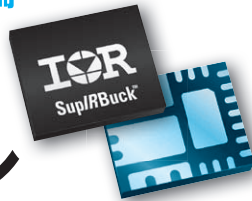


こうして使おうパワーデバイス：応用編

第6回 POL電源に最適なDC-DCソリューション



高速スイッチング、低オン抵抗を特長とするMOSFETは、DC-DCコンバータに適したパワーデバイスです。とりわけ、低電圧、大電流、小型化が要求されるPOL電源は、MOSFETの特長を最大に発揮できる用途と言えるでしょう。今回は、POLに最適な電源の構成方法やデバイスを紹介します。

POL電源とBuckコンバータの基本構成

サーバ、セットトップボックス、グラフィックボード、基地局、通信機器、アミューズメント機器など各種の電子機器で、プロセッサ、FPGA、ASICなどの大規模なLSIが用いられています。このようなLSIでは、半導体プロセスの微細化による高速化と高集積化が進むとともに、動作電圧は低下し、動作電流は増大しています。電圧1V以下、電流100A以上で消費電力が100Wを超えるLSIも珍しくありません。

低電圧、大電流で高速動作するLSIに効率良く電源を供給するためには、LSIの直近に個別のDC-DCコンバータを置いて低電圧、大電流、高速応答の電源を生成することが必要です。これをPOL(Point of Load)と呼んでいます。システムの主電源からPOLまでは、比較的高い電圧(たとえば12V)の中間バスで電源を供給することによって、電流を抑え、配線抵抗による電圧降下や電力損失を防ぐことができます。典型的なPOLでは、例えば12Vの入力から、LSIコアの動作に必要な1.2V/10Aの出力を生成します。

POL電源はシステムの主要LSIの直近に配置するので、小型化や、高効率化による発熱の抑制も重要な課題となっています。

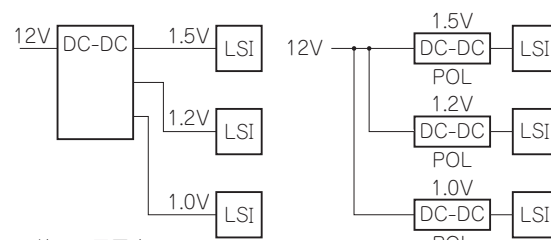
DC-DCコンバータにはBuck(降圧)型、Boost(昇圧)型、Buck-Boost(反転)型がありますが、POLは入力電圧が高く出力電圧が低いので、一般にBuck型になります。

基本的なBuck型のトポロジは、1個のMOSFET、

1個のダイオード、1個のインダクタで構成されます。MOSFETがオンの期間に入力側から出力側にエネルギーを伝送し、インダクタがエネルギーを蓄積します。このときダイオードはオフです。

MOSFETがオフの期間は、インダクタに蓄積したエネルギーを放出します。このときダイオードはオンになって、電流を流し続ける働きをします。

ただし、ダイオードはMOSFETより損失が大きく、スイッチングも低速なので、ダイオードをMOSFETで置き換えた同期整流コンバータが多くなっています。2個のMOSFETを区別するため、入力から出力にエネルギーを伝送する側をコントロールFET、ダイオードを置き換えた側をシンクロナスFETと呼びます。この2個のMOSFETによる構成は、見た目にはインバータなどに用いられるハーフブリッジと同じ形ですが、それぞれのMOSFETの動作や求められる特性に違いがあるので注意が必要です。



配線での電圧降下、応答遅れが問題

配線での問題を低減

図1 集中電源とPOL

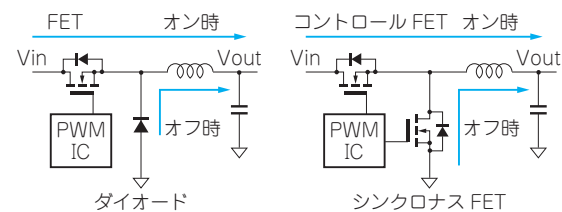


図2 Buckコンバータ

三つの制御モードが使われている

Buckコンバータのコントローラは、入力電圧や負荷電流が変動しても出力電圧を一定に保つようにフィードバック制御を行います。

最も一般的なのは、周波数一定でデューティを変化させるPWM制御です。出力電圧と基準電圧の差をエラー・アンプで増幅してフィードバックする電圧モードと、電圧に加えてインダクタ電流をフィードバックする電流モードがあります。

電圧モードは応答が遅く、その分だけ位相補正が複雑になりますが、制御自体はシンプルです。電流モードは応答を高速化できますが、制御自体は複雑になります。

PWMとは異なる制御方法として、出力電圧の変動をコンパレータで検出し、即座にMOSFETを制御するリップルモードが使われています。応答は最も高速ですが、周波数変動が大きくなります。また、マルチフェーズ動作への対応が難しいという問題もあります。

リップルモードの中には、ヒステリシス・モード、オン時間固定モード、オフ時間固定モードがあります。

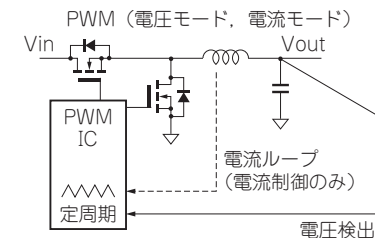


図3 制御方式

出力電流35AまでのシンプルなBuckコンバータ

POL電源は、出力電流25～35Aあたりを境として、大電流側ではマルチフェーズ電源が、小電流側はシンプルなシングルフェーズ電源が主に用いられます。マルチフェーズでは、各相の位相を揃えられるPWM制御が有利です。一方、シングルフェーズではさまざまな制御方式が用いられていますが、それぞれに一長一短があります。

最もシンプルな電圧制御PWMを用いて、高効率化と小型化を徹底して追求したシングルフェーズ製品として、インターナショナル・レクティブファイア(IR)のSupIRBuck[®]があります。最新のPWMコントローラと最新のMOSFETを組み合わせることで、3.5×3.5mmで最大3A出力、4×5mmで最大9A出力、5×6mmで最大25A出力、5×7mmで最大35A出力という小型、大電流を実現しています。フットプリントも共通化が進んでいて、品種の置き換えも容易です。

SupIRBuck[®]では、電圧制御モードのPWMコントローラを基本として、さまざまな新しい技術を投入しています。リップル制御モードの品種もあります。

例えば、1MHz以上の高速で効率良く動作する変調回路によって、小さい出力コンデンサで負荷応答を改善しています。負荷電流に応じてゲート駆動電圧を変化させるスマートLDOによって、MOSFETの動作効率を最適化しています。PWMにフィードフォワード制御を組み合わせ、入力変動への応答を高速化しています。MOSFETが自社製品なので、実特性に合わせて過電流保護の温度補正を行うことによって、正確で安全な保護を実現しています。

また、低電圧出力のPOL電源では、一般にコントロールFETのオフ時間が長くなり、シンクロナスFETに長時間電流が流れます。そこで、SupIRBuck[®]ではコントロールFETはスイッチング損失が小さい高速の品種、シンクロナスFETはオン損失が少ない高効率の品種を組み合わせ、効率を最適化しています。

POL電源向けのBuckコンバータにはさまざまな製品があります。目的に応じて、最適な製品を見つけ出して活用することが重要でしょう。