

Technical Article

リアルタイム制御テクノロジーを活用して信頼性の高いスケールラブルな高電圧設計を実現する方法



Andrew Plummer and Michael Wang



高電圧システムの需要は、最新の電源システムにおける電力レベルの上昇や複雑さの増大に伴い、大幅に進化しています。このような需要に効果的に対応するには、微妙に異なる仕様とさまざまな電力要件を両立するよう最適化された高度な電源トポロジを制御できるリアルタイム MCU またはデジタル電源コントローラが必要です。この記事では、高電圧アプリケーションにおけるデジタル電源制御の利点について説明し、高度な電源システムの安全で効率的な動作を促進する方法を示します。

システムの信頼性向上とパワー エレクトロニクスの保護

高電圧システムで一貫性のある動作を確保するうえで、信頼性は不可欠です。過電圧、過電流、熱ストレスからパワー エレクトロニクスを信頼性の高い方法で保護することにより、部品の寿命延長、安全性の向上、保守コストの削減、ダウンタイムの最小化が実現され、予期せぬ障害のない効率的かつ効果的な性能が確保されます。

従来の安価で単純なディスクリート アナログ製品は、大規模に使用する際に必要とされる柔軟性と堅牢性が欠けているため、高電圧パワー エレクトロニクスへの要求が高まっているハイブリッド車や電気自動車、エネルギー インフラ、電力供給といった急成長中の分野には不向きです。

デジタル電源なら、電源トポロジ オプション、システム レベルの機能、保護の点で優れた能力を提供すると同時に、試作段階から量産開始までプロジェクトを進めるために配置する必要がある設計者の総数を最小限に抑えることができます。

リアルタイム MCU とデジタル電源絶縁型コントローラは、このようなシステムの信頼性を高めます。検出からアクションまでのレイテンシを最小限に抑え、負荷の変化や外乱に対して迅速かつ高精度の応答を可能にします。これにより、安定性が向上し、過渡イベントの影響を受けにくくなり、全体的な性能が高まります。

また、MCU とデジタル電源コントローラは、過電流、過電圧、過熱などの障害を迅速に検出して保護対策を直ちにトリガすることで、パワー エレクトロニクスを保護します。パワー スイッチングと変調の手法を精密に制御し、安全制限値内で FET の性能を最適化するとともに、部品のストレスを最小限に抑えます。

複数の電力段を同時に制御可能

最新の高電圧システムでは、電力レベルの上昇と複雑さの増大が原因で、多くの場合は 1 つのシステム内で複数の電力段が動作しています。これらすべてを同時に制御するには、優れたリアルタイム MCU またはデジタルコントローラが必要です。

一例は、ソーラー エネルギー アプリケーション向けのマイクロインバータです。一般的なマイクロインバータシステムには、複数の電力段が含まれています。たとえば、DC/DC 段では、ソーラー パネルで生成された電力を高い DC バス電圧に変換してから DC 電力をグリッド用に AC 電力に変換します。テキサス・インスツルメンツの C2000™ リアルタイム MCU は、複数の電力段を駆動すると同時に、高度な監視機能とハウスキーピング機能を提供できます。GaN ベース、1.6kW、双方向、マイクロインバータのリファレンス デザインには、4 つの DC/DC 昇圧段すべてを処理できる TMS320F280039C MCU に加えて、コンバータ - インダクタ - インダクタ - インダクタ - コンバータと単相トータムポール力率補正 (PFC) 回路が含まれています。新しい TMS320F28P550SJ は、強化された演算能力、最大 24 のパルス幅変調チャンネル、39 の A/D コンバータチャンネルにより、6 枚以上の太陽光発電パネルをサポートできます。

UCD3138A など、テキサス・インスツルメンツのデジタル電源コントローラを使用すると、複数の段を同時に制御できます。一例は、サーバー PSU のような AC/DC アプリケーションで使用される力率補正 (PFC) です。別の例は、48V や 12V などのテレコム電源用の HV DC/DC コンバータです。さまざまな電力レベルや地域にわたって多くのバリエーションを実装するために、ディスクリート アナログ コントローラを使用する場合は、経験豊富な設計者でも自らの作業を再計算し、テストして、検証する必要があります。デジタル電源コントローラを使用すれば、1 つのデバイスでシステム全体を制御でき、複数のプロジェクトにわたってパラメータ (電圧や電流のスレッシュホールドなど) を変更する作業もファームウェアでほとんど処理できるため、エンジニアリング チームの貴重な時間を節約できます。さらに、デジタル電源コントローラは優れた柔軟性や通信、ハウスキーピング機能を提供します。高度化が進んだ電力段を信頼性とスケーラビリティが非常に高い方法で動作させるために、デジタル電源コントローラとリアルタイム MCU では、高電圧 FET を必要とする最終機器全体にわたるさまざまなオプションを利用できます。

ソフトウェア / ハードウェア ソリューションへの投資の最大化

現在の高電圧システムでは、冗長化、国際規格への準拠、エンジニアリング設計作業での外部依存の軽減に対するニーズが高まっています。スケーラブルなプラットフォームで、互換性のあるハードウェアとソフトウェアを使用して、幅広い設計をサポートする必要があります。テキサス・インスツルメンツは、さまざまなアプリケーションにわたるデジタル電源コントローラと MCU の迅速な評価を促進し、カスタム ボード開発の必要性を低減するために、リファレンス デザイン、評価基板、デバッグとプログラムなどのリソースを提供しています。また、テキサス・インスツルメンツは、さまざまなシステム構成に対応するソフトウェア ライブラリやサンプル ファームウェアを提供して、プロトタイプ製作とソフトウェア開発の迅速化を推進しています。Fusion Digital Power™ Studio などの GUI ツールを使用すると、通常は外部部品が必要となるようなパラメータの調整や最適化をすばやく実行でき、プロトタイプ製作と量産の両方に対応するデバイス設定をサポートすることもできます。UCD3138A エコシステムで提供されるリソースの概要を [図 1](#) に示します。

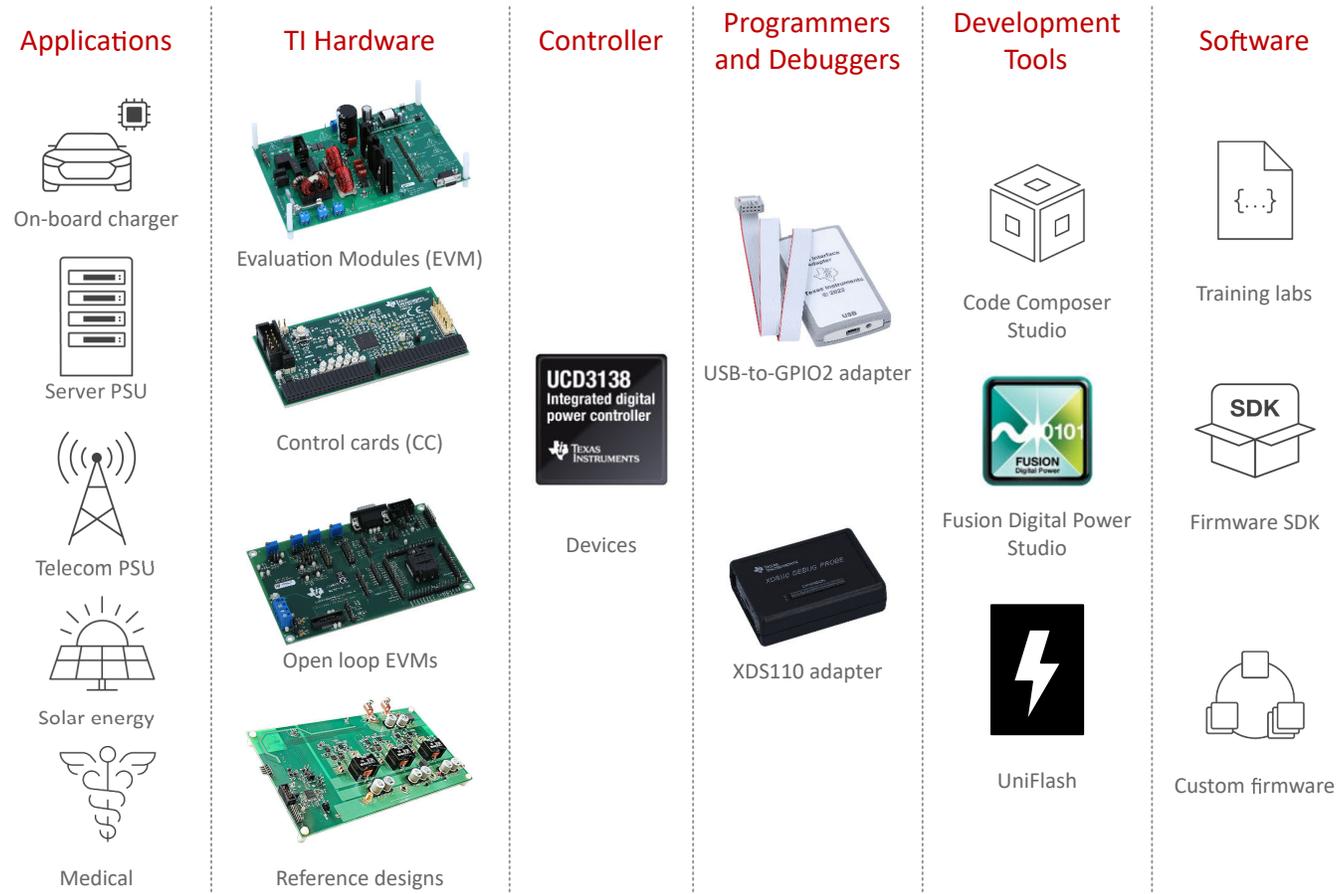


図 1. UCD3138A デジタル電源コントローラのエコシステム

図 2 に、さまざまなアプリケーション、製品、ハードウェアプラットフォーム、開発ツール、ソフトウェア開発キットで構成される C2000 リアルタイム MCU のエコシステムを示します。

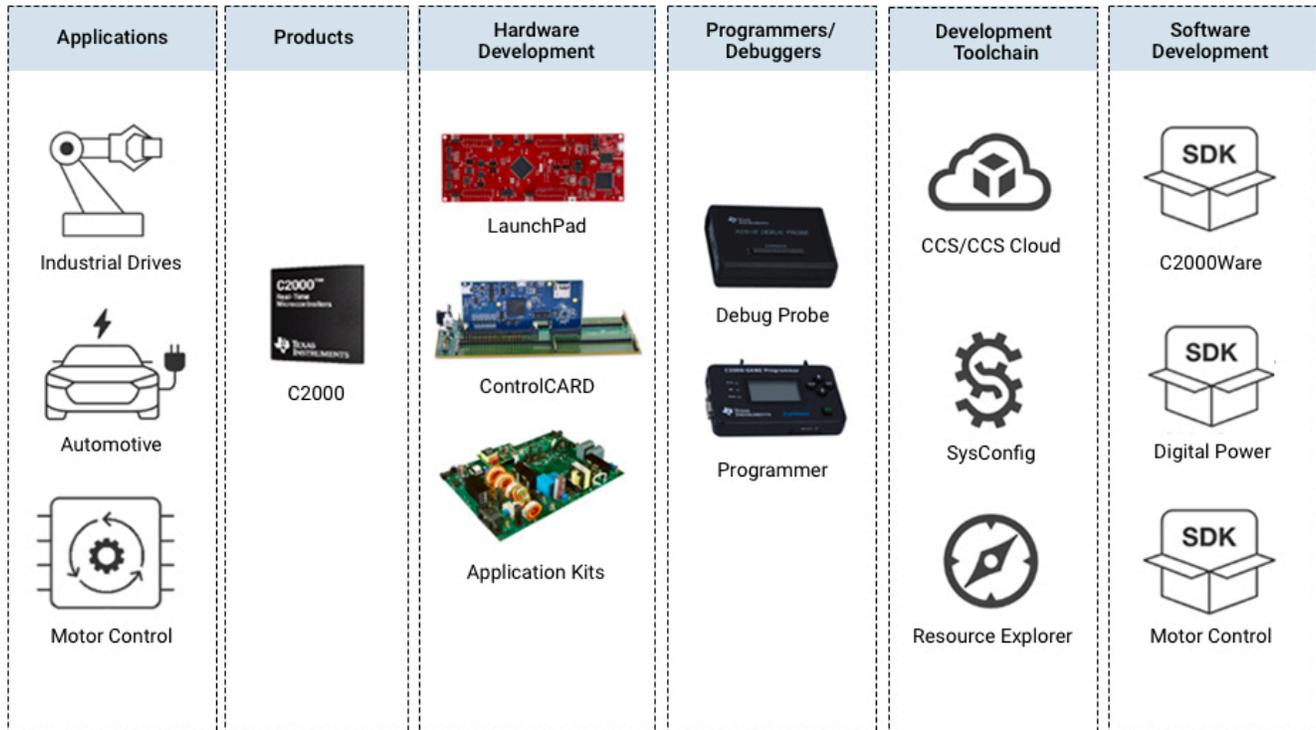


図 2. C2000 リアルタイム MCU のエコシステム

デジタル電源コントローラとリアルタイム MCU のどちらを検討すべきか

次の場合、デジタル電源コントローラを検討してください。

- 設計上、高い柔軟性とデジタルのハウスキーピングが必要であり、電源制御補償のフル カスタマイズは不要だが、専用の帰還ループを備えたデジタル電源ペリフェラルを活用して高い帯域幅を実現する
- 厳密なファームウェア開発ではなく、使いやすさを重視して GUI でパラメータの調整や最適化を実行する
- 電源制御用に最適化された ARM コアとデュアル メモリ バンクを使用して、ダウンタイムなしでライブ ファームウェア アップデートを簡単に行う

次の場合、リアルタイム MCU を検討してください。

- 設計上、適応型の精密な制御とシステム条件への迅速な応答が必要である (ダイナミック グリッド接続インバータやモーター ドライブなど)
- 高度な変調手法や予測制御戦略など、複雑なアルゴリズムを実行する必要がある
- システムの包括的な監視と制御のために、ペリフェラル デバイスとのシームレスな統合や、通信インターフェイス、複雑なシステム診断が必要である

前述の要点を [図 3](#) にまとめます。TI.com の [デジタル電源テクノロジーのページ](#) もご覧ください。

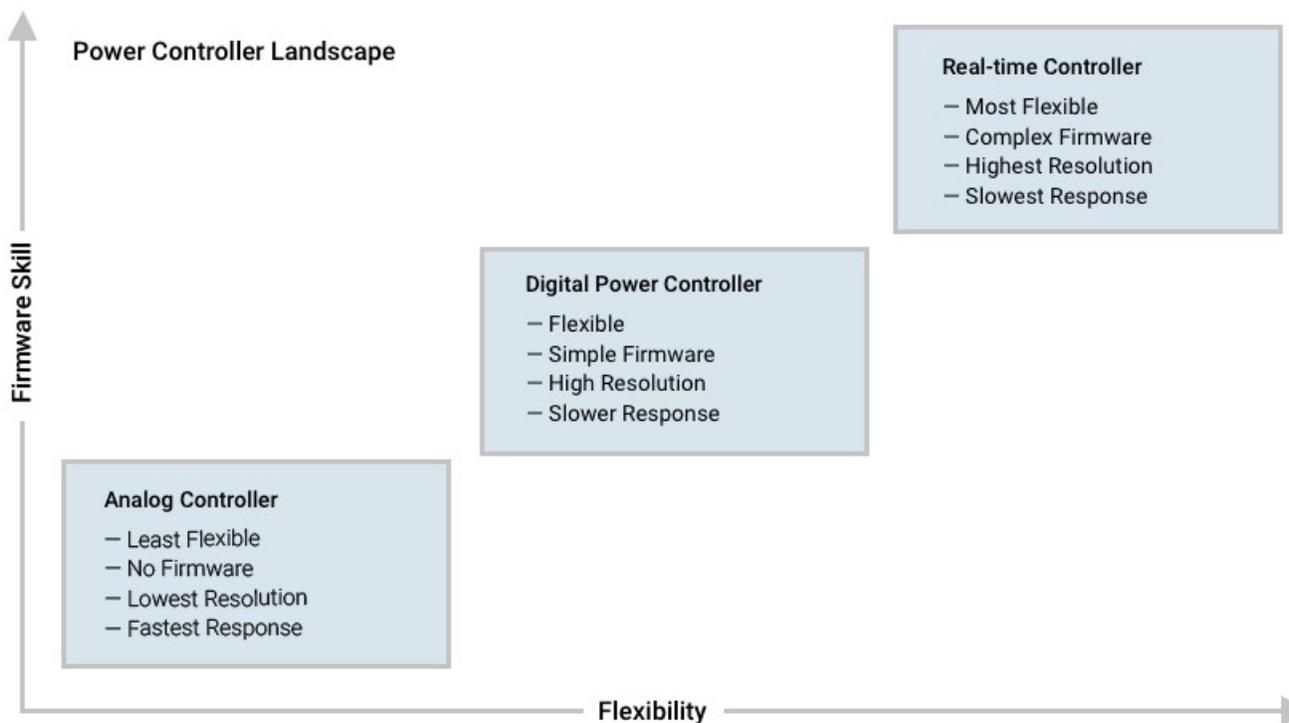


図 3. テキサス・インスツルメンツの電源コントローラの全体像

まとめ

持続可能性の高い未来を築くには、電気自動車、双方向の環境発電システムとストレージシステム、より効率的なデータセンターなどの高電圧アプリケーションの発展が不可欠であり、これらの潜在能力を最大限に引き出すことができる高度なマルチレベル保護方式が必要です。

高電圧リアルタイム制御テクノロジーで構成されたテキサス・インスツルメンツの製品ラインアップなら、信頼性の高い方法で電力段を複数同時に制御できるうえに、優れた柔軟性とエコシステムにより、プロジェクト間で知的財産を最大限に活用することもできます。

その他の資料

- 次のアプリケーション ノートをご覧ください。
 - 『UCD3138x デバイスの概要』
 - 『C2000 リアルタイム マイクロコントローラを使った開発のための基本ガイド』
- 次のリファレンス デザインをご確認ください。
 - 1kW、デジタル制御、電流モード LLC のリファレンス デザイン
 - e メーターを使用するテレコム / サーバー PSU (電源) 向け 1kW、小型、効率 97.5% のデジタル PFC のリファレンス デザイン
 - GaN ベース、1.6kW、双方向、マイクロインバータのリファレンス デザイン

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に該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、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](#)、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。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated