

第4章

高効率スイッチング電源回路ほか 各種オンボード用DC-DCコンバータから高調波対策電源まで



4-1

降圧型 DC-DC コンバータのインダクタ

リップル率の設定がかぎ

例解

図1に示す入力12V、出力3.3V/1Aの降圧型DC-DCコンバータのインダクタンスを求めます。

最初にデューティ・サイクル D を求めてから L_1 を算出します。

$$D = \frac{V_{out} + V_F}{V_{in} + V_F} = \frac{3.3 + 0.45}{12 + 0.45} = 0.3$$

$$L_1 = \frac{(V_{in} - V_{out})D}{KI_{out}f_{SW}} = \frac{(12 - 3.3) \times 0.3}{0.3 \times 1 \times 300 \times 10^3}$$

$$= 29.1 \mu\text{H}$$

ただし、 V_{in} ($V_{inmin} \sim V_{inmax}$): 直流入力電圧 (範囲) [V], V_{out} : 直流出力電圧 [V], I_{out} : 直流出力電流 [A], $K = \Delta I_L / I_{L\text{ave}}$: インダクタンス電流のリップル率 (経験的に与える条件) (0.3), V_F : D_1 の順方向電圧 (0.45) [V], f_{SW} : スwitching周波数 (300 k) [Hz]

算出結果から、 $L_1 = 33 \mu\text{H}$ とします。

出力リップル電圧 V_R を $0.033 V_{P-P}$ ($V_{out} = 3.3 \text{ V}$ の1%) 以下にするためには、 C_2 の等価直列抵抗 R_{ESR} を、

$$R_{ESR} \leq \frac{L_1 f_{SW} V_R}{(V_{in} - V_{out})D}$$

$$= \frac{33 \times 10^{-6} \times 300 \times 10^3 \times 0.033}{(12 - 3.3) \times 0.3}$$

$$= 0.125 \Omega$$

とする必要があります。

データシートから330ZLH10M (330 μF , 10 V, 94 m Ω , ルビコン) を選ぶと、次のようになります。

$$V_R = \frac{(V_{in} - V_{out})D}{L_1 f_{SW}} R_{ESR}$$

$$= \frac{(12 - 3.3) \times 0.3 \times 0.094}{33 \times 10^{-6} \times 300 \times 10^3} = 0.025 V_{P-P}$$

R_{ESR} を無視できるセラミック・コンデンサの場合、

$$C_2 \geq \frac{1}{8} \times (1 - D) \frac{V_{out}}{L_1 f_{SW}^2 V_R} = \frac{1}{8} \times (1 - 0.3)$$

$$\times \frac{3.3}{33 \times 10^{-6} \times (300 \times 10^3)^2 \times 0.033} = 2.95 \mu\text{F}$$

例題

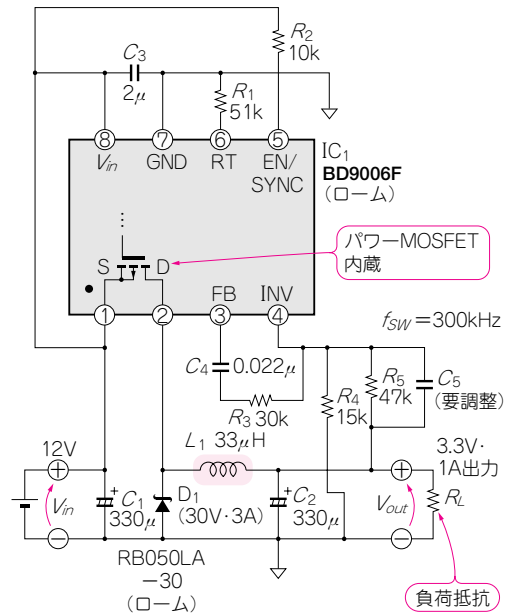


図1 入力12V、出力3.3V/1Aの降圧型DC-DCコンバータのインダクタンスとリップル電圧を算出したい
IC1周辺の C_3 , C_4 , C_5 , R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 は BD9006F のデータシートを参照のこと

ですが、直流電圧が加わることによる容量の減少があるため、GRM21BB30J106K (2012B10 μF , 6.3 V, 村田製作所) を選ぶと、次のようになります。

$$V_R = \frac{1}{8} \times (1 - D) \frac{V_{out}}{L_1 C_2 f_{SW}^2} = \frac{1}{8} \times (1 - 0.3)$$

$$\times \frac{12}{33 \times 10^{-6} \times 7 \times 10^{-6} \times (300 \times 10^3)^2} = 0.014 V_{P-P}$$

C_2 容量低下

この場合、 C_2 と R_{ESR} によってループ・ゲインの周波数特性上に与えられていたゼロが無くなるので、 C_5 を調整してゼロを与えないと発振します。