

MT7932 用於 USB Type-C PD 應用具備 I²C 介面高壓、大電流雙向負載開關

摘要

支援 PD 協定的 USB Type-C 介面逐漸成為通用標準，且其發展到支持高功率 (高達 240W) 與高速資料傳輸能力，系統設計人員面臨的關鍵挑戰：管理動態且寬範圍的功率協定、防止故障擴散，並最大限度縮小產品尺寸。

MT7932 是 M3TEK 專為 USB Type-C PD 應用開發的一款高壓大電流雙向負載開關，該 IC 具有 33V 耐壓和 5A 電流能力，集成了超低導通電阻 (Rdson) 的功率器件、帶 FRS 的雙嚮導通控制、理想二極體實現反向阻斷以及 I2C 數位控制介面。

MT7932 提供了全面的保護功能，包括：輸入電壓浪湧保護、輸入電流浪湧保護、輸出恒流控制、輸出短路保護及熱關斷保護。此外，該產品的 I2C 介面支援對以下參數進行數位控制：功率流向、輸入過壓閾值、輸出電流限制水準、軟啟動時間、欠壓閾值及放電時間。MT7932 在實現高效率與小尺寸佈局的同時，僅需極少外部元件，並提供既強大又靈活的系統保護能力。

1. 前言 (Introduction)

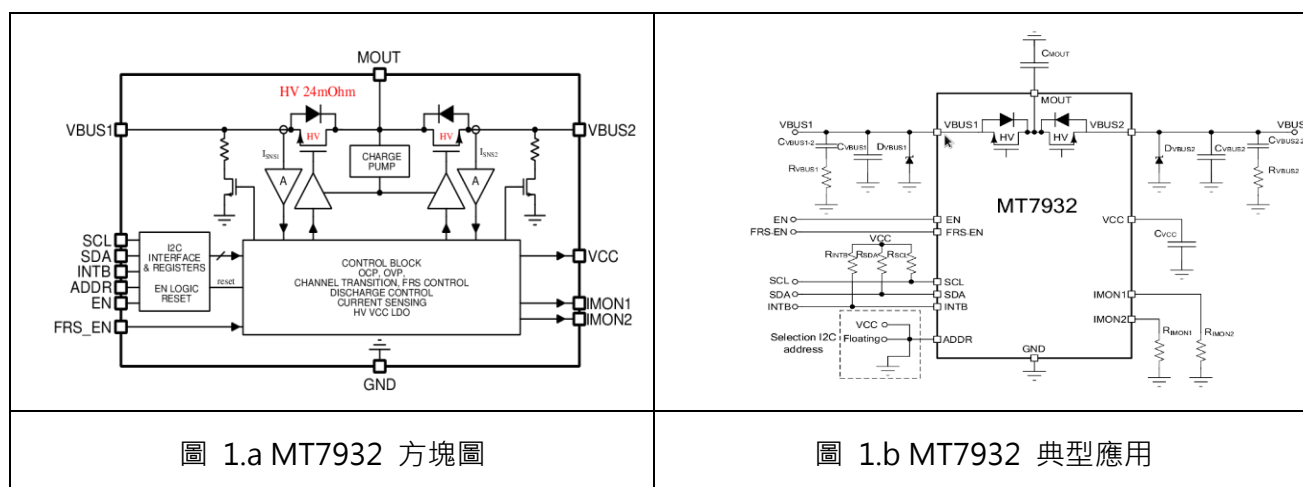
USB Type-C 連接器正逐漸成為現代平台與裝置的通用連接介面。隨著裝置更加小型、纖薄與輕量化，加上更快的資料傳輸速度與更高的供電能力，支援 USB PD 的 USB Type-C 能滿足許多高耗電應用的需求。由於採用 USB Type-C 的裝置類型廣泛，USB PD 電源端 (Source)與 USB-C 受電端 (Sink)的能力差異很大，從預設的 USB Type-C 15W (5V/3A) 到最新 USB PD 3.1 擴展功率範圍 (EPR) 規範可達 240W (48V/5A)。若系統具有如筆記型電腦等雙角色電源裝置 (Dual-Role Power, DRP)，整體架構將變得更複雜。

在更小尺寸、更高電壓、更大功率、更複雜的電力流向與多樣化的電源端與受電端之間，系統需要具備高效率、小型化並可彈性調整各項保護閾值的負載開關。

MT7932 是由 M3TEK 為 USB Type-C PD 3.1 應用所開發的高電壓、高電流、雙向負載開關。

2. MT7932 說明與應用 (Description and Application)

圖 1. 展示 MT7932 的方塊圖與典型應用



MT7932 具備 33V、5A 的高電壓與高電流能力，並整合 25mΩ 超低導通電阻 (Rdson) 的功率元件，提供無損電流感測及類比電流回報功能。MT7932 具備完善的保護機制，包括：

- 輸入電壓突波保護
- 輸入電流突波保護
- 輸出定電流控制
- 輸出短路保護
- 過溫關斷保護

MT7932 亦支援快速角色切換 (Fast Role Swap, FRS)，可與雙角色電源系統協作。

此外，其 I²C 介面允許數位控制以下功能：

- 電力流向
- 輸入過壓保護閾值
- 輸出電流限制
- 軟啟動時間
- 欠壓保護閾值
- 放電時間

MT7932 的電源路徑由串聯兩個 N-MOSFET (M1 與 M2) 組成，並以 MOUT 作為共汲極輸出腳位。MOUT 可作為系統其他負載的電源供應軌。

在 USB 集線器 (Hub) 應用中 (如圖 2 所示)，MOUT 可為內部控制器、USB Type-A 介面、DisplayPort (DP) 連線及其他輔助電源軌提供電力。

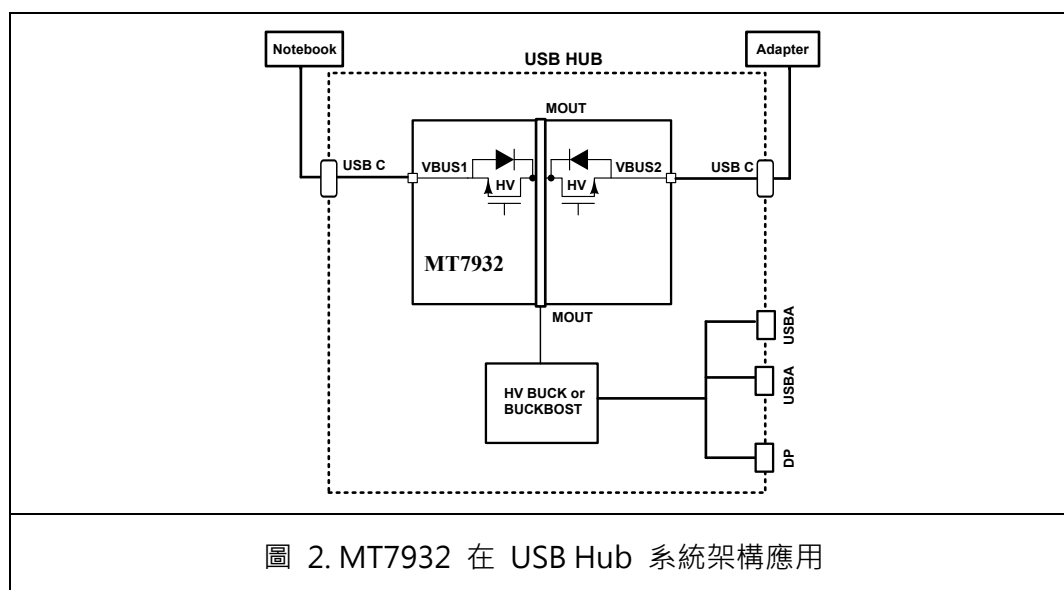


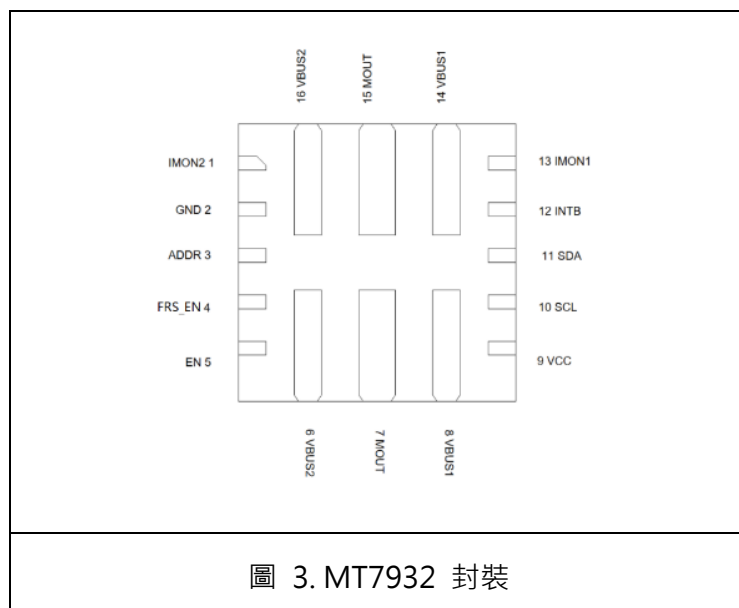
圖 2. MT7932 在 USB Hub 系統架構應用

MT7932 的電力流向及啟用狀態可透過 I²C 控制，以支援雙向電流功能。FRS_EN 腳位則為具雙角色電源 (DRP) 的系統 (如筆記型電腦) 所設計。

在此類系統中，當外部電源插入時，筆電充當受電端；當外部電源被移除時，筆電需立即切換為供電端，並持續為 Hub 與其下游裝置供電不中斷。MT7932 的 FRS 功能大幅簡化 DRP 系統設計，確保電源軌穩定不中斷。

在 USB PD 系統中，各埠的可用電壓與電流將依據 PD 協定由電源端與受電端協商後動態設定。藉由 I²C，MT7932 能即時調整對應的輸出參數，如電流保護等級與過壓保護設定，以符合協商後的供電契約。此外，MT7932 透過 IMON1/IMON2 腳位輸出類比電流訊號，並可透過外接電阻設定增益，使 PD 控制器可直接感測埠電流，無需額外電流感測電阻。

MT7932 採用 3mm × 3mm 超薄小尺寸 QFN 封裝 (如圖 3 所示)。憑藉背對背高電壓低 R_{ds(on)} MOSFET、內建電流感測、I²C 可程式化功能與完整保護特性，MT7932 省去外加電流感測電阻與 TVS 二極體需求。此高整合度解決方案相較離散式設計可節省約 70% PCB 面積。



3. 結論 (Conclusion)

MT7932 為 USB-C PD 電源管理樹立新的基準，以單一 IC 取代複雜的離散式電路，並提供彈性、高可靠度與良好擴充性。隨著 USB PD 持續朝更高電流與更智慧的電壓調整方向演進，具數位管理能力的負載開關將成為次世代設計不可或缺的關鍵。

4. 參考資料 (References)

「MT7932 33V 5A Load Switch with I2C Interface and Programmable Over-current Over-voltage Protection for USB PD Application」M3TEK 技術文件

5. 關於作者 (About the Author)

Anna Zhou: Senior Application Engineer at M3Tek.

Amin Hu: Senior Application Engineer at M3Tek.