



9 降圧型コンバータの実用回路

～専用ICを使って実用回路に必要な要素を取り込む～

馬場 清太郎
Seitaro Baba

実用的な電源には、基本的な定電圧出力機能のほかに何が必要でしょうか？

電源は電子機器の心臓部ですから、入力電源や出力負荷の異常で簡単に壊れないことと、入力や自分自身の異常でも負荷となる電子回路を壊さないことが必要です。

電子機器の他の部分に悪影響を与えない動作状態も必要です。例えば、基本的な降圧型コンバータでは起動時に大電流が流れましたが、入力電源側の負担を軽減するために、一定の値以下に抑えることが必要です。また、出力電圧の立ち上がり、立ち下がり特性も単調に増加、減少することが必要です。出力電圧が振動的に変化すると、負荷となるマイコンなどのリセット回路が誤動作し、予期しない不具合が発生します。

市販の電源用ICには、これらの機能がすでに組み込まれていますから、簡単に実用的な電源を設計できます。今回はすべて専用ICを使って設計します。

実用的な電源回路には何が必要か？

● 保護機能と付加機能

実用的な電源は保護機能と付加機能を備えています。保護機能としては、負荷の電子回路や入力電源が異常になったときに自分自身を保護する機能と、入力電源や自分自身が異常になったときに負荷の電子回路を保護する機能が考えられます。

付加機能としては、システムに組み込んだときに必要な制御信号の入出力機能があげられます。

これらを図示すると、図9-1に示す三つのブロックから構成されます。

- 基本コンバータ
- 保護機能
- 付加機能

基本コンバータ部に追加する、これらの二つの機能について考えてみます。

● 具体的な保護機能を考えてみる

実用的な電源に必要な保護機能を考えてみると、下記の五つがあげられます。

- 過電流保護
負荷となる電子回路の故障で電源出力が短絡した場合でも、電源がダメージを受けない。
- 低入力電圧保護
入力電圧が低下して電源出力が定電圧を維持できない場合に、出力を遮断して負荷を保護する。
- 過熱保護
電源内部が過熱した場合に、電源の動作を止めて火災などを防止する。
- 過入力電圧保護
入力電圧が過大になった場合に、入力を遮断して電源と負荷を保護する。
- 過出力電圧保護
出力電圧が過大になった場合に、出力を遮断して負荷となる電子回路を保護する。

AC-DCコンバータのなかには、ここにあげたすべての保護機能を有するものもありますが、DC-DCコンバータでは一部省略されている場合が多いようです。保護機能の肥大化は回路規模を大きくしてしまい、信頼性を低下させ、コストアップを招くからです。

電源回路のような個別回路には必要最低限の保護機能だけをもたせておき、電子機器の保護はシステム全体で考えると、バランスの良い設計ができます。

一般的な専用ICでは、ほかで保護が難しい過電流

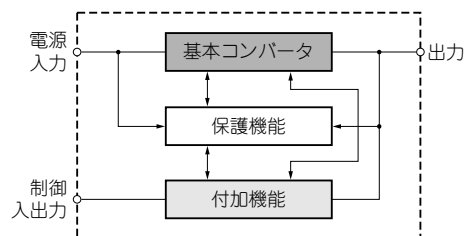
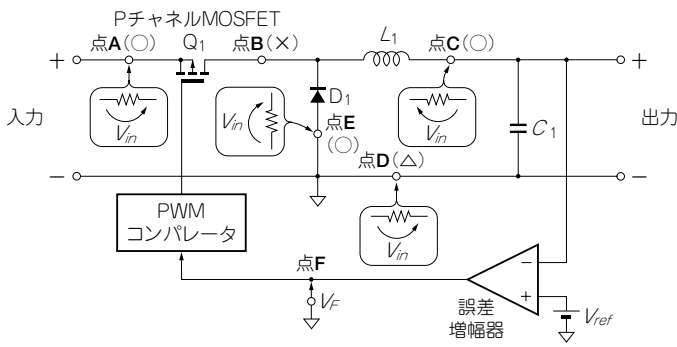
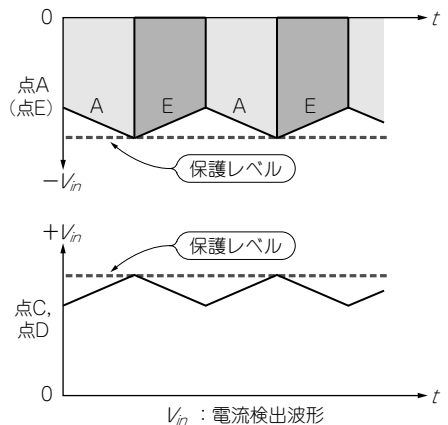


図9-1 実用的な電源を作るためには保護機能と付加機能が必要
入力電圧を変換して出力するだけでは実用的な電源とはいえない



点F以外の各点に低抵抗を入れて検出する。実際の電源では点Aと点Cが多い。
点Bは不可。点Dは使えない場合が多い

(a) 電流検出用の抵抗を挿入する場所は5点考えられる
誤差増幅器の出力 V_F を使う場合もある



(b) それぞれの点ではこのような波形が検出できる
 V_{in} : 電流検出波形

図9-2 過電流を防止するために電流を検出する

保護と低入力電圧保護の二つを有するものが多いようです。

● 最も重要な保護機能である過電流保護

過電流保護は、電流を検出して電圧値に変換しピーク値を一定値以下にする「定電流保護回路」で実現される場合がほとんどです。

電流検出にはホール素子などを使用した磁気的な検出も可能ですが、コスト的な問題から、一般的には値の小さな抵抗を使用します。図9-2に降圧型コンバータのブロック図上で電流を検出する箇所をあげます。

▶ 電流検出に使われる箇所はほぼ決まっている

正確な検出には、検出回路の $CMRR$ (同相除去比) が重要で、基準電位が交流的にグラウンド電位に近いほど高く取れます。よって、専用ICの検出点は、点Aまたは点C、まれに点Eです。点Aでの検出ではパワーMOSFETのオン抵抗を検出抵抗に使用する場合もあります。

図中の点Bはスイッチング波形の上に電流検出信号が乗るため、検出回路の $CMRR$ を高く取ることができません。正確な電流検出が難しいので、採用しません。

点Dでの検出は負荷と電源のグラウンドを共用できないため、システム上許される場合しか採用できません。図9-3(a)に定電流保護回路の動作特性を示します。

▶ 短絡またはそれに近い状態を検出する方法もある

図9-2の点Fでは電流を直接検出できませんが、図9-3(b)のように短絡状態に近い極端な過負荷の場合、誤差増幅器の出力 V_F が大きくなることから異常を検出できます。一般にSCP (short circuit protection: 短絡保護) と呼ばれ、タイマと組み合わせて一定時間短絡状態が続いたときに、出力を遮断して回路を保護します。

出力が短絡状態でも電流が一定限度を越えない、入力電源や使用部品の直流抵抗が大きな小出力電源の保護に使用します。

一般に「定電流保護回路」の場合、最大出力電流の設定は定格出力電流の1.2倍以上にします。デジタル回路のようにパルス状の電流が流れる負荷の場合には、さらに設定保護レベルを大きくする必要がありますが、短絡すると、非常に大きな電流が連続して流れ、スイッチング素子やインダクタが発熱し破損する場合があります。そこで、定電流保護回路のうえに、短絡

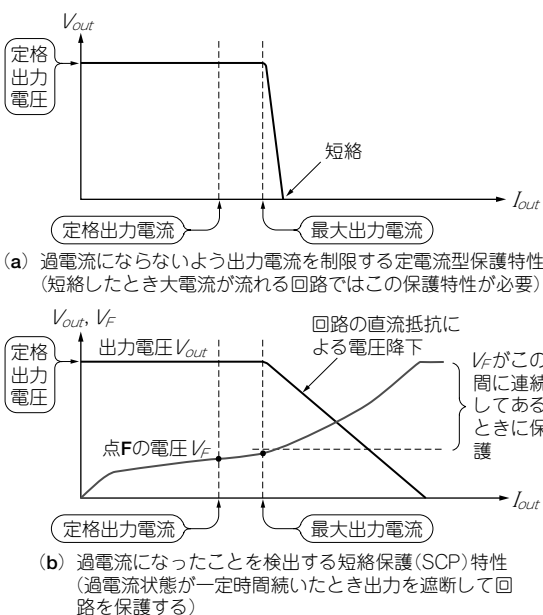


図9-3 性質の違う二つの保護特性がある
両方を併用する場合もある