

Technical Article

次の AI コンピューティング成長の波に備えるための電力供給におけるトレードオフ



今後 2 ~ 3 年のうちに、IT ラックの消費電力は 1MW を超えると見込まれています。AI サーバーの電力密度向上の需要が高まっているため、DC バスは、48V や 54V バスからより高電圧の 800VDC への移行が進んでいます。800VDC に移行する場合、効率と電力密度の高いエネルギー変換をシステムレベルで達成するという課題が生まれるとともに、IT サーバー ラック内の電力供給アーキテクチャを再検討することになります。

800VDC に移行すると、図 1 に示すように、電力供給アーキテクチャが変わります。IT トレイへの入力が 800VDC になるため、突入電流の制御や高電圧バスへの安全な接続の管理のために、より高い電圧のホットスワップ回路が要求されます。電力分配基板に配置された高変換比の中間バスコンバータ (IBC) は、電力を 800VDC からより低い中間バス電圧に変換します。このシステム内の絶縁バリア (強化絶縁を使用) は、高電圧システムを低電圧システムから分離します。電力アーキテクチャの残りの部分については、外観や使用感は 48VDC の人工知能 (AI) コンピューティングトレイと同様ですが、いくつかのバリエーションがあります。あるオプションでは、800V ~ 50V の IBC の後に、50V ~ 12.5V または 6.25V の IBC が続きます。

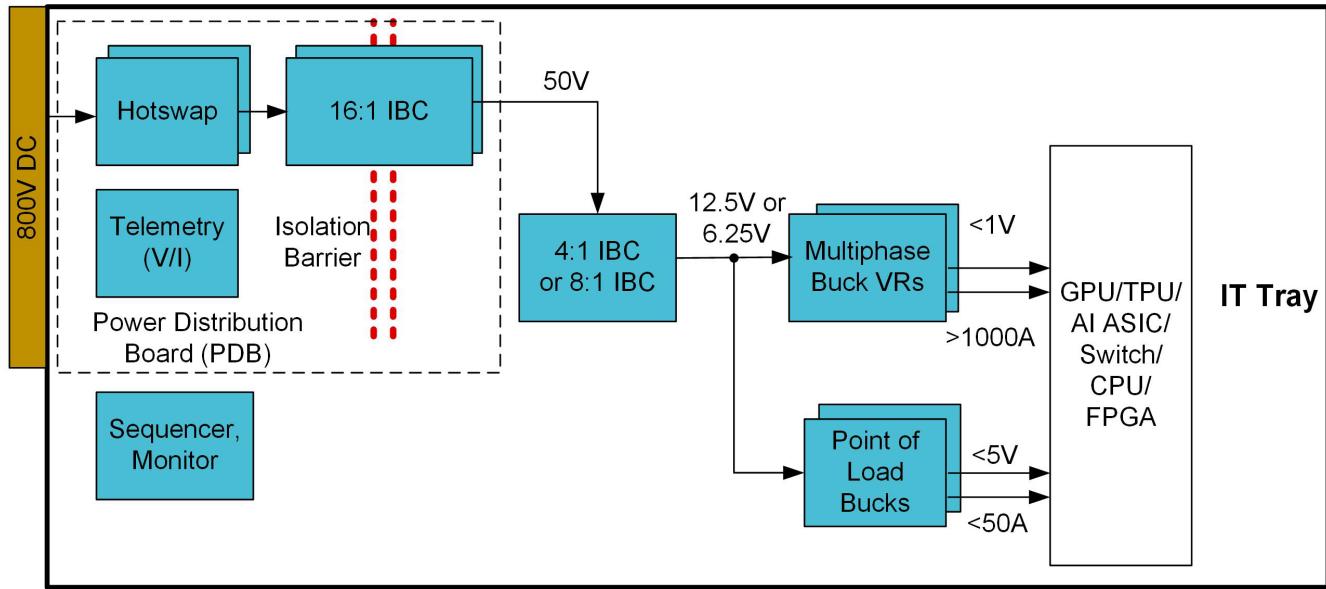


図 1. 800VDC システムの IT トレイ電力アーキテクチャ例

電力アーキテクチャの概要を説明しましたので、電力供給の目的と設計上のトレードオフについて確認してみましょう。データセンター事業者の目的の 1 つは、エンドツー エンドのエネルギー変換効率を向上させることです。効率向上によりデータセンターの運用コストが削減され、電力損失 (およびそれに関連する暖房、換気、空調のオーバーヘッド) による熱の発生が減少し、電力消費を意図される負荷 (AI アクセラレータまたはプロセッサおよびその他のサポート回路) に集中することができます。他の重要な目的としては、サイズの小型化 (電源部品に使用できる回路基板面積が限られているため)、信頼性の向上、性能要件への適合 (マルチフェーズ電圧レギュレータやポイント オブ ロード降圧コンバータの過渡応答など) があります。

1 つのアプローチとして、既存の 48V 電力アーキテクチャに高電圧 IBC を追加することが考えられます。図 2 に、この 3 段変換アーキテクチャを示します。このアプローチの利点は、既存の 48V ベース電力アーキテクチャ設計の大部分を再利用できることです。16 対 1 の電圧変換比 (つまり出力は 48V になります) を持つ、より電圧の高い IBC を考えてみましょう。ピーク効率を、変換比 16 対 1 の IBC では 98%、4 対 1 の IBC は 98% (50V ~ 12.5V)、マルチフェーズ電圧レ

ギュレータは 92% (12.5V ~ コア) と仮定すると、全体的なピーク変換効率は、800VDC からコアへの変換時に約 88% になります。

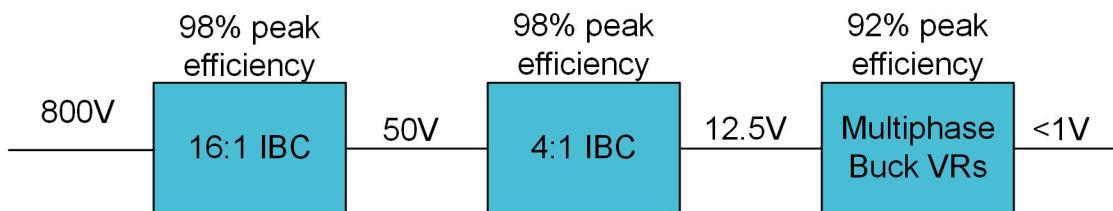


図 2. 3 段変換アーキテクチャ

重要な問題は、中間バス電圧の選択です。もう 1 つのアーキテクチャは、図 2 に似ていますが、50V ~ 12.5V の IBC (変換比 4 対 1) を 50V ~ 6.25V の IBC (変換比 8 対 1) に置き換えるものです。IBC の変換効率は、4 対 1 から 8 対 1 になるとわずかに低下しますが (ピーク時約 97.5%)、6.25V の入力電圧レギュレータ段では、ピーク時最大 92.5% まで効率が向上する可能性があります。全体の効率はピーク時約 88% と、同等と言つてよい値です。レギュレータ段入力電圧を低電圧とする利点は、より高い周波数でスイッチングが可能になることです。その結果、サイズの小型化、過渡性能の改善、裏面実装 (垂直給電 (VPD)) を実現できます。

なぜ変換を 3 段にする必要があるのか、効率と変換比の高い IBC と高性能の電圧レギュレータを使用すれば、電源供給アーキテクチャを 2 段に簡略化できるのではないかと思うかもしれません。図 3 でこのアーキテクチャについて検討しましょう。

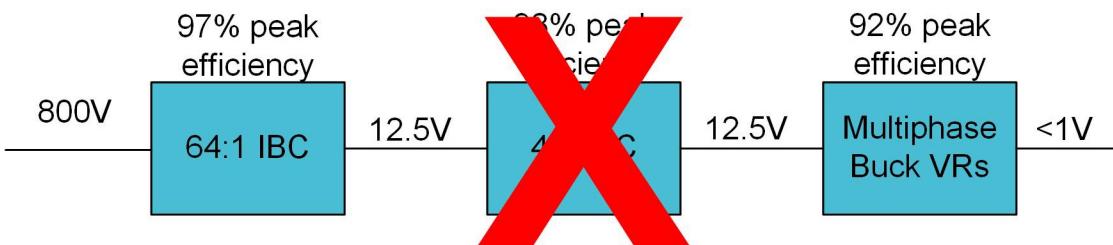


図 3. 64 対 1 の IBC を使用した 2 段変換アーキテクチャ

4 対 1 の IBC を削除すると、64 対 1 の IBC の想定ピーク効率は 97% で、12.5V を直接出力できます。800V からコアレールまでの全体的なピーク効率は約 89% です。この分析は単純化されているため、64 対 1 の IBC 出力から電圧レギュレータ入力までのプリント基板における損失は考慮していません。ただし、この損失を 1% 未満に維持できれば、全体的な効率は変化しません。この方法では、4 対 1 の IBC が不要になるため、サイズを削減し、コストを最小限に抑えることができます。考えられるアーキテクチャを図 4 に示します。

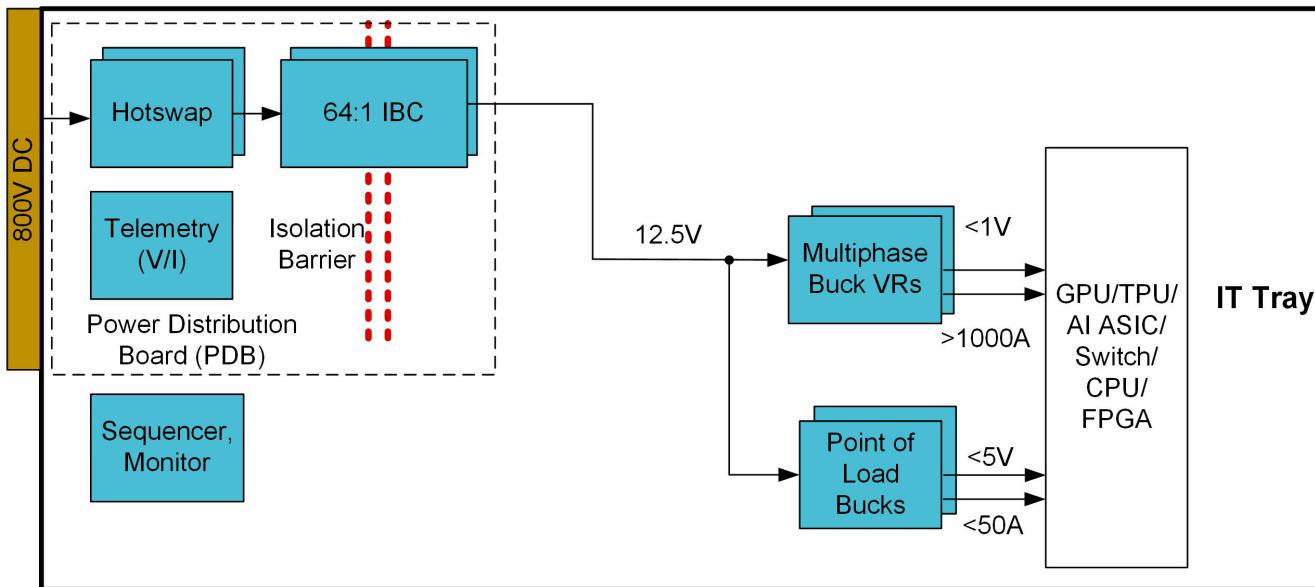


図 4.64 対 1 の IBC を使用した 800V 2 段変換アーキテクチャ

この 2 段変換アーキテクチャをさらに 1 歩進めてみます。図 5 は、64 対 1 の IBC を実装し、電圧変換比 128 対 1、出力 6.25V とするアーキテクチャです。すでに説明したように、マルチフェーズ電圧レギュレータへの入力電圧を低下できれば、高周波数での動作、小型化、垂直電力供給 (プロセッサの下に裏面実装) を実現しやすくなります。800V からコアへの推定効率は、ピーク時 89% です (回路基板での損失は含まない)。

このアーキテクチャの課題は、128 対 1 の IBC の出力電流が非常に大きいことです。システムから供給される電力が約 15kW ~ 20kW であると仮定すると、6.25V で 2.4kA ~ 3.2kA になります。6.25V 中間バスの回路基板損失を妥当なレベル (1% または 2% 未満) に維持するには、非常に大きな導体 (バスバーなど) が必要になります。128 対 1 の IBC では、意図した電流レベルに到達するために、複数のモジュールを並列接続する必要があります。

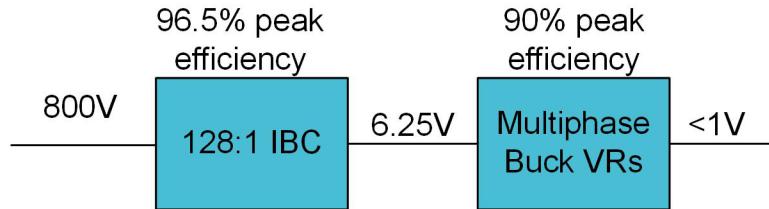


図 5. 128 対 1 の IBC を使用した 800V 2 段変換アーキテクチャ

まとめ

800VDC 電力アーキテクチャへの移行においては、給電方法を設計する方法について、全体的な変換効率、サイズ、性能のトレードオフを考慮し、よく議論する必要があります。TI の製品ラインアップは、GaN (窒化ガリウム) 電力段、デジタル電源コントローラ、マルチフェーズ降圧電圧レギュレータ、DC/DC ポイントオブロード降圧コンバータ、ホットスワップコントローラ、絶縁型ゲートドライバなどを取り揃えているため、業界におけるこの移行をスムーズに実行できます。

TI は、NVIDIA との連携により、800VDC アーキテクチャをサポートするパワー マネージメントソリューションを開発しています。当社の製品は、電力アーキテクチャの重要なポイントで信頼性の高い電圧変換を可能にし、48V と 800V のエコシステムに必要な保護、監視、テレメトリ機能を実現しながら、グリッドから AI アクセラレータ ゲートに高効率・高密度の電力変換を提供します。TI のデータセンターおよびエンタープライズ コンピューティングの詳細をご覧ください。

商標

すべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、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默示保証、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、明示的または默示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ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テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](#) やかかるテキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツ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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

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默示保証、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、明示的または默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、(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、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](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。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。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

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

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月