

SIMOスイッチングレギュレータ：ヒアラブル およびウェアラブルのバッテリー寿命を延長

著者：Cary Delano、テクニカルスタッフ特別メンバー、
およびGaurav Mital、テクニカルスタッフ主要メンバー、
マキシム・インテグレートッド モバイルソリューション事業部門

2017年11月



maxim
integrated™

要約

消費者は、ヒアラブル、ウェアラブル、およびその他の超小型電子機器に対して、それらの小型形状にもかかわらず、長いバッテリー寿命を期待します。しかし、明らかに、機器のサイズによってバッテリー容量は制限されます。このホワイトペーパーは、単一インダクタマルチ出力(SIMO)パワーコンバータアーキテクチャに基づくスイッチングレギュレータを使用することによって、そのスペースの一部を取り戻す方法を解説します。SIMOアーキテクチャと、レギュレータの低自己消費電流の組み合わせによって、ICはスペースに制約のある電子製品のバッテリー寿命を延長することができます。

このホワイトペーパーは、SIMO技術とその動作の仕組みをより深く理解するために役立ちます。また、消費電力と全体の部品数を削減するとともに、従来のソリューションの半分以下のスペースで同等の機能を提供する、SIMOレギュレータを備えたパワーマネージメントIC (PMIC)についても解説します。

はじめに

小型機器のバッテリー寿命の要求への対応



SIMOアーキ
テクチャは
高効率を
提供します。

長時間のハイキングや大規模プロジェクトの午後の作業のためにイヤホンを使うとき、途中で停止してイヤホンを充電する必要が発生するのは面白くありません。ヒアラブル、ウェアラブル、およびその他の小型、バッテリー給電の電子機器には、長時間にわたる高信頼性の動作が期待されます。

設計の観点から見ると、これらのユーザーの期待は無理難題です。形状の制約によって小型リチウムイオンバッテリーを使う必要があり、充電サイクル間に長時間持続

する必要があるため、節約して使用することが必要です。さらに、電源はデザイン内のサブシステムの個別で多様な電圧要件に対応する必要があります。

SIMOアーキテクチャは、他の方式では複数のディスクリット部品が必要になる機能を内蔵し、これらのシステムに最適なソリューションを提供します。以下では、SIMOアーキテクチャとは何で、バックブーストレギュレータの場合どのように動作するのかをさらに詳しく説明します。

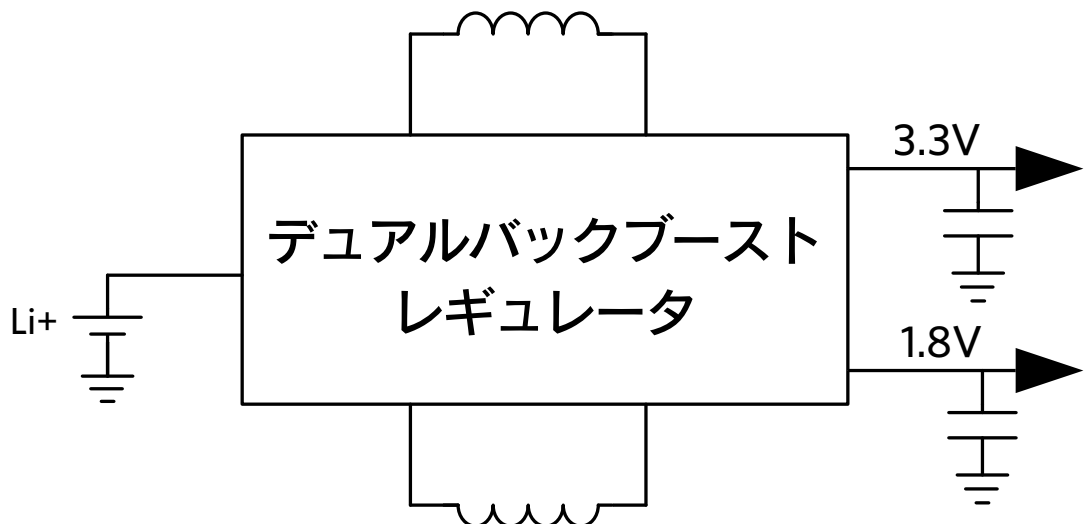


図1: バックブーストスイッチングレギュレータの従来のアーキテクチャ

SIMOアーキテクチャ 概要

従来の複数スイッチングレギュレータトポロジでは、各スイッチングレギュレータに個別のインダクタが必要です(図1)。インダクタは物理的に大きく高コストで、小型形状の製品にとって不利になります。他のオプションはリニアレギュレータを使用することで、これは高速、小型、低ノイズですが、消費電力が大きくなります。また、複数のロードレギュレータ(LDO)を、DC-DCコンバータと組み合わせて使用するというハイブリッドの代替案もあります。しかし、この構成では消費電力と発熱は両者の中間になります。やはりLDOのみより大きいデザインになります。

注目のバックブーストSIMOコンバータは、1つのインダクタを使用して、広い出力電圧範囲にわたって最大3つの出力電圧を安定化することができます。バックブースト

トポロジは、バックのみのSIMOに比べて各チャネルのサービスに必要な時間が少ないため、インダクタをより有効に活用するために役立ちます。バックのみのSIMOの弱点は、1つまたはそれ以上の出力電圧が入力電圧に近づくと顕著になります。バックのみのSIMOは、出力電圧がバッテリー電圧に近づくと問題が生じます。このとき、バックのみのSIMOは非常に長時間にわたってインダクタを必要とするため、他のチャネルに影響します。

場合によっては、インダクタはシステム内で必須です。LDOは小型ですが、それ自体では決してブースト機能を提供することができません。SIMOは1つのインダクタのみを必要とするため、少なくとも1つのブースト電圧を必要とするソリューションには、ほとんどの場合バックブーストSIMOの方が適しています。

インダクタ飽和電流(I_{sat})は、インダクタンスがその値の70%に低下するときの電流の基準で、特定のコア材料および構造に

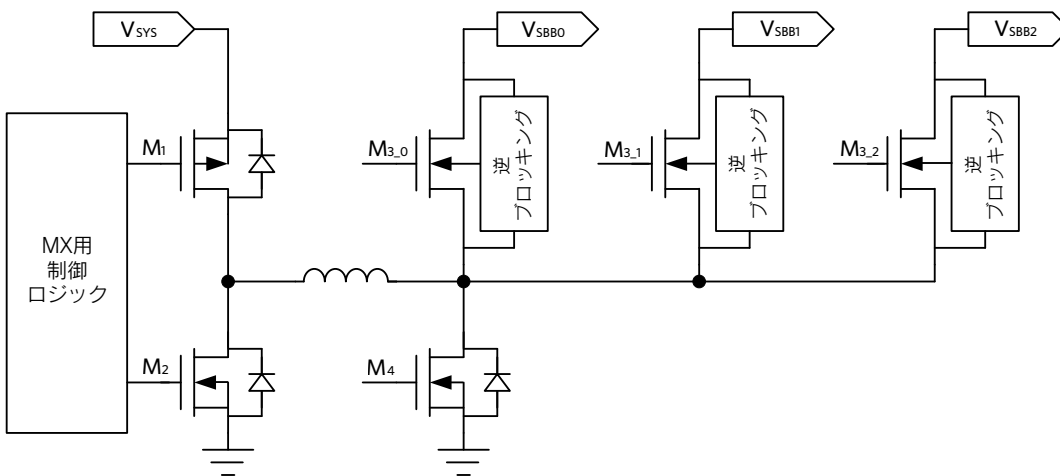


図2: SIMOアーキテクチャのブロック図



SIMOアーキテクチャはインダクタをより有効活用します。

対してインダクタのコアサイズによって決まります。SIMOアーキテクチャでは1つのインダクタを使用するため、個別のDC-DCコンバータを使用する場合に比べてさまざまな利点を提供されます。

- システムによって許容される場合、高さ方向をより有効利用することが可能。
- 従来のソリューションほど多数のインダクタを使用する必要がないため、コスト節減と実装面積が向上。
- 異なる機能は通常は同時に使用されない場合、時間多重が可能。この利点は、必要な各出力の合計より総消費電流が少ない場合に明確に表れます。たとえば、異なるレール電圧を使用する事象が順番に発生するケースです。たとえば一部のBluetoothシステムでは、機能を有効化する前にデータをダウンロードすることが可能です。つまり、無線に関連する電力は、有効化される機能とは異なるタイミングでオンになります。そのため、SIMOインダクタに必要な総Isatは、個別のコンバータに必要な値より小さくなります。
- RMS (インダクタの電流定格) – 各チャンネルを時間多重しなくても、各機能のピーク消費電力は同時に発生しない場合が多いため、必要なインダクタの総Isatが低減します。

SIMOアーキテクチャの妥協点の克服

SIMOアーキテクチャを使用する場合、トレードオフが伴います。そのため、設計に対する思慮深い取り組みが重要です。たとえば、1つのインダクタが各出力に交互に大量のエネルギーを供給するため、多くの場合出力電圧リップルは高くな

ります。また、SIMOへの負荷が大きい場合、時間が制約され、各チャンネルへのサービスに遅延が発生して、出力電圧リップルがさらに増大する可能性があります。より大きい出力コンデンサを使用することによって、最終的な実装面積/BOMの利点を維持しつつこれらの出力電圧リップルの発生源をオフセットすることができます。

マキシムの新しいパワーマネジメントIC (PMIC)のMAX77650およびMAX77651は、これらのトレードオフの間の注意深いバランスを提供します。これらのPMICは、マイクロパワーSIMOバックブーストDC-DCコンバータとともに設計されました。PMICに内蔵された150mAのロードロップアウトレギュレータ(LDO)は、オーディオなどのノイズに敏感なアプリケーション用にリップル除去を提供します。シリアルデータライン(SDA)およびシリアルクロックライン(SCL)と直列のオプションの抵抗(24Ω)は、バス信号のクロストークとアンダーシュートを最小限に抑えるとともに、バスライン上の高電圧スパイクからデバイスの入力を保護します。これらのレギュレータの各ブロックは低自己消費電流(出力当り1μA)で、最終アプリケーションのバッテリー寿命延長に寄与します。ICは常に断続コンダクション(DCM)モードで動作するため、インダクタ電流は各サイクルの最後でゼロになり、クロストークがさらに最小化され発振が防止されます。

各出力には、入力電圧以上、以下、または同じ出力電圧を生成するバックブースト構成の利点があり、SIMOコンバータはバッテリーの電圧範囲全体を利用します。各出力のピークインダクタ電流は設定可能であるため、効率、出力リップル、電磁干渉(EMI)、PCB設計、および負荷能力間のバランスを最適化することができます。これらのICの効率の定格は、3.3V出力時に85%以上です。

このSIMOアーキテクチャは、低消費電力と形状の間の最適なバランスを提供します。低消費電力は、大量の放熱が不可能な超小型アプリケーションの場合に非常に重要です。図3は、DC-DCコンバータと複数のLDOまたは単に複数のDC-DCコンバータを利用する構成と比較して、発熱および形状の面でMAX77650 PMICがどのように最適であるかを示しています。

MAX77650/1のSIMO制御方式は、すべての出力が適切なタイミングでサービスを受けることを確保する独自のコントローラを含んでいます。サービスを必要とするレギュレータがない場合、ステートマシンは単に低電力状態で停止します。レギュレータがサービスを必要としていることをコントローラが認識すると、ピーク電流制限に達するまでインダクタを充電します。その後、インダクタのエネルギーは電流がゼロになるまで関連する出力に放電されます。複数の出力チャンネルが

同時にサービスを必要とする場合、コントローラは全スイッチングサイクルを利用する出力がないことを確保します。代わりに、サービスを必要とするすべての出力間でサイクルがインタリーブされます。サービスを必要としない出力はスキップされます。

また、SIMOアーキテクチャは突入電流を最小限に抑えるソフトスタート機能も提供します。このソフトスタート機能は、起動時の出力電圧のスルーレートを制限することによって実装されています。システムペリフェラルの完全な、適切なタイミングのパワーダウンを実現するために、各SIMOバックブーストチャンネルはSIMOレギュレータの状態に基づいて自動的に各SIMOチャンネルに対して個別にイネーブルされるアクティブ放電機能を備えています(アクティブ放電機能はI²Cを介してディセーブルすることも可能です)。



低自己消費電流
とSIMOアーキ
テクチャの
組み合わせは
超小型電子機器
に最適です。

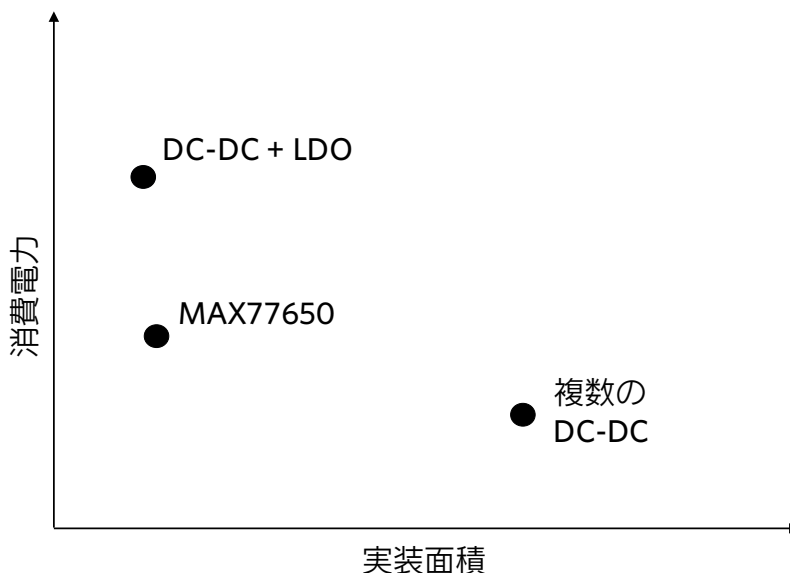


図3: MAX77650 PMICは、ヒアラブルやウェアラブルなどのスペースに制約のある、バッテリー給電の機器用に低発熱と小型実装面積を提供します。

電力性能：SIMOと従来のアーキテクチャの比較

図4は、MAX77650を利用する可能な電力ツリーのブロック図を示しています。見て分かるように、4つの負荷のうち3つは高効率SIMOスイッチングレギュレータを介してリチウムイオンバッテリーに接続されています。第4の負荷はLDOによって2.05VのSIMO出力から給電され、90.2%の効率を達成します(1.85V/2.05V)。

表1は、従来のアーキテクチャとSIMOアーキテクチャの電力性能を比較しています(詳細な知見については、下記の「さらに詳しく」の項に含まれているデザインソリューション「Hearables Get Longer Life with SIMO」のリンクを参照してください)。

SIMO計算器が利用可能で、SIMOのパラメータに関連するトレードオフの探求に役立ちます。計算器へのリンクについては、下記の「さらに詳しく」の項を参照してください。

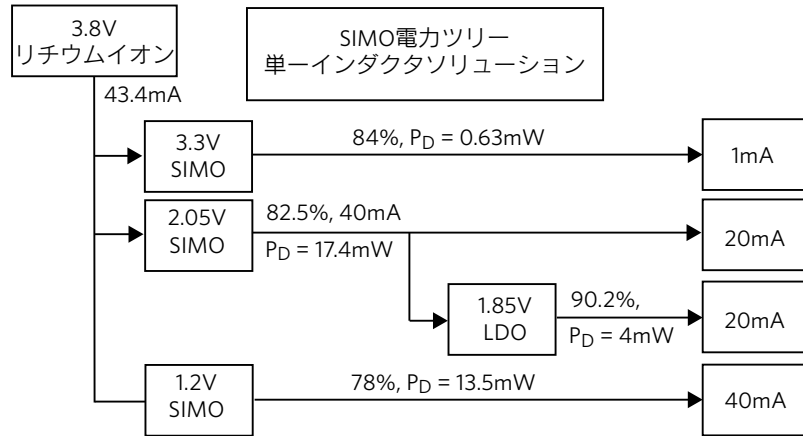


図4: MAX77650の電力ツリー(各レギュレータの出力電圧、負荷電流、効率、および消費電力)

パラメータ	従来のソリューション	SIMO	SIMOの優位性
リチウムイオンバッテリー電流	49mA	43.5mA	SIMOは5.6mA節減
システム効率	69.5%	78.4%	SIMOは8.9%効率的
最小リチウムイオンバッテリー電圧	3.4V (3.3V LDOによる)	2.7V	SIMOはより多くの放電が可能

表1: SIMOアーキテクチャと従来のアーキテクチャの電力性能の比較

SIMOの出力電圧リップルは、以下の項目の関数です。

- a. 出力コンデンサ
- b. インダクタンス
- c. 出力電圧の設定
- d. ピーク電流制限の設定

SIMOで利用可能な出力電流は、以下の項目の関数です。

- a. 入力電圧
- b. 出力電圧
- c. ピーク電流制限の設定
- d. 他のSIMOチャネルの出力電流

SIMOのスイッチング周波数は、以下の項目の関数です。

- a. 入力電圧
- b. 出力電圧
- c. ピーク電流制限の設定
- d. インダクタンス

このスプレッドシートベースのツールの計算タブで、単に最上部の行セクション内の対応する値のセルにシステムパラメータを入力することができます。最も関心があると思われる計算値は黄色でハイライト表示されます。パラメータが通常の領域の範囲外と考えられる場合、そのセルは赤でハイライト表示されます。コメントセクションには、設計を強化する方法についてのガイダンスが提供されます。

まとめ

ヒアラブル、ウェアラブル、および同様に小型の、バッテリー動作の電子機器の場合、長いバッテリー寿命はお客様の満足に不可欠です。従来のバックブーストポロジと比べて、SIMOアーキテクチャは部品数を削減し、多くの場合バッテリー寿命を延長します。このホワイトペーパーでは、超低電力の、スペースに制約のあるアプリケーションの課題への対応に最適な、SIMOスイッチングレギュレータを内蔵したPMICについて検討しました。

さらに詳しく

- MAX77650/MAX77651の評価キットでSIMOバックブーストレギュレータおよびPMICのその他のコンポーネントを評価する：

<https://www.maximintegrated.com/jp/products/power/battery-management/MAX77650EVKIT.html>

- MAX77650の詳細について：

<https://www.maximintegrated.com/jp/products/power/battery-management/MAX77650.html>

- デザインソリューション「Hearables Get Longer Life with SIMO」を読む：

<https://www.maximintegrated.com/content/dam/files/design/technical-documents/design-solutions/DS26-Hearables-Get-Longer-Life-with-SIMO.pdf>

- SIMO計算器を試す(このページの「その他リソース」の項を参照)：

https://www.maximintegrated.com/jp/products/power/battery-management/MAX77650.html/tb_tab2

さらに詳しく

詳細については、下記のURLをご覧ください。

www.maximintegrated.com/jp