

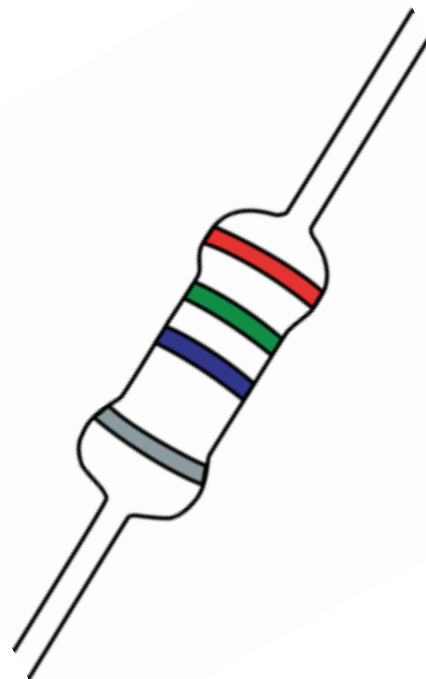
Föreläsning 7&8 – Ip2

Transienter

RC-nätverk

RL-nätverk

Extenta 2018



# Transienter – tidsberoende spänningar $v(t)$

## Behöver lösa differentialekvationer

Nu – första ordningens RC och RL-nätverk

## RC-nätverk

Hur lång tid tar det att ladda upp/ur en kondensator!

- Varför är  $f_{\text{clk}} \sim 3 \text{ GHz}$  en CPU?
- Mobilprocessor - långsammare?



$f_{\text{clk}} \sim 1.1 \text{ GHz}$



$f_{\text{clk}} \sim 3.9 \text{ GHz}$

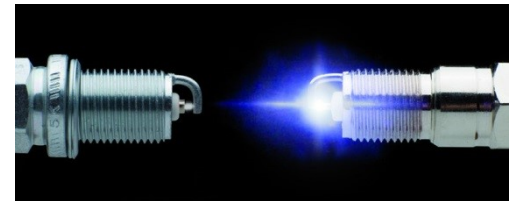
# Transienter – tidsberoende spänningar

---

## RL-nätverk

Vad händer när vi kopplar in/ut en spole till en spänningskälla?

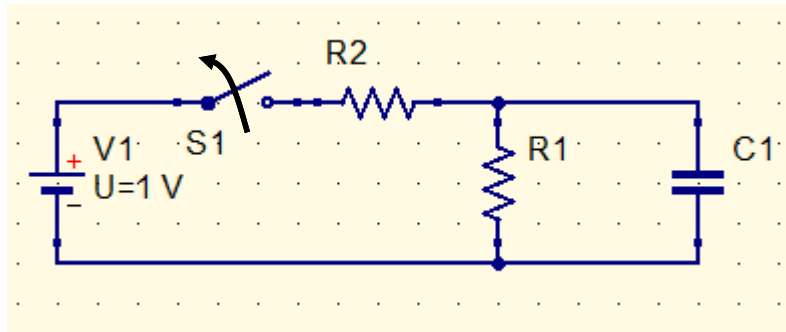
Tändstift – gnista (3000V)  
Bilbatteri – 12 V ??



Laddare (5V) – från 325V?



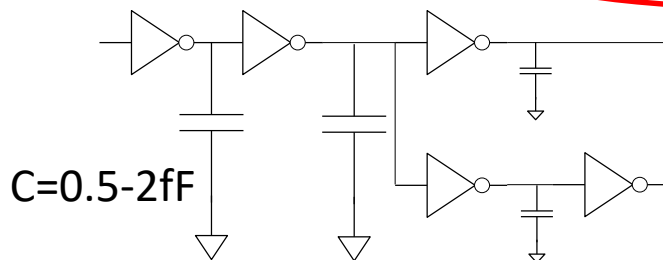
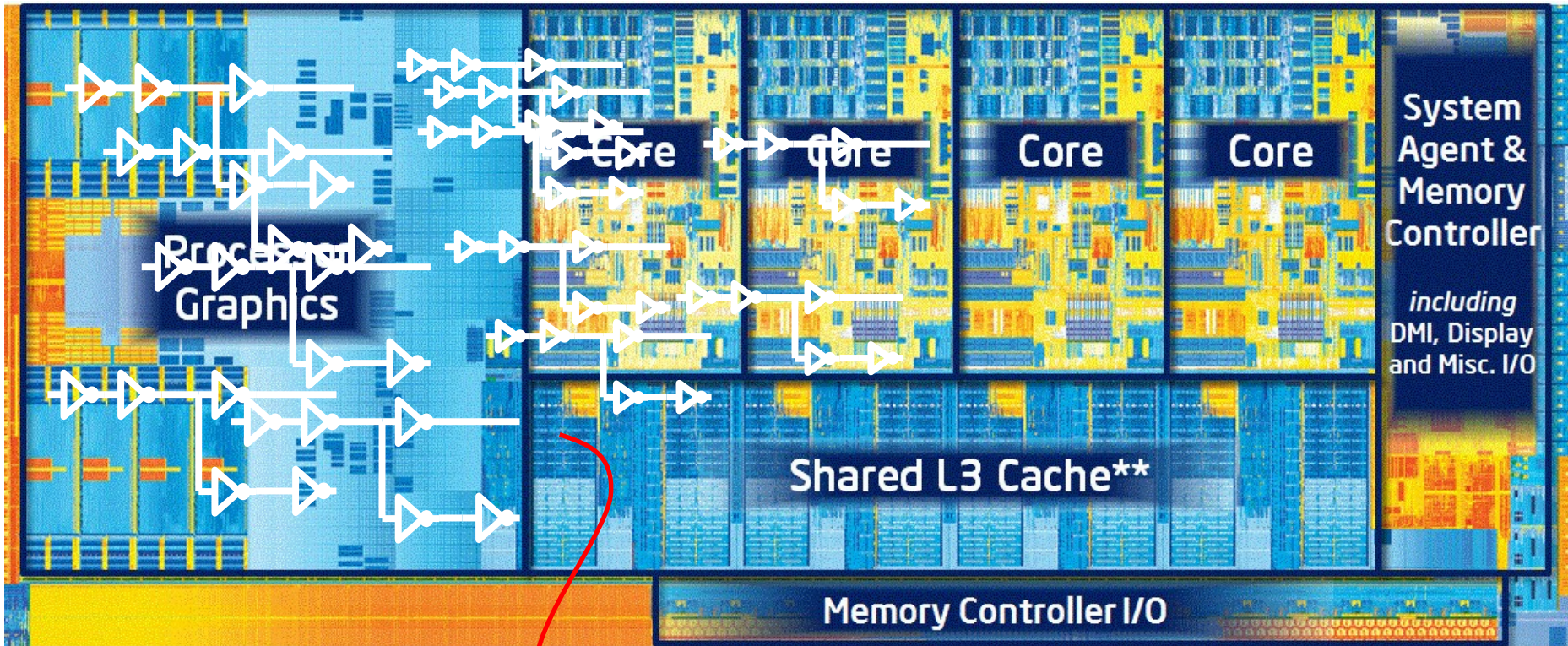
# Uppladning av kondensatorer



Switchen S1 har varit sluten under en lång tid.  $R_1=R_2$ .  
Hur stor är spänningen över C1 precis då S1 öppnas?

- A)  $V_{C1} = 1V$
- B)  $V_{C1} = 0V$
- C)  $V_{C1} = \frac{1}{2}V$
- D) ???

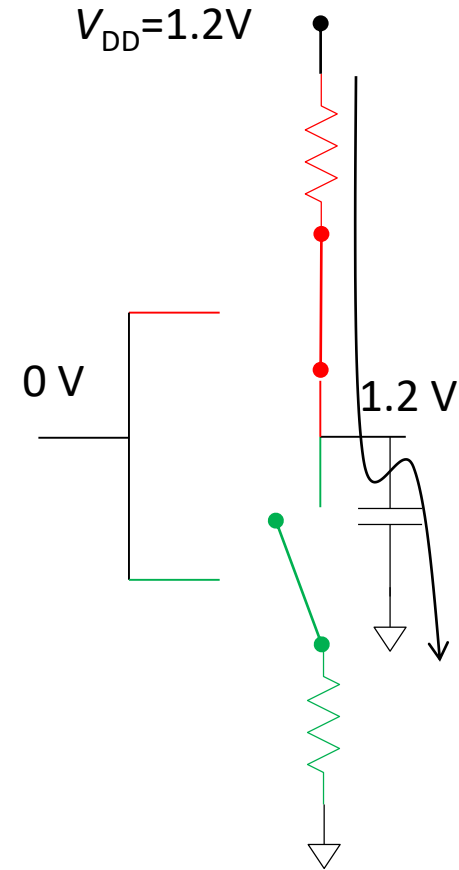
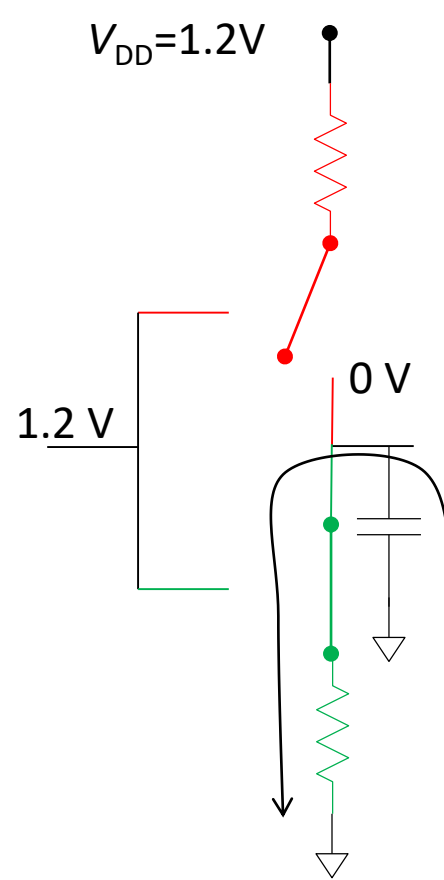
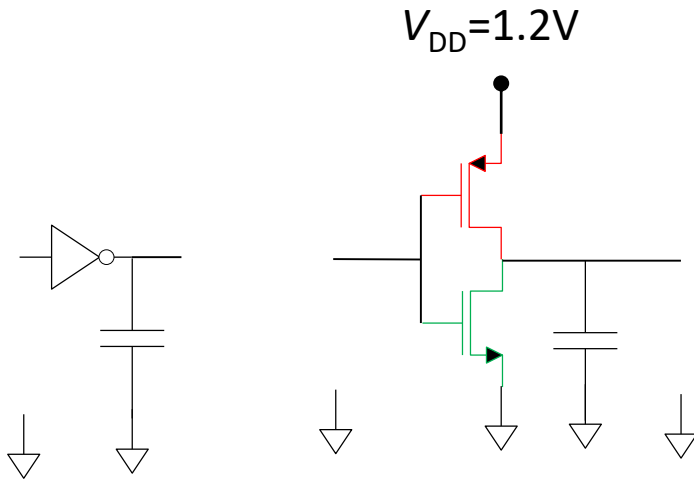
# Digital Elektronik – Hur snabb är en dator?



× 500 000 000

All digital logik – 'grindar'

# Inverterare: Upp/Urladdning



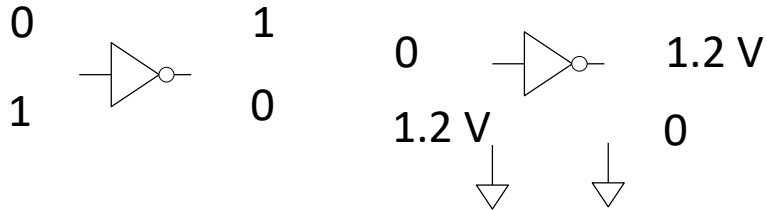
R – resistans då transistorn är påslagen

C – kapacitans från ledningar & andra logiska kretsar

$C \sim 0.5 - 2\text{fF}$

$R \sim 10\text{ k}\Omega$

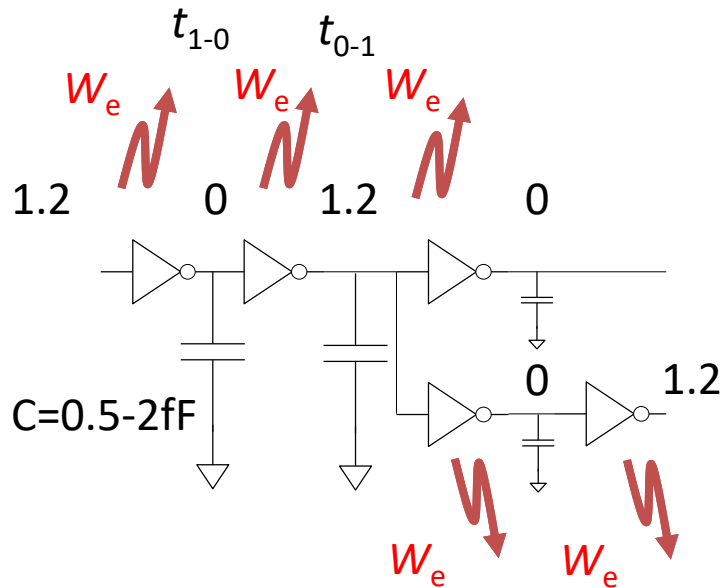
# Inverterare - Effekt



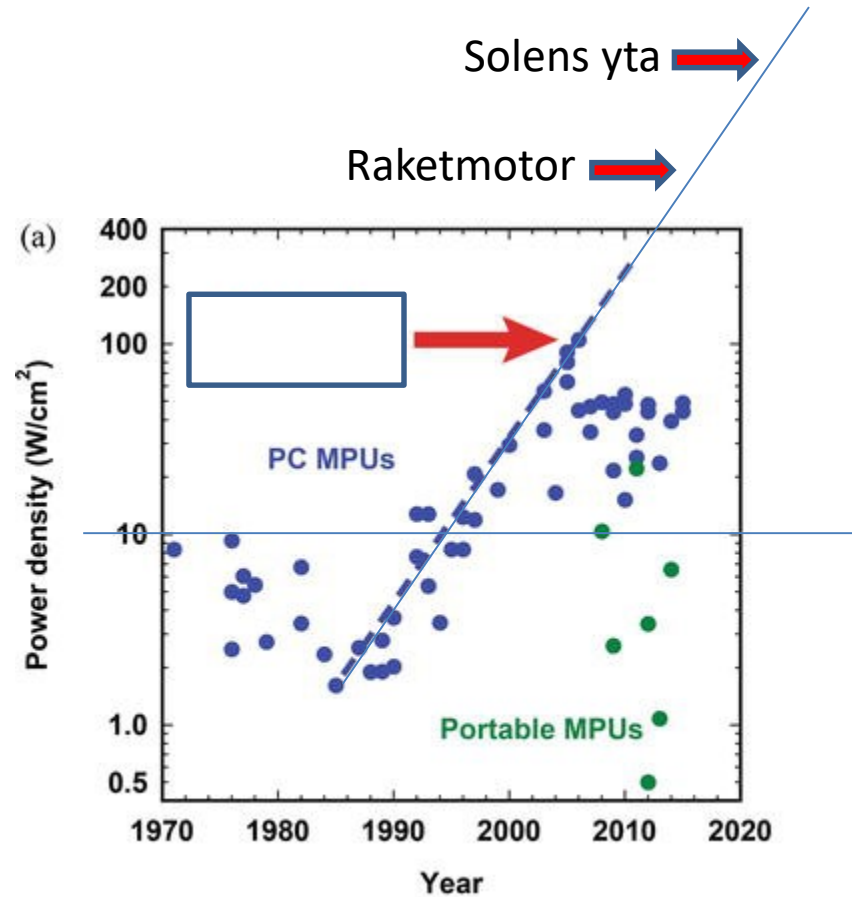
Core i7-4930K

0  $\leftrightarrow$  0V

1  $\leftrightarrow$  1.2V



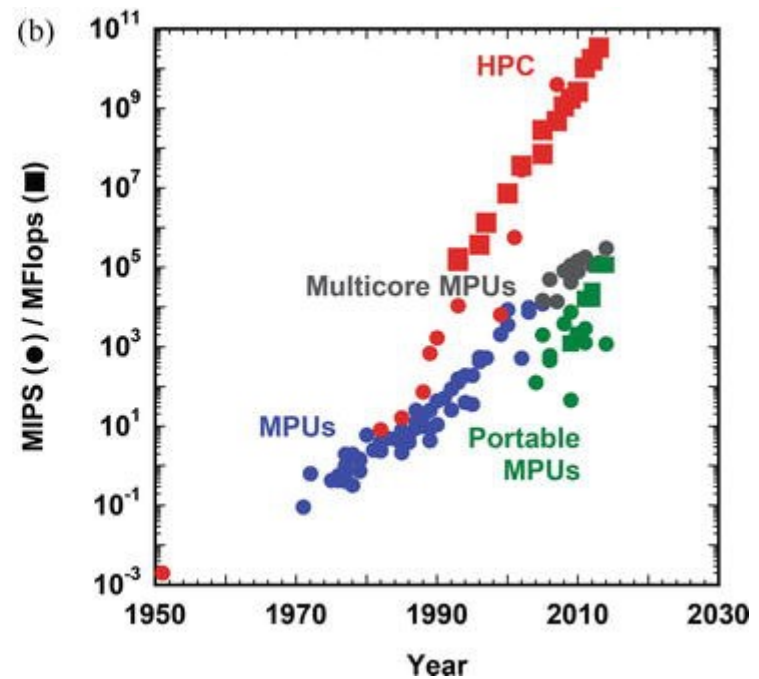
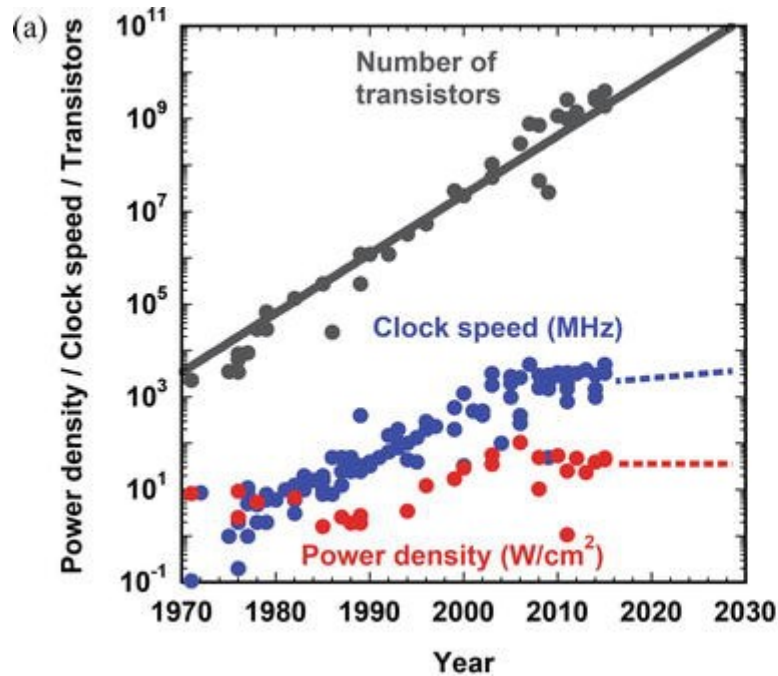
# Effektförbrukningen sätter klockhastigheten (!!)



$\sim 100W/cm^2$  : Möjligt att kyla effektivt  
Hög klockfrekvens – stora krav på kylning!



# ... Men fler transistorer / Multicore / Bättre prestanda!



Klockfrekvenser kring 1-4 GHz sen 2005  
1000x fler transistorer sen 2005 – ökad prestanda

- Multi-core
- GPU

Därför är Machine Learning möjligt idag!

# Uppsamling Lab 4

---

**Fredag 8-10 i labsalarna.**

# Sammanfattning – transienter RC

$$v_c(t) = v_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \quad \text{Uppladdning av Kondensator}$$

$$v_c(t) = v(0) e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{Urladdning av kondensator}$$

$$i_c(t) = C \frac{dv(t)}{dt} \quad \tau = RC \quad \text{Tidskonstant}$$

Kondensator vid DC - avbrott

Metod: KVL +  
*differentialekvation* för  
**spänningen!**

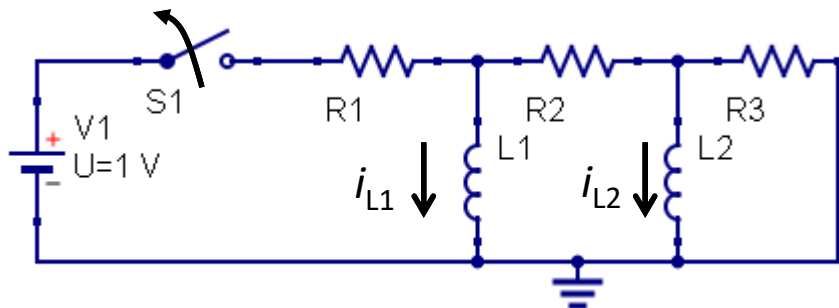
$$i_c = C \frac{dv_c(t)}{dt}$$

Lös med integrerande  
faktor.  $e^{\frac{t}{\tau}}$

$$v_c'(t) + \frac{v_c(t)}{\tau} = \frac{v_o(t)}{\tau}$$

$$\left(v_c(t) e^{\frac{t}{\tau}}\right)' = \frac{v_o(t)}{\tau} e^{\frac{t}{\tau}}$$

# Uppladning av spolar



Switchen  $S_1$  har varit sluten under en lång tid.

Vilka är strömmarna genom  $L_1$  och  $L_2$ , precis då switchen öppnas?

A)  $i_{L1} = \frac{1}{R_1} A, i_{L2} = \frac{1}{R_2} A$

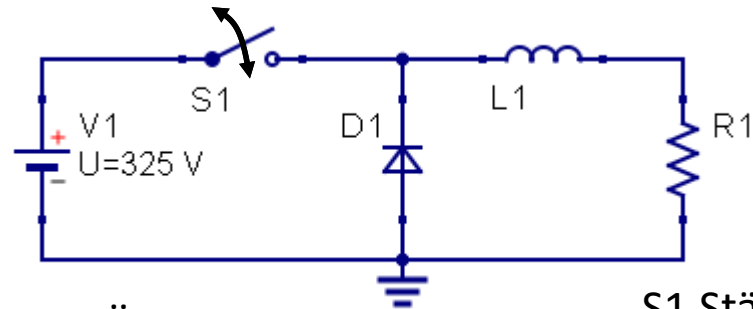
B)  $i_{L1} = \frac{1}{L_1} A, i_{L2} = \frac{1}{L_2} A$

C)  $i_{L1} = \frac{1}{R_1} A, i_{L2} = 0 A$

D) ???

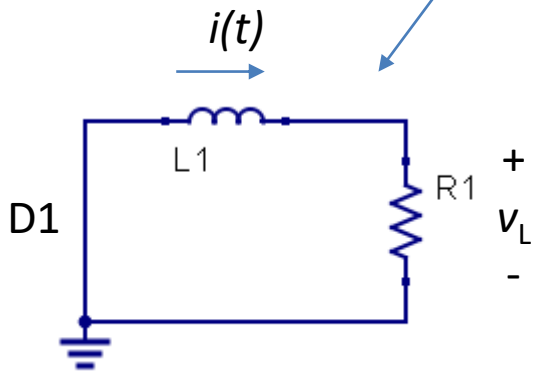


# DC-DC konvertering



$t_{\text{off}}$  S1 Öppen

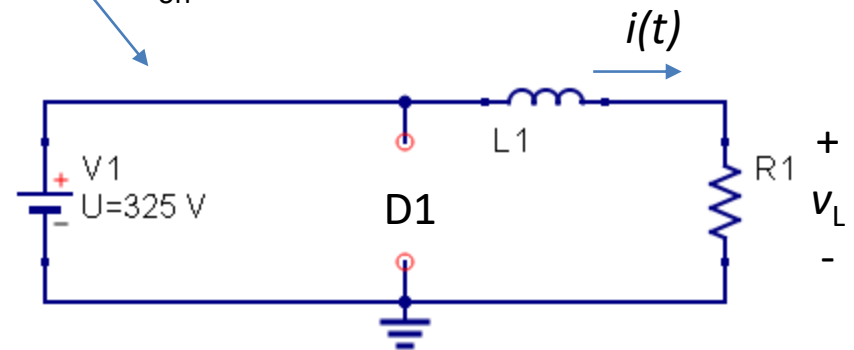
$t_{\text{on}}$  S1 Stängd



$$i(t) = i(0)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$v_L(t) = Ri(0)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

*Spänning över lasten minskar mot 0V*

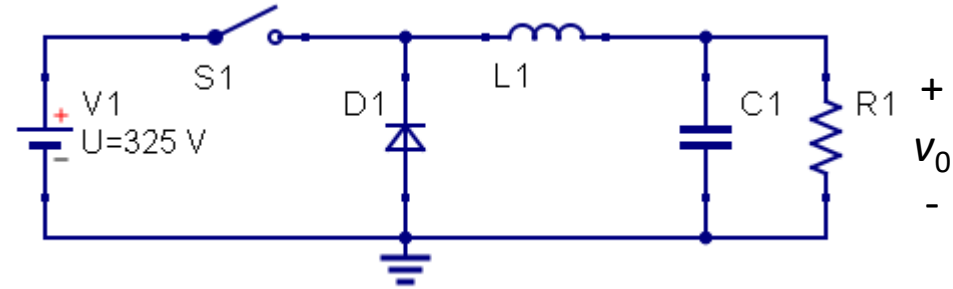
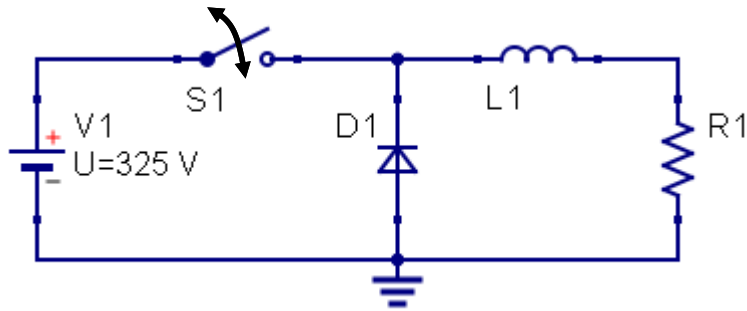


$$i(t) = \frac{325}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + i(0)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$v_L(t) = 325 (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + v_L(0)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

*Spänning över lasten ökar mot 325V*

# DC-DC: Buck-Converter / Step Down Converter



Genom att ändra hur länge switchen är på/av kan vi välja  $v_0$

$v_0 \approx v_i D$ , där  $D$  är duty cycle = förhållande mellan  $t_{on}$  och  $t_{off}$  under en period.

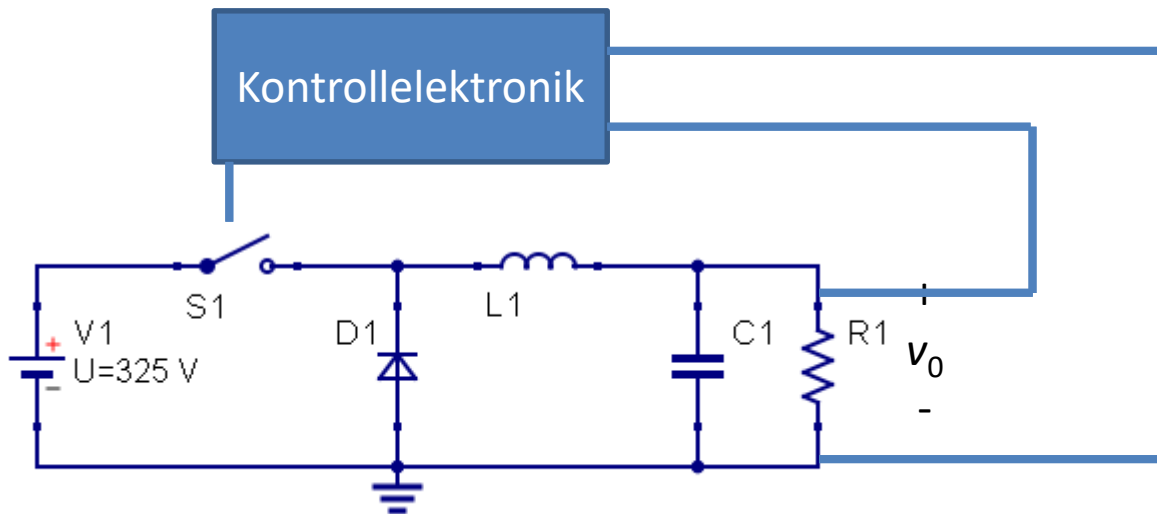
Kort  $t_{on}/t_{off}$  ger liten 'ripple'

Kondensator hjälper att minimera ripple

“Switchat nätaggregat”



# DC-DC: Buck-Converter / Step Down Converter



- Mät utspänningen
- Digital elektronik som ändrar duty-cycle
- Strömbrytare – vanlig MOSFET!

‘Enkelt’ att bygga laddare som fungerar vid olika spänningar!  
(230V, 110V...)



# Sammanfattning – transienter RC & RL

$$v_c(t) = v_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \quad \text{Uppladdning av Kondensator}$$

$$v_c(t) = v(0) e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{Urladdning av kondensator}$$

$$i_c(t) = C \frac{dv(t)}{dt} \quad \tau = RC \quad \text{Tidskonstant}$$

Kondensator vid DC - avbrott

Metod: KVL +  
differentialekvation för  
**spänningen!**

$$i_c = C \frac{dv_c(t)}{dt}$$

Lös med integrerande  
faktor.

$$i_L(t) = \frac{v_0}{R} \left(1 - e^{-\frac{tR}{L}}\right) \quad \text{Uppladdning av spole}$$

$$i_L(t) = i(0) e^{-\frac{tR}{L}} \quad \text{Urladdning av spole}$$

$$v_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} \quad \tau = \frac{L}{R} \quad \text{Tidskonstant}$$

Spole vid DC - kortslutning

Metod: KVL +  
differentialekvation för  
**strömmen!**

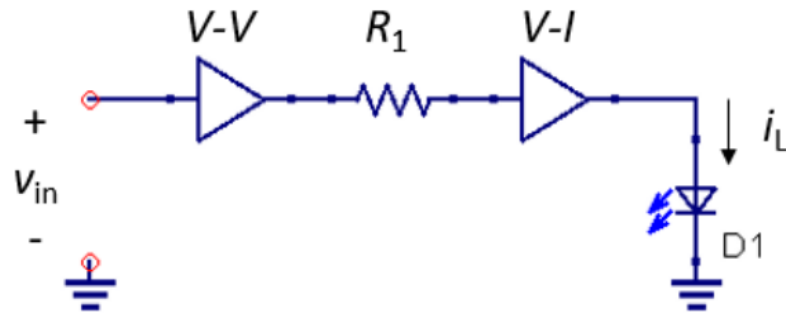
$$V_L = L \frac{di(t)}{dt}$$

Lös med integrerande  
faktor.



# Tentafrågor 2018

1



V-I förstärkaren har inresistansen  $R_{i2}$  och utresistansen  $R_0 = \infty$  och förstärkningen  $G_m$ .

- Bestäm  $i_L$  om V-V förstärkaren har en förstärkning  $A_v$ , inresistans  $R_{i1}$  och utresistans  $R_{o1}$  (a).
- Bestäm  $i_L$  om båda förstärkarna är ideala. (b).

# Tentafrågor 2018

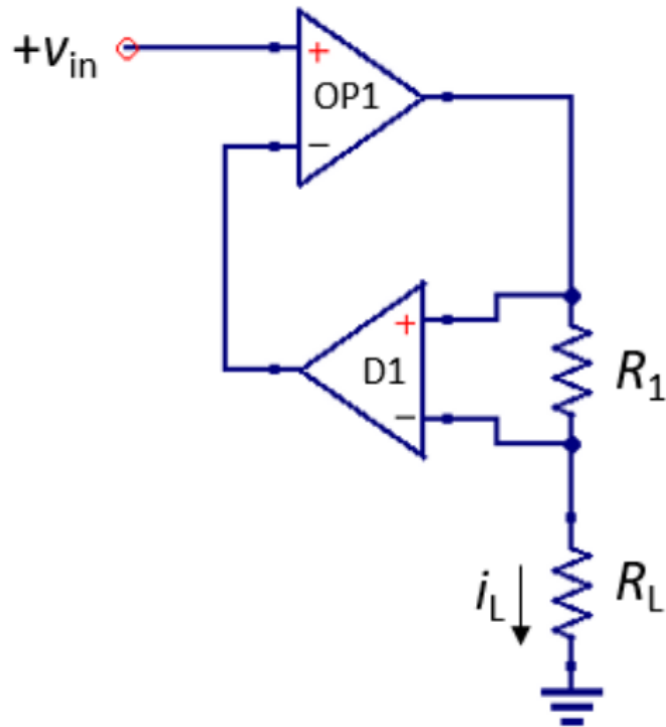
---

## 2

Konstruera OP-baserad förstärkare som ska förstärka en signal från en spänningskälla med en okänd källresistans  $R_i$  till en lastresistans  $R_L$ . En inspänning på 0.1 V ska ge utspänning på 4V. Kretsschemat ska även inkludera matningsspänning till OP:en.

# Tentafrågor 2018

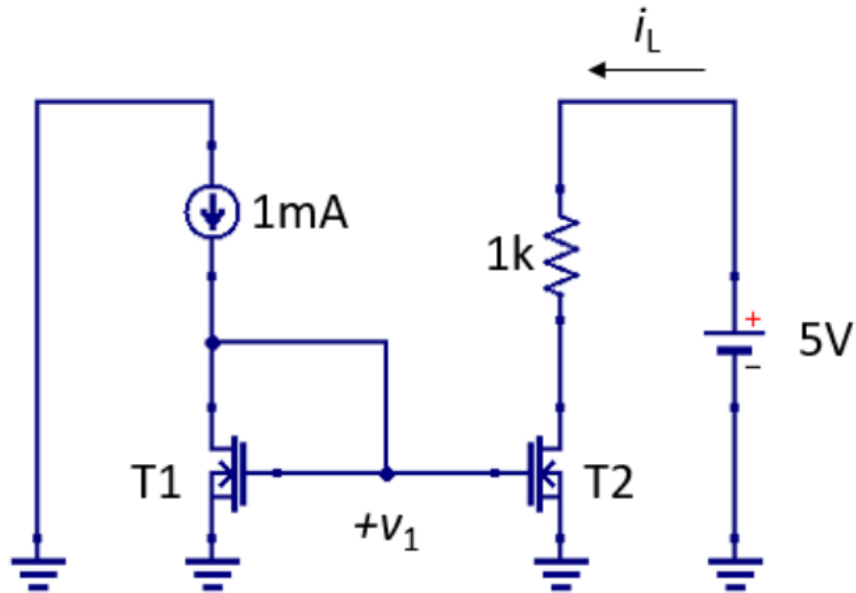
3



OP1 är en operationsförstärkare, medans D1 är en ideal differensförstärkare med förstärkningen  $A_d=2$ .

# Tentafrågor 2018

4



T1 har  $K_{\text{sat}}=1 \text{ mA/V}$  och T2 har  $K_{\text{sat}}=2 \text{ mA/V}$ . Båda T1 och T2 har och  $v_T=2\text{V}$ . Du kan anta att båda är i mättnadsområdet.

- Bestäm potentialen  $+v_1$ .
- Bestäm strömmen  $i_L$ .
- Kontrollera att T2 är i mättnadsområdet.

# Elektroniska Frågor / Tenta / Nästa Läsperiod

---

- **Elektroniska Frågor** är alla öppna nu sista veckan!
  - (Ingen respit efter tentan!)
- **Tenta:** 16/1. Victoriahallen 3A-C.
- **Projekt:** Ta kontakt med er projekthandledare och boka in ett möte!
- **Föreläsning 28/1 om AD/DA-omvandlare**
  - Laboration om AD/DA-omvandlare