

負線性穩壓器在 1 MHz 下 具有 0.8 μ V RMS 雜訊和 74 dB 電源抑制比

■作者：Molly Zh

ADI Power by Linear 部門 / 資深應用工程師

低壓差 (LDO) 線性穩壓器廣泛應用於雜訊敏感型應用已有數十年的歷史了。然而，隨著最新的精密感測器、高速和高解析度資料轉換器 (ADC 和 DAC) 以及頻率合成器 (PLL/VCO) 不斷向傳統的 LDO 穩壓器提出挑戰，以產生超低輸出雜訊和超高電源漣波抑制 (PSRR)，而雜訊要求則變得越來越難以滿足。例如，在為感測器供電時，電源雜訊會直接影響測量結果的準確性。切換開關穩壓器通常用於配電系統，以實現更高的整體系統效率。為了構建低雜訊電源，LDO 穩壓器通常會對雜訊相對較高的切換開關轉換器的輸出進行後級調節，而無需使用龐大的輸出濾波電容。LDO 穩壓器的高頻 PSRR 性能變得至關重要。

LT3042 是業界首款在 1 MHz 下僅有 0.8 μ V rms 輸出雜訊和 79 dB PSRR 的線性穩壓器。兩款類似的元件 LT3045 和 LT3045-1 可提供更高的額定值和附加功能。所有這些元件都是正 LDO 穩壓器。當系統具有雙極性元件 (例如運算放大器或 ADC) 時，必須在極性電源設計中使用負 LDO 穩壓器。LT3094 是首款具有超低輸出雜訊和超高 PSRR 的負 LDO 穩壓器。表 1 列出了 LT3094 及相關元件的主要特性。

典型應用

LT3094 具有精密電流源基準，後接高性能輸

出緩衝器。負輸出電壓可通過流過單個電阻的 -100 μ A 精密電流源進行設置。這種基於電流基準的架構可提供寬輸出電壓範圍 (0 V 至 -19.5 V)，並提供圖 1: -3.3 V 輸出低雜訊解決方案。

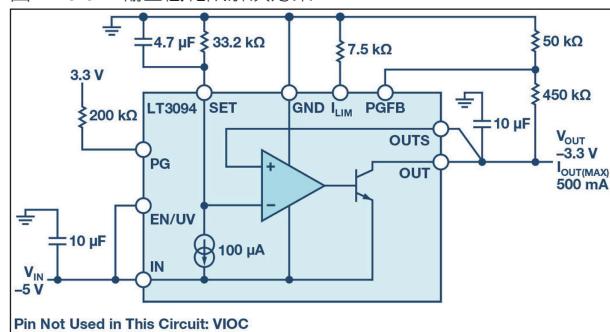


圖 2: 展示電路顯示了一個 -3.3 V 微型解決方案。



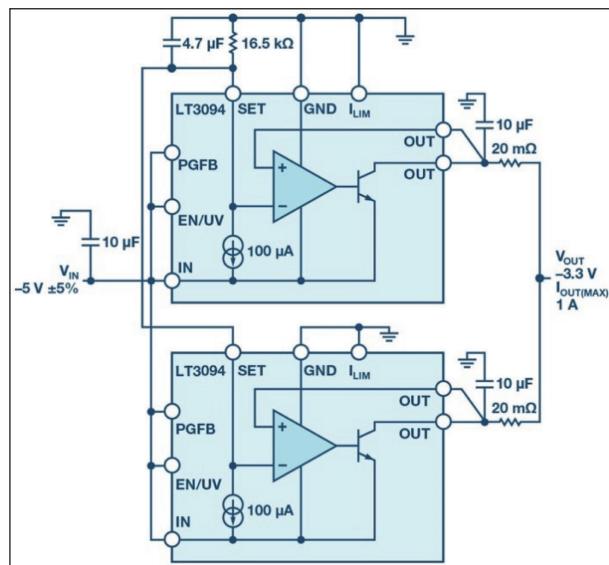
表 1: LT3094 和低雜訊 LDO 的特性

	LT3015	LT3090	LT3042	LT3045-1	LT3094
正 / 負輸出	負	負	正	正	負
輸出電流 (A)	1.5	0.6	0.2	0.5	0.5
輸出雜訊 (10 Hz 至 100 kHz) (μ V)	60	18	0.8	0.8	0.8
10 kHz 時的點雜訊 (nV/\sqrt{Hz})	240	57	2	2	2
1 MHz 時的 PSRR (dB)	30	20	79	76	74
可編程電流限制		—	—	—	—
可編程電源良好			—	—	—
VIOC				—	—
可直接並聯		—	—	—	—
快速啓動功能			—	—	—

幾乎恒定的輸出雜訊、PSRR 和負載調節，與設定的輸出電壓無關。圖 1 顯示了一個典型應用，展示板如圖 2 所示。整體解決方案尺寸大約僅為 10 mm × 10 mm。

LT3094 具有超低輸出雜訊，在 10 Hz 至 100 kHz 範圍內為 0.8μ V rms，並且在 1 MHz 時具有 74 dB 超高 PSRR。此外，LT3094 具有可編程電流限制、可編程電源良好閾值、快速啓動功能和可編程輸入至輸出電壓控制 (VIOC)。當 LT3094 對切換開關轉換器進行後級調節時，如果 LDO 穩壓器輸出電壓可變，LDO 穩壓器兩端的電壓將通過 VIOC 功能保持恒定。

圖 3: 兩個並聯 LT3094 的原理圖。



LT3094 透過內部保

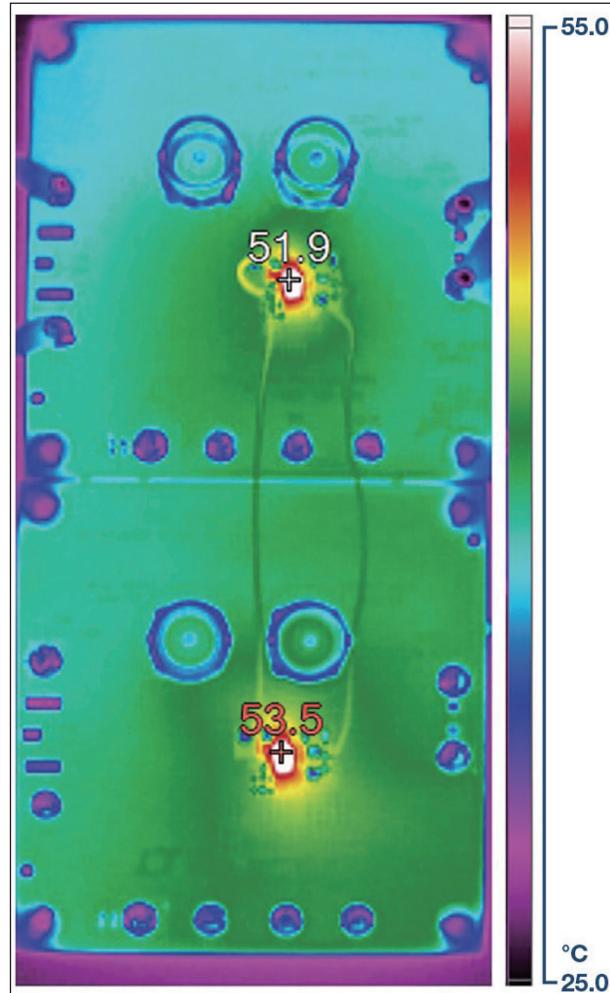
護功能避免元件損壞，包括具有折返功能的內部限流、熱限制、反向電流和反向電壓保護。

直接並聯實現更高的電流

LT3094 可以輕鬆並聯以增加輸出電流。圖 3 顯示了使用兩個並聯的 LT3094 實現 1A 輸出電

流的解決方案。為了使兩個元件並聯，可將 SET 針腳連接在一起，並在 SET 針腳和接地端之間放置一

圖 4: 兩個並聯 LT3094 的熱圖像。



個 SET 電阻 RSET。流過 RSET 的電流為 $200\mu\text{A}$ ，是單個元件中 SET 電流量的兩倍。為了獲得良好的均流特性，LT3094 的每個輸出都使用一個 $20\text{ m}\Omega$ 的小鎮流電阻。

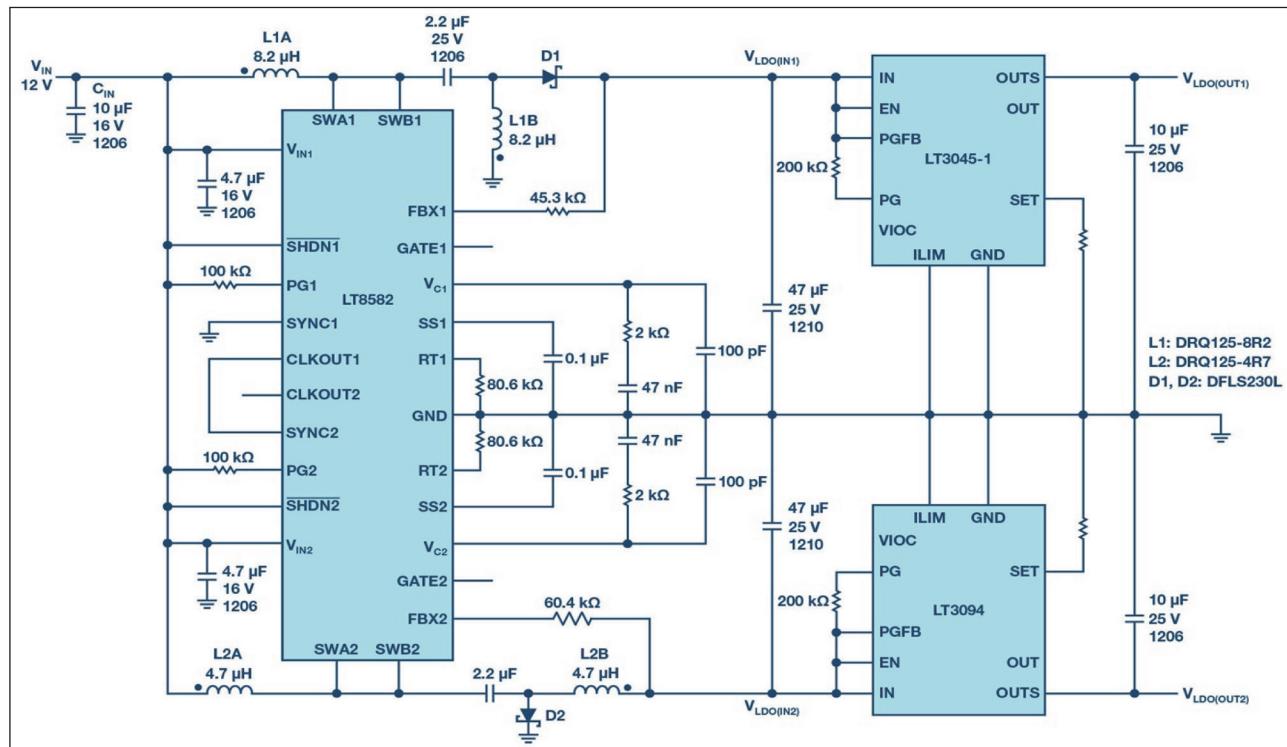
圖 4 顯示了圖 3 中電路的熱性能，其中輸入電壓為 -5 V ，輸出電壓為 -3.3 V ，運行於 1 A 負載電流下。每個元件的溫度大約升至 50°C ，表明熱量均勻分佈。對於更高輸出電流和更低輸出雜訊，可以並聯的元件數量沒有限制。

具有可變輸出電壓的正負雙電源

電源通常配置由 LDO 穩壓器進行後級調節的切換開關轉換器，以實現低輸出雜訊和高系統效率。為了在功耗和 PSRR 之間保持適當的權衡，LDO 穩壓器的輸入和輸出之間的優化電壓差約為 -1 V 。在可變輸出電壓系統中保持這種電壓差很複雜，但 LT3094 具有追蹤功能 VIOC，即使輸出電壓變化，它也能在 LDO 穩壓器兩端保持電壓恒定。

圖 5 是使用 LT8582、LT3045-1 和 LT3094 的雙電源原理圖。LT8582 是一款具有內建切換開關

圖 5: 可調節的雙輸出正 / 負電源具有高紋波抑制和低溫運行性能。



的雙通道 PWM DC/DC 轉換器，能夠從單個輸入產生正輸出和負輸出。LT8582的第一個通道配置為 SEPIC 用於產生正輸出，第二個通道是反相轉換器用於產生負電源軌。在負電源軌中，LT3094 兩端的電壓由 VIOC 電壓控制

$$V_{LDO(IN2)} - V_{LDO(OUT)} = V_{IOC} \quad (1)$$

$$= V_{FBX2} - R2 \times I_{FBX}$$

$$V_{LDO(IN2)} - V_{LDO(OUT)} = V_{IOC} \quad (1)$$

$$= V_{FBX2} - R2 \times I_{FBX}$$

其中 V_{FBX2} 為 0 mV ， I_{FBX} 為 $83.3\mu\text{A}$ 。將 $R2$ 設定為 $14.7\text{ k}\Omega$ ，則對於可變輸出電壓可將 V_{IOC} 電壓設定為 1.23 V 。電阻 $R1$ 為 $133\text{ k}\Omega$ 時，將 LT3094 的輸入電壓限制為 16.5 V ，則計算如下

$$V_{LDO(MAX)} = V_{FBX}(1 + R1/40\text{ k}\Omega) - R1 \times I_{FBX} \quad (2)$$

$$V_{LDO(MAX)} = V_{FBX}(1 + R1/40\text{ k}\Omega) - R1 \times I_{FBX} \quad (2)$$

電路在 12 V 輸入下運行的熱圖像如圖 6 所示。當輸出電壓從 $\pm 3.3\text{ V}$ 變化至 $\pm 12\text{ V}$ 時，LT3094 的溫升保持不變。表 2 列出了所有三款元件的電壓

和電流。圖 7 顯示了在 12 V 輸入下的 ± 5 V 電源瞬變響應。

在圖 5 中，除了 LT8582 的輸出電容之外，在 LT3094 的輸入端未放置額外電容。通常，輸入電容會降低輸出漣波，但對 LT3094 來說並非如此。如果 LT3094 具有輸入電容，則切換開關轉換器的切換開關電流將流過輸入電容，從而導致切換開關轉

表 2: 12 V 輸入、 ± 500 mA 負載下的雙輸出正 / 負電源的電路性能

VLDO (OUT) (V)	VLDO (IN) (V)	VDROP (V)	LT3094 溫升	IIN (A)	系統 效率
± 3.3	± 4.55	1.25	8°C	0.48	57%
± 5	± 6.25	1.25	8°C	0.65	65%
± 12	± 13.22	1.22	9°C	1.25	78%

圖 6: 12 V 輸入下的雙電源熱圖像。

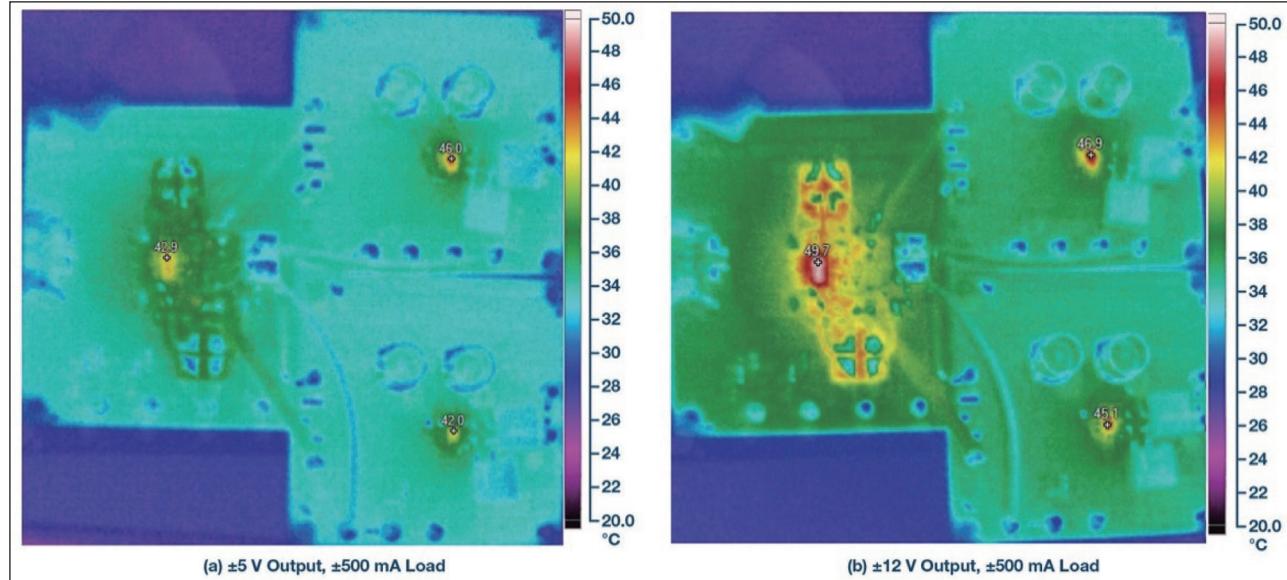
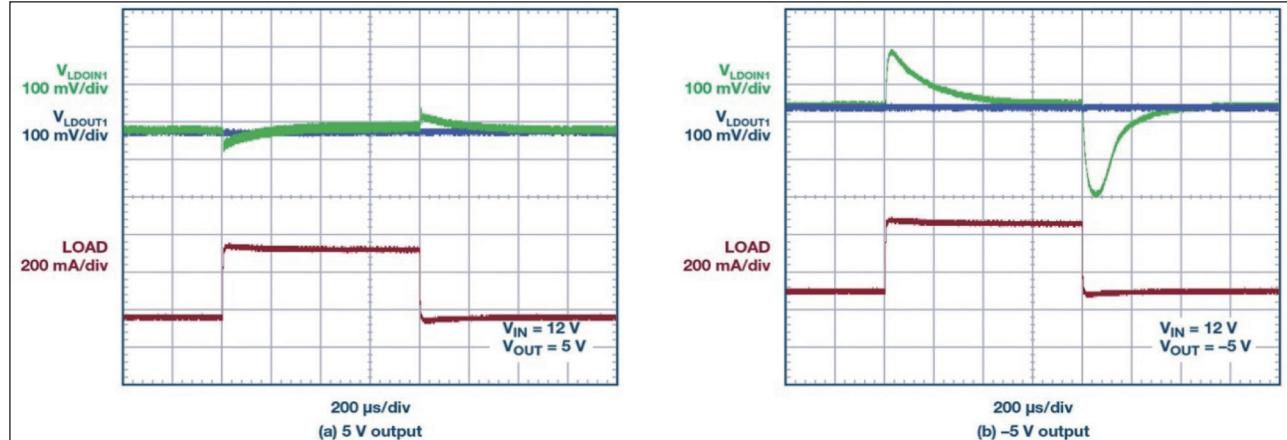


圖 7: 12 V 輸入、 ± 5 V 輸出下的雙電源瞬變響應。



換器與 LT3094 輸出的電磁耦合。輸出雜訊會增加，從而使 PSRR 降低。如果切換開關穩壓器位於具 LT3094 兩英寸的範圍以內，為了獲得最佳的 PSRR 性能，我們建議不要在 LT3094 的輸入端放置電容。

結論

LT3094 是一款具有超低雜訊和超高 PSRR 的負 LDO 穩壓器。它採用基於電流基準的架構，可使雜訊和 PSRR 性能獨立於輸出電壓，多個 LT3094 可以輕鬆並聯以增加負載電流並降低輸出雜訊。當 LT3094 用於對切換開關轉換器進行後置調節時，VIOC 功能可以最大限度地降低 LDO 穩壓器的功耗，使其成為可變輸出電壓應用的理想選擇。