

## 電源設計を さらに簡素化する 次世代パワーモジュール

著者：ロバート ニコレッティ (Robert Nicoletti)  
ストラテジック アプリケーション エンジニアリング マネージャ  
Maxim Integrated

## エグゼクティブサマリー

個別部品による適切な電源設計には高レベルの専門知識が必要で、設計に時間がかかります。パワーモジュールは、迅速なプロトタイプ作成またはエンドユース用にプラグアンドプレイでそのまま使用可能な高信頼性の設計という形で、より簡易な経路を提供します。

現在市販されている新しい世代のパワーモジュールは、より高度のインテグレーションを提供し、システムインパッケージ電源ソリューションの小型化を実現します。新しいプロセス技術とパッケージ技術によって、これらのデバイスの小型化と動作の効率向上が可能になるとともに、安全な電源を設計するという大変な作業が不要になります。これによって、システム設計者は中核となる設計により多くの時間を使い、市場投入までの時間を短縮することができます。

## 電源設計をさらに簡素化する 次世代パワーモジュール

パワーモジュールの基本的な長所は、電源の設計を他の誰かに任せて、システム設計者はコアIPに専念することができるという点です。しかし現在では、従来の既製品のPCBパワーモジュールおよびブリックは、より優れた、そしてより小型の「システムインパッケージ」モジュールに取って代わられています。

これらの次世代電源モジュールは、今日の新しい設計の課題を考慮しています。技術の進歩によってモジュールは使いやすくなり、全体のサイズおよび総BOMも削減されました。これらの次世代モジュールの中でも特に優れたものは、以前よりさらに高い効率を備え、さまざまな電圧と電流にわたってピンコンパチブルで、コスト削減のための容易な移行経路を提供するように設計されています。

### 電源の設計：容易な作業ではない

堅牢な電源をゼロから設計するのは簡単な作業ではなく、スイッチングレギュレータ集積回路(IC)を内蔵したものの場合は特にそうです。ディスクリート部品の複雑な組合せを使用す

る標準的な方式では、回路を問題のない状態に保つための専門的な技術と知識が要求されます。電源に問題があると、市場投入までの時間が長引き、解決されなかった場合はフィールドでシステムが故障する原因にさえなるため厄介です。

進歩によって...モジュールメーカーは受動部品を、ベースICとともに1つの、より小型の電源ソリューションに組み合わせることができるようになりました。

さらに、ディスクリート部品による電源設計には多数の外付け部品が必要なため、調達、在庫、発注、および表面実装に時間と手間がかかり、入手性を確実にするのが困難です。また、ディスクリート部品による電源設計は、通常はより大きいPCBの基板レイアウトを意味し、特にスペースが重要な場合に、貴重な面積を占めることになります。

### パワーモジュールが解決策

より微細なプロセス、IC設計、および集積パッケージ技術の進歩によって、モジュールメーカーは電源回路に必要な受動部品を、ベースICとともに1つの小型電源ソリューションに組み合わせることができるようになりました。同期整流スイッチングレギュレータはFETを内蔵しており、従来のスイッチング素子より小型、高効率、および高精度です。最新のパワーモジュールソリューションは、これらの新しい同期整流スイッチング素子と、抵抗、コンデンサ、MOSFET、インダクタなどの部品を組み合わせ、ソリューションのサイズ、コスト、およびレイアウトの複雑さを低減する、使いやすいハイブリッドパワーモジュールになっています。

## パワーモジュールはすべて同じではない

現在市販されているパワーモジュールの多くは、ICより簡単に使用することができますが、設計のすべての課題に完全に対応するわけではありません。理想的なモジュールは、低い総所有コストと以下のようなその他の主要な設計上の利点の組合せによって、市場投入までの時間を短縮します。

- 高効率で低消費電力：お客様によって実証済みの堅牢なICがベース
- 小型：より多くの部品を内蔵することによって実現
- 使いやすさ：さまざまな電圧と電流にわたるピンコンパチビリティによって設計の柔軟性を実現
- 柔軟性：量産時のモジュールからICへの移行に最適な透過的コスト削減オプション

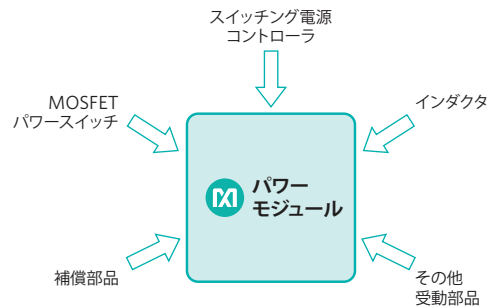


図1. 完全な電源に必要なすべての主要コンポーネントを内蔵したパワーモジュール

その結果が、高信頼性を備えた新しい世代のシステムインパッケージ(SiP)パワーソリューションで、ディスクリート部品による設計の問題を排除し、前述した主要な設計ニーズに対応するため、エンジニアは他の重要な設計領域に時間を使うことができます(図1)。

## 実証済みの同期整流レギュレータが基盤

ICのプロセスと設計の改良によって、スイッチング電源に利用されるMOSFETトランジスタの内蔵が可能になりました。さらにこの集積化が、特に高電圧アプリケーション分野においてDC-DC電源市場に変革を引き起こした同期整流電源の開発につながりました。最新の同期整流バックコンバータは、非常に高い効率、より低温の動作、およびサイズの小型化を提供します。

## FEATURED TECHNOLOGY

### 非同期のパワー IC に対する 同期整流の優位性

図2は、同期整流と非同期の電源設計の違いを示します。従来の非同期コンバータは、外付けショットキーダイオードを使用して、ハイサイドトランジスタのオフ時間に出力インダクタ電流を整流および伝導します。理論上は、この手法は簡素です。残念ながら、数十年にわたって一般的に使用されてきたとは言え、現実には設計が難しく、制御はさらに大変です。最大の欠点は、ダイオードが順電圧降下によって大量の熱を発生させるため、結果としてのシステムがあまり効率的ではなくなることです。

同期整流コンバータは、外付けの整流ダイオードを内蔵のローサイドパワー MOSFETで置き換えます。非同期コンバータのダイオードに比べて、MOSFETは低抵抗のため、電圧降下が大幅に小さくなります。また、MOSFETは不要なときオフにすることができます。そのため、変換時の電力損失が大幅に低減されます。すなわち、回路はより低温で、そしてより効率的に動作します。整流ローサイド MOSFETと、以前は外付けだった補償回路の両方が、IC 自体の一部になっています。

この技術の利点をより分かりやすく説明するため、簡単な電力損失の計算をして、同期整流ソリューションと非同期ソリューションを比較してみます。

ご覧のように、同期整流ソリューションは整流ダイオードでの電力損失を60%低減します。文字通りの意味で、クールです。

相対する温度画像は、同期整流DC-DCコンバータが、非同期の同等品に比べてどれほど低温で動作しているかを明確に示しています。熱によって電気部品の寿命が短くなるため、このことは重要です。スヴァンテ・アレニウスの言葉を借りると、「温度が10度低下するごとに、回路の寿命は2倍になります」。したがって、30°Cの温度差は、同期整流ソリューションが非同期のソリューションより8倍長持ちすることを意味します。

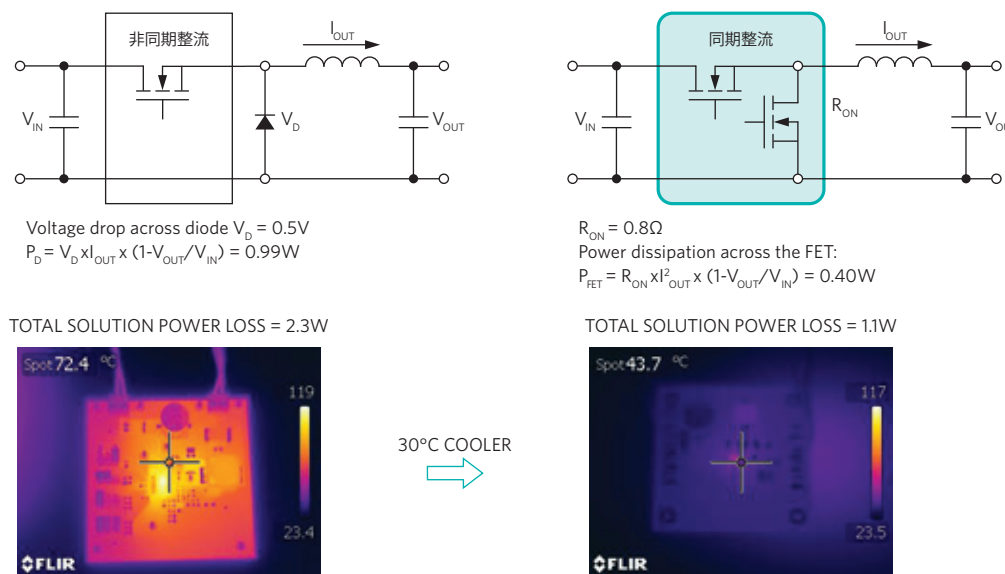


図2. 同期整流器と非同期整流器の消費電力

補償回路を内蔵することによって、同期整流はフィードバック安定化の精度を大幅に高めます。しかしさらに大幅な効果として、全出力範囲にわたる補償の内蔵によって外付け部品が不要になり、部品数と実装サイズが明確に減少します。追加の利点として、高精度の内部リファレンス電圧があり、より高精度の電圧レギュレーション(拡張動作温度範囲にわたりほぼ±1%)が提供されます。

これらの新しい内蔵FETスイッチングレギュレータを同期整流とともにパワーモジュールの基盤として使用することで、サブライアは高効率、動作の低温化、小型化、および電圧レギュレーションの高精度化という同じ利点を提供することができます。たとえば、MaximはHimalaya ICをその他の部品とともに集積化して、Himalayaパワーモジュールファミリを作っています。

## パワーモジュールは設計プロセスをどのように簡素化するか

たとえこれらの先進的な同期整流バックICを使う場合でも、堅牢な電源には多数の要件と克服すべき課題があります。いくつか例をあげると、設計者は入力電圧、出力電圧、負荷電流、温度、ノイズ耐性および/または放射を評価する必要があります。スイッチング電源の設計に関連する最も難しい課題の例として、外付け部品の選択、部品配置、PCBレイアウト、および電磁干渉(EMI)、無線周波数干渉(RFI)、無線周波数感受性(RFS)などの問題の制御が含まれます。これらのいずれも、確認を怠ると、電源回路との間で結合を起こす電氣的ノイズを発生させる可能性があります。

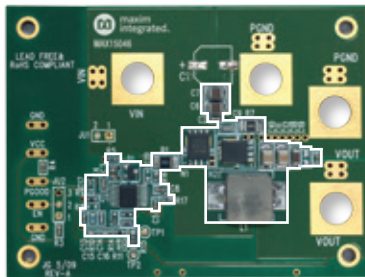
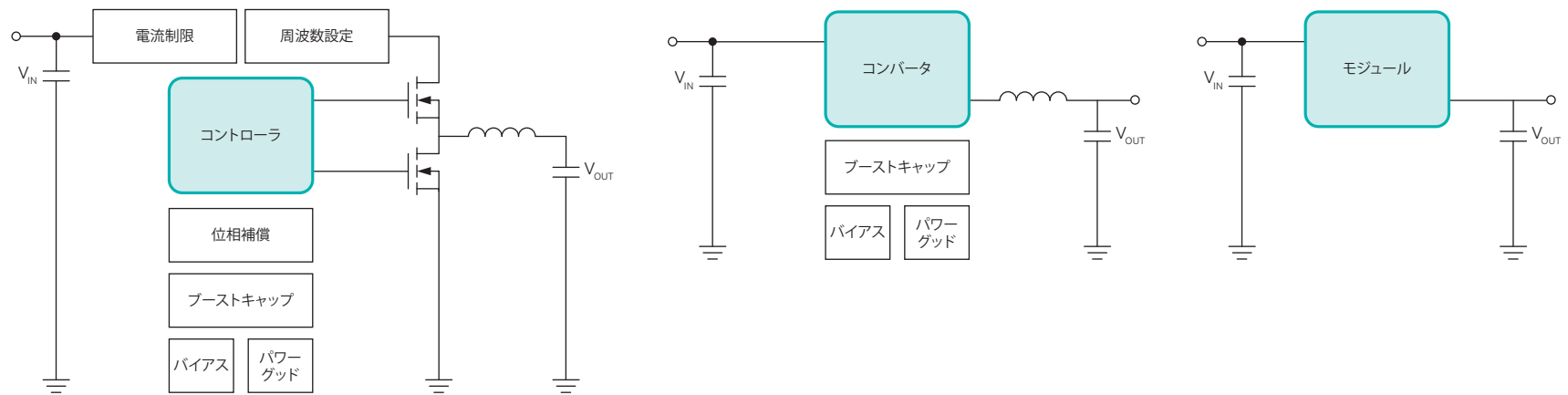
ディスクリート部品による電源用の外付け部品を選択する場合、注意深い判断が非常に重要です。たとえば、同じインダクタンス値のインダクタでも飽和点が異なる場合があり、高速過渡によって大電流が要求されたとき問題が発生します。インダクタには多数の形式があり、正確な磁気コアの材質、コイルの形状、巻線の間隔、周波数応答、DC抵抗値、品質係数(Q値)、シールドか非シールドかなど、仕様を制御する要素がそれぞれ異なっています。不適切なインダクタを選択すると、不安定性、入力または出力のスパイクなどの問題が発生したり、インダクタがシステムの電力要件に適切に対応していない場合、完全に故障する可能性さえあります。コンデンサも、全周波数、電圧、および温度範囲で値が異なる場合があるため、適切に選択しないと不安定性の原因となります。

パワーモジュールを使うと、一部の外付け部品がすでに内蔵されているため、リスクが大幅に排除されます。実際、今ではスイッチング電源コントローラからMOSFETパワースイッチ、インダクタ、および適切な補償とバイアスに必要なその他の受動部品まで、すべてのものを内蔵することが可能で、動作に必要な外付け部品はわずか4つか5つという最小限の数です。全内蔵部品は最高の性能を実現するように注意深く選ばれており、推測による作業を設計から排除します。エンジニアは正確な電源の要件に一致する適切な既製品のパワーモジュールの選択に専念することができます。

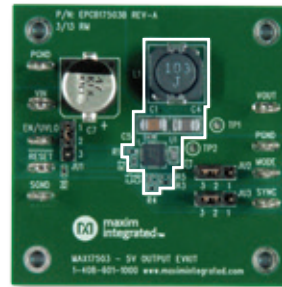
ディスクリート部品の電源回路用に適切な部品を選択することは重要ですが、それらの部品をICの近くに適切に配置することも同様に重要で、それには高レベルのスキルと専門知識が要求されます。設計者は、大電流経路の長さやサイズを念頭に置き、高周波数ノードに関心を持ち、ICと入力電源の両方へのグラウンドリターン経路に用心する必要があります。インダクタとコンデンサの位置がICから遠すぎると、大電流ループ内の寄生容量と抵抗の増大によって問題が発生します(市販されているほとんどのモジュールは、シールドされたインダクタを利用しています。これらはスイッチングレギュレータに関連するEMIの低減および予測可能性の向上に役立ちます)。補償およびフィードバック回路も、適切に設計しないとグラウンドノイズの影響を受ける可能性があります。モジュールを密閉型パッケージに封入すると、ディスクリート部品の電源設計で頻繁に見られるPCBレイアウトの問題からそれらのICを保護するために役立ちます。モジュールは標準ICと同様にはんだ付けされ、補償回路、FET、およびインダクタがすべて内蔵されているため、グラウンドの構成は明確に分かっており、敏感なデバイスの近くのグラウンド電流を制御するように設計されています。この制御は、補償回路に注入される可能性のあるグラウンドバウンスおよびその他のシステムレベルのノイズから電源回路を保護するために役立ち、最終的により効率的で高信頼性の電源が実現します。

## 小さいほど良い

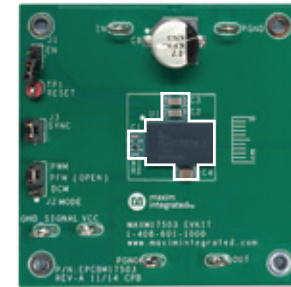
通常は堅牢な電源の設計につきものの障害の多くを排除する以外に、これらの次世代パワーモジュールは、PWMコントローラやさらには内蔵FETスイッチングレギュレータを使用するディスクリート部品の電源ソリューションより大幅に小型であるという追加の利点を備えています。長年にわたって、電源回路はすべて外付け部品による簡素なパワーコントローラ(図3A)から、外付けインダクタを使用するものの追加の外付け部品の少ないICインテグレーションによるパワーコンバータ(図3B)へ、そして最新の世代であるより小型のパワーモジュール(図3C)へと進歩してきました。たとえばHimalayaパワーモジュールは、わずか4~5の小型外付け部品(入力コンデンサ、出力コンデンサ、出力電圧を設定するための2つの抵抗、および場合によってソフトスタート用コンデンサ)のみを必要とします。図3は、この電源ソリューションのインテグレーションの進化と、それぞれに関連する実装面積を示します。



3A. MAX15046 同期バックコントローラ



3B. MAX17503 同期バックコントローラ



3C. MAX17503 モジュール

図3. 電源ソリューションのインテグレーションの進化

## 便利さと柔軟性が鍵

ご覧のように、最新のパワーモジュールは明らかに実装面積が小型化しています。しかし、これはモジュールを使用する利点の1つに過ぎません。もう1つは、設計の簡素さです。

QFN方式のピンアウトを介してピンをパッケージの周囲に配置する新しい種類のレイアウト構成によって、設計者にとってPCBレイアウトは容易でより低コストになります。重要な信号ピンをパッケージの周辺部に配置することで、ボールまたはグリッドアレイタイプのモジュールの場合のような、ビアを使用してモジュール内部に配置された中央のピンに配線する多層基板が不要になります(図4)。周辺部のピン位置によって、モジュールの底面に空いた場所にエクスポートパッドを配置することが可能で、モジュールからの放熱に役立ち、より低温のシステム動作を実現します。複数の個別のエクスポートパッドは、敏感なモジュール領域を相互に絶縁することによ

てさらなる保護を提供します。わずか2.8mmのパッケージ高も、次世代パワーモジュールのもう1つの重要な特質です。それによって、高さのクリアランスが重要なメザニンカードアプリケーションでの使用が可能になり、大量の熱を放散する必要があるハイパワーアプリケーションで特に重要となるヒートシンクの内蔵も容易になります(図5)。

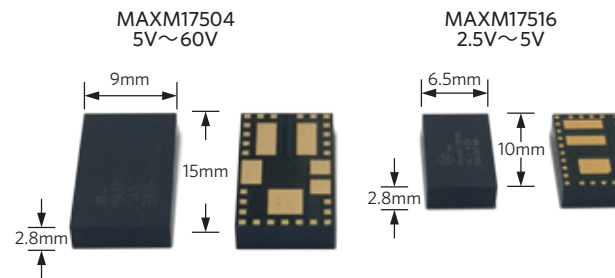
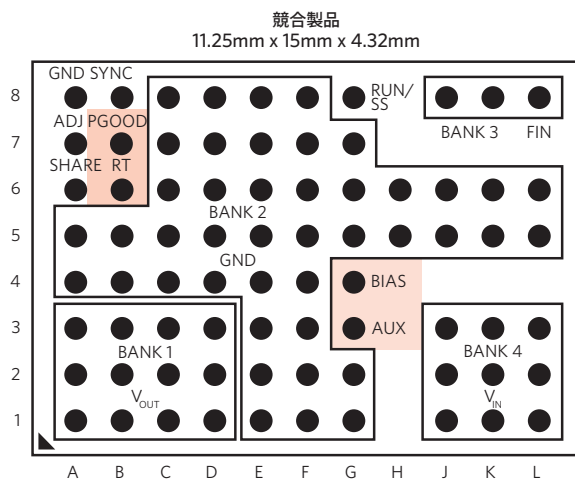
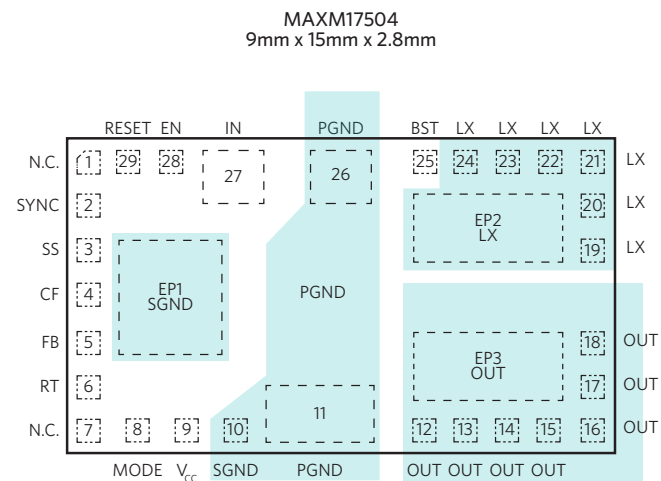


図5. サイズが小さく高さも低いMaximのHimalayaモジュール



信号配線が困難なエリア



大きなエクスポートパッド

図4. MaximのQFN方式と旧式のグリッドアレイレイアウトのピンアウトの比較



## 全電圧および電流範囲にわたる移行の容易さ

電力要件は、プロジェクトのさまざまな設計フェーズにわたって頻繁に変化する可能性があります。では、お客様は電圧または電流の要件が変化するたびに、基板の再設計と再評価をする必要があるでしょうか？それは高コストで、時間もかかります。

さまざまな電流範囲と電圧にわたってピンコンパチブルなオプションを提供するパワーモジュールファミリを探してください。それによって、PCBに影響を与えることなく同じレイアウトで異なるモジュールを相互に交換して使用可能になり、市場投入までの時間が短縮されます。

## コスト削減の経路：個別ICへの移行

一部の設計者は、ディスクリート部品の電源ソリューションほどカスタマイズ可能でなく、通常は価格も高いため、パワーモジュールの採用を躊躇しています。今では現実の存在となった両者間のミッシングリンクは、移行の可能性があります。今日の設計者は、迅速な開発のためにモジュールでスタートすることができます。その後、同一のICをディスクリート部品の形で使用するソリューションへのシームレスな移行を選ぶことができます。この柔軟性によって、大量生産の際に性能とコストの両方が最適化されるため、両方の方式の最良の部分を利用したい設計者にとって計り知れない価値があります。

## 設計の簡素化

ICプロセスとパッケージ技術の革新によって、ICレベルとパッケージレベルの両方で、これまで以上に高集積のパワーモジュールが可能になりました。これらの次世代パワーモジュールは、ディスクリート部品に関連する複雑な問題をすべて除去し、完全な高信頼性の電源ソリューションを提供します。それらのモジュールは非常に高効率で、ほとんどのPCBノイズに対してほぼ耐性があり、従来の非同期設計よりも予測可能なEMI性能を備えるとともに、大幅に低い温度レベルで動作します。それらのパワーモジュールによって、時間とリソースに制約のあるシステムレベルの設計者が必要な電源回路を迅速に設計することが可能になるため、他のより重要な設計領域により多くの時間を費やすことができます。

Maximは、これらのパワーモジュールを新しいレベルに到達させました。Maximのモジュールは、お客様にテストされたHimalaya同期整流バックレギュレータICを使用し、より低温の動作という優位性および小型という利点を生かしています。これらのモジュールは、より小型の形状と最小限の外付けBOM部品、便利なQFN形式ピンアウト、およびさまざまな電圧と電流にわたる柔軟なピンコンパチビリティから、大量生産プロジェクトでのモジュールからICへの容易な移行経路まで、エンジニアリングの精神で設計されています。

パワーモジュールは、コストの削減を重視しながら、さらなる高集積化、動作の低温化、および小型化に向けて進化し続けます。これらの進化によって、電源の設計はかつてなく簡素かつ容易になりました。

## 詳細

- 。 詳細については、下記のURLをご覧ください

<http://www.maximintegrated.com/jp/products/power/power-modules>

## 著者について

Robert Nicolettiは、Maxim Integratedのアプリケーションエンジニアとして半導体業界で15年の経験を持ち、9年間にわたってアプリケーションチームを管理してきました。彼の経験は、システム電源、インターフェース、オーディオソリューションなど、幅広いシステムレベルの専門分野にわたっています。彼はサンノゼ州立大学で電気工学の学士号を取得しています。