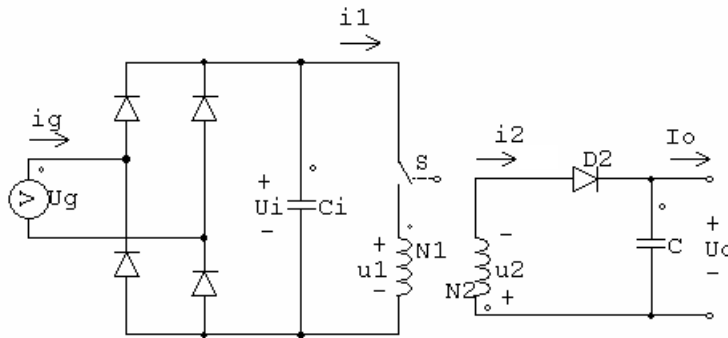


**Prova Scritta di**  
**ELETTRONICA INDUSTRIALE del 17/07/2006**  
**TEMA A**

Dato il convertitore composto da un raddrizzatore a doppia semionda ed un convertitore flyback, con le seguenti specifiche:



Tensione d'ingresso:  $U_g = \sqrt{2} \cdot U_{grms} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_g \cdot t)$  con  $U_{grms} = 220V \pm 10\%$  e  $f_g = 50$  Hz

Tensione d'uscita  $U_o = 12$  V,  $\Delta U_o \leq 5\%$

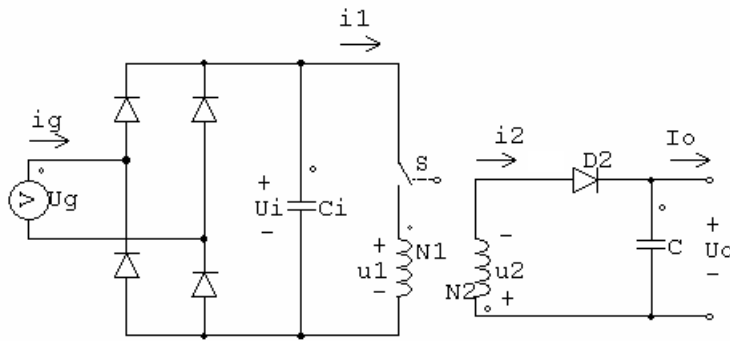
Corrente d'uscita  $I_o = 1 \div 5$  A

Frequenza di commutazione dello switch S:  $f_s = 100$  kHz

Si chiede di calcolare:

- 1) il valore della capacità  $C_i$  che garantisca un'ondulazione non superiore al 5% del minimo valore della tensione  $U_i$ ;  $\Delta U_i \leq 5\% U_{imin}$ ;
- 2) assunta come condizione nominale quella con  $U_i = U_{imax}$  e  $I_o = I_{omax}$ , calcolare:
  - a) il rapporto spire  $n = \frac{N1}{N2}$  che consenta di operare in CCM nella condizione nominale, con un duty cycle  $\delta = 0.5$ ;
  - b) il valore dell'induttanza primaria  $L1$ , calcolata nelle condizioni di funzionamento limite CCM/DCM per  $U_i = U_{imax}$  e  $I_o = I_{omin}$ ;
  - c) gli stress di corrente (valore medio e di picco) e di tensione nello switch nelle condizioni nominali.

## Soluzione tema A



### 2) Calcolo del valore della capacità d'ingresso

Per calcolare l'ondulazione di tensione  $U_i$ , si approssima il valore massimo  $U_i$  con il picco di  $U_g$  e si considera il convertitore flyback a valle come un generatore di corrente equivalente, il cui valore è pari alla corrente media assorbita in ingresso, che è massima per la massima corrente di carico e la minima tensione di alimentazione.  $\bar{I}_{i\max} = \frac{U_o \cdot I_{o\max}}{\hat{U}_{g\min}}$

Durante la fase in cui i diodi del raddrizzatore non conducono, che in prima approssimazione si assume pari a metà del periodo di alimentazione  $T_g$  (essendo il raddrizzatore a doppia semionda), si può considerare che il condensatore  $C_i$  si scarichi con corrente costante  $\bar{I}_i$ .

$$\hat{U}_{g\min} = \sqrt{2} * 220 * 0.9 = 280 \text{ V}$$

$$\Delta U_i \approx \hat{U}_{g\min} * 0.05 = 280 * 0.05 = 14 \text{ V}$$

$$U_{i\min} = \hat{U}_{g\min} - \Delta U_i = 280 - 14 = 266 \text{ V}$$

$$\Delta U_i = \frac{\bar{I}_i \cdot T_g}{C_i} = \frac{U_o \cdot I_{o\max}}{\hat{U}_{g\min}} \cdot \frac{1}{C_i} \cdot \frac{T_g}{2} \quad \text{e quindi} \quad C_i = \frac{12 \cdot 5}{280} \cdot \frac{1}{14} \cdot \frac{0.02}{2} \cong 153 \mu\text{F}$$

### 2) Calcolo del rapporto spire

In CCM vale:

$$\frac{U_o}{U_i} = \frac{N_2}{N_1} \frac{\delta}{1-\delta}$$

Nella condizione nominale  $U_i = U_{i\max} = \sqrt{2} * 220 * 1.1 = 342 \text{ V}$  e ponendo  $\delta = 0.5$

$$\frac{U_o}{U_i} = \frac{N_2}{N_1} \frac{\delta}{1-\delta} = \frac{N_2}{N_1} \frac{0.5}{1-0.5} \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_o}{U_{i\max}} = \frac{12}{342} \cong 0.035 \quad \frac{N_1}{N_2} = 28.5$$

3) Al limite CCM/DCM e con la massima corrente d'uscita, si può scrivere la seguente relazione

tra corrente di carico e picco di corrente  $\hat{I}_2$ :

$$I_o = \frac{\hat{I}_2 \cdot t_{off}}{2 \cdot T_S} \quad \text{ma} \quad \hat{I}_2 = \frac{U_o \cdot t_{off}}{L_{\mu 2}} \quad \text{e quindi} \quad L_{\mu 2} = \frac{U_o \cdot t_{off}}{\hat{I}_2} = \frac{U_o \cdot t_{off}}{2 \cdot T_S \cdot I_o} \cdot t_{off}$$

posto  $I_o = 1A$  e  $\delta = 0.5$

$$\text{si ottiene:} \quad L_{\mu 2} = \frac{U_o \cdot (1 - \delta)^2 \cdot T_S^2}{2 \cdot T_S \cdot I_o} = \frac{12 \cdot 0.25 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 1} = 15 \mu H \quad \text{e quindi} \quad \hat{I}_2 = \frac{12 \cdot 0.5}{10^5 \cdot 15 \cdot 10^{-6}} = 4A$$

$$L_{\mu 1} = n^2 \cdot L_{\mu 2} = 28.5^2 \cdot 15 \cdot 10^{-5} = 12.2mH$$

c)

Stress di corrente nell'interruttore nella condizione di funzionamento nominale:

$$\bar{I}_s = \bar{I}_i = \frac{U_o \cdot I_{o max}}{U_{i max}} = \frac{12 \cdot 5}{342} = 0.175A$$

$$\Delta I_s = \frac{U_{i max} \cdot t_{on}}{L_{\mu 1}} = \frac{342 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{12.2 \cdot 10^{-3}} = 0.14A$$

$$\hat{I}_s = \frac{\bar{I}_i}{\delta} + \frac{\Delta I_s}{2} = \frac{0.175}{0.5} + 0.07 = 0.42A$$

Massima tensione ai capi dell'interruttore:

$$\hat{U}_s = U_{i max} + n \cdot U_o = 2 \cdot U_{i max} \cong 684V$$