

ラボ計測機器向け パワー・モジュール



Akshay Mehta

エンジニア

ラボ計測機器向けパワー・モジュール

Texas Instruments

PCをベースにしたラボ計測機器プラットフォームは、自動化されたラボのセットアップやデータ収集を簡素化かつ効率化します。計測向けPCI (Peripheral Component Interconnect) 拡張 (PXIe) システムなどの計測システム用のDC/DCコンバータには、低い電磁干渉 (EMI)、小型のソリューション・サイズ、高効率、広い入力電圧範囲、良好なライン/負荷レギュレーションなど、特有の要件があります。これらのさまざまな要件と、この要件を満たす上においてパワー・モジュールがどのように有効かを見ていきましょう。

低EMI

EMIは性能の低下と潜在的な故障につながるため、ラボ計測機器のEMIには非常に厳しい基準があります。スイッチ・モードに基づくDC/DC電源は、本質的にスイッチング動作を伴うため、EMIの主な原因の1つです。

図1に、降圧レギュレータの基本的な接続図を示します。降圧レギュレータ内では、インダクタL、出力コンデンサC_{OUT}、ローサイド電界効果トランジスタ (FET) Q_{LS}から作られるループに電流が連続して流れます。しかし、FETのスイッチング動作により、ハイサイドFET Q_{HS}、Q_{LS}および入力コンデンサC_{IN}で作られるループには電流が非連続的に流れます。

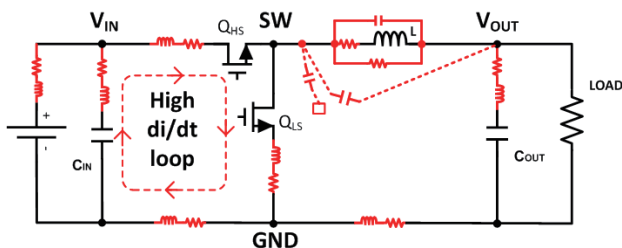


表 1. 降圧レギュレータの簡略ブロック図

接続配線で囲まれたエリアは、この非連続的な電流パスにどれくらいの寄生インダクタンスが存在することになるかを示しています。式1は、インダクタを流れる電流のスイッチングでインダクタ両端に電圧差が生じることを示します。

$$V = LPAR \times \frac{di}{dt} \quad (1)$$

そのため、図2に示すように、この回路は意図せず電圧スパイクとEMIを引き起こします。

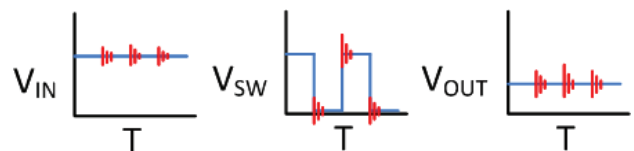


表 2. 電圧スパイクとEMI

これは避けられないものですが、入力コンデンサを2つのFETのなるべく近くに配置する単純なレイアウトにすることで、ループの範囲を小さくすることができます。それにより寄生インダクタンスも減少するので、電圧スパイクを低くし、EMIを低減できます。

パワー・モジュールでは通常入力コンデンサがパッケージ内部に組み込まれて集積回路(IC)のすぐ近くにあるので、その点では有利です。パワー・モジュールに内蔵のブートストラップ・コンデンサについても同じことが言えます。

部品の選択

図1に示すように、配線の長さに加えて、寄生容量が大きい部品も、パルス電流のパスに存在することから、状況をより悪化させます。スイッチ・ノードの面積とインダクタの選択はEMIに直接影響します。大きすぎるスイッチ・ノードと、寄生容量が大きいシールドされていないインダクタは、大量のノイズを出す可能性があります。

図3に示すように、その他の受動部品も内蔵されたパワー・モジュール内ではスイッチ・ノードの面積が一般に最適化されています。

インダクタを流れる電流は、磁界を発生させます。封じ込められていない磁界はEMIを悪化させる原因になります。シールドされていないインダクタはこの磁界を封じ込めないため、実用的ではありません。

パワー・モジュールには通常、高度なストレス・テストにかけられたシールド付きインダクタが内蔵されます。良質の受動部品を内蔵することは放射ノイズを封じ込めるのに有効であり、それにより近くにあるそれ以外のセンシティブな回路に悪影響を及ぼす可能性が少なくなります。

最新のDC/DCレギュレータはTIのHotRod™パッケージ技術でパッケージされています。図4では、HotRodパッケージ技術と、標準的なワイヤボンドQFN(Quad Flat No-lead)パッケージを比較しています。

このパッケージ技術では、リードフレームへのダイ・パッドの取り付けに通常使われるボンド・ワイヤの代わりに、半田バンプが小さい銅ピラーを使用します。ボンド・ワイヤがないので、寄生インダクタンスが減少し、EMIの低減にも役立ちます。

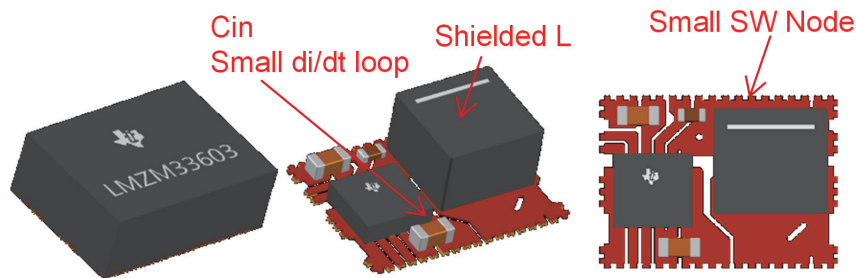


図 3. パワー・モジュールの内部構成

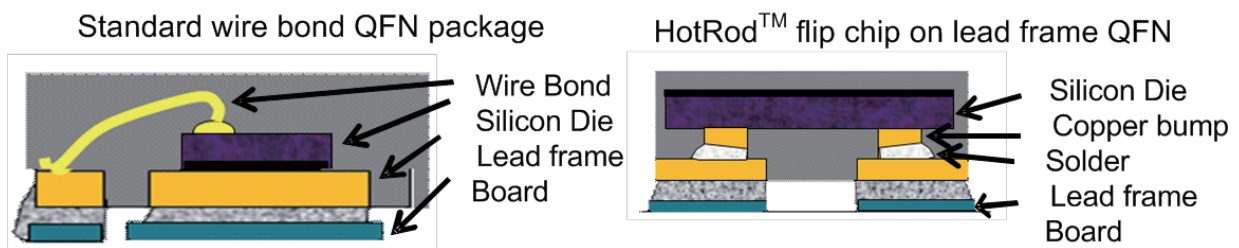


図 4. HotRod™ パッケージ技術

周波数同期

EMIは降圧レギュレータのスイッチング動作の副産物です。これは、スイッチング周波数(FSW)がEMIを低く保つための考慮事項となることを意味します。複数の降圧レギュレータがさまざまなレールに電力を供給するシステムでは、これらのさまざまなスイッチング周波数が相互作用して生じる「ビート」周波数が存在することがあります。ビート周波数はランダムな周波数で発生することがあり、その高調波も予測不可能なため、複雑な計測システムでのEMI低減は非常に困難です。

この問題の解決のため、TIのLMZM33603やLMZM33606などのパワー・モジュールには、システムのすべての降圧レギュレータを1つの共通周波数でスイッチングできるようにする周波数同期入力ピンが備わります。この機能でビート周波数を回避できるだけでなく、既知の周波数でのFSW高調波も維持できます。EMI低減のための入力フィルタの設計もずつ

と簡単になります。図5は、LMZM33606パワー・モジュールを使った標準的な回路図です。

小さなソリューション・スペースで求められる高性能

ベンチトップ型計測機器では小型の筐体が使われるため、システムのスペースが限られることがあります。これらの筐体は3Uよりも小さいことがあり、多くの場合ハーフ・ラック幅です。統合システム・モジュールのPXIe筐体の一例では、3個のハイブリッド・スロットと2個のPXIeスロット、合計5スロットしかありません。

このようにスペースが限られた環境では、パワー・モジュールを選択するのが実用的です。パワー・モジュールを使用することで、スペースの制限が緩和され、結果として製品化までにかかる時間が短縮されます。図6の電源ツリーは、ベンチトップPXIe筐体のバックプレーン電源に使われることがあるパワー・モジュールとディスクリート・レギュレータを示したものです。

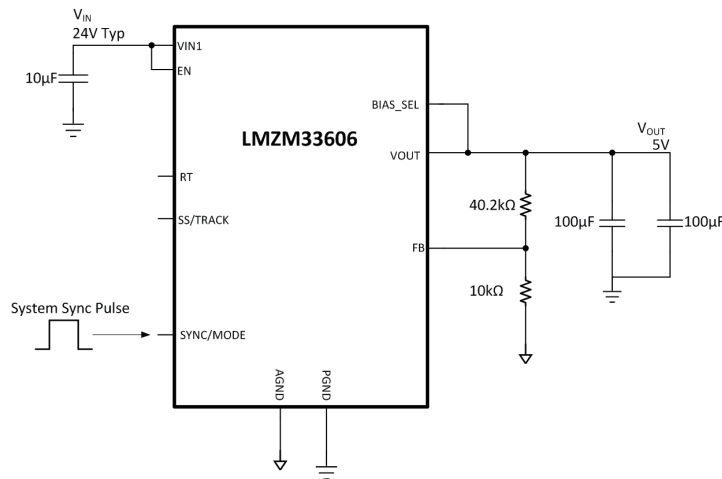


図 5. 5V 出力の場合の標準的な回路図

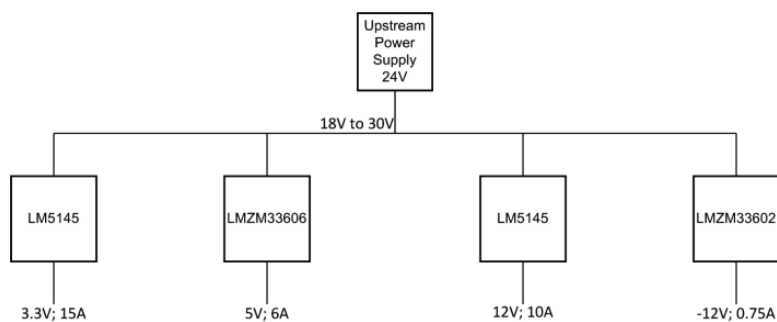


図 6. ベンチトップPXIe 筐体の電源ツリーの例

負荷電流の制約により、パワー・モジュールが電圧レールのすべてには電源を供給できないことがあります。さらに高い電流供給能力が必要なシステムでは、別のデバイスを選ぶ必要があるでしょう。TIのWEBENCH[®] ツールは、デバイスについての詳細を知り、効率、部品表(BOM) サイズ、BOMコストなどの重要な要素と合わせて設計回路図を作成できる優れた方法です。

表1は、TIのパワー・モジュール(LMZM33606とLMZM33602)と内蔵レギュレータ(LM73606とLMR33620)の比較です。設計にパワー・モジュールを実装したときにスペースが顕著に削減されるのがわかるでしょう。スペースが削減されても、認識できるほどの動作効率の変化はありません。

Device	LM73606 (5V _{OUT} , 6A)	LMZM33606 (5V _{OUT} , 6A)	LMR23625 (-12V _{OUT} , 0.75A)	LMZM33602 (-12V _{OUT} , 0.75A)
Solution size (mm ²)	569	300	248	140
Efficiency (%)	92	91	85	85

表 1. DC/DCレギュレータとパワー・モジュールの比較

図5のモジュール図はとてもシンプルです。このような少ないBOM点数により、非常に省スペースの設計になります。図7に、複数の入力電圧での負荷電流範囲全体にわたるLMZM33606の効率を示します。

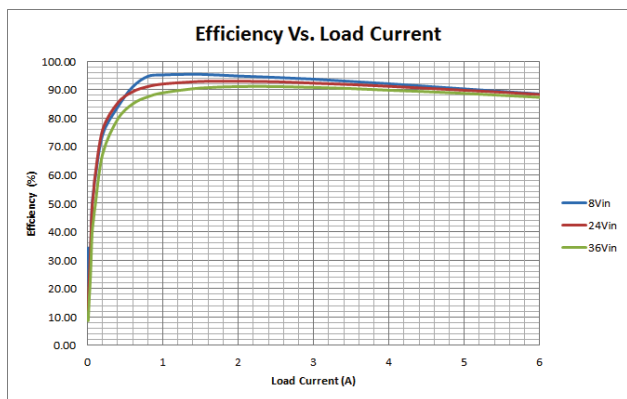


図 7. LMZM33606 の効率

良好なライン/負荷レギュレーション

計測システムによっては、入力に18V ~ 36Vの非レギュレーション電圧が存在するかもしれません。標準的なライン・レギュレーションはすべてのレールで0.1 ~ 0.2パーセントです。さまざまな制御アーキテクチャの中で、ピーク電流モード(PCM)アーキテクチャはこのような厳しい要件を満たすことができるものの1つです。図8に示すように、PCMアーキテクチャは、ハイサイドFETを流れる電流を感知して比較ランプを生成することにより機能します。

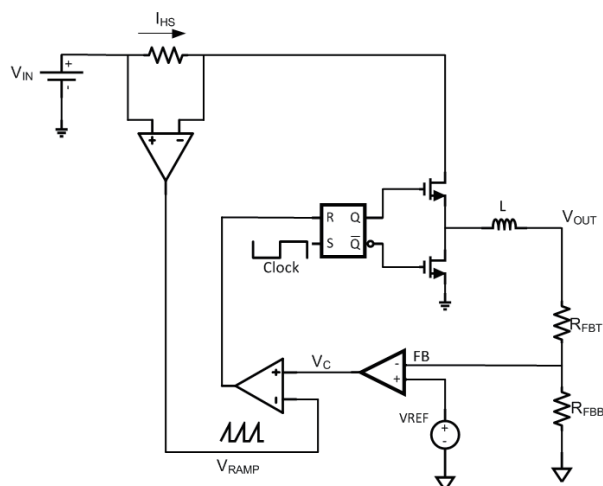


図 8. PCM アーキテクチャの概略回路図

入力電圧が変化すると、最初に変化するの電流の勾配です。これは、入力電圧の変化の際にデューティ・サイクルを修正するためのシステムへのフィードフォワードとして働きます。そのため、デューティ・サイクルが即時に更新され、優良なライン・レギュレーションが得られます。LMZM33606とLMZM33602はPCMアーキテクチャをベースにしており、このようなシステムに非常によく適合します。

図9にLMZM33606のラインおよび負荷のレギュレーションを示します。負荷が3Aの場合、ライン・レギュレーションは0.02パーセントです。公称24V入力での負荷レギュレーションは0.1パーセントです。

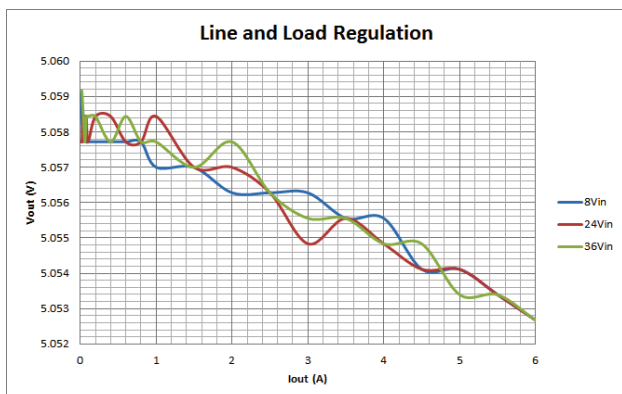


図 9. LMZM33606 のラインおよび負荷レギュレーション

パワー・モジュールのメリットは、省スペースと性能だけにとどまりません。長寿命と高信頼性を確実なものとするため、高温での多岐にわたるテストを経た高品質の受動部品を内蔵しています。この特長により、ラボ計測機器にとってパワー・モジュールがさらに魅力的なものになっています。

参考資料

- [LMZM33606データシート](#)
- [LMZM33602データシート](#)
- [アプリケーション・レポート「LMZM33602/3の反転アプリケーション」](#)

S-0107

ご注意：

本資料に記載された製品・サービスにつきましては予告なしにご提供の中止または仕様の変更をする場合がありますので、本資料に記載された情報が最新のものであることをご確認の上ご注文下さいようお願い致します。

TIは製品の使用用途に関する援助、お客様の製品もしくはその設計、ソフトウェアの性能、または特許侵害に対して責任を負うものではありません。また、他社の製品・サービスに関する情報を記載していても、TIがその他社製品を承認あるいは保証することにはなりません。



重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションが適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、お客様のみが単独で負うものとします。上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、TI の販売条件 (www.tij.co.jp/ja-jp/legal/termsofsale.html)、または ti.com やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

Copyright © 2018, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社