

# わかる!!

# 電源回路教室

⑳ DC-DCコンバータの  
高速制御【後編】  
～超高速DC-DCコンバータ～  
(最終回)

馬場 清太郎  
Seitaro Baba

今回は、高速コンバータとして知られている電流モードDC-DCコンバータの実用的な制御ICと、高周波スイッチングに適したエミュレーテッド電流モード制御ICを紹介します。前回も電流モードDC-DCコンバータを実験しましたが、動作のわかりやすさを優先して、実際のDC-DCコンバータの用途としては実用的でないAC-DCコンバータ用の制御ICを使用しました。今回は、それよりもサイズやコストの点で実用的な制御ICを紹介します。

**ピーク電流モード**は電流検出信号に乗ったスパイク・ノイズに弱く、ノイズ処理に時間を取られ、スイッチング周波数を高くできない場合もあります。**エミュレーテッド電流モード**はスパイク・ノイズに強く、高周波スイッチング向きです。

最後に紹介する**ヒステリシス制御**は、出力電圧の変動ぶんをヒステリシス・コンパレータで瞬時に検出し、制御系の応答遅れがほとんどないという、最速の制御方法です。

## 実用的な電流モード DC-DCコンバータ

前回の実験と異なり、実際の電流モードDC-DCコンバータでは、電流検出に高価かつサイズの大きなカレント・トランスは使用しません。

スロープ補償もIC内部で行われ、ユーザが面倒な設定をする必要はありません。実用的な同期整流型電流モード制御ICを図20-1に例示して紹介します。

### ● 従来型電流モード

図20-1(a)が従来型の電流モード降圧型コンバータです。電流検出はインダクタと直列に入れた抵抗によって行っています。抵抗により電流の方向も検出して同期整流時の逆流を防止しています。

図20-1(a)は電流検出抵抗 $R_S$ が最も低ノイズの部分にあるため、ノイズの影響をほとんど受けずに電流検出できますが、 $R_S$ の損失があります。例えば、

LTC3835 (リアテクノロジー)

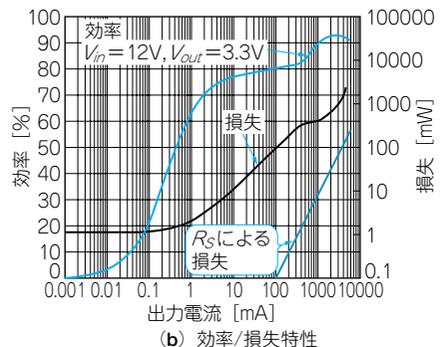
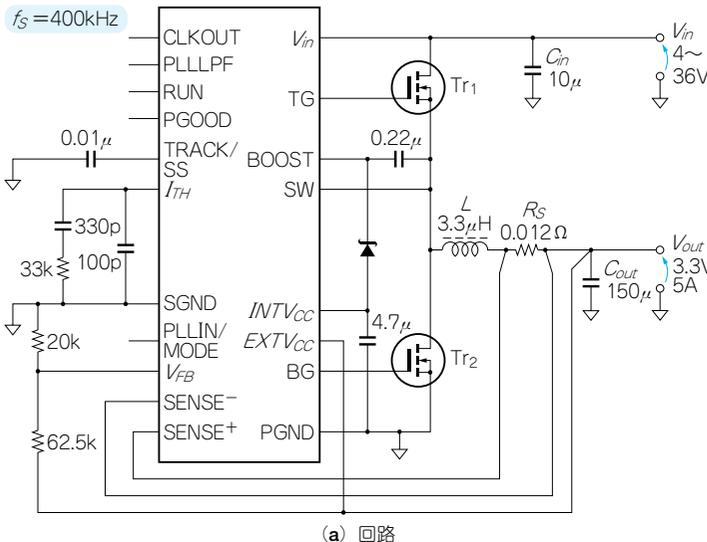
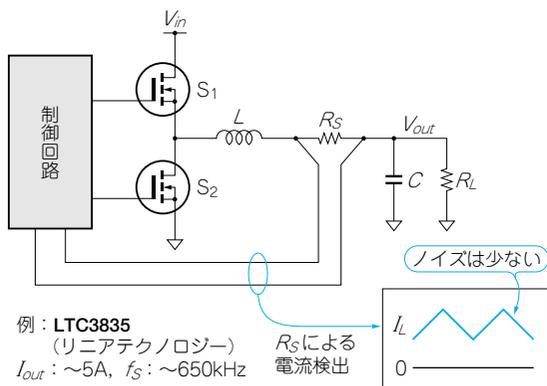


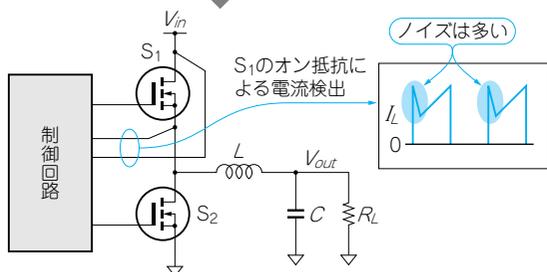
図20-2(1) 電流モード降圧型コンバータLTC3835の評価回路と特性



$R_S$ による損失のため $I_{out} = 10A$ 以上で効率低下

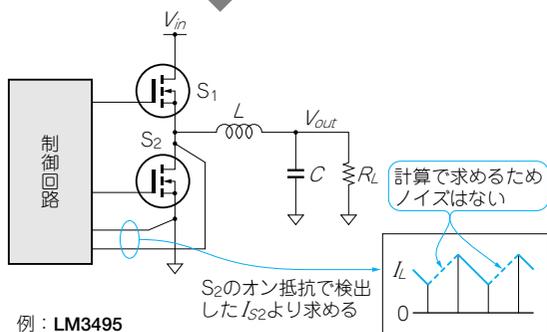
(a)  $R_S$ による電流検出

↓  $R_S$ を使わない方法へ改良



(b)  $S_1$ のオン抵抗による電流検出

↓ ノイズの影響を受けないよう改良



(c)  $S_2$ のオン抵抗で検出した $I_{S2}$ より求める

図 20-1 実用的なピーク電流モードの降圧型コンバータ制御 IC の電流検出方式

LTC3835を使用した降圧型コンバータの回路例(図 20-2)で、図(b)に $R_S$ の損失を追記しましたが、 $R_S$ による効率の悪化は1.数%と90%以上を目標にすると無視できません。

回路例での効率は、 $f_s = 400 kHz$ で3.3 V/5 A (16.5 W)出力時に90%以上です。これをさらに上げ

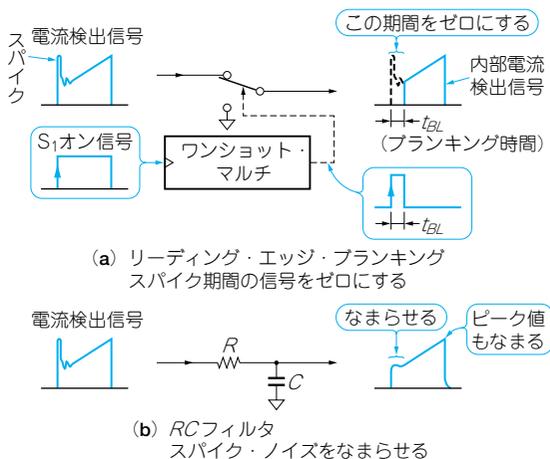


図 20-3 スパイク・ノイズの処理方法

るためには、 $R_S$ での損失を低減する必要があります。

### ● 高効率電流モード

図 20-1 (a) の欠点は、 $R_S$ の損失が大電流では無視できないことです。そこで、図 20-1 (b) のようにパワー MOSFET ( $S_1$ ) のオン抵抗を電流検出抵抗にした改良型が出されました。

図 20-1 (b) は、 $S_1$  を ON した瞬間に回路素子の寄生容量を充電するため、スパイク状のサージ電流が流れます。これを検出すると、スパイクが最大インダクタ電流検出値よりも大きくなり、ピーク電流モードは誤動作します。

誤動作防止のため図 20-3 に示すように、 $S_1$  を ON した瞬間のスパイク期間(数 10 ns)をブランキングしたり、RCフィルタを入れてスパイクを除去します。入出力電圧比が大きくてデューティ比  $D$  の小さな高周波スイッチングでは、 $S_1$  のオン時間が短かすぎてブランキング時間のほうが長くなる可能性があります。そうすると、定電圧制御も電流検出もできず、出力電圧は変動し負荷短絡時の過電流保護ができません。小型化と高速応答のため、スイッチング周波数を上げたくとも限度があります。図 20-1 (a) は電流検出のノイズが小さくて、ほとんど問題になりません。

電流検出抵抗を使用せず、上側  $Tr_1$  のパワー MOSFET のオン抵抗で電流を検出する LTC1775 を使用した降圧型コンバータの回路例を図 20-4 に示します。上記の理由により  $f_s = 150 kHz$  と低く抑えられていますが、効率は  $f_s$  に反比例しますから、その影響もあって 5 V/1.5 ~ 8.5 A 出力時の効率は 95% 以上と非常に高くなっています。出力電流の上限は IC がドライブ可能なパワー MOSFET で決定されているため、データシートやアプリケーション・ノートを参照して、必要な出力電流からパワー MOSFET を選択します。