

わかる!! 電源回路教室

10 降圧型コンバータの実用回路Ⅱ

～小型化されてゆく降圧型コンバータ～

馬場 清太郎
Seitaro Baba

前回に引き続き、実用的な降圧型コンバータの設計例を紹介します。今回はパワー MOSFET を使用したタイプを取り上げます。

パワー MOSFET は、バイポーラ・トランジスタに比べてスイッチング・スピードが速いのが特徴とされています。それだけではなく、100 V 以下の低圧ではチップ面積当たりのオン抵抗も低くなり、小型/低コスト/高効率になります。このため、最近のスイッチ素子はパワー MOSFET 一色という状況です。

前回のバイポーラ・トランジスタと同一の設計仕様でパワー MOSFET を使用し、効率が改善されることを確認してみます。また、最高スイッチング周波数が MHz 以上の最近の電源 IC を紹介します。

出力平滑コンデンサとして、ESR(等価直列抵抗)の小さなセラミック・コンデンサを使用した場合の出力リップル電圧についても、稿末のコラムで触れます。

パワー MOSFET による実用的な降圧型コンバータ

● HA16114P による降圧型コンバータ

HA16114P(ルネサス テクノロジ)は、外付けパワー MOSFET 用のドライブ回路を内蔵した制御部分だけの IC です。主な特徴は下記のとおりです⁽¹⁾。

- 入力電圧範囲：4.5 V～40 V
- 基準電圧 (V_{ref})：2.5 V \pm 2%
- スwitching 周波数：1 Hz～600 kHz
- ON/OFF 制御機能
- ソフト・スタート機能
- 過電流検出回路
- 短絡保護(SCP)回路(時間設定可能)
- 外部同期入力回路
- パワー MOSFET ドライブ回路
- UVL(低入力誤動作防止)回路

小出力電源の短絡保護回路は過負荷時に OFF 状態

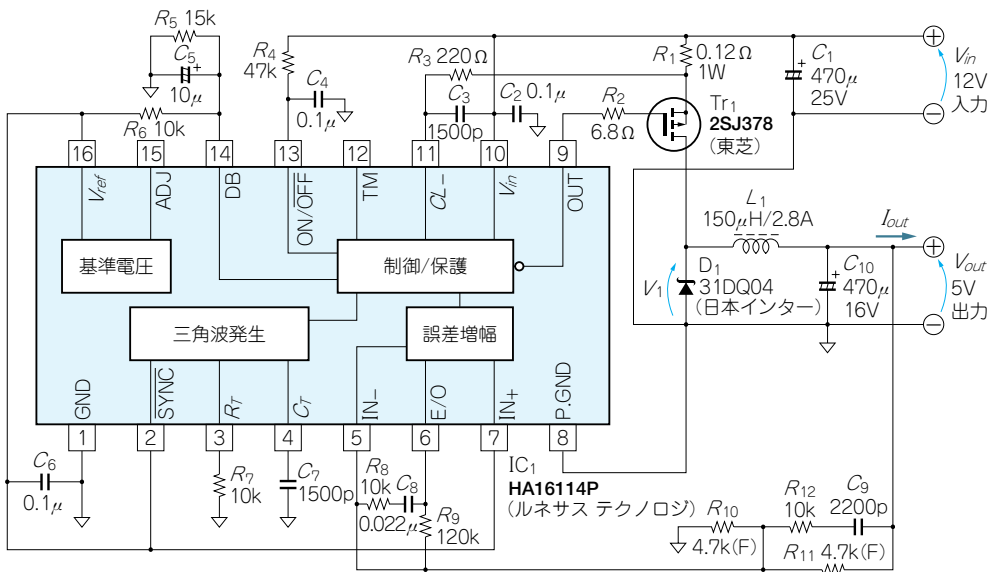


図 10-1 HA16114P を使用した実験回路(12 V 入力, 5 V 出力)

表10-1 設計の手順

① 仕様を決定する

出力電圧	V_{out}	5 V
出力電流	I_{out}	1 A
入力電圧	V_{in}	12 V ± 3 V
スイッチング周波数	f_S	80 kHz
出力リップル電圧	V_R	50 mV

② 経験による条件を仮定

効率	η	0.9
電流リップル率	$\Delta I_L/I_L$	0.3
		0.23(再計算)

④で選定したインダクタンス値が計算値と大幅に異なったときは下式により ΔI_L を求め、 $\Delta I_L/I_L$ を再計算する。以下()内は再計算値。

$$\Delta I_L = \frac{(V_{in} - V_{out}) T_{on}}{L_1}$$

③ 基本パラメータを計算する

T_S	$1/f_S$	12.5 μ s
V_F	D_1 の順方向電圧	0.5 V
D	$(V_{out} + V_F)/(V_{in} + V_F)$	0.44
T_{on}	DT_S	5.50 μ s

④ インダクタ電流を計算する

$I_{L(ave)}$	I_{out}/η	1.11 A
ΔI_L	$(\Delta I_L/I_L)I_L$	0.33 A (0.26 A)
$I_{L(MAX)}$	$I_{L(ave)} + \Delta I_L/2$	1.24 A
L_1	$\frac{(V_{in} - V_{out}) T_{on}}{\Delta I_L}$	117 μ H (150 μ H)

$I_{L(max)} = I_Q(max) = I_D(max)$ から、トランジスタ、パワー MOSFET、ダイオードを選択。実際に使う L_1 の値が計算値と異なるときは再度②から再計算する

⑤ 出力コンデンサの計算

ESR	$V_R/\Delta I_L$	0.19 Ω
-----	------------------	---------------

を保持しますが、このICの場合は過電流保護が一定時間連続すると、間欠的にON/OFFを繰り返します。

前回紹介したICと同様に、入力電圧範囲が40Vまでとなっています。自動車電装用では入力電圧が定格12Vで、最大32Vに耐える必要(ロード・ダンプ試験と呼ぶ)があります。アマチュア機器用ではAC 24Vを整流して用います。メカトロニクス制御用ではDC 24Vが一般的です。汎用電源ICの入力電圧は、このような用途を考慮して決定されています。

自動車電装用ではカー・ラジオに妨害を与えないことも重要で、HA16114PはSYNC端子に同期パルスを与えることで、ラジオの受信周波数に影響しないスイッチング周波数の設定が可能です。

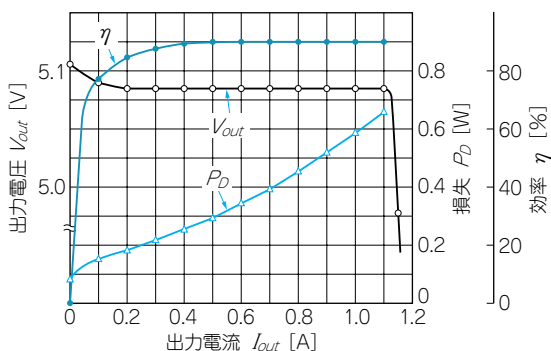


図10-2 HA16114Pを使用した回路の出力電流特性

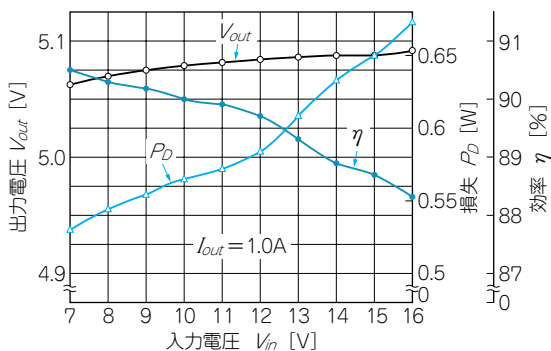


図10-3 HA16114Pを使用した回路の入力電圧特性

● 前回と比較できる条件で設計してみる

設計仕様は前回と同じにします(表10-1参照)。設計手順も前回と同じで、表10-1に従って行います。出力のコンデンサはインピーダンスが0.056 Ω (20 $^{\circ}$ C)の16V/470 μ Fアルミ電解コンデンサを使用しました。

回路はICとその周辺部品、パワー MOSFETが異なるだけで、できるだけ前回と同じにしました。短絡保護は使用しませんでした。ソフト・スタートは使用しました。

高周波スイッチングが可能な制御ICとパワー MOSFETを使用してバイポーラ・トランジスタと同じ設計仕様では役不足ですが、同一条件で動作させて違いを見るためです。

● 損失の少ない使いやすい電源ができた

HA16114Pによる実験回路を図10-1に示します。入力電圧 V_{in} を12V一定にし、出力電流 I_{out} を変化させたときの V_{out} 、 P_D 、 η 特性の結果は図10-2です。出力電流 I_{out} を1A一定にし、入力電圧 V_{in} を7V~16Vまで変化させたときの V_{out} 、 P_D 、 η 特性の結果を図10-3に、リップル電圧と立ち上がり波形を写真10-1に示します。

パワー MOSFETを使用しているため、内蔵バイ