

Tema A

1 settembre 2004

Si chiede di dimensionare i componenti passivi fondamentali (induttanza L e condensatore di uscita C) di un convertitore buck con le seguenti caratteristiche:

Specifiche

Tensione d'ingresso: $U_i = 12 \text{ V} \pm 20\%$

Tensione d'uscita $U_o = 5 \text{ V} \pm 5\%$ (max errore ammesso, statico e dinamico)

Corrente d'uscita $I_o = 1 \div 10 \text{ A}$

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

Interruttore: Mosfet ($V_{DS} = 50 \text{ V}$, $R_{DSon} = 20 \text{ m}\Omega$, $t_{rise} = 30 \text{ ns}$, $t_{fall} = 100 \text{ ns}$)

Diodo: Schottky ($V_{RRM} = 50 \text{ V}$, $V_{on} = 0.2 \text{ V}$, $t_{recovery} = \text{trascurabile}$)

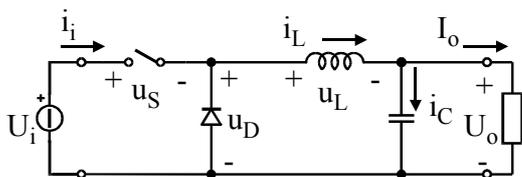
Si richiede il funzionamento continuo in ogni condizione. Si richiede inoltre di stimare le perdite di conduzione e commutazione nell'interruttore e nel diodo e di scegliere il condensatore di un circuito di snubber allo spegnimento (RCD) in grado di ridurre le perdite di commutazione dell'interruttore almeno del 50%.

Soluzione

$$U_i = 9.6 \pm 14.4 \text{ V}$$

Il range di variazione del duty cycle, trascurando le cadute di tensione è:

$$\delta = U_o / U_i = U_o / U_{imax} \div U_o / U_{imin} = 5 / 14.4 \div 5 / 9.6 = 0.35 \div 0.52$$



$$\Delta I_L = \frac{U_o \cdot t_{off}}{L} = \frac{U_o}{f_s L} \cdot (1 - \delta)$$

$$\Delta I_{Lmax} = \frac{U_o}{f_s L} \cdot (1 - \delta_{min})$$

Se il funzionamento deve essere continuo:

$$\Delta I_{Lmax} \leq 2I_{o min} = 2A$$

$$L \geq \frac{U_o}{2f_s I_{o min}} \cdot (1 - \delta_{min}) = \frac{5 \cdot 0.65}{2 \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot 1} = 32.5 \mu\text{H} \approx 35 \mu\text{H}$$

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:

$$C \cong \frac{\frac{1}{2} \cdot L \cdot I_{o\max}^2}{U_o \cdot \Delta U_o} \cong \frac{\frac{1}{2} \cdot 35 \cdot 10^{-6} \cdot 100}{5 \cdot 0.25} \cong 1.5\text{mF}$$

La specifica relativa al massimo errore in condizioni statiche è senz'altro rispettata.

Perdite nell'interruttore

Perdite in conduzione (si trascura il ripple di corrente):

$$P_{\text{swon}} \leq R_{\text{DSon}} \cdot I^2_{\text{srms}} \cong R_{\text{DSon}} \cdot \frac{1}{T_s} \cdot \int_0^{T_s} i_s^2 \cdot dt = \frac{R_{\text{DSon}}}{T_s} \cdot (I_{o\max})^2 \cdot t_{\text{on}} = R_{\text{DSon}} \cdot (I_{o\max})^2 \cdot \delta_{\text{max}} = 0.02 \cdot 100 \cdot 0.52 \cong 1\text{W}$$

Perdite in accensione:

$$P_{\text{swon}} \leq \frac{1}{2} U_{i\max} \cdot I_{o\max} \cdot t_{\text{rise}} \cdot f_s \leq \frac{1}{2} 14.4 \cdot 10 \cdot 30 \cdot 10^{-9} \cdot 50 \cdot 10^3 \leq 110\text{mW}$$

Perdite in spegnimento:

$$P_{\text{swoff}} \leq \frac{1}{2} U_{i\max} \cdot I_{o\max} \cdot t_{\text{fall}} \cdot f_s \leq \frac{1}{2} 14.4 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 10^{-9} \cdot 50 \cdot 10^3 \leq 360\text{mW}$$

Perdite nel diodo

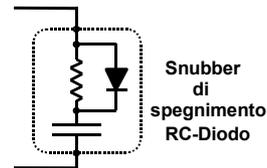
$$P_{\text{on}} \leq V_{\text{on}} \cdot I_{o\max} (1 - \delta_{\text{min}}) \leq 0.2 \cdot 10 \cdot 0.65 \cong 1.3\text{W}$$

Le perdite di commutazione sono trascurabili

Snubber

Le perdite ammesse sono pari al 50%

di quelle in assenza di snubber. $P_{\text{swoff}} \leq 180\text{mW}$



La massima tensione d'ingresso è pari a 14.4 V (~ 15 V); indicando con V_o il valore della massima tensione cui si carica il condensatore, si ottiene:

$$C_s = \frac{I_{o\max} \cdot t_f}{2 \cdot V_o} = \frac{10 \cdot 100 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 15} = 33\text{nF}$$

$$\text{Verifica: } P_{\text{swoff}} = \frac{1}{12} \cdot I_{o\max} \cdot V_o \cdot t_{\text{fall}} \cdot f_s = \frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 15 \cdot 100 \cdot 10^{-9} \cdot 50 \cdot 10^3 \cong 60\text{mW} \quad \text{OK}$$