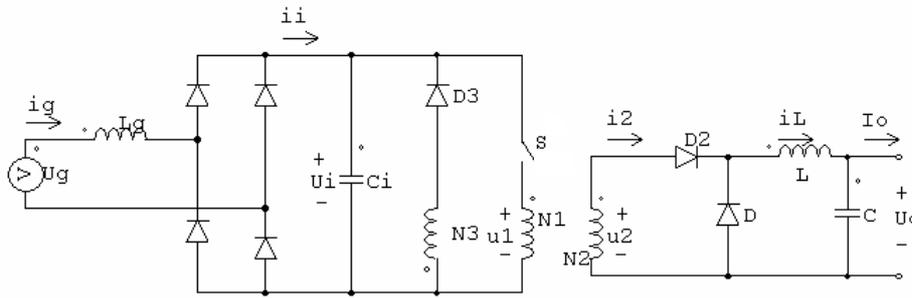


Dato il sistema di figura con le seguenti specifiche:



Tensione d'ingresso:  $U_g = 230 \text{ V}_{\text{rms}} \pm 10\%$

Tensione d'uscita  $U_o = 48 \text{ V}$ ,

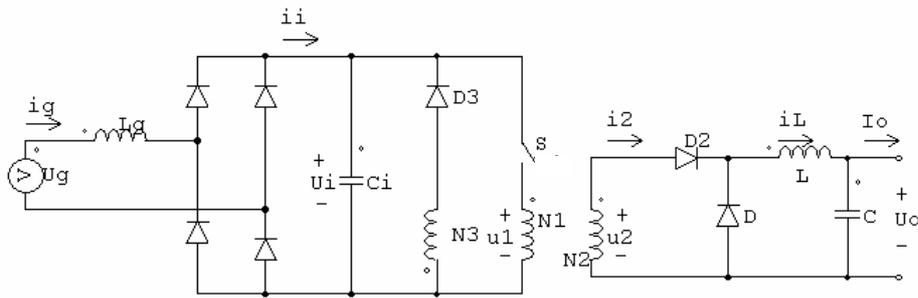
Corrente d'uscita  $I_o = 2 \div 20 \text{ A}$

Frequenza di commutazione dello switch S:  $f_s = 20 \text{ kHz}$

Assumendo che il rendimento del circuito sia unitario si chiede di calcolare:

- 1) il campo di variazione del valore di picco della tensione  $U_i$ , ipotizzando che l'induttanza  $L_g$  introduca una caduta di tensione non superiore al 5% di  $U_g$ ;
- 2) il rapporto spire  $\frac{N1}{N2}$  nell'ipotesi che il convertitore forward operi in funzionamento continuo, con un duty cycle  $\delta=0.5$ , in corrispondenza del valore minimo di  $U_i$ ;
- 3) il valore di induttanza  $L$  che garantisca il funzionamento continuo (CCM) per ogni valore di  $I_o$ ;
- 4) il valore di  $C$  che garantisca  $\Delta U_o \leq 1\%$  in condizioni di regime permanente;
- 5) il valore della sovraelongazione di tensione d'uscita  $\Delta U_o$  nel caso di distacco istantaneo del carico;
- 6) gli stress di tensione (assumendo che il numero di spire dell'avvolgimento terziario  $N3$  sia uguale ad  $N1$ ) e di corrente (media e di picco) dell'interruttore  $S$ , trascurando la corrente magnetizzante.

## Soluzione tema A



### 1) Calcolo del campo di variazione della tensione \$U\_i\$

$$U_{i_{\max}} = \sqrt{2} \cdot U_{g_{\max}} = \sqrt{2} \cdot 230 \cdot 1.1 \approx 358V$$

Il valore di tensione minima si calcola assumendo la massima caduta di tensione sull'induttanza \$L\_g\$, che è pari al 5% di \$U\_g\$.

$$U_{i_{\min}} = \sqrt{2} \cdot U_{g_{\min}} \cdot (1 - 0.05) = \sqrt{2} \cdot 230 \cdot 0.9 \cdot 0.95 \approx 278V$$

### 2) Calcolo del rapporto spire

Se il funzionamento è continuo, vale \$U\_o = U\_2 \cdot \delta\$

In corrispondenza del valore minimo della tensione d'ingresso, si avrà:

$$U_{2_{\min}} \cdot \delta_{\max} = U_o \quad \text{con } \delta_{\max} = 0.5 \quad \text{e quindi}$$

$$U_{2_{\min}} = \frac{U_o}{0.5} = 96V$$

ne consegue:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_{i_{\min}}}{U_{2_{\min}}} = \frac{278}{96} \approx 2.9 \quad \text{inoltre:} \quad \delta_{\min} = \frac{U_o}{U_{2_{\max}}} = \frac{U_o}{U_{i_{\max}} \cdot \frac{N_2}{N_1}} = \frac{48}{358 \cdot \frac{1}{2.9}} \approx 0.39$$

### 3) Calcolo di \$L\$

Se il funzionamento deve essere continuo per ogni valore di \$I\_o\$:

$$\Delta I_{L_{\max}} \leq 2I_{o_{\min}} = 4A \quad \Delta I_{L_{\max}} = \frac{U_o \cdot t_{off}}{L} = \frac{U_o}{f_s \cdot L} \cdot (1 - \delta_{\min})$$

$$L \geq \frac{U_o}{f_s \cdot 2I_{o_{\min}}} \cdot (1 - \delta_{\min}) = \frac{48 \cdot (1 - 0.39)}{2 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 2} \approx 370 \mu H$$

### 4) Calcolo di \$C\$

$$\Delta U_o = \frac{\Delta I_L}{8 \cdot f_s \cdot C} \quad C \geq \frac{\Delta I_{L_{\max}}}{8 \cdot f_s \cdot \Delta U_o} = \frac{4}{8 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0.48} \approx 52 \mu F$$

### 5) Calcolo di $\Delta U_o$ in caso di distacco istantaneo del carico

Nel caso limite di distacco di carico, tutta l'energia immagazzinata nell'induttore viene scaricata nel condensatore

$$W_L = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_{o\max}^2 = \frac{370 \cdot 10^{-6} \cdot 400}{2} = 74 \text{ mJ}$$

$$\Delta U_o \cong \frac{W_L}{U_o \cdot C} \cong \frac{74 \cdot 10^{-3}}{48 \cdot 52 \cdot 10^{-6}} \cong 30 \text{ V}$$

### 6) Stress di tensione e corrente sullo switch S

$$\hat{U}_s = U_{i\max} + U_{i\max} \cdot \frac{N_1}{N_3} = 2 \cdot U_{i\max} = 716 \text{ V}$$

$$\hat{I}_s = \left( I_{o\max} + \frac{\Delta I_L}{2} \right) \cdot \frac{N_2}{N_1} = \frac{(20 + 2)}{2.9} \cong 7.6 \text{ A}$$

$$\bar{I}_s = I_{o\max} \cdot \frac{N_2}{N_1} \cdot \delta_{\max} = \frac{20}{2.9} \cdot 0.5 \cong 3.5 \text{ A}$$