

## Technical Article

## 即時控制技術如何實現可靠、可擴充的高電壓設計



Andrew Plummer and Michael Wang



由於對更高功率位準的需求增加，且現代電源系統日益複雜，讓高電壓系統的要求也大幅進化。為了滿足這些要求，必須採用即時 MCU 或數位電源供應控制器，才能控制同時針對細微差異規格和各種電源需求最佳化的進階電源拓撲結構。本文將討論數位電源控制在高電壓應用中的數項優勢，並展現其如何協助先進電源系統安全且有效率地運作。

### 提升系統可靠性並保護電力電子

為了確保一致運作，可靠性對高電壓系統來說至關重要。可靠地保護電力電子免受過電壓、過電流和熱應力影響，可延長元件使用壽命、增強安全性、降低維護成本，並將停機時間降至最低，進而確保可在不會發生非預期故障的情況下，享有兼具效率與效益的性能。

過去低價且簡單的離散式類比產品缺乏必要的靈活性和穩健性，因此無法大規模使用，特別是在混合動力與電動車、能源基礎設施和電力輸送等快速成長的領域中更是如此，而這些領域對高電壓電力電子的需求正逐漸增加。

因此，就功率拓撲結構選項、系統層級功能與保護等方面而言，數位電源可提供更強大的能力，且在讓專案脫離原型製作階段並進入生產時，所需配置的設計師總人數也可降至最低。

即時 MCU 與數位隔離式電源控制器，可強化這類系統的可靠性。其可將感測與動作間的延遲降到最低，確保迅速且準確地回應負載變化和干擾。如此可改善穩定性、降低對暫態事件的敏感性，並提升整體性能。

MCU 和數位電源控制器也可迅速偵測如過電流、過電壓與過熱等故障，並觸發即時保護措施，藉此保護電力電子。其可精準控制電源切換和調變技術，進而在安全限制內實現最佳 FET 性能，同時將元件應力降至最低。

## 能夠同時控制多個功率級

現代高電壓系統的功率位準與複雜性均有所提升，而這通常代表單一系統內會執行多個功率級。這需要採用具有足夠能力的即時 MCU 或數位控制器，以同時控制所有功率級。

太陽能應用的微逆變器便是一個例子。典型的微逆變器系統涵蓋多個功率級，包括將太陽能板產生的電力轉換為高 DC 匯流排電壓，然後將 DC 電源轉換為供電網使用之 AC 電源的 DC/DC 級。TI 的 C2000™ 即時 MCU 可驅動功率級，同時提供進階的監控和內務處理功能。GAN 型 1.6kW 雙向微型逆變器參考設計包含可處理所有四個 DC/DC 升壓級的 TMS320F280039C MCU，外加轉換器-電感器-電感器-電感器-轉換器和單相位圖騰柱功率因數校正 (PFC)。新的 TMS320F28P550SJ 能支援六個以上的光電板，這歸功於更高的運算能力、最多 24 個的脈衝寬度調變通道，以及 39 個類比轉數位轉換器通道。

如 UCD3138A 等 TI 數位電源控制器可用於同時控制多個級。在伺服器 PSU 等 AC-DC 應用中的功率因數校正 (PFC) 就是其中一例。另一個例子是 48V 或 12V 電信電源的 HV DC 轉 DC 轉換器。為了在不同功率位準和區域中實作許多不同版本，使用離散式類比控制器的老練設計師必須重新計算、測試和驗證其工作。有了數位電源控制器，單一裝置就可控制整個系統，且在不同專案間變更電壓和電流閾值等參數時，大多皆可在韌體中進行，讓工程團隊可省下有限的時間。此外，數位電源控制器可提供額外的彈性、通訊和內務處理功能。數位電源控制器和即時 MCU 可為需要高電壓 FET 的終端設備提供多種選項，以透過最高的可靠性和可擴展性，操作日益複雜的功率級。

## 對軟體和硬體解決方案挹注最多投資

在現今的高電壓系統中，對冗餘性、國際標準合規性以及減少依賴外部各方進行工程設計活動的需求，日益增加。可擴充的平台應可透過相容的硬體和軟體，支援各種設計。TI 提供如參考設計、評估模組、偵錯器與程式等資源，有助於更快速地在不同應用間評估數位電源控制器與 MCU，進而減少開發自訂電路板的需求。TI 也對不同系統配置提供軟體資料庫和韌體範例，以加速原型製作與軟體開發。Fusion Digital Power™ Studio 等 GUI 工具有助於快速調整參數並將其最佳化，這通常是需要外部元件才可進行的作業，此外也支援對原型製作與生產進行裝置編程。在 圖 1 中提供了 UCD3138A 生態系統所提供的資源摘要。

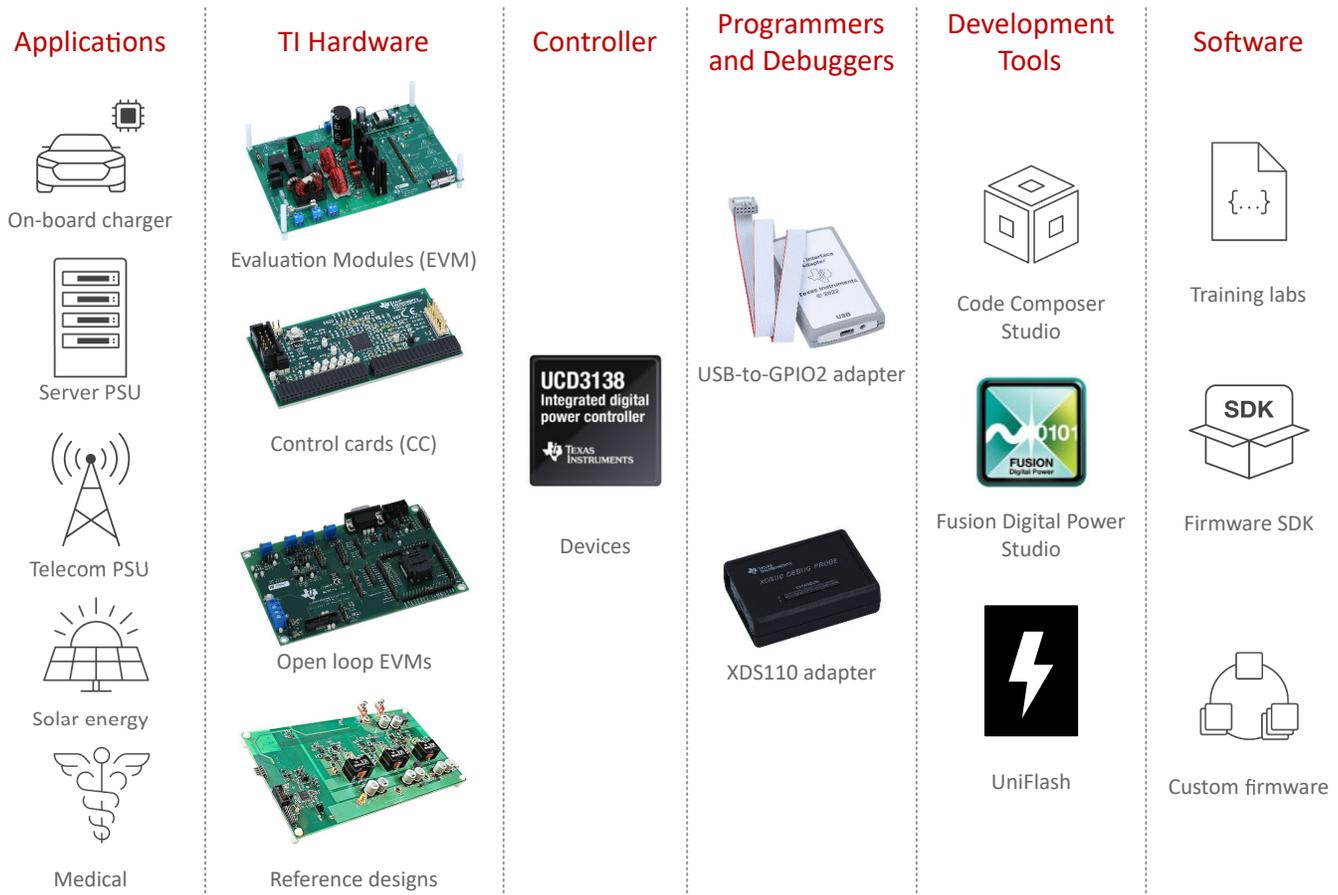


圖 1. UCD3138A 數位電源控制器的生態系統

图 2 顯示了 C2000 即時 MCU 的生態系統，其由多種應用、產品、硬體平台、開發工具及軟體開發套件組成。

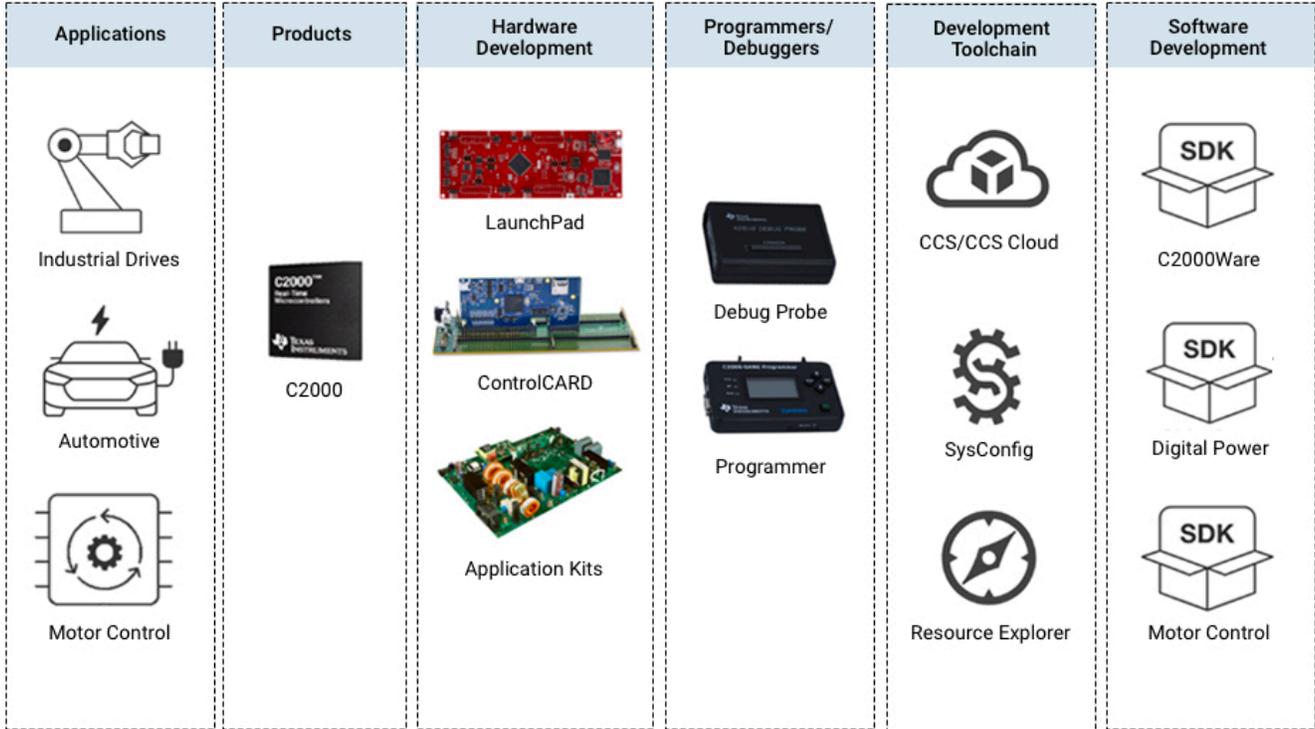


图 2. C2000 即時 MCU 生態系統

### 考量採用數位電源控制器與即時 MCU 的時機

考量採用數位電源控制器：

- 您的設計需要數位的彈性與內務處理功能、不需完全自訂電源供應控制法則，同時會運用具專屬回饋迴路以提高頻寬的數位電源週邊設備
- 為了簡化使用，因此偏好透過 GUI 調整參數並將其最佳化的應用，而不是透過嚴格的韌體開發。
- 偏好針對電源供應控制將 ARM 核心最佳化，並搭配雙記憶體組以輕鬆進行即時韌體更新，進而實現零停機時間。

考量採用即時 MCU：

- 您的設計需要精準的適應性控制並對系統狀況快速做出回應，例如動態併網逆變器或馬達驅動。
- 需要執行複雜演算法的應用，例如進階調變技術或預測性控制策略。
- 需要與週邊裝置、通訊介面或複雜系統診斷無縫整合，以進行全方位的系統監控與控制時。

上述要點在 图 3 中進行了總結，另外亦請參閱 TI.com 的 [數位電源技術頁面](#)。

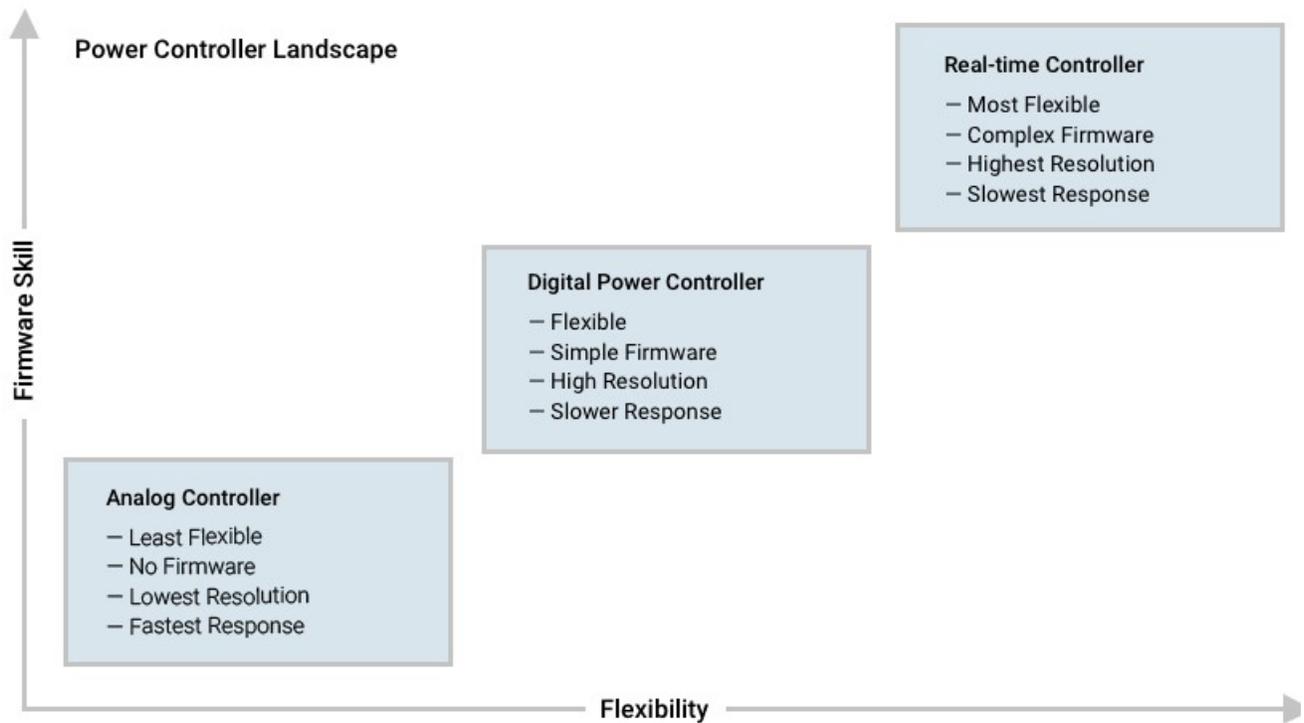


图 3. TI 電源控制器概覽

## 結論

能否打造更永續的未來端視高電壓應用的成長而定，例如電動車、雙向能源採集與儲存系統，以及效率更高的資料中心等，而這類應用需要先進的多層級保護機制，才能發揮其完整潛能。

運用 TI 高電壓即時控制技術產品組合，您就能可靠地同時控制多個功率級，並且享有可在不同專案間充分使用智慧財產的彈性及生態系統。

## 其他資源

- 歡迎閱讀以下應用說明：
  - 「[UCD3138x 裝置簡介](#)」。
  - 「[使用 C2000 即時微控制器進行開發的基礎指南](#)」。
- 歡迎查看以下參考設計：
  - [1kW 數位控制的電流模式 LLC 參考設計](#)。
  - [適用於電信和伺服器 PSU、具有電錶且效率 97.5% 的 1kW 精巧型數位 PFC 參考設計](#)。
  - [GaN 型 1.6kW、雙向微型逆變器參考設計](#)。

## 註冊商標

Fusion Digital Power™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商標均為其各自所有者的財產。

## 重要聲明與免責聲明

TI 均以「原樣」提供技術性及可靠性數據（包括數據表）、設計資源（包括參考設計）、應用或其他設計建議、網絡工具、安全訊息和其他資源，不保證其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的擔保，包括但不限於對適銷性、適合某特定用途或不侵犯任何第三方知識產權的暗示擔保。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您將對以下行為獨自承擔全部責任：(1) 針對您的應用選擇合適的 TI 產品；(2) 設計、驗證並測試您的應用；(3) 確保您的應用滿足相應標準以及任何其他安全、安保或其他要求。

所述資源如有變更，恕不另行通知。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 或任何第三方的知識產權授權許可。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](#) 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 提供所述資源並不擴展或以其他方式更改 TI 針對 TI 產品所發布的可適用的擔保範圍或擔保免責聲明。

TI 不接受您可能提出的任何附加或不同條款。

郵寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

## IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), 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 will 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](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.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.

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

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated