

Technical Article

AI 數據中心看不見的電源突波



作者：高速資料轉換器行銷經理 Shannon Lippincott

當數據中心的電源監控跟不上 AI 工作負載時，會發生什麼情況？

現今最大型的 AI 部署可涵蓋數萬個圖形處理單元 (GPU)，產生龐大的運算能力，運作條件也隨時都在變化。隨著工作負載升降，伺服器電源系統必須因應日益動態的需求。結果就是處理器電源軌出現電壓驟降、過衝和其他暫態事件，其中許多事件可能在幾奈秒內發生（如 图 1 所示）。

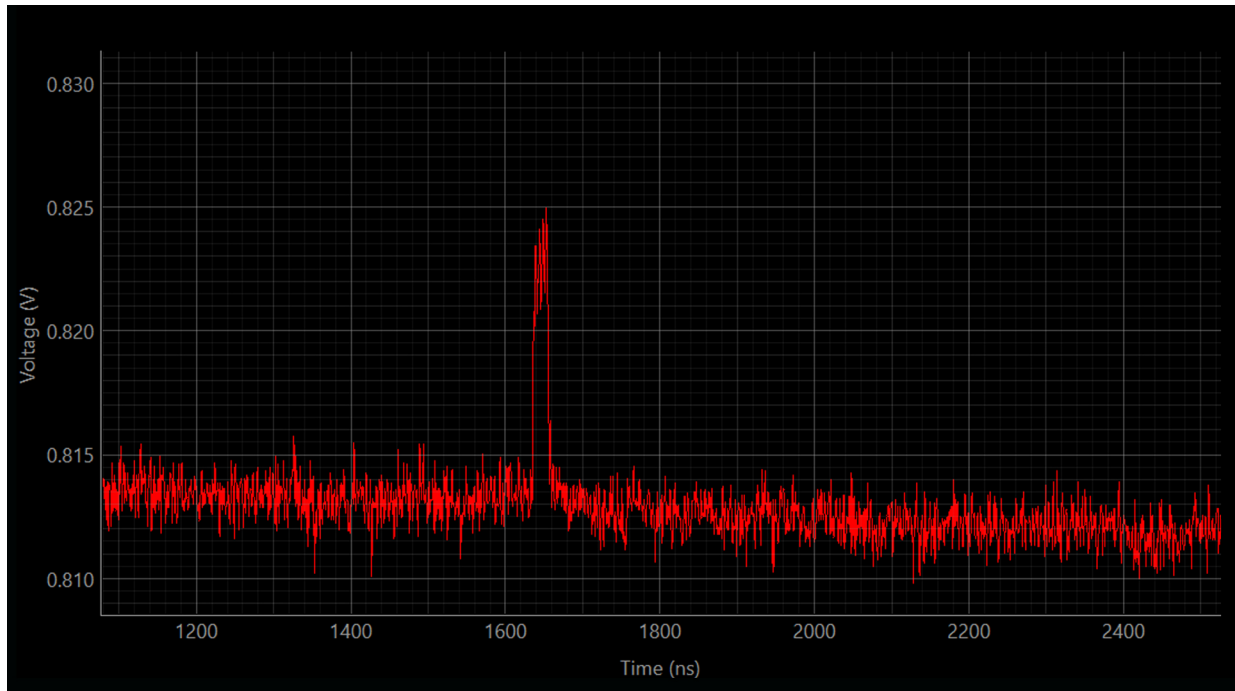


图 1. 伺服器機架中的奈秒級暫態事件

看不見的電源事件影響日益擴大

企業伺服器、測試與測量設備、無線基礎架構及其他系統長期仰賴遙測技術，為工程師提供電壓、電流、功率、溫度和整體系統健康狀況的即時資訊。然而，這類系統過去多半以毫秒級或更長的時間間隔運作——處理器電源軌上目前發生的暫態事件，與用來觀測這些事件的工具之間，存在六個數量級的落差。

雖然現今已有奈秒級遙測技術，但許多這類事件可能發生在複雜的工作流程中，造成代價高昂的電壓不足或非預期停機時間，而且往往完全不會顯示在現有的遙測系統上。

在一眨眼的時間內（約 100 毫秒），伺服器可能經歷數次奈秒級電氣事件。若未偵測到，這些事件可能觸發重設、重新測試、問題分級、降頻和工作負載中斷，使 AI 運算效能與使用率下降，代價高昂。[Uptime Institute](#) 最近的報告指出，57% 的重大停機事件損失超過 100,000 美元，每五次停機就有一次超過 100 萬美元。

我也從數據中心工程師那裡聽過類似的故事：訓練叢集出現間歇性錯誤，導致重要的訓練作業停滯，但發生頻率又不夠高，無法按要求重現。傳統遙測工具顯示運作穩定，功率、溫度和使用率看起來都正常，找不到任何根本原因的線索。

高速偵測技術向來體積過大、耗電且成本高昂，難以部署到數千個伺服器機架上。少了這項技術，技術人員就必須手動除錯，有時得花上數小時甚至數天，逐一檢視硬體、韌體和系統記錄，才能找出問題背後的奈秒級暫態。

更快的電源監控如何改善故障排除

連續的奈秒級監控可在「看不見」的事件發生當下加以擷取。提供立即進行根本原因分析和預防性維護所需的可行資料，讓工程師能在早期警訊演變成代價高昂的系統故障之前加以識別。

這樣的細節雖然重要，但持續串流大量資料勢必會讓儲存空間和網路頻寬不堪負荷。以事件為基礎的遠端遙測可持續監控環境，只回報細微的高速暫態事件，不會造成資料過量的負擔，從而解決這項難題。

TI 資料轉換器與時脈副總裁 Karthik Vasanth 表示：「技術人員要找的突波有如大海撈針。工程師設定這根針的參數，再由晶片在大海裡搜尋。」

但更大的好處還在後頭。Vasanth 表示，監控這些奈秒級事件是「數據中心可靠性的前兆或先行指標」。換句話說，這樣的可視性讓工程師能搶在故障發生前採取行動，而不只是事後因應。

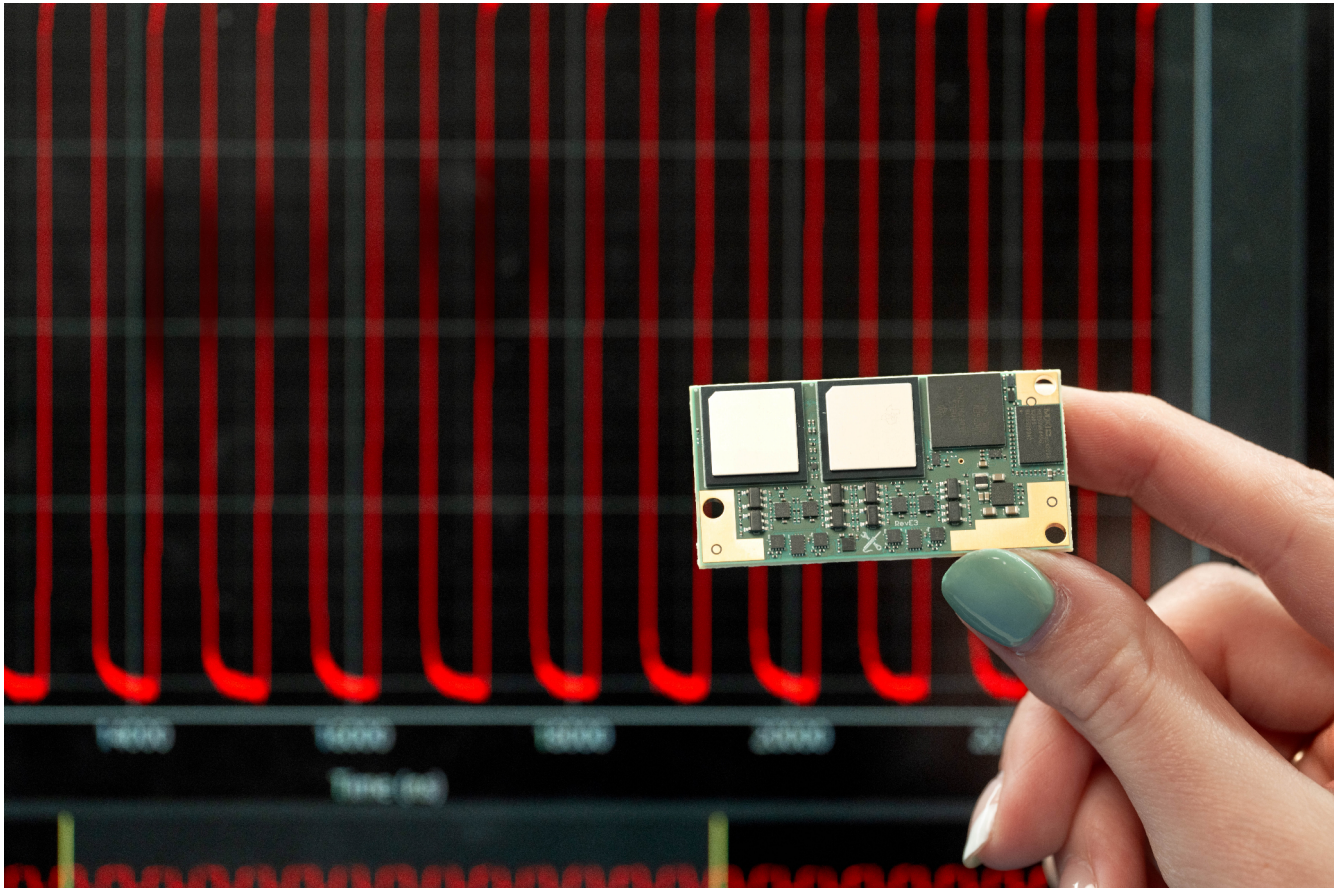


圖 2. TI 全新奈秒級技術所實現的事件驅動遠端遙測

即時偵測奈秒級電源事件

光在一奈秒內行進將近一英呎，這樣的速度足以讓伺服器在一毫秒內經歷數千個事件。要以這樣的速度和精確度偵測事件，通常超出為監控數據中心而打造的遙測系統的能力。

TI 的 [ADC34DSO75](#) 射頻 (RF) 取樣類比數位轉換器 (ADC) 具備 3GSPS 效能，可提供 24/7 全天候奈秒級、事件驅動的遠端遙測。ADC34DSO75 運用先進的類比設計和內建數位訊號處理器，可即時處理並調整訊號，同時降低現場可程式化閘陣列 (FPGA) 的複雜性與成本。其結合了 68dBFS 的訊號雜訊比 (SNR) 與低相位和振幅雜訊，功耗僅為競爭解決方案的一半。

由於處理器以 $< 1.2V$ 運作，電氣事件可能只有微伏或毫伏等級。要辨識如此微小的事件，需要同時具備時序和電壓解析度，因此 SNR 和動態範圍與原始取樣速度同樣關鍵。

ADC34DSO75 具備可配置的內建事件偵測與擷取功能，讓工程師能依特定需求調整監控方式。透過八線 SPI 以低速串流至 MCU，有助於免除使用昂貴且高功耗的 FPGA，並簡化整體架構。

TI 也開發了以 ADC34DSO75 為核心的系統模組 (SOM) 電路板 (圖 3)。這款八通道電路板使用兩個資料轉換器，每個處理四個通道，以奈秒解析度量測處理器內部的八個電壓。電路板包含 MCU 和用於儲存事件資料的快閃記憶體，因此即使真的斷電，資訊仍會保留在板上，方便日後擷取。設計人員能以 200Mbps 的速度在約 10ms 內卸載整個內建記憶體，在不中斷運作的情況下快速存取事件資料。



圖 3. TI 的八通道 SOM 能以奈秒解析度量測處理器內部的八個電壓

這款 1 英吋 x 2 英吋的 SOM 是首款提供奈秒級、事件驅動之遠端遙測的解決方案，讓數據中心設計人員能以競爭解決方案一小部分的尺寸、功耗和成本，將系統效能提升到新境界。遠端事件回報消除了派技術人員到現場或連接示波器來排除事件故障的需要，可將停機時間降至最低，並降低實體硬體存取的安全風險。

即時電源監控的未來

隨著 AI 運算密度和功率需求增加，對持續高解析度監控的需求已遠遠超出數據中心的範疇。在自動化測試設備中，這種等級的監控可防止奈秒級突波扭曲測試驗證結果並造成錯誤。在無線基礎架構中，它讓工程師能追蹤會降低訊號品質的暫態事件，特別是在 5G 和 6G 遙測系統中。

展望未來，結合奈秒級監控與系統智慧，將可實現預測性故障偵測與自主系統管理。可靠性的標準不斷提高。數據中心設計越來越需要符合車規級可靠性標準，在某些情況下，營運商更以十億分之一等級的可靠性為目標。隨著電子產品日益複雜，能否因應穩定性挑戰，完全取決於極精細的可視性。

其他資源

- 訂購 [ADC34RF72 評估模組](#) 以開始使用。

作者簡介

Shannon Lippincott 是德州儀器高速資料轉換器的產品行銷經理。Shannon 協助將精密類比與混合訊號技術推向市場，應用範圍涵蓋數據中心、測試與測量以及通訊基礎架構。Lippincott 擁有亞利桑那州立大學電機工程理學士學位與工程理學碩士學位，專攻混合訊號電路設計。

註冊商標

所有商標皆屬於其各自所有者之財產。

重要聲明與免責聲明

TI 以「現狀」及所含一切錯誤提供技術與可靠數據 (包含產品規格書)、設計資源 (包含參考設計)、應用或其他設計建議、網頁工具、安全資訊和其他資源，且不承擔所有明示或默示保證，包括但不限於適銷性或用於特定用途之適用性的任何默示保證，或不侵害第三方智慧財產的任何默示保證。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您應自行負責 (1) 選擇適合您應用的 TI 產品，(2) 設計、驗證與測試您的應用，與 (3) 確保應用符合適用標準，以及任何其他安全、安保、法規或其他要求。

這些資源得進行修改且無需通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的智慧財產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 [TI 的銷售條款](#)、[TI 的通用品質指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供此等資源並不會擴大或以其他方式改變 TI 對於 TI 產品的適用保證或保證免責聲明。除非 TI 明確將某產品指定為自訂或客戶指定型號，否則 TI 產品均為標準、類比、通用裝置。

TI 反對並拒絕您可能提出的任何附加或不同條款。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

上次更新 10/2025

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you fully indemnify TI and its representatives against any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#), [TI's General Quality Guidelines](#), or other applicable terms available either on ti.com or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products. Unless TI explicitly designates a product as custom or customer-specified, TI products are standard, catalog, general purpose devices.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may propose.

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025