

詳解雙通道 70 A、單通道 140 A SilentMOS 轉換器

■作者：Yingyi Yan, Eugene Cheung, Eric Gu,
及 Tuan Nguyen / ADI IC 設計工程師

LTC7050 SilentMOS 系列簡介

本文介紹 ADI 的 LTC7050 SilentMOS 系列。這種新型大電流負載點轉換器滿足了系統設計對高效率、高密度、可靠功率級日益成長的需求。

為什麼 ADI 的 LTC7050 SilentMOS 系列是傑出選擇

LTC7050 可以配置為對兩個獨立的電源軌供電，每個電源軌具有單獨的開 / 關控制、故障報告和電流感測輸出；或者，該元件也可以配置為一個雙相單輸出轉換器。LTC7051 單通道 140 A 功率級利用了 LTC7050 核心設計，透過單個電感提供更高的功率密度。

LTC7050 雙通道單晶片式功率驅動器在電氣和熱優化封裝中完全整合了高速驅動器和低電阻半橋電源開關，以及全面的監控和保護電路。借助合適的高頻控制器，該功率驅動器可形成具有先進的效率和瞬態響應的精小型大電流穩壓器系統。Silent Switcher 2 架構和整合自舉電源支援高速切換，透過衰減輸入電源或開關節點電壓過沖來降低高頻功率損耗，並大幅減少伴隨的 EMI。

低切換節點應力增強功率級的穩健性

在常規降壓調節器設計中，輸入電容和功率 MOSFET 之間的熱迴路電感會導致切換節點處出現較大的尖峰。SilentMOS LTC7050 採用 Silent Switcher 2 技術，在 LQFN 封裝內部整合了關鍵的

V_{IN} 解耦電容。熱迴路的縮小導致寄生電感降低。此外，完全對稱的佈局消除了電磁場。圖 1 比較了 LTC7050 佈局與常規功率驅動器。如圖 2 所示，當輸入電壓為 12 V 且輸出滿載時，切換節點的峰值

圖 1: SilentMOS LTC7050 具有內部對稱的小型熱迴路，以便大幅減少振鈴，(a) 顯示 LTC7050，(b) 顯示常規 DrMOS 模組

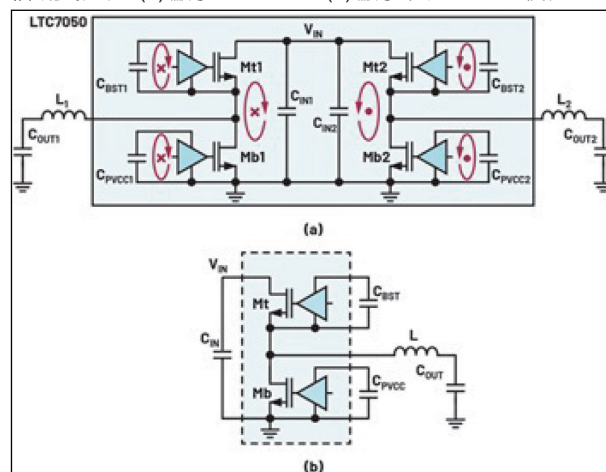
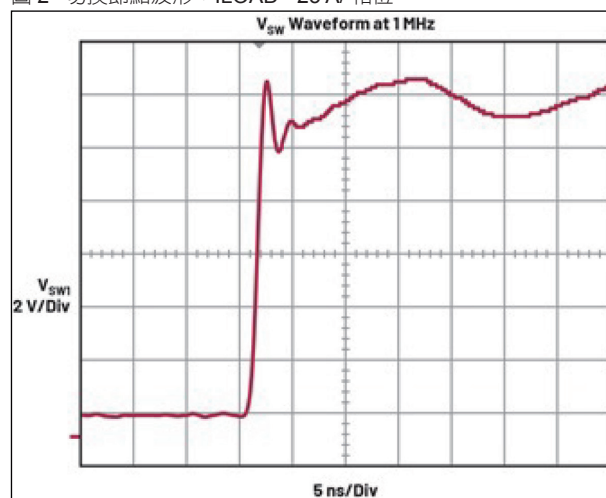


圖 2: 切換節點波形；I_{LOAD}= 25 A / 相位



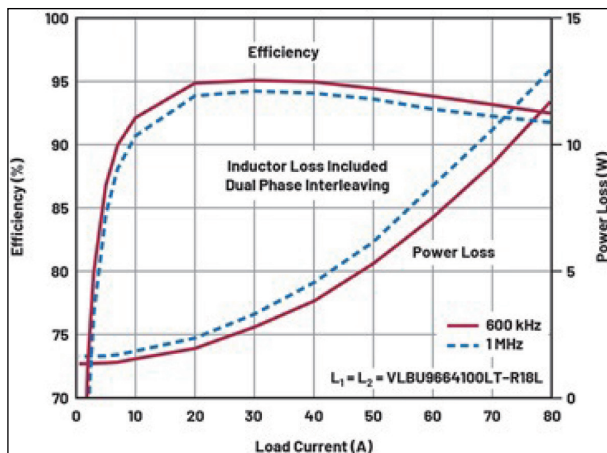
電壓僅為 13 V。功率 MOSFET 上的峰值電壓應力與其額定電壓之間有充足的餘裕，從而確保了元件的可靠性。完全整合的熱迴路消除了 PCB 佈局敏感性，並使複雜的電磁抵消設計對用戶清楚可見。為了正確測量開關節點振鈴，請使用同軸電纜並將其從開關接腳焊接到本地接地，然後利用匹配阻抗在示波器上測量波形。

高效率 and 先進封裝支援高功率密度

LTC7050 的轉換損耗很低，因而在高頻設計中，其比常規 DrMOS 模組效率更高。功率元件電流和電壓的重疊時間由驅動速度決定。在多晶片 DrMOS 模組中，驅動速度受驅動器與功率 MOSFET 之間以及驅動器與其電容之間的電感限制。過快驅動 MOSFET 閘極可能導致功率元件 / 驅動器的閘極過壓，並引發故障。另外，高 di/dt 會導致切換節點處出現較大的尖峰，因為熱迴路電感不可忽略。

LTC7050 的驅動器與功率迴路整合在同一晶片上，並且所有閘極驅動器的電容都在封裝中。由於取消了鍵合線，每個驅動迴路中的寄生電感接近於零。與多晶片 DrMOS 模組相比，LTC7050 開啓和關閉功率元件的速度要快得多。切換節點電壓的典型上升沿短至 1 ns，如圖 2 所示。一流的驅動速度大幅降低了轉換損耗。高驅動速度允許 LTC7050 具有零死區時間，從而大幅降低二極體導通和反向恢

圖 3: 效率和損耗曲線

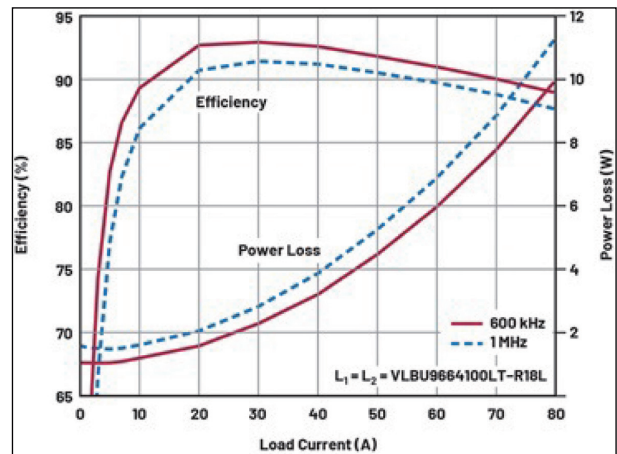


復損耗。

考究的設計提升了高切換頻率下的電源轉換效率。圖 3 顯示了 600 kHz 和 1 MHz 時的 12 V 至 1.8 V 轉換效率和損耗曲線。對於 1 MHz 設計，峰值效率超過 94%。

圖 4 顯示了 600 kHz 和 1 MHz 時的 12 V 至 1.0 V 轉換效率和損耗曲線。

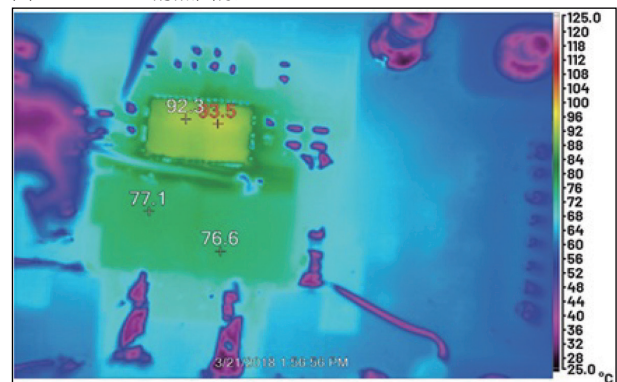
圖 4: 效率和損耗曲線



對於圖 4 所示的 1 MHz 設計，60 A 時的效率幾乎為 90%，而總功率損耗 (包括電感損耗) 小於 7 W。LTC7050 的散熱增強型 5 mm×8mm LQFN 封裝的熱阻抗很低，為 10.8°C/W。低損耗和低熱阻抗使 LTC7050 可以取代兩個業界標準 5mm×6mm DrMOS 模組。圖 5 顯示了 LTC7050 在 12 V 至 1 V/60 A 轉換、切換頻率為 1MHz 時的熱圖像。在整個溫度範圍內，外殼溫升約為 68°C。

測試條件: $V_{IN} = 12\text{ V}$, $V_{OUT} = 1\text{ V}$, $I_{OUT} = 60\text{ A}$,

圖 5: LTC7050 的熱圖像



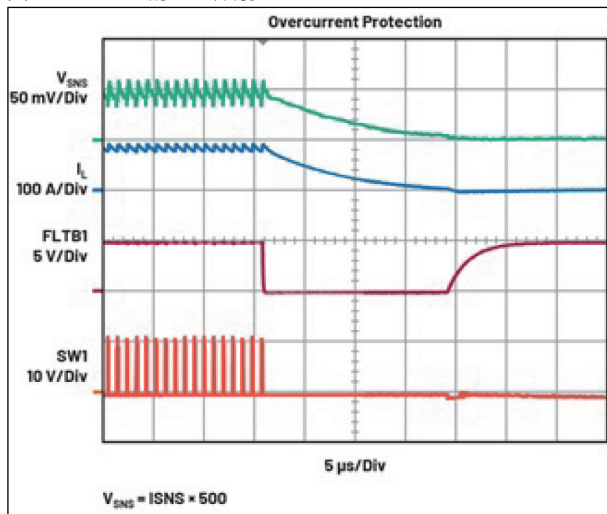
無氣流，電路板持續運行 30 分鐘以上。

嚴格的故障警報和保護系統確保負載安全

LTC7050 系列整合了一系列故障檢測、警報和保護特性，以確保系統安全。

LTC7050 為頂部和底部 FET 提供了經過全面測試的過流保護。當功率元件擷取流經功率 FET 的暫態電流時，同一晶片上的元件應匹配。單晶片架構保證了溫度和製程偏差影響被充分抵消，引起電流感測訊號延遲的寄生效應可忽略不計。單晶片架構的這些內在優點支援即時、精準的電流監測和保護。一旦過電流比較器跳閘，無論 PWM 輸入如何，受影響的功率元件都會閉鎖，FLTBI 接腳被拉低以向控制器報告故障，而反向元件則接通以將電感電流續流至零。當電流斜坡降至零後，驅動器又只接受 PWM 訊號。該保護方案防止了功率級在正或負限流值周圍持續抖動，避免元件產生熱應力。圖 6 顯示了負載電流斜坡上升，直至觸發正過電流保護。

圖 6: LTC7050 的過流保護



為了保證功率元件始終在安全工作區內工作，當輸入電壓超出 OV 閾值時，LTC7050 的輸入過壓鎖定特性會強制兩個功率開關停止切換。如果功率 MOSFET 承載大電流且檢測到 OV，則反向功率元件會續流，如上所述。

LTC7050 系列為控制器 (如 LTC3884) 或系統監視器提供了兩個溫度測量介面。 T_{DIODE} 接腳連接到 PN 結二極體，以使用 VBE 方法或 ΔVBE 方法測量 IC 結溫。 T_{MON} 是專用接腳，以業界標準 $8 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ 斜率報告晶片溫度。標準 DrMOS 模組將類比溫度監控與其他故障警報結合在一個接腳上，LTC7050 與此不同，其 T_{MON} 僅在晶片溫度至少為 150°C 時才被拉至 V_{CC} 。在其他故障情況下，當 FLTBI 開漏輸出被拉低時， T_{MON} 將繼續報告晶片溫度。單晶片架構使 T_{DIODE} 和 T_{MON} 很能反映功率元件的溫度。在多相位系統中使用多個功率級時， T_{MON} 接腳可以連接起來以報告最高溫度。

將自舉二極體和自舉電容整合到封裝中，可以消除對升壓接腳的需求和自舉驅動器意外短路的可能性。內部會持續監視自舉驅動器的電壓。如果電壓低於欠壓閾值，則關斷頂部 FET 以避免導通損耗過大。

結論

LTC7050 SilentMOS 單晶片大電流智慧功率驅動器是高頻負載點應用的卓越解決方案。對稱佈局的整合熱迴路帶來了許多好處。外部元件更少，PCB 尺寸更小，物料成本更低。低切換節點振鈴增強了元件的可靠性。開關相關的損耗很低，故其高切換頻率下可實現高效率，並允許使用小電感；輸出電容的尺寸也可以更小，因為閉迴路頻寬更高。全面的監控和保護特性可在各種故障條件下保護昂貴的負載。 CTA