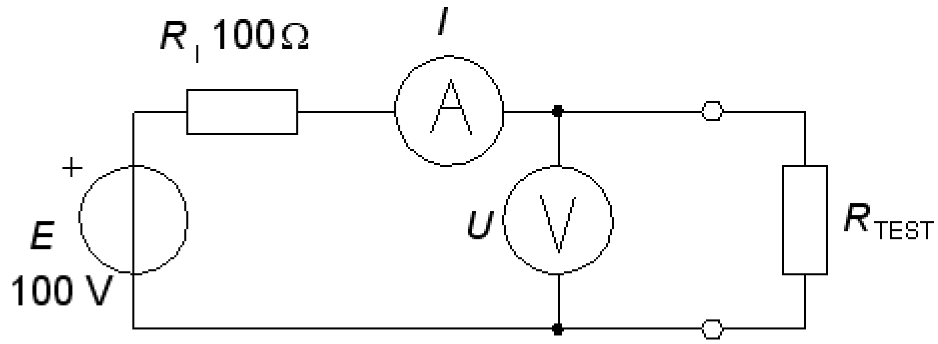
R_{TEST} = 20 kΩ $I \approx$ 5 mA $U \approx$ 100 V

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



Ideal spännings-
källa, resistansfri

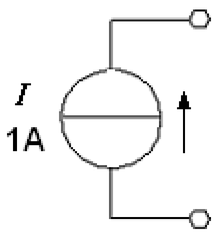
Det verkar vara en ideal strömgenerator 1 A?



$R_{\text{TEST}} = 1\Omega \;\; I \approx 1\text{A} \;\; U \approx 1\text{ V}$

$R_{\text{TEST}} = 2\Omega \;\; I \approx 1\text{A} \;\; U \approx 2\text{ V}$

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

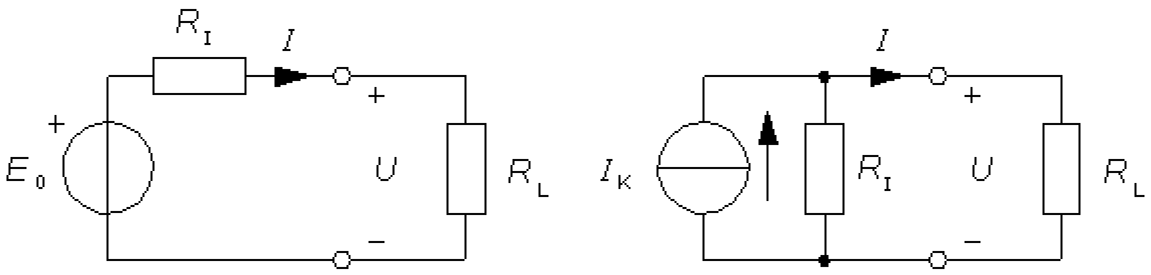
En spänningskälla uppför sig som en ideal **emk** om den inre resistansen R_I är *liten* i förhållande till de använda yttre resistanserna.

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

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.

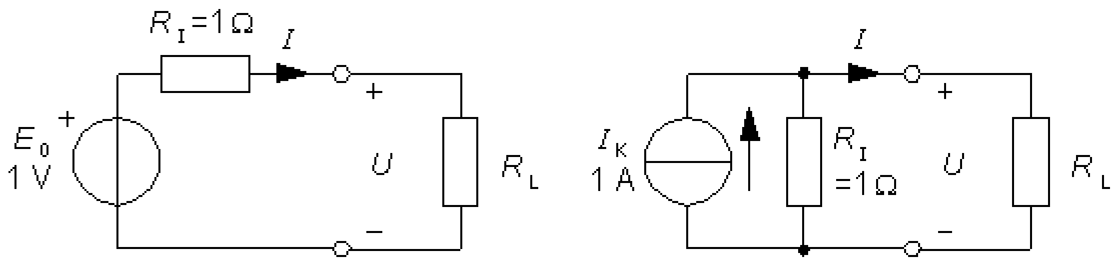


Thévenin spänningskällemodell, och **Norton** strömgenerator-modell för tvåpoler.

William Sandqvist william@kth.se

Thévenin och Norton

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

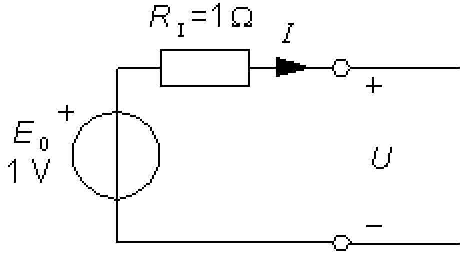


Vi jämför de två modellerna med en yttre resistor $R_L = 1\ \Omega$

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

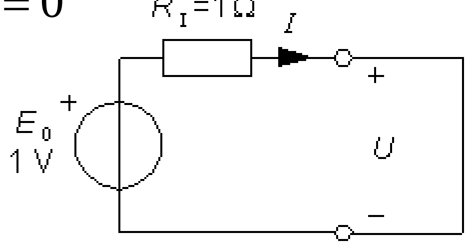
$$I = \frac{E}{R_I + R_L} = \frac{1}{1+1} = 0{,}5\ \text{A} \qquad I = I_K \cdot \frac{R_I}{R_I + R_L} = 1 \cdot \frac{1 \cdot 1}{1+1} = 0{,}5\ \text{A}$$

Tomgångsspänning och kortslutningsström



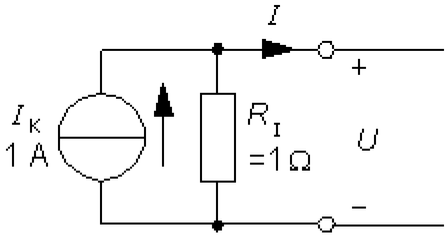
$$U = E_0 - R_\mathrm{I} \cdot I = 1 - 1 \cdot 0 = 1\ \mathrm{V}$$

$$I = 0$$



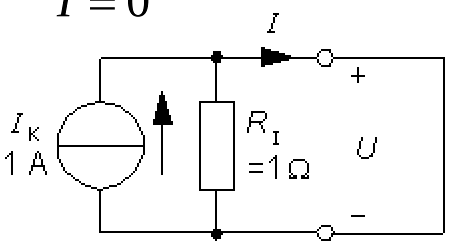
$$U = 0$$

$$I = \frac{E_0}{R_\mathrm{I}} = \frac{1}{1} = 1\ \mathrm{A}$$



$$U = I_\mathrm{K} \cdot R_\mathrm{I} = 1 \cdot 1 = 1\ \mathrm{V}$$

$$I = 0$$



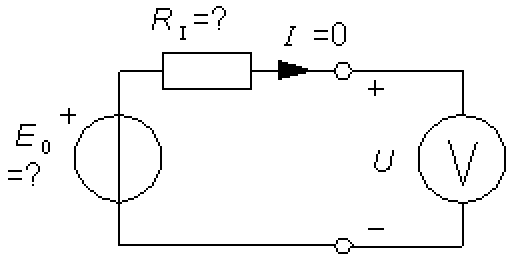
$$U = 0$$

$$I = I_\mathrm{K} = 1\ \mathrm{A}$$

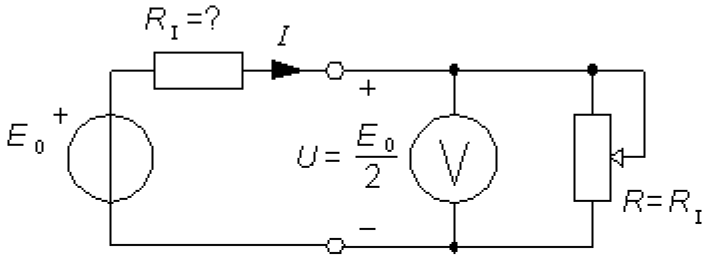
William Sandqvist william@kth.se

Experimentell bestämning av E_0 och R_I

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

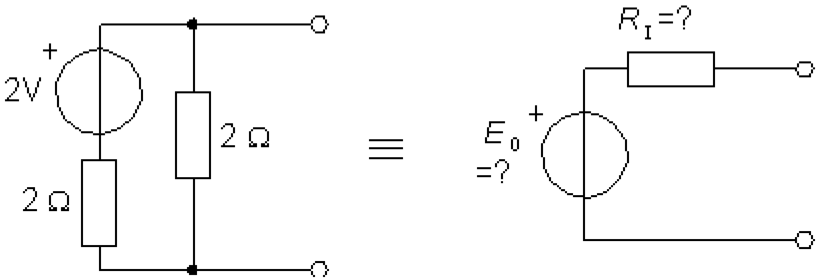


R_I bestäms därefter genom att man belastar tvåpolen med ett justerbart motstånd så att U sjunker till $E_0/2$. Då har juster-motståndet *samma* värde som den inre resistansen. $R = R_I$.

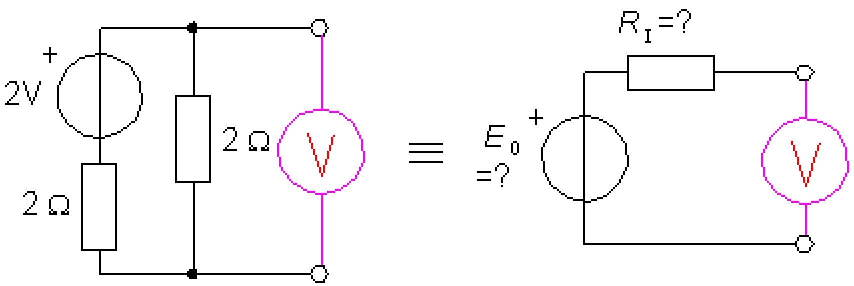


Ekvivalent tvåpol E_0 (9.1)

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

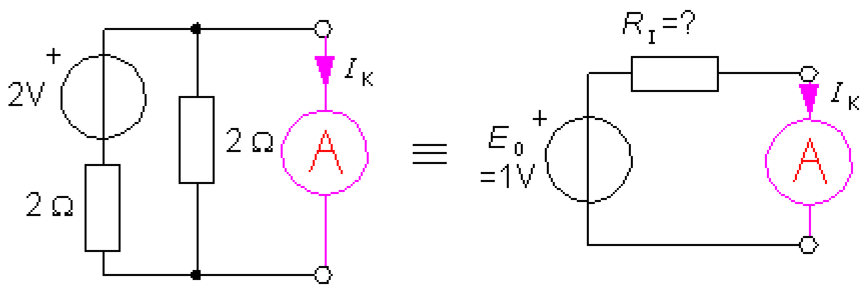


E_0 blir samma som den givna tvåpolens tomgångs-spänning.



$$E_0 = 2\frac{2}{2+2} = 1\,\mathrm{V}$$

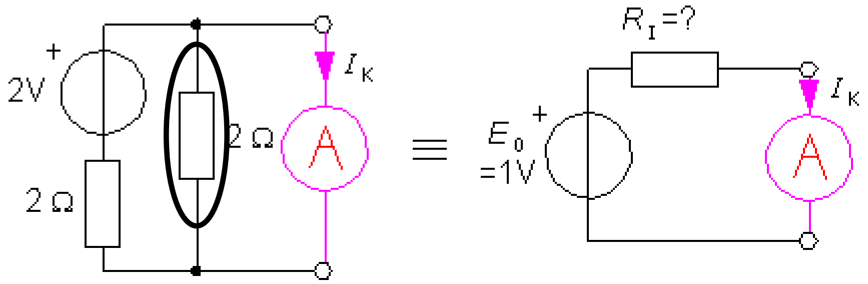
Ekvivalent tvåpol R_{I}



Efter en *tänkt* kortslutning kan den inre resistansen R_{I} beräknas ur den tänkta *kortslutningsströmmen* I_{K}.

William Sandqvist william@kth.se

Ekvivalent tvåpol R_I

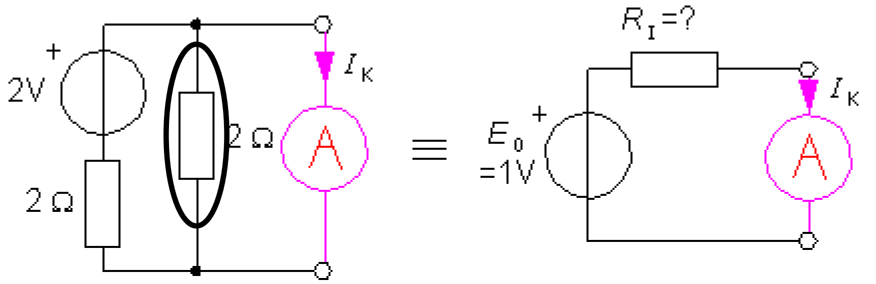


Efter en *tänkt* kortslutning kan den inre resistansen R_I beräknas ur den tänkta *kortslutningsströmmen* I_K.

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:

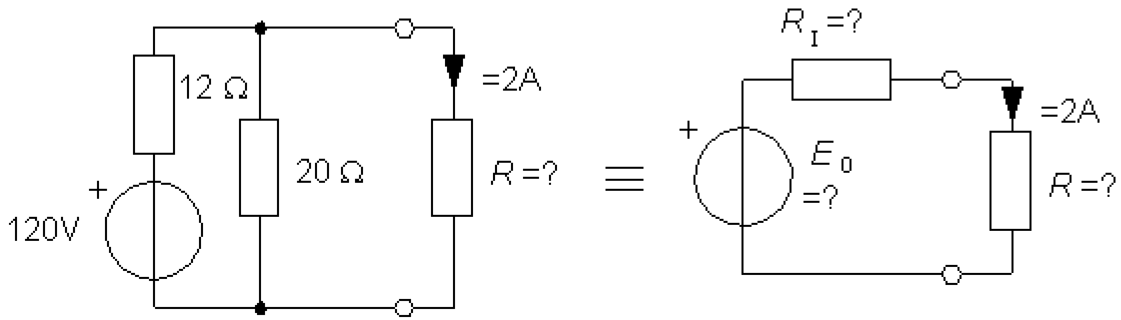
$$I_{\mathrm{K}} = \frac{2}{2} = 1\ \mathrm{A}$$

Den ekvivalenta tvåpolens R_{I} beräknas så att det blir samma kortslutningsström:

$$R_{\mathrm{I}} = \frac{E_0}{I_{\mathrm{K}}} = \frac{1}{1} = 1\ \Omega$$

William Sandqvist william@kth.se

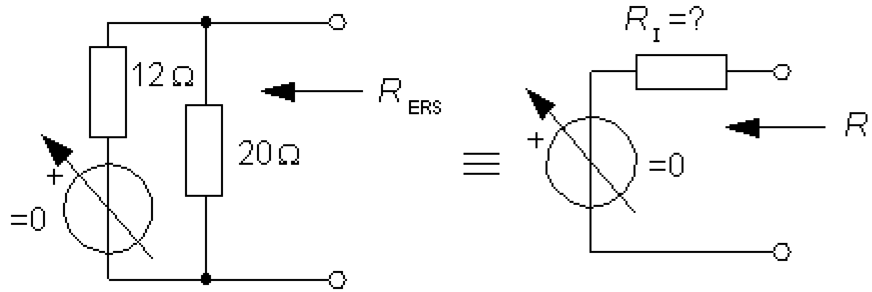
Räkna med tvåpolssatsen



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.

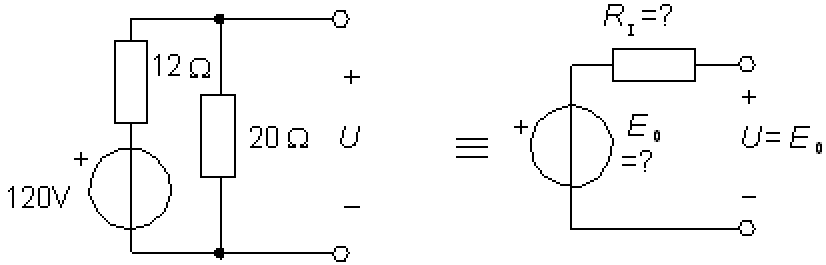
$R_I = R_{ERS}$



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 till ”0” i båda kretsarna ser man, att tvåpolsekvivalentens R_I är lika med ursprungskretsens ersättningsresistans R_{ERS}:

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

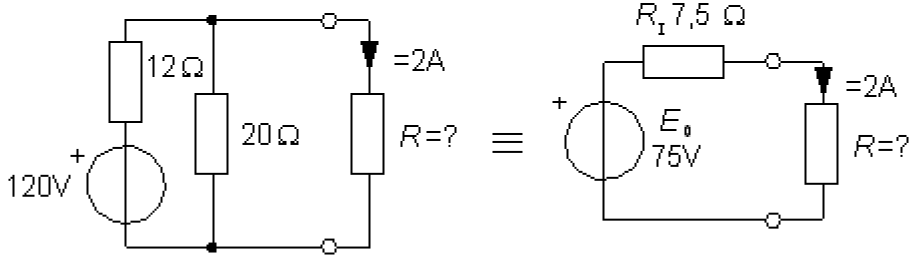
$E_0 = U$ tomgångsspänningen



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



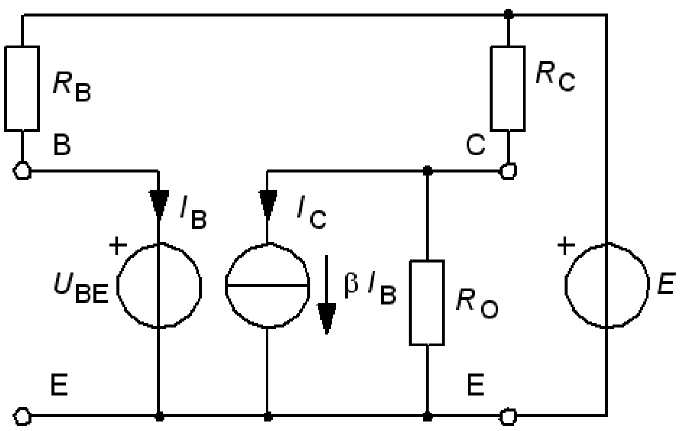
$$I = \frac{E_0}{R_I + R} = 2 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{75}{7,5 + R} = 2 \quad \Rightarrow \quad R = 30\,\Omega$$

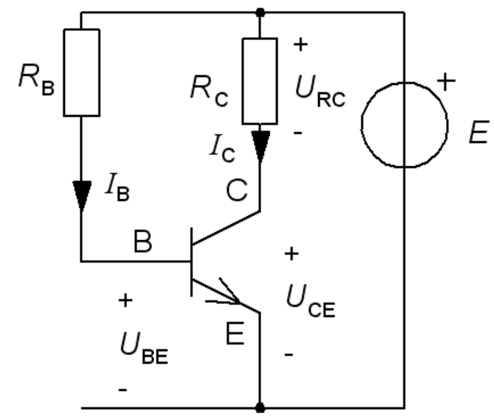
Beroende generatorer

Elektronikens halvledarkomponenter måste beskrivas med beroende generatorer.

En sådan generators storhet E_0 eller I_0 bestäms då av någon annan ström eller spänning inuti nätet.

(Exempel. Beroende generator).





Exemplet skulle tex. kunna gälla en transistors arbetspunkt ...

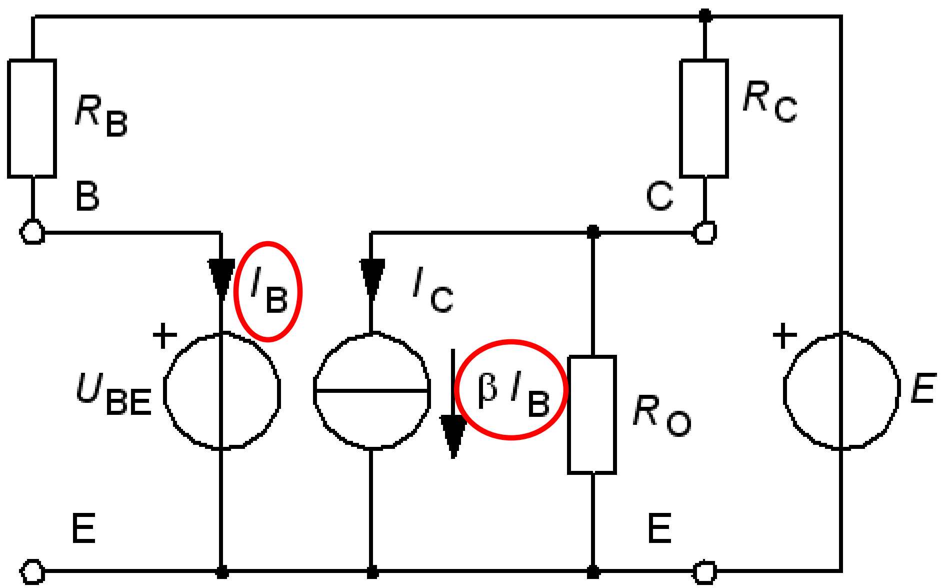
Mer om transistorer följer i kursen **Analog elektronik**.

William Sandqvist william@kth.se

(Exempel. Beroende generator).

Beräkna R_B så att spänningen över R_C blir hälften av E ?

Strömgeneratorns ström I_C är beroende av strömmen I_B enligt sambandet: $I_C = \beta \cdot I_B$.



Vi inför inga nya speciella symboler för beroende generatorer.

(Exempel. Beroende generator).

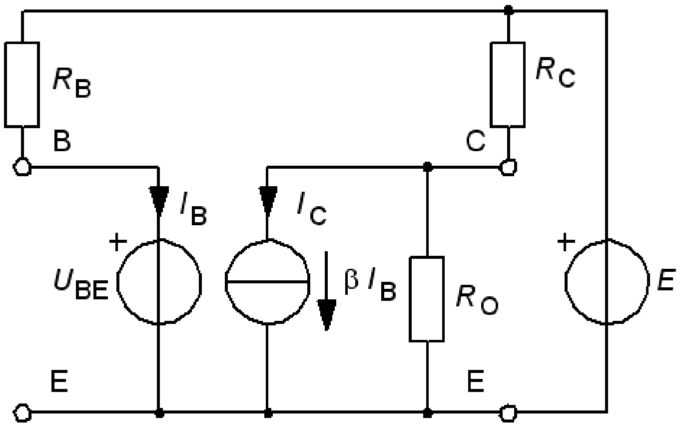
Beräkna R_B så att spänningen över R_C blir hälften av E?

$$E = 10 \text{ V} \quad U_{BE} = 0{,}5 \text{ V} \quad R_O = 50 \text{ k}\Omega \quad \beta = 40 \quad R_C = 10 \text{ k}\Omega$$

$$U_{RC} = R_C \cdot I_{RC} = \frac{E}{2} \quad \Rightarrow \quad I_{RC} = \frac{5}{10 \cdot 10^3} = 0{,}5 \cdot 10^{-3}$$

$$I_{RC} = \beta \cdot I_B + \frac{E}{2R_O} \quad \Rightarrow \quad I_B = \frac{0{,}5 \cdot 10^{-3} - 0{,}1 \cdot 10^{-3}}{40} = 10 \cdot 10^{-6}$$

$$I_B = \frac{E - U_{BE}}{R_B} \quad \Rightarrow \quad R_B = \frac{9{,}5}{10 \cdot 10^{-6}} = 950 \; k\Omega$$



Räkning med beroende generator kan således ske på liknande sätt som med oberoende källor, *men* …

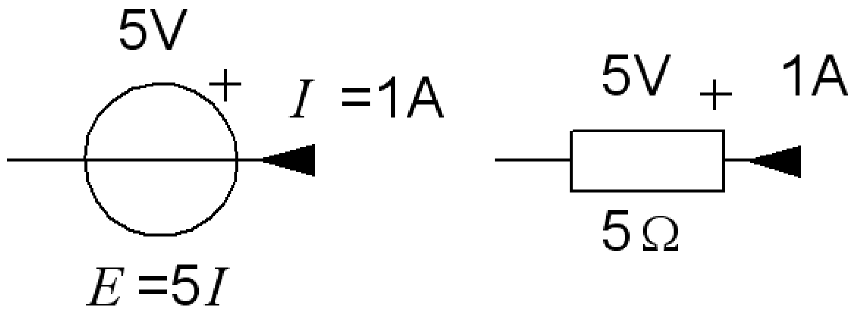
Undvik …

Använd *inte* superpositionsprincipen vid beroende generator-er. Att ***0-ställa*** en generator kan bryta beroendet med det övriga nätet.

Tag *inte* reda på tvåpolens inre resistans genom att ***0-ställa*** nätets generatorer. Det kan bryta beroendet med det övriga nätet.

Däremot går det alltid bra att använda beräkningar på *tomgående* och *kortsluten* tvåpol.

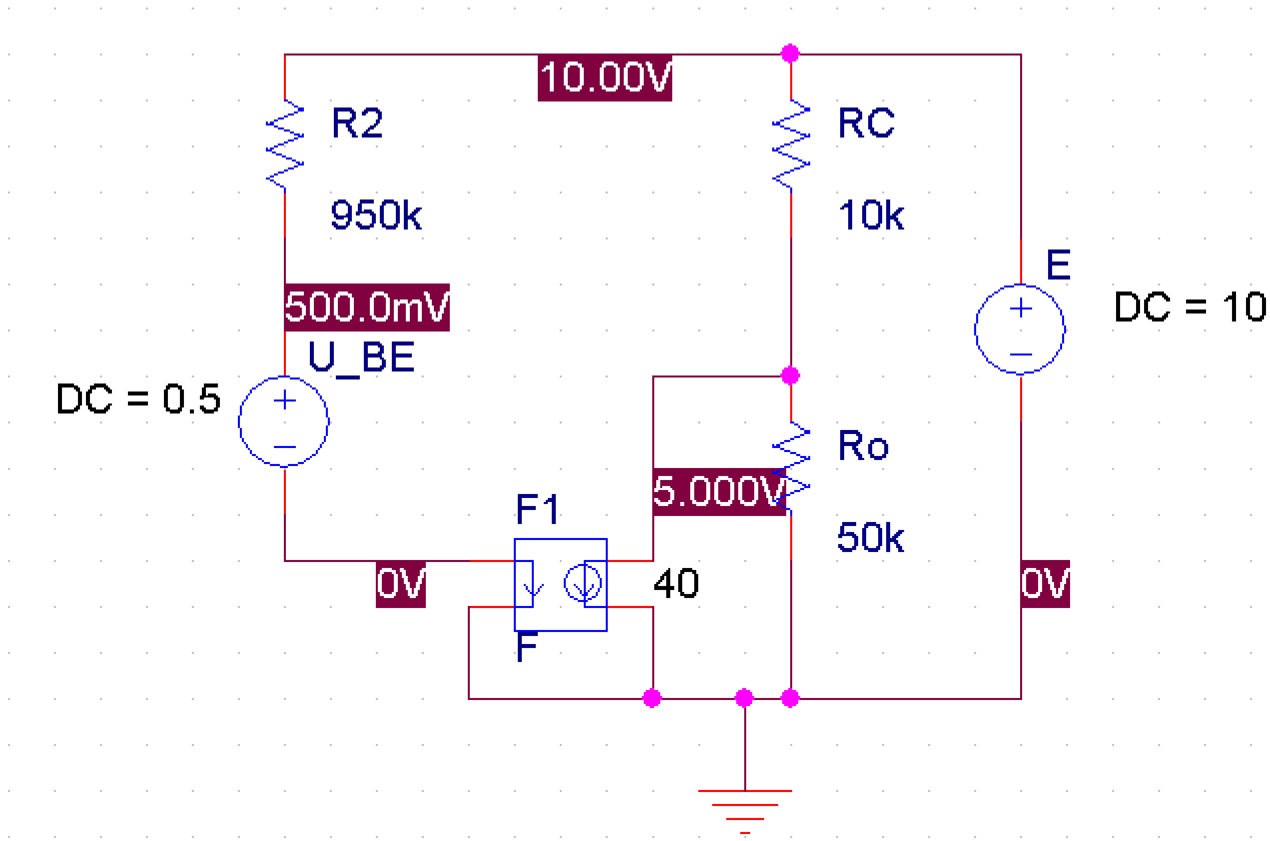
Ex. Strömberoende emk …



Antag att vi har en emk som på något sätt är beroende av *sin egen ström* enligt sambandet $E = 5 \cdot I$. Den kommer då att uppföra sig som en resistor med värdet 5Ω!

Vrider man ner en sådan emk till ”0” så ser man ju *inte* längre *alla* resistorer som finns i nätet!

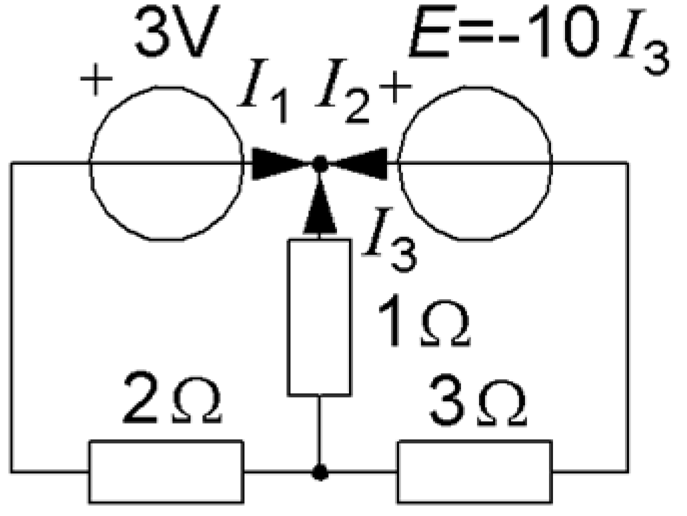
En PSpice-simulering



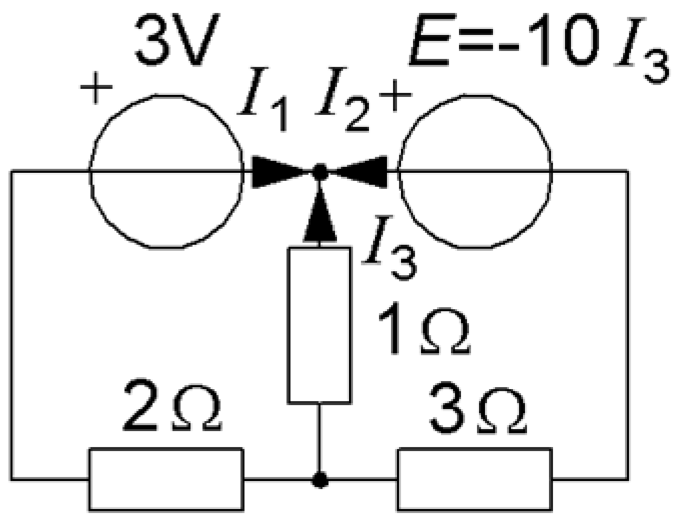
Det går bra att simulera kretsar med beroende generatorer.

William Sandqvist william@kth.se

8.3 beroende generator



8.3 beroende generator



Kirchoffs strömlag: $I_1 + I_2 + I_3 = 0$

Kirchoffs spänningslag (slingan med oberoende emk):

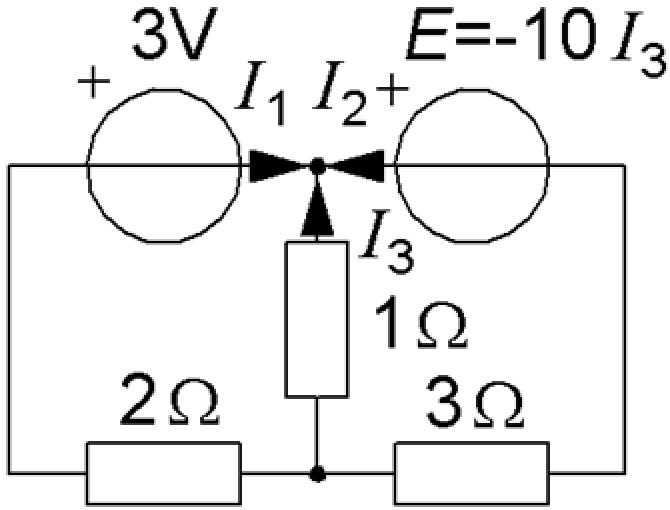
$$-2I_1 - 3 + 1I_3 = 0 \quad \Leftrightarrow \quad -2I_1 + 0I_2 + 1I_3 = 3$$

Kirchoffs spänningslag (slingan med beroende emk):

$$-1I_3 - (-10I_3) + 3I_2 = 0 \quad \Leftrightarrow \quad 0I_1 + 3I_2 + 9I_3 = 0$$

8.3 beroende generator

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$
$$-2I_1 + 0I_2 + 1I_3 = 3$$
$$0I_1 + 3I_2 + 9I_3 = 0$$



$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -2 & 0 & 1 \\ 0 & 3 & 9 \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$I_1 = -2 \quad I_2 = 3 \quad I_3 = -1$$

(siffervärden är de samma som i kursens genomgående föreläsningsexempel …)