IE1206 Inbyggd Elektronik

F1 → F2 PIC-block Dokumentation, Seriecom Pulsgivare

F3 → Ö1 → KK1 LAB1 *I*, *U*, *R*, *P*, serie och parallell

Pulsgivare, Menyprogram

- ***Start för programmeringsgruppuppgift***

F4 → Ö2 Kirchhoffs lagar Nodanalys Tvåpolsatsen R2R AD

F5 → Ö3 → KK2 LAB2 ***Tvåpol, AD, Komparator/Schmitt***

F6 → Ö4 → F7 → KK3 LAB3 Transienter PWM

Step-up, RC-oscillator

F8 → Ö5 → F9 Visare jω PWM CCP KAP/IND-sensor

Ö6 → F10 → F11 → KK4 LAB4 ***LC-osc, DC-motor, CCP PWM***

F12 → Ö7 → redovisning LP-filter Trafo + Gästföreläsning

- ***Redovisning av programmeringsgruppuppgift***

F13 → tentamen Trafo, Ethernetkontakten

William Sandqvist william@kth.se

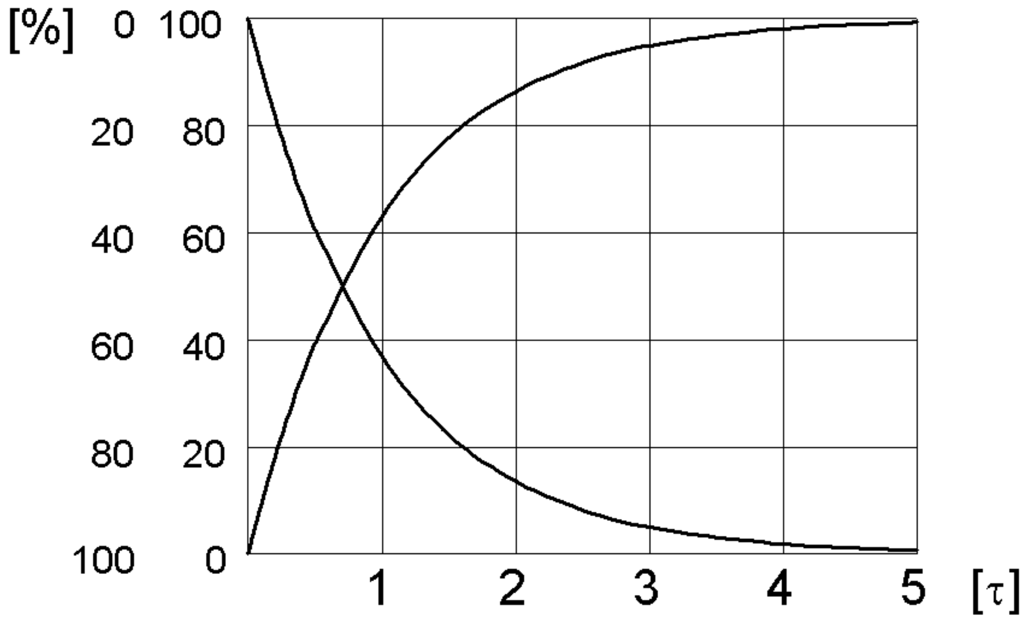
Snabbformel *för exponentialfunktioner*

Typ. Stigande kurva

$$x(t) = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Typ. Fallande kurva

$$x(t) = e^{-\frac{t}{\tau}}$$



Snabbformel (ger direkt funktionen för en stigande/fallande kurva):

$\boxed{x_0}$ = storhetens startvärde

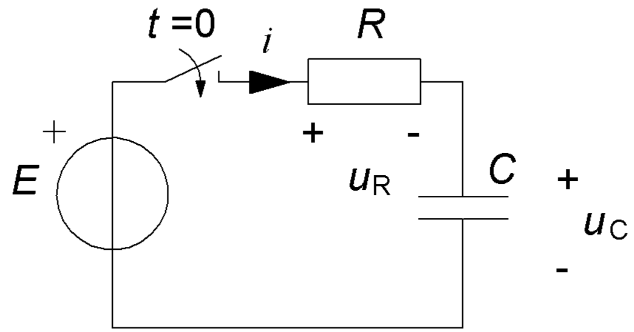
$\boxed{x_\infty}$ = storhetens slutvärde

$\boxed{\tau}$ = förloppets tidkonstant

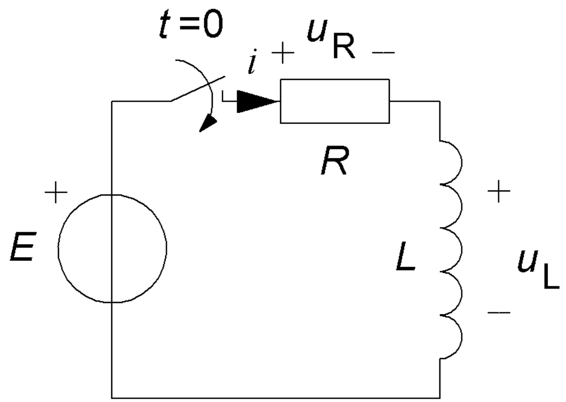
$$\boxed{x(t) = x_\infty - (x_\infty - x_0)e^{-\frac{t}{\tau}}}$$

William Sandqvist william@kth.se

Tidkonstanter



$$\tau = R \cdot C$$

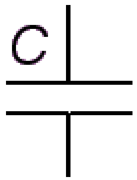


$$\tau = \frac{L}{R}$$

- Mer komplicerade kretsar förenklar man med tvåpolssatsen till dessa enkla former.

Kontinuitetsvilkor

Sammanfattning



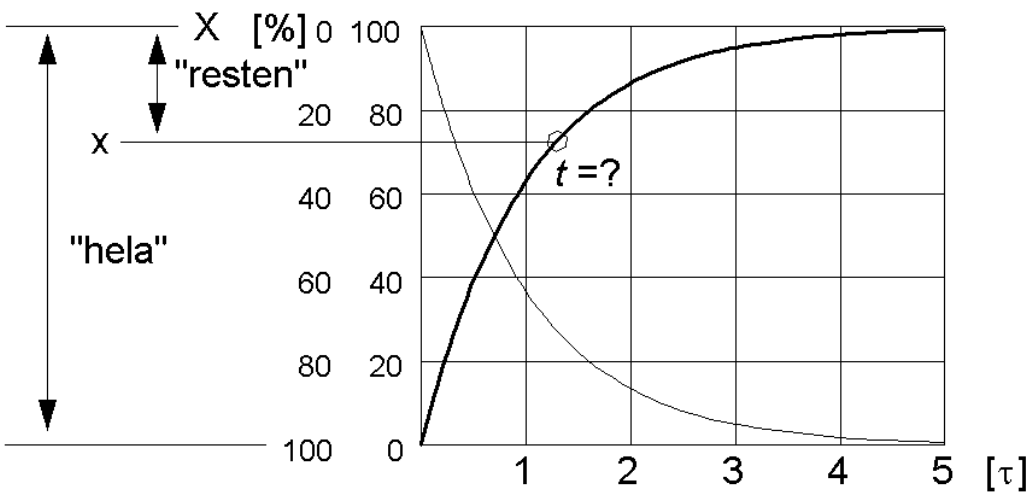
Kondensatorn är spänningströg

I en kondensator är laddningen alltid kontinuerlig
I en kondensator är **spänningen** alltid **kontinuerlig**.

Spolen är strömtrög

I en spole är flödet alltid kontinuerligt
I en spole är **strömmen** alltid **kontinuerlig**.

”Hela swinget genom resten”



$$x = X(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad \Rightarrow \quad \frac{x}{X} = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \Rightarrow \quad \ln\left(1 - \frac{x}{X}\right) = -\frac{t}{\tau} \quad \Rightarrow \quad t = -\tau \cdot \ln \frac{X - x}{X}$$

$$\boxed{t} = \tau \cdot \ln \frac{X}{X - x} = \boxed{\tau \cdot \ln \frac{\text{"hela"}}{\text{"resten"}}}$$

William Sandqvist william@kth.se

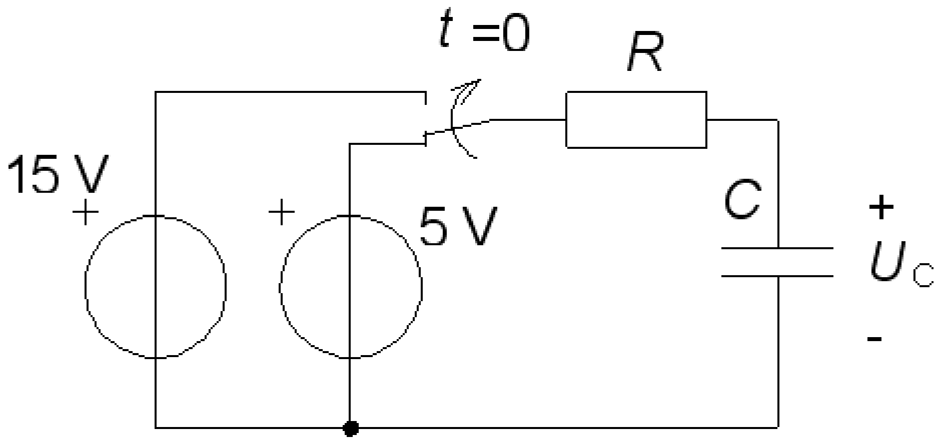
Kondensatorns uppladdning (10.5)

R = 2000 Ω och C = 1000 μF

Tag fram ett uttryck för $u_C(t)$

Rita funktionen $u_C(t)$

Beräkna hur lång tid det tar för u_C att nå +10V?



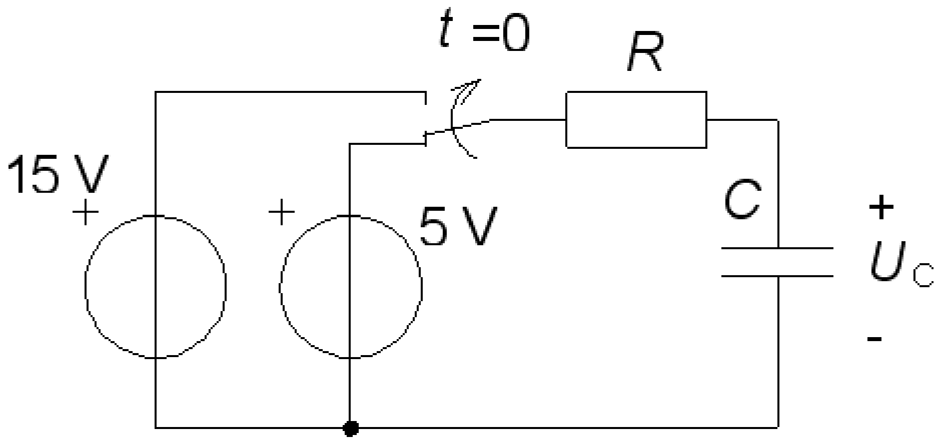
Kondensatorns uppladdning (10.5)

R = 2000 Ω och C = 1000 μF

Tag fram ett uttryck för $u_C(t)$

Rita funktionen $u_C(t)$

Beräkna hur lång tid det tar för u_C att nå +10V?



u_{C0} = 5 V
$u_{C\infty}$ = 15 V
$\tau = 2000 \cdot 1000 \cdot 10^{-6} = 2$ s

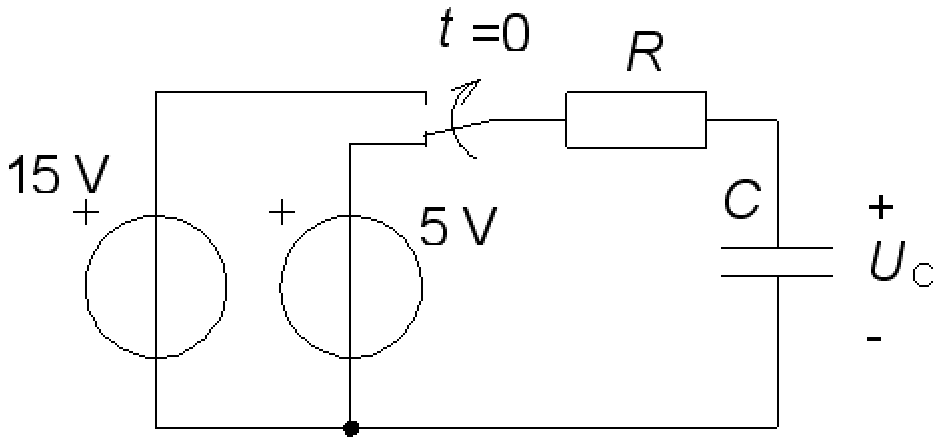
Kondensatorns uppladdning (10.5)

R = 2000 Ω och C = 1000 μF

Tag fram ett uttryck för $u_C(t)$

Rita funktionen $u_C(t)$

Beräkna hur lång tid det tar för u_C att nå +10V?



u_{C0} = 5 V
$u_{C\infty}$ = 15 V
$\tau = 2000 \cdot 1000 \cdot 10^{-6} = 2$ s

$$x(t) = x_\infty - (x_\infty - x_0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$u_C(t) = 15 - (15 - 5) \cdot e^{-\frac{t}{2}} = 15 - 10 \cdot e^{-0,5 \cdot t}$$

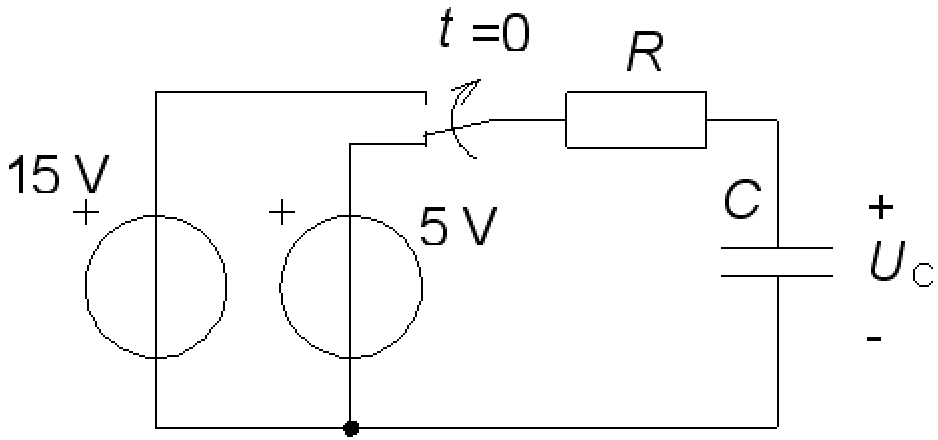
Kondensatorns uppladdning (10.5)

R = 2000 Ω och C = 1000 µF

Tag fram ett uttryck för $u_C(t)$

Rita funktionen $u_C(t)$

Beräkna hur lång tid det tar för u_C att nå +10V?



u_{C0} = 5 V
$u_{C\infty}$ = 15 V
$\tau = 2000 \cdot 1000 \cdot 10^{-6} = 2$ s

$$x(t) = x_\infty - (x_\infty - x_0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$u_C(t) = 15 - (15 - 5) \cdot e^{-\frac{t}{2}} = 15 - 10 \cdot e^{-0,5 \cdot t}$$

Tips: Kondensatorn är ”spänningströg” – Lägger man en spänning över en kondensator kan den inte laddas ögonblickligen (skulle kräva oändlig ström). Spänningen ändras *inte* momentant.

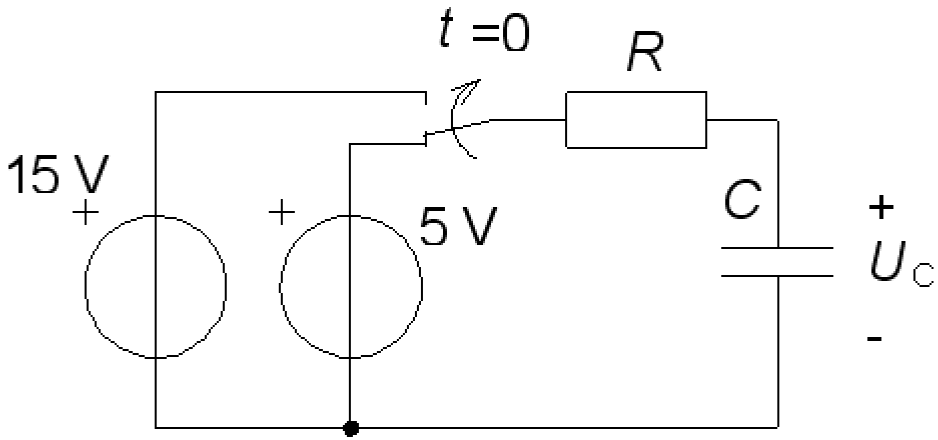
Kondensatorns uppladdning (10.5)

R = 2000 Ω och C = 1000 µF

Tag fram ett uttryck för $u_C(t)$

Rita funktionen $u_C(t)$

Beräkna hur lång tid det tar för u_C att nå +10V?



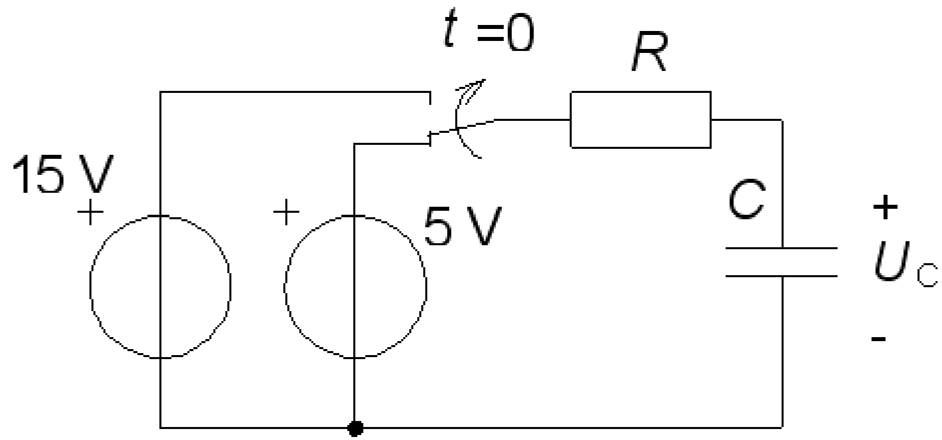
Kondensatorns uppladdning (10.5)

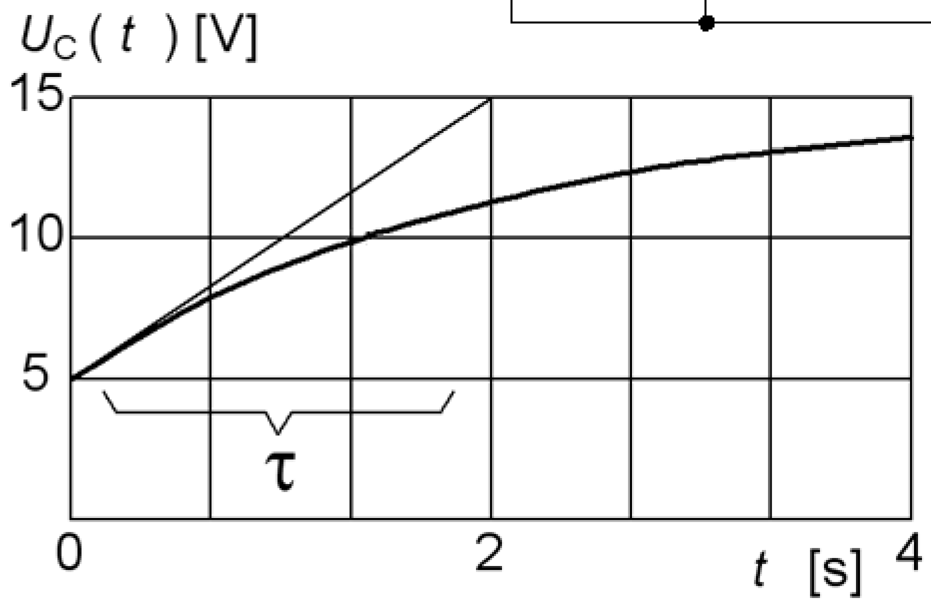
R = 2000 Ω och C = 1000 μF

Tag fram ett uttryck för $u_C(t)$

Rita funktionen $u_C(t)$

Beräkna hur lång tid det tar för u_C att nå +10V?





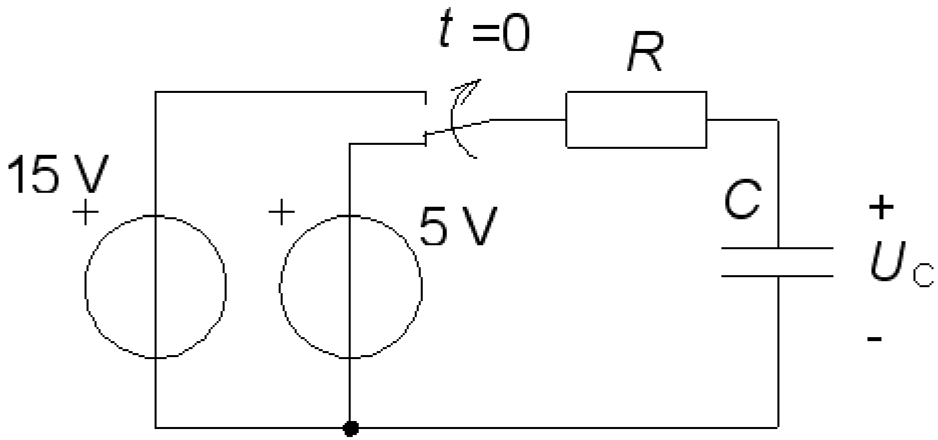
Kondensatorns uppladdning (10.5)

R = 2000 Ω och C = 1000 µF

Tag fram ett uttryck för $u_C(t)$

Rita funktionen $u_C(t)$

Beräkna hur lång tid det tar för u_C att nå +10V?



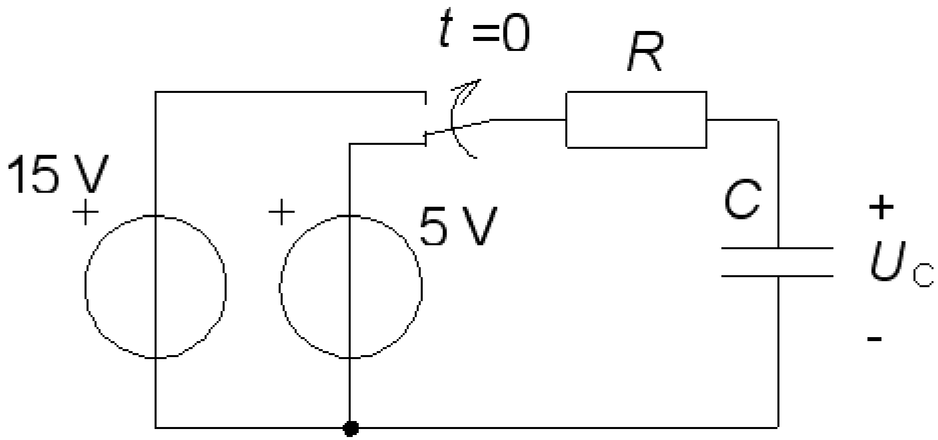
Kondensatorns uppladdning (10.5)

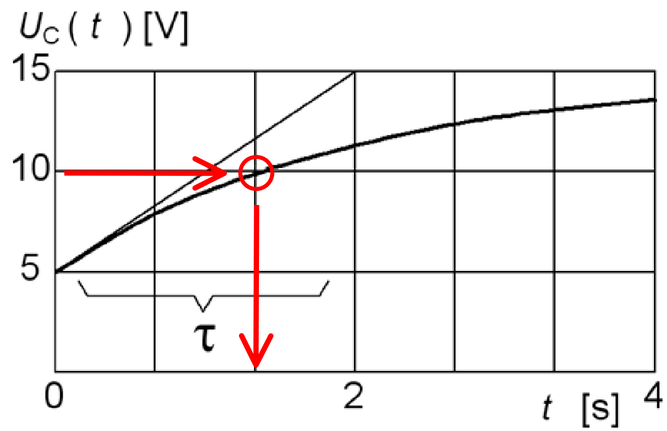
R = 2000 Ω och C = 1000 μF

Tag fram ett uttryck för $u_C(t)$

Rita funktionen $u_C(t)$

Beräkna hur lång tid det tar för u_C att nå +10V?





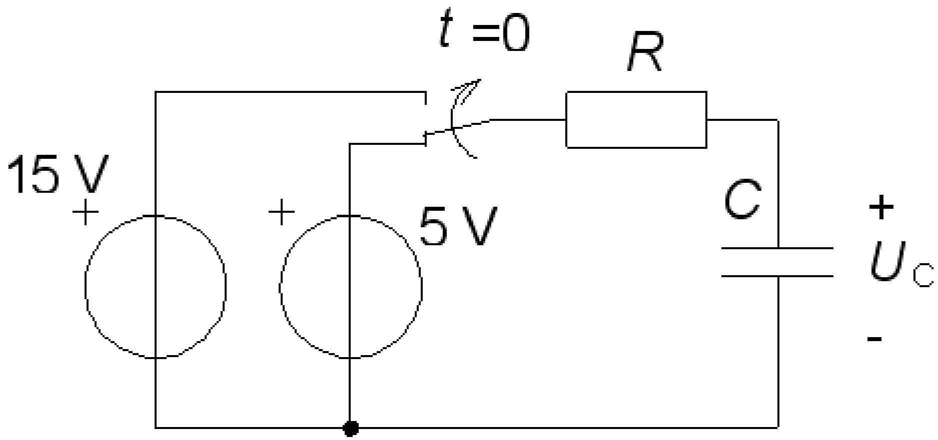
Kondensatorns uppladdning (10.5)

R = 2000 Ω och C = 1000 µF

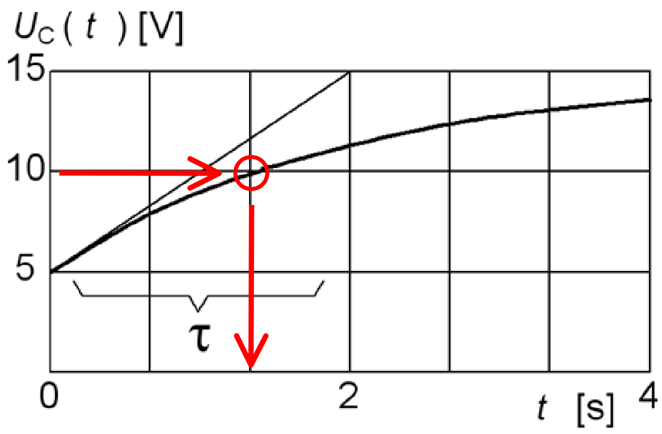
Tag fram ett uttryck för $u_C(t)$

Rita funktionen $u_C(t)$

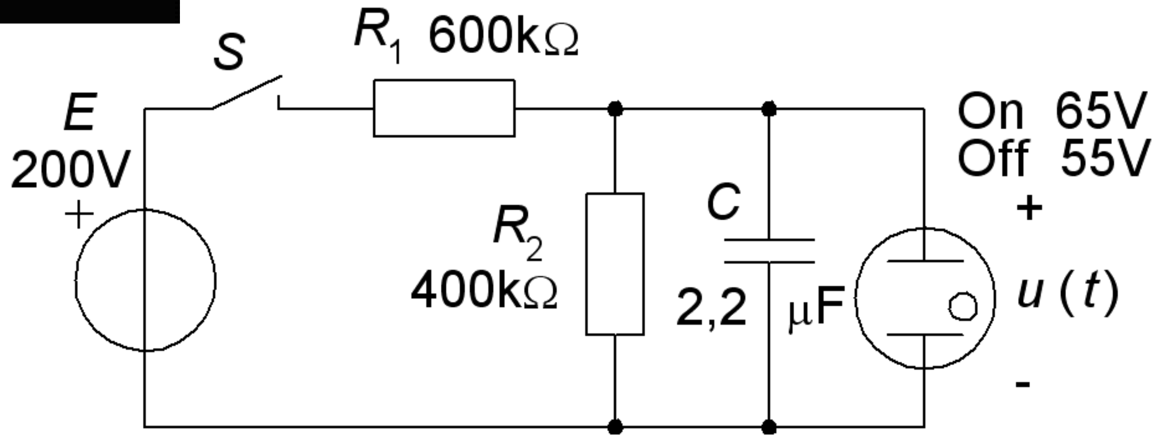
Beräkna hur lång tid det tar för u_C att nå +10V?



$$t = \tau \cdot \ln \frac{\text{"hela"}}{\text{"resten"}} = 2 \cdot \ln \frac{15-5}{15-10} =$$
$$= 2 \cdot 0{,}695 = 1{,}39 \text{ s}$$



Glimlampan (10.9)

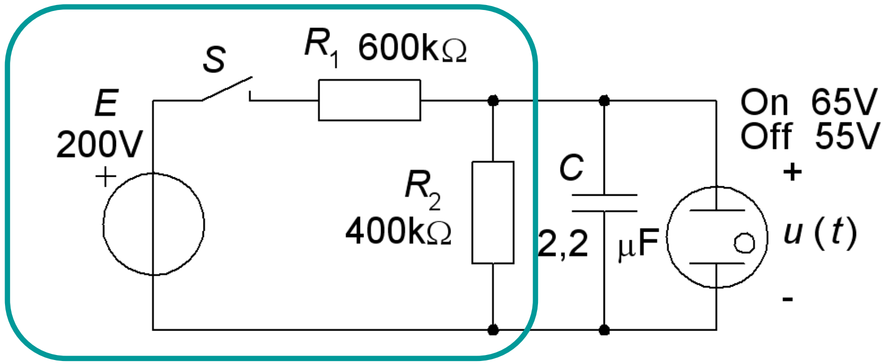


Blink-krets med glimlampa.

William Sandqvist william@kth.se

Glimlampan (10.9)

a) *När kommer första blinket?*



Kretsens Thevenin-tvåpol:
R_I = 600||400 = 240 kΩ
E_0 = 200·400/1000 = 80V

Kondensatorn laddas från 0V upp mot 80V till 65V då glimlampan tänds (och laddar ur kondensatorn till 55V då den släcks).

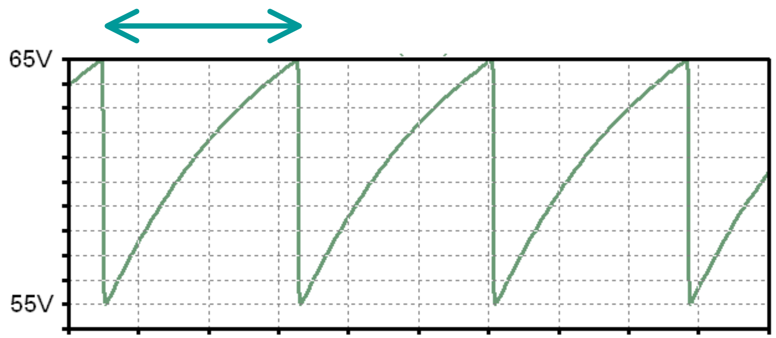
$$\tau = \boxed{R_I} \cdot C = 240 \cdot 10^3 \cdot 2{,}2 \cdot 10^{-6} = 0{,}528$$

$$t = \tau \cdot \ln \frac{hela}{resten} = 0{,}528 \cdot \ln \frac{80-0}{80-65} = 0{,}88\ s$$

Glimlampan (10.9)

b) *Hur lång tid tar det till nästa blink?*

Kondensatorn laddas nu *från* 55V upp *mot* 80V *till* 65V då glimlampan tänds (och laddar ur kondensatorn till 55V, då den släcks).



$$\tau = 0{,}528$$

$$t = \tau \cdot \ln \frac{hela}{resten} = 0{,}528 \cdot \ln \frac{80-55}{80-65} = 0{,}27\ s$$

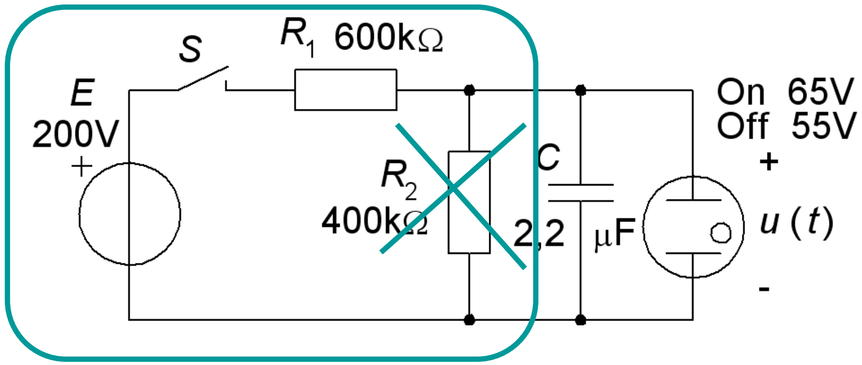
Blinkfrekvensen:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}27} = 3{,}7\ \text{Hz}$$

William Sandqvist william@kth.se

Glimlampan (10.9)

c) *Om R_2 är borta, hur lång tid tar det då mellan blinkningarna?*



Om R_2 är borta spänningsdelas E inte.
E = 200.
Tidkonstanten förändras.

Kondensatorn laddas nu från 55V upp mot 200V till 65V då glimlampan tänds (och laddar ur kondensatorn till 55V då den släcks).

$$\tau = \boxed{R_1} \cdot C = 600 \cdot 10^3 \cdot 2{,}2 \cdot 10^{-6} = 1{,}32$$

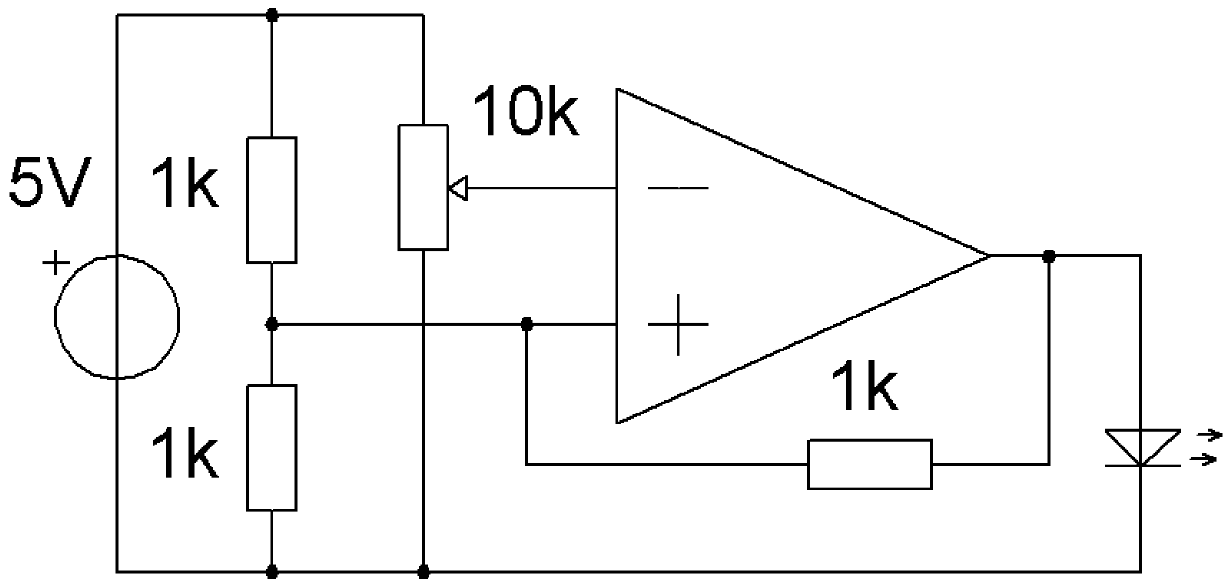
$$t = \tau \cdot \ln \frac{hela}{resten} = 1{,}32 \cdot \ln \frac{200-55}{200-65} = 0{,}094\ s$$

Blinkfrekvensen:

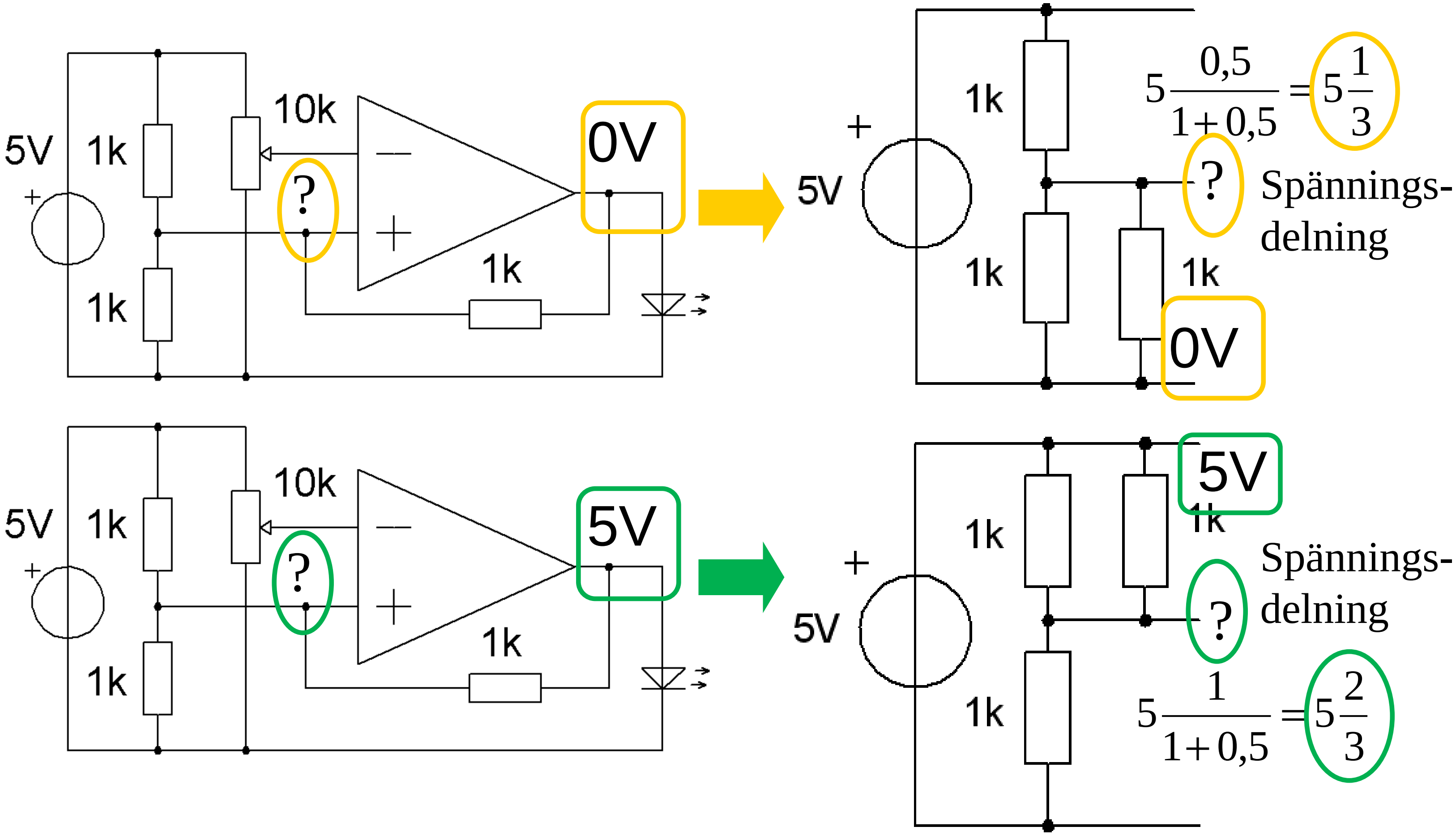
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}094} = 11\ \text{Hz}$$

William Sandqvist william@kth.se

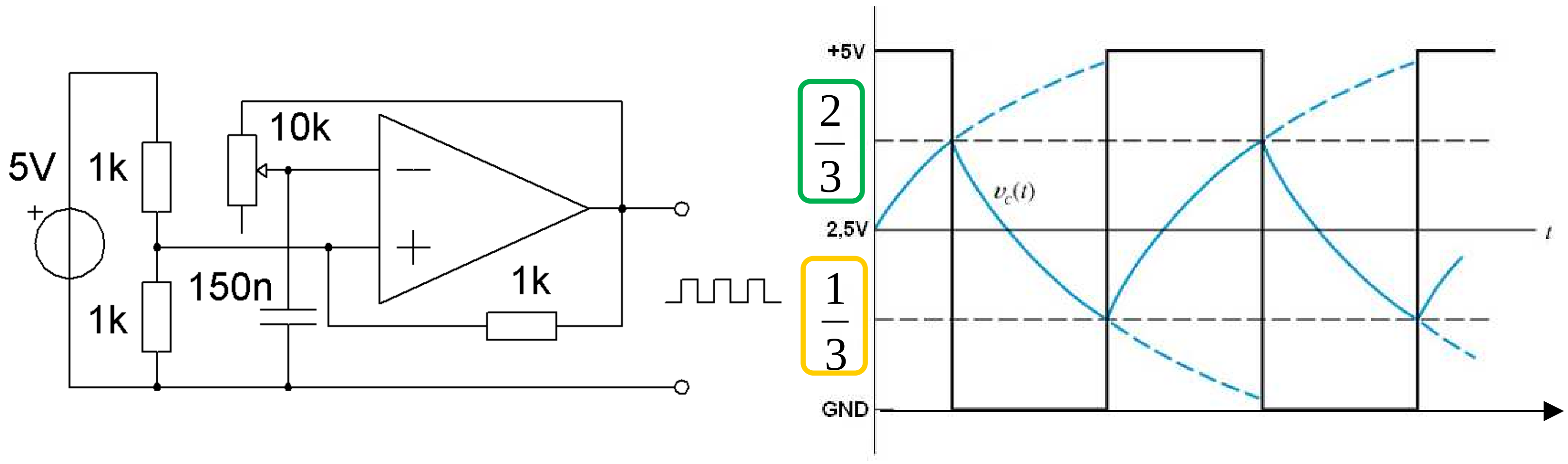
Schmitt-trigger (10.10)



Omslagsnivåerna? (10.10)



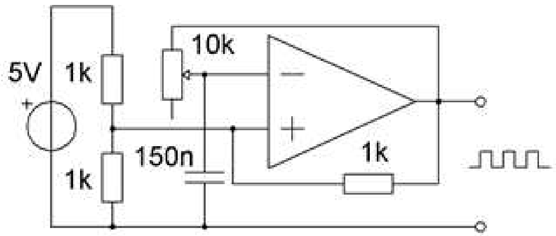
RC-oscillator (10.10)



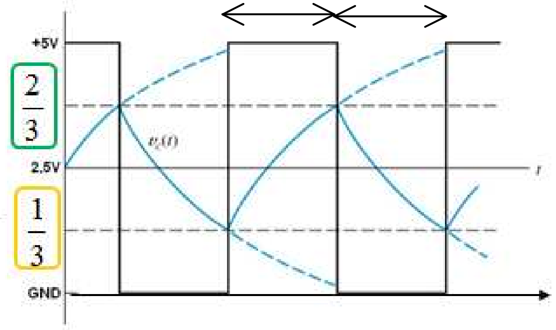
Komparatorn laddar upp kondensatorn till den övre omslags-spänningen, därefter slår utgången om och laddar ur kondensatorn till den nedre omslags-spänningen. Frekvensen på komparatorns utgång beror av produkten *R*·*C*. Eftersom *C* är konstant så blir det ***R* som styr frekvensen**.

RC-oscillatorns frekvens (10.10)

$R = 5\ \text{k}\Omega$



$t_1 = t_2$



$$\tau = R \cdot C = 5 \cdot 10^3 \cdot 150 \cdot 10^{-9} = 0{,}75 \cdot 10^{-3}$$

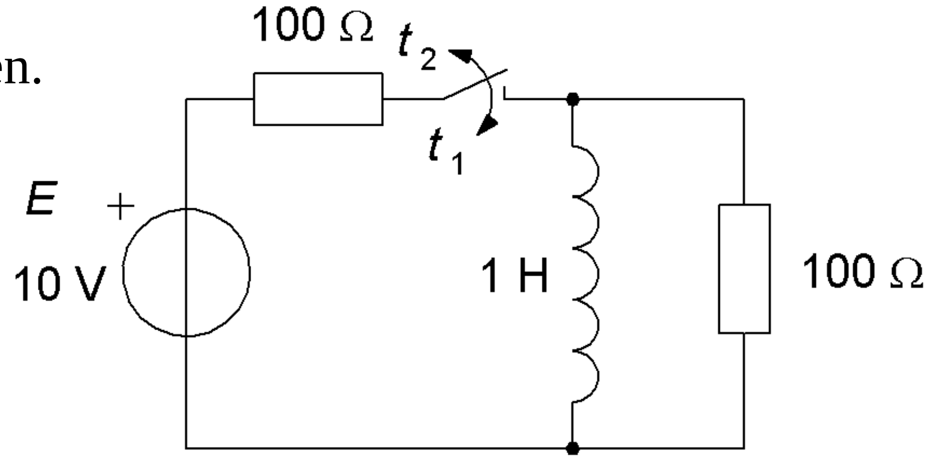
$$t_1 = \tau \cdot \ln \frac{hela}{resten} = 0{,}75 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{5 - \frac{1}{3} \cdot 5}{\frac{1}{3} \cdot 5} = 0{,}75 \cdot 10^{-3} \cdot \ln 2 = 5{,}2\ \text{ms}$$

$$t_2 = t_1 \quad T = 2 \cdot t_1 = 2 \cdot 5{,}2 \cdot 10^{-3} = 10{,}4\ \text{ms} \quad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10{,}4 \cdot 10^{-3}} = 962\ \text{Hz}$$

Matningsspänningen 5V gick att förkorta bort. Frekvensen blir således oberoende av matningsspänningen!

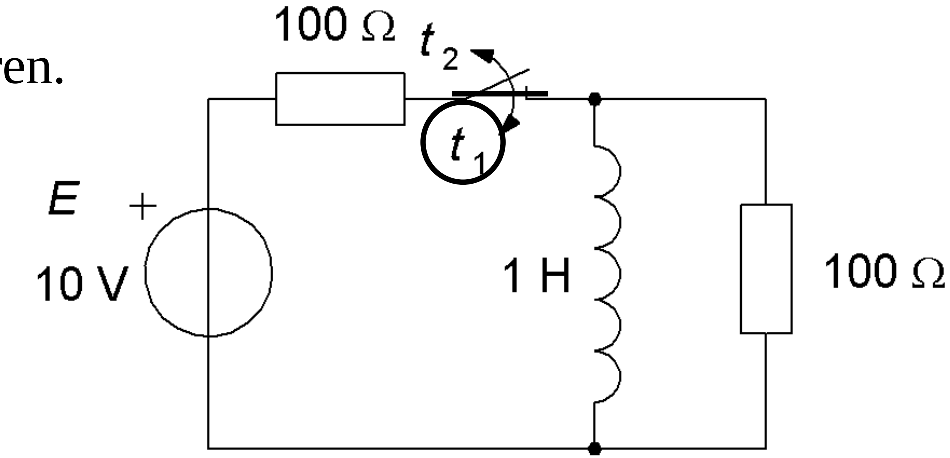
Spolens **inkoppling** och urkoppling (10.8)

E är en likspänningskälla. Vid tidpunkten t_1 sluts strömställaren.



Spolens **inkoppling** och urkoppling (10.8)

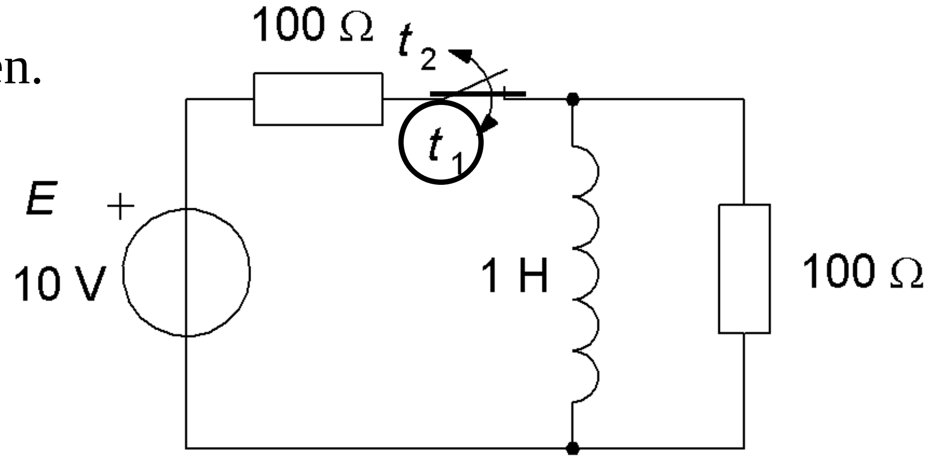
E är en likspänningskälla. Vid tidpunkten t_1 sluts strömställaren.



a) Hur stor blir strömmen genom spolen i första ögonblicket?

Spolens **inkoppling** och urkoppling (10.8)

E är en likspänningskälla. Vid tidpunkten t_1 sluts strömställaren.

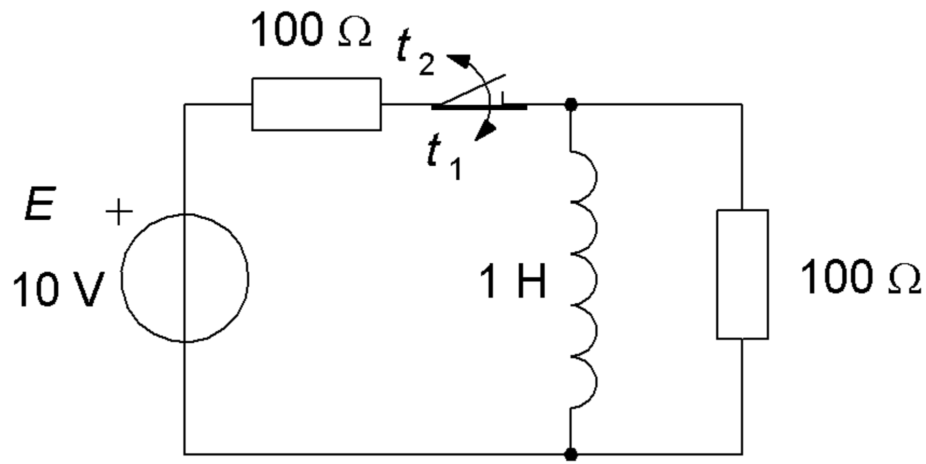


a) Hur stor blir strömmen genom spolen i första ögonblicket?

Svar: Spolen är ”strömtrög”. I första ögonblicket (t_1) är strömmen ”samma” $i = 0$.

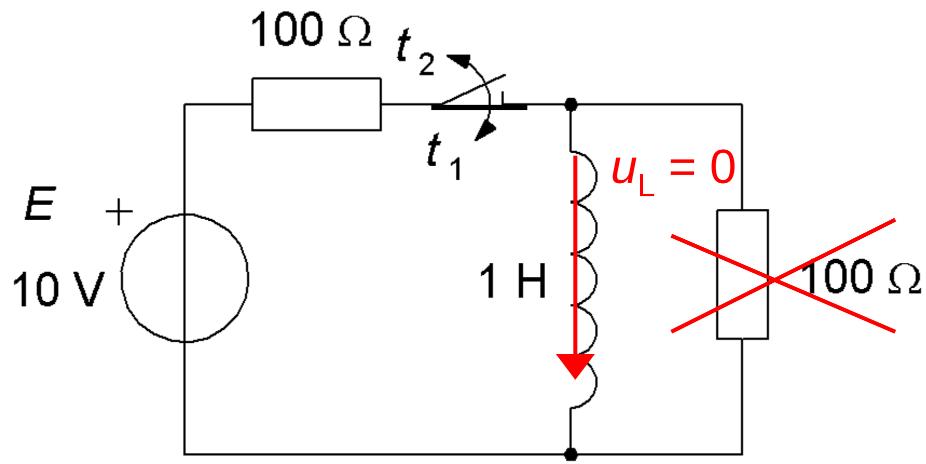
Spolens **inkoppling** och urkoppling (10.8)

b) Hur stor blir strömmen genom spolen efter det att en *lång* tid förflutit?



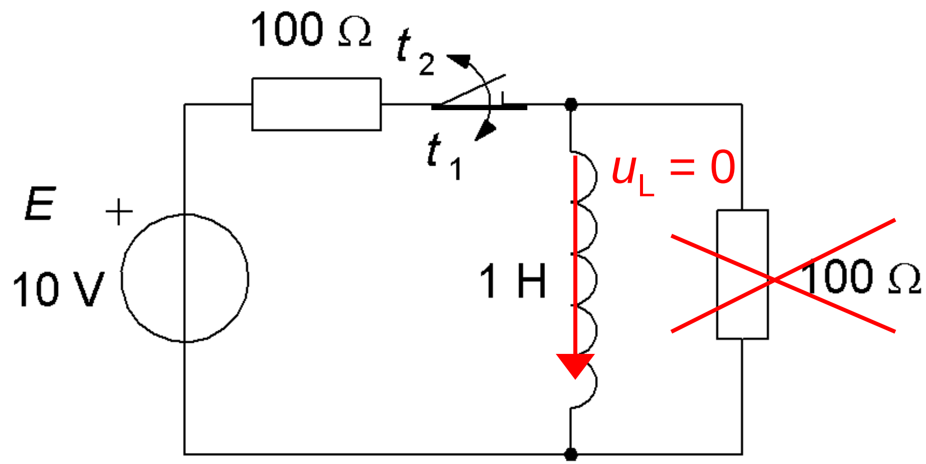
Spolens **inkoppling** och urkoppling (10.8)

b) Hur stor blir strömmen genom spolen efter det att en *lång* tid förflutit?



Spolens **inkoppling** och urkoppling (10.8)

b) Hur stor blir strömmen genom spolen efter det att en *lång* tid förflutit?

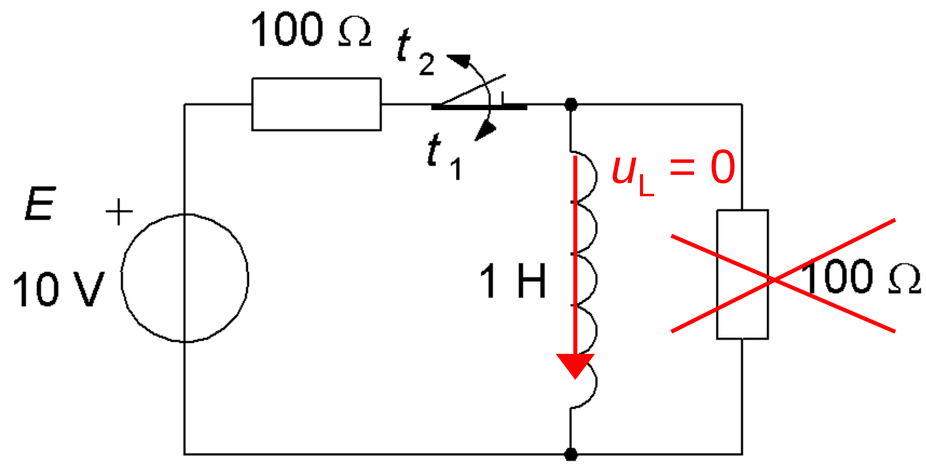


Svar: Efter en lång tid har förändringarna klingat ut. Spänningen över spolen (som beror på förändringar) är då 0, spolen ”kortsluter” den parallella 100 **Ω** resistorn. Kvar blir 100 **Ω** serie-resistorn.

i = 10V/100**Ω** = 0,1 A.

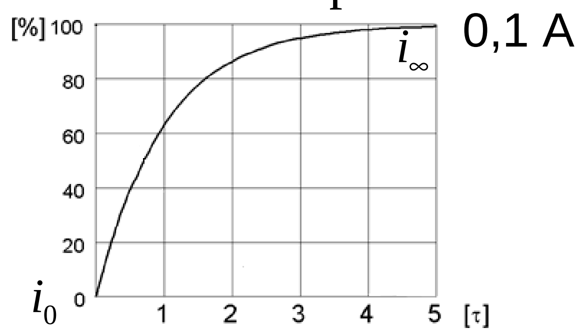
Spolens **inkoppling** och urkoppling (10.8)

b) Hur stor blir strömmen genom spolen efter det att en *lång* tid förflutit?



Svar: Efter en lång tid har förändringarna klingat ut. Spänningen över spolen (som beror på förändringar) är då 0, spolen ”kortsluter” den parallella 100 Ω resistorn. Kvar blir 100 Ω serie-resistorn.

i = 10V/100Ω = 0,1 A.

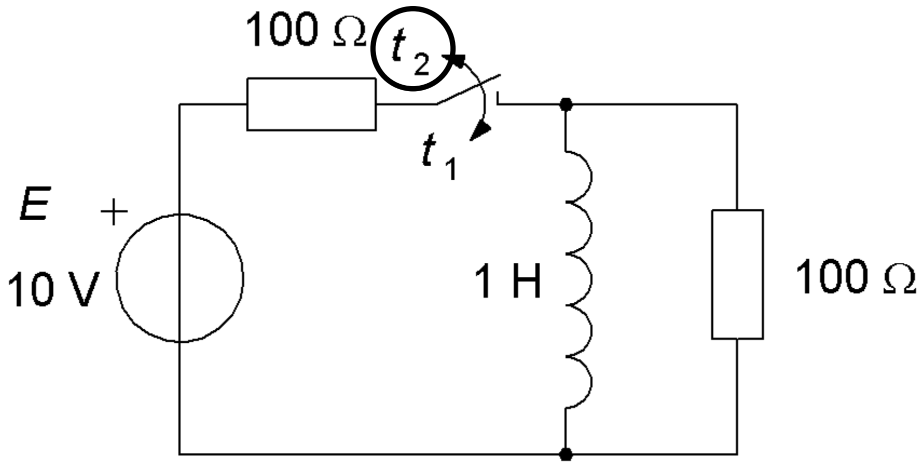


William Sandqvist william@kth.se

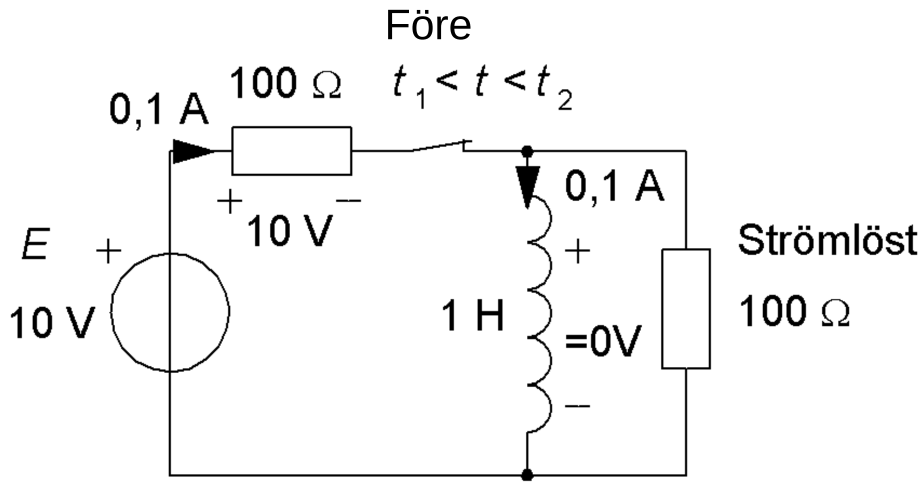
Spolens inkoppling och **urkoppling** (10.8)

c) Senare, vid tidpunkten t_2 ***öppnas*** strömställaren.

Ställ nu upp ett utryck för strömmen genom spolen som funktion av tiden t för tiden efter t_2. Låt förloppet börja vid $t = t_2 = 0$.

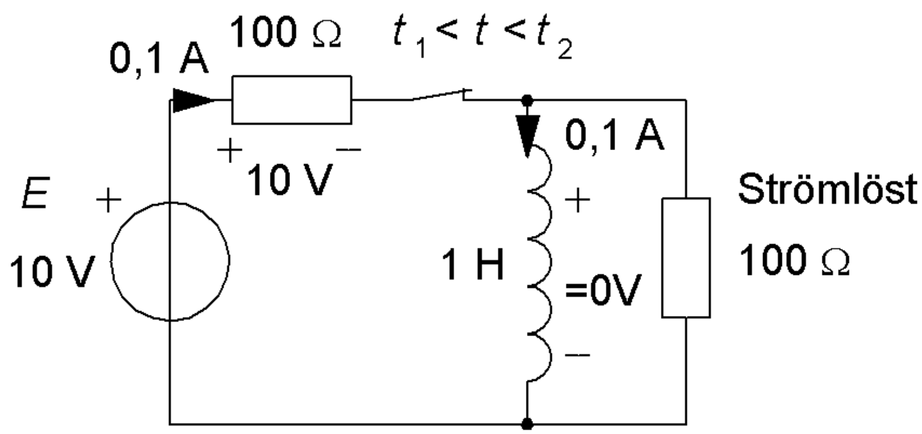


Spolens inkoppling och **urkoppling** (10.8)

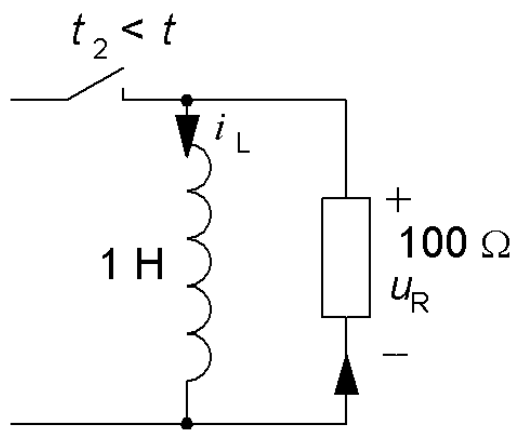


Spolens inkoppling och **urkoppling** (10.8)

Före

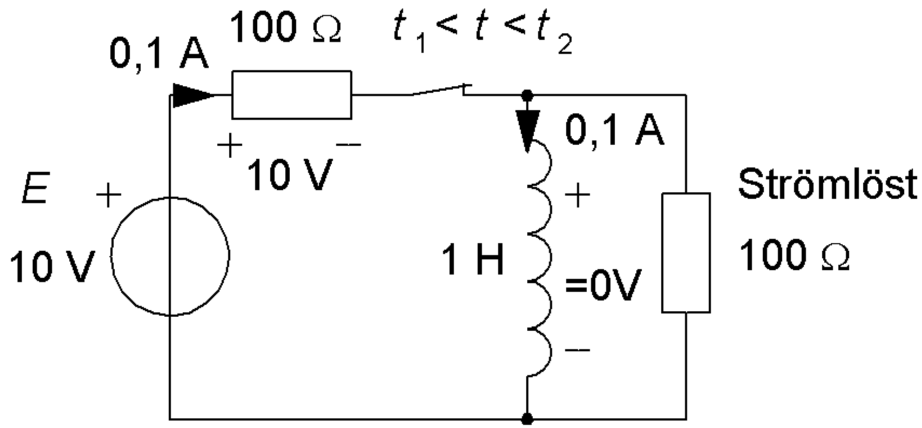


Efter

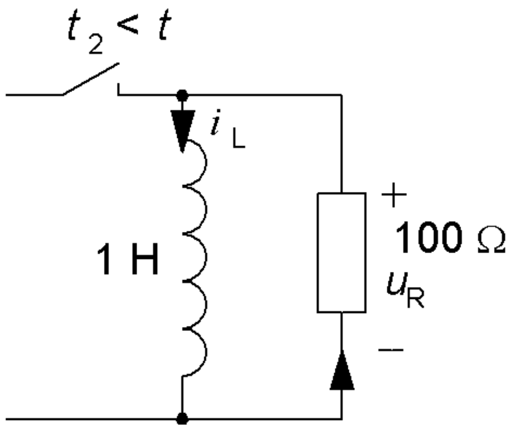


Spolens inkoppling och **urkoppling** (10.8)

Före

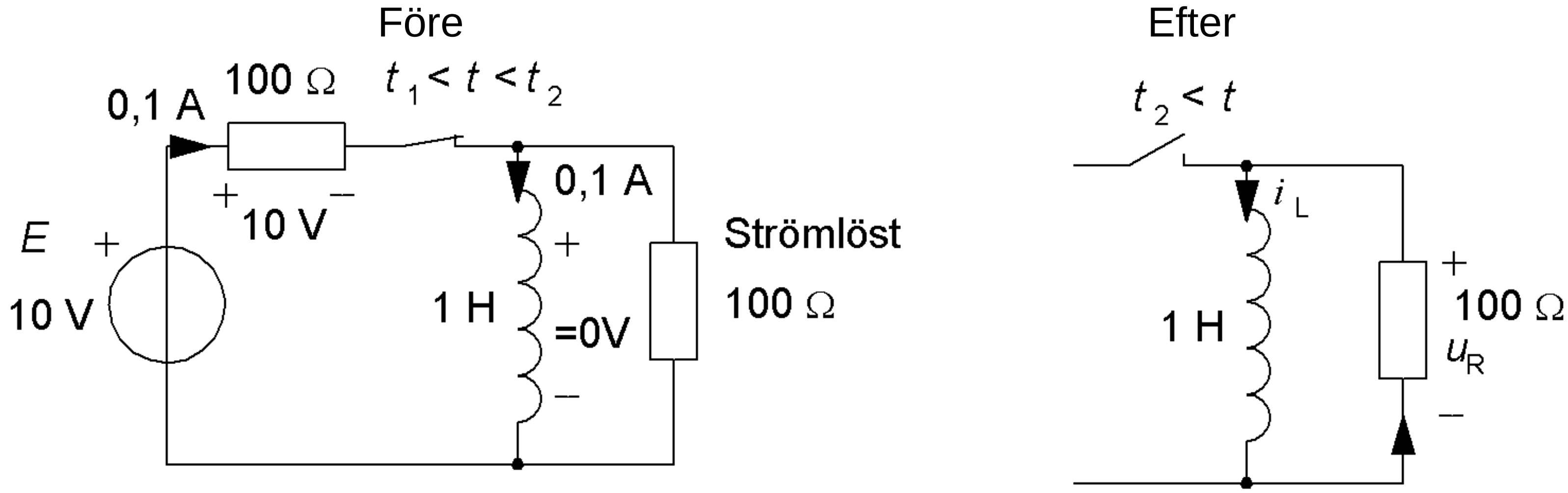


Efter



Efter t_2 börjar strömmen från ”samma” värde 0,1 A (i_0) som före och klingar därefter av till 0 (i_∞). Tidkonstanten $\tau = L/R = 1/100 = 0{,}01$ s.

Spolens inkoppling och **urkoppling** (10.8)



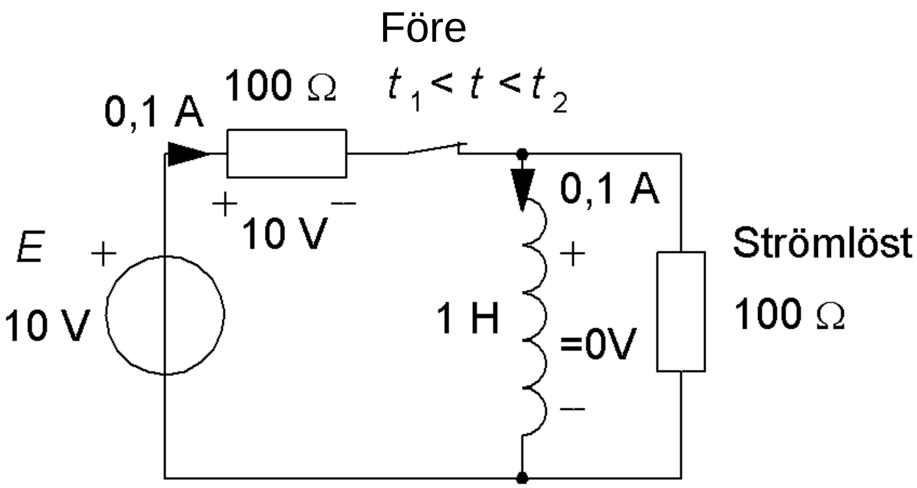
Efter t_2 börjar strömmen från ”samma” värde 0,1 A (i_0) som före och klingar därefter av till 0 (i_∞). Tidkonstanten $\tau = L/R = 1/100 = 0{,}01$ s.

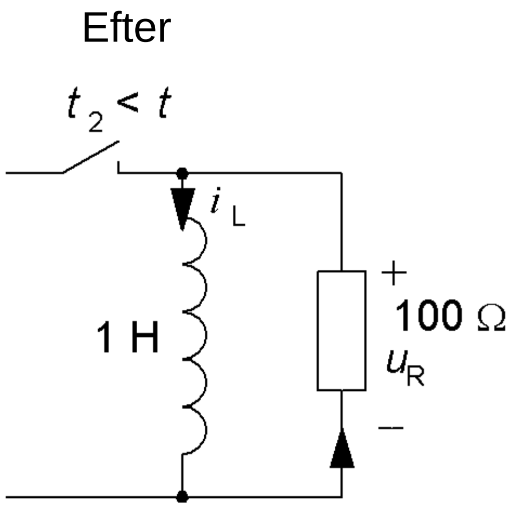
Snabbformeln: $x(t) = x_\infty - (x_\infty - x_0)e^{-\frac{t}{\tau}}$

$$i_\mathrm{L}(t) = \underset{\textstyle i_{L\infty}}{0} - (\underset{\textstyle i_{L\infty}}{0} - \underset{\textstyle i_{L0}}{0{,}1}) \cdot e^{-\frac{t}{0{,}01}} \quad \Leftrightarrow \quad i_\mathrm{L}(t) = 0{,}1 \cdot e^{-\frac{t}{0{,}01}} = 0{,}1 \cdot e^{-100 \cdot t}$$

William Sandqvist william@kth.se

Spolens inkoppling och **urkoppling** (10.8)

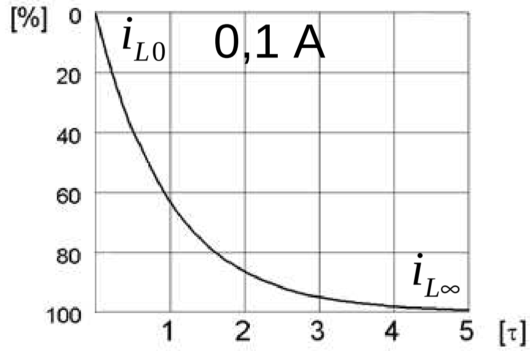




Efter t_2 börjar strömmen från "samma" värde 0,1 A (i_0) som före och klingar därefter av till 0 (i_∞). Tidkonstanten $\tau = L/R = 1/100 = 0{,}01$ s.

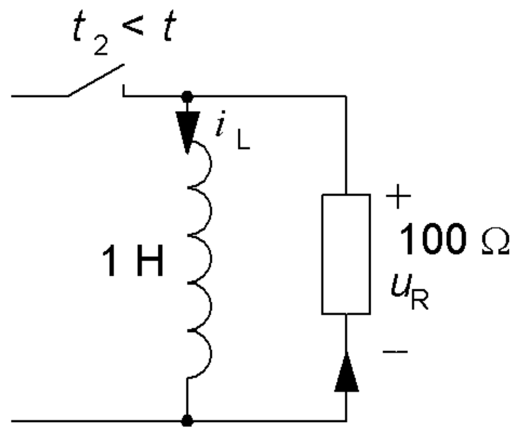
Snabbformeln: $x(t) = x_\infty - (x_\infty - x_0)e^{-\frac{t}{\tau}}$

$$i_L(t) = 0 - (0 - 0{,}1)\cdot e^{-\frac{t}{0{,}01}} \Leftrightarrow \boxed{i_L(t)} = 0{,}1\cdot e^{-\frac{t}{0{,}01}} = \boxed{0{,}1\cdot e^{-100\cdot t}}$$



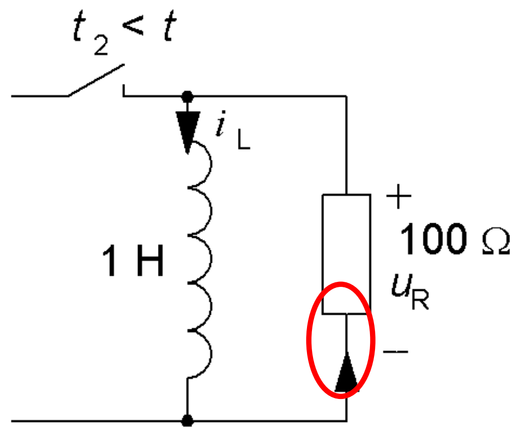
Spolens inkoppling och **urkoppling** (10.8)

När spänningskällan 10 V är bortkopplad drivs strömmen *helt* av induktansen. Spänningen över 100 Ω resistorn U_R blir i första ögon-blicket -100·0,1 = -10 V. Minustecken för att strömmen går in i *nedre delen* av resistorn.



Spolens inkoppling och **urkoppling** (10.8)

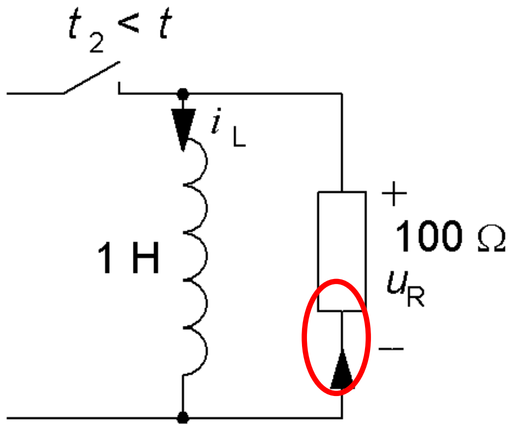
När spänningskällan 10 V är bortkopplad drivs strömmen *helt* av induktansen. Spänningen över 100 Ω resistorn U_R blir i första ögonblicket -100·0,1 = -10 V. Minustecken för att strömmen går in i *nedre delen* av resistorn.



William Sandqvist william@kth.se

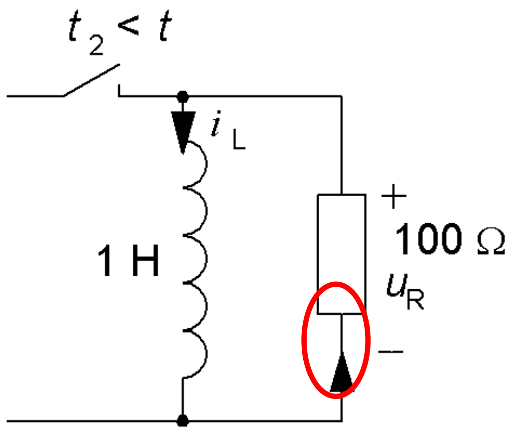
Spolens inkoppling och **urkoppling** (10.8)

När spänningskällan 10 V är bortkopplad drivs strömmen *helt* av induktansen. Spänningen över 100 Ω resistorn U_R blir i första ögonblicket -100·0,1 = -10 V. Minustecken för att strömmen går in i *nedre delen* av resistorn.



- Antag att resistorn i stället hade varit 1000 Ω. Då hade u_R i första ögonblicket blivit -100 V !

Spolens inkoppling och **urkoppling** (10.8)



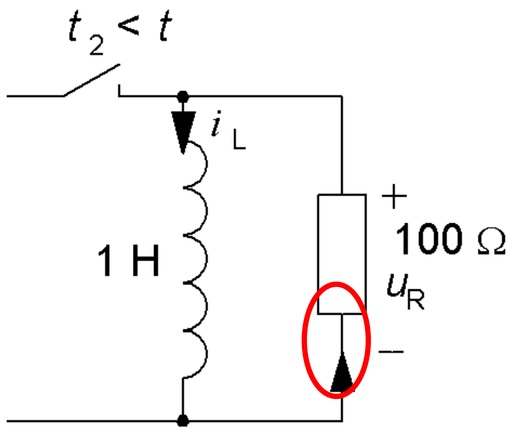
När spänningskällan 10 V är bortkopplad drivs strömmen *helt* av induktansen. Spänningen över 100 Ω resistorn U_R blir i första ögonblicket -100·0,1 = -10 V. Minustecken för att strömmen går in i *nedre delen* av resistorn.

- Antag att resistorn i stället hade varit 1000 Ω. Då hade u_R i första ögonblicket blivit -100 V !

- Antag att resistorn varit 10000 Ω då hade spänningen blivit -1000V !

Spolens inkoppling och **urkoppling** (10.8)

När spänningskällan 10 V är bortkopplad drivs strömmen *helt* av induktansen. Spänningen över 100 Ω resistorn U_R blir i första ögonblicket -100·0,1 = -10 V. Minustecken för att strömmen går in i *nedre delen* av resistorn.



• Antag att resistorn i stället hade varit 1000 Ω. Då hade u_R i första ögonblicket blivit -100 V !

• Antag att resistorn varit 10000 Ω då hade spänningen blivit -1000V !

• När strömkretsen bryts försöker spolen *fortsätta strömmen*, tills all magnetisk energi har förbrukats. Om man utelämnar resistorn ur kretsen, dvs. $R = \infty$ blir spänningen kortvarigt *mycket hög*.

Ex. Att bryta strömmen till en spole ger en hög spänning