

F3: DC-DC-Spänningsomvandlare

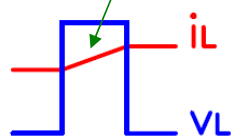
BWW Kap 14



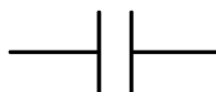
Sedan tidigare...



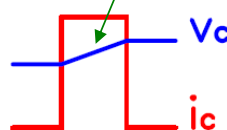
$$v_L = L \frac{di_L}{dt}$$



$$W_L = \frac{1}{2} L I_L^2$$



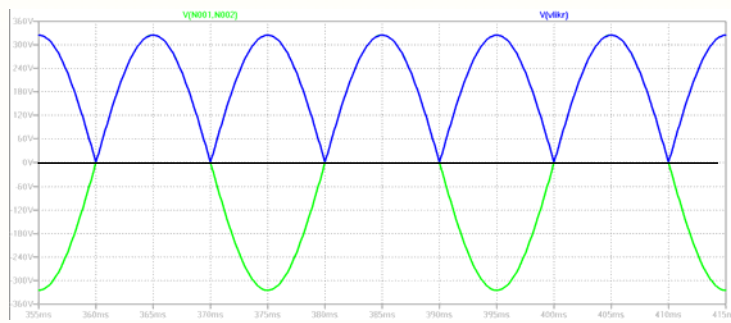
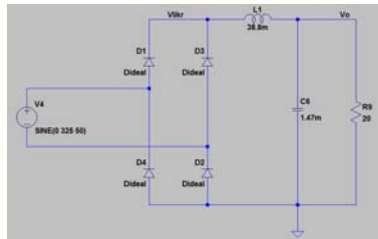
$$i_c = C \frac{dv_c}{dt}$$



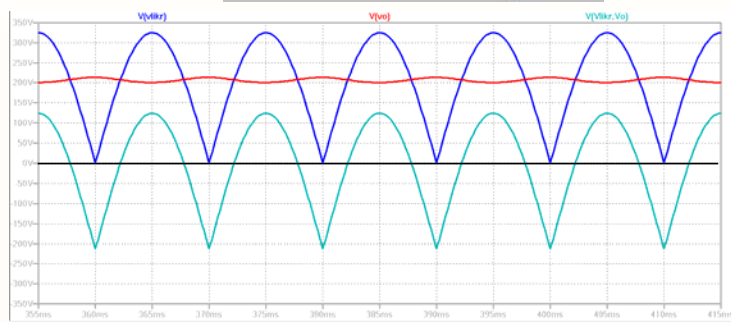
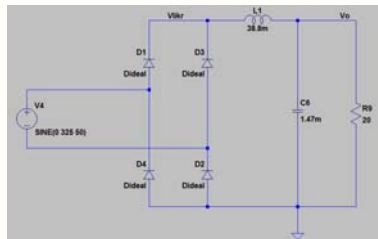
$$W_C = \frac{1}{2} C V_C^2$$



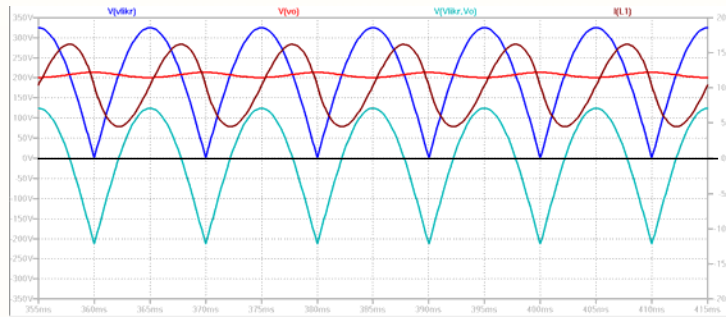
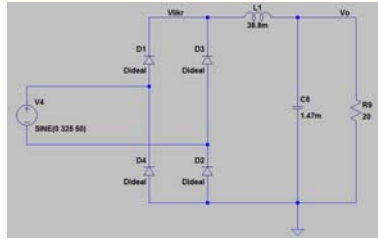
Likriktare igen...



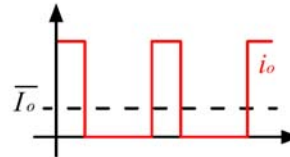
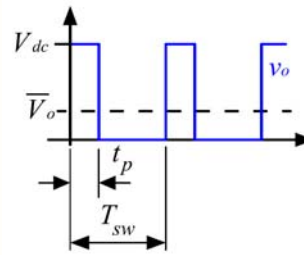
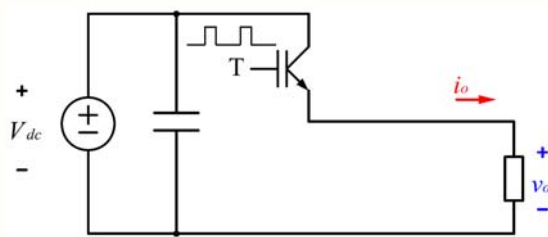
Likriktare igen...



Likriktare igen...



Nedspänningsomvandlare



Pulskvot (duty-cycle): $D = \frac{t_p}{T}$

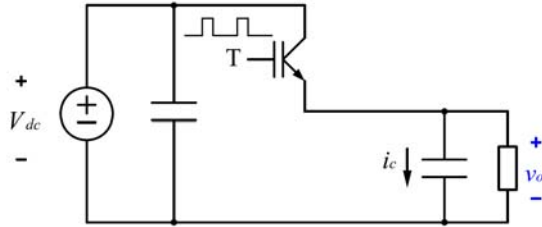
Switchfrekvens: $f_{sw} = \frac{1}{T_{sw}}$

Utspänning (medel): $\bar{v}_o = D \cdot V_{dc}$

**Ingen snygg utspänning!
Använd filter...**



Nedspänningsomvandlare



Tillslag av T:

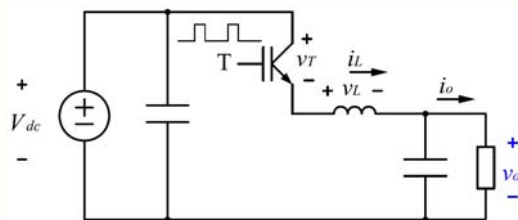
- Sammankoppling av två kondensatorer med olika spänning

$$i_c = C \frac{dv_c}{dt} = C \frac{d(V_{dc} - v_o)}{dt} \Rightarrow \infty$$

- Hög ström
- **PROBLEM!**



Nedspänningsomvandlare



$$V_{dc} - v_T - L \frac{di}{dt} - v_o = 0$$

$$v_T = V_{dc} - L \frac{di}{dt} - v_o$$

T=TILL:

$$i_L = i_c + i_o$$

Frånslag av T:

$$i_L = 0$$

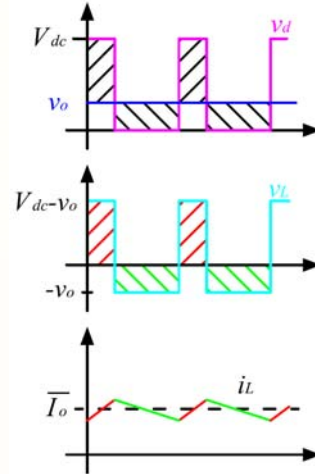
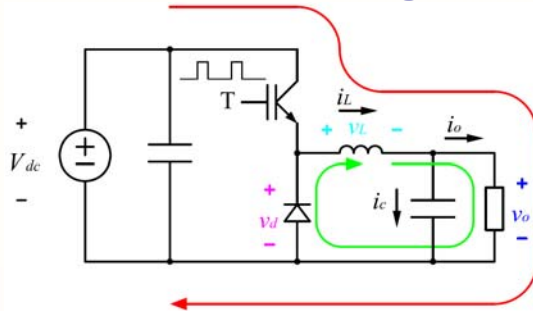
$$\frac{di_L}{dt} \rightarrow -\infty$$

$$v_T \rightarrow \infty$$

PROBLEM!



Nedspänningsomvandlare



T = TILL: $v_o = V_{dc} - L \frac{di}{dt}$

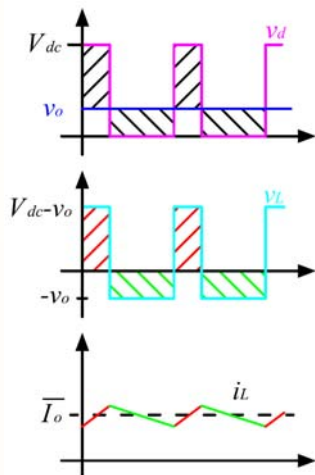
Positiv strömderivata
Induktansen upptar energi

T = FRÅN: $v_d = v_o + L \frac{di}{dt}$ dioden framspännd

Negativ strömderivata
Induktansen avger energi

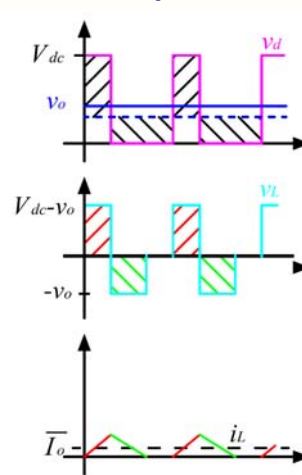


Nedspänningsomvandlare Ansluten / Icke-ansluten drift (CCM / DCM)



CCM: Kontinuerlig ström

$$\bar{v}_o = D \cdot V_{dc}$$



DCM: Ej kontinuerlig ström

~~$$\bar{v}_o = D \cdot V_{dc}$$~~



Nedspänningsomvandlaren - Approximationer

Differentialekvationen

$$V_o - L \frac{di_o}{dt} - Ri_o - E = 0 \quad , \quad i_o(0) = I_0$$

Har lösningen

$$i_o(t) = \frac{V_o - E}{R} - \frac{V_o - R \cdot I_0 - E}{R} \cdot e^{-t/\tau} \quad , \quad \tau = \frac{L}{R}$$

För små t/τ (alltså $\tau \gg T_{sw}$) så kan man använda Maclaurinutv:

$$\begin{aligned} i_o(t) &= \frac{V_o - E}{R} - \frac{V_o - R \cdot I_0 - E}{R} \cdot \left(1 + \frac{1}{1!} \cdot \left(-\frac{t}{\tau} \right)^1 + \frac{1}{2!} \cdot \left(-\frac{t}{\tau} \right)^2 + \dots \right) \approx \\ &\approx \frac{V_o - E}{R} - \frac{V_o - R \cdot I_0 - E}{R} \cdot \left(1 - \frac{t}{\tau} \right) = I_0 + \frac{V_o - R \cdot I_0 - E}{R} \cdot \frac{t}{\tau} = \\ &= I_0 + \frac{V_o - R \cdot I_0 - E}{L} \cdot t \end{aligned}$$



Nedspänningsomvandlaren - Approximationer

Detta betyder att strömmen ändrar sig linjärt. Vi kan därför ansätta

$$\frac{di_o}{dt} \approx \frac{\Delta i_o}{\Delta t}$$

Under förutsättning att $\tau \gg T_{sw} = 1/f_{sw}$. Normalt är $i_o \gg \Delta i_o$ vilket betyder att man kan antaga att spänningsfallet över R är konstant och lika med dess medelvärde:

$$V_o - L \frac{di_o}{dt} - Ri_o - E = 0 \quad \Rightarrow \quad V_o - L \frac{\Delta i_o}{\Delta t} - Ri_o - E = 0$$

Switchen (transistorn T) antar två tillstånd "on" och "off":

$$\begin{cases} T_1 = \text{"on"} & \Rightarrow V_o = V_s \text{ och } \Delta t = t_{on} = D \cdot T_{sw} \text{ och } \Delta i_{on} = \Delta i > 0 \\ T_1 = \text{"off"} & \Rightarrow V_o = 0 \text{ och } \Delta t = t_{off} = (1 - D) \cdot T_{sw} \text{ och } \Delta i_{off} = -\Delta i \end{cases}$$

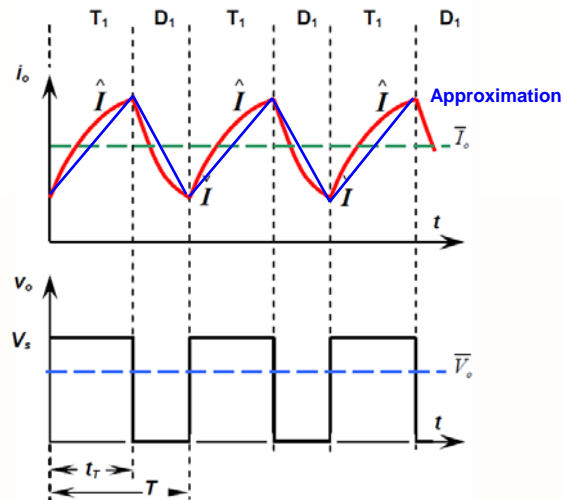
Ovanstående ska ni kunna och kunna använda!

Det som står i BWV om övertoner behöver ni inte kunna

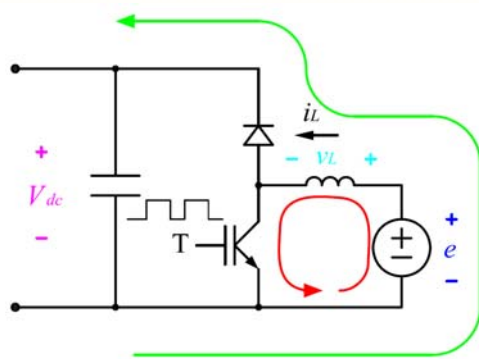


Nedspänningsomvandlaren

- Approximationer



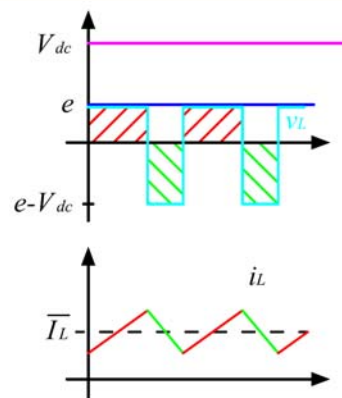
Gör tvärt om... Uppspänningsomvandlare



T = TILL: *Positiv strömderivata*
Induktansen upptar energi

T = FRÅN: *Negativ strömderivata*
Induktansen avger energi

Utspänning: $V_{dc} = \frac{1}{1-D} \cdot e$

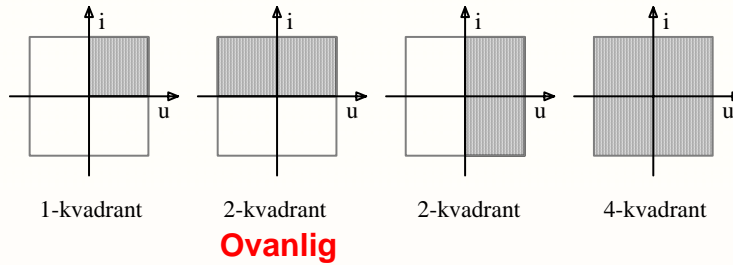


$$L \frac{di}{dt} = e \Rightarrow i = \frac{1}{L} \int e \cdot dt$$

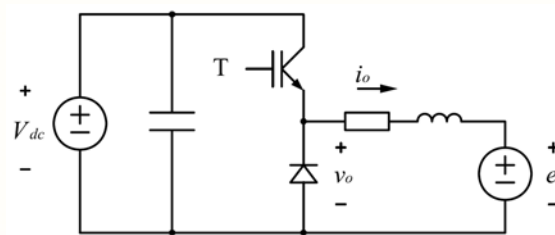
$$V_{dc} = e - L \frac{di}{dt}$$



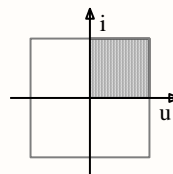
Kvadranter



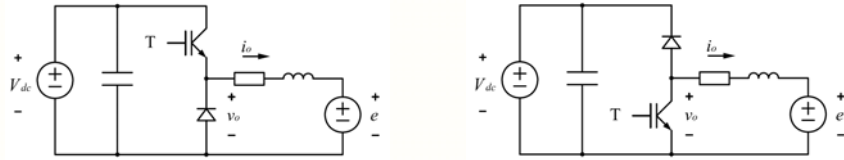
Nedspänningsomvandlare



- Positiv spänning
- Positiv ström
- 1-kvadrant omvandlare

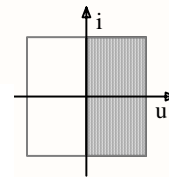
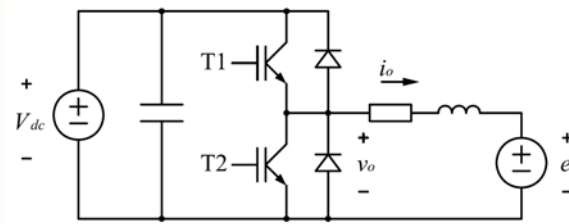


Kombinera Ned- och uppspänningsomvandlare

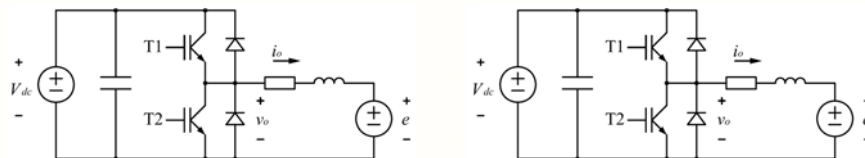


2-kvadrantomvandlare

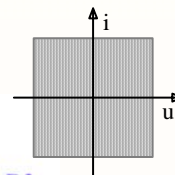
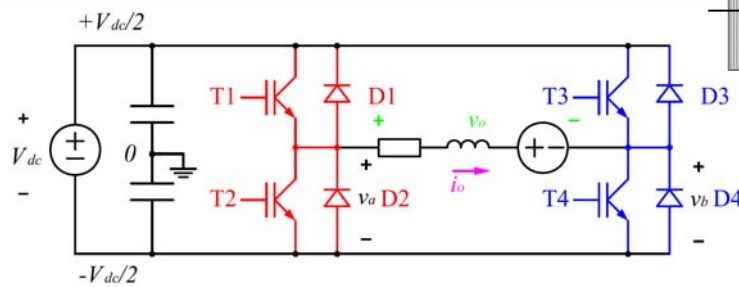
Antingen
T1 eller T2
är till



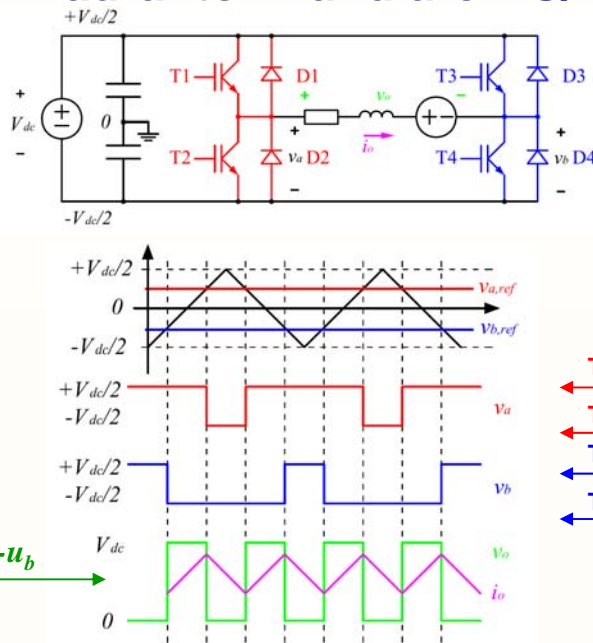
Kombinera två stycken tvåkvadrantomvandlare



4-kvadrantomvandlare



4-kvadrantomvandlare DC/DC



Sammanfattning

Vad är viktigt i kapitel 14?

- Det som tas upp i kapitel 14 är i allmänhet viktigt.
- Ska känna till samtliga transistorbryggor som tas upp här (med undantag för den alternativa tvåkvadrantomvandlaren)
- Ska kunna rita kopplingarna
- Ska kunna beräkna strömrippel, medelström och duty-cycle.
- Ska förstå kommutering
- Ska veta vilka komponenter som leder i respektive intervall
MEN lär er inte tabellerna 14.3A och 14.3B utantill – förstår man funktionen är det lätt att lista ut vilka komponenter som är inblandade
- **Behöver inte kunna beräkna övertonerna.**
- **Behöver inte räkna med differentialekvationerna här utan approximationer räcker (som visade här och i kursboken kap 17) – i alla verkliga applikationer är $\tau = L/R \gg T_{sw} = 1/f_{sw}$**

