

用於訊號及資料處理電路

低雜訊、高電流、精巧型 DC-DC 轉換器解決方案

■作者：Dong Wang

ADI 電源產品應用經理

簡介

現場可編程閘陣列 (FPGA)、晶片系統 (SoC) 和微處理器等資料處理 IC 不斷擴大在電信、網路、工業、汽車、航空電子和國防系統領域的應用。這些系統的一個共同點是處理能力不斷提高，導致原始功率需求相應增加。設計人員很清楚高功率處理器的熱管理問題，但可能不會考慮電源的熱管理問題。與電晶體封裝處理器本身類似，當低核心電壓需要高電流時，熱問題在最差情況下不可避免——這是所有資料處理系統的總體電源趨勢。

DC-DC 轉換器需求概述：EMI、轉換比率、大小和散熱考慮

通常，FPGA/SoC/ 微處理器需要多個電源軌，包括用於週邊和輔助電源的 5 V、3.3 V 和 1.8 V，用於 DDR4 和 LPDDR4 的 1.2 V 和 1.1 V，以及用於處理核心的 0.8 V。產生這些電源軌的 DC-DC 轉換器通常從電池或中間直流母線獲取 12 V 或 5 V 輸入電壓。為了將這些電源直流電壓降至處理器所需的更低的電壓，自然會選用切換模式降壓轉換器，因為它們在大降壓比時效率高。切換模式轉換器有數百種類型，但很多都可分為控制器 (外部 MOSFET) 或一體式穩壓器 (內部 MOSFET)。我們先來看看前者。

傳統控制器解決方案可能不符合要求

傳統切換模式控制器 IC 驅動外部 MOSFET，具有外部回饋控制迴路補償元件。由此產生的轉換器效率很高且功能多樣，同時提供高功率，但所需的分立元件的數量使得設計相對複雜且難以優化。外部開關也會限制切換速度，在空間寶貴的情況下這是一個問題，比如在汽車或航空電子設備環境中，因為較低的切換頻率會導致整個元件體積更大。

另一方面，一體式穩壓器則可以大幅簡化設計。本文深入討論整體解決方案，首先介紹「精減尺寸，同時改善 EMI」部分。

不要忽視最小導通和關斷時間

另一個重要考慮因素是轉換器的最小導通和關斷時間，或其在足以從輸入電壓降至輸出電壓的操作週期下運行的能力。降壓比越大，所需最小導通時間越低 (也取決於頻率)。同樣地，最小關斷時間對應於壓差：在輸出電壓不再受支援之前輸入電壓能降到多低。雖然增加切換頻率的好處是整體解決方案更小，但最小導通和關斷時間會設定工作頻率的上下限。總之，這些值越低，在設計小尺寸和高功率密度時就有越多的餘地。

注意真實的 EMI 性能

其他雜訊敏感元件要安全運行，還需要具備

卓越的 EMI 性能。在工業、電信或汽車應用中，電源設計的一個重點是大幅減少 EMI。為了使複雜的電子系統能夠協同工作，不因 EMI 重疊而產生問題，採用了嚴格的 EMI 標準，如 CISPR 25 和 CISPR 32 輻射 EMI 規範。為了滿足這些要求，傳統電源方法透過減慢開關邊緣和降低切換頻率來減少 EMI——前者降低了效率，提高了散熱，而後者降低了功率密度。

圖 1: 使用 LT8652S 的兩個通道的雙路輸出、2 MHz、3.3 V/8.5 A 和 1.2 V/8.5 A 應用。

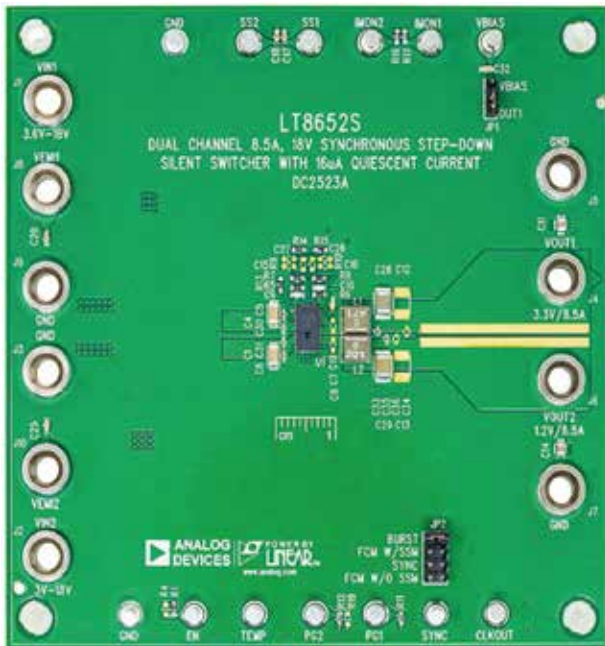
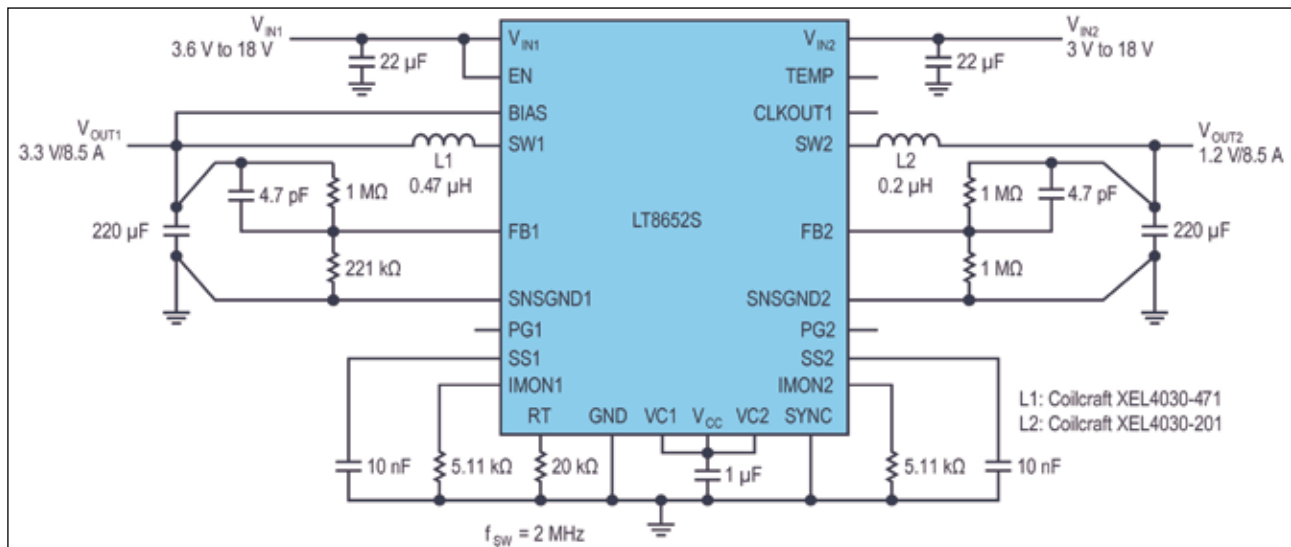


圖 2: 具有卓越 EMI 性能的精巧型、高切換頻率、高效率解決方案。



降低的切換頻率還可能違背 CISPR 25 標準中的 530 kHz 至 1.8 MHz AM 頻段 EMI 要求。可以採用機械減緩技術來降低雜訊水準，包括複雜、大尺寸的 EMI 濾波器或金屬遮罩，但這些技術不但增加了大量成本，而且使電路板空間、元件數量和裝配複雜性增加，並進一步使熱管理和測試複雜化。這些策略都不能滿足小尺寸、高效率和低 EMI 的要求。

減小尺寸，同時改善 EMI、熱性能和效率

很明顯的，電源系統設計已變得十分複雜，而這為系統設計人員帶來了沉重的負擔。為了減輕這種負擔，有一項好的策略是尋找具有同時解決許多問題功能的電源 IC 解決方案：降低電路板的複雜性，高效率地工作，大幅減少散熱，並產生低 EMI。可支援多個輸出通道的功率 IC 可進一步簡化設計和生產。

開關整合在封裝中的一體式電源 IC 可實現其中多個目標。例如，圖 1 所示為完整的雙路輸出解決方案板，說明了一體式穩壓器的精巧簡單。此處使用的 IC 中整合 MOSFET 和內建補償電路只需要幾個外部元件。此解決方案的總核心尺寸僅為 22 mm × 18 mm，部分透過相對較高的 2 MHz 切換頻率實現。

此電路板的原理圖如圖 2 所示。在此解決方案

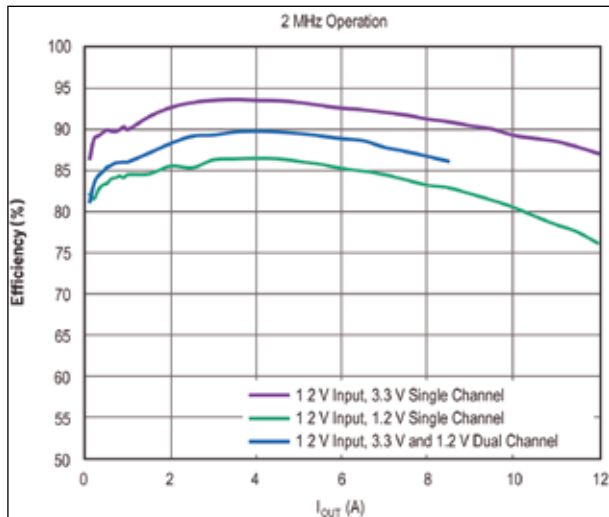
中，轉換器使用 LT8652S 的兩個通道，在 2 MHz 的頻率下運行，並在 8.5 A 下產生 3.3 V 電壓，在 8.5 A 下產生 1.2 V 電壓。可輕鬆修改此電路以產生包括 3.3 V 和 1.8 V、3.3 V 和 1 V 等在內的輸出組合。或者，為了利用 LT8652S 的寬廣輸入範圍，LT8652S 可用於二級轉換器，再使用 12 V、5 V 或 3.3 V 前置穩壓器，以提高總效率和功率密度性能。由於高效率和卓越的熱管理，LT8652S 可同時為每個通道提供 8.5 A，17 A 用於並行輸出，高達 12 A 用於單通道操作。借助 3 V 至 18 V 輸入範圍，該元件可覆蓋 FPGA/SoC/ 微處理器應用的大多數輸入電壓組合。

雙路輸出、一體式穩壓器的性能

圖 3 顯示了圖 1 所示解決方案的測量效率。對於單通道操作，使用該解決方案，在輸入電壓為 12 V 時，3.3 V 電源軌的峰值效率達到 94%，1.2 V 電源軌的峰值效率達到 87%。對於雙通道操作，LT8652S 在 12 V 輸入電壓時每個通道達到 90% 的峰值效率，在 8.5 A 負載電流時每個通道達到 86% 的全負載效率。

由於關斷時間跳過功能，LT8652S 的延長操作週期接近 100%，使用最低輸入電壓範圍調節輸出電壓。20 ns 典型最小導通時間甚至使其可在高切換頻率下操作穩壓器，直接從 12 V 電池或直流母線產

圖 3: 具有 2 MHz 切換頻率的單路和雙路輸出效率。

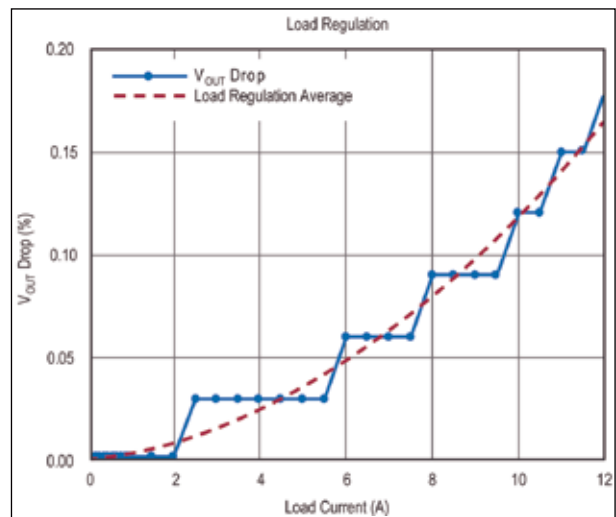


生小於 1 V 的輸出電壓 —— 最終減少整體解決方案大小和成本，同時避免了 AM 頻段。具有整合旁路電容的 Silent Switcher 2 技術可防止可能出現的佈局或生產問題，從而避免影響卓越的台式 EMI 和效率性能。

高電流負載的差分電壓檢測

對於高電流應用，每一英寸 PCB 線路都會導致大幅壓降。對於現代核心電路中需要極窄電壓範圍的典型低電壓、高電流負載，壓降會導致嚴重的問題。LT8652S 提供差分輸出電壓檢測功能，允許客戶創建開爾文連接，以實現輸出電壓檢測和直接從輸出電容進行回饋。它可以校正最高 ± 300 mV 的輸出接地線路電位。圖 4 顯示 LT8652S 利用差分檢測功能對兩個通道進行負載調整。

圖 4: LT8652S 使用差分檢測功能進行負載調整。

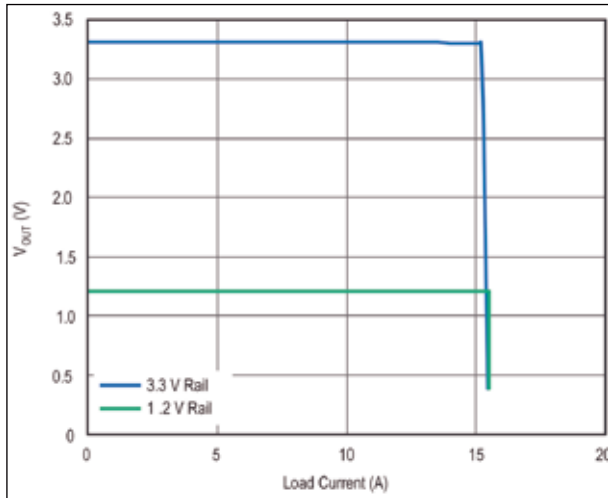


監控輸出電流

在一些高電流應用中，必須收集輸出電流資訊來進行遙測和診斷。此外，根據工作溫度限制最大輸出電流或降低輸出電流可防止損壞負載。因此，需要進行恆壓、恆流操作以精準調節輸出電流。LT8652S 使用 IMON 接腳監控並減少負載的有效調節電流。

當 IMON 對負載設定調節電流時，可根據 IMON 和 GND 之間的電阻來配置 IMON 以減小此

圖 5: LT8652S 輸出電壓和電流曲線。



調節電流。負載 / 電路板溫度降額可使用正溫度係數熱敏電阻來設定。當電路板 / 負載溫度上升時，IMON 電壓增加。為了減小調節電流，將 IMON 電壓與內部 1 V 基準電壓進行比較以調節操作週期。IMON 電壓可低於 1 V，但這樣就不會產生影響。圖 5 顯示啟動 IMON 電流環路前後的輸出電壓和負載電流曲線。

低電磁輻射 (EMI)

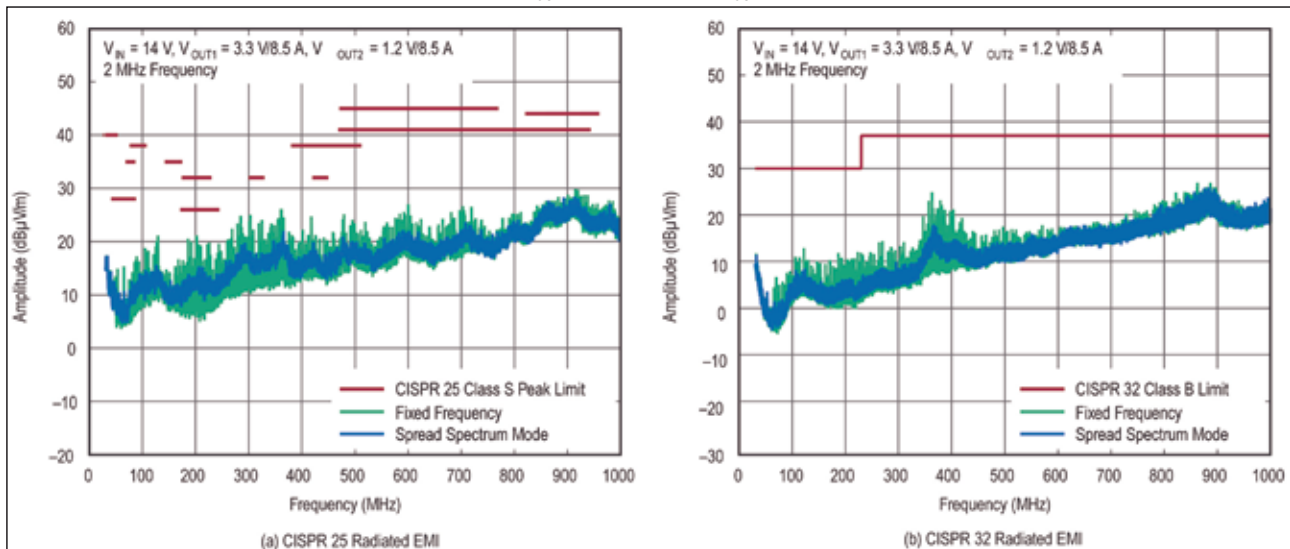
為了使複雜的電子系統能夠工作，對單一元件解決方案應用了嚴格的 EMI 標準。為了在多個產業

中保持一致性，廣泛採用了各種標準，如 CISPR 32 工業標準和 CISPR 25 汽車標準。為了獲得傑出的 EMI 性能，LT8652S 在 EMI 消除設計中採用了領先的 Silent Switcher 2 技術，並使用整合迴路電容以儘量減少有噪天線尺寸。加上整合 MOSFET 和小尺寸，LT8652S 解決方案可提供卓越的 EMI 性能。圖 6 顯示圖 1 所示 LT8652S 標準展示板的 EMI 測試結果。圖 6a 顯示峰值檢測器的 CISPR 25 輻射 EMI 結果，圖 6b 顯示 CISPR 32 輻射 EMI 結果。

可獲得更大電流和更好熱性能的並聯操作

隨著資料處理速度的飆升和資料量的倍增，為滿足這些需求，FPGA 和 SoC 的能力也隨之擴展。電源需要功率，且電源應保持功率密度和性能。然而，不能為了增加功率密度而失去簡單性和穩健性的優點。對於要求超過 17 A 電流能力的處理器系統而言，可將多個 LT8652S 並聯且錯相運行。

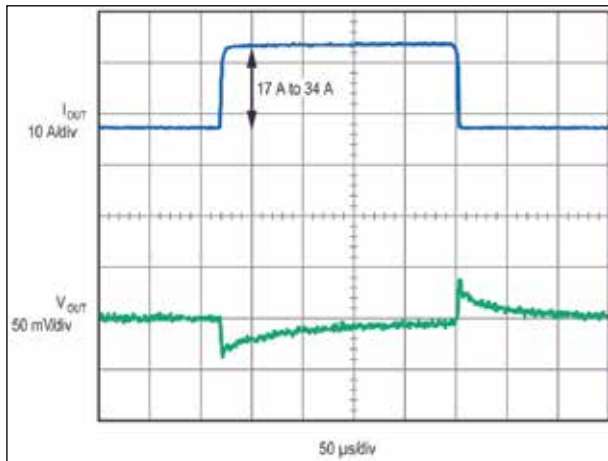
圖 7 顯示兩個並聯的轉換器可在 1 V 時提供 34 A 輸出電流。透過將 U1 的 CLKOUT 連接至 U2 的 SYNC，使主單元時脈與從單元同步。由此產生的每通道 90° 相位差減少了輸入電流漣波，並將熱負載擴散到電路板上。

圖 6: 圖 1 應用電路的輻射 EMI 測試結果。V_{IN} = 14 V, V_{OUT1} = 3.3 V/8.5 A, V_{OUT2} = 1.2 V/8.5 A。

由於駕駛條件可能發生劇烈、頻繁和快速變化，SoC 必須及時適應快速變化的負載，因此，汽車 SoC 施加的負載瞬態要求可能很難滿足。週邊電

2021.08/ 電子與電腦

圖 8: 圖 7 電路的負載瞬態響應。



結論

FPGA、SoC 和微處理器的處理能力不斷提高，原始功率需求也相應增加。隨著所需功率電軌數量及其承載能力的增加，必須考慮設計小型電源系統，並加速系統性能。LT8652S 是電流模式、8.5 A、18 V 同步 Silent Switcher 2 降壓穩壓器，輸入電壓範圍為 3 V 至 18 V，適用於從單節鋰離子電池到汽車輸入的輸入源應用。

LT8652S 的工作頻率範圍為 300 kHz 至 3 MHz，使設計人員可儘量減少外部元件尺寸並避免關鍵頻段，如調頻廣播。Silent Switcher 2 技術可保證傑出的 EMI 性能，既不會犧牲切換頻率和功率密度，也不會犧牲切換速度和效率。Silent Switcher 2 技術並在封裝中整合了所有必要的旁路電容，可大幅減少佈局或生產可能引起的意外 EMI，從而簡化了設計和生產。

Burst Mode 操作將靜態電流減少到只有 16 μ A，同時使輸出電壓漣波保持在低值。4 mm $\times$ 7 mm LQFN 封裝和極少數外部元件可確保外形精巧，同時儘量減少解決方案成本。LT8652S 的 24 m Ω /8 m Ω 開關提供超過 90% 的效率，而可編程欠壓鎖定 (UVLO) 可優化系統性能。輸出電壓的遠端差分檢測在整個負載範圍內都保持高精度，同時不受線路阻抗的影響，從而大幅降低了外部變化造成負載損壞的可能性。其他功能包括內部 / 外部補償、軟啟動、頻率折返和熱關斷保護。 CTA

台灣電動車供應鏈朝多面向發展 台廠於零部件及次系統布局較為完整

台灣電動車供應鏈朝多面向發展，包括一般電動車供應鏈、ADAS/ 車電供應鏈、Tesla 供應鏈、MIH 聯盟等。DIGITIMES Research 分析師林芬卉表示台廠在各環節表現有強弱之分，其中，於零部件及次系統布局相對完整，不僅打入國際一階 (Tier 1) 大廠，部分台廠亦為 Tesla 關鍵零部件重要供應商。再者，MIH 聯盟成立，亦將提供台灣 ICT 業者更多出海口。另外，因電動車供應鏈漸朝向扁平化發展，將提高台廠跨入電動車供應鏈的機會。

台廠於一般電動車供應鏈中，各環節表現有強弱之分，表現相對強的領域有電池正極材料、馬達及動力系統、充電服務等；表現較弱的部分為電池，因中國大陸電池產能規模大、性價比高，導致台廠擴產意願較低，此恐成台灣電動車產業發展的痛點。

再者，因電動車設計朝與自駕及連網功能整合，故將 ADAS 及車電供應鏈納進廣義的電動車供應鏈來看，台廠從半導體、零部件乃至次系統的布局相對完整，舉例來說，台廠在 ADAS 用感測器不僅投入的業者多，且已打入國際 Tier 1 供應鏈。

而眾所關注的電動車大廠 Tesla 供應鏈方面，許多台廠不僅能提供多樣化的零部件，部分台廠亦為其關鍵零部件重要供應商。DIGITIMES Research 預估，因 Tesla 未來兩年電動車銷量年增率皆將超過 50%，可望帶動供應鏈業者業績增長。

鴻海所催生的 MIH 聯盟也可帶給台灣電動車產業發展另一個機會，因 MIH 平台扮演虛擬 Tier 1 角色，將原本分散的台灣 ICT 業者集結起來，創造更多出海口。

另一方面，電動車供應鏈漸朝向扁平化發展，台廠可與車廠直接溝通，更能掌握車廠對未來趨勢的看法及技術要求，故將提高台廠跨入電動車供應鏈的機會。