

AI 服务器升级的高性能 POL 电源解决方案: RTQ2811A

Chang Lin, Jack Liu, Sophia Tong | AN094

随着 AI、云端运算与大数据持续推升运算密度，服务器电源设计对高效率、低噪声、快速瞬态响应与高可靠度的要求也同步提升。新一代服务器 SSD 与 Point of Load (POL) 应用，除了需要高电流、低电压供电能力外，也必须兼顾高功率密度、空间限制与智能化电源管理。

立锜 [RTQ2811A](#) 专为新世代服务器平台打造，采用高效率同步降压架构 (Synchronous Buck Converter)，整合 I²C 数字监控与弹性多相配置，可有效提升电源效率、降低输出涟波，并提供快速负载瞬变响应，为数据中心提供更稳定、更高效的 POL 电源解决方案。

Table of Contents

1	伺服器服务器 SSD 与 Point of Load 电源设计挑战	2
1.1	智能电源的新趋势仍需提升效率、监控管理能力及高稳定性	2
1.2	高度整合设计下的体积限制	2
2	因应不同系统需求的控制架构选择	2
2.1	Dual-Phase 双相控制架构	2
2.1.1	降低输出电容负担	3
2.1.2	瞬态响应极速	3
2.1.3	平均分摊电流压力	3
2.1.4	应用弹性高	3
2.2	Two-Channel 双通道控制架构	3
2.2.1	结构简单、实现容易	3
2.2.2	成本具优势	3
2.2.3	时序应用弹性高	4
2.3	Parallel 平行控制架构	4
2.3.1	电感用量更少	4
2.3.2	控制方式较简单	4
2.3.3	架构复杂度低	4
3	设计方案优势	5
3.1	高精度、低噪声电源控制架构	5
3.1.1	优异温度补偿特性	6
3.1.2	精准输出电压调节	6
3.1.3	快速实时的动态响应	7
3.2	高能效、良好热管理	7
3.2.1	高温警示回报机制	8
3.2.2	过温保护机制	8
3.2.3	ADC 侦测管理	8
4	结论	9

1 伺服器服务器 SSD 与 Point of Load 电源设计挑战

随着服务器 SSD 与 Point of Load (POL) 应用持续朝高效能与高密度发展，电源设计面临更严苛的挑战。高效能处理器、控制器与内存带来的高速负载电流变化，对瞬态响应、电压精度与系统整体稳定性提出更高要求。同时，在系统高度整合度趋势下，以及有限的 PCB 板面与高度条件，也让供电效能与散热设计更加困难。

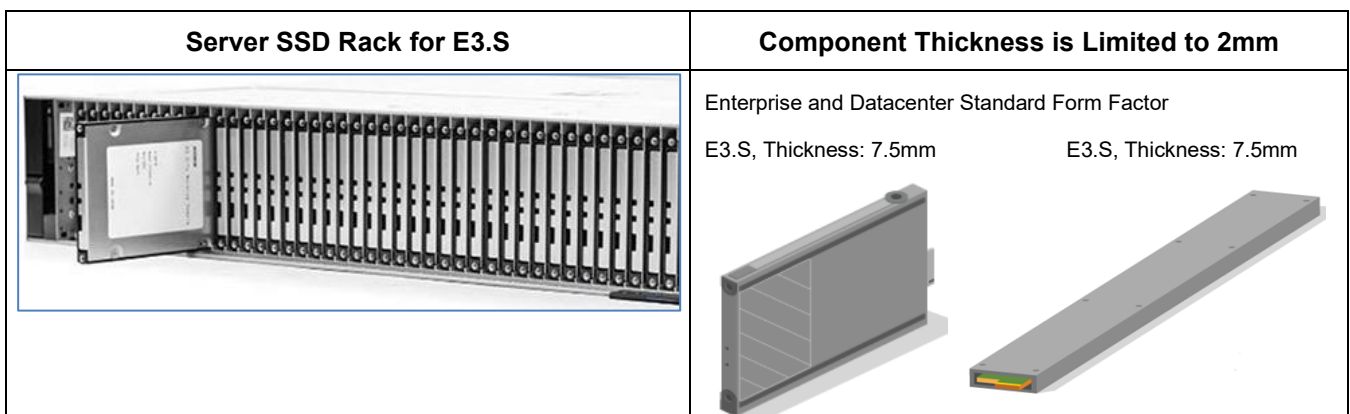
1.1 智能电源的新趋势仍需提升效率、监控管理能力及高稳定性

因此，新一代产品模块电源方案需具备智能控制与实时电源监控能力，才能因应高效能组件在高速运算下所产生的剧烈电流变化。面对超快负载瞬变 (Load Transient)，电源系统必须提供快速响应能力，并透过优异的线性与负载调节 (Line/Load Regulation)，确保在输入电压或负载大幅变动时，仍能维持稳定供电。

同时，高效率电源转换可有效降低服务器整体能耗与热损，而极低输出涟波则有助于提升操作数件讯号质量与系统稳定性，满足新一代高密度服务器平台需求。

1.2 高度整合设计下的体积限制

针对 EDSFF SSD 模块、服务器背板电源模块、储存扩充卡等高密度 POL 应用，在高度受限甚至低于 2mm 的空间条件下，电源设计还需兼顾小型化、散热效率与供电性能，以满足新一代服务器平台需求。



2 因应不同系统需求的控制架构选择

基于上述高瞬态、高密度与高效率的电源设计挑战，立锜推出 [RTQ2811A](#) 多相降压控制器，专为服务器 SSD 与 POL 应用打造。[RTQ2811A](#) 具备弹性的控制架构，用户仅需透过外部电阻设定，即可在 Dual Phase、Two Channel 与 Parallel 三种模式间切换，灵活对应不同电流与系统配置需求。

在有限的 PCB 板面空间与功耗预算下，[RTQ2811A](#) 不仅可提供高效率与快速瞬态响应，更能实现低输出涟波与稳定供电，为高性能处理器、控制器与敏感数字负载提供可靠的电源解决方案。

2.1 Dual-Phase 双相控制架构

双相控制架构透过两相 180 度交错运作，使电感电流纹波相互抵消。这带来以下效益：

- [降低输出电容负担](#)
- [瞬态响应极速](#)
- [平均分摊电流压力](#)
- [应用弹性高](#)

2.1.1 降低输出电容负担

由于电感电流波形交错，输出端的等效纹波频率提升至切换频率的两倍，因此能有效减少输出电压纹波及输入电容的均方根电流，让系统可选用更小或更少的输出电容器。

2.1.2 瞬态响应极速

两相交错能在遇到负载突变时，快速补偿电流变化，大幅减少负载瞬间转换时的输出电压跌落与回复时间，提升整体系统稳定性。

2.1.3 平均分摊电流压力

输出电流可在两相间平均分配，减轻每一相电感与上下桥 MOSFET 的电流压力，进而降低组件发热并延长寿命。

2.1.4 应用弹性高

特别适合高度受限的服务器 SSD 或需大电流、高动态的 POL 应用，在维持高功率密度的同时，确保系统运作可实现高效能、高可靠度的最佳平衡方案。

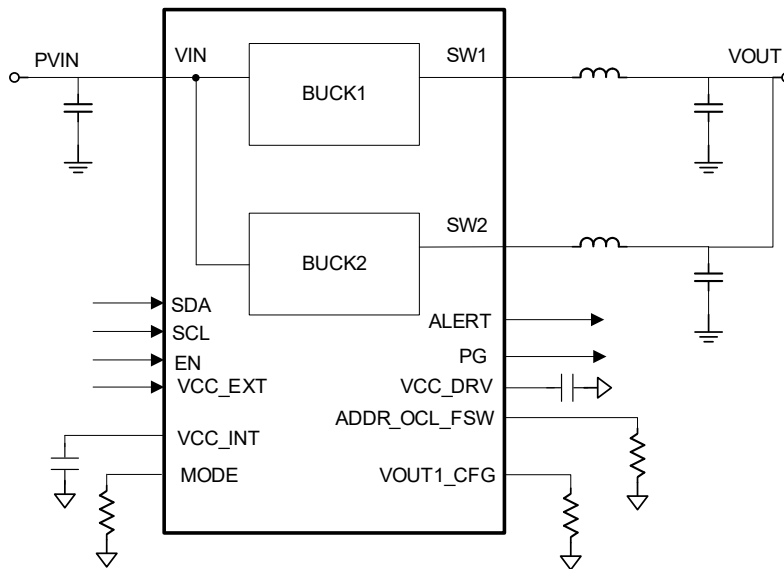


图 1. 双相控制架构

2.2 Two-Channel 双通道控制架构

双通道控制架构可提供两组独立电源输出，因不用考虑交错或并联电路影响，其控制电路容易实现，所以双通道降压电路结构简单，也具有成本优势，适合用于负载需求不大、但需要多路独立电源供应的应用，例如储存控制器、内存、或分区型周边电源模块设计。

双通道控制架构可同时提供两组互不干扰的独立电源输出。其特点如下：

- [结构简单、实现容易](#)
- [成本具优势](#)
- [时序应用弹性高](#)

2.2.1 结构简单、实现容易

无需考虑交错时序或并联电流分配，控制电路设计更为直觉简单。

2.2.2 成本具优势

由于架构简洁，零组件需求较少，有效降低总体 BOM 成本。

2.2.3 时序应用弹性高

双信道整合，可依系统需求，弹性调配时序，适合时序要求度高的场合。

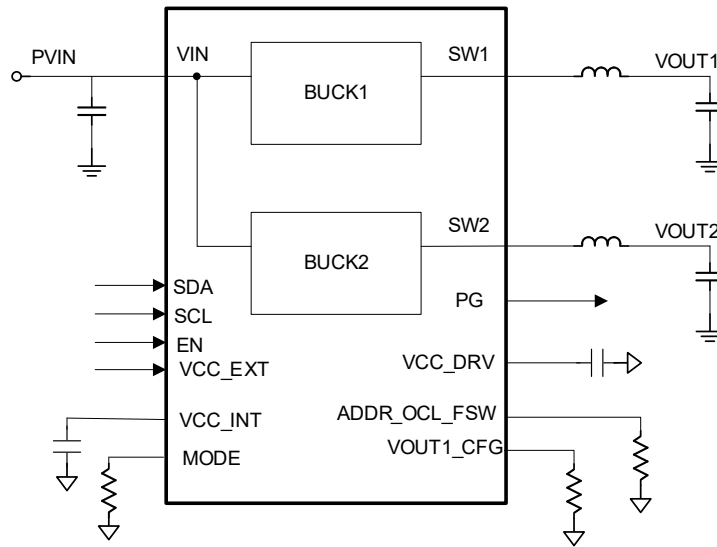


图 2. 双通道控制架构

2.3 Parallel 平行控制架构

与双相架构比较，平行控制架构虽可简化硬件与成本，但在 EMI 与效能上明显劣势，因此通常仅在预算有限、对性能要求不高的情况下采用，作为成本妥协方案。

平行控制架构相较于双相架构，具有以下特点：

- [电感用量更少](#)
- [控制方式较简单](#)
- [架构复杂度低](#)

2.3.1 电感用量更少

仅需一颗电感，减少多电感并联可能产生的电流不平衡问题。

2.3.2 控制方式较简单

采用单相简易控制器设计，只需增加 MOSFET 数量来分担导通电流，以减少单一组件的发热，降低散热压力。

2.3.3 架构复杂度低

无需处理多条电源路径切换，可有效降低设计与调试难度。

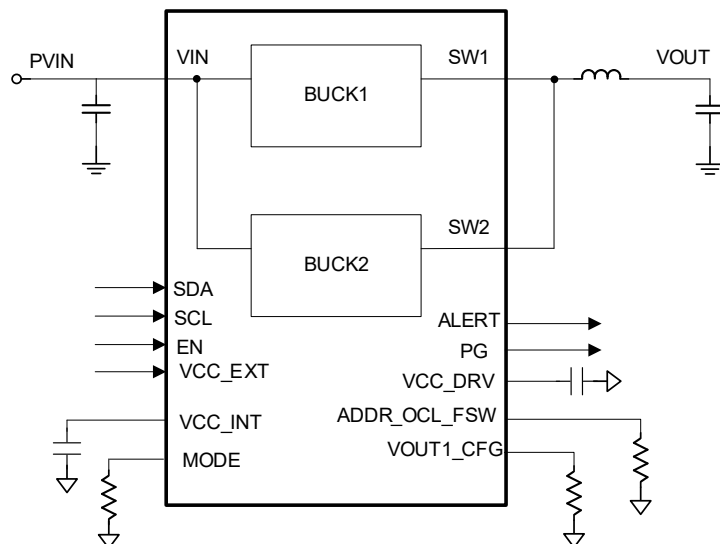


图 3. 平行控制架构

表格 1. 控制架构比较

架构	Dual-Phase 双相架构	Two Channel 双通道架构	Parallel 平行架构
设计目的	提供单一回路大电流，优化效能	提供 两组独立电压 输出	用低成本增加输出电流上限
效率	佳	差	中
动态响应	佳	中	中
纹波	佳	中	差
开关噪声	佳	中	差
输出电流能力	佳	差	中
成本	差	中	佳

3 设计方案优势

3.1 高精度、低噪声电源控制架构

首先，在高精度电压供应方面，[RTQ2811A](#) 采用先进的 A²RCOT (Adaptive Asynchronous Ripple Constant-On-Time) 电压回馈控制技术，搭配高精度参考电压源与低噪声设计，确保输出电压误差小于 ±0.75%。同时，透过内建补偿与自动更正机制，有效抑制温度漂移与负载变动对输出电压的影响，满足系统对电源精度的严苛要求。以下分别针对温度特性、负载调节与动态响应进行说明，更多 A²RCOT 电压回馈控制技术信息可参考产品规格书。

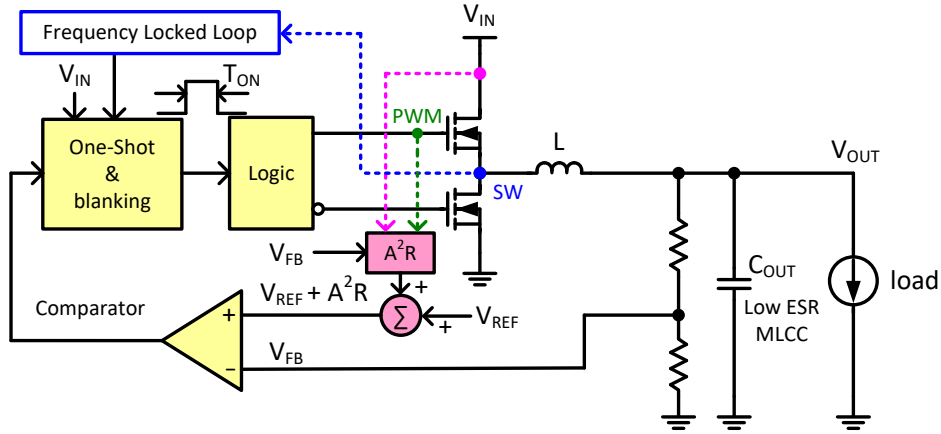


图 4. A²RCOT 控制回路

3.1.1 优异温度补偿特性

图 5 与图 6 显示 RTQ2811A 在不同温度环境下的输出电压特性。针对服务器 SSD 或 POL 应用，PMIC IC 的温度稳定性至关重要，因为系统常需长时间运作于高温或低温等严苛环境，任何电压波动都可能影响内存的数据完整性与系统稳定性。

RTQ2811A 在 -40 度至 85 度温度条件下，输出电压曲线始终维持高度稳定，波动幅度远低于业界标准规格要求 (小于 ±0.75%)。

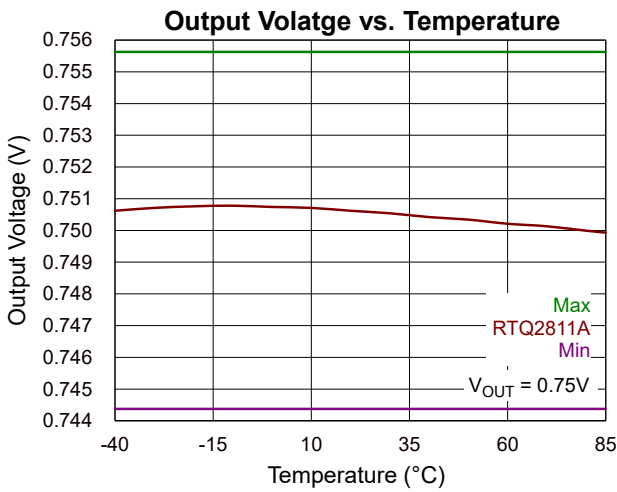


图 5. 输出电压在 V_{OUT} = 0.75V 与温度变化

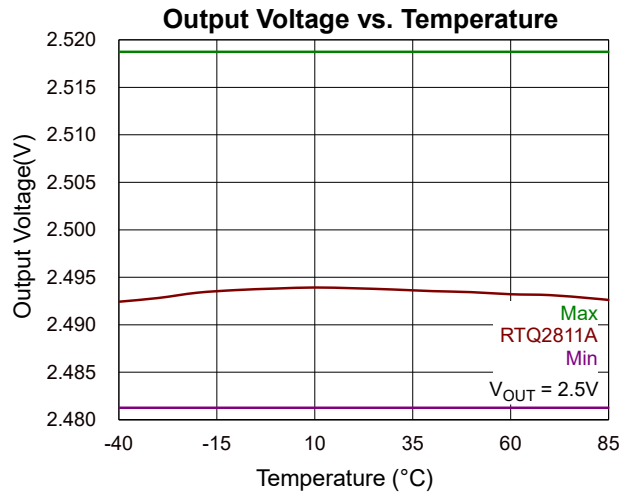


图 6. 输出电压在 V_{OUT} = 2.5V 与温度变化

3.1.2 精准输出电压调节

图 7 及图 8 为 RTQ2811A 不同负载条件下的输出电压特性比较。针对服务器 SSD 或 POL 应用，电源管理必须能够因应系统动态负载变化，持续提供稳定且精确的电压输出。若电压波动过大，将可能导致数据传输错误、系统不稳定，甚至影响服务器整体效能。

RTQ2811A 在单相输出 (最大 12A)、双相输出 (高达 24A) 的负载变化下，输出电压曲线展现出平滑且稳定的特性，波动幅度远低于业界标准规格要求 (小于 ±0.75%)。

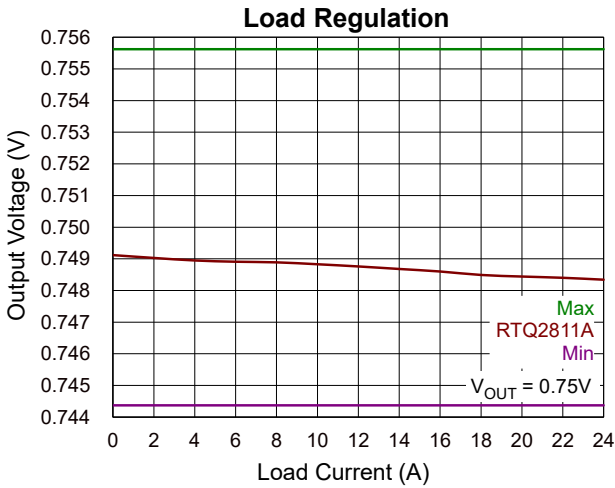


图 7. 负载与输出在 $V_{OUT} = 0.75V$ 的变化

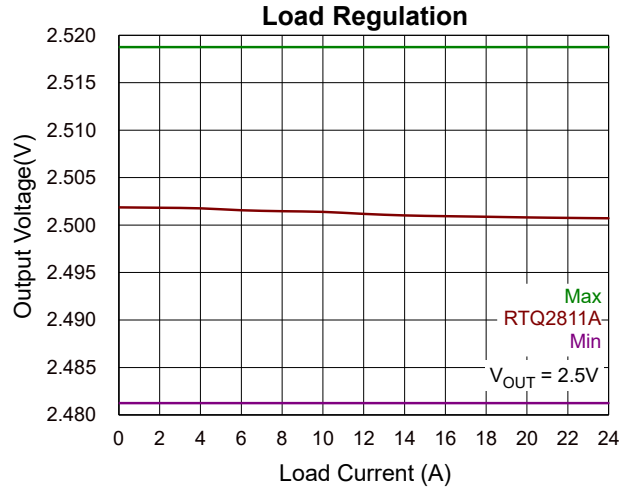


图 8. 负载与输出在 $V_{OUT} = 2.5V$ 的变化

3.1.3 快速实时的动态响应

[RTQ2811A](#) 具备先进的电源控制技术，具有高电源稳定性。首先，其内建快速的补偿环路，能够实时侦测并响应负载的快速变动，显著降低输出电压在负载突变时的跌落量，确保系统运作的稳定性与可靠性。此外，还搭载智能型输出电压抗 overshoot 机制，当系统卸除时，控制环路能够实时反应，主动关闭下桥，有效抑制输出电压的过高变动，避免因电压 overshoot 导致的组件损坏或系统异常。

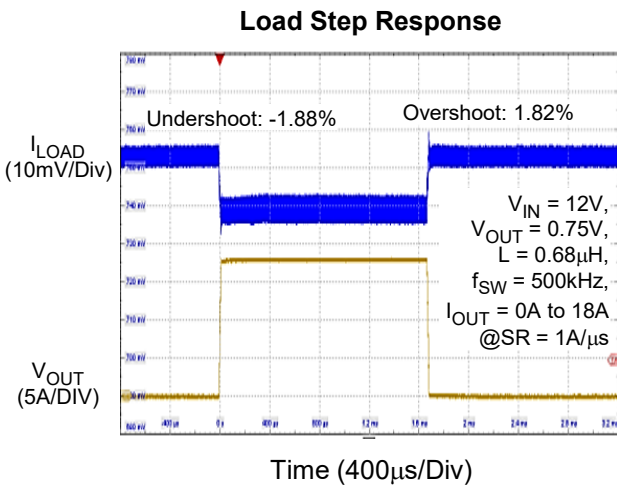


图 9. 负载越阶变化在 $V_{OUT} = 0.75V$

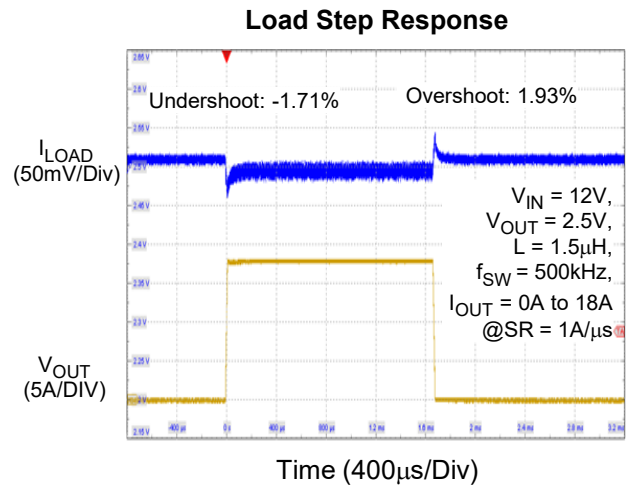


图 10. 负载越阶变化在 $V_{OUT} = 2.5V$

3.2 高效率、良好热管理

在服务器 SSD 或 POL 应用中，电源管理 IC 的效率表现对系统能耗、散热设计及运行成本具有决定性影响。针对能效与热管理，立锜采用高效率同步整流技术，电源转换效率可达 90% 以上，有效降低能耗与发热量。同时，透过 ADC 温度监控与过温保护机制，确保系统在高负载下仍能维持稳定运作与防止工作温度超过组件可耐受极限，延长组件寿命并提升服务器系统的可靠度。

[RTQ2811A](#) 透过电路设计优化与制程技术提升，显著提高电源转换效率。根据以下图11及图12实测结果能有效降低服务器的整体能耗，减少热能产生，进一步降低散热系统的设计压力与能源支出。

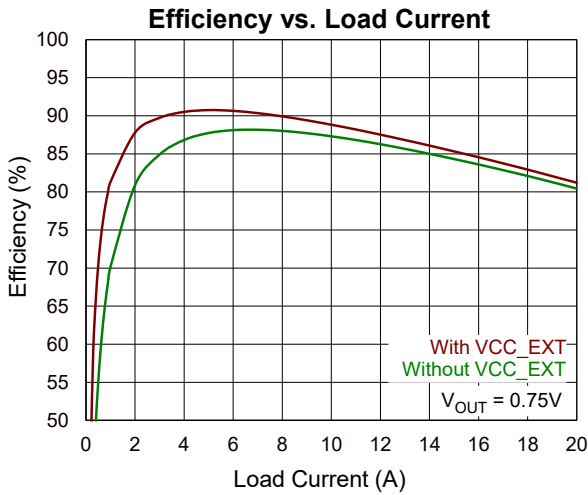


图 11. V_{OUT} = 0.75V 效率图

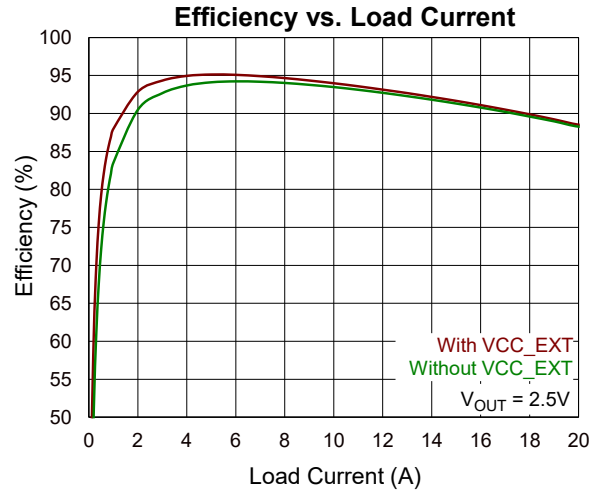


图 12. V_{OUT} = 2.5V 效率图

3.2.1 高温警示回报机制

[RTQ2811A](#) 具备温度回报功能，可透过 I²C 变更高温警示回报，最低温能在温度达到 100 度时自动启动保护机制，确保系统安全运作。这项特性不仅符合严格的规范要求，更大幅提升产品在各种应用环境下的安全性与稳定性。

3.2.2 过温保护机制

[RTQ2811A](#) 内建过温保护机制，可透过 I²C 变更过温保护温度，最低温能在当温度超过 125 度时，系统会实时启动保护措施，关闭所有输出电压，并透过 ALERT 讯号精确上报故障状态。此设计能有效防止因过热造成的损坏，确保设备安全运作，同时让用户能及时掌握系统健康状况，提升整体可靠性。

3.2.3 ADC 侦测管理

[RTQ2811A](#) 内建的 ADC Function 可用来量测外部输入电压 V_{IN}、输出电压 V_{OUT}、输出电流 I_{OUT} 及 IC 本体温度，系统可透过 I²C 将结果读取，并藉由持续的 ADC 采样运作，能实时掌握 V_{IN}、V_{OUT}、I_{OUT} 及 IC Thermal 的变化并透过此信息实时进行运作状态监控。

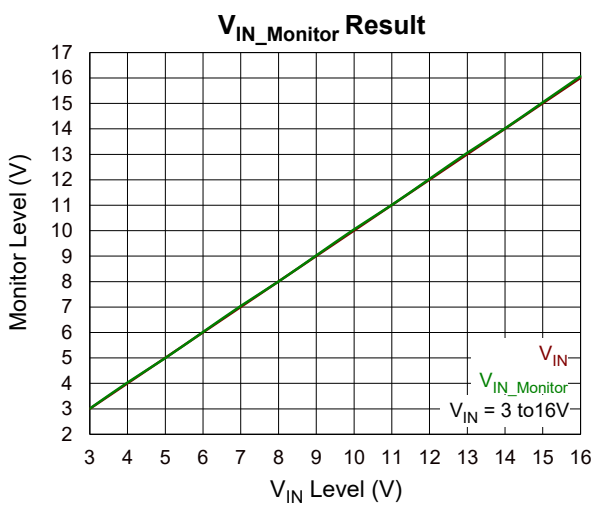


图13. ADC 侦测管理 V_{IN}

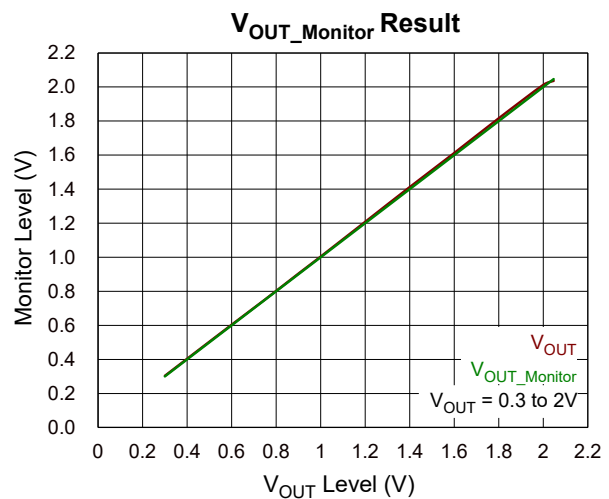


图14. ADC 侦测管理 V_{OUT}

4 结论

[RTQ2811A](#) 专为数据中心服务器 SSD 与 POL 电源模块打造，整合高效率、智能监控、可程序化控制与多架构弹性的独特优势，可在高密度、高瞬态负载环境下提供稳定且可靠的供电。。

除了满足现今服务器与储存设备对高速与稳定供电的需求外，[RTQ2811A](#) 亦可因应新一代高效能运算平台与储存架构挑战，为服务器电源设计提供更高灵活度与可靠度。

立锜持续深耕电源管理技术，结合服务器平台经验与产品创新，协助数据中心提升整体效能、电源效率与系统稳定性。

若要获得更多产品的产品信息，请[订阅我们的电子报](#)。

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.