

# 负线性稳压器在 1 MHz 下具有 0.8 $\mu\text{V RMS}$ 噪声和 74 dB 电源抑制比

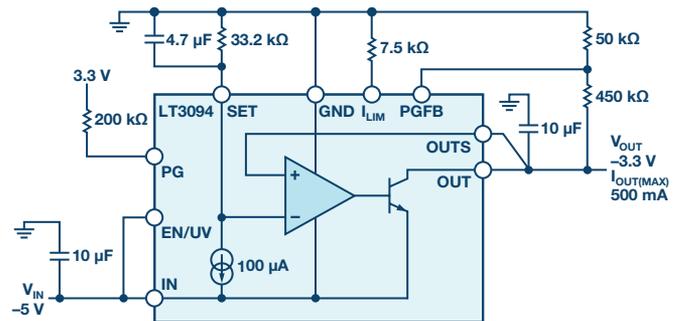
Molly Zhu  
ADI公司

低压差 (LDO) 线性稳压器广泛应用于噪声敏感型应用已有数十年了。然而，随着最新的精密传感器、高速和高分辨率数据转换器 (ADC 和 DAC) 以及频率合成器 (PLL/VCO) 不断向传统的 LDO 稳压器提出挑战，以产生超低输出噪声和超高电源纹波抑制 (PSRR)，噪声要求变得越来越难以满足。例如，在为传感器供电时，电源噪声会直接影响测量结果的准确性。开关稳压器通常用于配电系统，以实现更高的整体系统效率。为了构建低噪声电源，LDO 稳压器通常会对噪声相对较高的开关转换器的输出进行后级调节，而无需使用庞大的输出滤波电容。LDO 稳压器的高频 PSRR 性能变得至关重要。

2015 年推出的 **LT3042** 是业界首款在 1 MHz 下仅有 0.8  $\mu\text{V rms}$  输出噪声和 79 dB PSRR 的线性稳压器。两款类似的器件 **LT3045** 和 **LT3045-1** 可提供更高的额定值和附加功能。所有这些器件都是正 LDO 稳压器。当系统具有双极性器件 (例如运算放大器或 ADC) 时，必须在极性电源设计中使用负 LDO 稳压器。**LT3094** 是首款具有超低输出噪声和超高 PSRR 的负 LDO 稳压器。表 1 列出了 LT3094 及相关器件的主要特性。

## 典型应用

LT3094 具有精密电流源基准，后接高性能输出缓冲器。负输出电压可通过流过单个电阻的  $-100 \mu\text{A}$  精密电流源进行设置。这种基于电流基准的架构可提供宽输出电压范围 (0 V 至  $-19.5 \text{ V}$ )，并提供几乎恒定的输出噪声、PSRR 和负载调节，与设置的输出电压无关。图 1 显示了一个典型应用，演示板如图 2 所示。整体解决方案尺寸大约仅为  $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 。



Pin Not Used in This Circuit: VI OC

图 1.  $-3.3 \text{ V}$  输出低噪声解决方案。



图 2. 演示电路显示了一个  $-3.3 \text{ V}$  微型解决方案。

表 1. LT3094 和低噪声 LDO 的特性

	LT3015	LT3090	LT3042	LT3045-1	LT3094
正/负输出	负	负	正	正	负
输出电流 (A)	1.5	0.6	0.2	0.5	0.5
输出噪声 (10 Hz 至 100 kHz) ( $\mu\text{V}$ )	60	18	0.8	0.8	0.8
10 kHz 时的点噪声 ( $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ )	240	57	2	2	2
1 MHz 时的 PSRR (dB)	30	20	79	76	74
可编程电流限制		•	•	•	•
可编程电源良好			•	•	•
VIOC				•	•
可直接并联		•	•	•	•
快速启动功能			•	•	•

LT3094 具有超低输出噪声，在 10 Hz 至 100 kHz 范围内为 0.8  $\mu\text{V}$  rms，并且在 1 MHz 时具有 74 dB 超高 PSRR。此外，LT3094 具有可编程电流限制、可编程电源良好阈值、快速启动功能和可编程输入至输出电压控制 (VIOC)。当 LT3094 对开关转换器进行后级调节时，如果 LDO 稳压器输出电压可变，LDO 稳压器两端的电压将通过 VIOC 功能保持恒定。

LT3094 通过内部保护功能避免器件损坏，包括具有折返功能的内部限流、热限制、反向电流和反向电压保护。

### 直接并联实现更高的电流

LT3094 可以轻松并联以增加输出电流。图 3 显示了使用两个并联的 LT3094 实现 1A 输出电流的解决方案。为了使两个器件并联，将 SET 引脚连接在一起，并在 SET 引脚和地之间放置一个 SET 电阻  $R_{\text{SET}}$ 。流过  $R_{\text{SET}}$  的电流为 200  $\mu\text{A}$ ，是单个器件中 SET 电流量的两倍。为了获得良好的均流特性，LT3094 的每个输出都使用一个 20 m $\Omega$  的小镇流电阻。

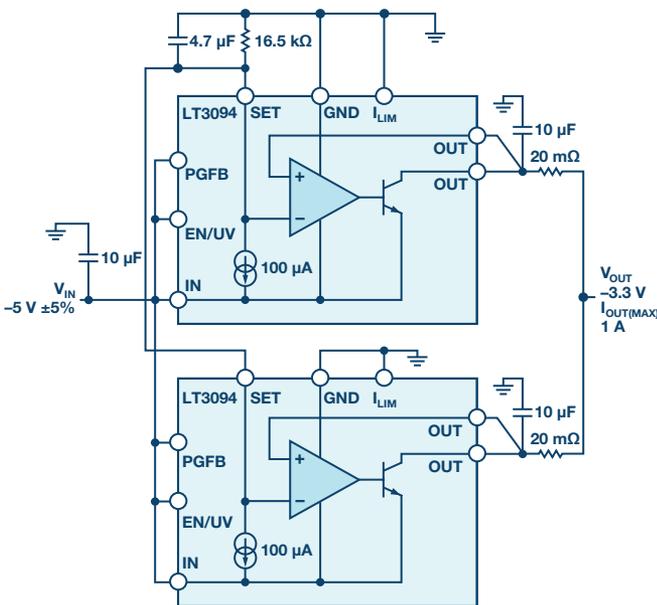


图 3. 两个并联 LT3094 的原理图。

图 4 显示了图 3 中电路的热性能，其中输入电压为 -5 V，输出电压为 -3.3 V，运行于 1A 负载电流下。每个器件的温度大约升至 50°C，表明热量均匀分布。对于更高输出电流和更低输出噪声，可以并联的器件数量没有限制。

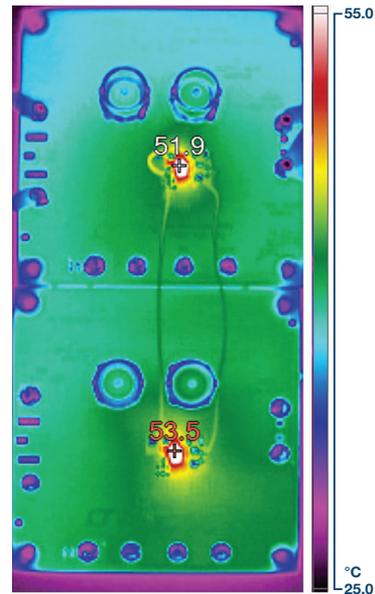


图 4. 两个并联 LT3094 的热图像。

### 具有可变输出电压的正负双电源

电源通常配置由 LDO 稳压器进行后级调节的开关转换器，以实现低输出噪声和高系统效率。为了在功耗和 PSRR 之间保持适当的权衡，LDO 稳压器的输入和输出之间的优化电压差约为 -1 V。在可变输出电压系统中保持这种电压差很复杂，但 LT3094 具有跟踪功能 VIOC，即使输出电压变化，它也能在 LDO 稳压器两端保持电压恒定。

图 5 是使用 LT8582、LT3045-1 和 LT3094 的双电源原理图。LT8582 是一款具有内置开关的双通道 PWM DC/DC 转换器，能够从单个输入产生正输出和负输出。LT8582 的第一个通道配置为 SEPIC 用于产生正输出，第二个通道是反相转换器用于产生负电源轨。在负电源轨中，LT3094 两端的电压由 VIOC 电压控制

$$V_{LDO(IN2)} - V_{LDO(OUT)} = V_{IOC} = V_{FBX2} - R2 \times I_{FBX} \quad (1)$$

其中  $V_{FBX2}$  为 0 mV,  $I_{FBX}$  为 83.3  $\mu$ A。将 R2 设置为 14.7 k $\Omega$ ，则对于可变输出电压可将 VIOC 电压设置为 1.23 V。电阻 R1 为 133 k $\Omega$  时，将 LT3094 的输入电压限制为 16.5 V，则计算如下

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

电路在 12 V 输入下运行的热图像如图 6 所示。当输出电压从  $\pm 3.3$  V 变化至  $\pm 12$  V 时，LT3094 的温升保持不变。表 2 列出了所有三款器件的电压和电流。图 7 显示了在 12 V 输入下的  $\pm 5$  V 电源瞬态响应。

在图 5 中，除了 LT8582 的输出电容之外，在 LT3094 的输入端未放置额外电容。通常，输入电容会降低输出纹波，但对 LT3094 来说并非如此。如果 LT3094 具有输入电容，则开关转换器的开关电流将流过输入电容，从而导致开关转换器与 LT3094 输出的电磁耦合。输出噪声会增加，从而使 PSRR 降低。如果开关稳压器位于具 LT3094 两英寸的范围以内，为了获得最佳的 PSRR 性能，我们建议不要在 LT3094 的输入端放置电容。

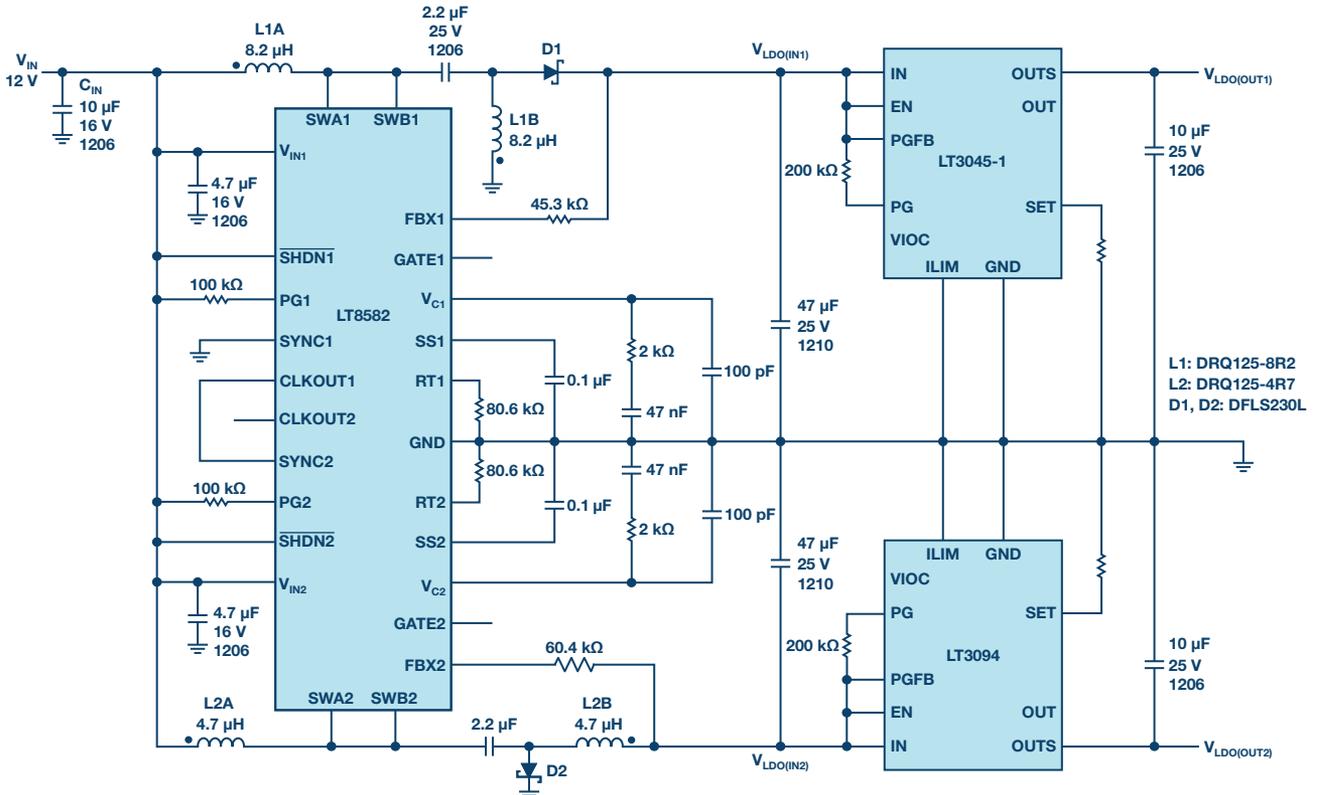


图 5. 可调节的双输出正/负电源具有高纹波抑制和低温运行性能。

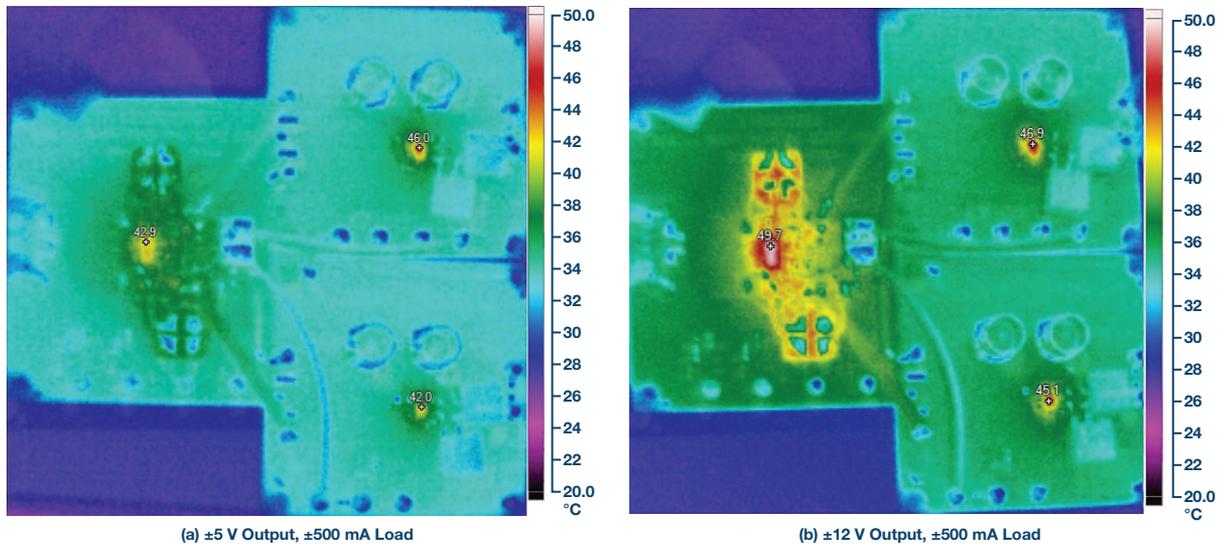


图 6. 12 V 输入下的双电源热图像。

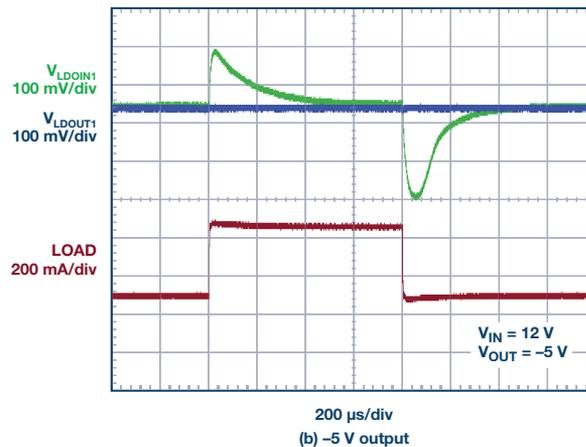
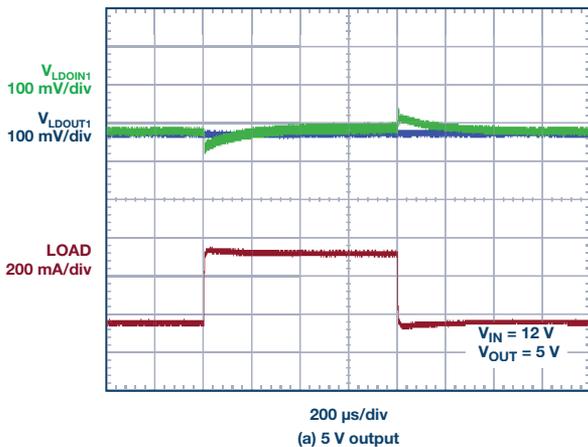


图 7.12 V 输入、 $\pm 5\text{ V}$  输出下的双电源瞬态响应。

表 2. 12 V 输入、 $\pm 500\text{ mA}$  负载下的双输出正/负电源的电路性能

$V_{\text{LDO(OUT)}}$ (V)	$V_{\text{LDO(IN)}}$ (V)	$V_{\text{DROP}}$ (V)	LT3094 温升	$I_{\text{IN}}$ (A)	系统效率
$\pm 3.3$	$\pm 4.55$	1.25	8°C	0.48	57%
$\pm 5$	$\pm 6.25$	1.25	8°C	0.65	65%
$\pm 12$	$\pm 13.22$	1.22	9°C	1.25	78%

## 结论

LT3094 是一款具有超低噪声和超高 PSRR 的负 LDO 稳压器。它采用基于电流基准的架构，可使噪声和 PSRR 性能独立于输出电压，多个 LT3094 可以轻松并联，以增加负载电流并降低输出噪声。当 LT3094 用于对开关转换器进行后置调节时，VIOC 功能可以最大限度地降低 LDO 稳压器的功耗，使其成为可变输出电压应用的理想选择。

## 作者简介

Huiyu (Molly) Zhu 是 ADI 公司 Power by Linear™ 部门的高级应用工程师。她于 1998 年和 2000 年分别获得中国清华大学电子工程学士学位和硕士学位，并于 2005 年获得弗吉尼亚理工大学暨州立大学 (位于弗吉尼亚州布莱克斯堡) 电气工程博士学位。联系方式: [huiyu.zhu@analog.com](mailto:huiyu.zhu@analog.com)。

## 在线支持社区

访问 ADI 在线支持社区，与 ADI 技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问 [ezchina.analog.com](http://ezchina.analog.com)



**全球总部**  
One Technology Way  
P.O. Box 9106, Norwood, MA  
02062-9106 U.S.A.  
Tel: (1 781) 329 4700  
Fax: (1 781) 461 3113

**大中华区总部**  
上海市浦东新区张江高科技园区  
祖冲之路 2290 号展想广场 5 楼  
邮编: 201203  
电话: (86 21) 2320 8000  
传真: (86 21) 2320 8222

**深圳分公司**  
深圳市福田中心区  
益田路与福华三路交汇处  
深圳国际商会中心  
4205-4210 室  
邮编: 518048  
电话: (86 755) 8202 3200  
传真: (86 755) 8202 3222

**北京分公司**  
北京市海淀区西小口路 66 号  
中关村东升科技园  
B-6 号楼 A 座一层  
邮编: 100191  
电话: (86 10) 5987 1000  
传真: (86 10) 6298 3574

**武汉分公司**  
湖北省武汉市东湖高新区  
珞瑜路 889 号光谷国际广场  
写字楼 B 座 2403-2405 室  
邮编: 430073  
电话: (86 27) 8715 9968  
传真: (86 27) 8715 9931

©2019 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices. DN21085sc-0-2/19

[analog.com/cn](http://analog.com/cn)

