

## Technical Article

## 電源とプロセッサのレール監視ソリューションを活用した、データセンターの電源アーキテクチャ設計



Masoud Beheshti

マシン インテリジェンスは生産性の新しい時代を可能にし、多くの分野や機能にわたって私たちの生活や社会の不可欠な部分になりつつあります。マシン インテリジェンスは、コードを実行し、データを解読し、数兆個のデータポイントから1秒の短時間で学習するコンピューティング プラットフォームに依存しています。マシン インテリジェンス用のコンピューティング ハードウェアは、高速で、非常に信頼性が高く、強力である必要があります。設計者は、堅牢な設計慣行に自己診断や継続的な監視方式を組み合わせることで、システム内でデータの破損や通信エラーなどの潜在的な障害を防止または管理する必要があります。

このような監視システムの重要な要素は、システム全体の電源レールの監視と監視です。この記事では、エンタープライズアプリケーションで電源とプロセッサのレール監視ソリューションを設計するためのベストプラクティスについて、いくつか紹介します。

## 電源アーキテクチャについて理解する

エンタープライズ コンピューティングは、AC 電源からシステム内のあらゆる負荷ポイントにエネルギーを供給する複雑な電源アーキテクチャに依存しています。図 1 は、サーバーラック内の要素の概略図です。

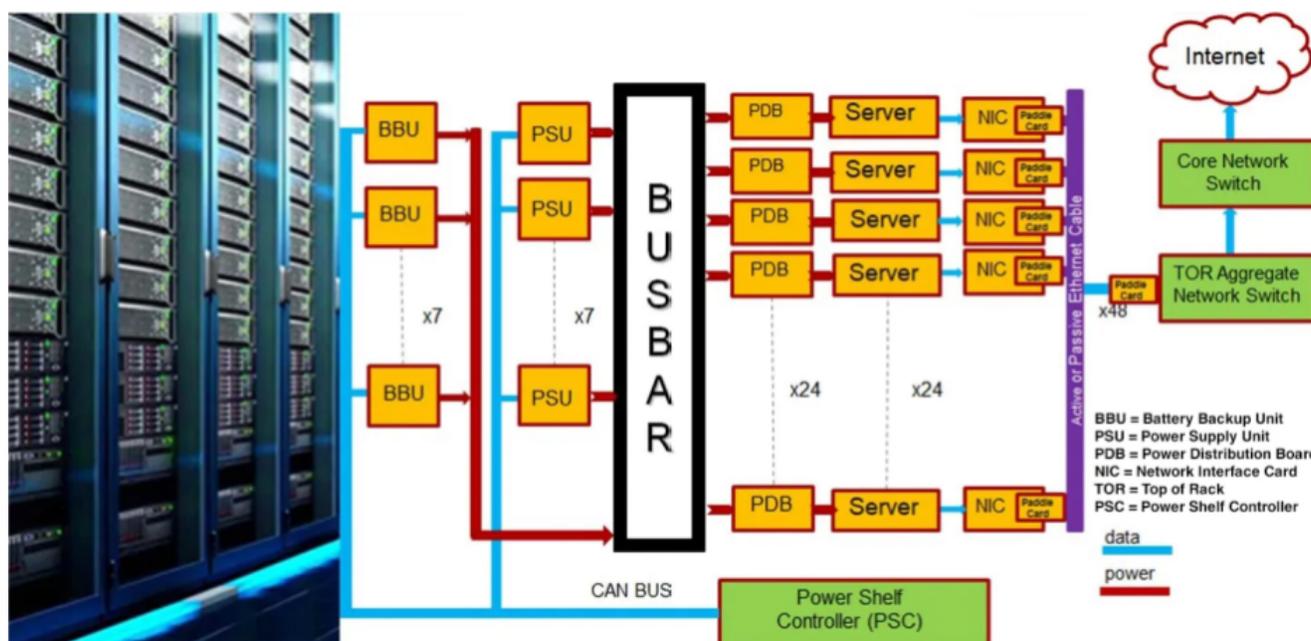


図 1. 分散バッテリー バックアップ ユニット (BBU) と電源ユニット (PSU) をバスバーに接続し、ラック内と思われる AC 電力を分配する概略サーバーラックの図。出典: テキサス インストルメンツ

高効率 (チタン グレードの設計で通常 91% 超) は、ラック全体で AC 電源 (208V または 240V) を変換して 48V に分配します。配電基板 (PDB) は、DC 電力をさまざまな電圧 (通常は 12V、5V、3.3V) に変換し、マザーボード、ストレージ、ネットワーク インターフェイス カード (NIC)、スイッチ、システム冷却などのサブシステムに供給します。また、これらの各サブシステムは、ローカルで管理される独自の電源アーキテクチャを持っています。バッテリー バックアップ ユニット (BBU) は、AC ラインの途絶が発生したときでもシステム電力を維持します。

## 耐久性を重視した設計

各サブシステムは、信頼性の高い電源設計と監視機能を必要とします。これらのサブシステムのいくつかをさらに検討してみましょう。

### PSU

PSU には複数の種類の監視機能があり、信頼性の高い動作と供給を保証できます。これらの回路は、内部温度、過電圧と低電圧の状態、短絡も検出しながら、AC 電源の出力電圧を監視します。

サーバーの設計には  $N+1$  の冗長性も必要:「 $N$ 」は、サーバーの電源ニーズを満たすために必要な PSU の最小数を表します。他の PSU のいずれかが一時的または恒久的な障害または障害に遭遇した場合は、追加の PSU ( $N+1$ ) を使用できます。

### PDB

すでに説明したように、PDB は 48-V 入力を、12V、5V、3.3V など複数の DC レールに変換します。シンプルなシャントリファレンスを備えたコンパレータを使用して、これらのレールをそれぞれ過電圧および低電圧状態で監視することもできますが、最新の電圧スーパーバイザは、フットプリントが小さく設計が容易であるほか、ヒステリシスや入力検出遅延によるノイズ耐性、電源投入時の誤トリガを防止するための調整可能な出力遅延、高精度などの追加の利点を実現して、最高の検出信頼性を確保できます。

テキサス インストルメンツ (TI) の [TPS3760](#) など、多くの新しい電圧スーパーバイザは最高 70V の電圧定格を備えており、低ドロップアウトレギュレータや専用電源レールを必要とせず、48V およびその他のバス電圧を直接監視できます。リアルタイム監視機能に加えて、高度な監視 IC は、最も重要なレール電圧に遠隔測定データを提供し、予知保全と履歴的な障害分析を可能にすることで、システムのダウンタイムを大幅に短縮します。

設計上のもう 1 つの考慮事項は、早期電源障害検出です。これらの回路は、特定の電源レールを監視して突然の電圧降下を検出し、停電を予期して迅速な措置を講じるようホストまたはプロセッサにアラートを送信します。高速で高精度の低電圧スーパーバイザは、この機能を実行します。図 2 に、このタイプのデザインの例とそのタイミング図を示します。

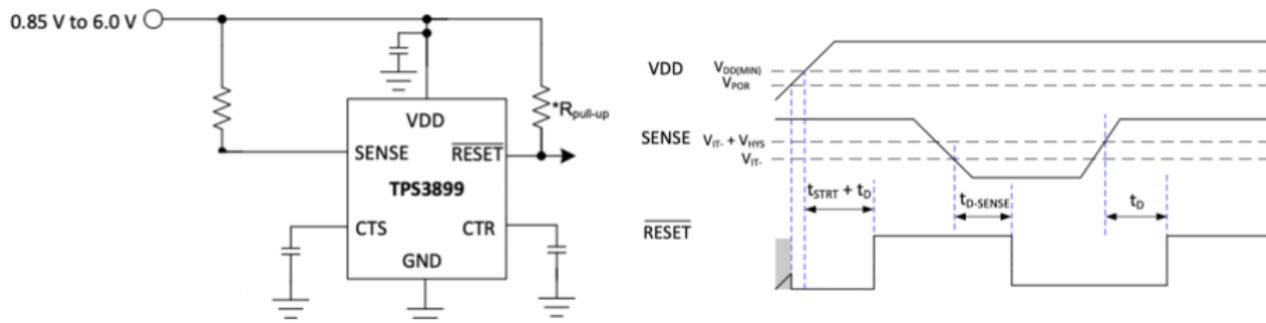


図 2. タイミング図を含む電圧スーパーバイザの例では、電源喪失時に 0.85 ~ 6.0V の電源レールを監視して突然の電圧降下を検出し、対策を実行します。出典:テキサス・インストルメンツ

### マザーボード

マザーボードの電源レールは、設計者に異なる一連の課題を提示します。このセクションでは、この点について詳細に説明します。

### プロセッサ レール監視

最新のプロセッサは、電源レールの変動の影響を非常に受けやすくなっています。これには多くの理由がありますが、主な理由は、これらのプロセッサが最低 0.7V の電圧で動作し、電圧変動の許容誤差が低く、動的電圧や周波数スケールリングなどの機能を活用していることです。

そのため、プロセッサには高精度のウィンドウ電圧スーパーバイザが必要です。ウィンドウスーパーバイザは、過電圧と低電圧の両方の状態について電源電圧を監視します。Ti の **TPS389006** など、この種のアプリケーションを対象としたデバイスの精度は  $\pm 6mV$  です。設計者は、 $I^2C$  レジスタを使用して、最大 **650ns** のグリッチ フィルタを調整できます。

電源レール設計のもう 1 つの重要な要素は、急激な負荷過渡が発生したときに安定性を維持できることです。最新のプロセッサはアイドル状態から全負荷状態にマイクロ秒単位で移行する可能性があり、電源と監視システムが高速ループ応答と適切な出力容量を使用して設計されていない場合、急激な電圧低下やオーバーシュートが発生する可能性があります。

マザーボードとプロセッサには、適切なパワーアップとパワーダウンの電源シーケンスも不可欠です。シーケンシングにより、システムの適切な初期化が保証されます。たとえば、プロセッサでは、命令を実行する前にメモリコントローラが動作している必要があります。シーケンシングは、パワーアップ時の大きな突入電流や電圧スパイクを防止します。パワーダウン中、シーケンシングにより、メモリとストレージ デバイスが電力を失う前にデータを節約したり動作を完了したりするのに十分な時間を確保できるため、データの整合性が維持されます。

図 3 に、電源レールの監視とシーケンシングの設計例を示します。

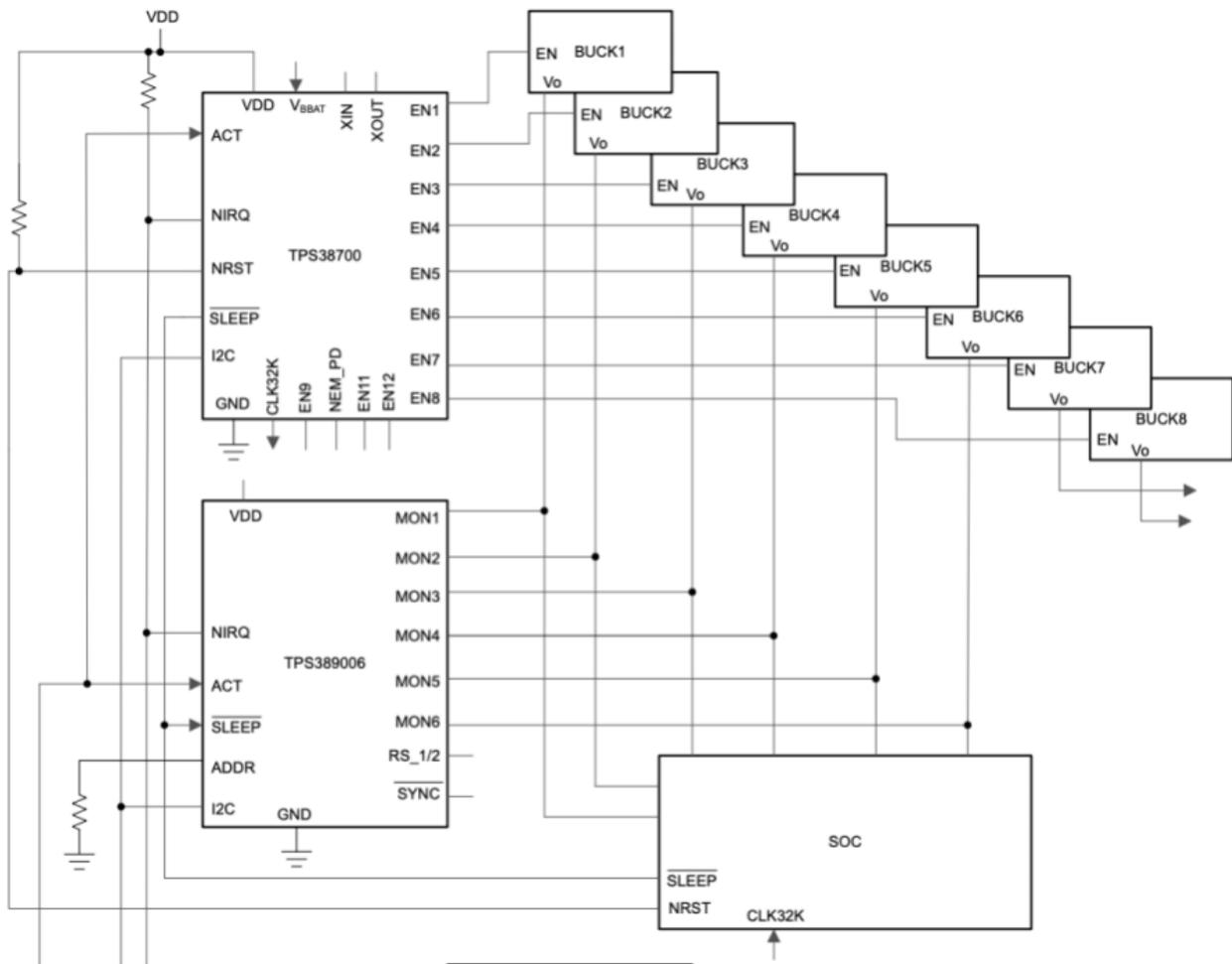


図 3. システムの適切な初期化のための電源レール監視およびシーケンシングの例。出典: テキサス・インスツルメンツ

最後に、ホットスワップ可能な部品を搭載したシステムでは、突入電流の管理が不可欠であり、回路保護のトリップや電源バスの不安定化を防止します。電流制限機能と障害検出機能を内蔵したホットスワップコントローラは、他のアクティブなサブシステムを中断せずに、スムーズな挿入と除去を確実に実行できます。

## 未来のトレンド

企業業界は、400V<sub>DC</sub> パワーディストリビューション システムへの移行を計画しています。その結果、冗長化電力変換段と I<sup>2</sup>R 損失を排除し、銅箔の使用量とコストを削減することで効率を向上させています。このような高電圧システムは、安全性とシステムの稼働時間を維持するために、より高速な故障検出機能と絶縁機能を搭載した、大電力のレール監視機能をいっそう必要とすることになります。この分野の将来の設計ニーズに対応するために、新世代の高電圧監視ソリューションが登場しています。

エンタープライズ システムで信頼性が高く、中断 (停電) のない動作を確保するには、魅力的な電源アーキテクチャが不可欠です。電源設計の確かな手法とリアルタイム監視と早期障害検出を組み合わせることで、予期しない障害を防ぎ、重要なワークロードを保護できます。システムの複雑さが増大し、電源アーキテクチャが進化するにつれて、特により高い電圧分配への移行が進む中で、安全で効率的な性能を実現するうえで、慎重な計画とレール監視が引き続き役割を果たしています。

## 関連コンテンツ

- [パワー ヒント #139: 自己バイアス コンバータを使用して AC/DC フライバック設計を簡素化する方法](#)
- [AI ブームの中で、データセンターの電力需要が高まっています](#)
- [効率向上のためのデータ センター次世代電源ソリューション](#)
- [データセンターの電力供給アーキテクチャを最適化します](#)

この記事は、以前 [EDN.com](#) で公開された記事です。

## 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、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](https://www.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

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、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](https://www.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