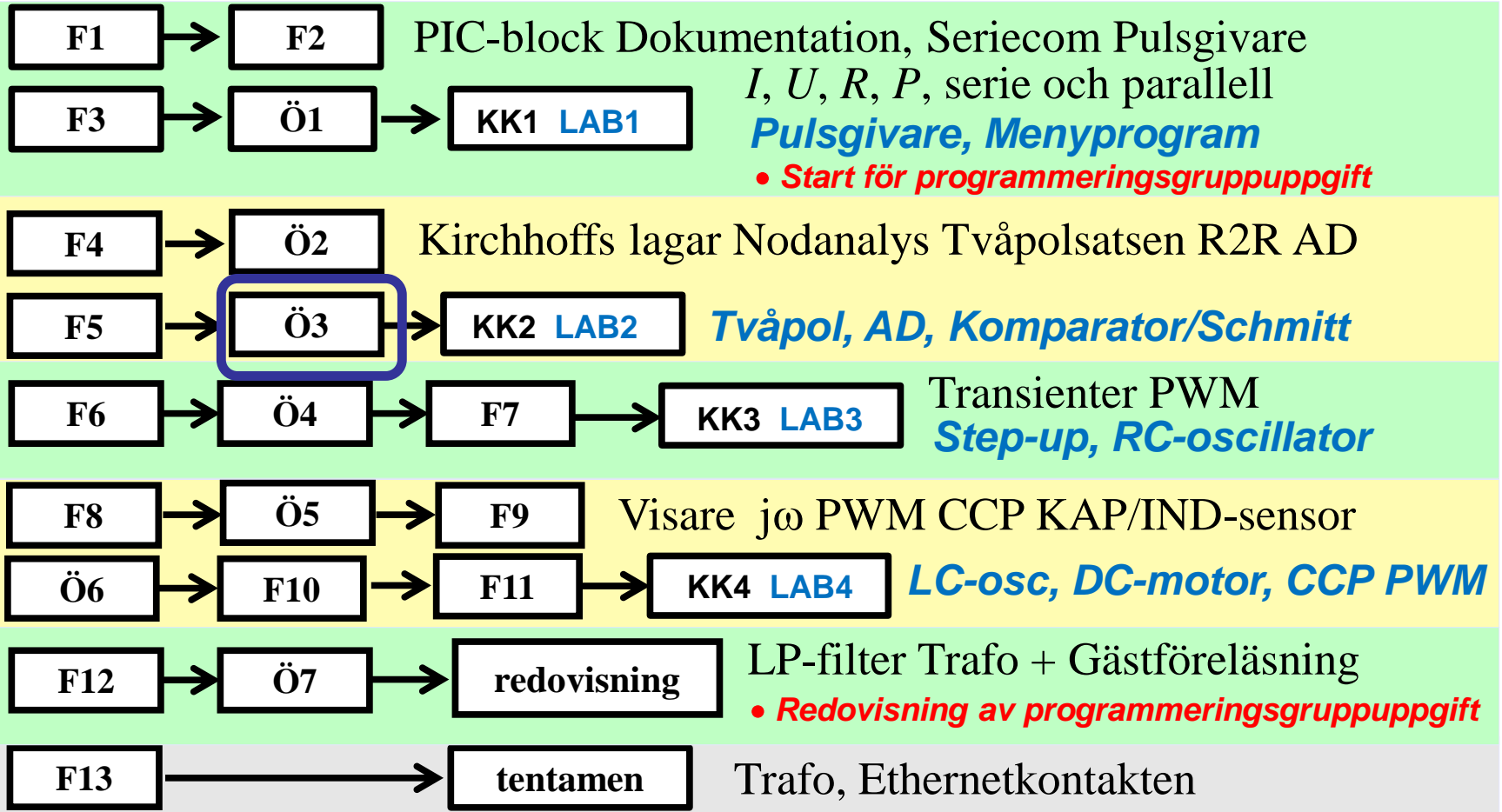
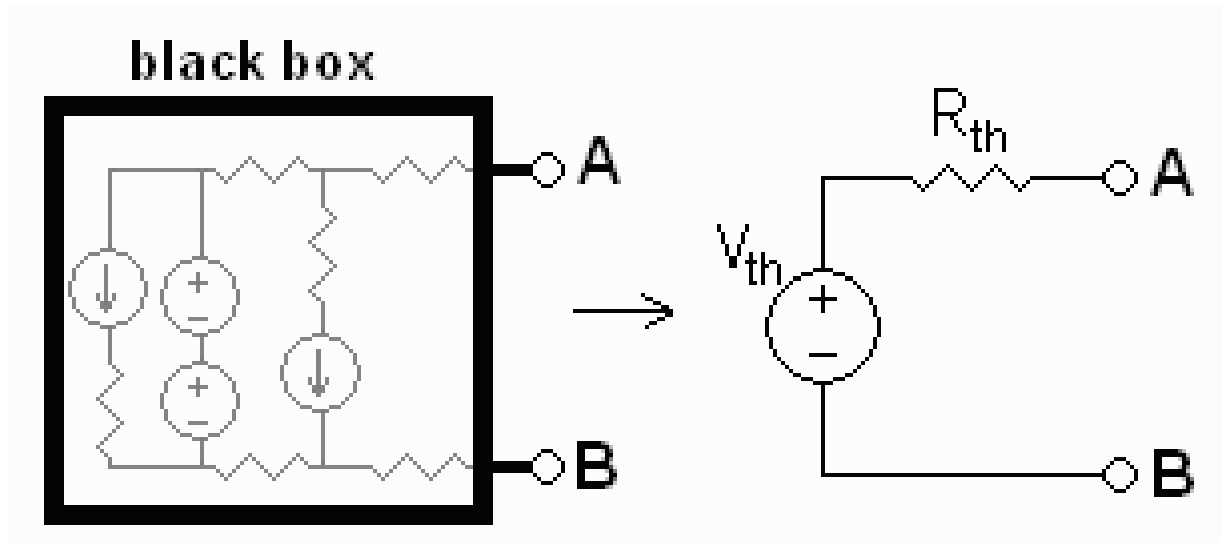


IE1206 Inbyggd Elektronik



Tvåpolssatsen – Black box



? = !

Spänningsaggregatet

VOLTAGE

ratt för att ställa in konstant spänning

Grov och fininställningsratt



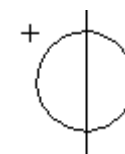
Knappar för att välja visning av spänning eller ström

Voltage/Amps

C.V. Continuous Voltage. Lysdiod som indikerar att aggregatet arbetar som spänningsgenerator.

+ och - pol

(GND är för att ansluta plåthöljet till +/- för att undertrycka störningar).

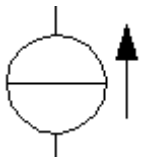


Spänningsaggregatet

CURRENT

ratt för att ställa in strömbegränsning
Grov och fininställningsratt

C.C. Continuous Current.
Lysdiod som indikerar att aggregatet arbetar som strömgenerator.

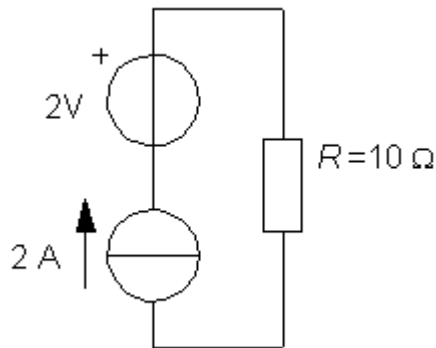
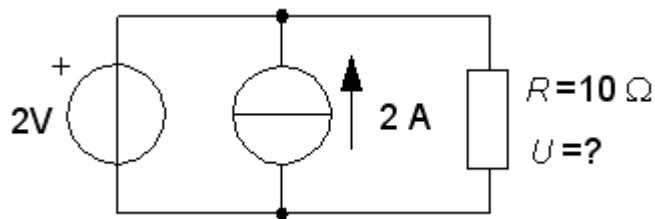


För att ställa in strömbegränsningen visar man Amps och kortsluter spänningspolerna.

Den inställda strömmen blir då den högsta ström som kan förekomma.

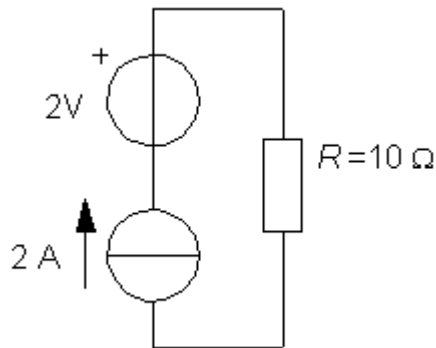
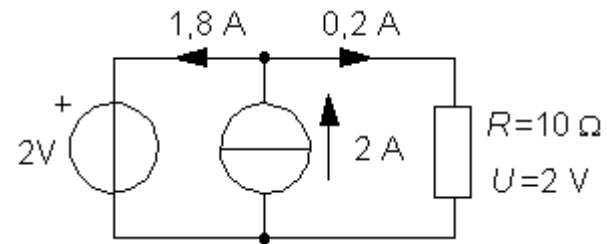
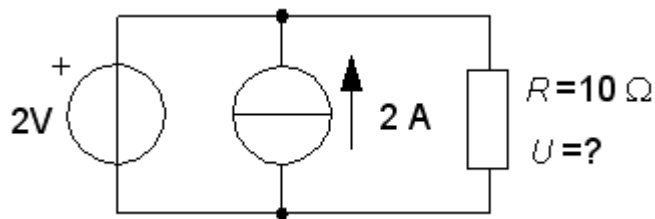
Emk och strömgenerator

(Ex. 8.1) Vilket värde får U i dessa idealiserade och vanligtvis verklighetsfrämmande kretsar.



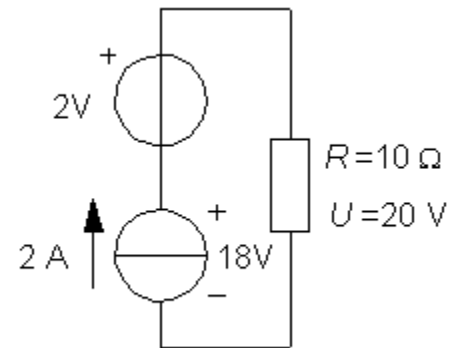
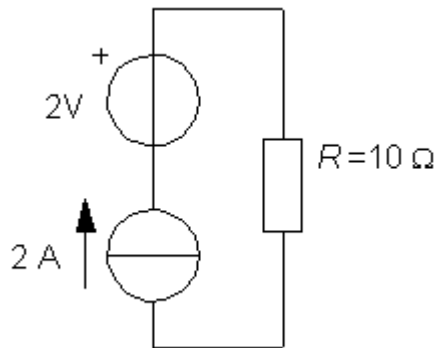
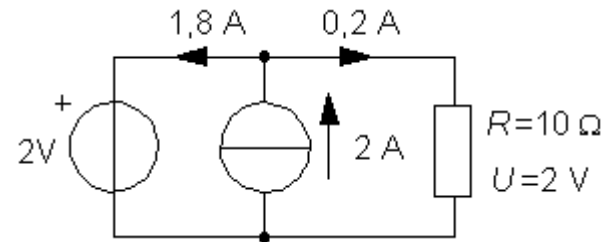
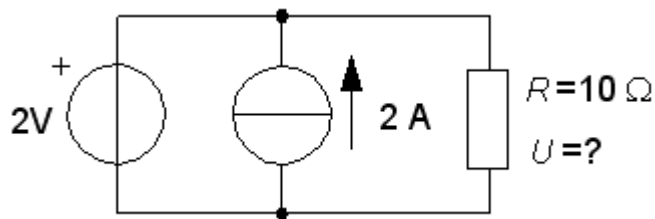
Emk och strömgenerator

(Ex. 8.1) Vilket värde får U i dessa idealiserade och vanligtvis verklighetsfrämmande kretsar.



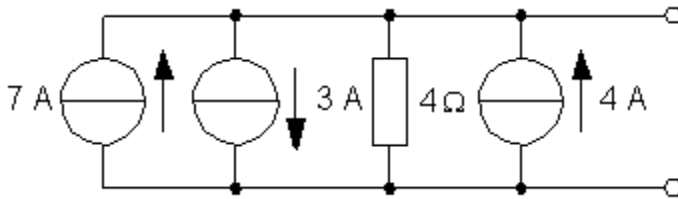
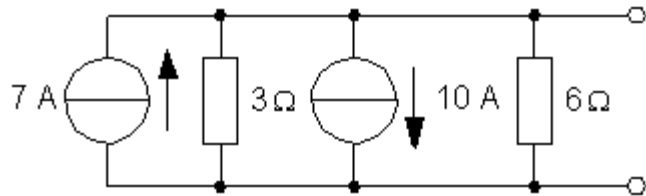
Emk och strömgenerator

(Ex. 8.1) Vilket värde får U i dessa idealiserade och vanligtvis verklighetsfrämmande kretsar.

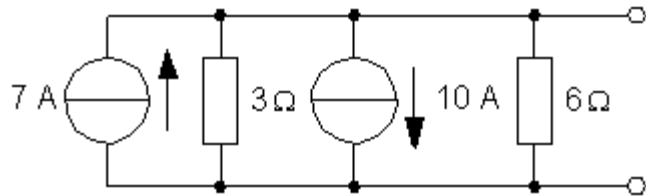


William Sandqvist william@kth.se

Förenkla ... (8.2)

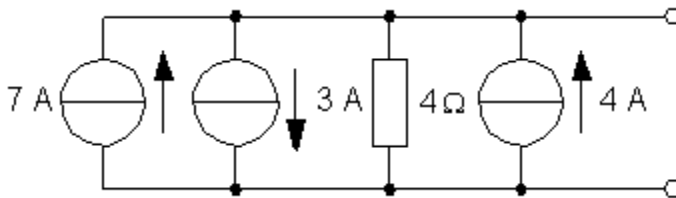
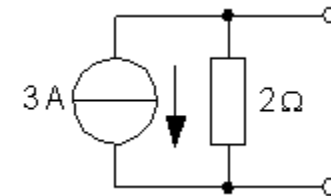


Förenkla ... (8.2)

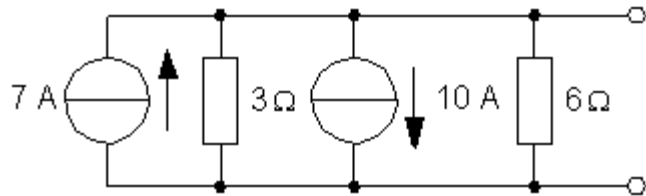


$$7 - 10 = -3$$

$$\frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2$$

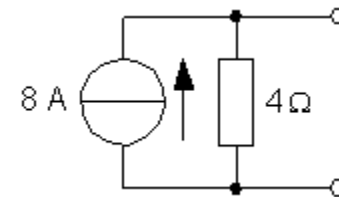
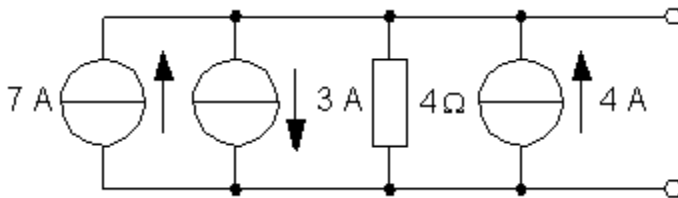
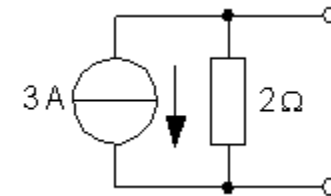


Förenkla ... (8.2)



$$7 - 10 = -3$$

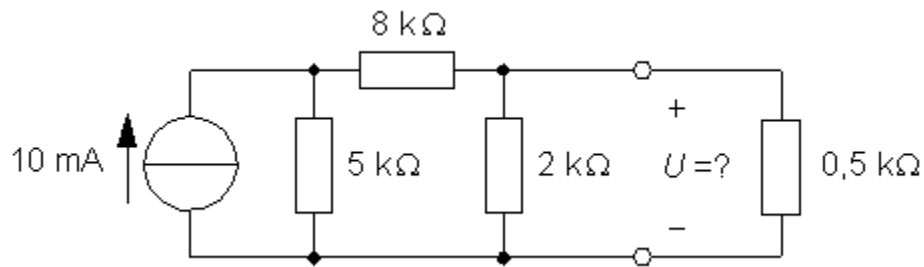
$$\frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2$$



William Sandqvist william@kth.se

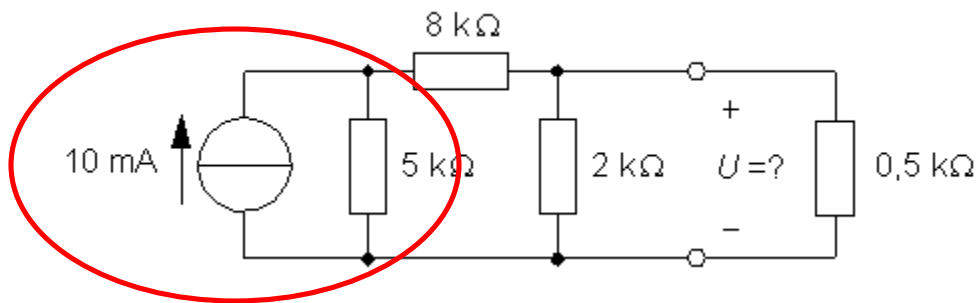
Tvåpolssatsen steg för steg ...

(8.4) Elektronikprefix [V] [k Ω] [mA]

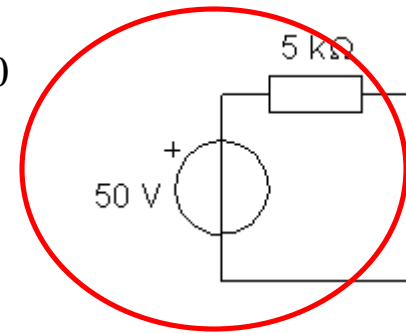


Tvåpolssatsen steg för steg ...

(8.4) Elektronikprefix [V] [kΩ] [mA]

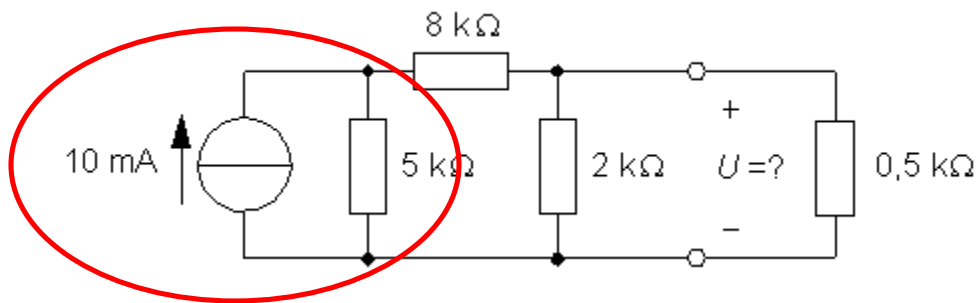


$$10 \cdot 5 = 50$$

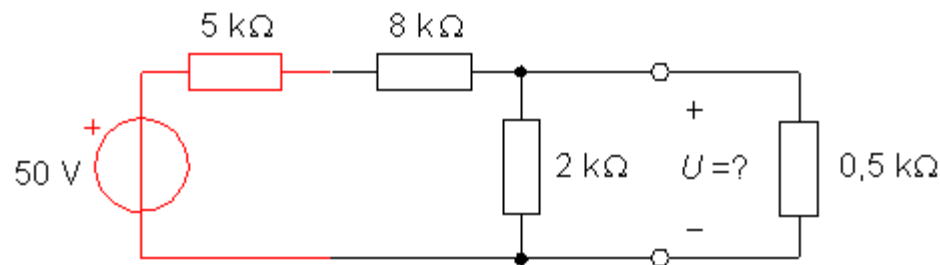
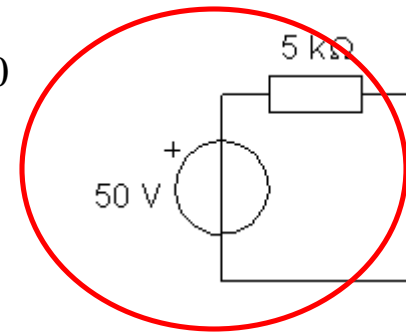


Tvåpolssatsen steg för steg ...

(8.4) Elektronikprefix [V] [kΩ] [mA]

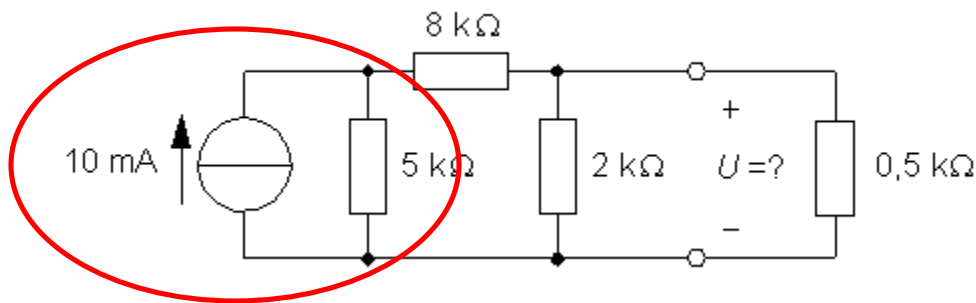


$$10 \cdot 5 = 50$$

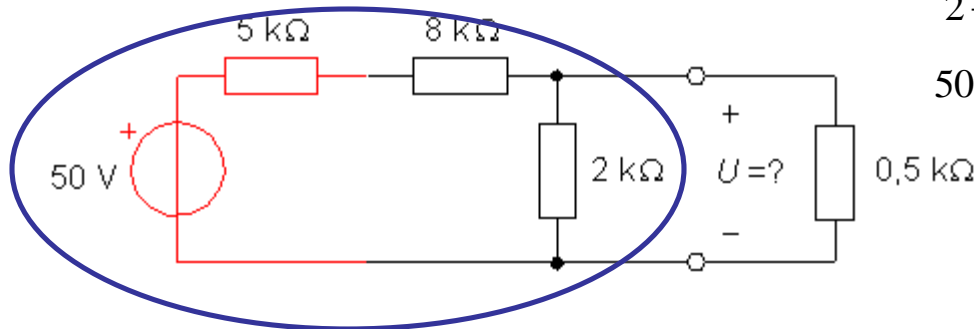
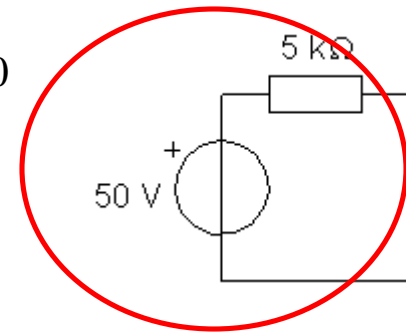


Tvåpolssatsen steg för steg ...

(8.4) Elektronikprefix [V] [kΩ] [mA]

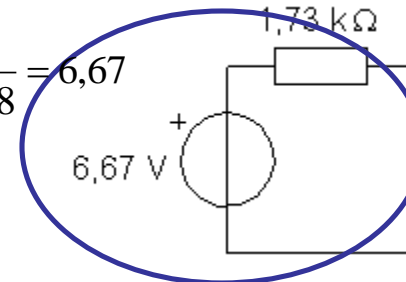


$$10 \cdot 5 = 50$$

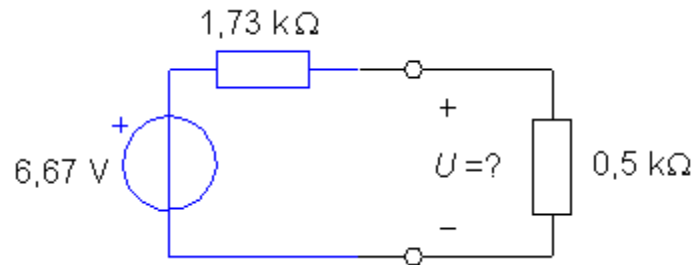


$$\frac{2 \cdot (5 + 8)}{2 + 5 + 8} = 1,73$$

$$50 \cdot \frac{2}{2 + 5 + 8} = 6,67$$



Till sist ...



Spänningsdelningslagen:

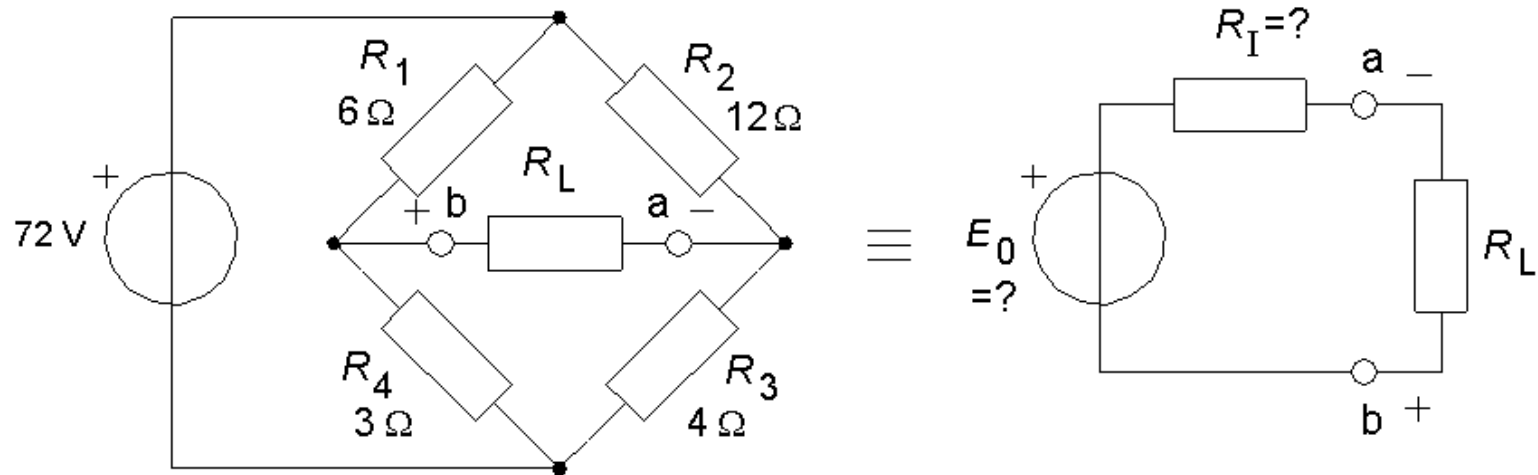
$$U = 6,67 \cdot \frac{0,5}{0,5 + 1,73} = 1,49 \text{ V}$$

- Steg för steg blir kretsen enklare medan siffervärdena blir krångligare!

Du behöver en teknikräknare. Även med anpassade siffror i uppgifterna så kan Du komma att välja en beräkningsväg som genererar otympliga decimaltal på vägen mot det avsedda enkla svaret.

William Sandqvist william@kth.se

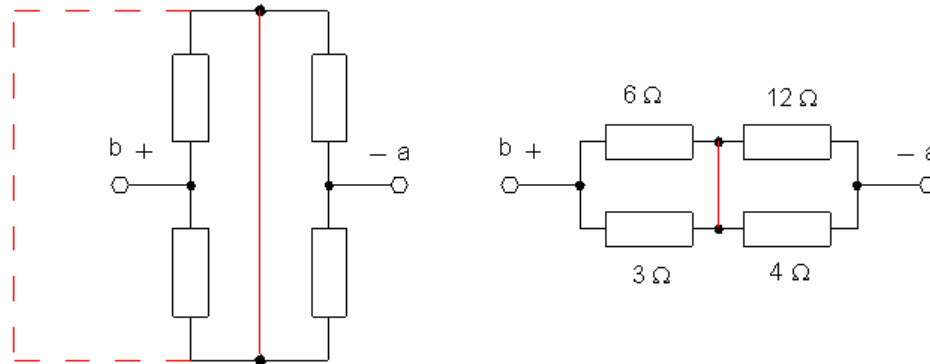
(Wheatstonebryggans tvåpolsekvivalent)



Bestäm Wheatstonebryggans tvåpolsekvivalent.

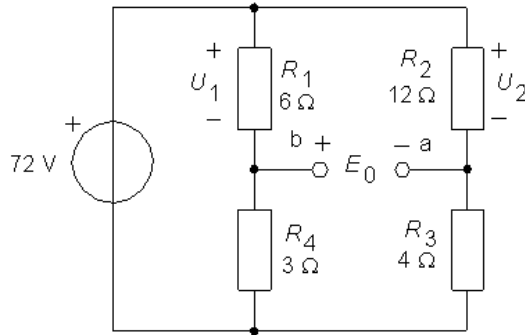
(Bestäm R_I)

Emk
nedvriden
till "0"



$$R_I = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} + \frac{12 \cdot 4}{12 + 4} = 5 \Omega$$

(Bestäm E_0)

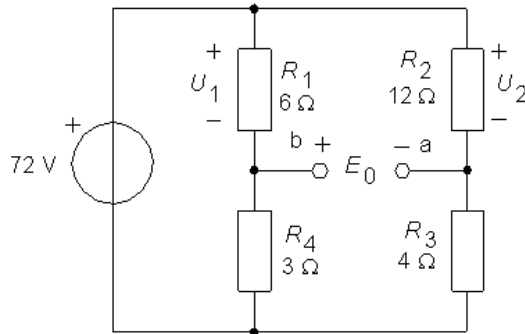


$$U_1 = 72 \cdot \frac{6}{6+3} = 48$$

$$U_2 = 72 \cdot \frac{12}{12+4} = 54$$

$$E_0 = 54 - 48 = 6 \text{ V}$$

(Bestäm E_0)

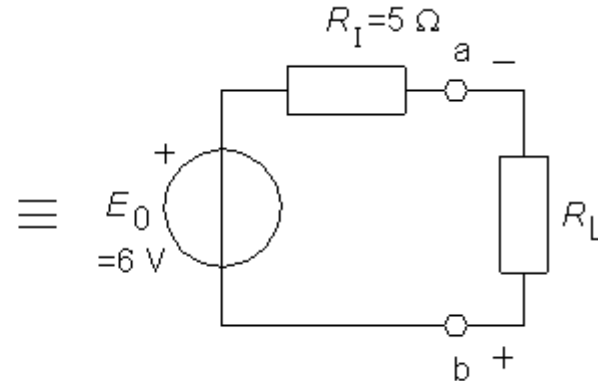
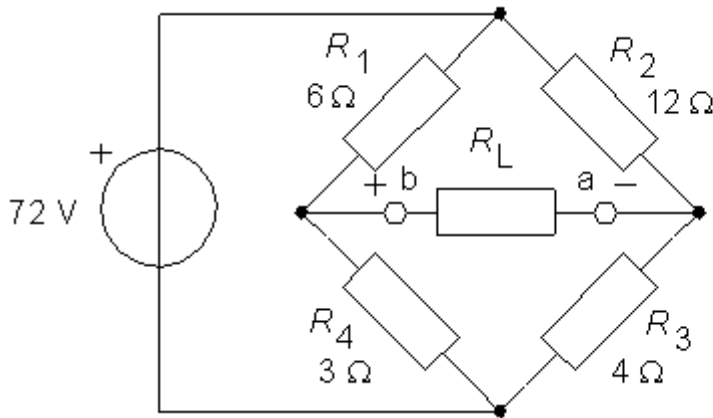


$$U_1 = 72 \cdot \frac{6}{6+3} = 48$$

$$U_2 = 72 \cdot \frac{12}{12+4} = 54$$

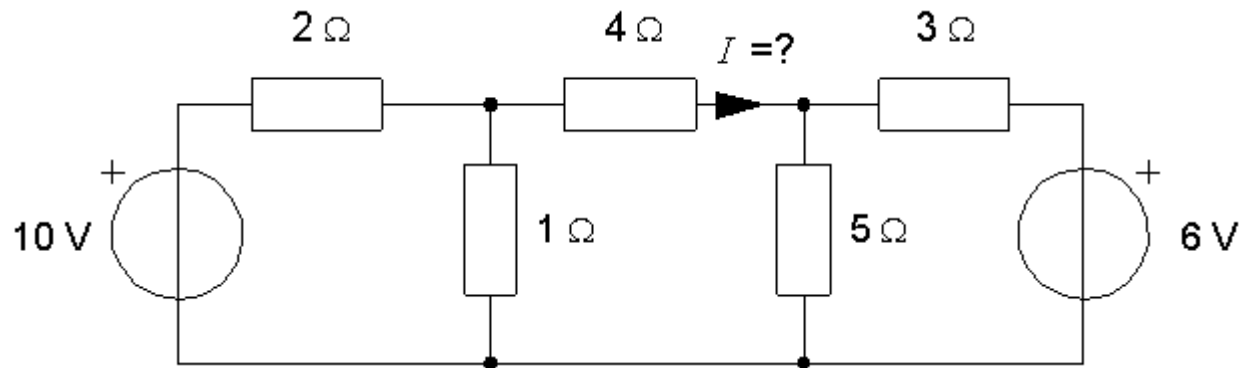
$$E_0 = 54 - 48 = 6 \text{ V}$$

Klart!

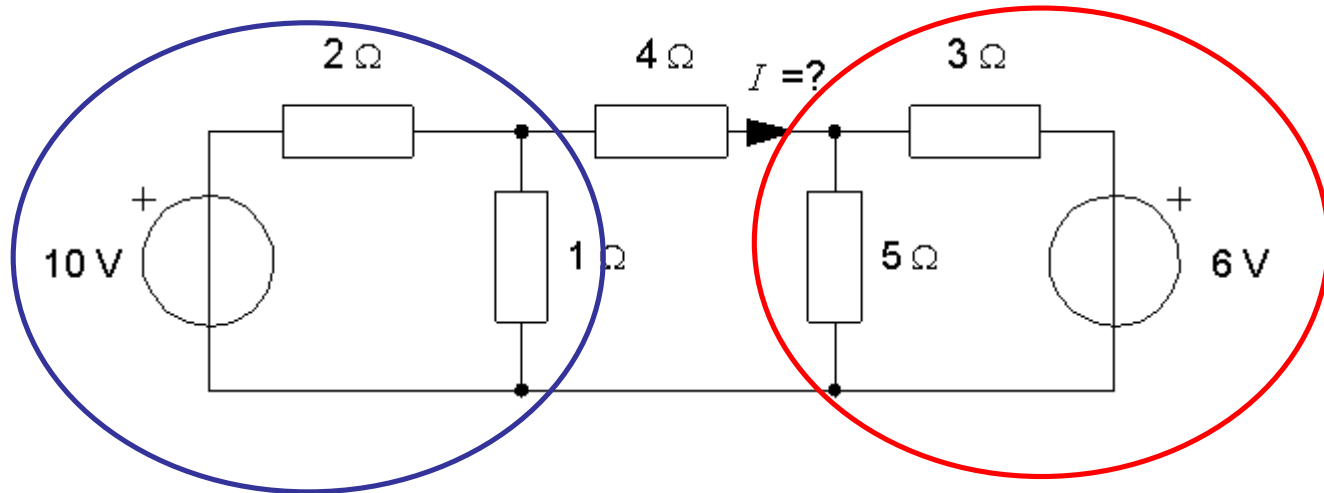


William Sandqvist william@kth.se

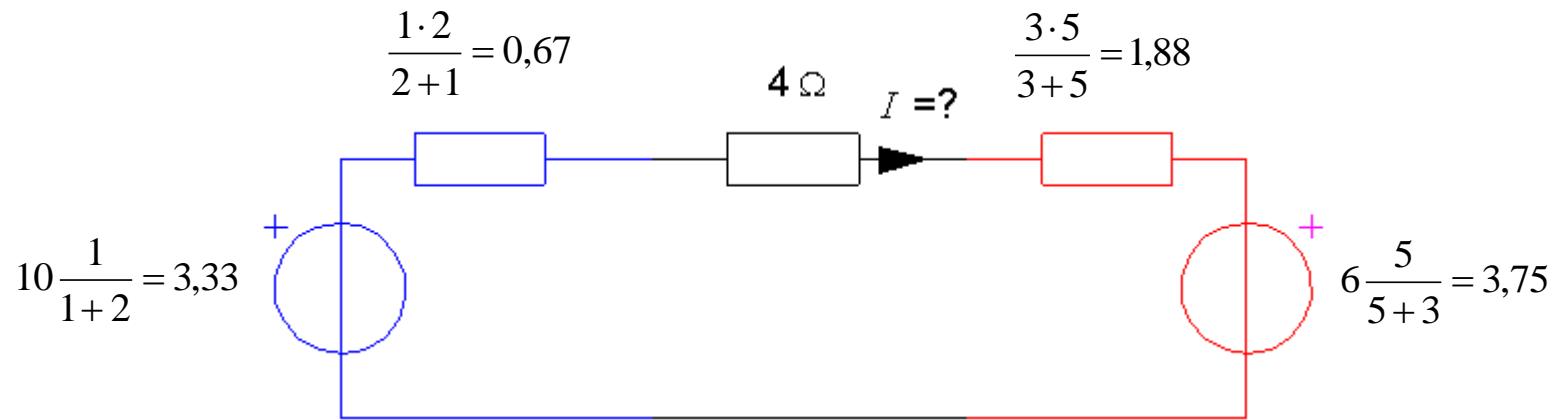
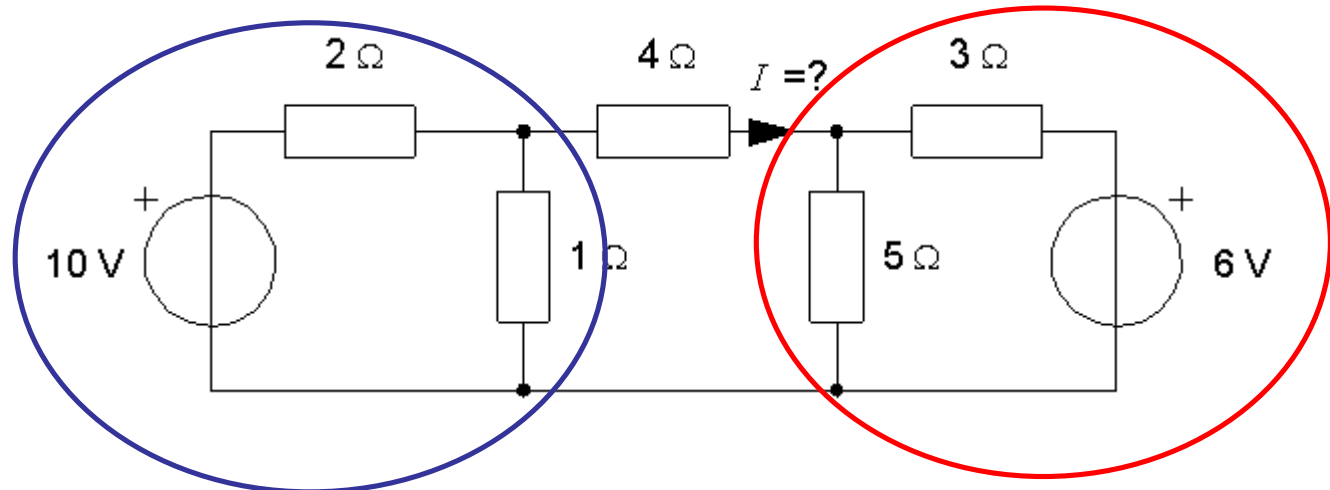
Tvåpolssatsen (i stället för maskanalys)!



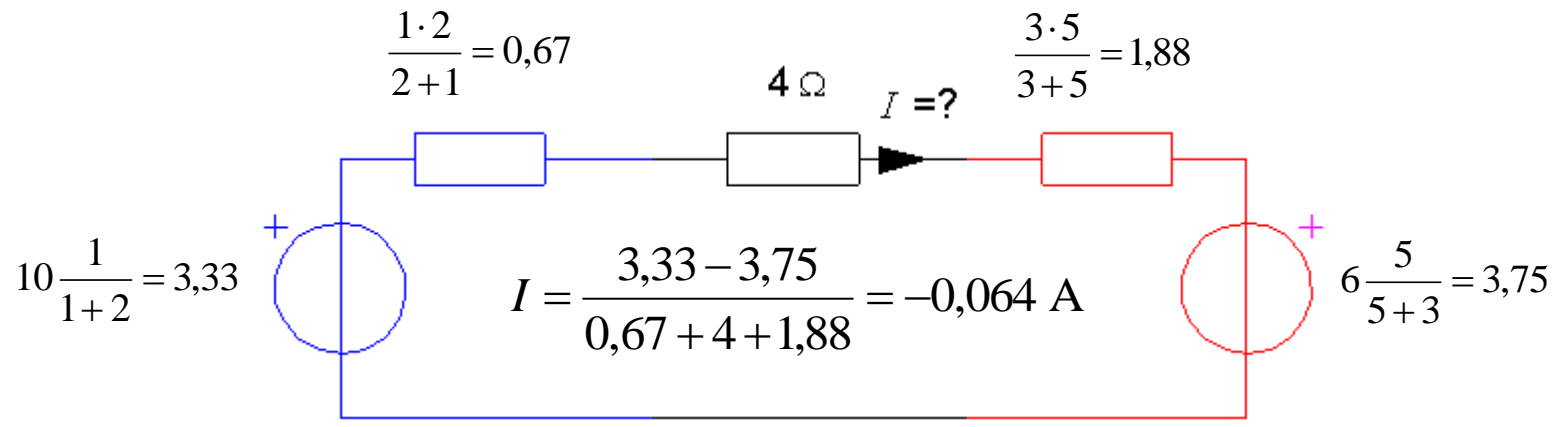
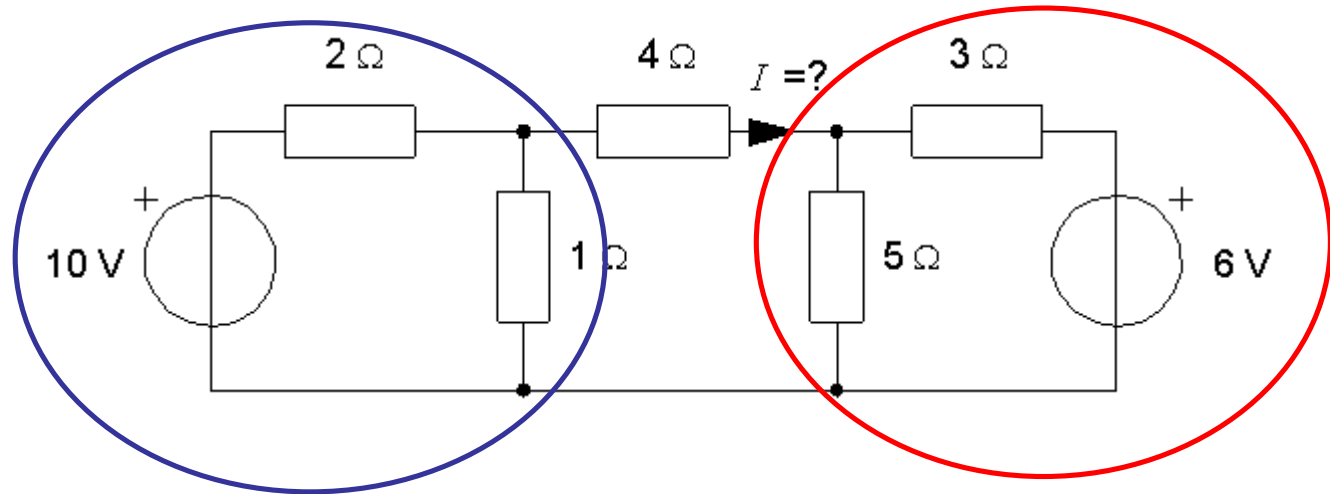
Tvåpolssatsen (i stället för maskanalys)!



Tvåpolssatsen (i stället för maskanalys)!

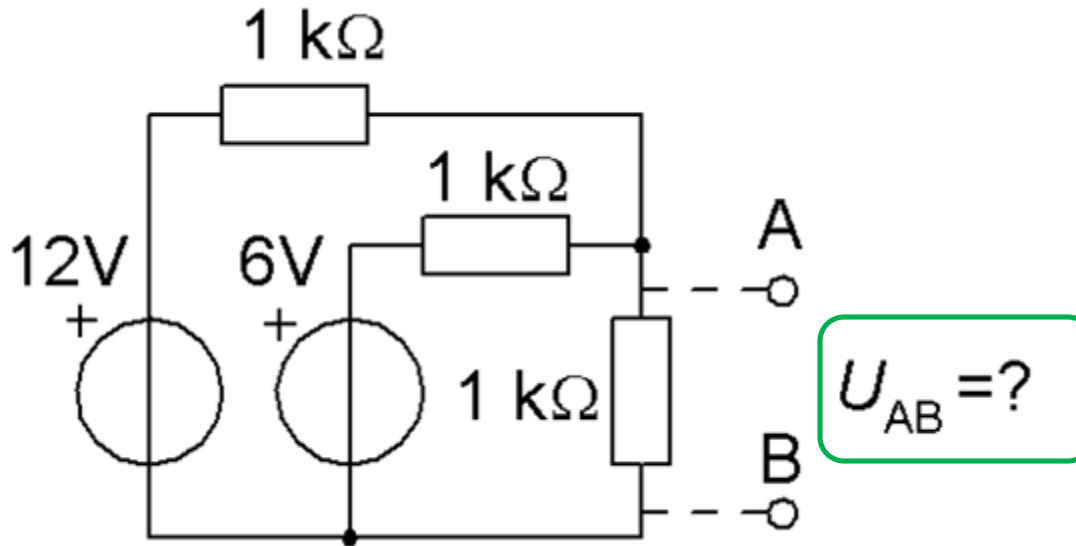


Tvåpolssatsen (i stället för maskanalys)!



William Sandqvist william@kth.se

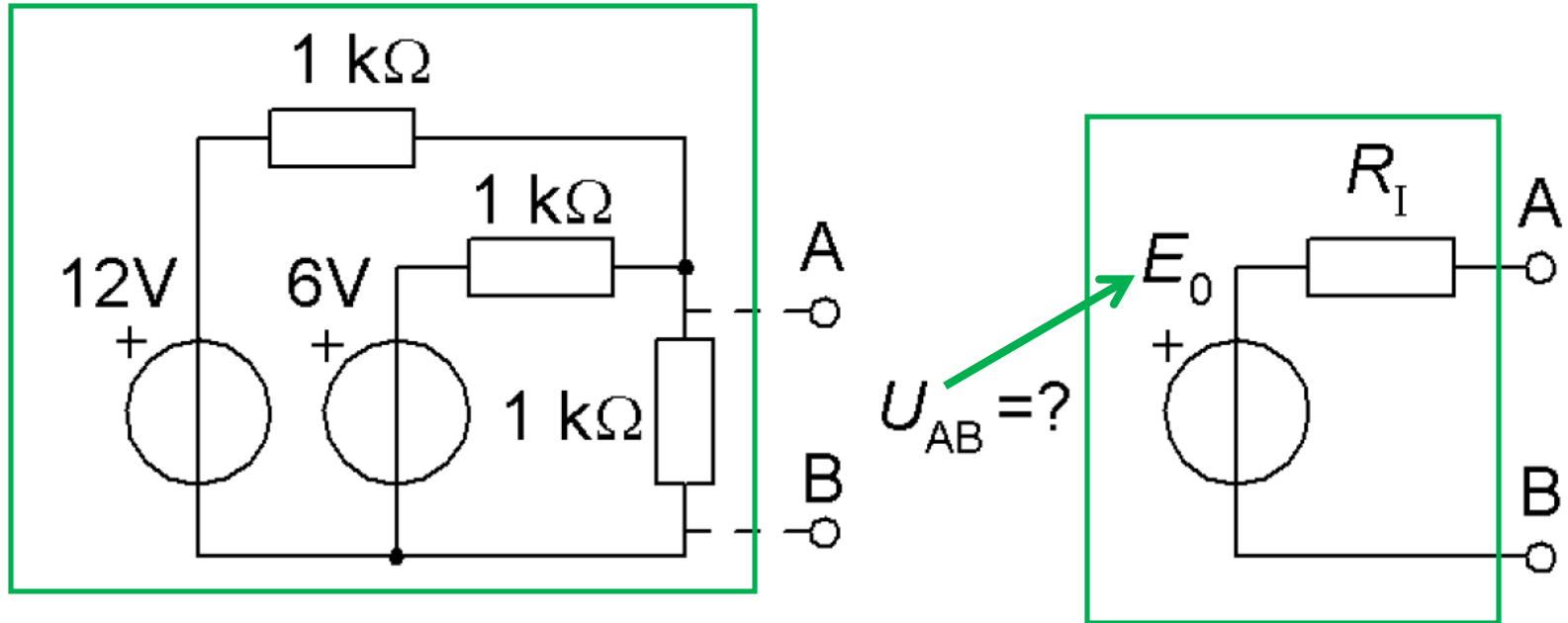
Exempel 8.10



Hur stor är spänningen U_{AB} ?

- Använd tvåpolssatsen för att ”på köpet” få reda på U_{AB} !

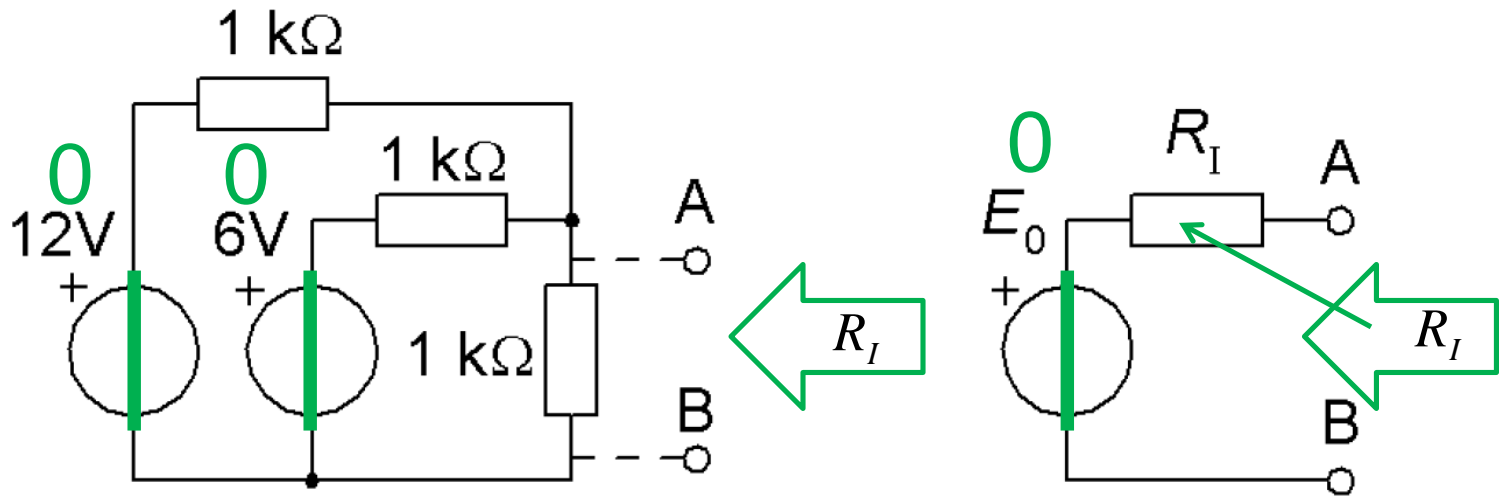
Exempel 8.10



- Tag fram en ekvivalent Thevenin-tvåpol, $E_0 R_I$, till nätet med de två spänningskällorna och de tre resistorerna.
- Hur stort är spänningsfallet U_{AB} över 1 kΩ resistorn i den ursprungliga kretsen?

Exempel 8.10

Låt oss beräkna spänningsfallet U_{AB} över $1\text{ k}\Omega$ resistorn i kretsen, från Thevenin ekvivalenten, eftersom U_{AB} kommer att ha samma värde som E_0 !

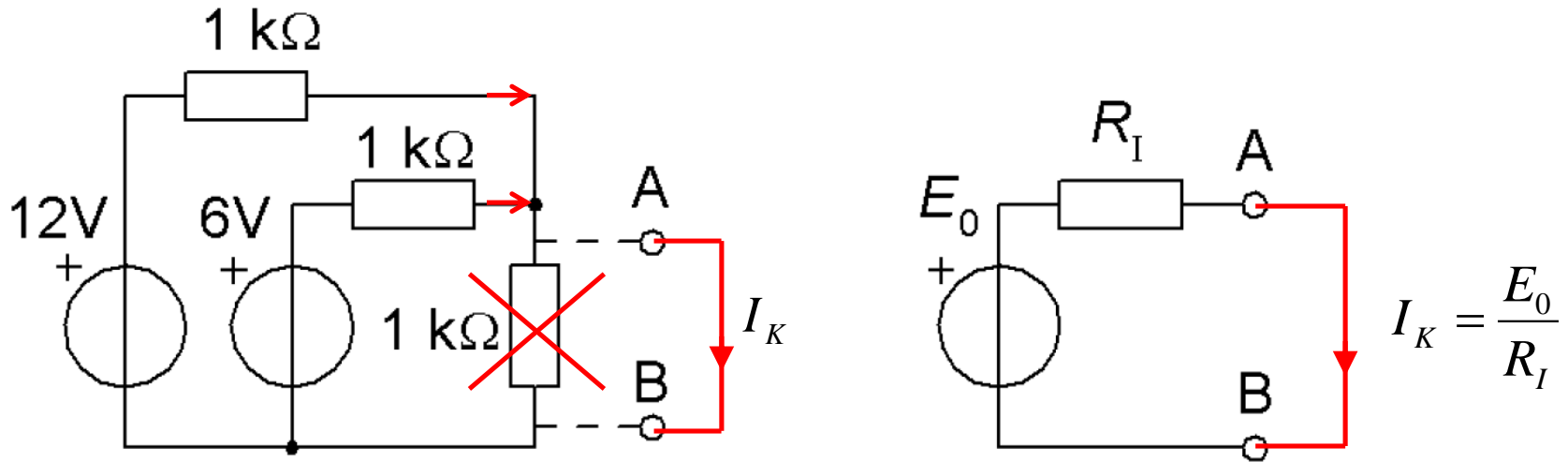


- R_I är den resistans man ser när båda spänningskällorna vridits ned till 0:

$$R_I = \frac{1}{\frac{1}{1\text{k}\Omega} + \frac{1}{1\text{k}\Omega} + \frac{1}{1\text{k}\Omega}} = \frac{1}{3} \text{k}\Omega$$

Exempel 8.10

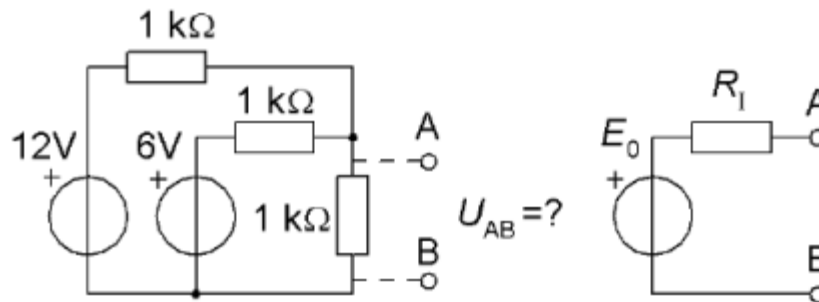
- I_K kortslutningsströmmen.



Antag att A och B är kortslutna. Den tredje $1\text{ k}\Omega$ resistorn kommer då att bli strömlös och kan då ignoreras. Kortslutningsströmmen kommer från de två spänningskällorna genom deras $1\text{ k}\Omega$ resistorer:

$$I_K = \frac{12\text{V}}{1\text{k}\Omega} + \frac{6\text{V}}{1\text{k}\Omega} = 18\text{ mA}$$

Exempel 8.10



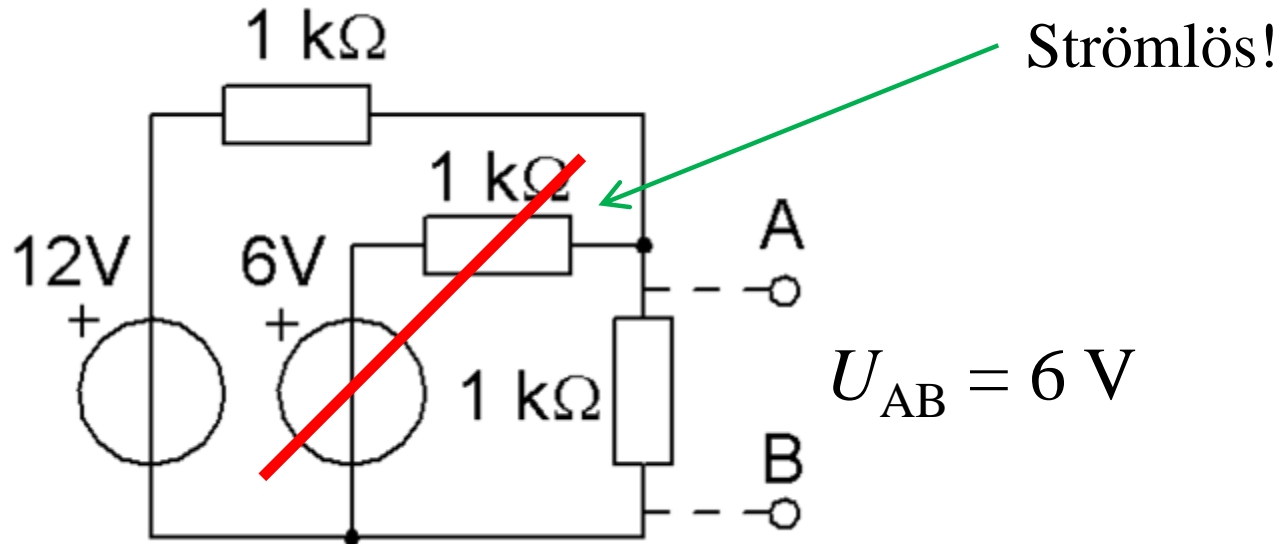
Thevenin equivalenten har samma kortslutningsström $I_K = 18$ mA. Detta gör det enkelt att räkna ut E_0 :

$$I_K = \frac{E_0}{R_I} \Rightarrow E_0 = I_K \cdot R_I = 18 \cdot \frac{1}{3} = 6 \text{ V}$$

Och spänningsfallet U_{AB} är samma som E_0 .

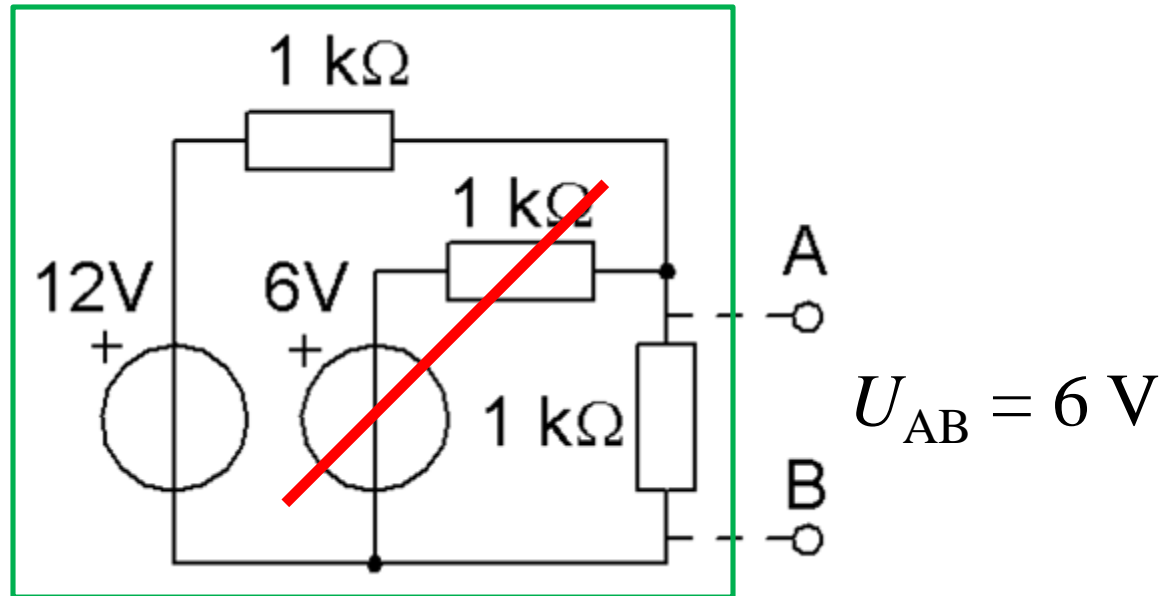
$$U_{AB} = 6 \text{ V.}$$

Exempel 8.10



- Vad skulle hända om man tog bort 6V-batteriet?

Exempel 8.10



- Vad skulle hända om man tog bort 6V-batteriet?

Detta är nu *en annan* tvåpol.

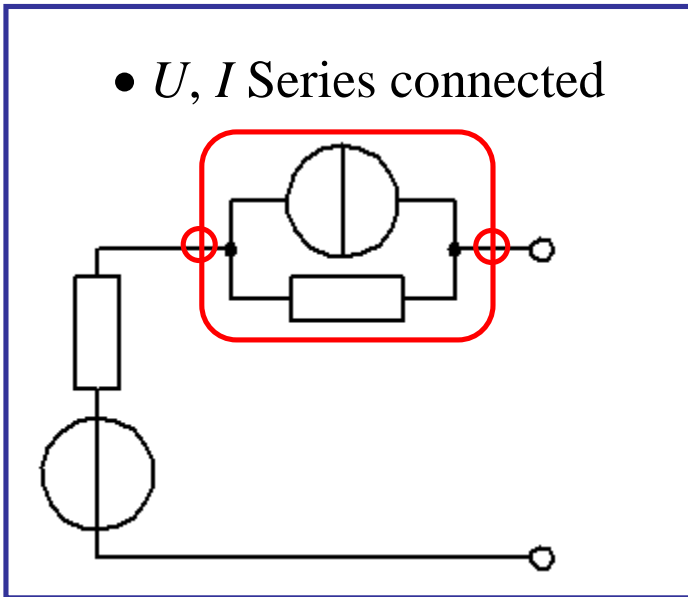
U_{AB} oförändrad $U_{AB} = \mathbf{6V}$, men R_I ökar till $R_I = \mathbf{0,5\ k\Omega}$.

($I_K = 6/0,5 = \mathbf{12\ mA}$).

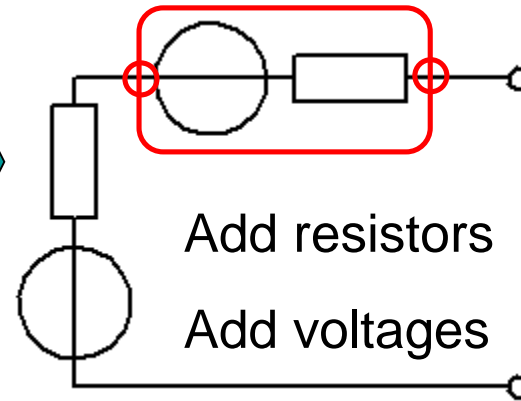
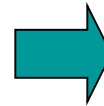
William Sandqvist william@kth.se

Tips & Tricks

- U, I Series connected

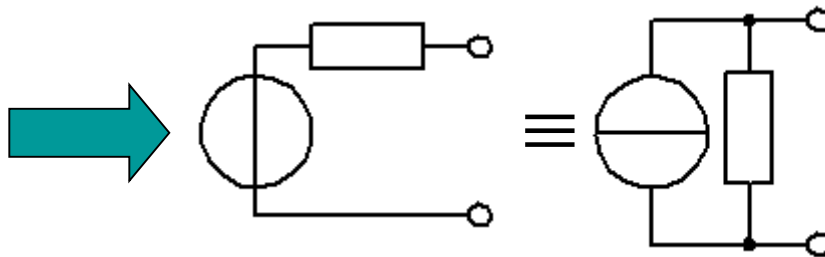


Transform to voltage source!



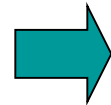
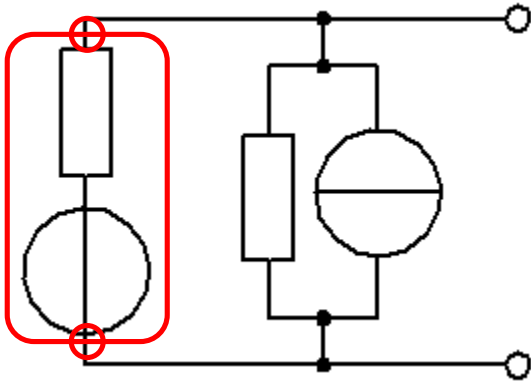
Add resistors

Add voltages

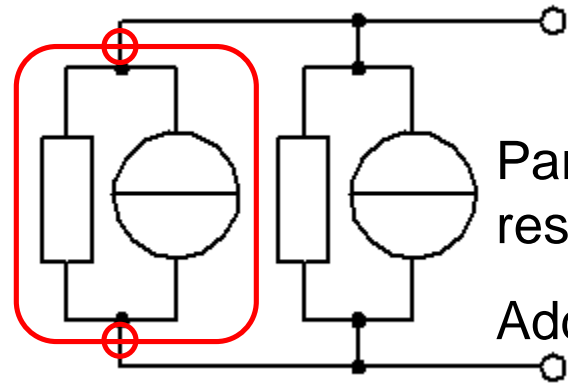


Tips & Tricks

- U, I Parallel connected

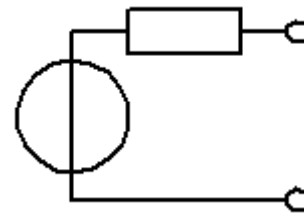
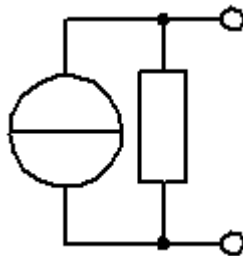
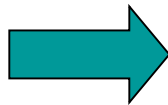


Transform to current source!



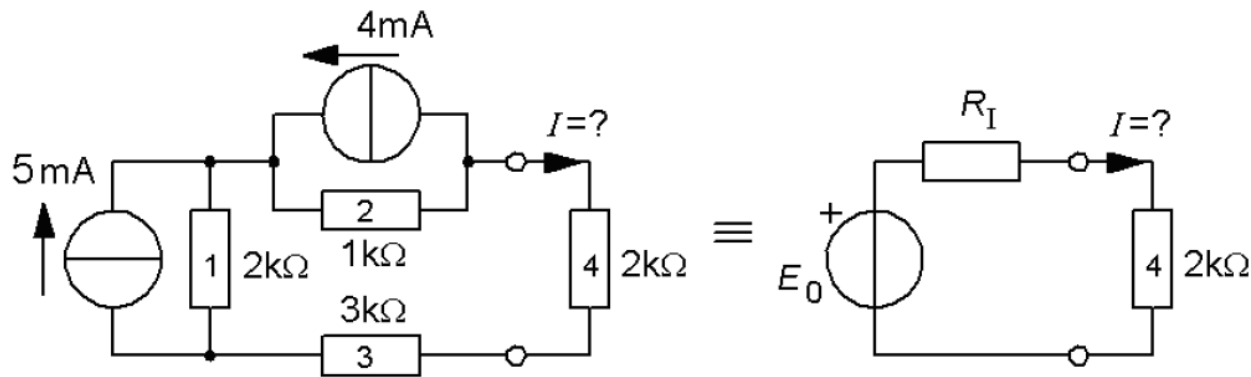
Parallel resistors

Add currents



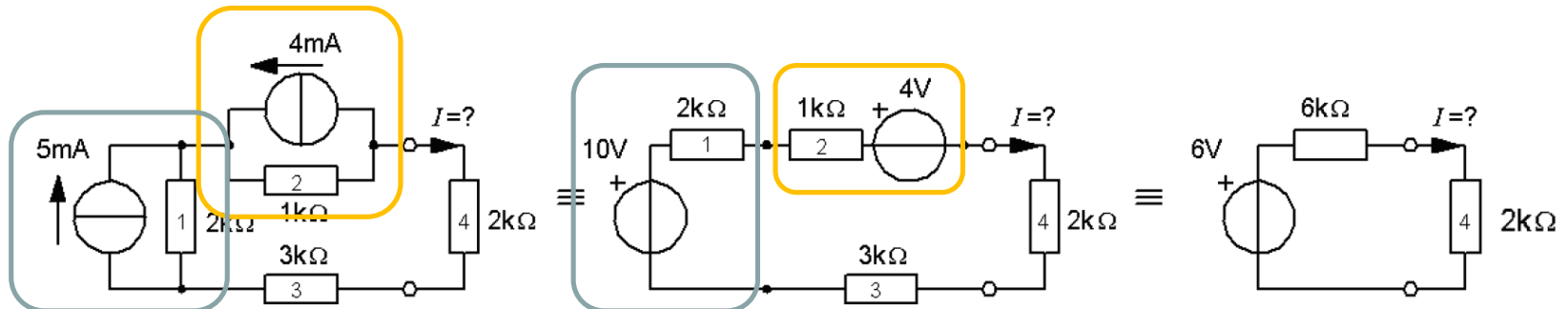
William Sandqvist william@kth.se

Exempel 8.9



- Tag fram en ekvivalent Thevenin-tvåpol, E_0 R_I , till nätet med de två strömkällorna.
- Beräkna därefter hur stor strömmen I skulle bli då man ansluter en resistor $R_4 = 2 \text{ k}\Omega$ till originalnätet (eller ekvivalentnätet).

Exempel 8.9

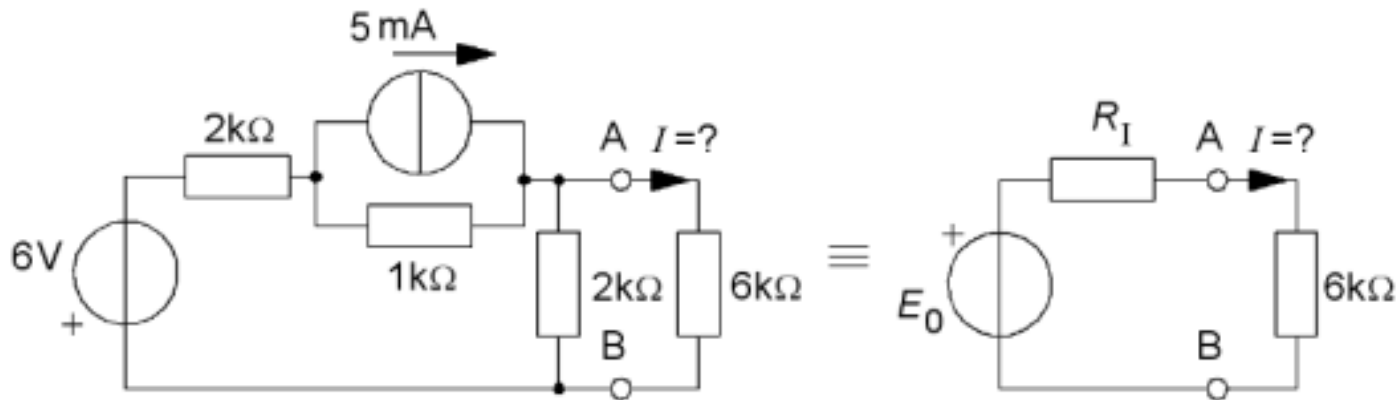


$$5\text{mA} \parallel 2\text{k}\Omega \Leftrightarrow 10\text{V} + 2\text{k}\Omega, \quad 4\text{mA} \parallel 1\text{k}\Omega \Leftrightarrow 4\text{V} + 1\text{k}\Omega \Rightarrow 6\text{V} + 6\text{k}\Omega$$

$$I = \frac{E_0}{R_I + R_L} = \frac{6}{6 + 2} = 0,75 \text{ mA}$$

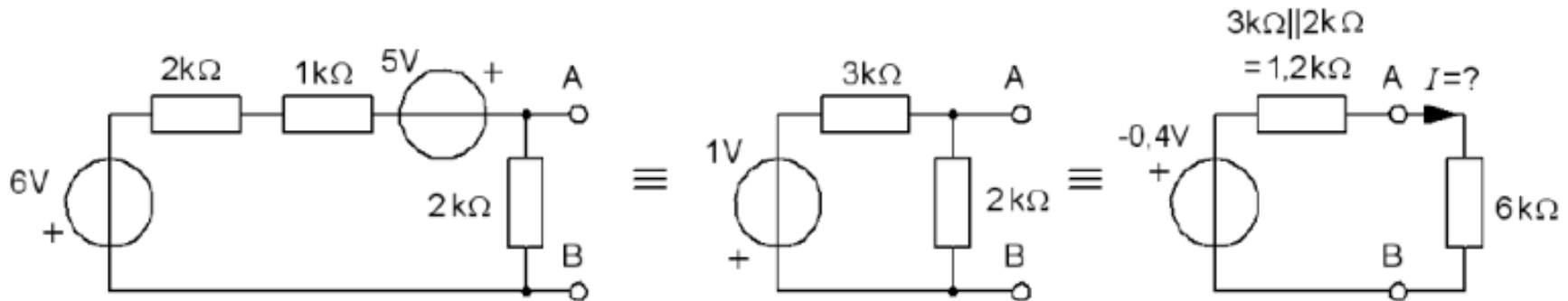
William Sandqvist william@kth.se

Exempel 8.11



- Ta fram Thevenin ekvivalenten, E_0 R_T , till kretsen med spänningskällan och strömkällan och de tre resistorerna. (6 kΩ resistorn ingår inte i kretsen).
- Beräkna hur stor strömmen I skulle bli i en resistor $R = 6$ kΩ som ansluts mellan A-B? Vilken riktning skulle strömmen få?

Exempel 8.11



Strömkällan med 1 k Ω resistorn kan transformeras till en spänningskälla. Kretsen blir då en 1 V spänningskälla med en spänningsdelare.

$$E_0 = 1 \frac{2}{3+2} = 0,4 \text{ V} \quad R_I = \frac{3 \cdot 2}{3+2} = 1,2 \text{ k}\Omega$$

Kretsens tomgångsspänning blir 0,4 V, och den inre resistansen $3\text{k}\Omega \parallel 2\text{k}\Omega = 1,2 \text{ k}\Omega$. Observera. Spänningskällan 0,4V är motriktad definitionen i figuren (-0,4V).

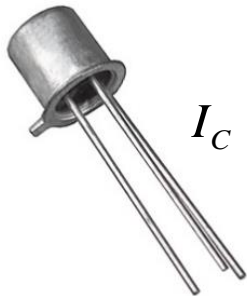
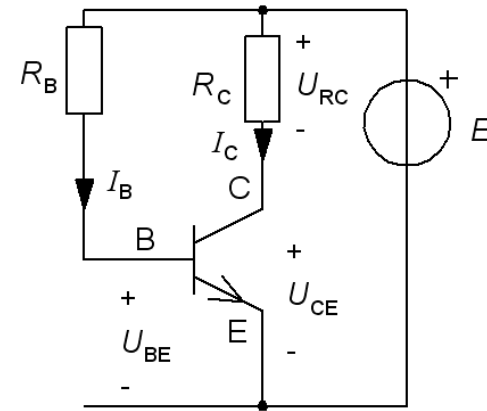
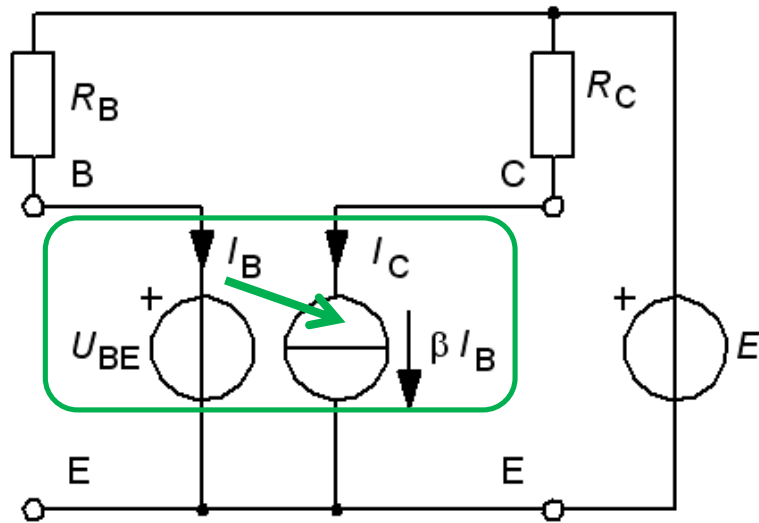
William Sandqvist william@kth.se

(Beroende generatorer)

Elektronikens halvledarkomponenter måste beskrivas med beroende generatorer.

En sådan generators storhet E eller I bestäms då av någon annan ström eller spänning inuti nätet.

(Ex. Transistor).



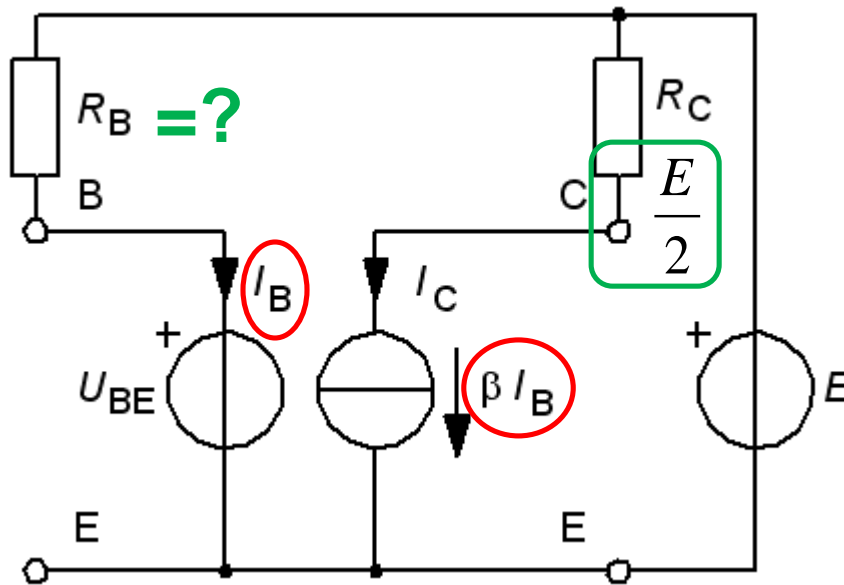
$$I_C = \beta \cdot I_B$$

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

(Ex. Transistor).

- 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.

(Ex. Transistor).

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

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

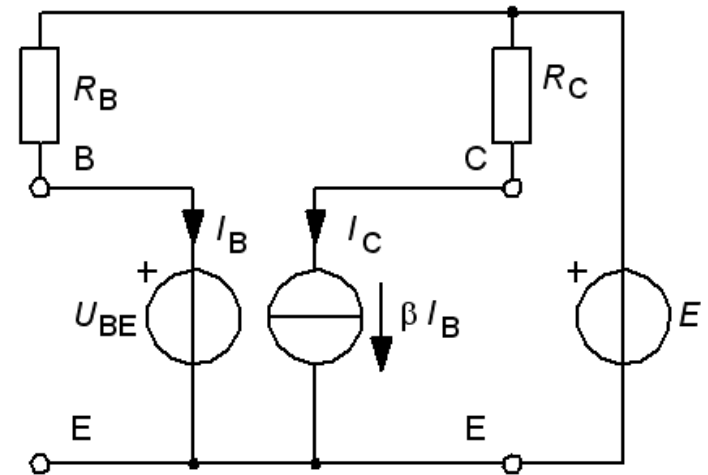
$$U_{RC} = R_C \cdot I_{RC} = \frac{E}{2} \Rightarrow I_{RC} = \frac{5}{10 \cdot 10^3} = 0,5 \cdot 10^{-3}$$

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

$$I_B = \frac{E - U_{BE}}{R_B} \Rightarrow R_B = \frac{10 - 0,5}{10 \cdot 10^{-6}} = 950 \text{ k}\Omega$$

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

...



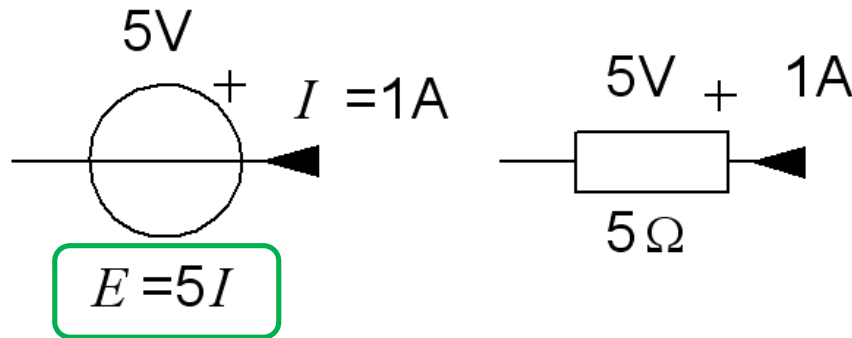
Undvik ...

Använd *inte* superpositionsprincipen vid beroende generatorer. 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.

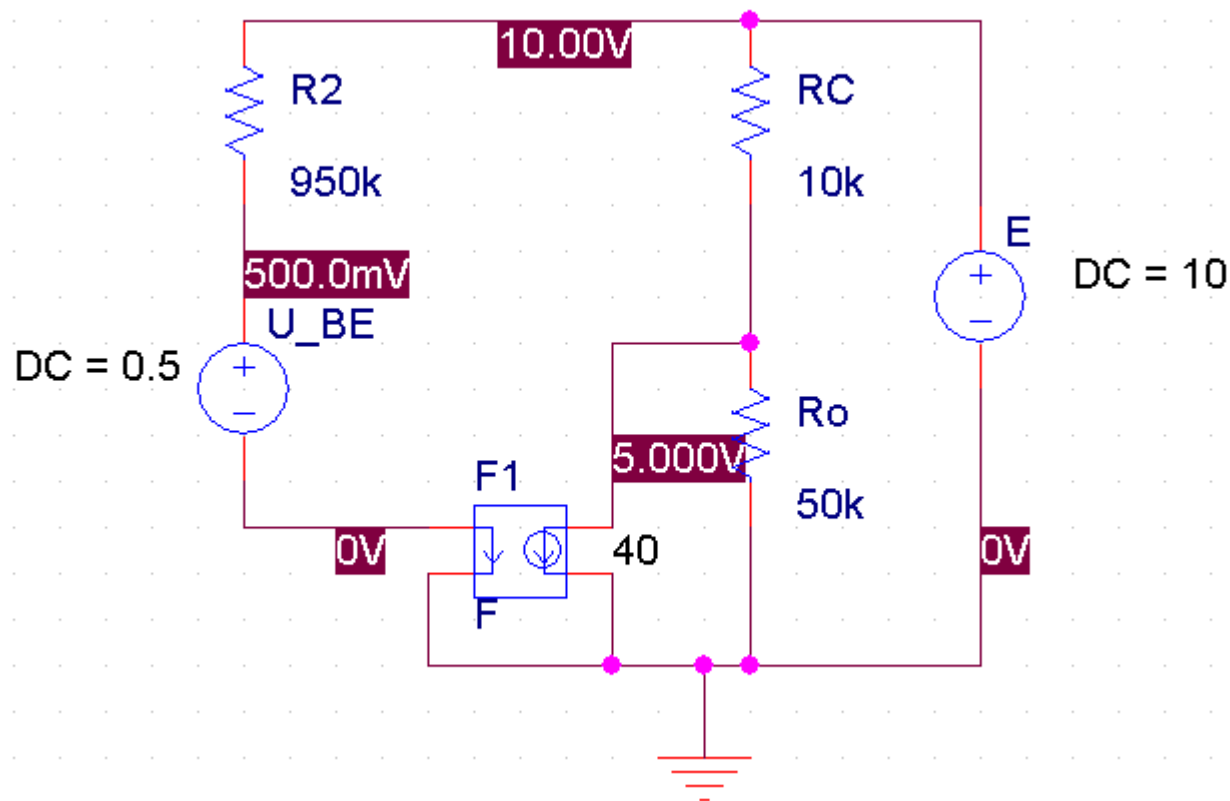
Ex. Strömberoende emk ...



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!

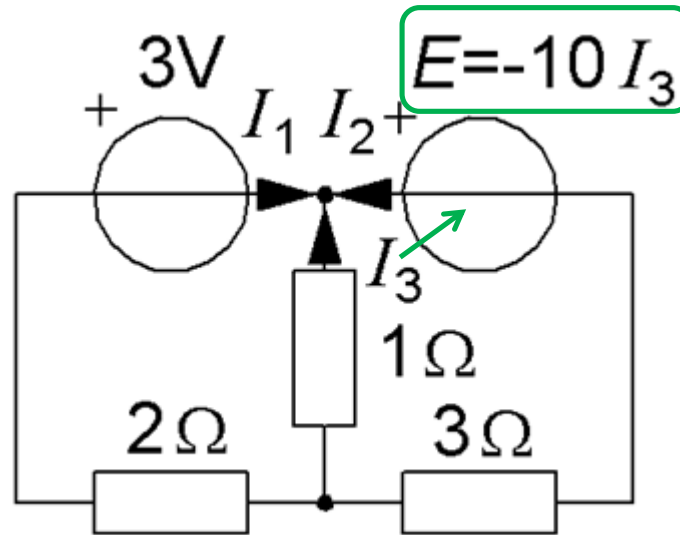
En Spice-simulering



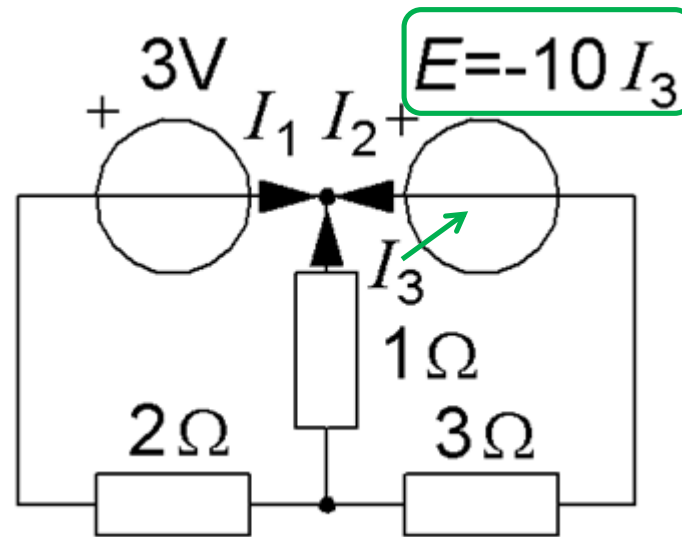
Det går bra att simulera kretsar med beroende generatorer.

William Sandqvist william@kth.se

7.4 beroende generator



7.4 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):

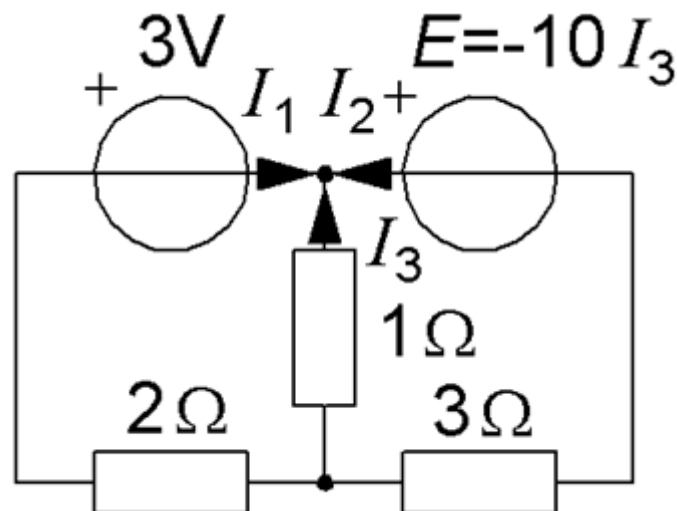
$$-1I_3 - (-10I_3) + 3I_2 = 0 \quad \Leftrightarrow \quad 0I_1 + 3I_2 + 9I_3 = 0$$

7.4 beroende generator

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

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

$$0I_1 + 3I_2 + 9I_3 = 0$$



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

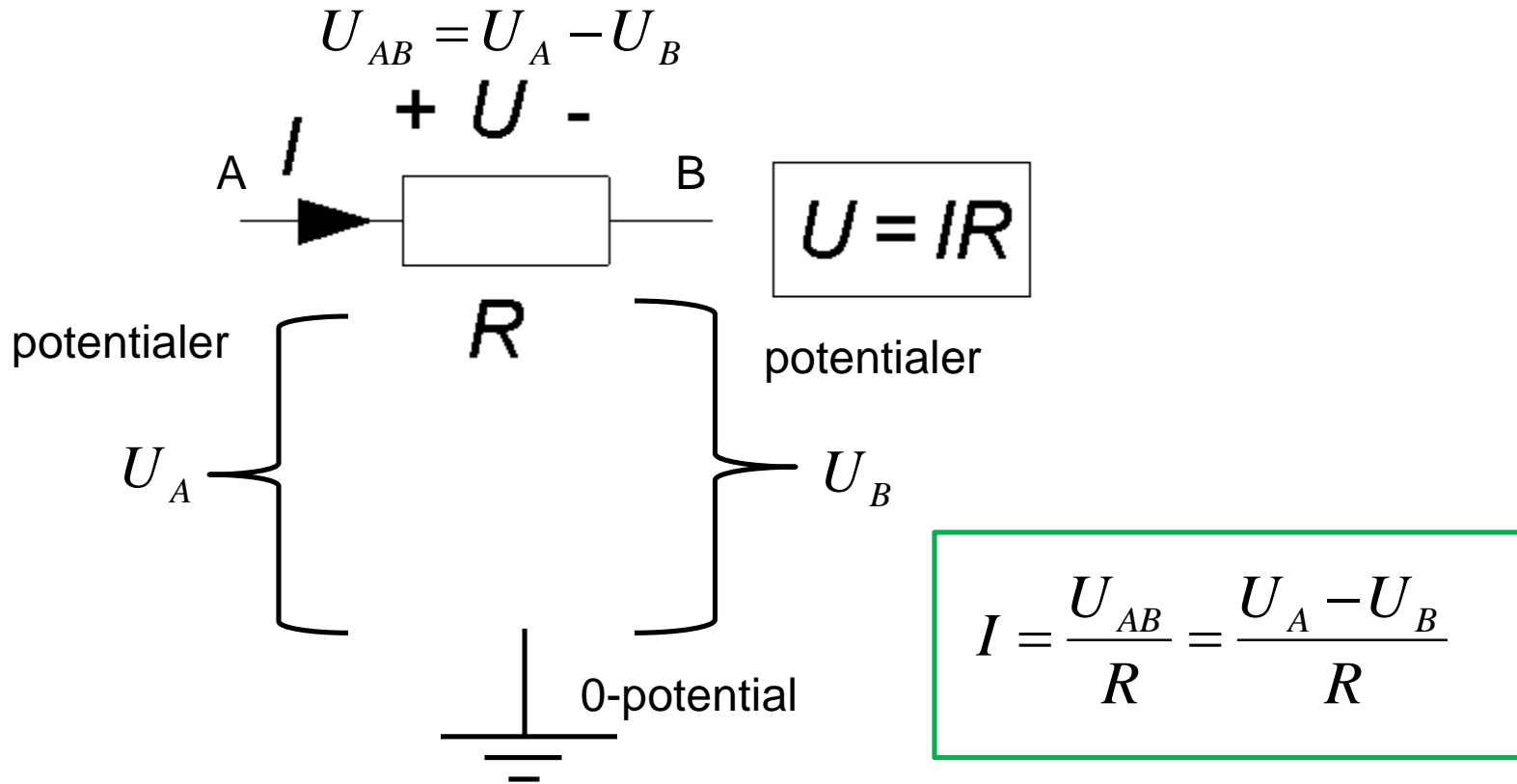
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -2 & 0 & 1 \\ 0 & 3 & 9 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix}$$

(siffrvärden är de samma som i kursens genomgående föreläsningsexempel ...)

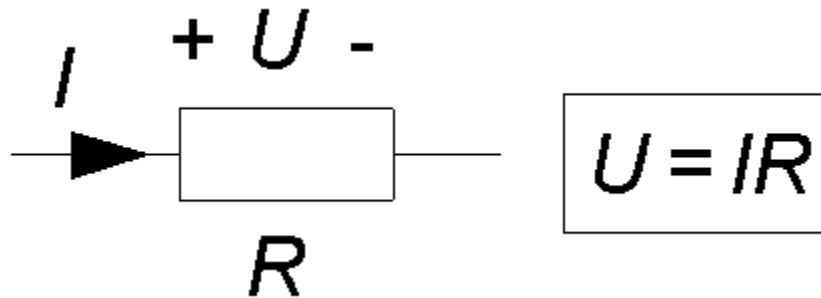
Det går bra att beräkna kretsar med beroende generatorer.

William Sandqvist william@kth.se

Nodanalys

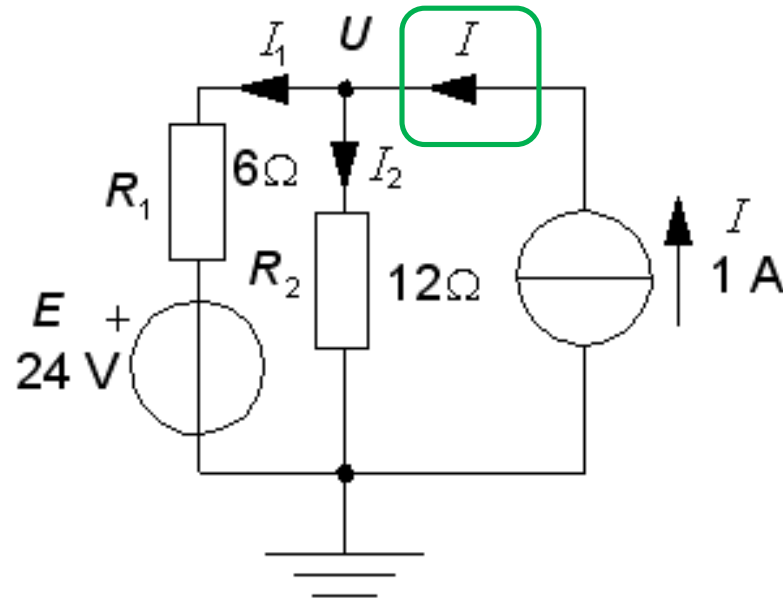


Nodanalys



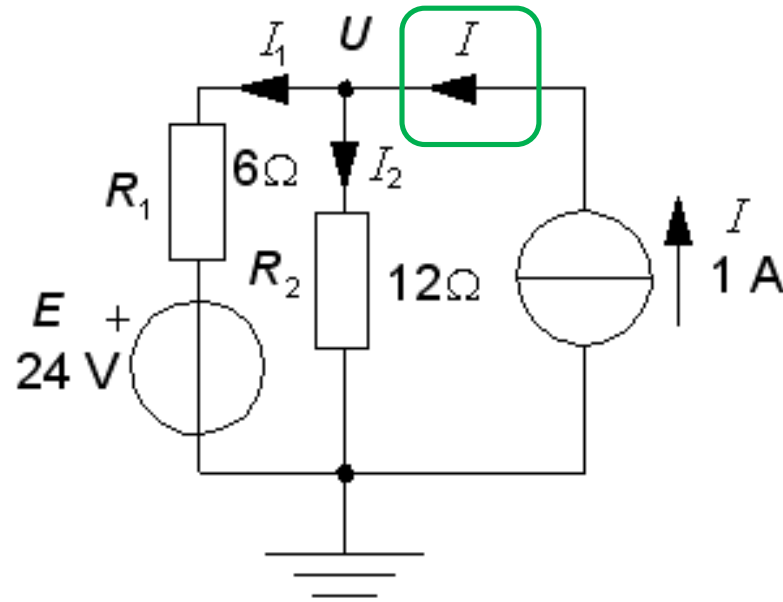
OHM's lag

(Strömgenerator vid nodanalys)



$$I = ?$$

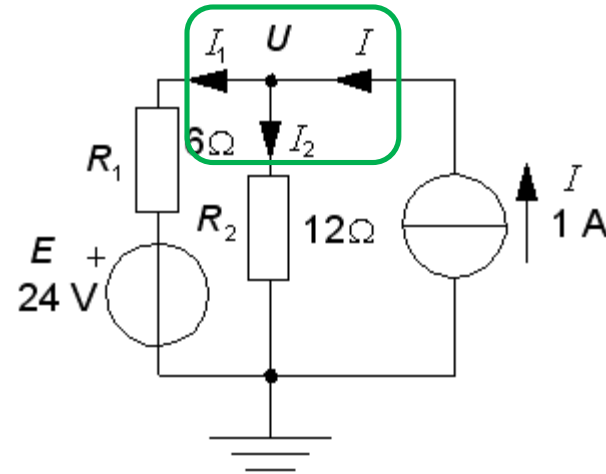
(Strömgenerator vid nodanalys)



$$I = ? \quad I = 1 \text{ A}$$

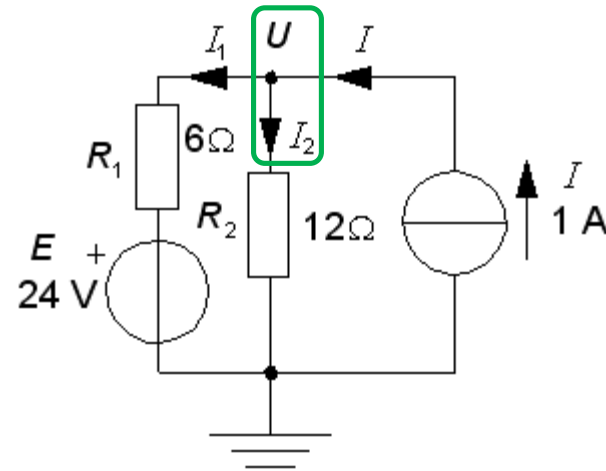
(Strömgenerator vid nodanalys)

$$-I_1 - I_2 + 1 = 0 \quad I_1 + I_2 = 1$$



(Strömgenerator vid nodanalys)

$$-I_1 - I_2 + 1 = 0 \quad I_1 + I_2 = 1$$
$$I_2 = \frac{U - 0}{R_2} = \frac{U}{12}$$

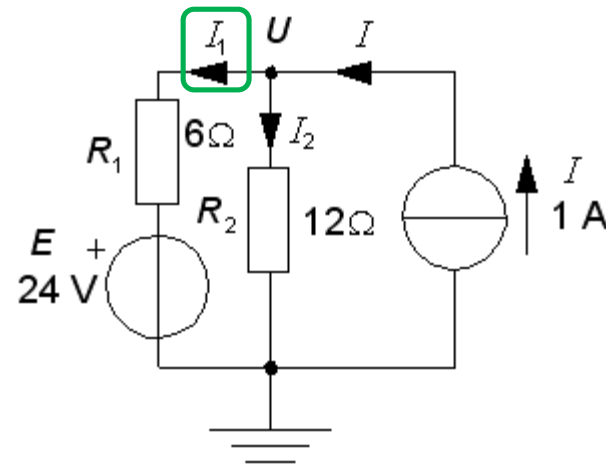


(Strömgenerator vid nodanalys)

$$-I_1 - I_2 + 1 = 0 \quad I_1 + I_2 = 1$$

$$I_2 = \frac{U - 0}{R_2} = \frac{U}{12}$$

$$I_1 = \frac{U - E}{R_1} = \frac{U - 24}{6}$$



(Strömgenerator vid nodanalys)

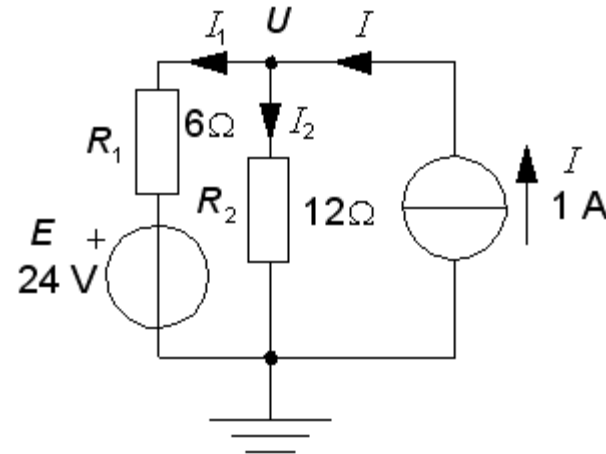
$$-I_1 - I_2 + 1 = 0 \quad I_1 + I_2 = 1$$

$$I_2 = \frac{U - 0}{R_2} = \frac{U}{12}$$

$$I_1 = \frac{U - E}{R_1} = \frac{U - 24}{6}$$

$$1 = \frac{U}{12} + \frac{U - 24}{6} = \frac{2 \cdot U - 48 + U}{12}$$

$$U = 20 \text{ V}$$



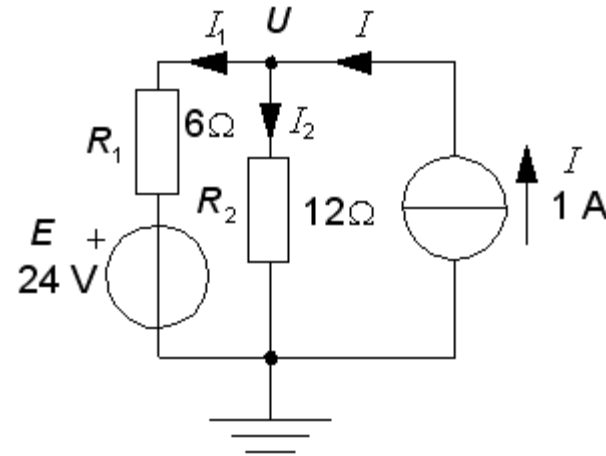
$$\Leftrightarrow 12 = 3 \cdot U - 48$$

(Nodanalys – strömmarna)

$$I_2 = \frac{20}{12} = 1,67$$

$$I_1 = \frac{20 - 24}{6} = -0,67$$

$$\text{Check: } I_1 + I_2 = 1 \Rightarrow -0,67 + 1,67 = 1$$



William Sandqvist william@kth.se