

Technical Article

USB Type-C® 與 USB 電力輸送：專為延伸功率範圍和電池供電系統進行設計



Adam McGaffin

USB Type-C® (USB-C®) 是業界標準連接器，可在單一介面上傳輸資料和電力，在個人電子產品、汽車、工業和企業系統中廣泛應用。USB 電力輸送 (PD) 是使用 USB-C 連接器來提升 USB-C 介面功能的標準。直到最近，USB PD 3.0 規格允許雙向傳輸高達 100W (20V, 5A) 的功率，現在稱為標準功率範圍 (SPR)。最新的 USB PD 3.1 規格可透過 USB-C 纜線將功率範圍增加至 240W (48V, 5A)，現在則稱為延伸功率範圍 (EPR)。

表 1 顯示 EPR 與 SPR 的比較。

表 1. SPR 和 EPR 固定電壓範圍

| 功率範圍 | 可用電流與電壓 | 電力輸送設定檔範圍 | 附註 |
|------|----------------------------------|----------------------|-------------|
| SPR | 3A : 5V、9V、15V、20V 5A 1 : 20V | 15W-60W >60W-100W | |
| EPR | 5A 2 : 28V、36V、48V | >100W-240W | 需要進入 EPR 模式 |

1. 需要 5A 纜線。
2. 需要 EPR 纜線。

EPR 允許支援高達 240W 的功率 (5A 時為 28V、36V 和 48V)。EPR 模式對汲極評估和回應新來源功能訊息的要求與典型 USB PD 合約協商中的要求相同。進入 EPR 模式後，連接埠即開始協商高達 240W (48V, 5A) 的電力輸送物件 (PDO)。48V 限制代表在考慮設計安全容限時的實際限制。

在 EPR 模式中的固定電壓位準延伸上，電源供應也必須遵循可調整電壓供應 (AVS) 的規格。在 EPR 模式中，AVS 讓汲極能夠以 100mV 為步進，在 15V 和 48V 之間微調電壓，以提升性能和熱效率。AVS 也提供汲極接收任何充電器電壓的彈性，讓您可避免自訂轉接器，並在電子生態系統中建立一致的使用者體驗。

圖 1 顯示與 SPR 和 EPR 功率位準相關的可編程電源供應器 (PPS) 和 AVS 範圍。雖然 PPS 和 AVS 均具有可編程的步進距離，但這兩者並不相同，且用途也不同。AVS 可做為恆壓電源，並為系統提供穩定 DC 電壓，以提升效率。PPS 的步進距離視窗較小 (20mV)，可繞過連接裝置中的電池充電器，直接為電池充電。AVS 和 PPS 之間的主要區別在於，使用 PPS 時，協商電壓會隨時間不斷變化。隨著電池充電，所需的 PPS 充電電壓將會增加。AVS 設計為恆定電源供應，可提供更接近系統整體所需電壓位準的系統輸入電壓。

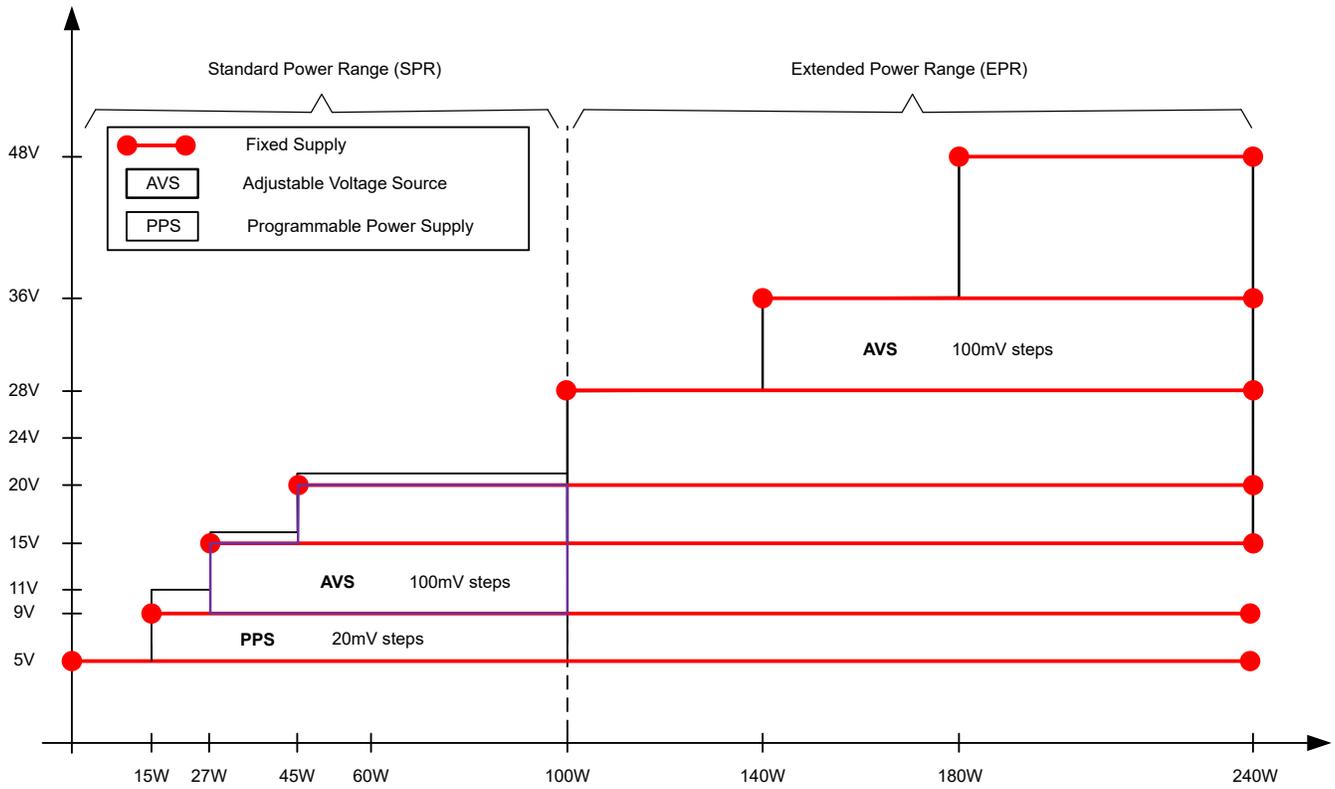


图 1. 來源所需的 USB PD 3.2 電壓

電池供電產品和新一代解決方案

採用 USB-C 後，Bluetooth® 喇叭和電動工具等可攜式電池供電產品將可從中獲益。若為這類產品實作 USB-C，即可讓產品從 USB-C 連接埠充電，並使用相同連接埠為連接的裝置供電。使用單芯或多芯電池充電器的產品現在可與 USB-C 或 USB PD 控制器配對，讓應用能從 USB-C 連接埠獲取和吸收電源。

图 2 說明轉換至 USB-C 和 USB PD 的裝置典型架構。

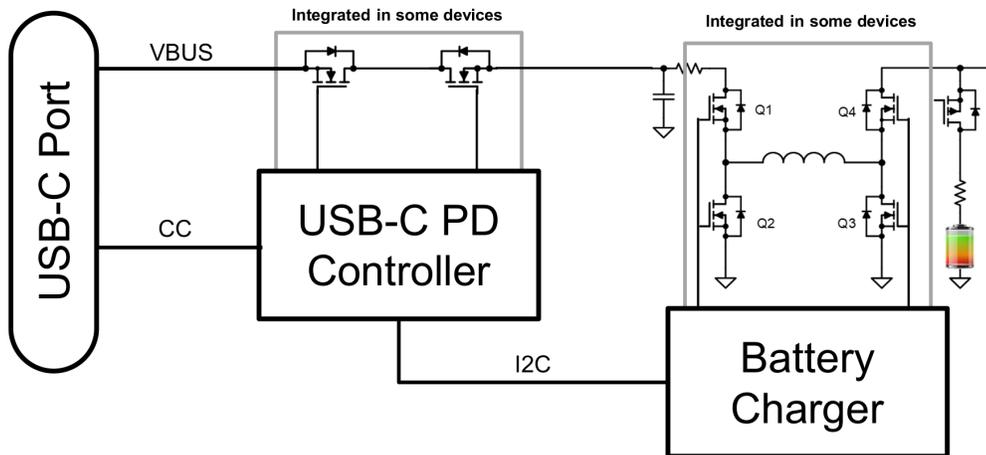


图 2. USB-C 電池供電產品方塊圖

為協助簡化電池供電產品的 USB PD 連接埠設計，TI 的 USB PD 控制器新增了 I²C 主機支援，以直接控制電池充電器。此整合式 I²C 主機控制將可實現雙晶片解決方案，無需外部微控制器 (MCU)。USB PD 控制器會根據 USB PD 連接埠的電源協商，透過 I²C 自動更新電池充電器的充電參數。此外，您無需開發韌體即可將 USB PD 連接埠新增至電池供電產品。[TPS25751](#) 和 [TPS26750](#) 是兩款用於 USB-C 與電池充電器配對的 USB PD 控制器。

TPS25751 是一款 SPR PD 控制器，而 TPS26750 則是能夠協商完整 240W EPR 的 EPR PD 控制器。[表 2](#) 顯示推薦的 USB PD 控制器和電池充電器配對。這些配對的參考設計可讓您將複製及貼上至應用項目。

表 2. USB PD 控制器和電池充電器配對

| 支援的最大功率位準 | 支援的串聯電池芯數 (S) | 推薦的 USB PD 控制器 | 推薦的電池充電器 | 參考設計 |
|--------------------|---------------|----------------|----------|--|
| 100W 汲極 45W 源極 | 1-4 | TPS25751 | BQ25798 | 整合式 USB Type-C® 電力輸送 (PD) 和 2-4 芯電池的充電參考設計 |
| 100W 汲極 100W 源極 | 1-5 | TPS25751 | BQ25731 | 適用於一至五節電池的整合式 USB Type-C® PD 雙向充電參考設計 |
| 100W 汲極 100W 源極 | 1-16 | TPS25751 | BQ25756 | 100W 整合式 USB Type-C® PD 雙向充電器參考設計 |
| 240W 汲極 240W 源極 | 1-16 | TPS26750 | BQ25756 | 240W USB Type-C PD3.1 EPR 電池充電器參考設計 |

參考設計

為了支援完整的 240W 延伸電源範圍，240W USB Type-C PD3.1 EPR 電池充電器參考設計可將 TPS26750 與我們的 BQ25756 雙向降壓升壓充電控制器配對使用。如圖 3 所示，此參考設計可將這兩個裝置配對至單一印刷電路板，無需外部 MCU 或客製化韌體即可實現雙向 240W 解決方案。

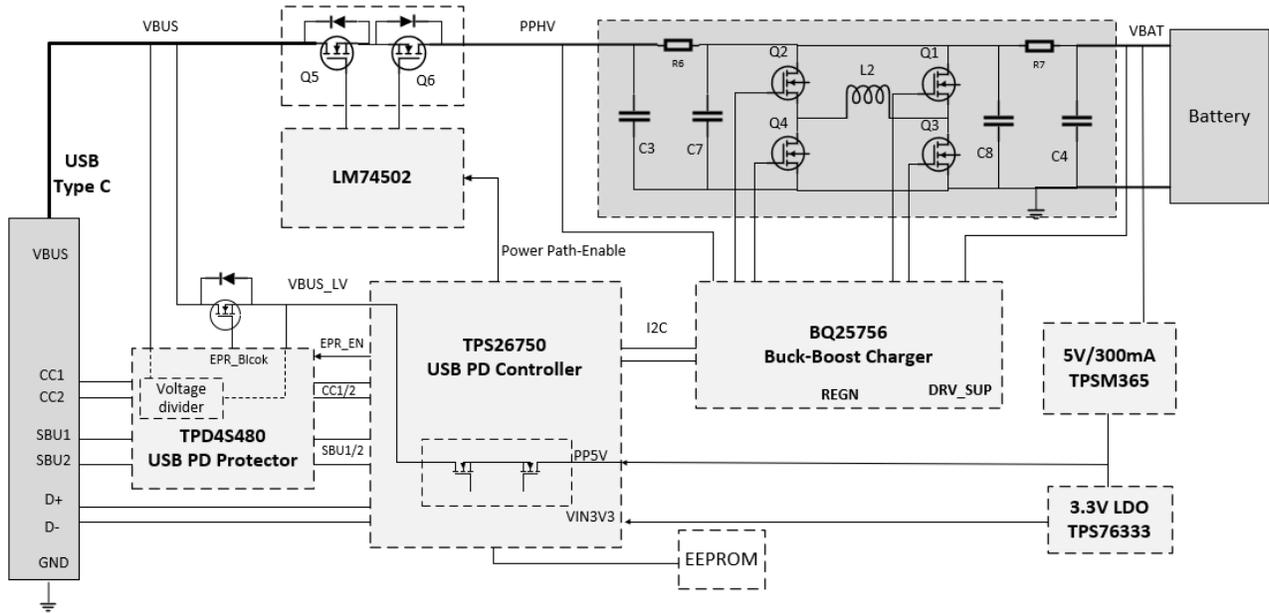


圖 3. EPR 電池充電器參考設計方塊圖

電池充電器參考設計是一種整合式 USB PD 和充電參考設計，適用於電動工具、吸塵器、可攜式充電器和電動自行車等產品的 7 至 14 芯電池。TPS26750 可透過簡單的 I²C 通訊與 BQ25756 搭配使用，無需開發韌體。透過使用 [TI USB PD 控制器的應用程式自訂工具](#)，即可輕鬆對 TPS26750 進行編程。

此電池充電器設計可透過 USB PD 3.1 合規輸入來源支援最大 240W 的電池充電，並可在隨插即用模式下提供最大 48V 5A 輸出。BQ25756 實作了四開關降壓升壓充電器，可在降壓、降壓升壓和升壓模式之間轉換。高度整合且簡易的設計可降低物料清單成本、縮小尺寸與縮短上市時間。

結論

在最大功率範圍新增加後，USB-C 逐漸成為未來的通用連接器。雖然 USB-C 可能被視為一項具有挑戰性的新技術，但 TI 解決方案可從軟體和硬體兩個角度提供整合，以簡化您的設計程序。我們的 USB PD 控制器和電池充電器配對，再搭配我們的參考設計，可有效縮小解決方案尺寸並縮短上市時間。

其他資源

- 觀看我們最新的示範，[USB Type-C 電力輸送 3.1 延伸功率範圍 + 電池充電器應用示範](#)
- 觀看我們的影片，[USB Type-C：連線未來](#)
- 進一步了解我們的 [USB Type-C 技術](#)
- 探索我們的 [USB Type-C 與 USB 電力輸送 IC](#)
- 觀看我們最新的 [液體偵測示範影片](#)
- 請閱讀我們最新的白皮書，[USB-C 和 USB 電力輸送應用與需求入門](#)

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 © 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