

因應高功率應用的高效率、高密度切換開關電容電源

■作者：Jian Li/ADI 電源產品應用工程經理

Xu (Jeff) Zhang/Power by Linear 產品部門電源 IC 設計工程師

Ya Liu/ 電源產品應用部門資深應用工程師

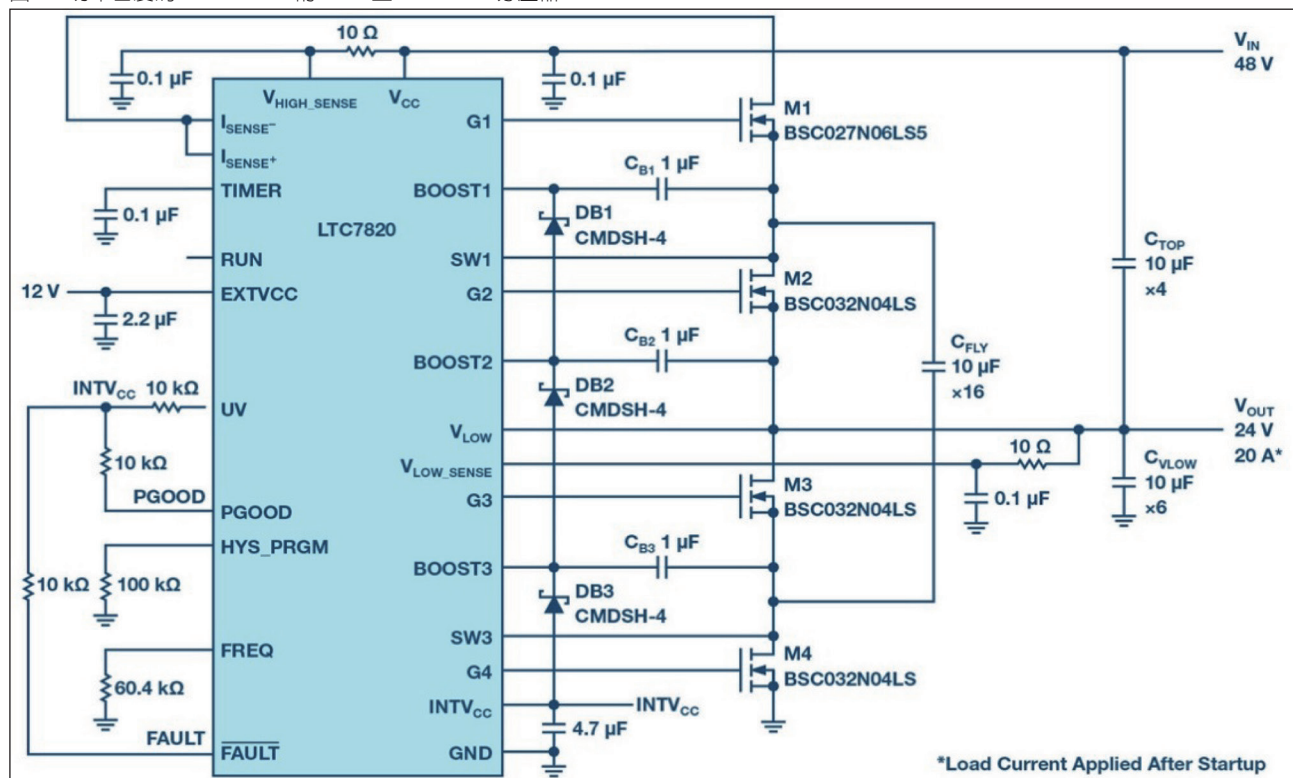
Marvin Macairan/Power by Linear 應用部門助理應用工程師

DC/DC 轉換器的功率密度通常受到體積龐大的磁性元件之限制，特別是在輸入和輸出電壓相對較高的應用中。透過提高切換開關頻率，可以減小電感 / 變壓器的尺寸，但因開關切換引起的損耗也會造成轉換器效率降低。更好的方法是採用無電感切換開關電容電源（電荷泵）拓撲以完全消除磁性元件。與傳統 DC/C 電源相比，電荷泵可在不犧牲效率的情況下將功率密度提高達 10 倍之多。飛跨電容

代替了電感儲存能量，並將其從輸入端傳遞到輸出端。儘管電荷泵設計具有優勢，但由於啓動、保護、閘極驅動等方面存在挑戰，切換開關電容電源歷來局限於低功率應用。

LTC7820 是一款固定轉換比例、高電壓、高功率率切換開關電容電源控制晶片，可為高功率、非隔離中間匯流排應用提供具有故障保護功能的小巧、高性價比的解決方案。LTC7820 的特性包括：

圖 1：功率密度為 4000 W/In3 的 48 V 至 24 V/20 A 分壓器。



- 薄型外形，高功率密度，可提供 500W 以上的功率
- 用於分壓器 (2:1) 的 VIN 最大值：72 V
- 用於倍壓器 (1:2)/ 逆變器 (1:1) 的 VIN 最大值：36 V
- 寬廣偏置 VCC 範圍：6 V 至 72 V
- 軟切換開關：99% 峰值效率 and 低 EMI
- 軟啟動進入穩態
- 輸入電流檢測和過電流保護
- 整合式閘極驅動器
- 具有可編程計時器和重試功能的輸出短路 / 過壓 (OV)/ 欠壓 (UV) 保護
- 耐熱性能增強型 28 接腳 4 mm × 5 mm QFN 封裝

功率密度為 4000 W/In³ 的 48 V 至 24 V/20 A 分壓器

圖 1 顯示了一款採用 LTC7820 的 480 W 輸出的分壓器電路。輸入電壓為 48 V，輸出為 24 V，負載電流高達 20 A。16 個 10 μ F 陶瓷電容 (1210 尺寸) 用作飛跨電容以傳輸功率。如圖 2 所示，該解決方案的大致尺寸為 23 mm × 16.5 mm × 5 mm，而功率密度高達 4000 W/in³。

高效率

由於在該電路中未使用電感，所有 4 個 MOSFET 均可實現軟切換開關，而能大幅降低因開關切換引起的損耗。如圖 3 所示，該轉換器可實現高效率，其峰值效率為 99.3%，全負載效率為 98.4%。圖 4 中的熱成像圖顯示了平衡的熱設計，在 23°C 的環境溫度和沒有強制風冷的情況下，其熱

圖 3：48 V 輸入、24 V 輸出和 200 kHz 切換開關頻率時的效率

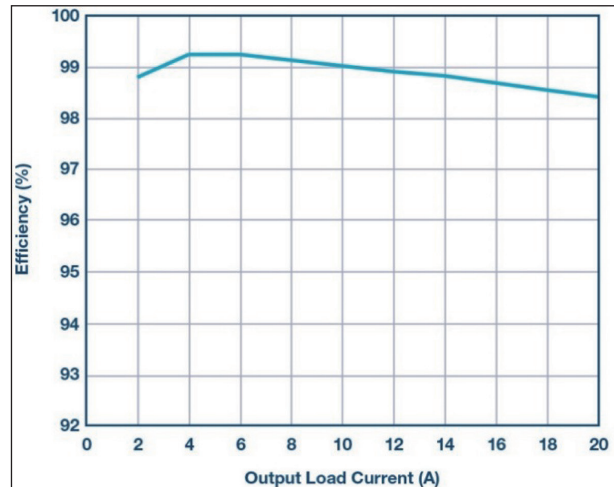
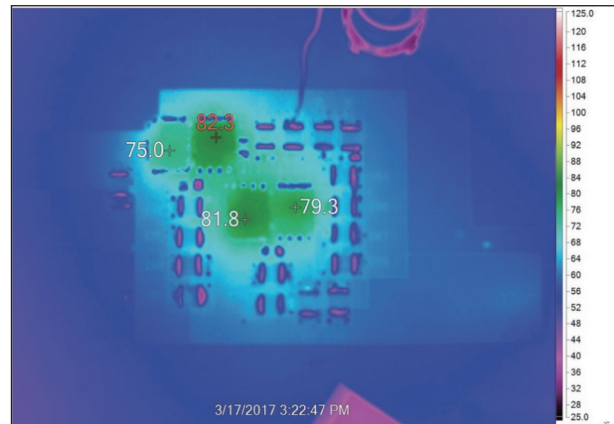


圖 4：48 V 輸入、24 V/20 A 輸出和 200 kHz 切換開關頻率時的熱測試結果



點溫度約為 82.3°C。

預平衡可避免產生湧浪電流

除了卓越的效率和熱性能之外，LTC7820 還採用了一種專有的預平衡方法，旨在最大限度地減小分壓器應用中的湧浪電流。在執行切換開關操作之

前，LTC7820 控制晶片檢測 VLOW_SENSE 針腳的電壓，並在內部把它與 VHIGH_SENSE/2 進行比較。如果 VLOW_SENSE 針腳上的電壓遠低於 VHIGH_SENSE/2，則一個電流源會在 VLOW 針腳上注入 93 mA 的電流，以將 VLOW 上拉。如果 VLOW_SENSE 上的電壓遠高於 VHIGH_SENSE

圖 2：解決方案估計尺寸 (最大高度為 5 mm)

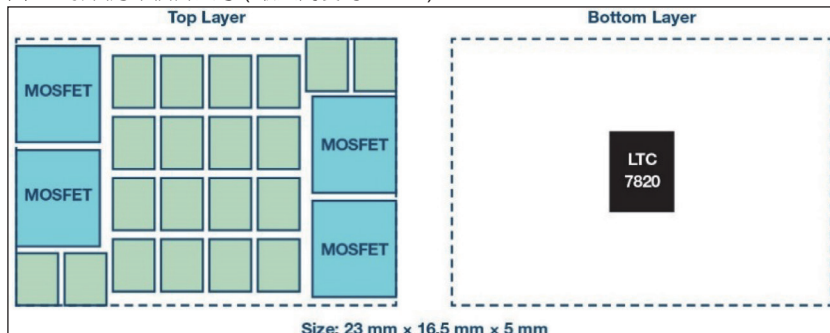


圖 5：未採用預平衡時的啟動波形顯示存在巨大湧浪電流

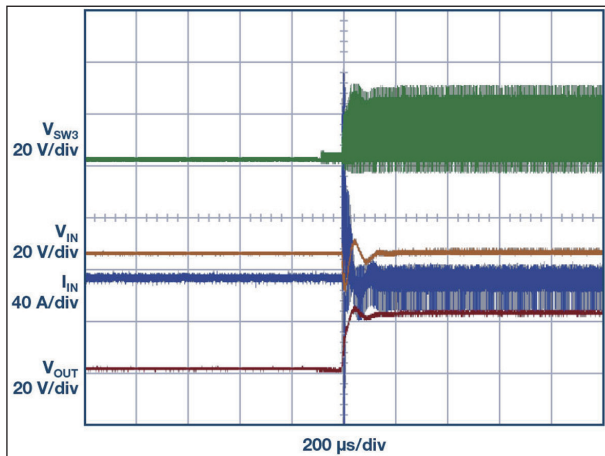
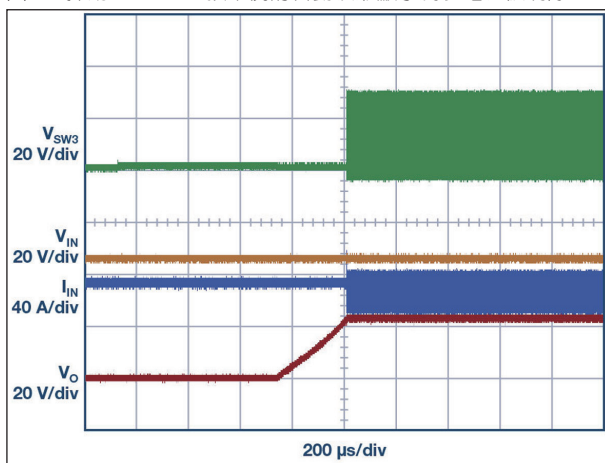


圖 6：採用 LTC7820 預平衡的啟動波形顯示湧浪電流被消除



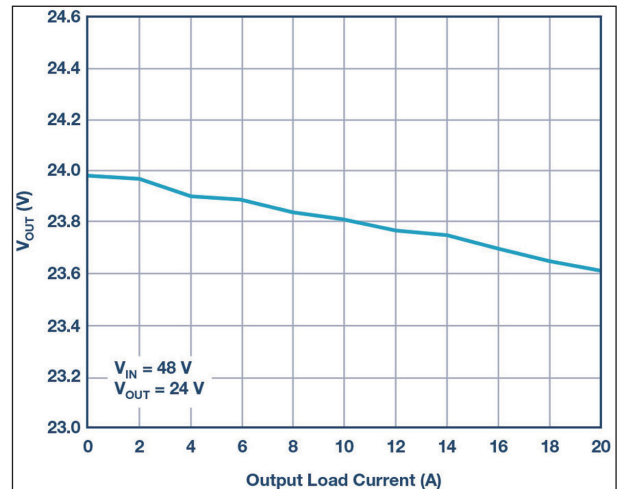
SENSE/2，則另一個電流源將從 VLOW 吸收 50 mA 的電流以將其下拉。如果 VLOW_SENSE 上的電壓接近 VHIGH_SENSE/2 (即在預編程的窗口之內)，則兩個電流源都被關斷，LTC7820 開始執行切換開關操作。

圖 5 顯示了在未採用預充電的情況下，啟動時會出現巨大的輸入湧浪電流，足以損壞 MOSFET 和電容。與此相反，在運用了預平衡方法後，則未觀測到過大的湧浪電流 (如圖 6 所示)。

良好的負載調整率

儘管基於 LTC7820 的分壓器是開路控制電源，但是得益於其高效率，仍然可以獲得良好的負載調整率。如圖 7 所示，滿負載時的輸出電壓僅下降 1.7%。

圖 7：負載調整率。



保護功能

LTC7820 具有保護功能，可確保高可靠性。過電流保護透過高壓側的一個電流採樣電阻實現。精密的軌對軌比較器負責檢測 ISENSE+ 針腳和 ISENSE- 針腳之間的差分電壓，這兩個引腳採用開爾文方式連接至電流採樣電阻。當 ISENSE+ 上的電壓比 ISENSE- 高 50 mV 時，則觸發一個過流保護，FAULT 針腳下拉至地，LTC7820 停止切換開關操作並根據計時器針腳設定啟動重試模式。

透過 OV/UV 視窗比較器可提供進一步的保護。在正常工作中，VLOW_SENSE 上的電壓應接近 VHIGH_SENSE 電壓的一半。視窗比較器負責檢測 VLOW_SENSE，並將其與 VHIGH_SENSE/2 進行比較。可對遲滯視窗電壓進行編程，並使其等於 HYS_PRGM 針腳上的電壓。在 HYS_PRGM 針腳上採用一個 100 kΩ 電阻時，VHIGH_SENSE/2 電壓在啟動和正常操作期間必須位於 (VLOW_SENSE ± 1 V) 的窗口之內，否則將觸發保護，並且 LTC7820 會停止切換開關操作。

結論

LTC7820 是一款固定轉換比例、高電壓、高功率率切換開關電容控制晶片，可滿足匯流排轉換器、高功率分散式電源系統、通訊系統和工業應用的功率密度要求，並無需使用電感。CTA