微功耗、高精度基准电压源

数据手册

ADR3512

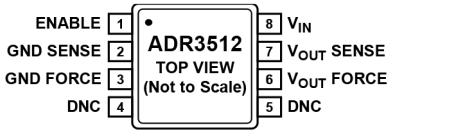
特性

最大温度系数
4 ppm/°C（C级，−40°C至+85°C）
低长期漂移(LTD)：30 ppm（初始1000小时典型值）
初始输出电压误差：±0.1%（最大值）
工作温度范围：−40°C至+125°C
输出电流：+10 mA拉电流/−3 mA灌电流
低静态电流：100 µA（最大值）
低压差：1.15 V (2 mA)
输出电压噪声（0.1 Hz至10 Hz）8 µV p-p（典型值）
通过汽车应用认证

应用

汽车电池监控器
便携式仪器仪表
过程发送器
远程传感器
医疗仪器

引脚配置



NOTES
1. DNC = DO NOT CONNECT. DO NOT CONNECT TO THIS PIN.

11113-001

图1. 8引脚MSOP（RM-8后缀）

概述

ADR3512是一款低成本、低功耗、高精度CMOS基准电压源，具有最大4 ppm/°C（C级，−40°C至+85°C）的温度系数、低工作电流和低输出噪声特性，采用8引脚MSOP封装。为实现高精度，在最终组装阶段，利用ADI公司的DigiTrim®专利技术对输出电压和温度系数进行了数字调整[1]。

低输出电压迟滞和低长期输出电压漂移提高了系统在使用寿命期间的精度。

CMOS基准电压源的额定温度范围为−40°C至+125°C汽车应用温度范围。

表1. 选型指南

型号	输出电压(V)	输入电压范围(V)
ADR3512WCRMZ-R7	1.200	2.3至5.5

[1] 本技术至少受美国专利6,696,894号保护。

Rev. E
Document Feedback
Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700
©2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved.
Technical Support
www.analog.com/cn

ADI 中文版数据手册是英文版数据手册的译文，敬请谅解翻译中可能存在的语言组织或翻译错误，ADI 不对翻译中存在的差异或由此产生的错误负责。如需确认任何词语的准确性，请参考 ADI 提供的最新英文版数据手册。

目录

特性 1
应用 1
引脚配置 1
概述 1
修订历史 2
技术规格 3
电气特性 3
绝对最大额定值 4
热阻 4
ESD警告 4
引脚配置和功能描述 5
典型性能参数 6
术语 12
工作原理 13
长期输出电压漂移 13
功耗 13
应用信息 14
基准电压源基本连接 14
输入和输出电容 14
4线开尔文连接 14
V_{IN}压摆率考虑 14
关断/使能特性 14
应用示例 15
外形尺寸 16
订购指南 16
汽车应用产品 16

修订历史

2015年11月—修订版D至修订版E

更改图39 15

2015年8月—修订版D：初始版

技术规格

电气特性

除非另有说明，V_{IN} = 2.3 V至5.5 V，I_L = 0 mA，T_A = 25°C。

表2.

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
输出电压	V_{OUT}		1.1988	1.2000	1.2012	V
初始输出电压误差	V_{OERR}				±0.1	%
					±1.2	mV
温度系数[1]	TCV_{OUT}	−40°C ≤ T_A ≤ +85°C		2.5	4	ppm/°C
		−40°C ≤ T_A ≤ +125°C		2.8	8	ppm/°C
电压调整率[1]	$\Delta V_{OUT}/\Delta V_{IN}$	V_{IN} = 2.7 V至5.5 V		5	50	ppm/V
		V_{IN} = 2.7 V至5.5 V，−40°C ≤ T_A ≤ +125°C			160	ppm/V
负载调整率[1]	$\Delta V_{OUT}/\Delta I_L$					
拉电流		I_L = 0 mA至10 mA，V_{IN} = 3.0 V，−40°C ≤ T_A ≤ +125°C		14	30	ppm/mA
灌电流		I_L = 0 mA至−3 mA，V_{IN} = 3.0 V，−40°C ≤ T_A ≤ +125°C		7	50	ppm/mA
输出电流容量	I_L					
拉电流		V_{IN} = 3.0 V至5.5 V	10			mA
灌电流		V_{IN} = 3.0 V至5.5 V	−3			mA
静态电流	I_Q					
正常工作		ENABLE ≥ V_{IN} × 0.85			85	µA
		ENABLE = V_{IN}，−40°C ≤ T_A ≤ +125°C			100	µA
关断		ENABLE ≤ 0.7 V			5	µA
压差[2]	V_{DO}	I_L = 0 mA，T_A = −40°C ≤ T_A ≤ +125°C		1	1.1	V
		I_L = 2 mA，T_A = −40°C ≤ T_A ≤ +125°C		1	1.15	V
ENABLE引脚						
关断电压	V_L		0		0.7	V
ENABLE电压	V_H		V_{IN} × 0.85		V_{IN}	V
ENABLE引脚漏电流	I_{EN}	ENABLE = V_{IN}，T_A = −40°C ≤ T_A ≤ +125°C		1	3	µA
输出电压噪声	e_n p-p	f = 0.1 Hz至10 Hz		8		µV p-p
		f = 10 Hz至10 kHz		28		µV rms
输出电压噪声密度	e_n	f = 1 kHz		0.6		µV/√Hz
输出电压迟滞[3]	ΔV_{OUT_HYS}	T_A = +25°C至−40°C至+125°C至+25°C		70		ppm
纹波抑制比	RRR	f_{IN} = 60 Hz		−60		dB
长期输出电压漂移[1]	ΔV_{OUT_LTD}	50°C下1000小时		30		ppm
开启建立时间	t_R	C_{IN} = 0.1 µF，C_L = 0.1 µF，R_L = 1 kΩ		100		µs

[1] 参见“术语”部分。
[2] 压差指能够使V_{OUT}保持0.1%的最低精度所需的V_{IN}与V_{OUT}之间的最小压差。参见“术语”部分。
[3] 参见“术语”部分。器件按照所示的温度顺序经历温度循环。

绝对最大额定值

表3.

参数	额定值
电源电压	6 V
ENABLE至GND SENSE电压	V_{IN}
工作温度范围	−40°C至+125°C
存储温度范围	−65°C至+150°C
结温范围	−65°C至+150°C

注意，等于或超出上述绝对最大额定值可能会导致产品永久性损坏。这只是额定最值，不表示在这些条件下或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下，器件能够正常工作。长期在超出最大额定值条件下工作会影响产品的可靠性。

热阻

θ_{JA}针对最差条件，即焊接在电路板上的器件为表贴封装。

表4. 热阻

封装类型	θ_{JA}	θ_{JC}	单位
8 引脚 MSOP（RM-8 后缀）	132.5	43.9	°C/W

ESD警告

ESD（静电放电）敏感器件。
带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路，但在遇到高能量ESD时，器件可能会损坏。因此，应当采取适当的ESD防范措施，以避免器件性能下降或功能丧失。

引脚配置和功能描述

NOTES
1. DNC = DO NOT CONNECT. DO NOT CONNECT TO THIS PIN.

11113-002

图2. 引脚配置

表5. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	ENABLE	使能连接。此引脚使能或禁用器件。
2	GND SENSE	地电压检测连接。此引脚直接连到应用中的最低电位点。
3	GND FORCE	地驱动连接。
4	DNC	不连接。请勿连接该引脚。
5	DNC	不连接。请勿连接该引脚。
6	V_{OUT} FORCE	基准电压输出。
7	V_{OUT} SENSE	基准电压输出检测连接。此引脚直接连到负载器件的电压输入端。
8	V_{IN}	输入电压连接。

典型性能参数

除非另有说明，T_A = 25°C。

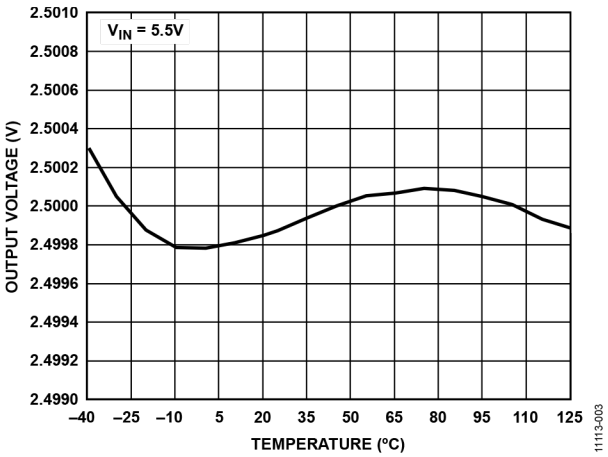


图3. ADR3525输出电压与温度的关系

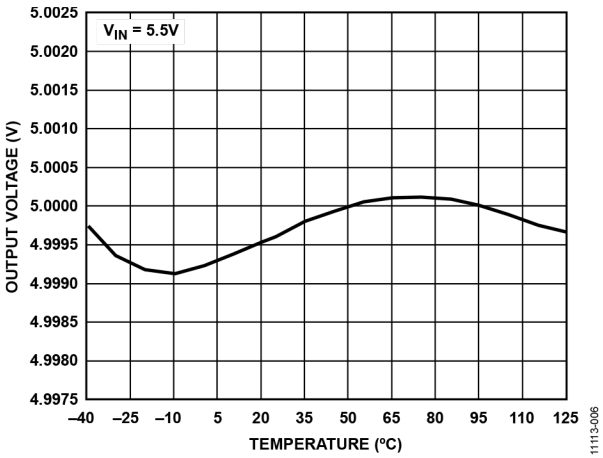


图6. ADR3550输出电压与温度的关系

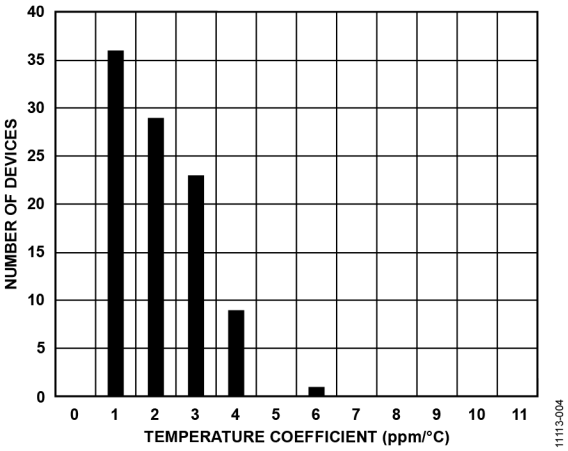


图4. ADR3525温度系数分布

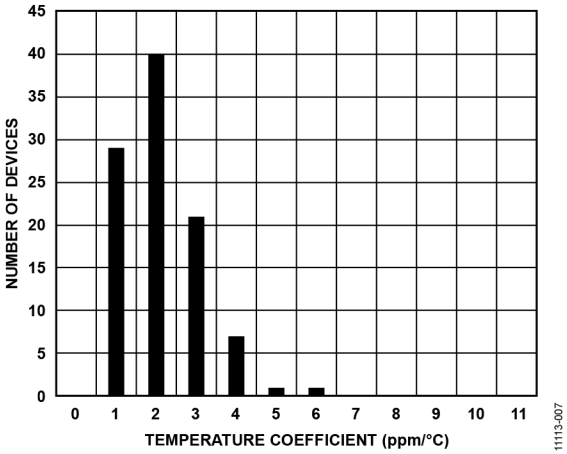


图7. ADR3550温度系数分布

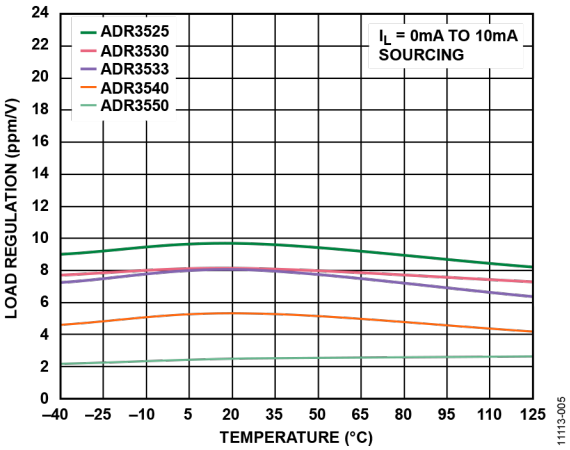


图5. 负载调整率与温度的关系（拉电流）

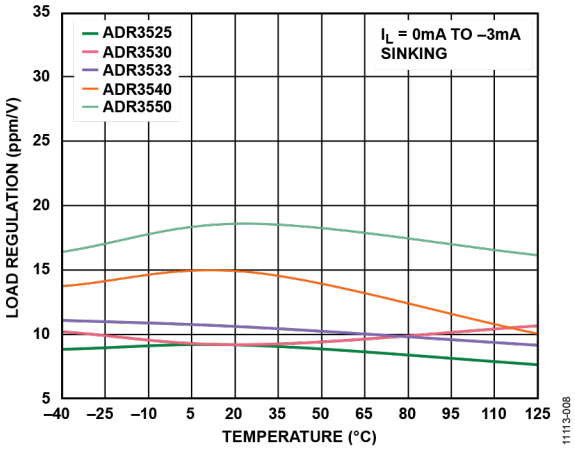


图8. 负载调整率与温度的关系（灌电流）

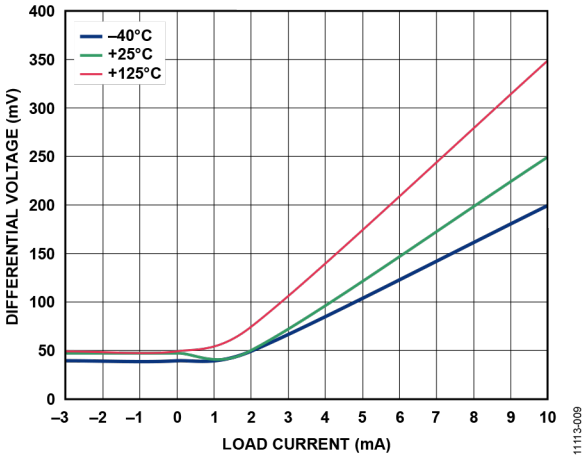


图9. ADR3525压差与负载电流的关系

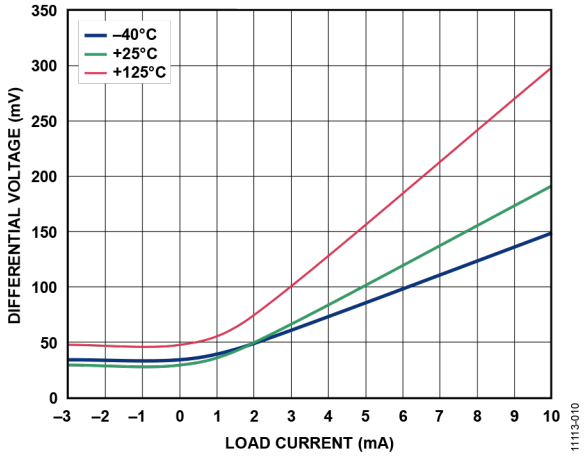


图10. ADR3550压差与负载电流的关系

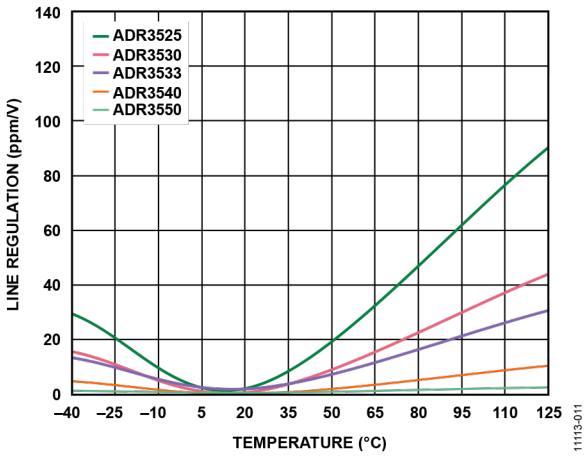


图11. 电压调整率与温度的关系

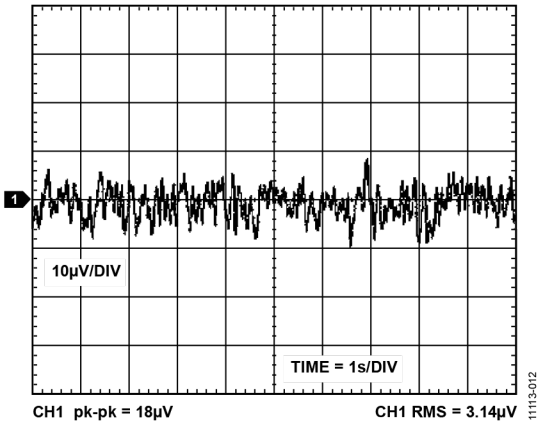


图12. ADR3525输出电压噪声（0.1 Hz至10 Hz）

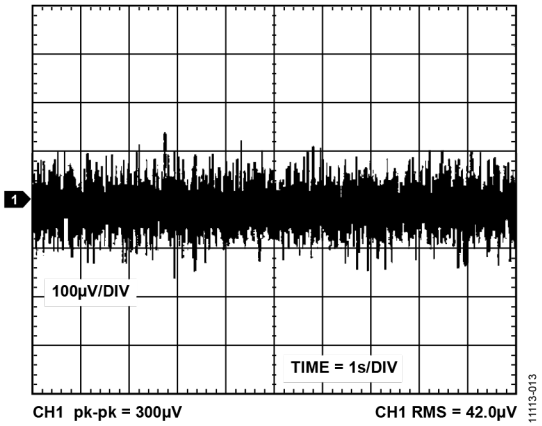


图13. ADR3525输出电压噪声（10 Hz至10 kHz）

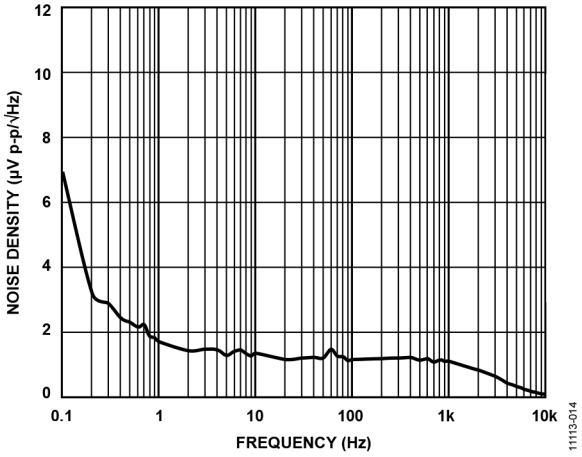


图14. ADR3525输出噪声谱密度

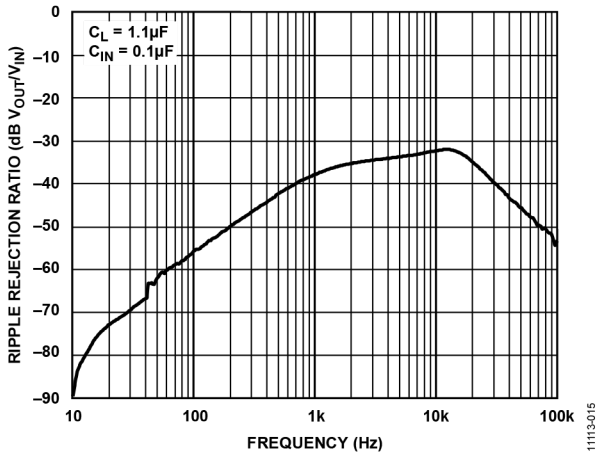


图15. ADR3525纹波抑制比与频率的关系

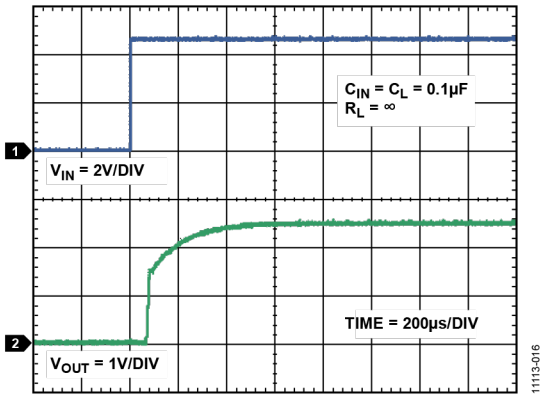


图16. ADR3525启动响应

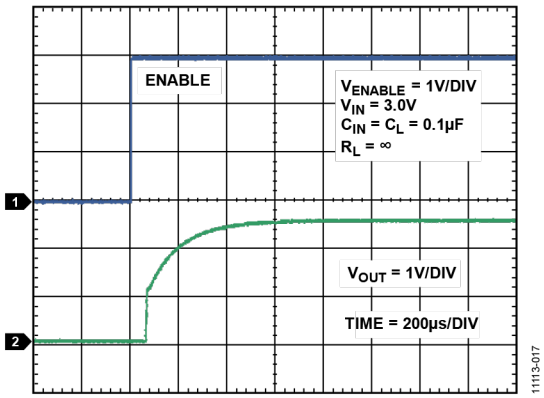


图17. ADR3525从关断状态重启的响应性能

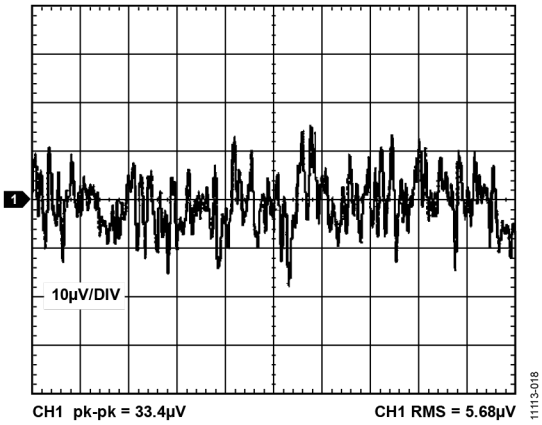


图18. ADR3550输出电压噪声（0.1 Hz至10 Hz）

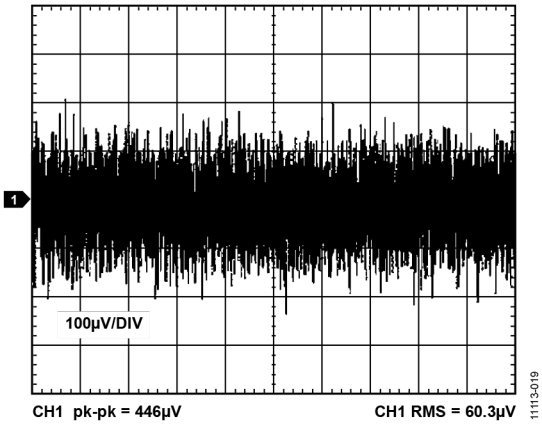


图19. ADR3550输出电压噪声（10 Hz至10 kHz）

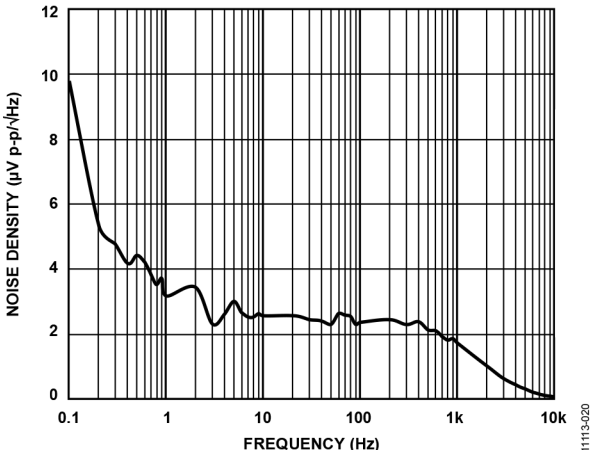


图20. ADR3550输出噪声谱密度

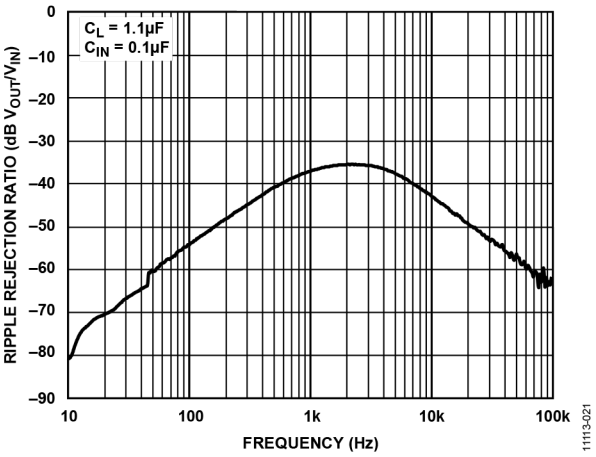


图21. ADR3550纹波抑制比与频率的关系

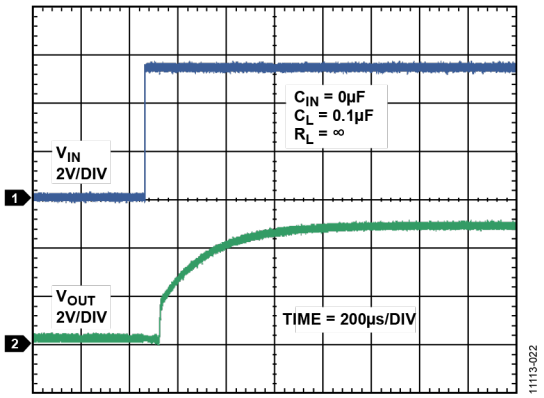


图22. ADR3550启动响应

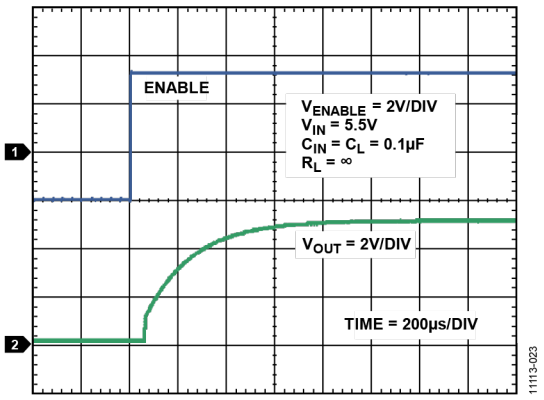


图23. ADR3550从关断状态重启的响应性能

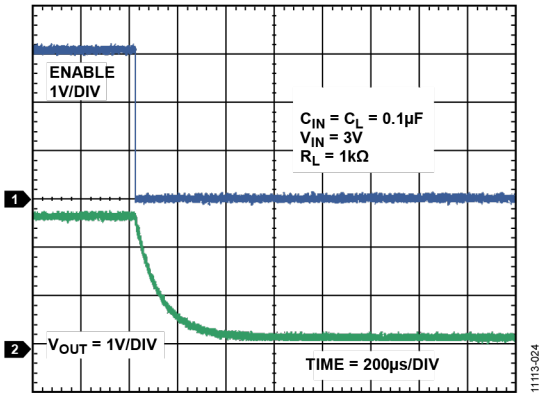


图24. ADR3525关断响应

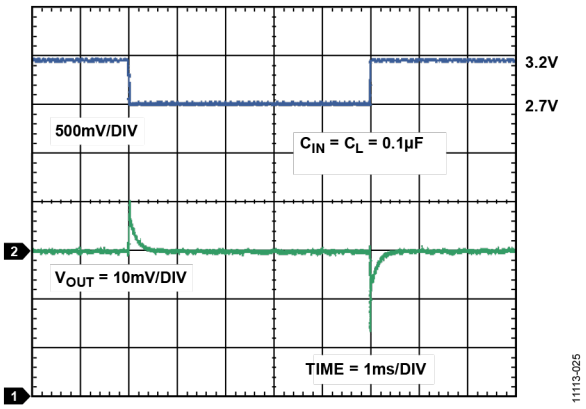


图25. ADR3525线路瞬态响应

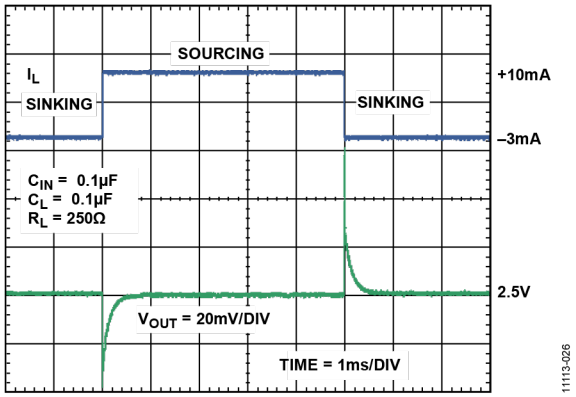


图26. ADR3525负载瞬态响应

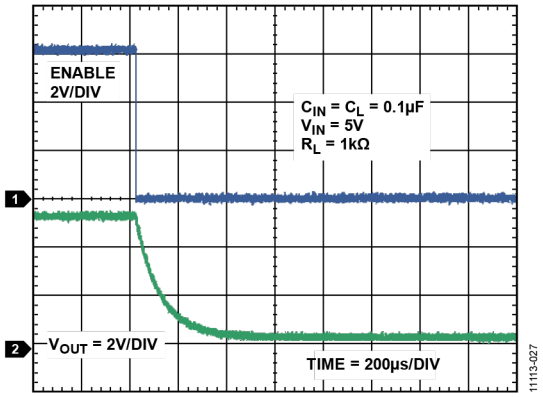


图27. ADR3550关断响应

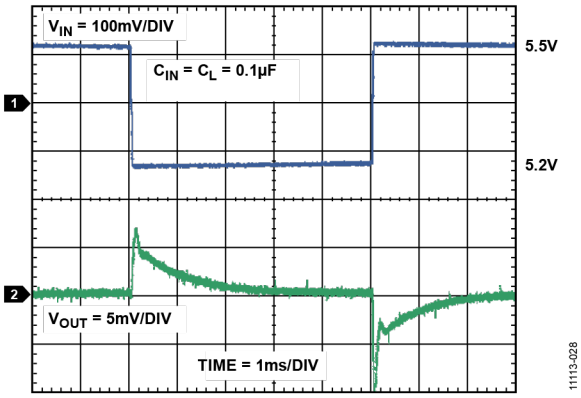


图28. ADR3550线路瞬态响应

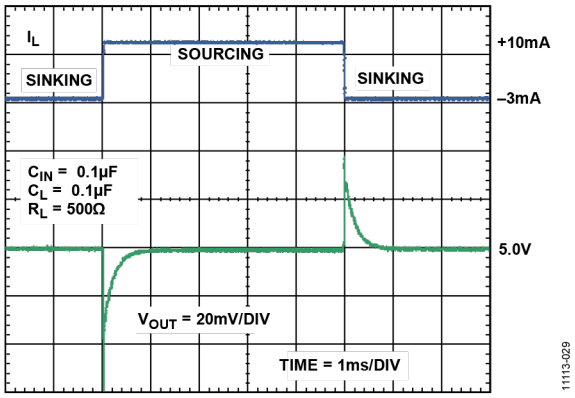


图29. ADR3550负载瞬态响应

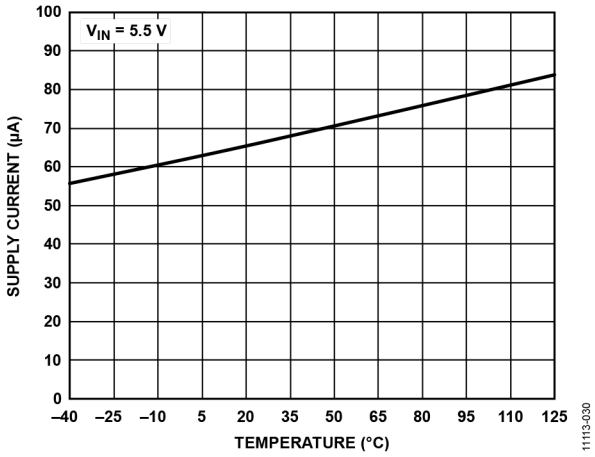


图30. 电源电流与温度的关系

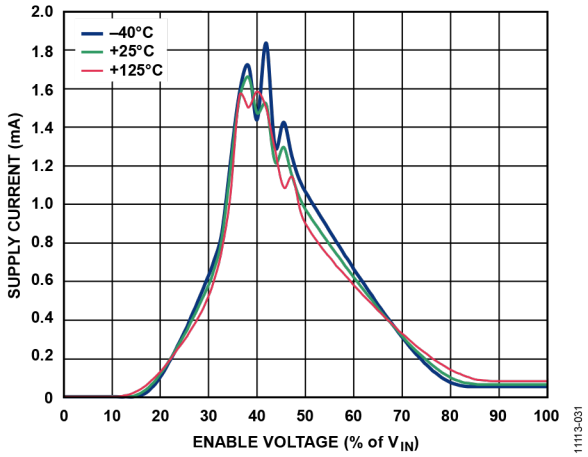


图31. 电源电流与ENABLE引脚电压的关系

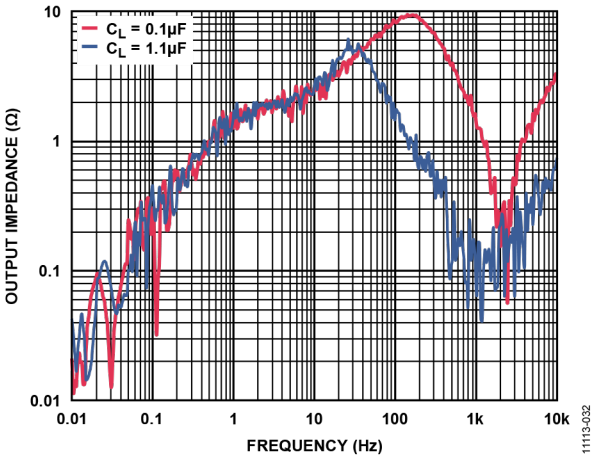


图32. ADR3550输出阻抗与频率的关系

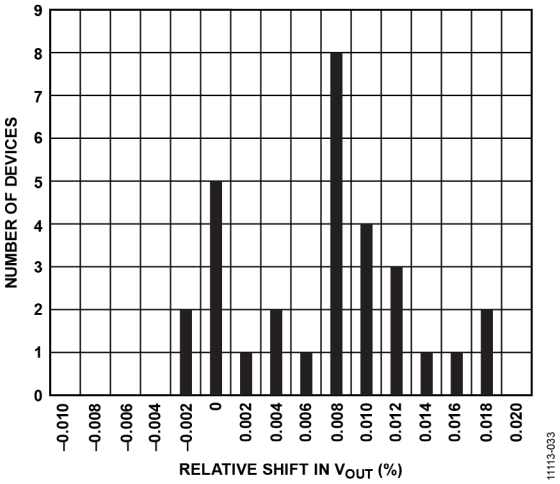


图33. 回流后的输出电压漂移分布（SHR漂移）

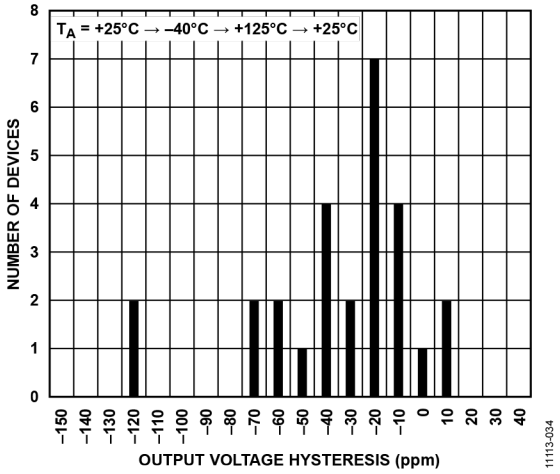


图34. ADR3550热致输出电压迟滞分布

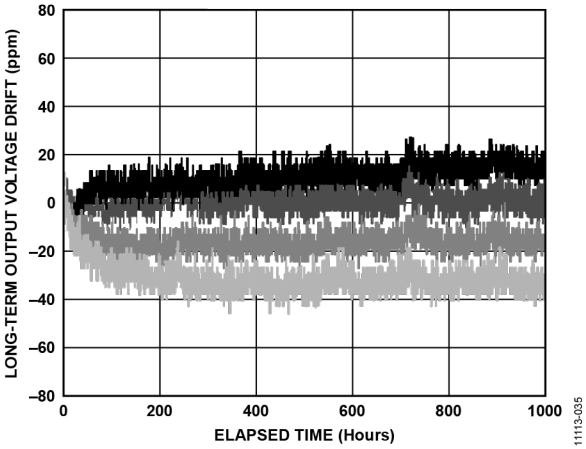


图35. ADR3550的典型输出电压长期漂移（四个器件、1000小时）

术语

压差(V_{DO})

压差有时也称为电源电压裕量或电源输出电压差分，定义为能够使输出电压保持0.1%精度所需的输入电压与输出电压的最小电压差。

$$V_{DO} = (V_{IN} - V_{OUT})_{MIN} | I_L = \text{常数}$$

由于压差取决于流过器件的电流，因此一般用给定负载电流来规定压差。在串联模式器件中，压差通常随着负载电流增大而成比例提高（参见图9和图10）。

温度系数(TCV_{OUT})

温度系数指输出电压变化与器件环境温度变化之间的关系，用25°C时的输出电压进行归一化处理。此参数通过黑盒法确定，可利用下式计算：

$$TCV_{OUT} = \left| \frac{\max(V_{OUT}(T_1, T_2, T_3)) - \min(V_{OUT}(T_1, T_2, T_3))}{V_{OUT}(T_2) \times (T_3 - T_2)} \right| \times 10^6$$

其中：

TCV_{OUT}用ppm/°C表示。

$V_{OUT}(T_X)$表示温度为T_X时的输出电压。

T_1 = −40°C。

T_2 = +25°C。

T_3 = +125°C。

这种三点法能够确保TCV_{OUT}精确地描述测量器件输出电压的三个温度之间的最大差异。

ADR3512在如下三种温度进行测试以确定TCV_{OUT}：−40°C、+25°C和+85°C。

热致输出电压迟滞(ΔV_{OUT_HYS})

热致输出电压迟滞表示器件经过规定的温度循环后，输出电压的变化情况。用电压偏移或与标称输出的ppm偏差表示。

$$\Delta V_{OUT_HYS} = V_{OUT}(25°C) - V_{OUT_TC} \text{ [V]}$$

$$\Delta V_{OUT_HYS} = \frac{V_{OUT}(25°C) - V_{OUT_TC}}{V_{OUT}(25°C)} \times 10^6 \text{ [ppm]}$$

其中：

V_{OUT}(25°C)是25°C时的输出电压。

V_{OUT_TC}是经过温度循环后的输出电压。

长期输出电压漂移(ΔV_{OUT_LTD})

长期输出电压漂移指器件在50°C恒定环境温度下工作1000小时后，输出电压所发生的偏移。用电压偏移或与标称输出的ppm偏差表示。

$$\Delta V_{OUT_LTD} = |V_{OUT}(t_1) - V_{OUT}(t_0)| \text{ [V]}$$

$$\Delta V_{OUT_LTD} = \left| \frac{V_{OUT}(t_1) - V_{OUT}(t_0)}{V_{OUT}(t_0)} \right| \times 10^6 \text{ [ppm]}$$

其中：

$V_{OUT}(t_0)$是50°C时在时间0的V_{OUT}。

$V_{OUT}(t_1)$是50°C时工作1000小时后在50°C下的V_{OUT}。

电压调整率

电压调整率指因输入电压的一定变化而引起的输出电压变化，用每伏百分比、每伏百万分率(ppm)或输入电压每变化一伏特对应的微伏(μV)来表示。该参数考虑了自热效应。

负载调整率

负载调整率指因负载电流的一定变化而引起的输出电压变化，用每毫安微伏、每毫安百万分率或直流输出电阻欧姆来表示。该参数考虑了自热效应。

焊接热阻(SHR)漂移

SHR漂移指器件因进行回流焊而引起的输出电压永久偏移，用ppm表示。导致SHR漂移的原因是封装材料暴露于高温环境后，对裸片的压力发生变化。在无铅焊接工艺中，因为回流温度更高，该效应更为显著。

工作原理

ADR3512采用专利基准电压源架构，通过CMOS工艺实现高精度、低TC和低噪声特性。像所有带隙基准电压源一样，该基准电压源运用两个相反TC的电压来产生几乎与环境温度无关的输出电压。但是，与传统带隙基准电压源不同，该基准电压源的温度无关电压是一个双极性晶体管在室温下的基极-发射极电压V_{BE}，而不是外推到0 K的V_{BE}（双极性晶体管在0 K下的V_{BE}约等于硅材料的带隙电压V_{G0}）。然后将相应的正TC电压与V_{BE}电压相加，以补偿其负TC。

这种技术的主要优势是初始精度和TC可以在互不干扰的情况下进行调整，从而提高整个温度范围内的整体精度。曲率校正技术进一步减少了温度变化的影响。

带隙电压(V_{BG})随后经过缓冲和放大，产生稳定的2.5 V和5.0 V输出电压。输出缓冲器可以向负载提供最多+10 mA的拉电流和最多−3 mA的灌电流。

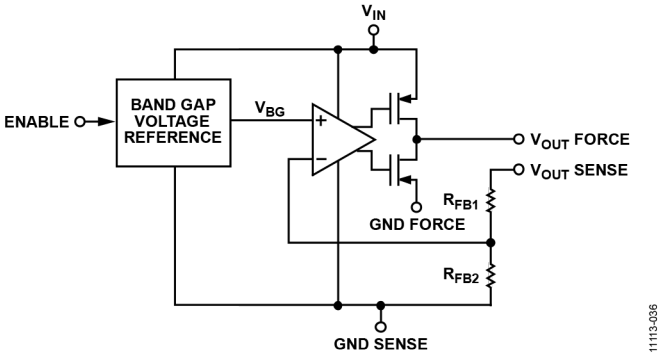


图36. 框图

ADR3512基准电压源利用ADI公司专利DigiTrim技术实现高初始精度和低TC。精密布局技术使得长期漂移和热迟滞非常低。

长期输出电压漂移

ADR3512基准电压源的关键参数之一是长期输出电压漂移。无论何种输出电压型号，在50°C环境温度下，该器件经过1000小时连续无负载工作后，典型漂移约为30 ppm。

需要知道的是，长期输出电压漂移不是设计要求测试或保证的，器件输出偏移可能超出30 ppm的典型规格。大部分漂移发生在器件运行的前200小时中，因此在安装了基准电压源的情况下对系统板进行老化处理，可以降低随后的输出电压时间漂移。*有关长期漂移的影响及如何使其最小的更多信息，*请参阅AN-713应用笔记：长期漂移对基准电压源的影响。

功耗

ADR3512基准电压源能够在室温下和额定输入电压范围内，为负载提供最高10 mA的拉电流。不过，当应用的环境温度较高时，必须仔细监控输入电压和负载电流，确保不要超过器件的最大功耗额定值。器件的最大功耗可通过下式计算

$$P_D = \frac{T_J - T_A}{\theta_{JA}} [\mathrm{W}]$$

其中：

P_D是器件功耗。

T_J是器件结温。

T_A是环境温度。

θ_{JA}是封装（结至空气）热阻。

由于存在这种关系，高温条件下可接受的负载电流可能小于器件的最大拉电流能力。器件决不能在超出最大功耗额定值的条件下工作，否则可能会导致器件永久失效或损坏。

应用信息

基准电压源基本连接

图37所示电路给出了ADR3512基准电压源的基本配置。根据以下部分中的指南连接旁路电容。

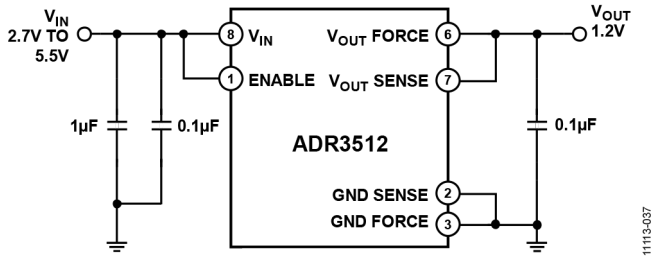


图37. 基准电压源基本连接

输入和输出电容

在电源电压可能发生波动的应用中，应将一个1 µF至10 µF电解或陶瓷电容连接到输入端，以提高瞬态响应性能。此外还应并联一个0.1 µF陶瓷电容，以降低高频电源噪声。

应将一个至少0.1 µF的陶瓷电容连接到输出端，以提高稳定性并帮助滤除高频噪声。此外可并联一个1 µF至10 µF电解或陶瓷电容，以提高瞬态响应性能，更好地应对负载电流的突变；但应注意，这样做会增加器件的开启时间。

利用低等效串联电阻(ESR)（例如1 Ω以下）、低电感陶瓷芯片型输出电容（X5R、X7R等）可以实现最佳的性能和稳定性。如果输出端使用电解电容，应并联一个0.1 µF陶瓷电容以降低输出端的总ESR。

4线开尔文连接

流经印刷电路板(PCB)走线的电流会产生IR压降。走线较长时，这种压降可能达到数毫伏或更大，致使基准电压源的输出电压出现相当大的误差。1英寸长、5毫米宽的1盎司铜走线在室温下的电阻约为100 mΩ；当负载电流为10 mA时，这可以产生整整1 mV的误差。在理想的电路板布局中，基准电压源尽可能靠近负载，使输出走线的长度最短，从而使压降所致误差最小。不过，针对无法或不方便做到这一点的应用，器件提供了驱动和检测连接（有时称之为开尔文检测连接），利用这些连接可使IR压降最低，并提高精度。

开尔文连接的工作原理是向输出和地节点提供一组高阻抗电压检测线路。流经这些连接的电流非常小，因此这些走线上的IR压降可以忽略不计，这样便能精确检测输出和地电压。

这些电压反馈至内部放大器，用于自动校正载流输出线和地线的压降，使负载获得高度精确的输出电压。为实现最佳性能，检测连接应直接连到负载中输出电压最精确的一点。图38给出了一个应用示例。

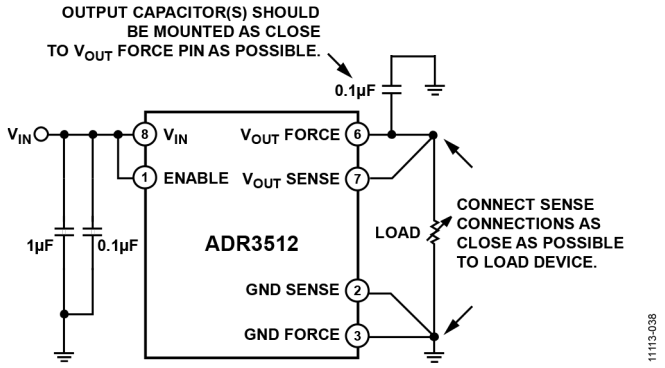


图38. 显示开尔文连接的应用

开尔文连接有很大好处，应尽可能使用。不过，在IR压降可忽略不计或者无法将额外的一组走线布设至负载的应用中，V_{OUT}和地的GND FORCE引脚与GND SENSE引脚可以简单地连接在一起，器件可以像普通3引脚基准电压源一样使用（参见图37）。

V_{IN}压摆率考虑

在输入电压信号慢速上升的应用中，基准电压源的输出端会出现过冲或其它瞬态异常现象。在关断期间，随着内部电路失去电源，也会出现这些现象。

为避免这些情况，应确保输入电压波形具有至少0.1 V/ms的上升和下降压摆率。

关断/使能特性

将0.7 V或更低的电压输入ENABLE引脚时，ADR3512基准电压源可切换到低功耗关断模式。类似地，当ENABLE电压达到0.85 × V_{IN}或更高时，基准电压源进入工作状态。关断期间，电源电流降至5 µA以下；对于要求低功耗的应用非常有利。

使用关断特性时，应确保ENABLE引脚电压不会处于0.7 V和0.85 × V_{IN}之间，因为这将导致器件的电源电流大幅增加，并且可能会妨碍器件正常启动（参见图31）。不使用关断特性时，可以将ENABLE引脚连接到V_{IN}引脚，基准电压源保持连续工作状态。

应用示例

负基准电压源

图39显示如何连接ADR3512与一个标准CMOS运算放大器（如AD8663）来提供负基准电压。这种配置有两个主要优势：首先，它只需要两个器件，因此无需过多板空间；其次，它无需任何外部电阻，这意味着该电路的性能并不依赖于选择低温度系数的昂贵器件来确保精度。

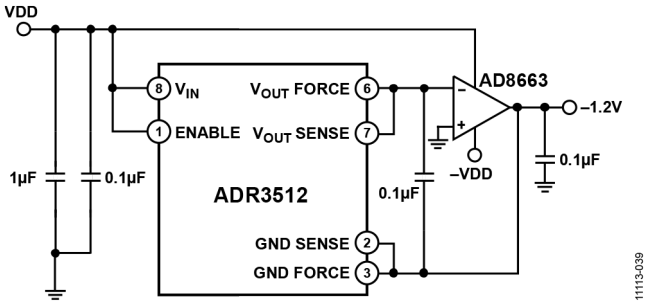


图39. 负基准电压源

在图39中，基准电压源的V_{OUT} FORCE引脚和V_{OUT} SENSE引脚位于虚拟地。负基准电压和负载电流直接从运算放大器输出获得。注意，在负电源电压接近基准输出电压的应用中，必须使用双电源、低失调、轨到轨输出放大器来确保精确的输出电压。该运算放大器还必须能够为应用流出或吸入适当的电流量。

双极性输出基准电压源

图40所示为双极性基准电压配置。将ADR3512的输出连接至运算放大器的反相端，可以同时获得正基准电压和负基准电压。电阻R1和R2必须尽可能严格匹配，以确保负输出与正输出之间的差异最小。如果电路用于温度摆幅较大的环境，应使用低温度系数的电阻。如若不然，随着环境温度变化，两个输出端之间会产生压差。

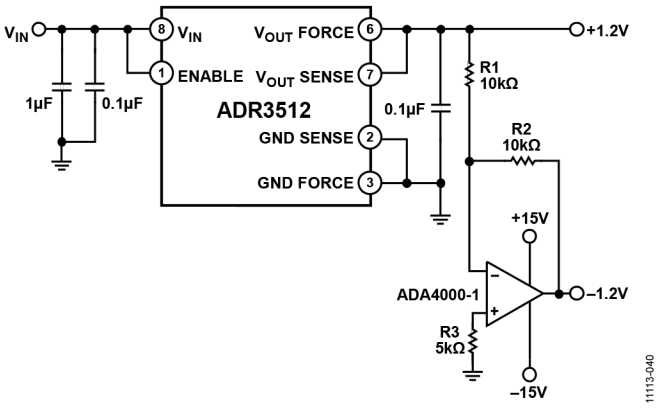


图40. 双极性输出基准电压源

升压输出电流基准源

图41显示一种能够从ADR3512基准电压源获得高电流驱动能力而不牺牲精度的配置。运算放大器调节流经MOSFET的电流，直到V_{OUT}等于基准电压源的输出电压；然后，电流直接从V_{IN}获得，而不是从基准电压源本身获得，从而提高电流驱动能力。

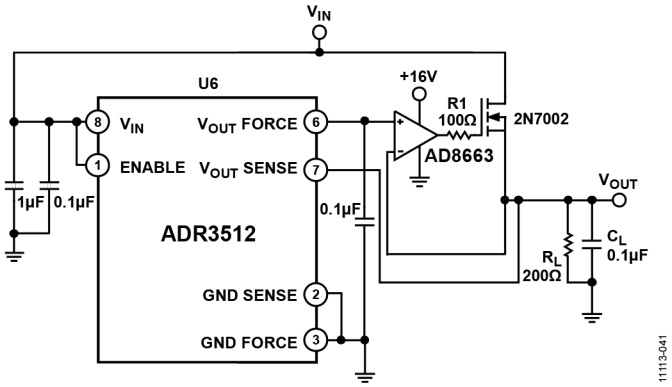


图41. 升压输出电流基准源

该电路的拉电流能力仅取决于MOSFET的I_D额定值，因此只需根据应用选择适当的MOSFET，就能调整输出驱动能力。所有情况下都应将V_{OUT} SENSE引脚直接连到负载器件，以保持最高输出电压精度。

外形尺寸

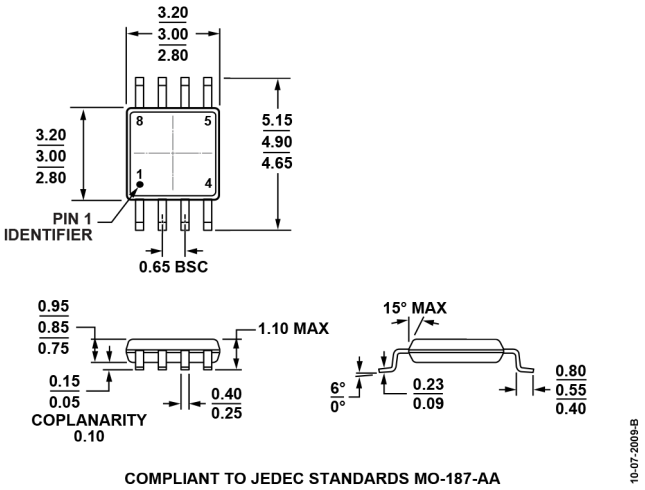


图42. 8引脚超小型封装[MSOP]
(RM-8)
图示尺寸单位：毫米

订购指南

型号[1, 2]	输出电压(V)	温度范围	封装描述	封装选项	订购数量	标识
ADR3512WCRMZ-R7	1.200	−40°C至+125°C	8引脚MSOP	RM-8	1000	R3K

[1] W = 通过汽车应用认证。
[2] Z = 符合RoHS标准的兼容器件。

汽车应用产品

ADR3512W型号的生产工艺受到严格控制，以满足汽车应用的质量和可靠性要求。请注意，车用型号的技术规格可能不同于商用型号；因此，设计人员应仔细阅读本数据手册的技术规格部分。只有显示为汽车应用级的产品才能用于汽车应用。欲了解特定产品的订购信息并获得这些型号的汽车可靠性报告，请联系当地ADI公司的客户代表。

©2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
D11113sc-0-11/15(E)