

Kurt Eckles



在衛星產業中，由於對本地資料處理需求的急劇增加、對更高吞吐量通訊鏈路的支援以及電力推進系統的迅速採用，這些變化推動對更高性能電源系統 (EPS) 的需求。EPS 是衛星匯流排區段的一部分，提供結構支撐和外殼子系統，例如電力、散熱管理、通訊和推進。EPS 產生、儲存、調節和分配電力到衛星上的所有其他子系統和有效負載。

由於太空任務的獨特挑戰和種種限制，因此必須對尺寸、重量與功率 (SWaP) 進行最佳化。以下是 SWaP 在衛星設計中如此重要的部分原因：

- **任務要求：**資料傳輸速率、解析度和靈敏度等不斷增加的要求會影響衛星的 SWaP 要求。
- **發射限制：**衛星有尺寸限制、重量限制和發射成本限制，根據預定軌道，這些限制可能是每公斤 1,000 美元到 10,000 美元。
- **發電：**衛星通常依賴於太陽能電池板，而電池板的尺寸和重量則限制發電量。發電能力還會影響元件（例如電池）的重量和尺寸，以及配電和散熱管理等功能。
- **運作效率：**SWaP 最佳化使衛星能夠在太空中更有效率地運作，進而獲得更好的性能和更長的任務壽命。

由於電力是衛星上最寶貴的資源之一，因此大幅提高 EPS 效率有助於延長任務壽命、減少質量和體積，並大幅減少散熱管理開銷。

除了效率之外，由於電源拓撲結構的數量眾多，EPS 還必須處理各種電壓和電流。[圖 1](#) 顯示一些最常見的拓撲結構。

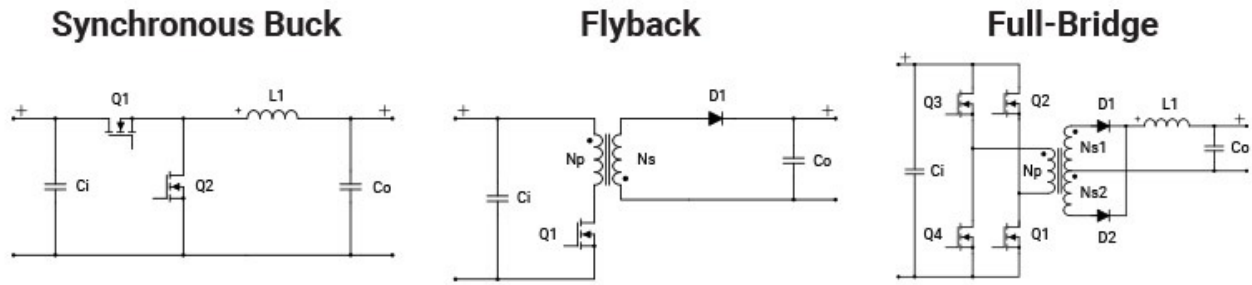


图 1. 衛星電源架構中常見的電源拓撲結構

典型衛星 EPS 的元件和功能如 图 2 所示：

- **太陽能電池板 (或發電)：**太陽能電池板是大多數衛星的主要電源。
- **電池 (或儲能)：**電池在白天儲存太陽能電池板產生的多餘電力，並在日食期間或太陽能電池板無法產生足夠電力時為衛星提供電力。
- **電力調節單元 (PCU)：**PCU 調節太陽能電池板和電池的電力輸出，為衛星的其餘部分提供穩定一致的電壓和電流。
- **配電單元 (PDU)：**PDU 將太陽能電池板和電池產生的電力分配給衛星上的各個子系統和有效負載。
- **備用電源：**如果主要 EPS 發生故障，備用電源將有助於維持最基本的功能，直到主要系統恢復。

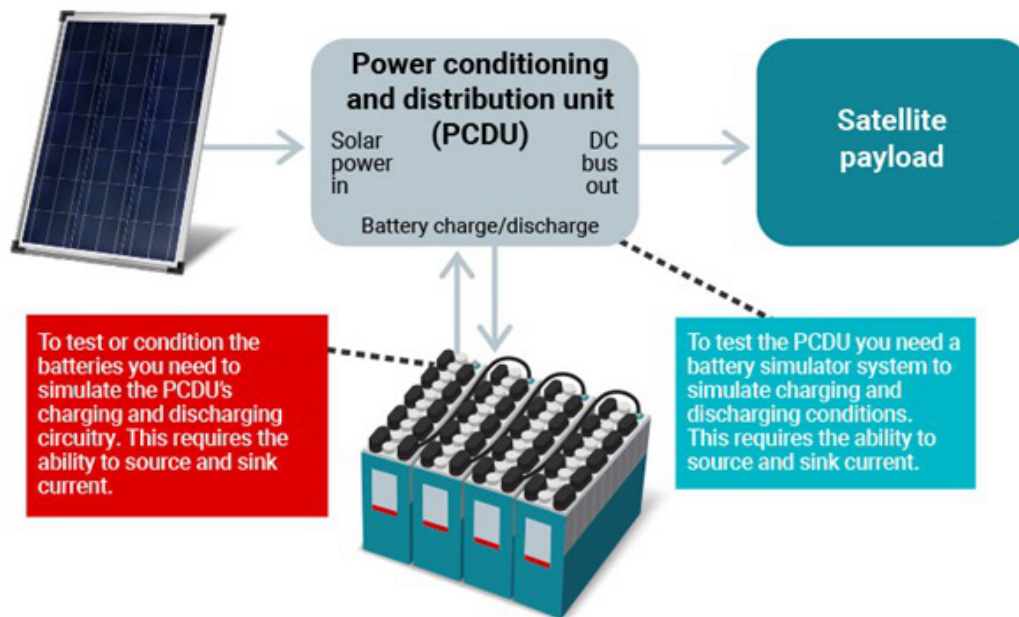


图 2. 典型的衛星 EPS

設計人員可以透過將脈衝寬度調變 (PWM) 控制器與閘極驅動器以及矽 MOSFET 或 GaN FET 結合來解決衛星系統中的 SWaP 設計挑戰。此方法可為 EPS 系統不同部分開發最佳化電源供應器。

開發 EPS 時，設計人員可從各種電壓和電流位準抗輻射半橋 GaN FET 閘極驅動器中進行選擇，這些驅動器可以擴展到衛星的整個 EPS 電源樹中。可用裝置包括 [TPS7H6003-SP](#) (200V)、[TPS7H6013-SP](#) (60V)、[TPS7H6023-SP](#) (22V) (100 krad TID、75 MeV·cm²/mg SEL 耐受) 和耐輻射 [TPS7H6005-SEP](#) (200V)、[TPS7H6015-SEP](#) (60V)、[TPS7H6025-SEP](#) (22V) (50 krad TID、43 MeV·cm²/mg SEL 耐受)。這些閘極驅動器支援多種不同的電源供應拓撲結構與輸入格式，可提供設計彈性。

此外，設計人員也可使用專為支援各種不同電源供應實作而設計的 PWM 控制器，例如輻射強化 [TPS7H5001-SP](#) 和耐輻射 [TPS7H5005-SEP](#) 等 PWM 控制器。

TI 開發了下列參考設計，以協助工程師在各種電源供應電路中，使用航太級 PWM 控制器和 GaN FET 閘極驅動器，不僅在 EPS 中，也在特定負載應用中：

- **非隔離式高電壓降壓設計**
 - 採用 300W 非隔離同步降壓拓撲，使用上述 PWM 控制器和閘極驅動器，支援 50V 至 150V 輸入與 28V 輸出。
 - 此設計非常適合在衛星將電力輸送至 EPS 子系統的電池儲存部分之前調節 100-V 太陽能板的高度可變輸出。
 - TI 參考套件範例：[PMP23552](#)
- **隔離式全橋設計**
 - 採用 100W 隔離式同步硬開關全橋拓撲結構，支援 22V 至 36V 輸入和 5V 輸出，並在功率級中使用 GaN FET。
 - 此設計旨在作為電源調節和配電單元 (PCDU) 的範例。透過此裝置架構，便可實現許多實作和輸出電壓，例如文章中概述的零電壓開關 (ZVS) 全橋拓撲架構：[「用電訣竅 134：不要採用艱難的方式進行切換；以 PWM 全橋實現 ZVS」](#)。
 - TI 參考套件範例：[PMP23200](#)
 - 其他資源：使用指南 [「採用 TPS7H5001-SP 的 28-V 至 5-V、10-A 返馳式轉換器設計」](#)。
- **非隔離高電流多相降壓設計**
 - 此設計採用多相同步降壓拓撲結構中的 PWM 控制器和閘極驅動器，支援 11V 至 14V 的輸入和 0.8V 的輸出，並在功率級再次使用 GaN FET。此設計為雙相實作，可支援 80A，同時維持可接受的 DC 與 AC 容差。
 - 設計人員可將設計延伸至更多相位，協助符合為部分進階現場可編程邏輯閘陣列、ASIC 或多核心處理器核心軌供電所需的高電流 (100A+) 與低輸入電壓 (低於 0.8 V) 等設計需求。
 - TI 參考套件範例：[TIDA-010958](#)
 - 其他資源：應用說明 [「使用 TPS7H5001-SP 控制器的 12 VIN 至 1 VOUT 單相降壓轉換器」](#)。

結論

由於電力是衛星上最寶貴的資源之一，EPS 架構可以對整體設計產生重大影響。TI 經過輻射驗證的 PWM 控制器系列具備高效率並支援廣泛的拓撲結構，並提供可部署在各種任務和軌道中的架構。

其他資源

- 查看 [TI 航太產品指南](#)、[電子輻射手冊](#) 和 [太空船電路設計手冊](#)。
- 觀看我們的隨選網路研討會：[SIMPLIS 中衛星應用返馳電源轉換器建模的基本知識](#)。

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 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 © 2025, 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 © 2025, Texas Instruments Incorporated