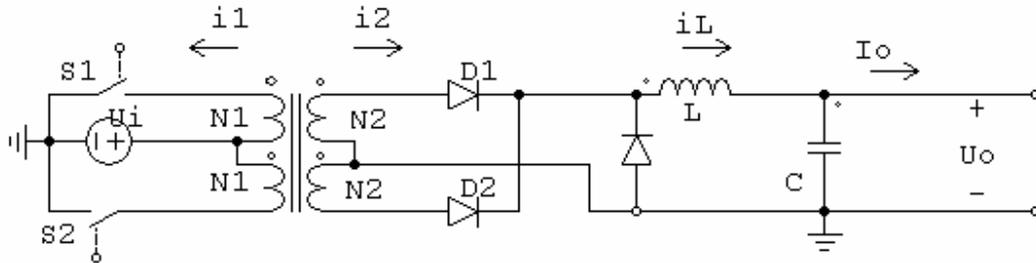


**Prova Scritta di
ELETTRONICA INDUSTRIALE del 17/07/2006
TEMA B**

Dato il convertitore push-pull di figura con le seguenti specifiche:



Specifiche

Tensione d'ingresso: $U_i = 24 \text{ V} \pm 20\%$

Tensione d'uscita $U_o = 15 \text{ V}$, $\Delta U_o = 5\%$

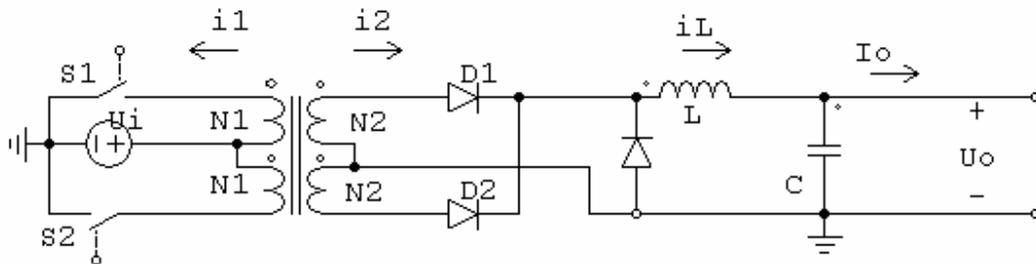
Corrente d'uscita $I_o = 5 \div 10 \text{ A}$

frequenza di switching: $f_s = 50 \text{ kHz}$

Si chiede di calcolare:

- 1) Il rapporto spire $\frac{N_1}{N_2}$ in modo che il massimo duty cycle del convertitore, lato uscita, sia pari a 0.95 (trascurando le perdite).
- 2) Il valore d'induttanza L in modo che il funzionamento sia sempre CCM e che la condizione limite CCM/DCM si abbia in corrispondenza del minimo valore della corrente d'uscita.
- 3) Il valore di capacità C che garantisca un'ondulazione di tensione ΔU_o non superiore a quella specificata, sia in condizioni statiche che dinamiche.
- 4) Il valore dell'induttanza di magnetizzazione del trasformatore, riportata al secondario, assumendo che la corrente magnetizzante sia sempre inferiore ad I_L quando $I_o = I_{o\max}$.
- 5) Gli stress di corrente (valore medio e di picco) e tensione sul diodo di libera circolazione D .

Soluzione Tema B



1) Calcolo del rapporto spire

Il massimo duty cycle si avrà in corrispondenza della minima tensione d'ingresso, quindi:

$$U_o = U_{2\min} \cdot \delta_{o\max} = \frac{N_2}{N_1} U_{1\min} \cdot \delta_{o\max} = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_{i\min} \cdot \delta_{o\max}$$

$$n = \frac{N_1}{N_2} = U_{i\min} \cdot \frac{\delta_{o\max}}{U_o} = \frac{19.2}{15} \cdot 0.95 = 1.22$$

2) Induttanza di filtro L

Nella condizione limite CCM/DCM

$$\hat{I}_L = \Delta I_L = 2 \cdot I_{o\min} = 10A$$

$$\Delta I_L = \frac{U_o \cdot t_{off}}{L} \quad L \geq \frac{U_o \cdot t_{off\max}}{\Delta I_L} = \frac{U_o \cdot (1 - \delta_{o\min})}{f_o \cdot \Delta I_L}$$

$$\delta_{o\min} = \frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{U_o}{U_{i\max}} = 1.22 \cdot \frac{15}{28.8} = 0.63$$

si definisce con $f_0 = 2f_s$ la frequenza dell'ondulazione della tensione d'uscita

$$L \geq \frac{U_o \cdot (1 - \delta_{o\min})}{f_o \cdot \Delta I_L} = \frac{15 \cdot (1 - 0.63)}{1 \cdot 10^5 \cdot 10} = 5.55 \mu H$$

3) Condensatore d'uscita

Statico:

$$\Delta U_o = \frac{\Delta I_L}{8 \cdot f_o \cdot C} \quad C = \frac{\Delta I_L}{8 \cdot f_o \cdot \Delta U_o} = \frac{10}{8 \cdot 1 \cdot 10^5 \cdot 0.75} = 16.6 \mu F$$

Nel caso limite di distacco di carico, tutta l'energia immagazzinata nell'induttore viene scaricata nel condensatore; mantenere l'errore della tensione d'uscita entro il 5% significa soddisfare la condizione:

$$C \geq \frac{1}{2} \cdot L \cdot \hat{I}_L^2 \quad \hat{I}_L = I_{o\max} + \frac{\Delta I_L}{2} = 10 + 5 = 15A$$

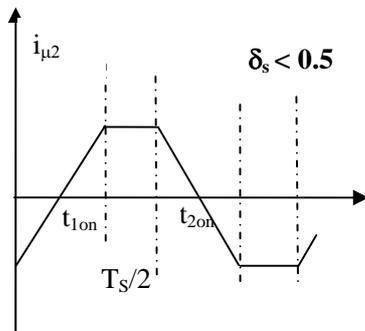
$$C \geq \frac{1}{2} \cdot 5.5 \cdot 10^{-6} \cdot 225$$

$$C \geq \frac{15 \cdot 0.75}{15 \cdot 0.75} \cong 55 \mu F$$

Si deve scegliere quest'ultimo valore per rispettare entrambe le specifiche

4) Induttanza magnetizzante

A regime permanente, l'andamento della corrente magnetizzante è:



Il massimo duty cycle di ogni switch e' pari a 0.475.

Assumendo la condizione $I_o = I_{o\max} = 10A$, si può scrivere:

$$\hat{I}_{\mu 2} = \frac{U_{2\min} \cdot t_{on\max}}{L_{\mu 2} \cdot 2} \leq I_{L\min} = \hat{I}_{o\max} - \frac{\Delta I_{L\max}}{2} = 10 - 5 = 5A$$

$$L_{\mu 2} \geq \frac{U_{2\min} \cdot t_{on\max}}{\hat{I}_{\mu 2} \cdot 2} = \frac{U_0 \cdot T_o}{2 \cdot \hat{I}_{\mu 2}} = \frac{15 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 5} \cong 15 \mu H$$

5) Stress sul diodo di libera circolazione

$$\bar{I}_D = I_{o\max} \cdot (1 - \delta_{\min}) = 10 \cdot 0.37 = 3.7A$$

$$\hat{I}_D = \hat{I}_L = 15A$$

$$U_{D\max} = U_{2\max} = \frac{U_{i\max}}{2 \cdot n} = 23.6V$$