

# AI 伺服器升級的高效能 POL 電源解決方案: RTQ2811A

Chang Lin, Jack Liu, Sophia Tong | AN094

隨著 AI、雲端運算與大資料持續推升運算密度，伺服器電源設計對高效率、低雜訊、快速瞬態回應與高可靠度的要求也同步提升。新一代伺服器 SSD 與 Point of Load (POL) 應用，除了需要高電流、低電壓供電能力外，也必須兼顧高功率密度、空間限制與智慧化電源管理。

立錡 [RTQ2811A](#) 專為新世代伺服器平臺打造，採用高效率同步降壓架構 (Synchronous Buck Converter)，整合 I<sup>2</sup>C 數位監控與彈性多相配置，可有效提升電源效率、降低輸出漣波，並提供快速負載瞬變回應，為數據中心提供更穩定、更高效的 POL 電源解決方案。

## Table of Contents

<b>1</b>	<b>伺服器 SSD 與 Point of Load 電源設計挑戰</b> .....	<b>2</b>
1.1	智慧電源的新趨勢仍需提升效率、監控管理能力及高穩定性 .....	2
1.2	高度整合設計下的體積限制 .....	2
<b>2</b>	<b>因應不同系統需求的控制架構選擇</b> .....	<b>2</b>
2.1	Dual-Phase 雙相控制架構.....	2
2.1.1	降低輸出電容負擔 .....	3
2.1.2	瞬態回應極速 .....	3
2.1.3	平均分攤電流壓力 .....	3
2.1.4	應用彈性高 .....	3
2.2	Two-Channel 雙通道控制架構 .....	3
2.2.1	結構簡單、實現容易 .....	3
2.2.2	成本具優勢 .....	3
2.2.3	時序應用彈性高.....	4
2.3	Parallel 平行控制架構.....	4
2.3.1	電感用量更少 .....	4
2.3.2	控制方式較簡單.....	4
2.3.3	架構複雜度低 .....	4
<b>3</b>	<b>設計方案優勢</b> .....	<b>5</b>
3.1	高精準、低雜訊電源控制架構 .....	5
3.1.1	優異溫度補償特性 .....	6
3.1.2	精準輸出電壓調節 .....	6
3.1.3	快速即時的動態回應 .....	7
3.2	高效能、良好熱管理.....	7
3.2.1	高溫警示回報機制 .....	8
3.2.2	過溫保護機制 .....	8
3.2.3	ADC 偵測管理 .....	8
<b>4</b>	<b>總結</b> .....	<b>9</b>

## 1 伺服器 SSD 與 Point of Load 電源設計挑戰

隨著伺服器 SSD 與 Point of Load (POL) 應用持續朝高效能與高密度發展，電源設計面臨更嚴苛的挑戰。高效能處理器、控制器與記憶體帶來的高速負載電流變化，對瞬態回應、電壓精度與系統整體穩定性提出更高要求。同時，在系統高度整合度趨勢下，以及有限的 PCB 板面與高度條件，也讓供電效能與散熱設計更加困難。

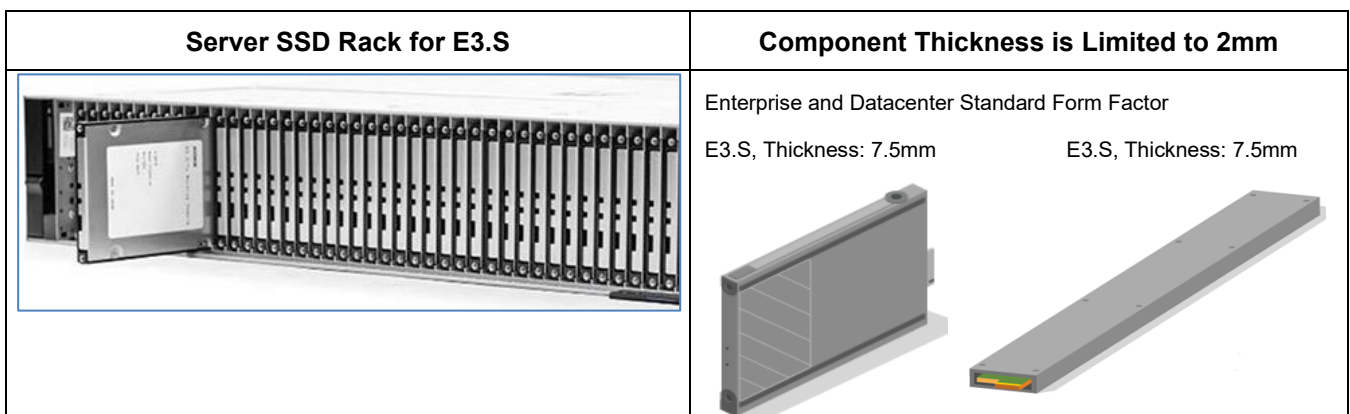
### 1.1 智慧電源的新趨勢仍需提升效率、監控管理能力及高穩定性

因此，新一代產品模組電源配置需具備智慧控制與即時電源監控能力，才能因應高效能元件在高速運算下所產生的劇烈電流變化。面對超快負載瞬變 (Load Transient)，電源系統必須提供快速回應能力，並透過優異的線性與負載調節 (Line/Load Regulation)，確保在輸入電壓或負載大幅變動時，仍能維持穩定供電。

同時，高效率電源轉換可有效降低伺服器整體能耗與熱損，而極低輸出漣波則有助於提升運算元件訊號品質與系統穩定性，滿足新一代高密度伺服器平臺需求。

### 1.2 高度整合設計下的體積限制

針對 EDSFF SSD 模組、伺服器背板電源模組、儲存擴充卡等高密度 POL 應用，在高度受限甚至低於 2mm 的空間條件下，電源設計還需兼顧小型化、散熱效率與供電性能，以滿足新一代伺服器平臺需求。



## 2 因應不同系統需求的控制架構選擇

基於上述高瞬態、高密度與高效率的電源設計挑戰，立錡推出 [RTQ2811A](#) 多相降壓控制器，專為伺服器 SSD 與 POL 應用打造。[RTQ2811A](#) 具備彈性的控制架構，用戶僅需透過外部電阻設定，即可在 Dual Phase、Two Channel 與 Parallel 三種模式間切換，靈活對應不同電流與系統組態需求。

在有限的 PCB 板面空間與功耗預算下，[RTQ2811A](#) 不僅可提供高效率與快速瞬態回應，更能實現低輸出漣波與穩定供電，為高性能處理器、控制器與敏感數位負載提供可靠的電源解決方案。

### 2.1 Dual-Phase 雙相控制架構

雙相控制架構透過兩相 180 度交錯運作，使電感電流紋波相互抵消。這帶來以下效益：

- [降低輸出電容負擔](#)
- [瞬態回應極速](#)
- [平均分攤電流壓力](#)
- [應用彈性高](#)

## 2.1.1 降低輸出電容負擔

由於電感電流波形交錯，輸出端的等效紋波頻率提升至切換頻率的兩倍，因此能有效減少輸出電壓紋波及輸入電容的均方根電流，讓系統可選用更小或更少的輸出電容器。

## 2.1.2 瞬態回應極速

兩相交錯能在遇到負載突變時，快速補償電流變化，大幅減少負載瞬間轉換時的輸出電壓跌落與回復時間，提升整體系統穩定性。

## 2.1.3 平均分攤電流壓力

輸出電流可在兩相間平均分配，減輕每一相電感與上下橋 MOSFET 的電流壓力，進而降低元件發熱並延長壽命。

## 2.1.4 應用彈性高

特別適合高度受限的伺服器 SSD 或需大電流、高動態的 POL 應用，在維持高功率密度的同時，確保系統運作可實現高效能、高可靠度的最佳平衡方案。

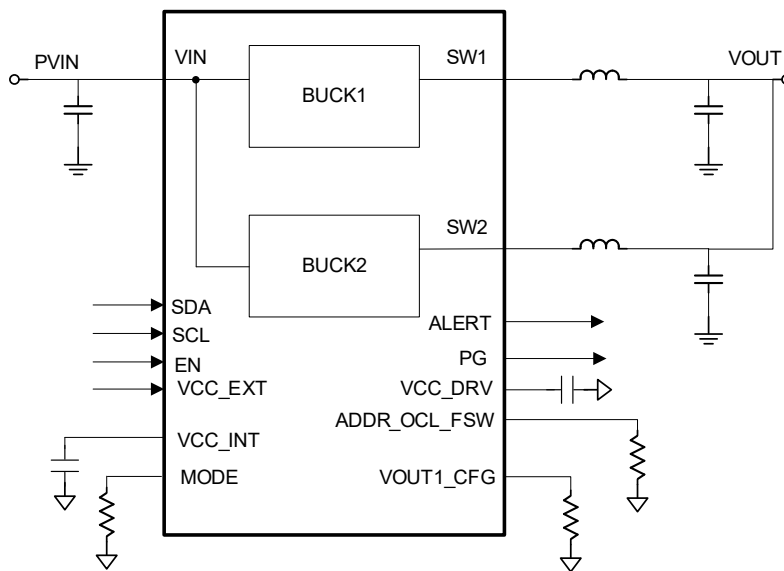


圖 1. 雙相控制架構

## 2.2 Two-Channel 雙通道控制架構

雙通道控制架構可提供兩組獨立電源輸出，因不用考慮交錯或並聯電路影響，其控制電路容易實現，所以雙通道降壓電路結構簡單，也具有成本優勢，適合用於負載需求不大、但需要多路獨立電源供應的應用，例如儲存控制器、記憶體、或分區型周邊電源模組設計。

雙通道控制架構可同時提供兩組互不干擾的獨立電源輸出。其特點如下：

- [結構簡單、實現容易](#)
- [成本具優勢](#)
- [時序應用彈性高](#)

### 2.2.1 結構簡單、實現容易

無需考慮交錯時序或並聯電流分配，控制電路設計更為直覺簡單。

### 2.2.2 成本具優勢

由於架構簡潔，零組件需求較少，有效降低總體 BOM 成本。

## 2.2.3 時序應用彈性高

雙通道整合，可依系統需求，彈性調配時序，適合時序要求度高的場合。

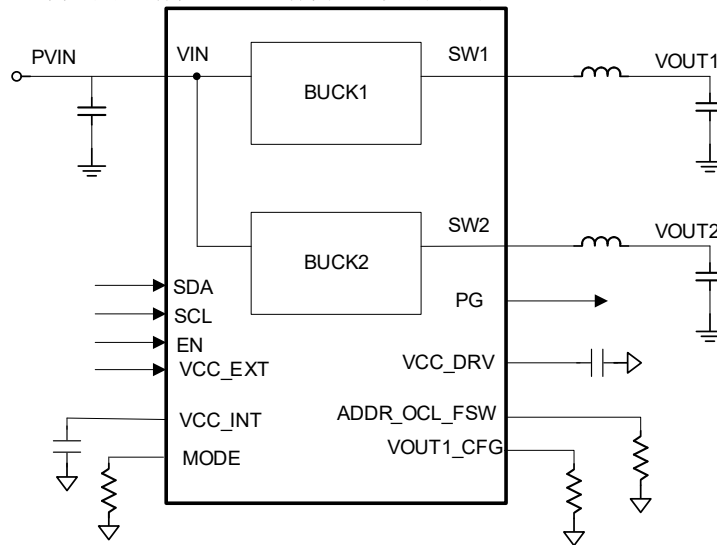


圖 2. 雙通道控制架構

## 2.3 Parallel 平行控制架構

與雙相架構比較，平行控制架構雖可簡化硬體與成本，但在 EMI 與效能上明顯劣勢，因此通常僅在預算有限、對性能要求不高的情況下採用，作為成本妥協方案。

平行控制架構相較於雙相架構，具有以下特點：

- [電感用量更少](#)
- [控制方式較簡單](#)
- [架構複雜度低](#)

### 2.3.1 電感用量更少

僅需一顆電感，減少多電感並聯可能產生的電流不平衡問題。

### 2.3.2 控制方式較簡單

採用單相簡易控制器設計，只需增加 MOSFET 數量來分擔導通電流，以減少單一元件的發熱，降低散熱壓力。

### 2.3.3 架構複雜度低

無需處理多條電源路徑切換，可有效降低設計與調試難度。

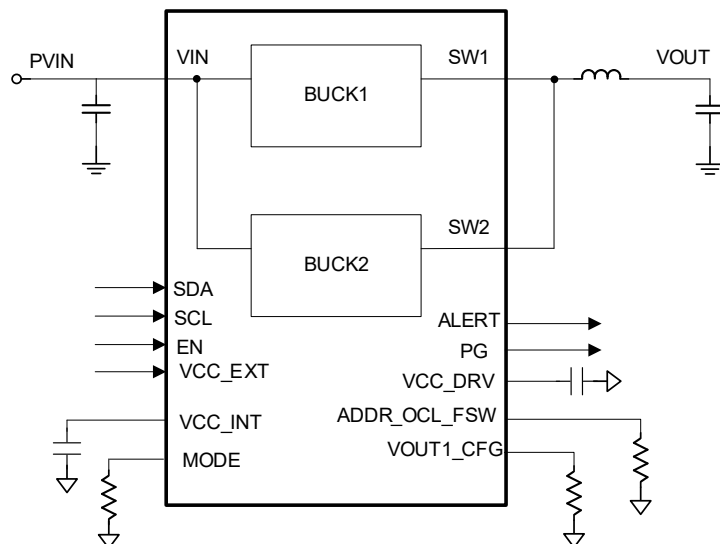


圖 3. 平行控制架構

表格 1. 控制架構比較

架構	Dual-Phase 雙相架構	Two Channel 雙通道架構	Parallel 平行架構
設計目的	提供單一回路大電流，優化效能	提供兩組獨立電壓輸出	用低成本增加輸出電流上限
效率	佳	差	中
動態回應	佳	中	中
紋波	佳	中	差
開關雜訊	佳	中	差
輸出電流能力	佳	差	中
成本	差	中	佳

## 3 設計方案優勢

### 3.1 高精準、低雜訊電源控制架構

首先，在高精度電壓供應方面，[RTQ2811A](#) 採用先進的 A<sup>2</sup>RCOT (Adaptive Asynchronous Ripple Constant-On-Time) 電壓回饋控制技術，搭配高精度參考電壓源與低雜訊設計，確保輸出電壓誤差小於  $\pm 0.75\%$ 。同時，透過內建補償與自動校正機制，有效抑制溫度漂移與負載變動對輸出電壓的影響，滿足系統對電源精度的嚴苛要求。以下分別針對溫度特性、負載調節與動態回應進行說明，更多 A<sup>2</sup>RCOT 電壓回饋控制技術資訊可參考產品規格書。

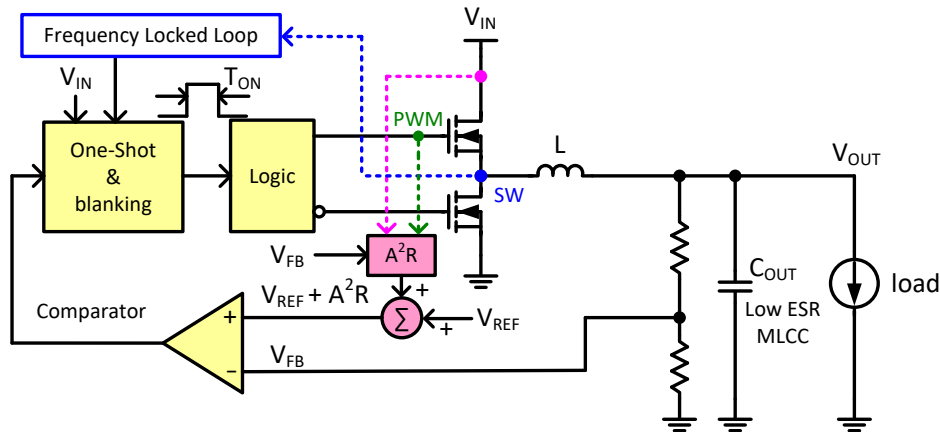


圖 4. A<sup>2</sup>RCOT 控制迴路

### 3.1.1 優異溫度補償特性

圖 5 與圖 6 顯示 RTQ2811A 在不同溫度環境下的輸出電壓特性。針對伺服器 SSD 或 POL 應用，PMIC IC 的溫度穩定性至關重要，因為系統常需長時間運作於高溫或低溫等嚴苛環境，任何電壓波動都可能影響記憶體的资料完整性與系統穩定性。

RTQ2811A 在 -40 度至 85 度溫度條件下，輸出電壓曲線始終維持高度穩定，波動幅度遠低於業界標準規格要求（小於 ±0.75%）。

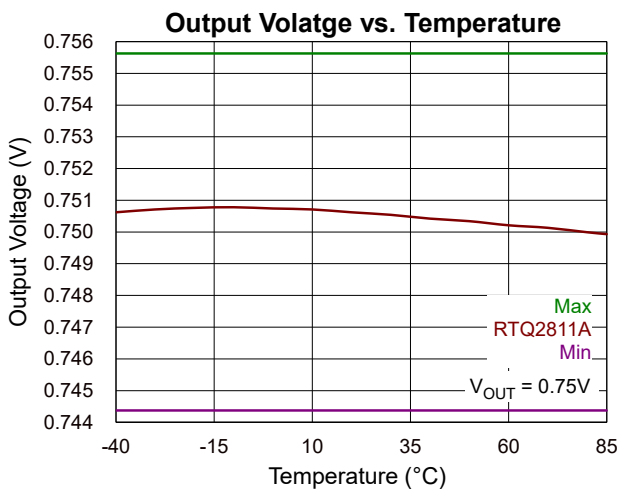


圖 5. 輸出電壓在 V<sub>OUT</sub> = 0.75V 與溫度變化

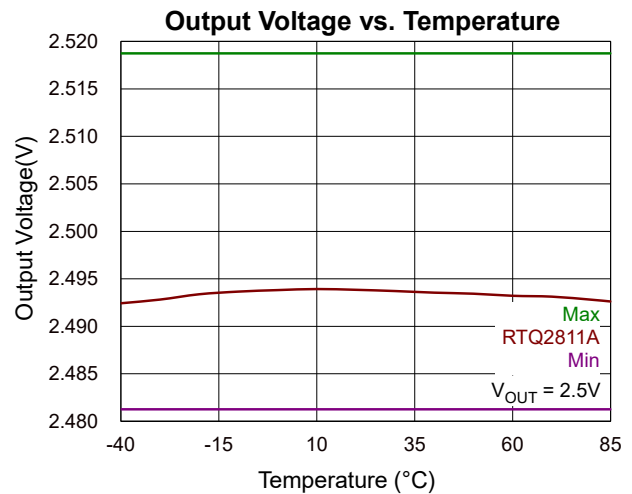


圖 6. 輸出電壓在 V<sub>OUT</sub> = 2.5V 與溫度變化

### 3.1.2 精準輸出電壓調節

圖 7 及圖 8 為 RTQ2811A 不同負載條件下的輸出電壓特性比較。針對伺服器 SSD 或 POL 應用，電源管理必須能夠因應系統動態負載變化，持續提供穩定且精確的電壓輸出。若電壓波動過大，將可能導致資料傳輸錯誤、系統不穩定，甚至影響伺服器整體效能。

RTQ2811A 在單相輸出（最大 12A）、雙相輸出（高達 24A）的負載變化下，輸出電壓曲線展現出平滑且穩定的特性，波動幅度遠低於業界標準規格要求（小於 ±0.75%）。

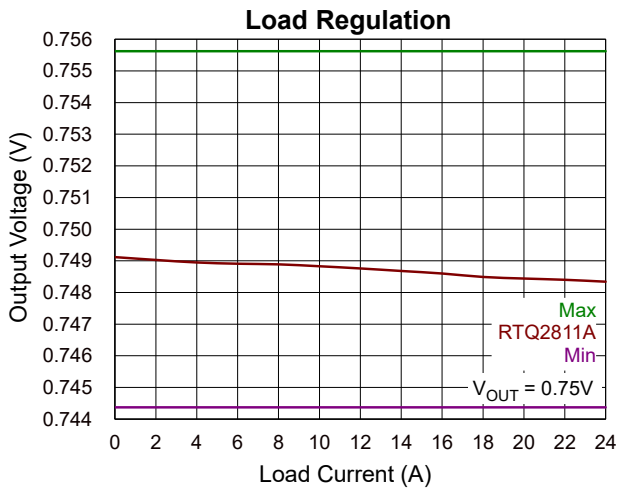


圖 7. 負載與輸出在  $V_{OUT} = 0.75V$  的變化

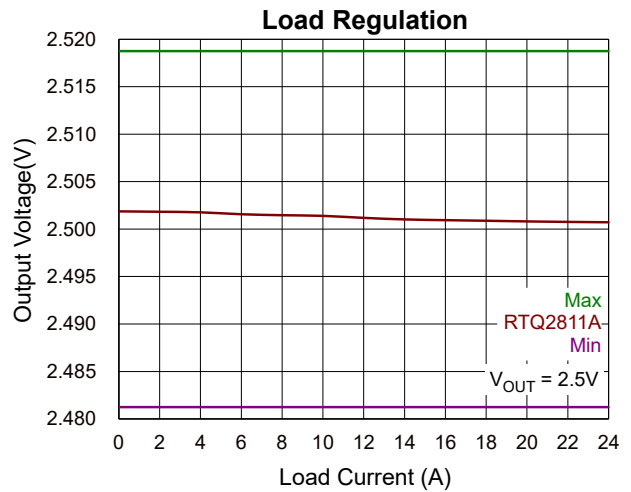


圖 8. 負載與輸出在  $V_{OUT} = 2.5V$  的變化

### 3.1.3 快速即時的動態回應

[RTQ2811A](#) 具備先進的電源控制技術，具有高電源穩定性。首先，其內建快速的補償環路，能夠即時偵測並回應負載的快速變動，顯著降低輸出電壓在負載突變時的跌落量，確保系統運作的穩定性與可靠性。此外，還搭載智慧型輸出電壓抗 overshoot 機制，當系統卸載時，控制環路能夠即時反應，主動關閉下橋，有效抑制輸出電壓的過高變動，避免因電壓 overshoot 導致的元件損壞或系統異常。

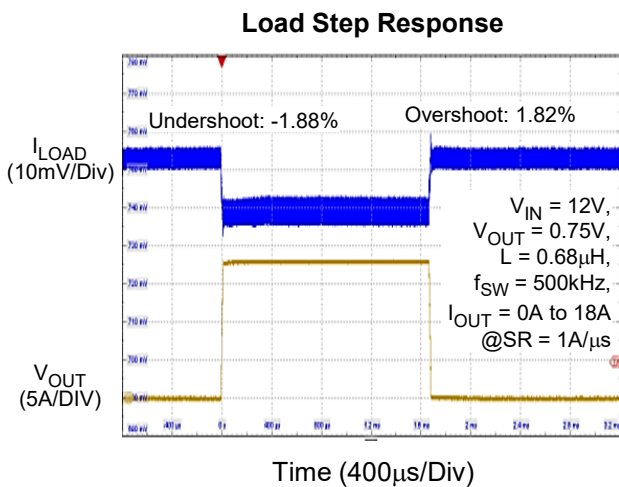


圖 9. 負載越階變化在  $V_{OUT} = 0.75V$

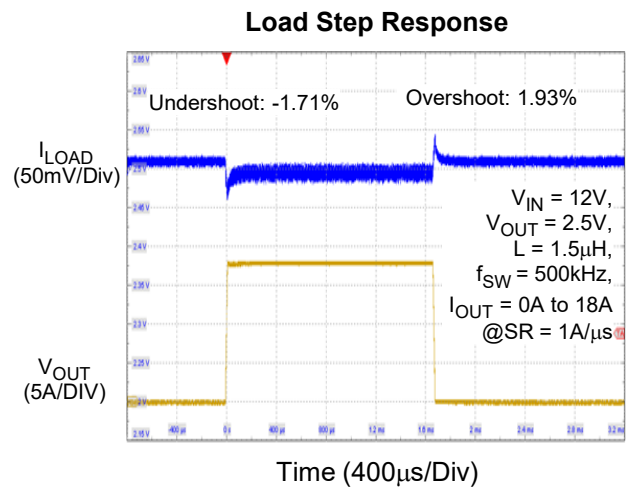


圖 10. 負載越階變化在  $V_{OUT} = 2.5V$

## 3.2 高效能、良好熱管理

在伺服器 SSD 或 POL 應用中，電源管理 IC 的效率表現對系統能耗、散熱設計及運行成本具有決定性影響。針對效能與熱管理，立錡採用高效率同步整流技術，電源轉換效率可達 90% 以上，有效降低能耗與發熱量。同時，透過 ADC 溫度監控與過溫保護機制，確保系統在高負載下仍能維持穩定運作與防止工作溫度超過元件可耐受極限，延長元件壽命並提升伺服器系統的可靠度。

[RTQ2811A](#) 透過電路設計優化與製程技術提升，顯著提高電源轉換效率。根據以下圖 11 及圖 12 實測結果能有效降低伺服器的整體能耗，減少熱能產生，進一步降低散熱系統的設計壓力與能源支出。

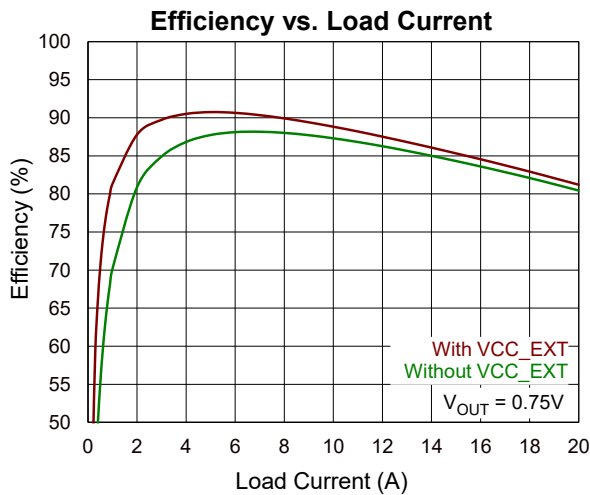


圖 11.  $V_{OUT} = 0.75V$  效率圖

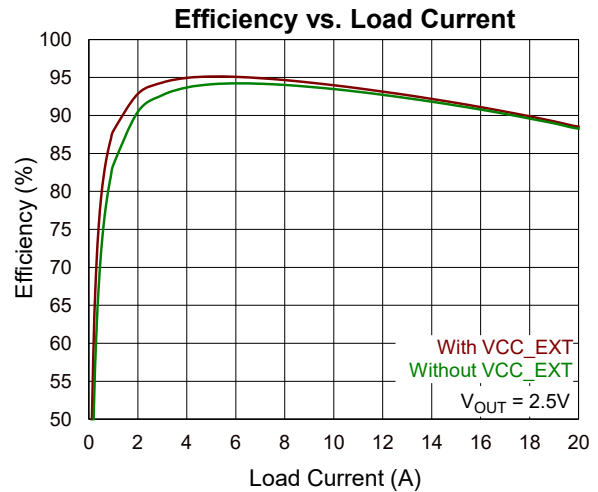


圖 12.  $V_{OUT} = 2.5V$  效率圖

### 3.2.1 高溫警示回報機制

[RTQ2811A](#) 具備溫度回報功能，可透過 I<sup>2</sup>C 變更高溫警示回報，最低溫能在溫度達到 100 度時自動啟動保護機制，確保系統安全運作。這項特性不僅符合嚴格的規範要求，更大幅提升產品在各種應用環境下的安全性與穩定性。

### 3.2.2 過溫保護機制

[RTQ2811A](#) 內建過溫保護機制，可透過 I<sup>2</sup>C 變更過溫保護溫度，最低溫能在當溫度超過 125 度時，系統會即時啟動保護措施，關閉所有輸出電壓，並透過 ALERT 訊號精確上報故障狀態。此設計能有效防止因過熱造成的損壞，確保設備安全運作，同時讓使用者能及時掌握系統健康狀況，提升整體可靠性。

### 3.2.3 ADC 偵測管理

[RTQ2811A](#) 內建的 ADC 功能可用來量測外部輸入電壓  $V_{IN}$ 、輸出電壓  $V_{OUT}$ 、輸出電流  $I_{OUT}$  及 IC 本體溫度，系統可透過 I<sup>2</sup>C 將結果讀取，並藉由持續的 ADC 採樣運作，能即時掌握  $V_{IN}$ 、 $V_{OUT}$ 、 $I_{OUT}$  及 IC Thermal 的變化並透過此信息即時進行運作狀態監控。

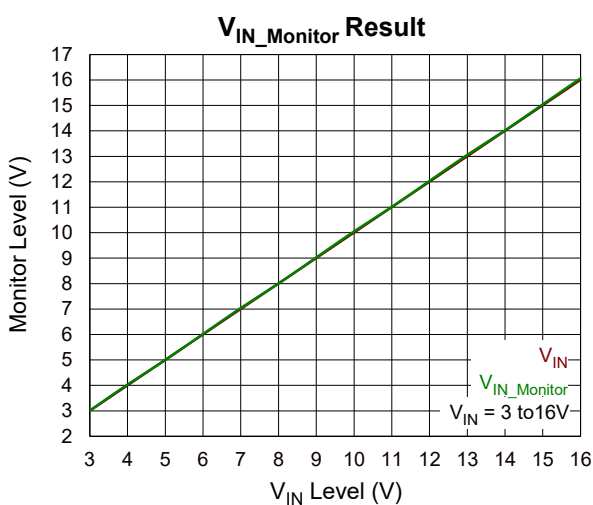


圖 13. ADC 偵測管理  $V_{IN}$

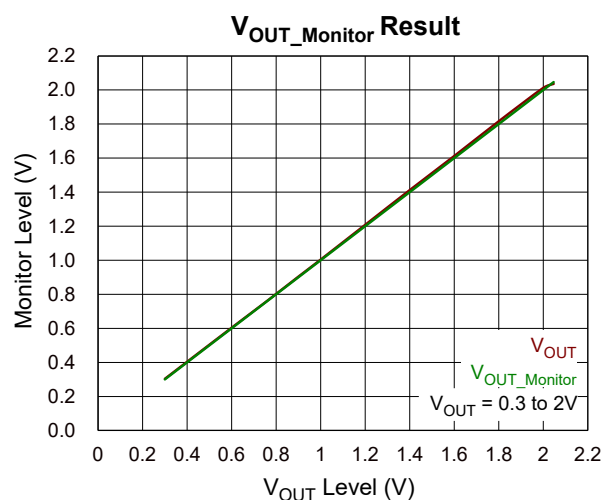


圖 14. ADC 偵測管理  $V_{OUT}$

## 4 總結

[RTQ2811A](#) 專為數據中心伺服器 SSD 與 POL 電源模組打造，整合高效率、智慧監控、可程式化控制與多架構彈性的獨特優勢，可在高密度、高瞬態負載環境下提供穩定且可靠的供電。

除了滿足現今伺服器與儲存設備對高速與穩定供電的需求外，[RTQ2811A](#) 亦可因應新一代高效能運算平臺與儲存架構挑戰，為伺服器電源設計提供更高靈活度與可靠度。

立錡持續深耕電源管理技術，結合伺服器平臺經驗與產品創新，協助資料中心提升整體效能、電源效率與系統穩定性。

若要獲得更多產品的產品資訊，請[訂閱我們的電子報](#)。

### **Richtek Technology Corporation**

14F, No. 8, Tai Yuen 1st Street, Chupei City

Hsinchu, Taiwan, R.O.C.

Tel: 886-3-5526789

Richtek products are sold by description only. Richtek reserves the right to change the circuitry and/or specifications without notice at any time. Customers should obtain the latest relevant information and data sheets before placing orders and should verify that such information is current and complete. Richtek cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Richtek product. Information furnished by Richtek is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Richtek or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Richtek or its subsidiaries.