

降低對陶瓷電容的電源要求

使用高效率、高頻率、 低 EMI DC/DC 轉換器

■作者：Zhongming Ye

ADI 電源產品資深應用工程師

多層陶瓷電容器 (MLCC) 的價格在過去幾年急劇上漲，深究其原因，則與汽車、工業、資料中心和電信產業使用的電源數量增加有關。陶瓷電容被用在電源輸出端，用於降低輸出漣波，以及控制因為高壓擺率載入瞬變而導致的輸出電壓過衝和欠衝。輸入端則要求陶瓷電容進行解耦和過濾 EMI，這是因為在高頻率下，它具備低 ESR 和低 ESL。

為了提高工業和汽車系統的性能，需要將資料處理速度提高幾個等級，並且在微處理器、CPU、晶片系統 (SoC)、ASIC 和 FPGA 上整合更多耗電元件。這些複雜的元件類型需要多條穩壓電軌：一般是核心 0.8 V，DDR3 和 LPDDR4 分別 1.2 V 和 1.1 V，周邊和輔助組件分別為 5 V、3.3 V 和 1.8 V。降壓（降壓型）轉換器被廣泛用於調節電池或直流匯流排提供的電源。

例如，汽車中的先進駕駛輔助系統 (ADAS) 產品組合大幅提升了陶瓷電容的使用率。隨著電信產業開始採用 5G 技術，也需要用到高性能電源，這也會顯著增加陶瓷電容的使用率。核心的電源電流從幾安培增加到幾十安培，且嚴格管控電源紋波、負載瞬變過衝 / 欠衝和電磁干擾 (EMI)，這些都需要額外的電容。

更高的電源工作（切換）頻率可以降低瞬變對輸出電壓造成的影響，降低電容需求和整體解決方案的尺寸，但是更高的切換頻率往往會導致切換損耗增加，降低整體效率。能否在先進的微處理器、

CPU、SoC、ASIC 和 FPGA 需要極高的電流時，避免這種取捨並滿足瞬變要求？

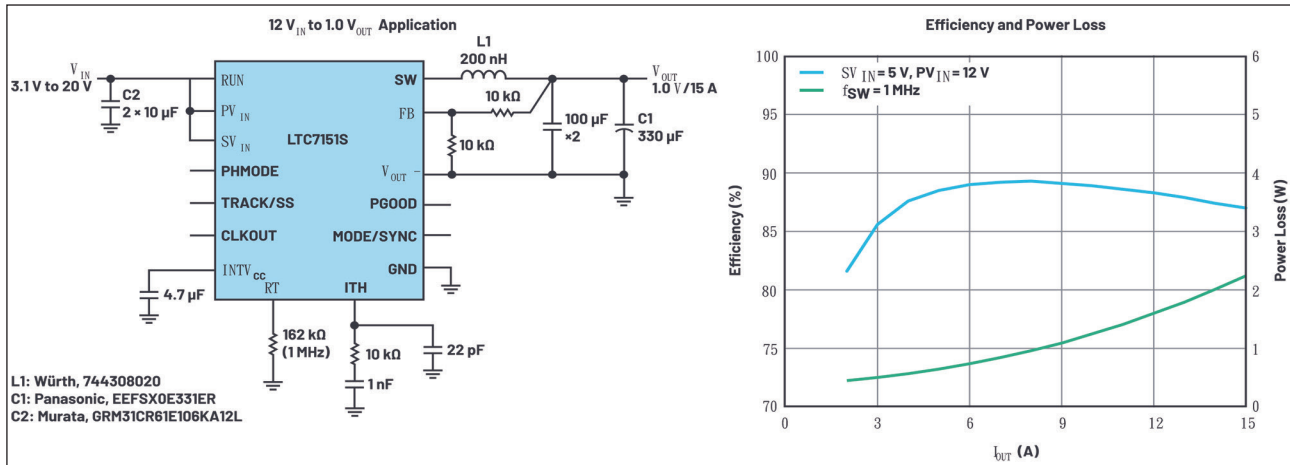
ADI 的 Linear™ 單晶片 Silent Switcher® 2 降壓穩壓器系列協助實現緊湊的解決方案尺寸、高電流能力和高效率，更重要的是，其也具備出色的 EMI 性能。LTC7151S 單晶片降壓穩壓器使用 Silent Switcher 2 架構來簡化 EMI 濾波器設計。谷電流模式可以降低輸出電容需求。我們來看看適合 SoC 的 20 V 輸入至 1 V、15 A 輸出解決方案。

因應 SoC 的 20 V 輸入、15 A 解決方案

圖 1 所示為適合 SoC 和 CPU 功率應用的 1 MHz、1.0 V、15 A 解決方案，其中輸入一般為 12 V 或 5 V，可能在 3.1 V 至 20 V 之間波動。只需要輸入和輸出電容、電感、幾個小型電阻和電容即會組成完整的電源。此電路易於修改，以產生其他輸出電壓，例如 1.8 V、1.1 V 和 0.85 V，一直到 0.6 V。輸出電軌的負回流（至 V- 接腳）使得其能夠對負載附近的輸出電壓實施遠端回饋檢測，大幅降低板路徑的壓降導致的回饋誤差。

圖 1 所示的解決方案使用 LTC7151S Silent Switcher 2 穩壓器，該穩壓器採用高性能整合式 MOSFET，以及 28 接腳散熱增強型 4 mm × 5 mm × 0.74 mm LQFN 封裝。透過谷電流模式實施控制。內建保護功能，以最大限度減少外部保護元件的數量。

圖 1: 適用於 SoC 和 CPU 的 1 MHz、15 A 降壓穩壓器的原理圖和效率。



頂部切換的最短導通時間僅為 20 ns (典型值)，可以在極高頻率下直接降壓至內核電壓。熱管理功能支援可靠、持續地提供高達 15 A 的電流、20 V 的輸入電壓，無散熱或氣流，因此非常適合電信、工業、交通運輸和汽車應用領域的 SOC、FPGA、DSP、GPU 和微處理器使用。

LTC7151S 具備廣泛的輸入範圍，可以用於一級中間轉換器，支援多個下游負載點或 LDO 穩壓器在 5 V 或 3.3 V 時達到最高 15 A。

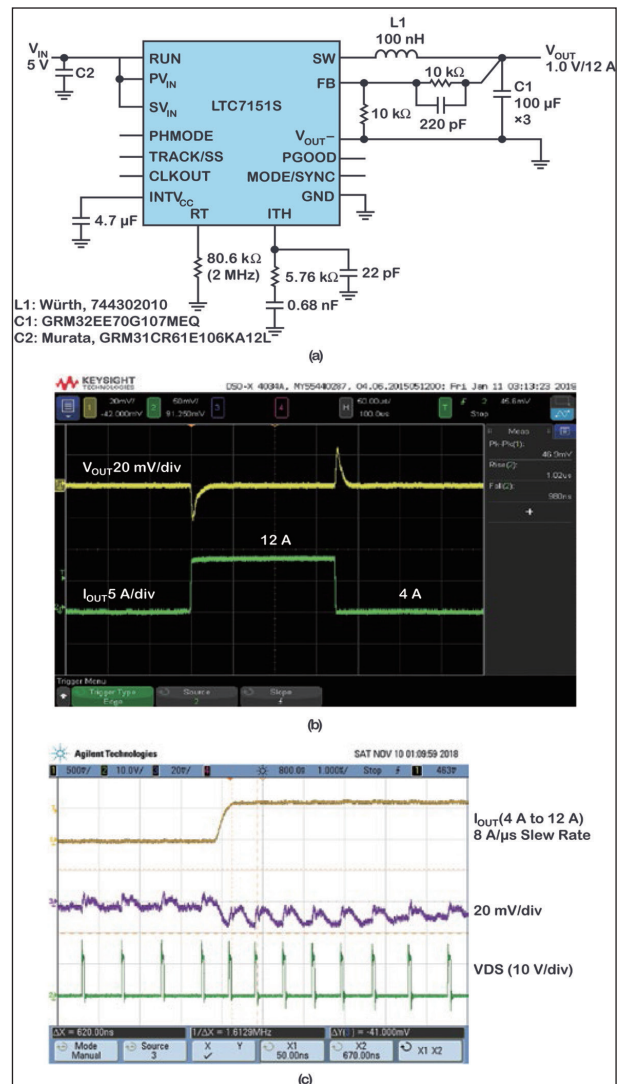
使用最小的輸出電容，滿足嚴格的瞬變規格

一般來說，會擴大輸出電容，以滿足迴路穩定性和負載瞬態回應要求。對於為處理器提供內核電壓的電源，這些要求尤其嚴格，必須出色地控制負載瞬變過衝和欠衝。例如，在負載階躍期間，輸出電容必須介入，立即提供電流來支援負載，直到反饋迴路將切換電流增高到足以接管。一般來說，可以透過在輸出端安裝大量多層陶瓷電容來抑制過衝和欠衝，在快速負載瞬變期間滿足電荷存儲要求。

另外，提高切換頻率也可以改善快速迴路響應，但這會增大切換損耗。

還有第三種選項：亦即支援谷電流模式控制的穩壓器可以動態改變穩壓器的切換 TON 和 TOFF 時間，以滿足負載瞬變需求。如此，可以大幅降低輸出電容，以滿足快速瞬變時間。圖 2 所

圖 2: (a) 這種 5 V 輸入至 1 V 輸出的應用在 2 MHz 下運行，需要最小的輸出電容達到快速地回應 (b) 負載階躍，以及負載階躍期間的 (c) 切換波形。



示為 LTC7151S Silent Switcher 穩壓器立時回應 4 A 至 12 A 負載階躍和 8 A/ μ s 壓擺率之後的結果。LTC7151S 採用受控導通時間 (COT) 谷電流模式架構，支援切換節點在 4 A 至 12 A 負載階躍瞬變期間壓縮脈衝。在上升沿啓動約 1 μ s 之後，輸出電壓開始恢復，過衝和欠衝則限制在 46 mV 峰對峰值。圖 2a 中所示的 3 個 100 μ F 陶瓷電容足以滿足典型的瞬變規格要求，如圖 2b 所示。圖 2c 顯示負載階躍期間的典型切換波形。

3 MHz 高效降壓型穩壓器可用於狹小空間

LTC7151S 採用 4 mm $\times$ 5 mm $\times$ 0.74 mm 封裝，其中整合了 MOSFET、驅動器和熱迴路電容。讓這些組件彼此靠近可以降低寄生效應，以便快速切換這些開關，且保持很短的死區時間。開關的反並聯二極體的導通損耗也大大降低。整合式熱迴路解耦電容和內建補償電路也可以降低設計複雜性，大幅減小解決方案的總體尺寸。

如前所述，頂部切換的 20 ns (典型) 最短間隔允許在高頻率下實現極低的占空比轉換，使得設計人員能夠利用極高頻率操作 (例如 3 MHz) 來降低電感、輸入電容和輸出電容的大小和值。極為精巧的解決方案適用於空間有限的應用，例如汽車和醫療應用領域的可攜式設備或儀器儀錶。使用

LTC7151S 時，可以不使用大體積散熱元件 (例如風扇和散熱片)，這是因為 LTC7151S 支援高性能功率轉換，即使在極高頻率下也是如此。

圖 3 顯示在 3 MHz 切換頻率下運行的 5 V 至 1 V 解決方案。伊頓提供的小尺寸 100 nH 電感和 3 個 100 μ F/1210 陶瓷電容一起，提供適用於 FPGA 和微處理器應用的纖薄精巧型解決方案。效率曲線如圖 3b 所示。在室溫下，全負載範圍內溫度上升約 15°C。

Silent Switcher 2 技術協助實現出色的 EMI 性能

使用 15 A 應用滿足已經發表的 EMI 規範 (例如 CISPR 22/CISPR 32 傳導和輻射 EMI 峰值限值)，可能表示多個反覆運算板旋轉，涉及在解決方案尺寸、總效率、可靠性和複雜性之間取舍。傳統方法透過減慢切換邊緣和 / 或降低切換頻率來控制 EMI。這兩種方法都會產生不良的影響，例如效率下降，最短導通和關斷時間增加，以及增大解決方案尺寸。複雜、大尺寸的 EMI 濾波器或金屬遮罩等強力 EMI 消除方案在所需的電路板空間、元件和裝配方面增加了大量成本，並使熱管理和測試複雜化。

LTC7151S 前端採用簡單的 EMI 濾波器，在 EMI 測試室中接受測試，並通過了 CISPR 22/CISPR 32 導通和輻射 EMI 峰值限值認證。圖 4 顯

圖 3: 5 V 輸入至 1 V/15 A, f_{SW} = 3 MHz 下的穩壓器原理圖和效率。

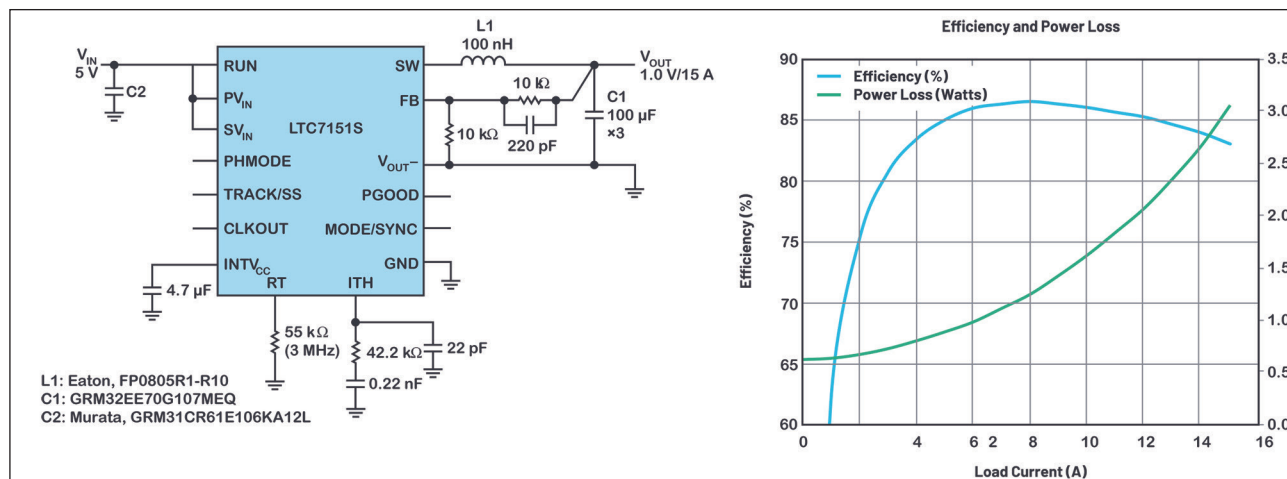
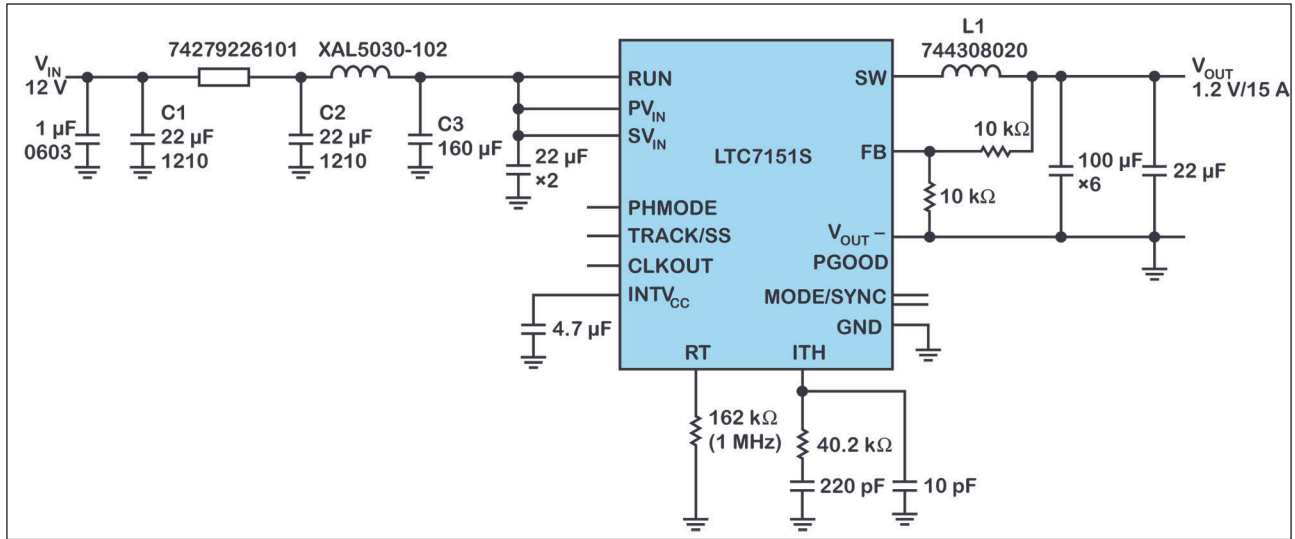
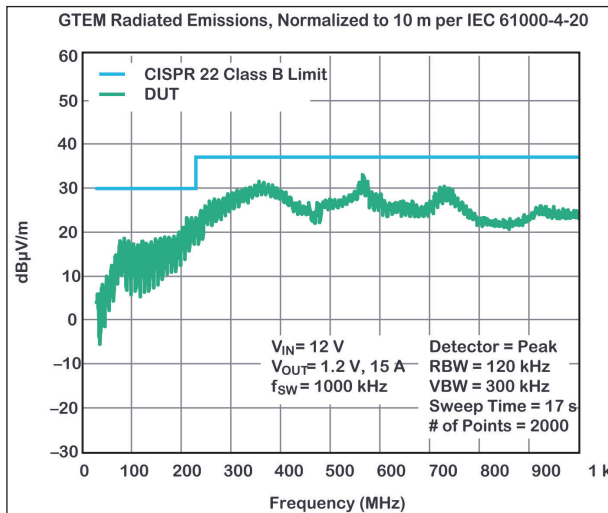


圖 4: 切換頻率為 1 MHz 的 1.2 V 穩壓器的原理圖。



示 1 MHz、1.2 V/15 A 電路的原理圖，圖 5 顯示吉赫茲橫電磁波 (GTEM) 電池的輻射 EMI CISPR 22

圖 5: GTEM 中的輻射 EMI 通過 CISPR 22 Class B 限值測試。



的測試結果。

結論

智慧電子、自動化和感測器在工業和汽車環境中的普及，提高了對電源數量和性能的要求。特別是低 EMI，已成為更加重要的關鍵電源參數考量因素，除此以外，還包括精小解決方案尺寸、高效率、熱性能、穩健性和易用性等常規要求。

LTC7151S 使用 ADI Power by Linear 的 Silent Switcher 2 技術，尺寸精巧，可以滿足嚴格的 EMI 需求。LTC7151S 支援谷電流模式控制和高頻率操作，可以動態變更 TON 和 TOFF 時間，幾乎立即主動支援負載瞬變，因此可以使用更小的輸出電容和快速回應。具備整合 MOSFET 和熱管理性能，可以穩定可靠地從高達 20 V 的輸入範圍持續提供高達 15 A 電流。CTA

COMPOTECHAsia 臉書

每週一、三、五與您分享精彩内容

<https://www.facebook.com/lookcompotech>