CONVERTITORE CC/CC NON ISOLATO PER USO SPAZIALE

Specifiche

$U_{in} = 28$ V $U_i = 18 – 42$ V

$U_o = 5$ V accuratezza della tensione d'uscita = +-1% statico e dinamico

$P_o = 10$ W $I_{on} = 2$ A $I_{olim} = 0.2$ A

$Bw_{uo} = 1$ kHz

$\eta = 90\%$

Soluzione con un convertitore buck funzionante in modo continuo

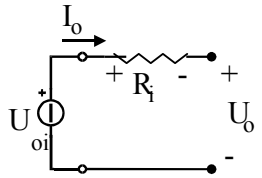
Scelta dell'interruttore e del diodo

Posto il rendimento pari al 90%,

$\eta = 90\%$

ad esso corrisponde una potenza dissipata pari a 1 W.

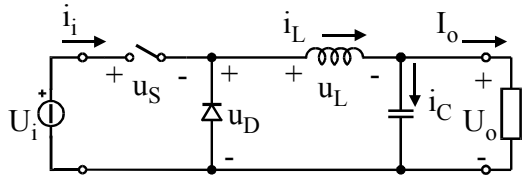
Calcoliamo di quanto deve aumentare la tensione resa disponibile in uscita per garantire il valore di 5 V con un rendimento del 90%.



$U_{oi} = U_o + R_i I_{on}$ $R_i = P_{diss} / I_{on}^2 = 0.25\ \Omega$

$R_i I_{on} \leq 0.25 * 2 = 0.5$ V

$\delta = U_{oi} / U_i = U_{oimin} / U_{imax} \div U_{oimax} / U_{imin} = 5 / 42 \div 5.5 / 18 = 0.119 \div 0.306$



$I_L = I_o = 2$ A

$I_{Smax} = I_L \delta_{max} \leq 2 * 0.306 = 0.612$ A

$I_{Dmax} = I_L (1-\delta_{min}) \leq 2 * 0.881 = 1.76$ A

$U_{Smax} = U_{imax} = 42$ V

$U_{Dmax} = U_{imax} = 42$ V

Assumendo un fattore di sicurezza $K_f \geq 2$ si scelgono interruttore e diodo capaci di sostenere una tensione pari a 100 V.

$U_{Sn} = U_{Dn} = 100$ V

Vista la specifica molto stringente in termini di rendimento, si sceglie un diodo di tipo Schottky, caratterizzato da una caduta di tensione in conduzione molto bassa (~0.2 V).

Per quanto riguarda l'interruttore, visti i livelli di potenza in gioco, si sceglie un mosfet.

Procediamo ora al calcolo delle perdite

Perdite di conduzione:

$P_{Smax} = R_{Dson} * I^2_{Srms} = R_{Dson} * I^2_L * \delta_{max} = R_{Dson} * 4 * 0.3 = R_{Dson} * 1.2$

$P_{Dmax} = V_{Don} * I_{Dmax} = 0.2 * 1.76$ A $\cong 0.35$ W

Per avere perdite di conduzione sul mosfet molto basse, dell'ordine di 0.1 W, del 10% quindi della potenza complessiva dissipabile, è necessario scegliere un componente con un valore di R_{DSon} sufficientemente basso.

Per avere $P_{Son} \leq 100$ mW, $R_{DSon} \leq 0.1 / 1.2 \leq 80$ mΩ

Analizzando i "data sheets" dei componenti disponibili, si trova che per avere tale valore di resistenza in conduzione è necessario scegliere un mosfet con corrente nominale di almeno 20 A. Se si scegliesse infatti una corrente nominale di 2 A si avrebbero valori di R_{DSon} dell'ordine dell'ohm, quindi non accettabili.

Perdite di commutazione

$P_{Ssw} \cong ½ (U_i I_{Lmin} t_{swon} + U_i I_{Lmax} t_{swoff}) f_s$

Posto:

$f_s = 200$ kHz, $t_{swon} = t_{swoff} = 100$ ns

e trascurando il ripple di corrente, assumendo cioè $I_{Lmin} = I_{Lmax} = I_L$

$P_{Ssw} \cong U_{inom} I_L t_{sw} f_s = 28 * 2 * 10^{-7} * 2*10^{-5} \cong 1.12$ W

Eccessivo! Questo valore di perdite non è compatibile con un rendimento $\eta = 90\%$.

Per ridurre le perdite si può solo agire sulla frequenza di commutazione.

Si pone quindi $f_s = 70$ kHz , $P_{Ssw} \cong 0.4$ W

Induttanza

Il valore di corrente limite tra funzionamento continuo e discontinuo è 0.2 A.

Quindi : $\Delta I_L = 2 * I_{Olim} = 0.4$ A

$\Delta I_L = (U_o\, t_{off}) / L \leq (U_o\, t_{offmax}) / L = U_o\,(1 - \delta_{min}) / f_s\, L$

$L \geq U_o\,(1 - \delta_{min}) / f_s\, \Delta I_L = 5 / (70*10^{-3}*0.4) * (1-0.119) = 157\ \mu H$

$W_L = ½\ L\ I^2 = ½\ 157*10^{-6}*0.4 = 0.314$ mW

$f_s\, W_L \cong 22$ VA (potenza di dimensionamento)

Capacità

La specifica richiede un'accuratezza della tensione d'uscita dell'1% sia in condizioni statiche che dinamiche. Quindi:

$\Delta U_o \leq 0.05\ V \leq ½ * ½\ \Delta I_L * ½\ T_S / C$

$C \geq 0.4 / (8 * 70*10\text{-}3 * 0.05) = 14.3\ \mu F$

Questo valore assicura l'accuratezza desiderata in condizioni statiche.

Per effettuare la verifica in transitorio, la situazione peggiore in transitorio, si verifica nel caso di distacco di carico, in cui tutta l'energia immagazzinata nell'induttore si trasferisce al condensatore:

$C/2 * (U_{omax}^2 - U_o^2) = ½\ L\ I_O^2 =$

$U_{omax}^2 = (U_o + \Delta U_o)^2$

$(U_{omax}^2 - U_o^2) = U_o^2 + \Delta U_o^2 + 2\ U_o\ \Delta U_o - U_o^2$

trascurando ΔU_o^2

$C/2 * (U_{omax}^2 - U_o^2) \cong C * U_o\ \Delta U_o = ½\ L\ I_O^2 = 3.14$ mJ

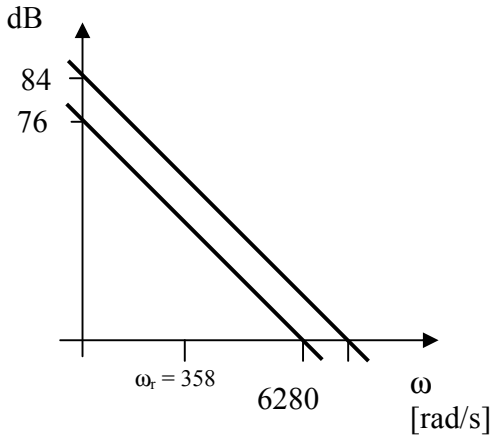
$C \geq 1000*\mu F$

Banda passante

$\omega_r = 1 / \sqrt{L\ C} = 2251$ rad/s $\qquad f_r = 358$ Hz

La banda passante risultante non soddisfa le specifiche; è pertanto necessario prevedere o un controllo di tensione con regolatore di tipo PID, per compensare la coppia di poli complessi coniugati del filtro LC, oppure un controllo di corrente.

Una volta garantita la stabilità, la banda passante desiderata si otterrà con un'opportuna scelta del guadagno del regolatore, che la assicuri anche con la minima tensione d'ingresso.

$G = U_i K_G$

$U_i = 18 \div 42$ V questa variazione corrisponde ad 8 db