

## TI 高精度设计：经验证的设计

# 5% 误差，0.5-4.5V 输入电压， $\pm 2A$ 输出电流，桥接式负载 (BTL) 电压至电流 (V-I) 转换器



### TI 高精度设计

TI 高精度设计是 TI 的模拟产品专家创建的模拟解决方案。经验证的设计提供理论、组件选择、仿真、完整的印刷电路板 (PCB) 电路原理图 & 布局布线、物料清单和有用电路的经测试性能。还讨论了有助于符合替代设计目标要求的电路修改。

### 设计资源

[设计存档](#) 所有设计文件  
[TINA-TI](#)™ SPICE 模拟器  
[OPA569](#) 产品文件夹  
[REF5025](#) 产品文件夹

### 电路描述

这个桥接式 (BTL) 电压至电流 (V-I) 转换器电路从一个单端电源生成一个驱动悬空负载的双向电流源。此电路利用一个专门功率放大器内的内部输出电流监视电路 (IMON)。V-I 转换功能通过使用 IMON 电流作为第一个放大器的反馈而实现。第二个放大器将第一个放大器的输出反相来实现 BTL 操作，此操作将负载上的电压摆幅和转换率加倍，并且由一个单端电源实现双向输出。

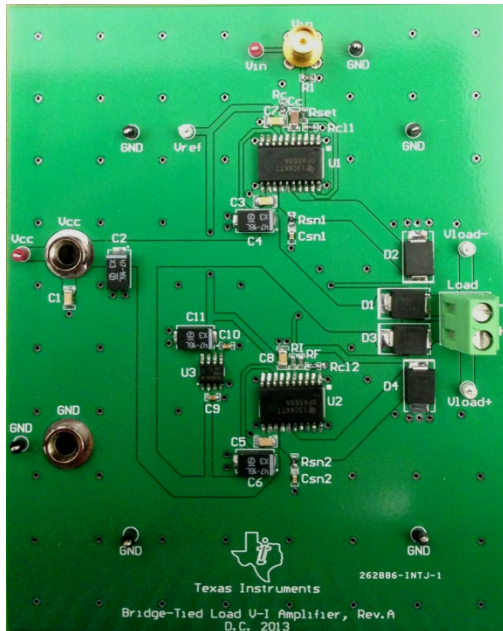
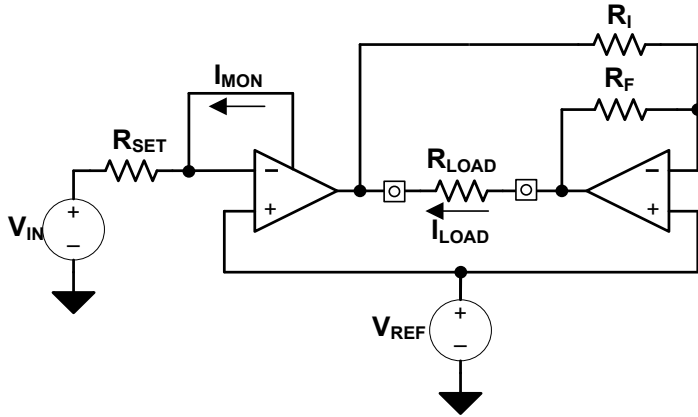


[请咨询模拟产品专家](#)  
[WEBENCH® 设计中心](#)  
[TI 高精度设计库](#)



这个 TI 参考设计末尾的一个重要声明解决了授权使用、知识产权问题和其他重要的免责声明和信息。

TINA-TI 是德州仪器 (TI) 的商标  
WEBENCH 是德州仪器 (TI) 的注册商标



## 1 设计汇总

此设计需求如下：

- 电源电压： 5 V 直流
- 输入： 2.5V 直流电压时， 0.5–4.5V 直流， 零量程输出
- 输出： +/- 2A 直流

Table 1 中总结了此设计目标和性能。 Figure 1 描述了此设计经测试的转换功能。

表 1. 设计目标、经仿真和经测试的性能的比较

	目标	模拟值	测试值
偏移 (% 满量程范围 (FSR))	1	0.033	0.0125
增益误差 (% FSR)	5	1.825	4.55
负载依从性 (V)	4.5	4.698	4.724

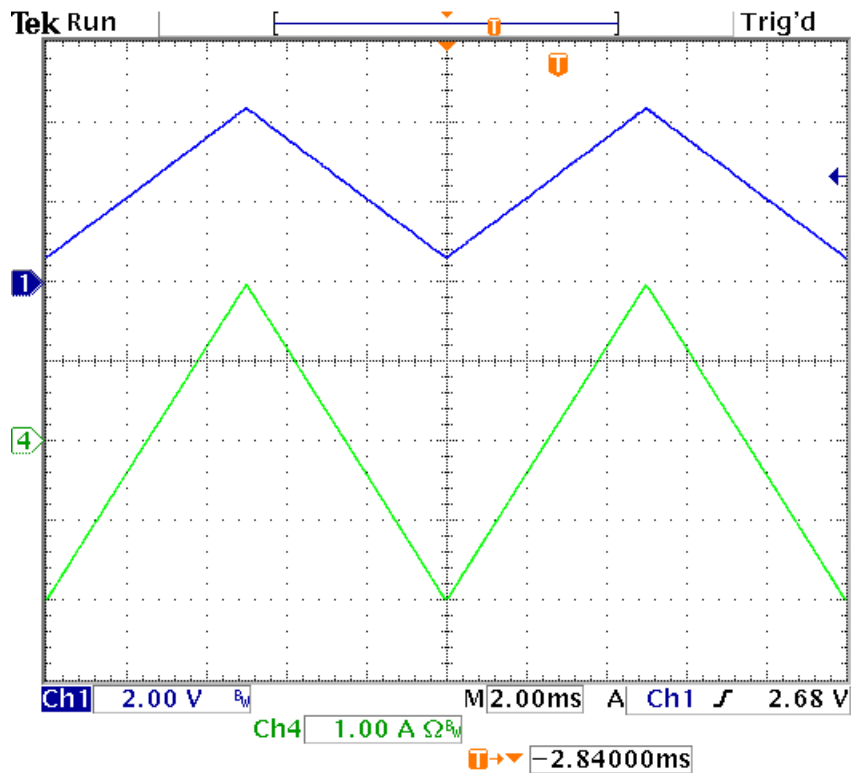


图 1: 经测试的转换功能

## 2 操作原理

图 2 中显示了针对这个设计的更加完整的电路原理图。此电路的  $V-I$  转换功能基于输入电压,  $V_{IN}$ , 基准电压,  $V_{REF}$ , 电流感测电阻器,  $R_{SET}$ , 和运算放大器中  $I_{MON}$  电流监视器的属性。

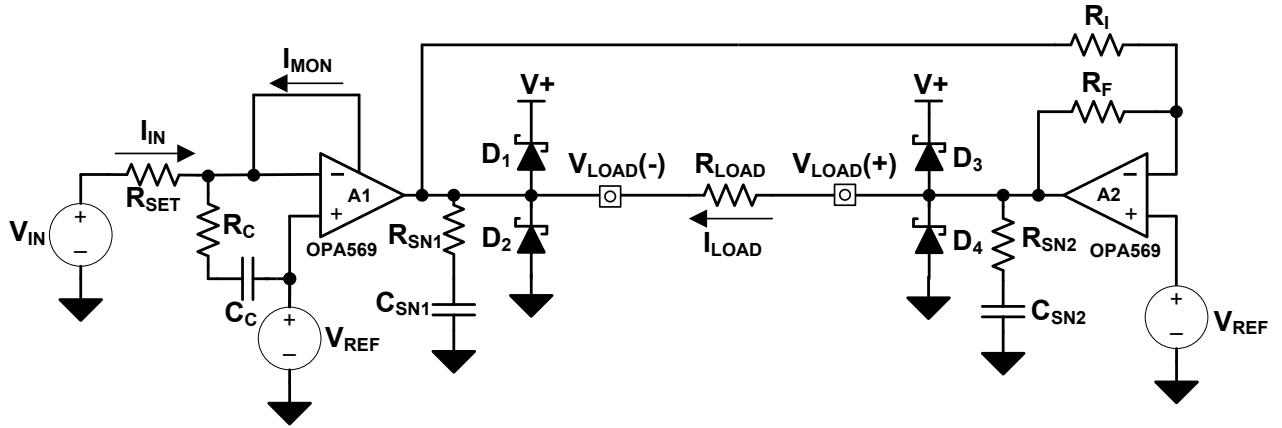


图 2: 完整电路原理图

在等式 1 中定义了针对这个设计的转换函数。

$$I_{LOAD} = \frac{(V_{IN} - V_{REF})}{R_{SET}} \times 475 \quad (1)$$

### 2.1 电路设计

通过使用  $I_{MON}$  电流作为到反相端子（与来自输出的标准阻性反馈相反）的反馈，第一个放大器控制流经负载的电流。此转换功能基于抵消输入电流,  $I_{IN}$ , 此时,  $I_{MON}$  电流将反相端子上的电压保持与  $V_{REF}$  相等。由于  $I_{MON}$  电流与放大器的输出电流,  $I_{负载}$ , 直接相关, 可通过改变到电路的输入电流来控制输出电流。

为了在正向和负向方向上获得相等的输出摆幅,  $V_{REF}$  被选择为  $+2.5V$  来偏置中电源。通过将  $V_{REF}$  施加到 OPA569 的非反相端子, 负反馈也将其反相端子上的电压设定为  $+2.5V$ 。因此, 在电路上施加非  $+2.5V$  的电压将导致输入电流流入反相输入（基于  $R_{SET}$  的值）上的总和节点。

$$I_{IN} = \frac{(V_{IN} - 2.5V)}{R_{SET}} \quad (2)$$

$I_{MON}$  电路创建一个传送到负载的输出电流的 1:475 双向复制。这个 OPA569 的内部电路在设计中免除了对于串联电流感测电阻器的需要, 并且增加了电路的总效率。  $I_{MON}$  电路和负载电流间的关系用等式显示如下。

$$I_{MON} = -\frac{I_{LOAD}}{475} \quad (3)$$

基尔霍夫电流定律表示流入一个公共节点的电流总和必须等于流出此节点的电流总和。因此,  $I_{IN}$  和  $I_{MON}$  流入的方向不同, 并且必须相等和相反。

$$I_{IN} = -I_{MON} \quad (4)$$

代上面等式中的项可生产以下等式。

$$\frac{(V_{IN} - 2.5V)}{R_{SET}} = \frac{I_{LOAD}}{475} \quad (5)$$

计算得出  $I_{\text{负载}}$  生成此设计的转换函数。

$$I_{\text{LOAD}} = \frac{(V_{\text{IN}} - V_{\text{REF}})}{R_{\text{SET}}} \times 475 \quad (6)$$

使用理想的满量程电流和满量程输入电压可得出  $R_{\text{设定}}$ 。计算得出  $I_{\text{负载}}$  生成此设计的转换函数。

$$R_{\text{SET}} = \frac{(4.5 \text{ V} - 2.5 \text{ V})}{2 \text{ A}} \times 475 \quad (7)$$

$$R_{\text{SET}} = 475 \Omega \quad (8)$$

OPA569 器件还特有一个电流限制功能，此功能限制了最大输出电流， $I_{\text{限值}}$ ，使其不超过最大所需值。通过适当地设定电流限制电阻器， $R_{\text{CL1}}$  和  $R_{\text{CL2}}$ ，控制针对放大器的  $I_{\text{限值}}$  值。此电流限值不应在正常运转期间打开，并且应该被安全设定在所需的输出电流范围之外。为了将放大器的输出电流限制在 2.1A，请按照 OPA569 数据表内提供的等式操作。

$$I_{\text{LIMIT}} = 2.1 \text{ A} = 9800 \times \left( \frac{1.18 \text{ V}}{R_{\text{CL}}} \right) \quad (9)$$

$$R_{\text{CL1}} = R_{\text{CL2}} = 5.49 \text{ k}\Omega \quad (10)$$

### 3 组件选择

#### 3.1 运算放大器

为了启用这个设计中描述的 V-I 转换功能，功率放大器需要包含一个内部输出电流监视器，从而免除了对于大多数功率放大器选项的需要。OPA569 功率放大器是一款高电流器件，此器件能够用一个 2A 的输出电流驱动多种负载。它针对输入和输出上具有轨到轨摆幅的低压、单或双电源内核运行进行了优化。OPA569 单位增益稳定，具有低直流误差，并且没有任何其它功率放大器中常见的相位倒置问题。OPA569 被选择用于这个设计，这是因为它包含精度为 +/-3% 的  $I_{\text{MON}}$  电路，此电路符合或超过这个设计的性能需求。

#### 3.2 电压基准选择

在设个电路上施加一个 +2.5V 基准电压来用单电源来适应一个双向输出。连同对基准电压精度的需要，对设计进行了关键性考虑，以确保此解决方案也将提供一个低水平噪声和温度漂移。REF5025 被选中用于这个设计以超过这些关键技术规格。

#### 3.3 输出保护二极管选择

电抗和其它反电势生成的负载会导致输出电压超过电源电压，VCC，并有可能损坏电路。可通过使用肖特基整流器二极管抑制到电源的输出端子电压来避免这个情况。为了保护 OPA569 不受损坏，需要一个 3A 或更大的持续额定电流。30BQ015 肖特基整流二极管被选中用于这个设计来满足这个技术规格并保护电路不受损坏。

#### 3.4 输出缓冲器网络 ( $R_{\text{SN}}$ , $C_{\text{SN}}$ )

直接驱动电抗负载的设计也将从直接放置在放大器输出上的 R-C 缓冲器网络中受益。这个设计中使用的值是标准值，并且有可能需要根据负载进行修改。

### 3.5 环路补偿组件 ( $R_c$ , $C_c$ )

补偿组件  $R_c$  和  $C_c$  提供一个高频路径，使得电流流至非反相输入上的基准电压。 这些组件有助于抑制响应，并且应该被包含在此设计中。 这些值在仿真期间通过试验获得，然后根据实验室测试进行修改。

### 3.6 无源组件选择

这个设计的关键无源组件是转换功能的电阻器部件， $R_{\text{设定}}$ 。 为了满足 5% FSR 增益误差的设计目标，这个电阻器的耐受值被选为 1%。

这个设计中的其它无源组件可选择为 1% 或更大，这是因为它们将不会直接影响这个设计的转换功能。

## 4 模拟

Figure 3 中显示的 TINA-TI™ 电路原理图包括设计过程中获得的电路值。

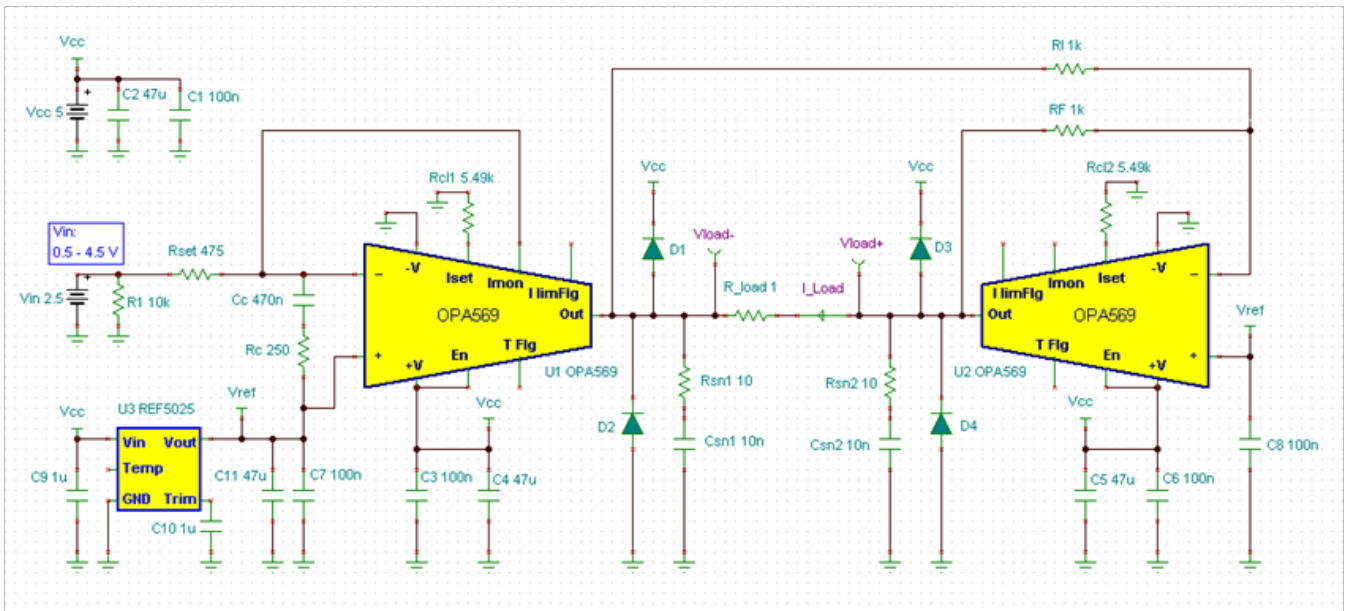


图 3: TINA-TI™ 模拟电路原理图

### 4.1 直流转换功能

Table 2 和 Figure 4 中显示了 Figure 3 内电路的直流转换功能仿真结果。此结果被用作输入电压的函数来参照指定节点上的电压或电流。

表 2 已模拟直流转换功能性能

测量	模拟的结果
负满量程电流 (A)	-1.981
正满量程电流 (A)	1.949
零刻度电流 m(A)	-1.333

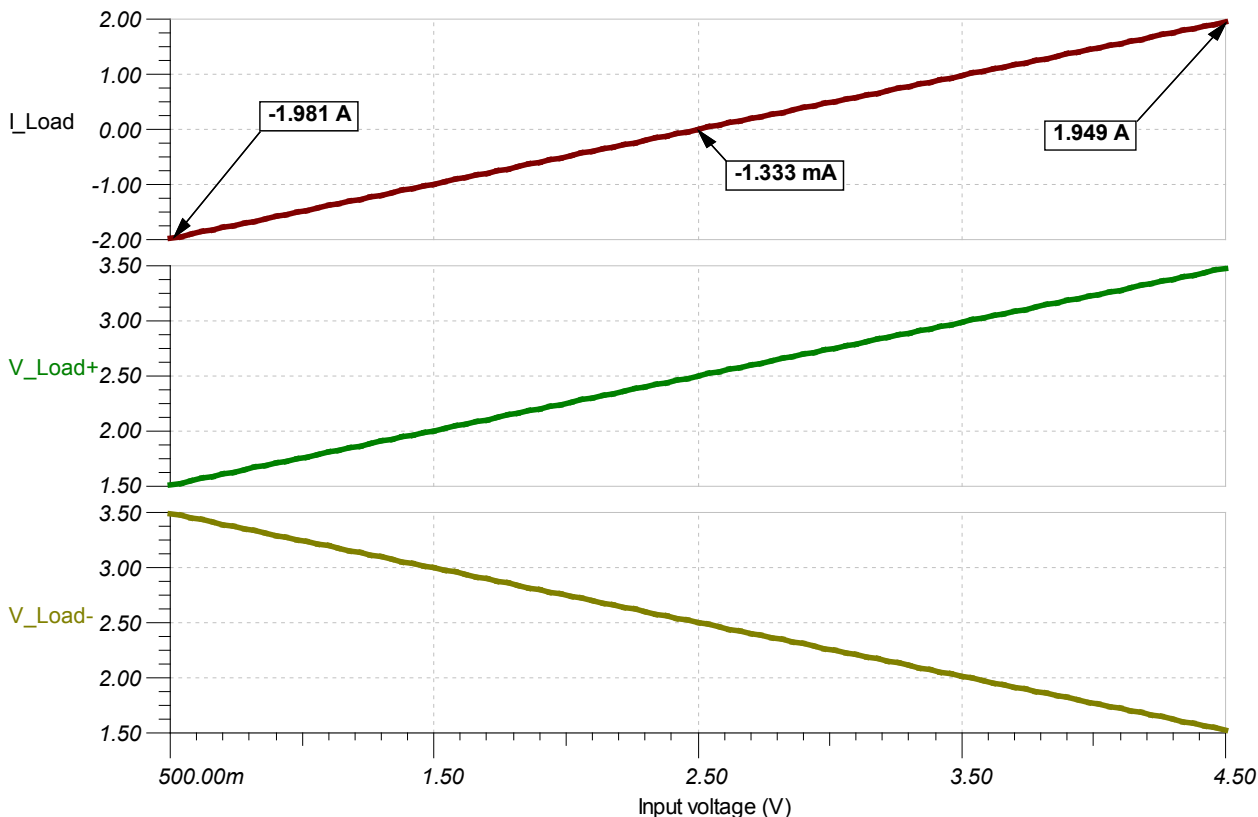


图 4: TINA-TI™ - 直流转换特性

Figure 4 内的模拟结果由理想无源组件获得，此组件将电路中的误差减少至满足运算放大器的性能需要。可通过运行一个蒙特卡洛模拟来获得更多真实的仿真结果，此仿真将无源组件的耐受考虑在内。

Figure 5 显示了进入实际无源组件耐受后执行的一个十迭代蒙特卡洛直流扫描的结果。Table 3 中汇总了蒙特卡洛仿真的平均统计结果。

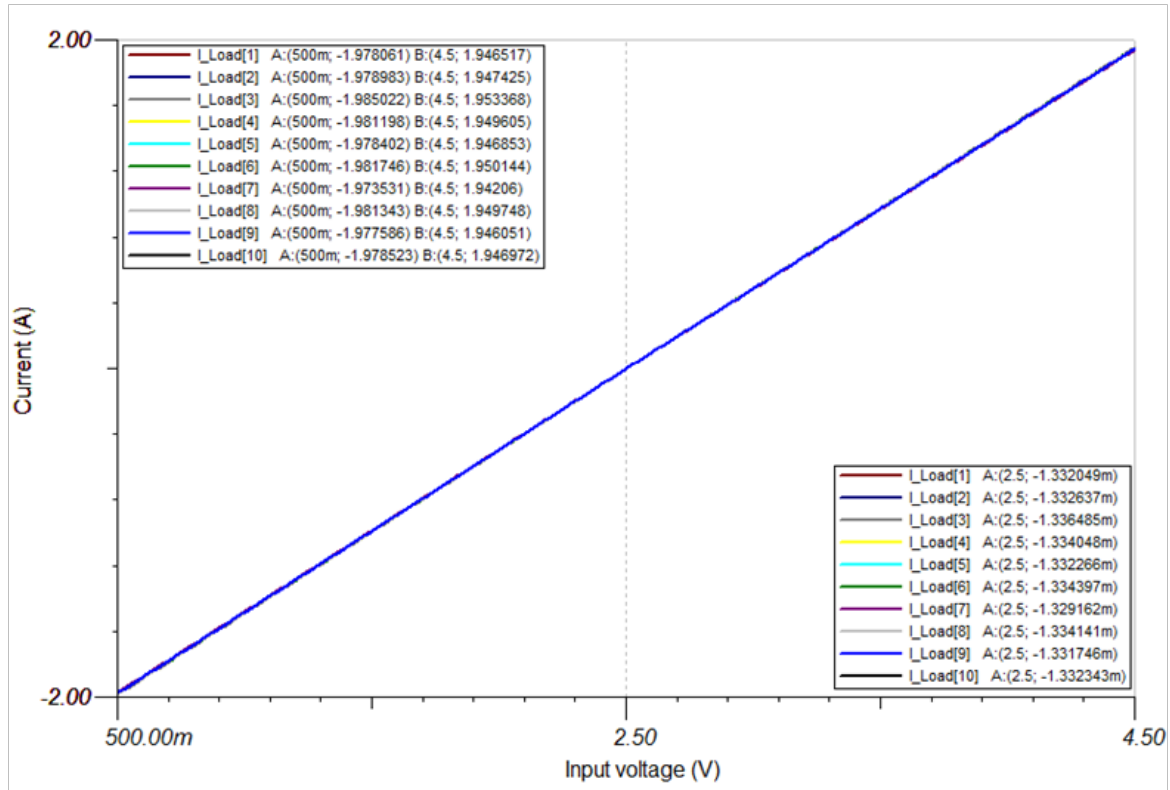


图 5: TINA-TI™ - I<sub>负载</sub>的蒙特卡洛仿真

表 3: 平均蒙特卡洛直流转换结果

测量	结果
零刻度电流 (mA)	-1.333
正满量程电流 (A)	1.948
Negative Full-Scale Current (A)	-1.979
Full-Scale Current (A)	3.927
Full-Scale Current Standard Deviation (σ) (mA)	6.11

The total system gain error from the ideal component sweep was determined using the following equation:

$$\text{Gain Error(\%)} = \frac{(I_{\text{LOAD}}(\text{Ideal\_max}) - I_{\text{LOAD}}(\text{Ideal\_min})) - (I_{\text{LOAD}}(\text{max}) - I_{\text{LOAD}}(\text{min}))}{(I_{\text{LOAD}}(\text{Ideal\_max}) - I_{\text{LOAD}}(\text{Ideal\_min}))} \times 100 \quad (11)$$

The positive and negative gain errors were calculated using similar equations using the ideal positive and negative spans (2A).



## 4.2 Step Response

Figure 6 The results show that the output settles to the proper value with little overshoot and ringing, indicating a stable design.

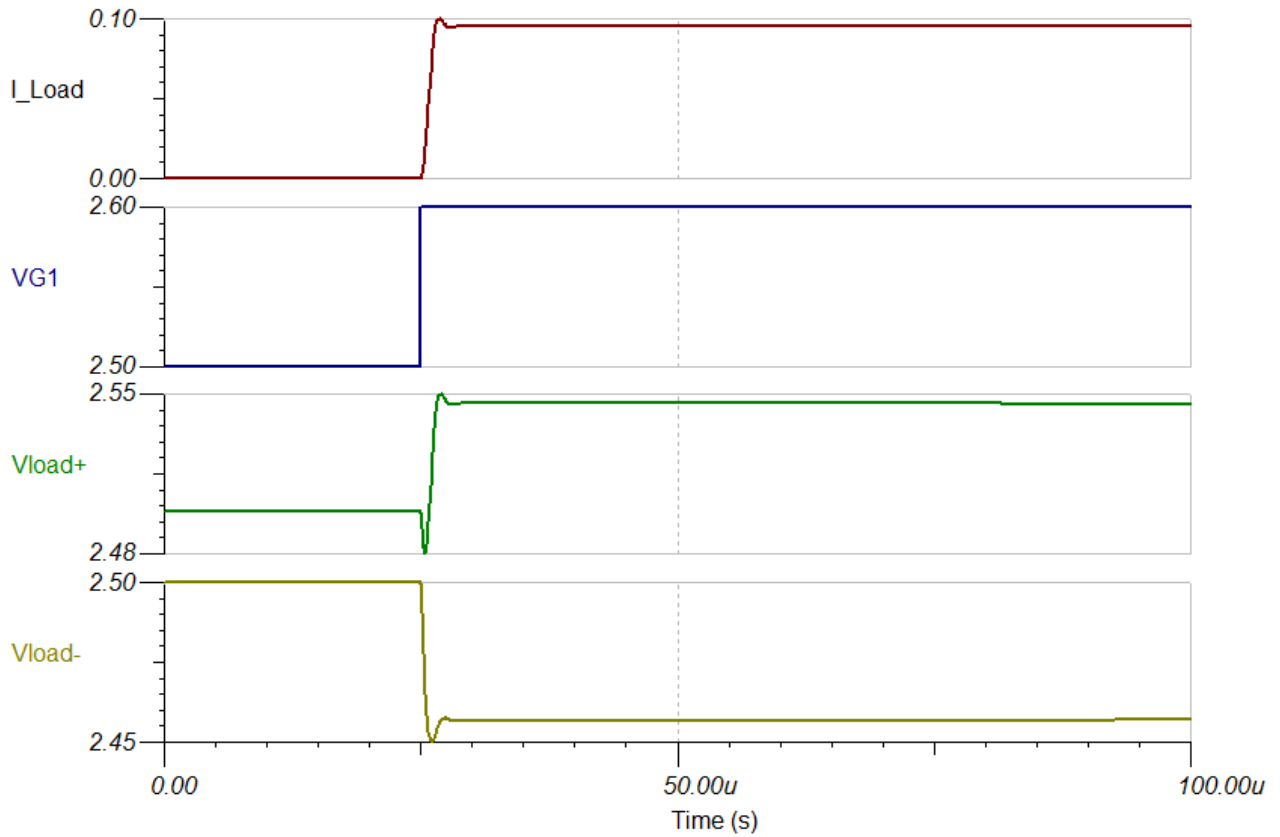


图 6:

## 4.3 Compliance Voltage

Figure 7 The output compliance voltage was found to be 4.698 V and the maximum output resistance was 2.36  $\Omega$ .

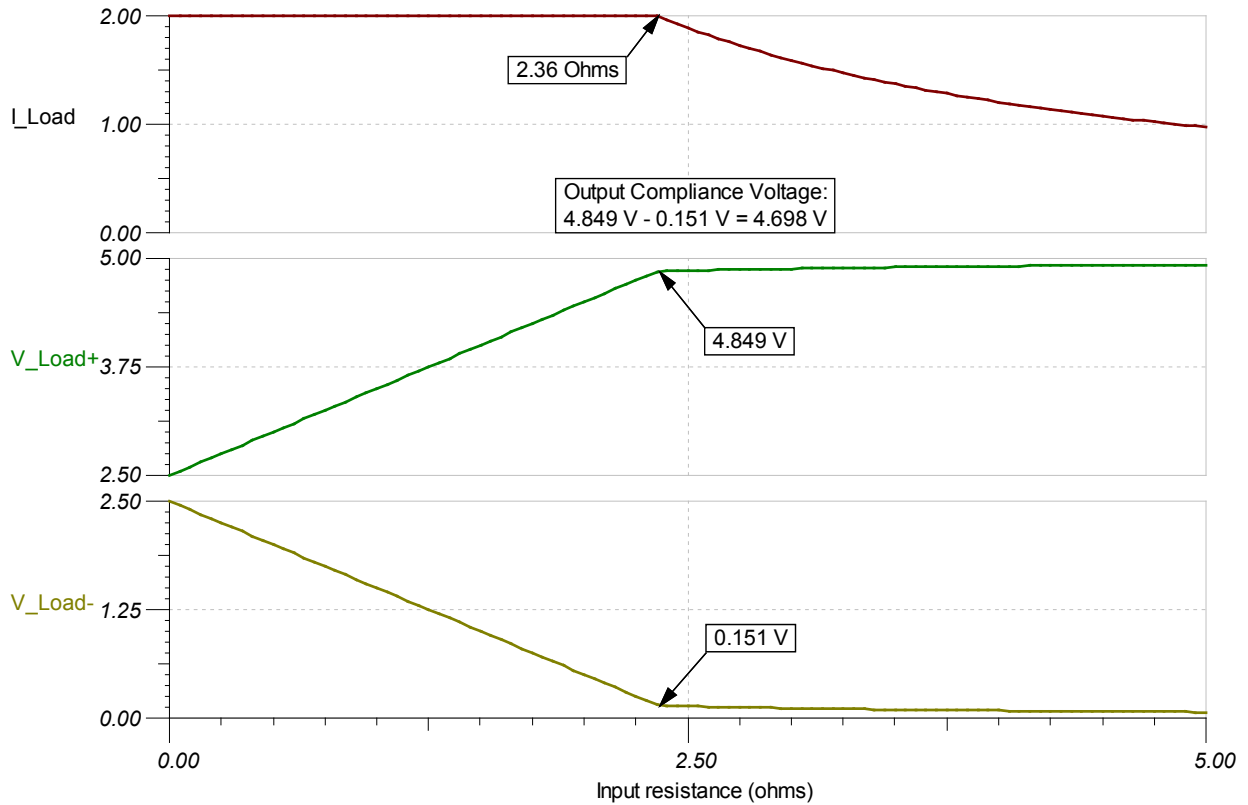


图 7:

#### 4.4 Simulated Result Summary

Table 4

表 4: Simulated Result Summary

	Goals	Simulated	Simulated Monte-Carlo
Offset (%FSR)	0.1	0.033	0.033
Positive Gain Error (%FSR)	不适用	2.55	2.6
Negative Gain Error (%FSR)	不适用	0.95	1.05
Total Gain Error (%FSR)	5	1.75	1.825
Load Compliance (V)	4.5	4.698	4.698

## 5 PCB 设计

### A. 1A.2

#### 5.1 PCB 板面布局

Trace thickness is a primary concern in this design due high current. Any traces in the design that carry a high current should have thickness that ensures a proper degree of current-carrying capacity. In this design, at least 100 mil traces were used for the high current paths.

Figure 8

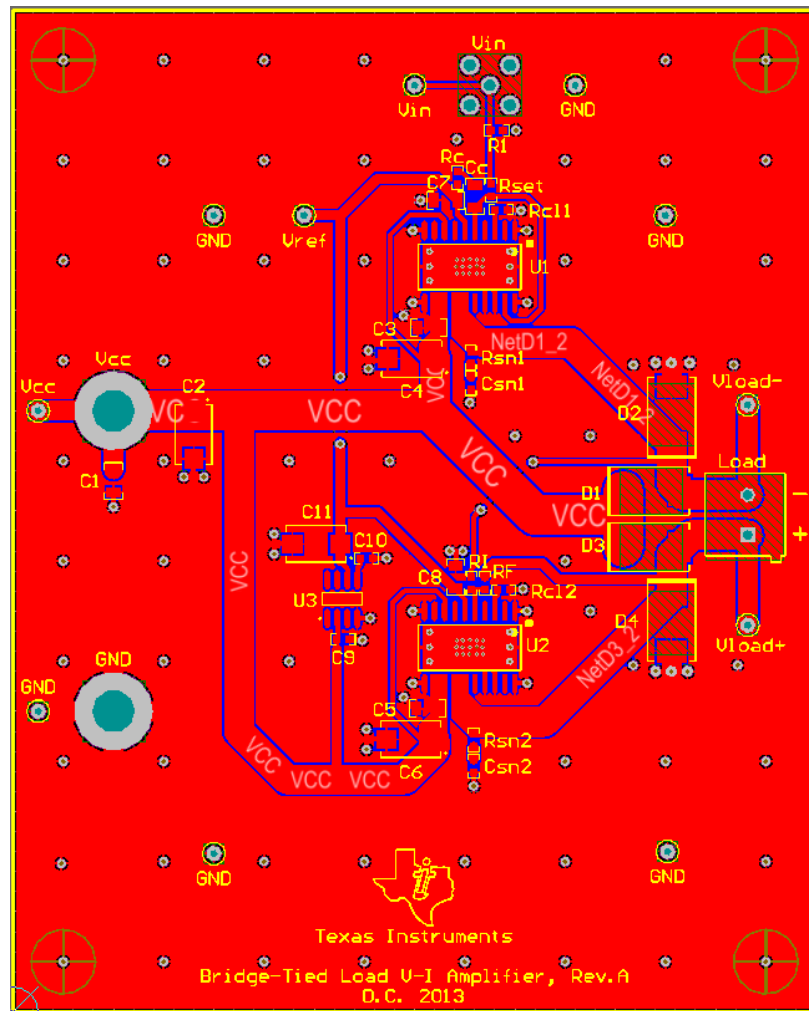


图 8: Altium PCB Layout

In addition to these rules, please reference and abide by general PCB layout guidelines.

6 验证和测量的性能

6.1 Transfer Function

Figure 9

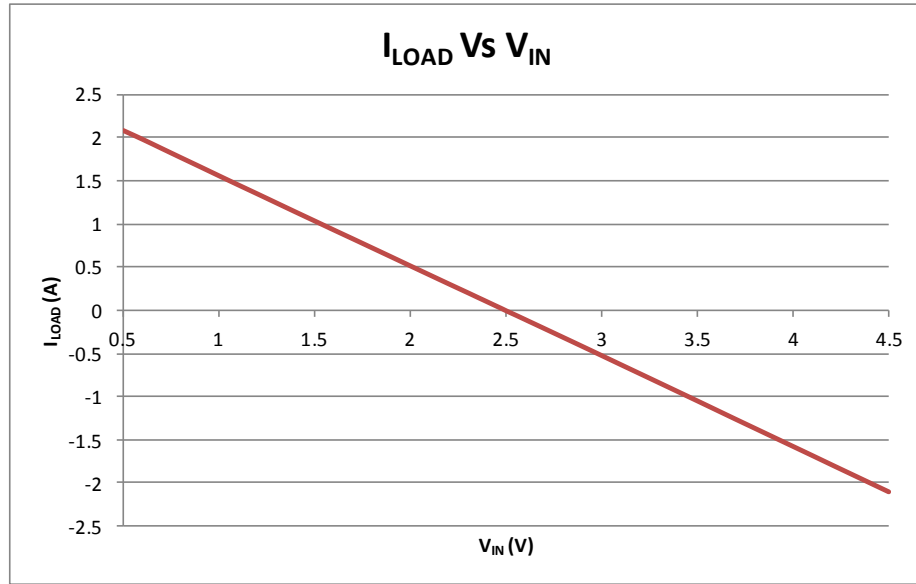


图 9:

表 5: Measured Performance

	结果
Negative Full-Scale Current (A)	-2.096
Positive Full-Scale Current (A)	2.086
Zero-Scale Current (mA)	-0.5

Figure 10

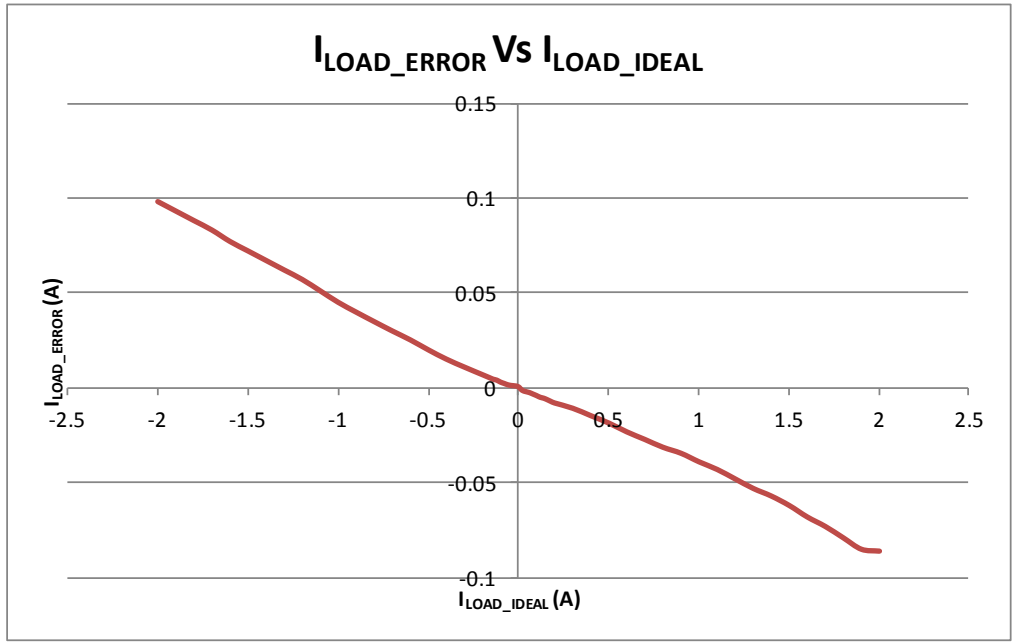


图 10:

Table 6

表 6: Measured Performance (%FSR)

	Measured
Offset Error (%FSR)	0.0125
Positive Gain Error (%FSR)	4.8
Negative Gain Error (%FSR)	4.3
Total Gain Error (%FSR)	4.55

Figure 11

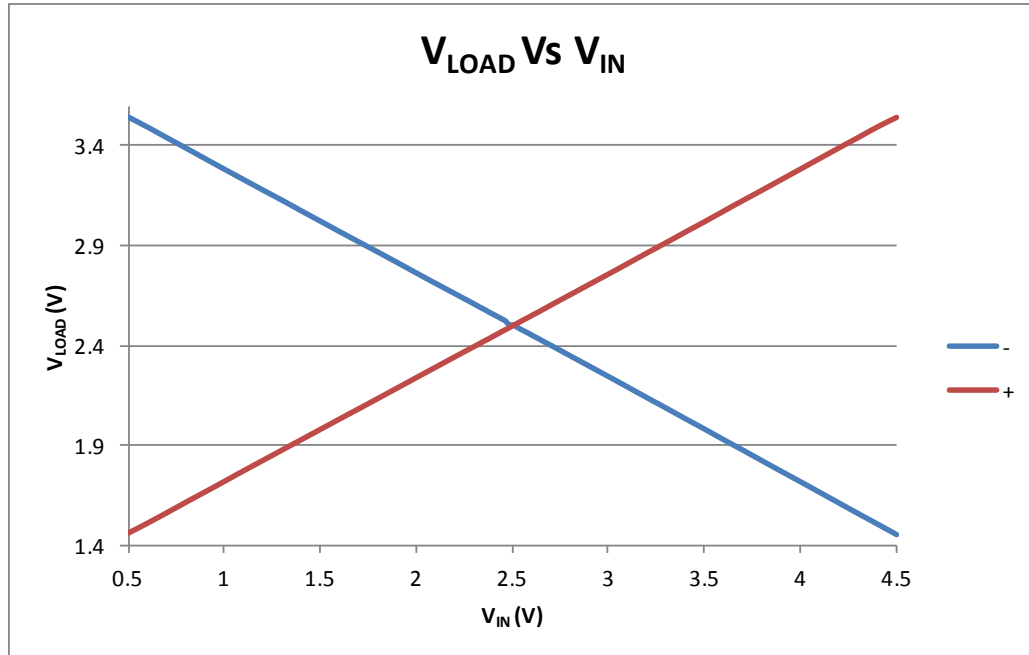


图 11:

## 6.2 瞬态响应

Figure 12

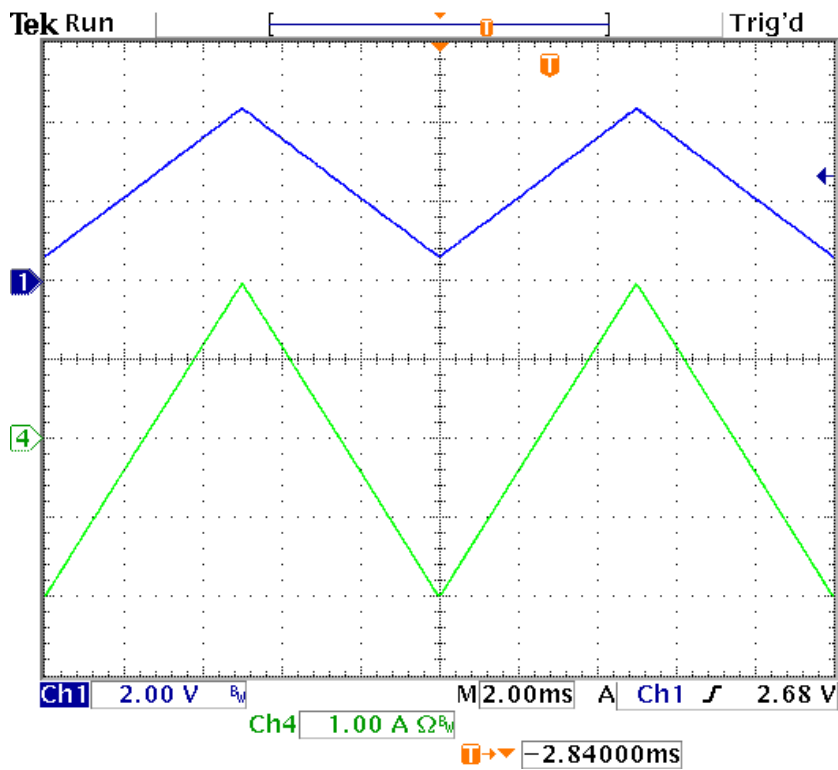


图 12: Full-Scale Triangle Wave Input

A full-scale 4 Vpp, 100 Hz full-scale step response centered at 1 V dc is applied to VIN to observe the full-scale settling response of the design. Figure 13

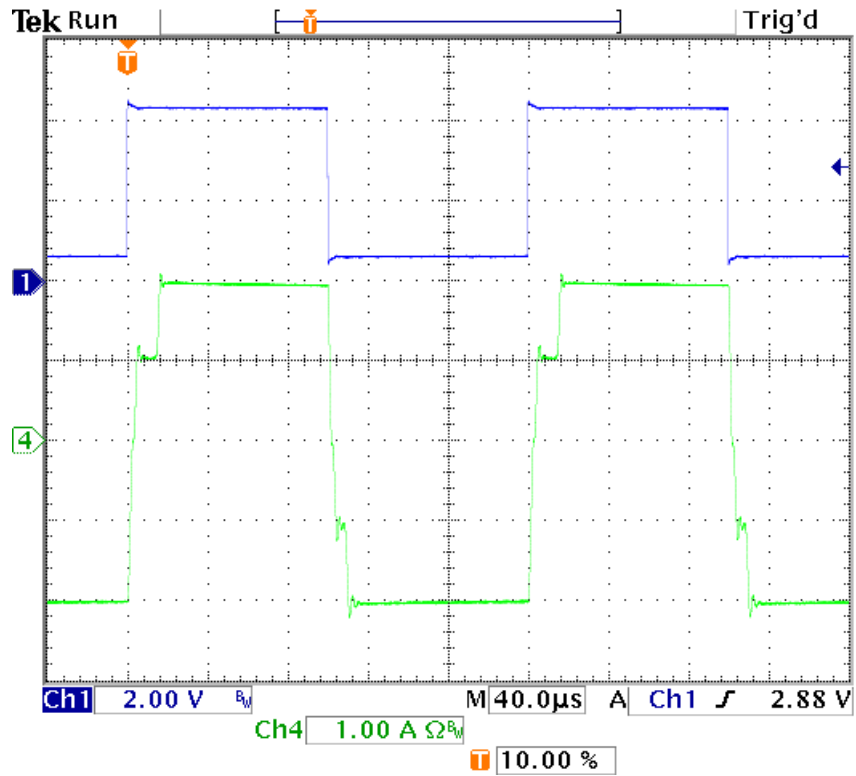


图 13: Full-Scale Settling Response

Figure 14Figure 15Figure 16

Figure 14Figure 15Figure 16

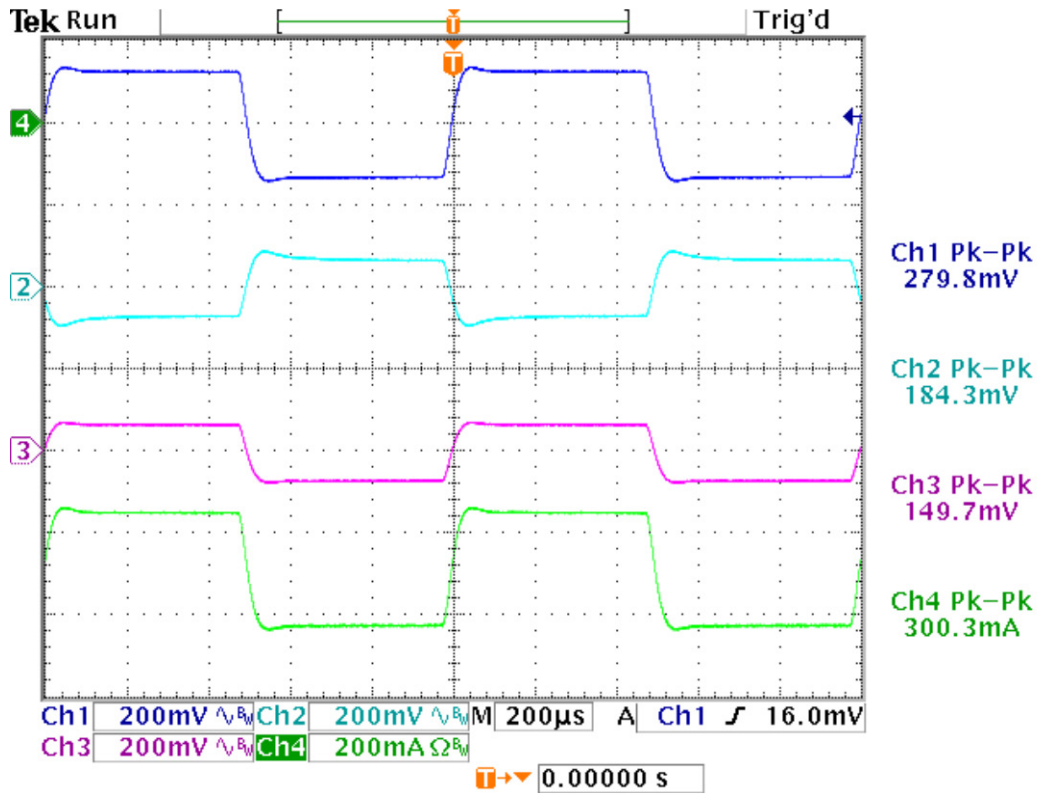


图 14: Small-Signal Stability as a Current Sink

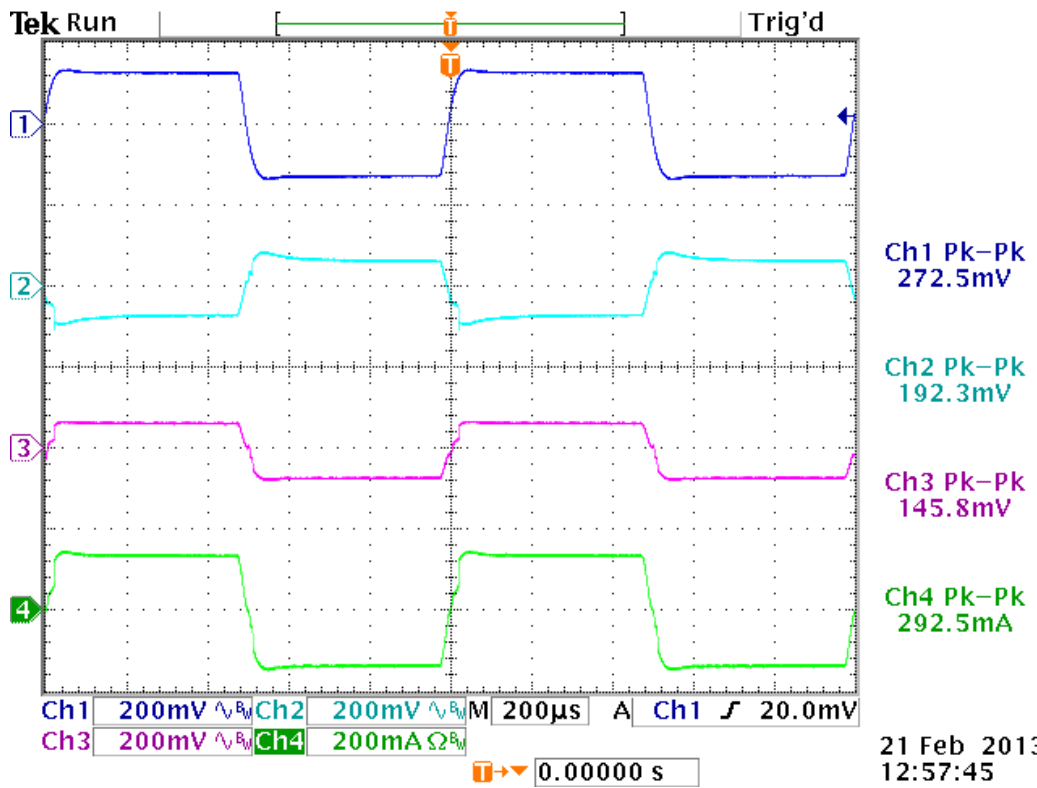


图 15: Small-Signal Stability at Mid-Range



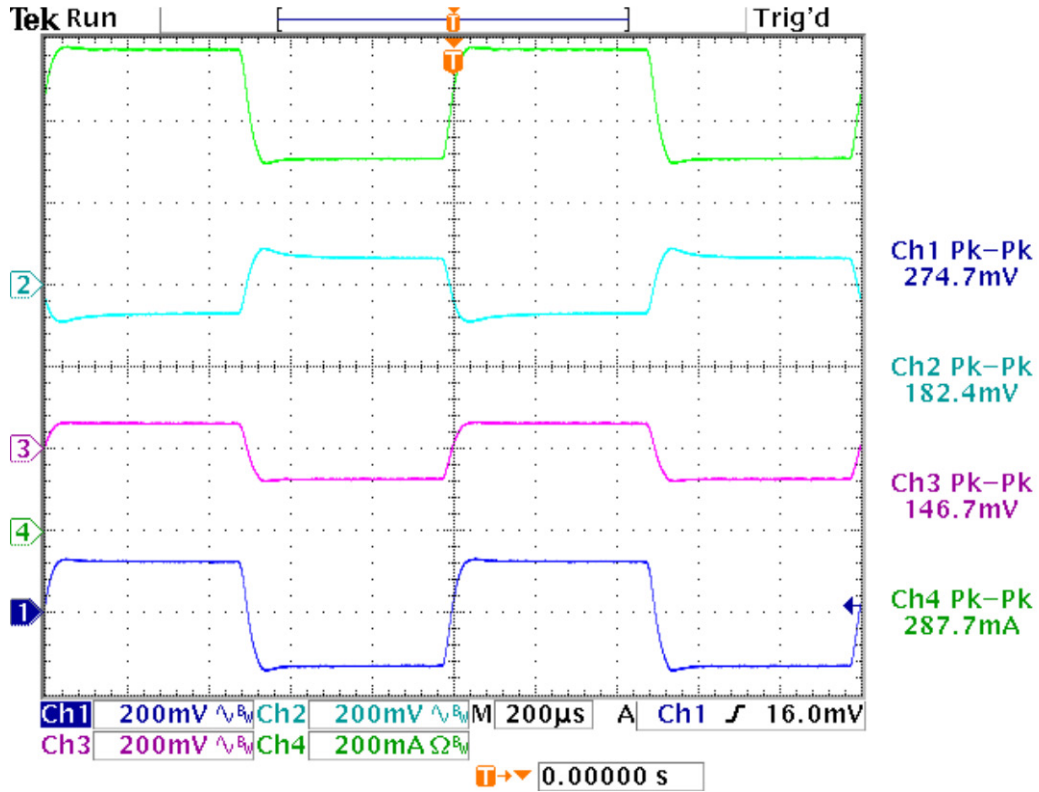


图 16: Small Signal Stability as a Current Source

### 6.3 Compliance Voltage

Figure 17

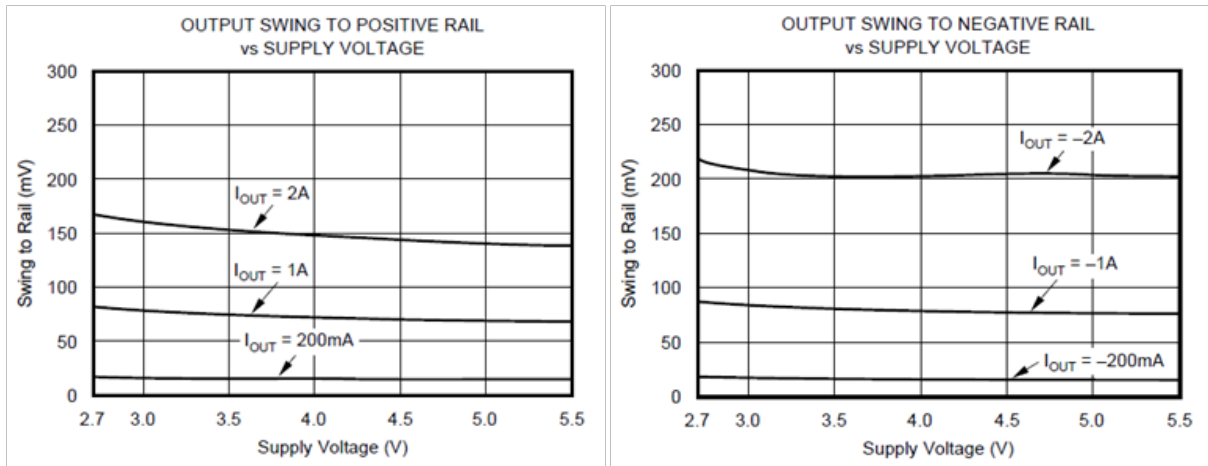


图 17: OPA569 Output Swing vs. Supply Voltage and Output Current

Figure 17 A quick estimate of the load compliance voltage can be made by subtracting the 350 mV of output swing limitation from the 5 V power supply, leaving 4.65 V of output load compliance. The measured value was found to be 4.724 V.

$$R_{\text{LOAD}}(\text{max}) = \frac{V_{\text{COMP}}}{I_{\text{LOAD}}} \quad (12)$$

$$R_{\text{LOAD}}(\text{max}) = 2.362 \, \Omega \quad (13)$$

## 6.4 Measured Result Summary

Table 7

**表 7: Comparison of Design Goals and Measured Performance**

	Goals	Measured
Offset (%FSR)	1	0.0125
Positive Gain Error (+%FSR)	不适用	4.8
Negative Gain Error (-%FSR)	不适用	4.3
Total Gain Error (%FSR)	5	4.55
Load Compliance (V)	4.5	4.724

## 7 修改

The components selected for this design were based on the design goals outlined at the beginning of the design process. The circuit requires a power amplifier that has an internal current-monitoring circuit that can be used as feedback to create the V-I transfer function. However, almost all power amplifiers can be used in a BTL configuration with voltage feedback to the first amplifier. This would produce a standard voltage output system instead of a current output, but would still benefit from all of the performance benefits of a BTL design.

However, increasing the output current swing past the  $\pm 2$  A shown in this design is not possible without the risk of damage to the circuit.

To reduce cost in the reference circuit at the expense of accuracy, a low-cost shunt regulator can be used in place of the REF5025 to provide the +2.5 V reference.

## 8 Potential Application: TEC Driver

Additional data was collected by using a CP30338 Thermo-Electric Cooler, TEC, as the load of the circuit to observe the operating temperature characteristics of the TEC when used in conjunction with this circuit. A TEC creates a heat differential between its two plates based on the Peltier effect, which occurs when a current flows through the TEC. A stick-on resistive-temperature-detector (RTD) temperature probe was used to measure both sides of the TEC.

Figure 18Figure 19

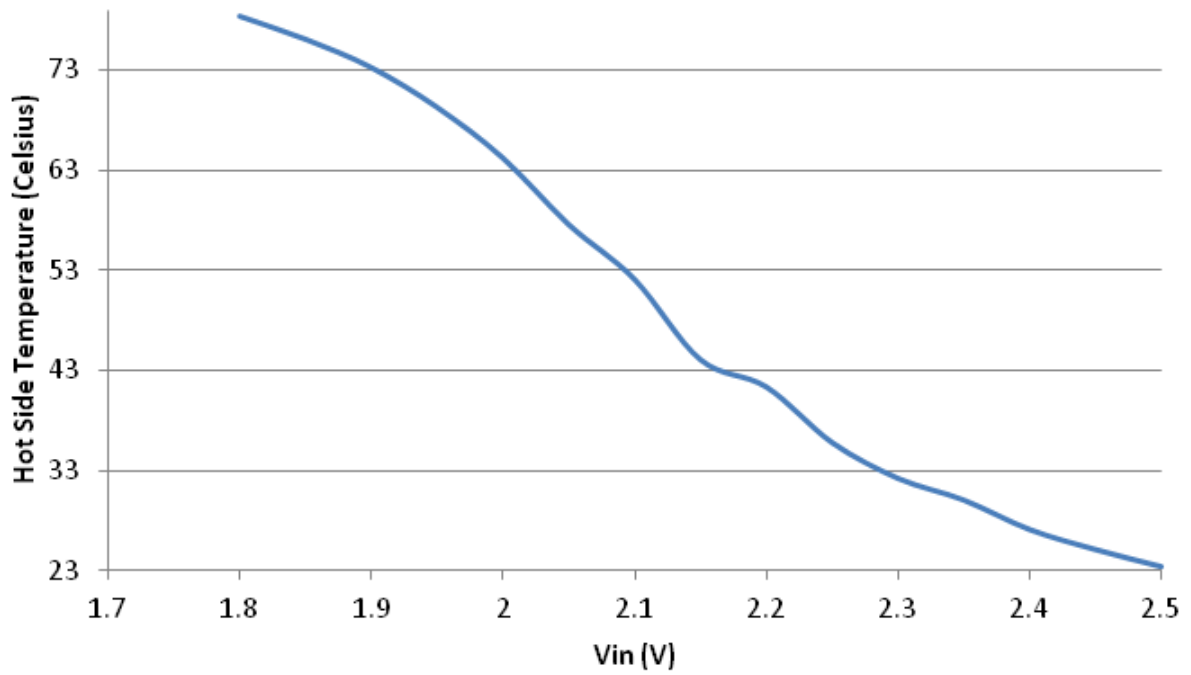


图 18:

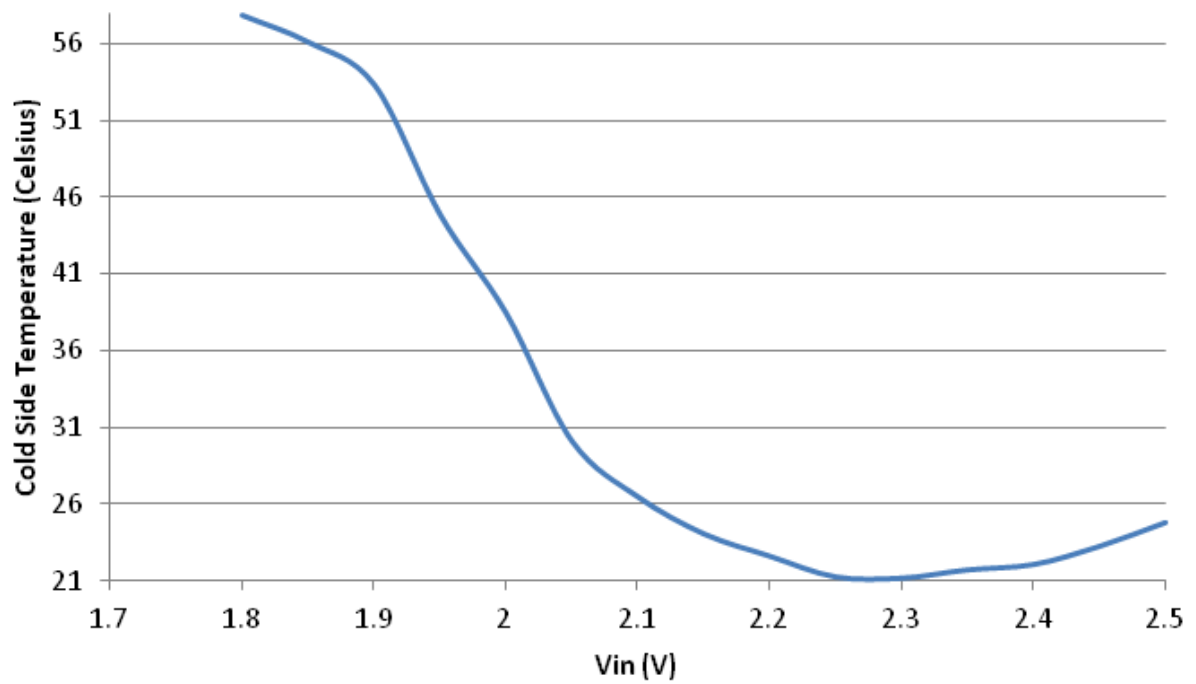


图 19:

## 9 About the Authors

David F. Chan graduated from the Rochester Institute of Technology in May of 2012, where he earned a Bachelor of Science in Electrical Engineering Technology and a minor in both Management and Psychology. He joined Texas Instruments through the Applications Rotation Program in August 2012, where he worked with the Precision Analog - Linear and the Analog Centralized Applications teams.

Collin Wells is an applications engineer in the Precision Linear group at Texas Instruments where he supports industrial products and applications. Collin received his BSEE from the University of Texas, Dallas.

## 10 Acknowledgements & References

## Appendix A.

### A.1 Electrical Schematic

Figure 20

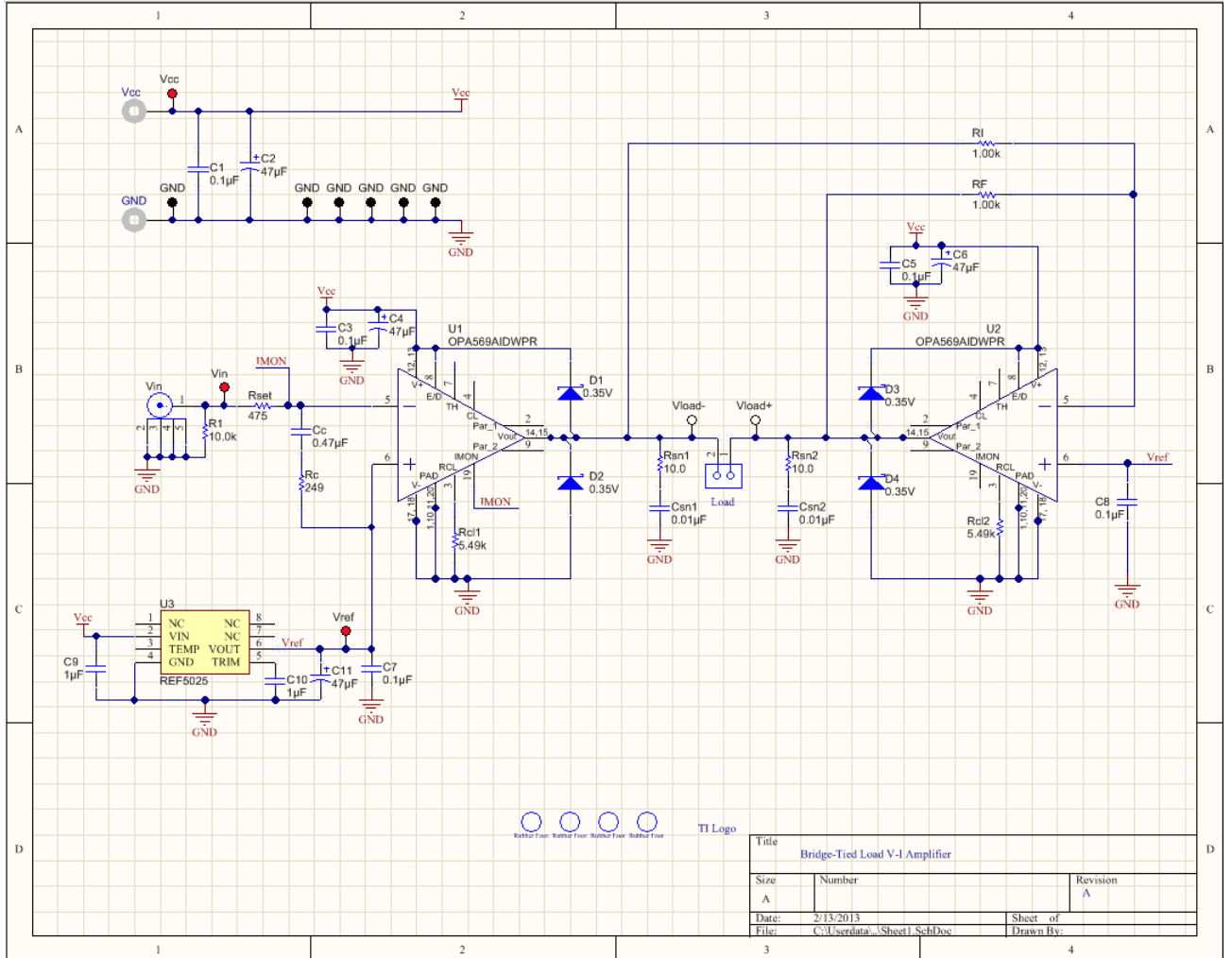


图 20: Altium Schematic

## A.2 物料清单

Figure 21

Quantity	Value	Designator	Description	Manufacturer	Par Number	Supplier Part Number 1
5	0.1uF	C1, C3, C5, C7, C8	CAP, CERM, 0.1uF, 50V, +/-5%, X7R, 1206	AVX	12065C104JAT2A	478-3797-1-ND
4	47uF	C2, C4, C6, C11	CAP, TANT, 47uF, 16V, +/-20%, 0.7 ohm, 7343-31 SMD	Vishay-Sprague	293D476X0016D2TE3	718-1086-1-ND
2	1uF	C9, C10	CAP, CERM, 1uF, 25V, +/-10%, X7R, 0603	MuRata	GRM188R71E105KA12D	490-5307-1-ND
1	0.47uF	Cc	CAP, CERM, 0.47uF, 100V, +/-10%, X7R, 1206	TDK	C3216X7R2A474K	445-2284-1-ND
2	0.01uF	Csn1, Csn2	CAP, CERM, 0.01uF, 50V, +/-5%, X7R, 0603	Kemet	C0603C103J5RACTU	399-1092-1-ND
4	0.35V	D1, D2, D3, D4	Diode, Schottky, 15V, 3A, SMC	International Rectifier	30BQ015TRPBF	V5-30BQ015PBFCT-ND
4		F1, F2, F3, F4	BUMPON CYLINDRICAL .312X.200 BLK	3M	SJ61A1	SJ5746-0-ND
2		GND, Vcc	Standard Banana Jack, Uninsulated, 5.5mm	Keystone	575-4	575-4K-ND
1		Load	Conn Term Block, 2POS, 5.08mm PCB	Phoenix Contact	1715721	277-1263-ND
1	10.0k	R1	RES, 10.0k ohm, 0.1%, 0.1W, 0603	Susumu Co Ltd	RG1608P-103-B-T5	RG16P10.0KBCT-ND
1	249	Rc	RES, 249 ohm, 1%, 0.1W, 0603	Yageo America	RC0603FR-07249RL	311-249HRCT-ND
2	5.49k	Rcl1, Rcl2	RES, 5.49k ohm, 1%, 0.1W, 0603	Yageo America	RC0603FR-075K49L	311-5.49KHRCT-ND
2	1.00k	RF, RI	RES, 1.00k ohm, 1%, 0.1W, 0603	Yageo America	RC0603FR-071KL	311-1.00KHRCT-ND
1	475	Rset	RES, 475 ohm, 1%, 0.1W, 0603	Yageo America	RC0603FR-07475RL	311-475HRCT-ND
2	10	Rsn1, Rsn2	RES, 10.0 ohm, 1%, 0.1W, 0603	Vishay-Dale	CRCW060310R0FKEA	541-10.0HCT-ND
3	Red	TP1, TP9, TP13	Test Point, TH, Miniature, Red	Keystone	5000	5000K-ND
6	Black	TP2, TP3, TP4, TP5, TP6, TP7	Test Point, TH, Miniature, Black	Keystone	5001	5001K-ND
2	White	TP10, TP11	Test Point, TH, Miniature, White	Keystone	5002	5002K-ND
2		U1, U2	IC OPAMP GP R-R 1.2MHZ 20SOIC	Texas Instruments	OPA569	296-26292-1-ND
1		U3	IC VREF SERIES PREC 2.5V 8-SOIC	Texas Instruments	REF5025	296-27641-1-ND
1		Vin	Connector, TH, SMA	Emerson Network Power	142-0701-201	J500-ND

图 21: 物料清单

## 针对 TI 参考设计的重要声明

德州仪器公司 ("TI") 参考设计只用于帮助设计人员 ("客户") 开发包含 TI 半导体产品的系统 (在这里也指"组件")。客户理解并同意他们对设计客户系统和产品中的独立分析、评估和判断负责。

TI 参考设计已经使用标准实验室条件和工程实践创建。TI 未采取任何测试, 除非那些在已发布文档中针对一个特定参考设计所专门描述的测试。TI 也许会对它的参考设计进行修正、提高、改进和其它改变。

客户被授权使用具有每个特定参考设计中确认的 TI 组件的 TI 参考设计, 并且在他们的终端产品开发中修改参考设计。然而, 在这里不授予任何其它 TI 知识产权的直接或隐含, 默许或其它方式的许可, 和任何第三方技术或知识产权的许可, 其中包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权、或者与采用了 TI 产品或服务的任何集成、机器或工艺相关的知识产权。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

TI 参考设计"按原样"提供。对于参考设计或者包括精度和完整性在内的直接、隐含或者法律规定的参考设计的使用, TI 不作出任何保证或声明。TI 不对任何隐含的适销性、针对特定用途的适用性、平静受益权、无干扰享有权, 以及与 TI 参考设计或其使用相关的任何第三方知识产权的非侵权作出任何保证。TI 不对任何与 TI 参考设计中提供的产品组合相关的或基于这些产品组合的第三方侵权声明负责, 并且不应为客户提供辩护或赔偿。不论是何原因造成任何实际的、特殊的、意外的、相应发生的或间接的损坏, 并且不论 TI 是否已经告知了 TI 参考设计的任何使用或 TI 参考设计的客户使用所造成的此类损坏的可能性, TI 都不应对此负责。

TI 保留根据 JESD46 最新标准, 对所提供的半导体产品和服务进行更正、增强、改进或其它更改的权限, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

对于 TI 数据手册、数据表或参考设计中的 TI 信息, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。第三方信息可能受到其它限制条件的制约。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在客户的安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。借助于这样的组件, TI 的目标是帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或"增强型塑料"的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的组件。客户认可并同意, 对还未指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 将不承担任何责任。

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道1568号, 中建大厦32楼邮政编码: 200122  
Copyright © 2014, 德州仪器半导体技术(上海)有限公司

## 重要声明

德州仪器(TI)及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准,对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改,并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息,并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内,且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定,否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险,客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息,不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可,或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分,仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时,如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分,则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权,且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意,尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供,但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意,他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识,可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中,为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此,此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备)的授权许可,除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意,对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用,其风险由客户单独承担,并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品,这些产品主要用于汽车。在任何情况下,因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

产品	应用
数字音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a> 通信与电信 <a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a> 计算机及周边 <a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a> 消费电子 <a href="http://www.ti.com.cn/consumer-apps">www.ti.com.cn/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a> 能源 <a href="http://www.ti.com.cn/energy">www.ti.com.cn/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a> 工业应用 <a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a> 医疗电子 <a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a> 安防应用 <a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a> 汽车电子 <a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a> 视频和影像 <a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>
OMAP应用处理器	<a href="http://www.ti.com/omap">www.ti.com/omap</a>
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a> 德州仪器在线技术支持社区 <a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道1568号, 中建大厦32楼 邮政编码: 200122  
Copyright © 2014, 德州仪器半导体技术(上海)有限公司