

Technical Article

AI データ センターが察知できない電力グリッチ



高速データ コンバータ担当マーケティング マネージャ、Shannon Lippincott 著

データ センターの電力監視が AI のワークロードの変化に追従できなくなると、何が起きるでしょうか。

今日の最大規模の AI 導入環境は数万ものグラフィック処理ユニット (GPU) にまたがる場合があります、巨大なコンピューティング能力を生み出す一方で、動作状況は秒単位で変化します。ワークロードが増減するにつれて、サーバーの電源システムはこれまで以上に動的な要求に応答する必要があります。その結果、プロセッサの電源レールで電圧降下やオーバーシュートなどの過渡イベントが発生し、その多くはナノ秒単位で発生する可能性があります (図 1 を参照)。

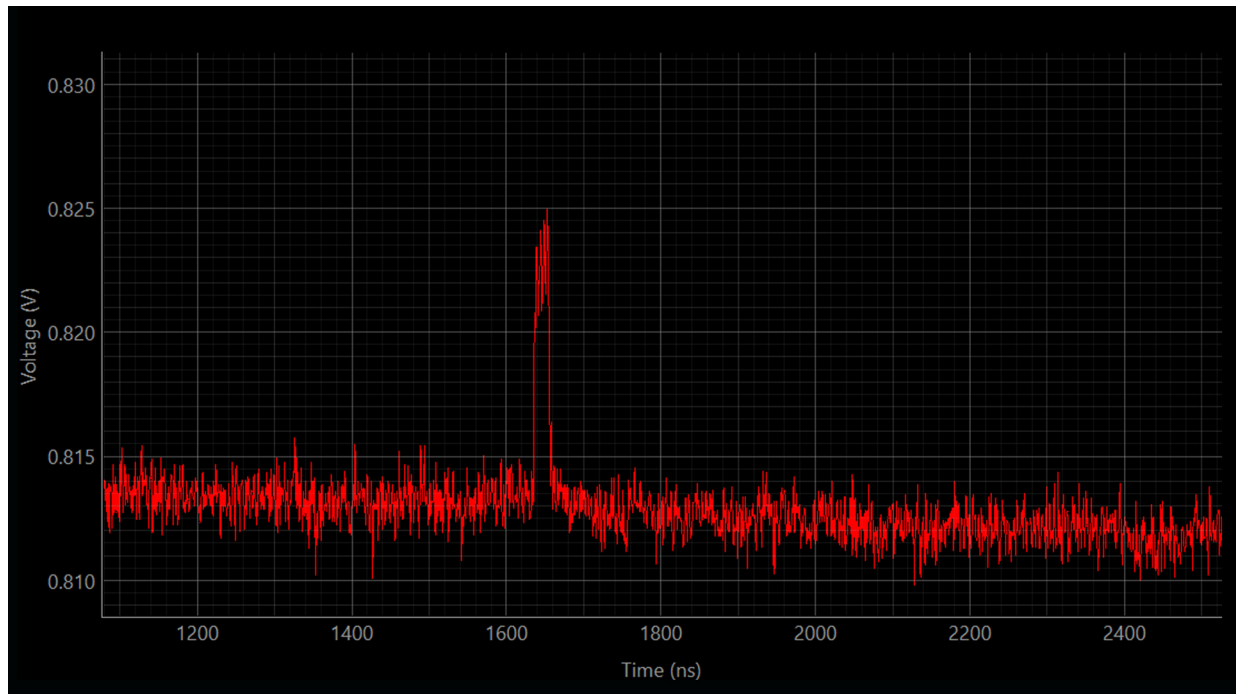


図 1. サーバー ラックにおけるナノ秒レベルの過渡イベント

目に見えない電力現象の影響の増大

エンタープライズサーバー、試験・測定機器、無線インフラなどのシステムは、電圧、電流、電力、温度、およびシステム全体の健全性に関するリアルタイム情報をエンジニアに提供するため、長年にわたりテレメトリに依存してきました。しかし、これらのシステムの多くは歴史的にミリ秒レベル以上の間隔で動作しており、プロセッサ電源レールで現在発生している過渡イベントとそれを観察するためのツールとの間には 6 桁 (100 万倍) もの乖離が存在します。

今日ではナノ秒レベルのテレメトリが存在しますが、これらのイベントの多くは複雑なワークロードの実行中に発生し、既存のテレメトリシステムに一切表示されないまま、多大なコストを伴う瞬時電圧低下や予期せぬダウンタイムを引き起こすことがあります。

瞬きする間 (約 100 ミリ秒) に、サーバーはナノ秒スケールの電氣的イベントを何度も経験する可能性があります。これらを検出せずに放置すると、リセット、再テスト、原因究明、スロットリング、ワークロードの中断を引き起こし、多大なコストをかけて AI のコンピューティング パフォーマンスと利用率を下げることになります。最近、Uptime Institute は、重大な障害の 57% で 10 万ドル以上のコストがかかり、5 回に 1 回の割合でそのコストは 100 万ドルを超えていると報告しました。

データセンターのエンジニアからも同様の話を聞いたことがあります。学習クラスタで断続的なエラーが発生し、重要な実行が停止してしまうものの、オンデマンドで再現できるほど高頻度には発生しないという問題です。従来のテレメトリツールでは、電力、温度、利用率が正常に見える安定した動作状況しか示されず、根本原因の手がかりが残されません。

高速検出技術はこれまで、大きすぎて消費電力が大きく、非常に高価であったため、何千ものサーバー ラック全体に導入できませんでした。これがなければ、技術者は手動でデバッグを行う必要があり、問題の背景にあるナノ秒スケールの過渡現象を特定するために、ハードウェア、ファームウェア、システム ログの精査に何時間も、時には何日も費やすことになります。

より高速な電力監視がトラブルシューティングをどのように改善するか

継続的なナノ秒レベルの監視により、発生した瞬間に「目に見えない」イベントを捉えられます。即座の根本原因分析や予防保守に必要な実行可能データを提供することで、エンジニアは高コストなシステム障害へと発展する前に早期の警告サインを特定できます。

このレベルの詳細さは重要ですが、大容量データを常時ストリーミングすると、ストレージやネットワーク帯域幅が不可避免的に圧迫されてしまいます。イベント ベースのリモート テレメトリは、環境を継続的に監視し、過剰なデータの負担をかけずに、詳細で高速な過渡イベントのみをレポートすることでこの課題を解決します。

Karthik Vasanth (TI、データ コンバータおよびクロック担当バイスプレジデント) によれば、「技術者が探しているグリッチは、干し草の山に埋もれた針のようなものです。エンジニアが針のパラメータをプログラムすれば、チップが干し草の山を探索します」

しかし、ここにはさらに大きな利点があります。これらのナノ秒レベルのイベントを監視することは、「データセンターの信頼性における先駆け、あるいは前兆となるものです」と Vasanth は語ります。言い換えれば、このレベルの可視性によって、エンジニアは障害に対応するだけでなく、障害を未然に防げるようになります。

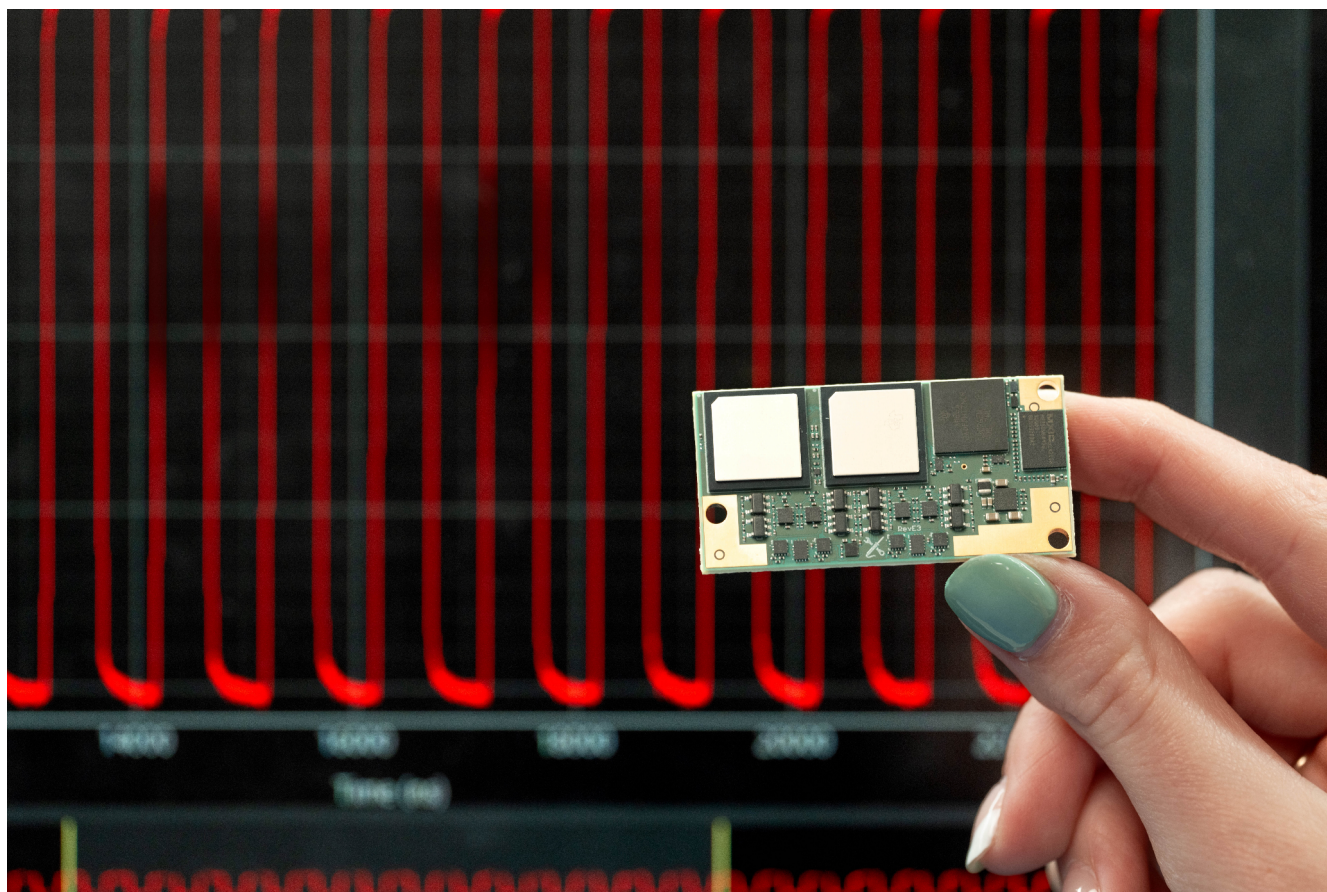


図 2. TI の新しいナノ秒レベルの技術によって実現されたイベント ベースのリモート テレメトリ

ナノ秒単位の電力イベントをリアルタイムで検出

光そのものがわずかに 1 ナノ秒で約 1 フィート進むほど高速であるため、サーバーはたった 1 ミリ秒の間に何千ものイベントを経験する可能性があります。それほどの速度と精度でイベントを検出することは、データセンター監視用に構築された従来のテレメトリシステムの能力を超えていました。

TI の **ADC34DSO75** 無線周波数 (RF) サンプリング A/D コンバータ (ADC) は 3GSPS の性能を備えており、24 時間 365 日体制でナノ秒レベルのイベント ベースリモート テレメトリを提供します。高度なアナログ設計と統合デジタル信号プロセッサを活用することにより、ADC34DSO75 は信号をリアルタイムで処理・改良すると同時に、FPGA (Field-Programmable Gate Array) の複雑さとコストを削減します。68dBFS の信号対雑音比 (SNR) と低い位相・振幅ノイズを兼ね備え、競合ソリューションの半分の消費電力を実現しています。

プロセッサが 1.2V 未満で動作している場合、電気的事件はマイクロボルトやミリボルト単位で記録されることがあります。それほどごくわずかなイベントを識別するにはタイミング分解能と電圧分解能の両方が必要であり、信号対雑音比とダイナミックレンジは未加工のサンプリング速度と同様に重要になります。

ADC34DSO75 の構成可能な内蔵イベント検出・記録機能により、エンジニアは特定のニーズに合わせて監視をカスタマイズできます。オクタル SPI を介したマイコンへの低速ストリーミングにより、高コストで電力消費の大きい FPGA の必要性がなくなり、全体のアーキテクチャが簡素化されます。

TI はまた、ADC34DSO75 を中心に構築された SOM (システム オン モジュール) ボード (図 3) も開発しました。この 8 チャンネルのボードは、それぞれ 4 チャンネルを処理する 2 つのデータコンバータを使用し、プロセッサ内部の 8 つの電圧をナノ秒単位の分解能で測定します。ボードにはマイコンとイベント データを保存するフラッシュメモリが含まれているため、実際に電源が遮断された場合でも情報はカード上に残り、後で簡単に取得できます。設計者はオンボードメモリ全体を 200Mbps で約 10 ミリ秒でオフロードできるため、動作を妨げることなくイベント データへ迅速にアクセスできます。



図 3. プロセッサ内部の 8 つの電圧をナノ秒単位の分解能で測定する、TI の 8 チャンネル SOM

ナノ秒レベルのイベント ベースリモート テレメトリを提供する初のソリューションとして、この 1 インチ × 2 インチの SOM は、データセンターの設計者が競合ソリューションに比べてわずかなサイズ、消費電力、コストで、新たなレベルのシステム パフォーマンスを達成することを可能にします。リモート イベントレポートにより、現地に技術者を派遣したりオシロスコープを接続してトラブルシューティングを行ったりする必要がなくなり、ダウンタイムを最小限に抑え、物理的なハードウェア アクセスに伴うセキュリティリスクを削減できます。

リアルタイム電力監視の未来

AI の計算密度と電力要求が高まるにつれて、高分解能の継続的な監視に対するニーズはデータ センターの枠を遥かに超えて広がっています。自動試験装置では、このレベルでの監視により、ナノ秒単位のグリッチが試験検証を歪め、エラーを引き起こすのを防ぎます。無線インフラにおいては、エンジニアが信号品質を低下させる過渡イベントを追跡することを可能にし、特に **5G** および **6G** のテレメトリ システムで効果を発揮します。

将来的には、ナノ秒レベルの監視とシステム インテリジェンスを組み合わせることで、予測的な障害検出と自律的なシステム管理が可能になります。信頼性の基準は上がり続けています。データ センターの設計は車載グレードの信頼性基準を満たすことがますます求められており、場合によっては事業者が **PPB** レベルの信頼性を目指しているケースもあります。エレクトロニクスが複雑化の一途をたどる中、安定性の課題に対処する能力は、ひとえに超高精細な可視性にかかっています。

その他の資料

- [ADC34RF72 評価基板](#)を注文して、開発を開始しましょう。

著者について

Shannon Lippincott は、テキサス・インスツルメンツの高速データコンバータ担当プロダクト マーケティング マネージャです。データ センター、試験・計測機器、通信インフラストラクチャにわたるアプリケーション向けに、精密アナログ技術およびミックスド シグナル技術を市場に投入する支援を行っています。同氏はアリゾナ州立大学で電気工学の学士号および工学の修士号を取得しており、ミックスド シグナル回路設計を専攻しました。

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

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みいかなる保証も、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、TI は一切の責任を拒否します。

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 © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月