

TI 高精度设计： 经验证的设计

由单极性电压输出数模转换器 (DAC) 产生 $\pm 10V$ 双极性模拟输出



TI 高精度设计

TI 高精度设计是由 TI 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的电路修改。

设计资源

[设计存档](#) 全部设计文件

[TINA-TI™](#) SPICE 模拟器

[DAC8560](#) 产品文件夹

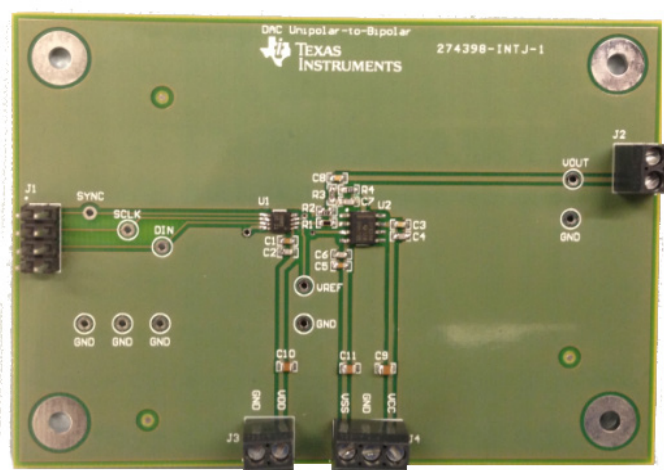
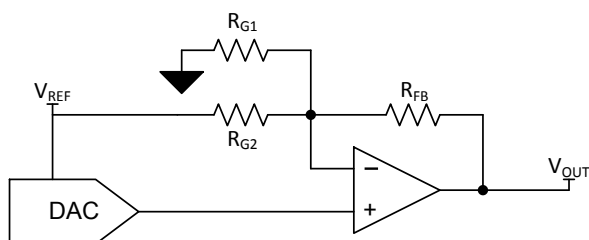
[OPA188](http://www.ti.com/product/dac8560) <http://www.ti.com/product/dac8560>

电路描述

这款单极到双极信号调节电路使用一个具有负反馈和 3 个电阻器（采用经修改的求和放大器配置）的运算放大器来从普通单电源单极数模转换器 (DAC) 中生成高压双极输出。 这个设计将考虑生成工业过程控制应用中常用的电压输出，并且将驱动工业应用中常见的长电缆等电抗负载。 此设计的基本原理可被扩展为将任何单极 DAC 调节为任一双极运行范围。



[请询问模拟产品专家](#)
[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

设计要求如下：

- DAC 电源电压： +5V 直流
- 放大器电源电压： $\pm 15V$ 直流
- 输入： 3 线制，24 位串行外设接口 (SPI)
- 输出： $\pm 10V$ 直流

Table 1 中总结了设计目标和性能。 Figure 1 用一个三角波输出图示测得的此设计传递函数。

表 1： 设计目标、模拟和测得的性能间的比较

	目标值	模拟值	测得值
未调整总误差 (% FSR)	0.250	0.230	0.0939
电容驱动 (nF)	20	20	20

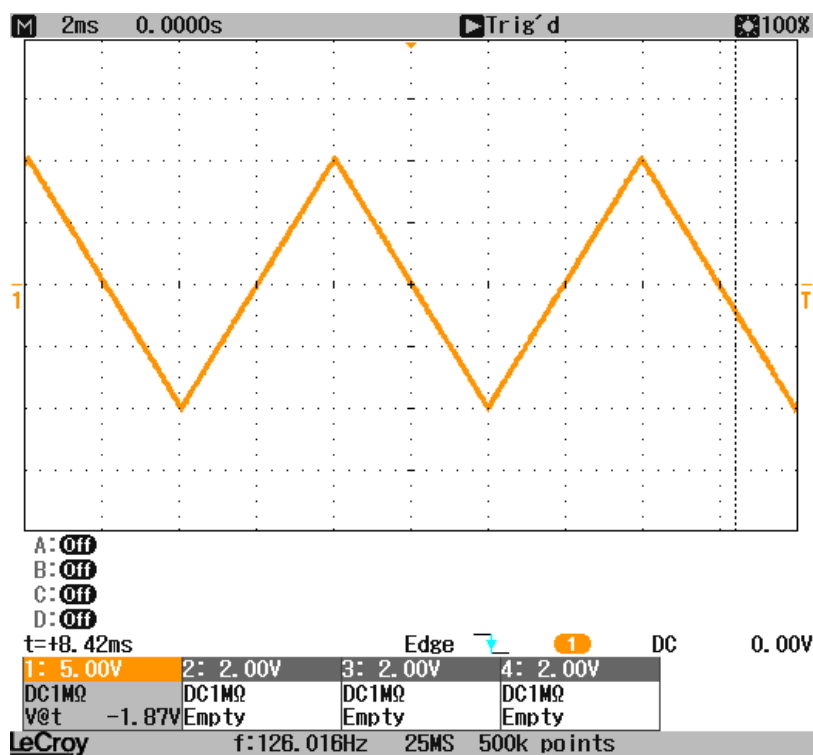


图 1： 设计的满量程输出

2 操作原理

在 Figure 2 中显示了包括电容负载补偿在内的一个更加完整的设计电路原理图。直流传递函数取决于反馈电阻器 R_{FB} 与增益设置电阻器 R_{G1} 和 R_{G2} 之间的比率。

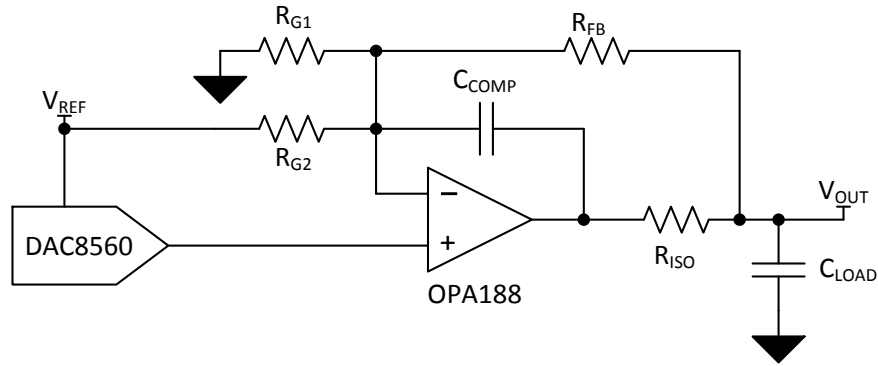


图 2：完整电路原理图

本设计的直流传递函数为：

$$V_{OUT} = \left(1 + \frac{R_{FB}}{R_{G2}} + \frac{R_{FB}}{R_{G1}}\right) V_{DAC} - \frac{R_{FB}}{R_{G2}} V_{REF} \quad (1)$$

2.1 选择电阻器值

这个电路内的放大器使用负反馈以确保反相和非反相端上的电压是相等的。当 DAC 输出为零 (0V) 时，反相端是一个虚拟地，所以没有电流流经 R_{G1} ，这使电路运行为一个增益等于 R_{FB} / R_{G2} 的反相放大器。当 DAC 输出为满量程时 (V_{REF})，反相端子电压等于 V_{REF} ，所以没有电流流经 R_{G2} ，这使电路运行为一个增益等于 $(1 + R_{FB} / R_{G1})$ 的非反相放大器。

可通过简单的三个步骤来选择电阻器值，以实现由任一单极 DAC 产生任何双极输出范围。对于这个设计， V_{REF} 被选为 2.5V，这是一个对于普通 DAC 很常见的内部基准值，也是一个很容易获得的外部基准值。这个设计所需的输出范围为 $\pm 10V$ 。

首先，使用等式 1 中的传递函数，考虑负满量程输出情况，此时 V_{DAC} 等于 0V， V_{REF} 等于 2.5V，并且 V_{OUT} 等于 -10V。这个情况被用来计算 R_{FB} 与 R_{G2} 之间的比率，并在等式 2 中明确显示。

$$\begin{aligned} -10V &= \left(1 + \frac{R_{FB}}{R_{G2}} + \frac{R_{FB}}{R_{G1}}\right)(0) - \frac{R_{FB}}{R_{G2}}(2.5V) \\ -10V &= -\frac{R_{FB}}{R_{G2}}(2.5V) \\ R_{FB} &= 4 * R_{G2} \end{aligned} \quad (2)$$

其次，考虑正满量程输出情况，此时， V_{DAC} 等于 2.5V， V_{REF} 等于 2.5V，并且 V_{OUT} 等于 10V。这个情况被用来计算 R_{FB} 与 R_{G1} 的比率，并在等式 3 中明确显示。

$$10V = \left(1 + \frac{R_{FB}}{R_{G2}} + \frac{R_{FB}}{R_{G1}}\right)(2.5V) - \frac{R_{FB}}{R_{G2}}(2.5V) \quad (3)$$

$$10V = \left(1 + \frac{R_{FB}}{R_{G1}}\right)(2.5V)$$

$$R_{G1} = \frac{R_{FB}}{3}$$

最后，用 R_{G2} 的理想值来计算 R_{FB} 和 R_{G2} 的理想值。选择 R_{G2} 值的关键考虑应该为基准源的驱动强度，以及选择小值电阻器来最大限度地减少由电阻器网络引起的噪声。对于这个设计， R_{G2} 被选为 $8.25k\Omega$ ，这个值将额定工作条件下汲取自基准源的峰值电流限制在大约 $333\mu A$ ，这个值在 DAC8560 的 $20mA$ 限制以内。在这个情况下，针对每个电阻器的理想且最接近 0.1% 耐受值，0603 封装值是一样的。

表 2： 电阻器网络值

电阻器	值
R_{G1}	$11k\Omega$
R_{G2}	$8.25k\Omega$
R_{FB}	$33k\Omega$

对于这个设计来说，寻找满足要求的 0.1% 标准电阻值时可能会遇到一些问题，可能要反复尝试多个值来找到满足要求的参数，也有可能符合要求的值根本不存在。替代方法可包括采用串联和/或并联的多个电阻器，使用电位计进行模拟调整校准，或者在输出电路中提供额外增益，并采用数字校准。在输出电压必须达到设计目标端点 ($\pm 10V$) 的系统中，有可能需要对电路施加额外的增益。这个方法也许会产生额外的系统误差，因为端点误差因系统而异。对于这个设计，设计过程中计算出的准确值将被用来保持误差分析易于跟踪。

为了提供一个“接近通用”的线缆驱动解决方案， C_{LOAD} 被选择为一个大于典型线缆电容值的值，这样，其电容值将决定输出放大器可见的电抗负载。为了驱动更大的电容负载，也许需要调整 R_{ISO} ， C_{COMP} 和 C_{LOAD} 。

- 3 输入偏置电流 (I_{B}) 也可成为一个因素，但是通常情况下，电阻器网络由足够的小值电阻器实现，这样，输入偏置电流的影响是可以忽略不计的。

3.1 DAC 选择

为了使设计简便，选择允许使用外部基准源的器件，或者具有内部基准，且内部基准可供外部电路使用的器件，这个基准被用来产生一个偏移电压。这个设计中的 DAC 选择应该主要基于直流误差的数量，这个值通常包含偏移误差、增益误差和积分非线性误差。有时，提供额外的技术规格，此技术规格总结了通常被称为零代码误差和满量程误差的端点误差。对于交流应用，必须额外考虑转换率和稳定时间。

3.2 放大器选择

放大器输入失调电压 (V_{OS}) 是针对这个设计的关键考虑。运算放大器的 V_{OS} 是一个典型数据表技术规格，但是电路性能也会受到温度内漂移，共模抑制比 (CMRR) 和电源抑制比 (PSRR) 的影响，所以也应考虑这些参数。对于交流运行，应该额外考虑转换率与稳定时间。输入偏置电流 (I_{B}) 也可成为一个因素，但是通常情况下，电阻器网络由足够的小值电阻器实现，这样，输入偏置电流的影响是可以忽略不计的。

3.3 无源组件选择

放大器电阻网络中电阻的匹配度对于本设计的成功与否至关重要，应该选择足够精密的元件。本设计采用 0.1% 的电阻，针对不同应用的具体要求可加以调整。在本设计中，电阻的匹配度对于偏移误差和增益误差均有贡献，如本文档的仿真部分所示。稳定性补偿元件 R_{ISO} 和 C_{COMP} 的容差要求不高，1% 可以接受。

4 仿真

4.1 DAC 直流传递函数

Figure 3 所示 TINA-TI™ 电路采用理想运算放大器和上述设计过程中计算所得理想电阻值。这个模型被用来模拟由 DAC8560 引起的系统偏移和增益误差。DAC8560 由一个在 0V 至 2.50V 范围内扫描的理想电压源，连同非反相放大器进行建模，此放大器具有模拟 ±0.05% FSR 的 DAC8560 典型增益误差的增益。此外，一个 5mV 的串联电压源被用来模拟典型 DAC8560 偏移误差。由于 INL 模型不是直接可用的，它将从数据表中计算得出。这不会模仿真实的器件运行状态，这是因为它不包括一个零代码误差模型，但是将也足够估算 DAC 线性运行范围内的性能。

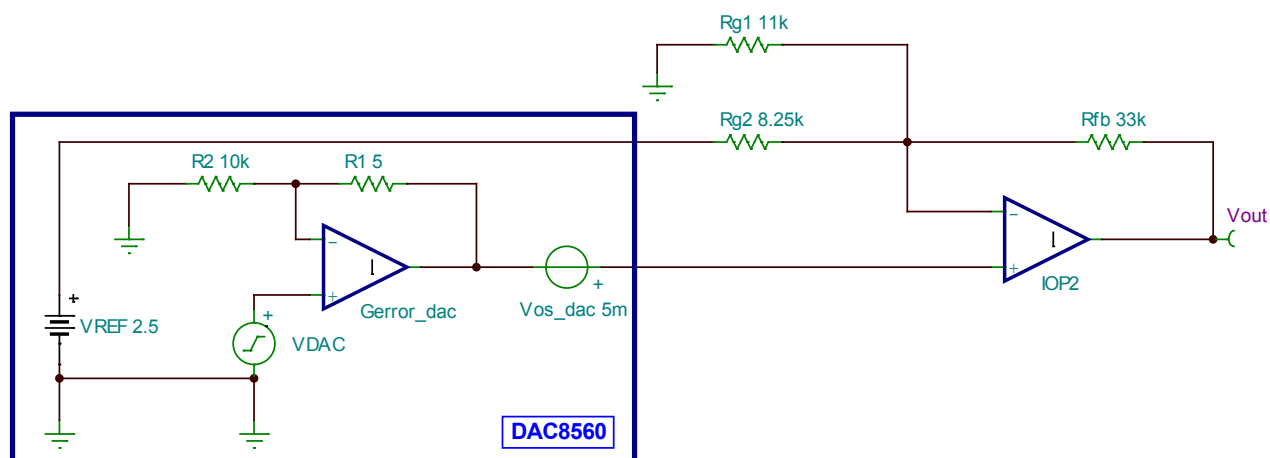


图 3： TINA-TI™ - DAC 端点误差电路原理图

Figure 3 中电路的直流传递函数模拟结果在 Figure 3 和 Figure 4 中显示。此结果将与运算放大器的模拟结果和电阻容差一起使用来确定总体系统偏移误差、增益误差和未调整总误差 (TUE)。

表 3： 仿真所得 DAC 性能

参数	仿真值
负满量程电压 (V)	-9.96
零点电压 (V)	0.04
正满量程电压 (V)	10.05
偏移误差 (% FSR)	0.200
增益误差 (% FSR)	0.050
INL 误差 (% FSR)	0.006
未调整总误差 (% FSR)	0.206

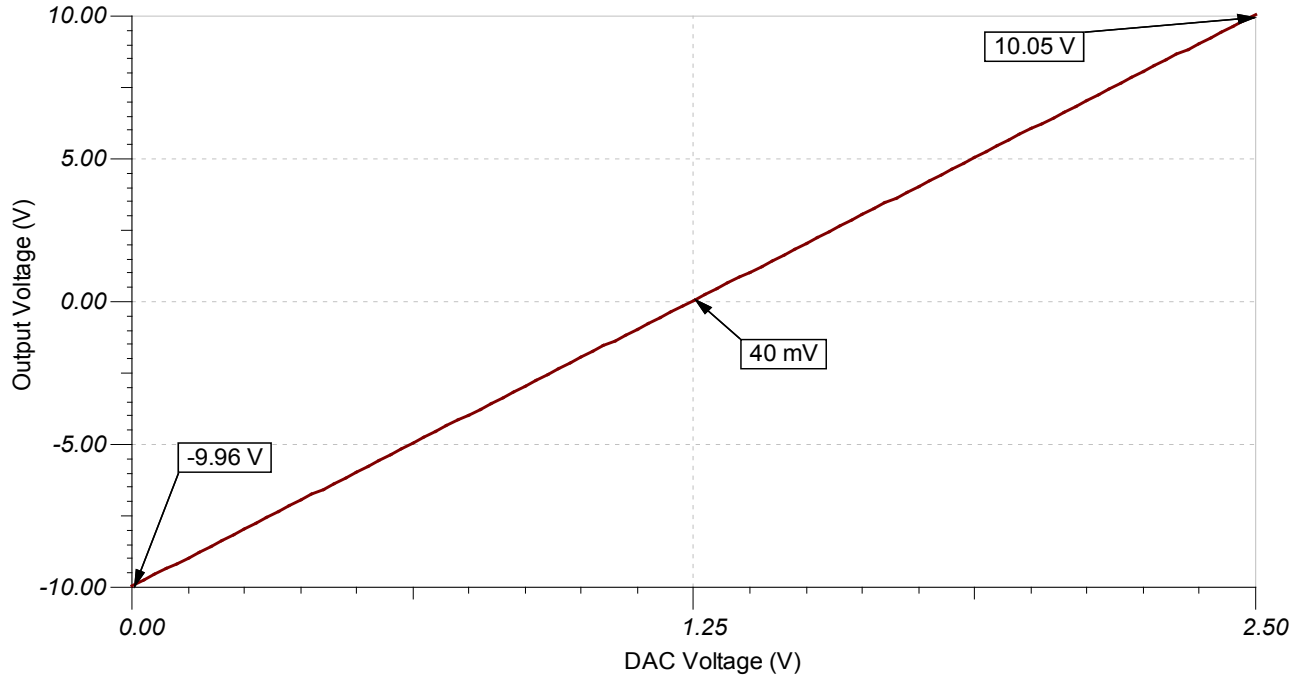


图 4: TINA-TI™ - 直流传递函数

以下等式被用来计算 Table 3 中的误差参数，其依据是 Figure 4 内的信息。未调整总误差等式使用一个和方根 (RSS) 技术来将无关联误差源求和。

$$OffsetError_{\%FSR} = \left(\frac{V_{OUT\ MidScale}}{V_{OUT\ Ideal(MAX)} - V_{OUT\ Ideal(MIN)}} \right) * 100 \quad (4)$$

$$GainError_{\%FSR} = \frac{\left(V_{OUT(MAX)} - V_{OUT(MIN)} \right) \left(V_{OUT\ Ideal(MAX)} - V_{OUT\ Ideal(MIN)} \right)}{V_{OUT\ Ideal(MAX)} - V_{OUT\ Ideal(MIN)}} * 100 \quad (5)$$

$$INLERROR_{\%FSR} = \frac{INLERROR_{LSB} * LSB * GAIN}{V_{OUT\ Ideal(MAX)} - V_{OUT\ Ideal(MIN)}} * 100 \quad (6)$$

$$TUE_{\%FSR} = \sqrt{OffsetError_{\%FSR}^2 + GainError_{\%FSR}^2 + INLERROR_{\%FSR}^2} \quad (7)$$

4.2 运算放大器 & 无源元件直流传递函数

Figure 5 所示 TINA-TI[®] 原理图采用 OPA188 模型，并对 0.1% 容差、正态分布的电阻网络进行 Monte-Carlo 分析。在这个仿真中，DAC 由一个在 0V 至 2.5V 范围内变化的理想电压源模拟。这个模型被用来仿真由电阻器和运算放大器产生的偏移误差和增益误差。Figure 6 中图示了直流传递函数的 Monte-Carlo 分析。

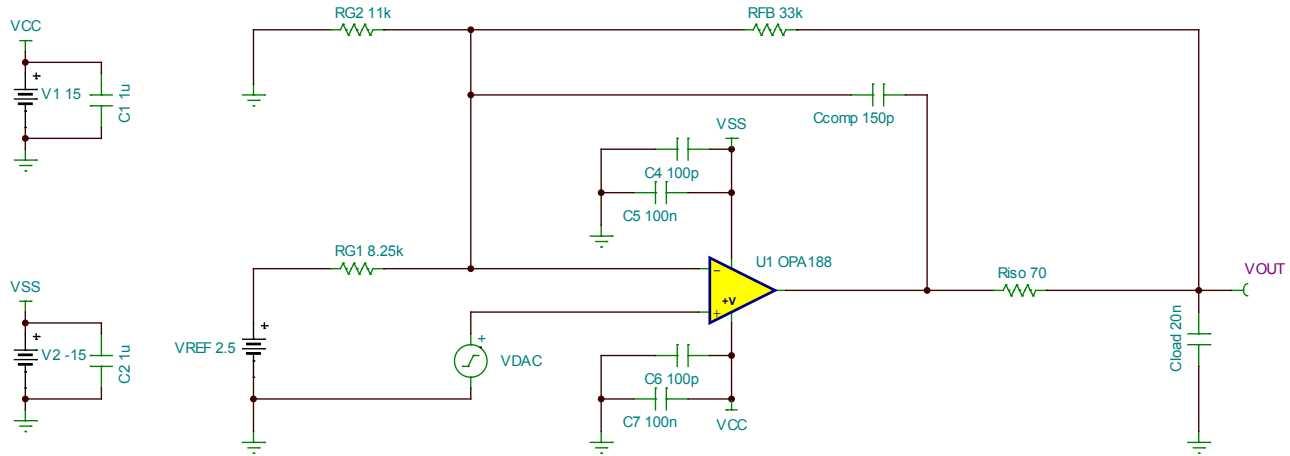


图 5: TINA-TI[™] - 直流传递函数

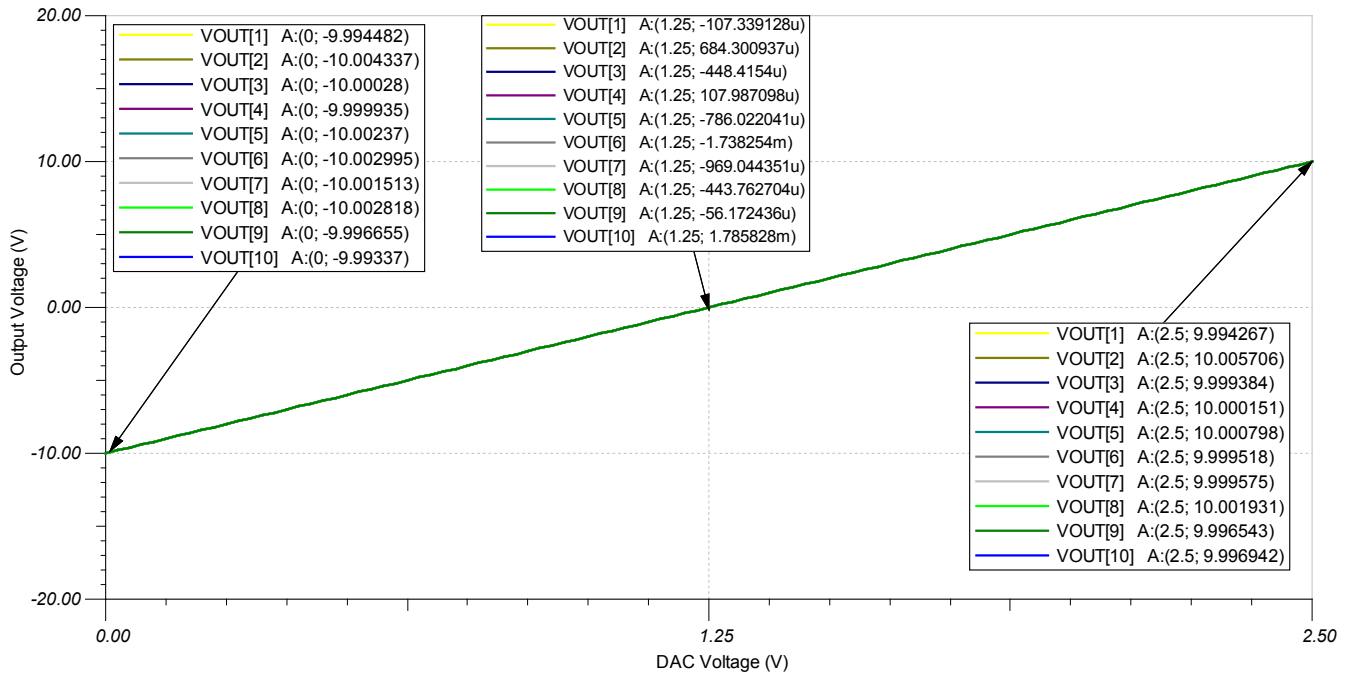


图 6: TINA-TI[™] - 输出电路的 Monte-Carlo 模拟

Table 4 中显示了输出电路的 10 次反复 Monte-Carlo 模拟结果。

表 4： 输出电路 Monte-Carlo 结果

	最小值	最大值	平均	标准. 差 (σ)
偏移误差 (mV)	-1.738	1.785	-0.197	0.958
满量程范围 (V)	19.988	20.010	19.999	0.006
满量程 Error (mV)	0.086	11.251	4.972	不适用

将 Monte-Carlo 分析结果的标准差乘以 3，可用来估计实际系统的误差系数，这就是通常所谓的 3σ 系统。这个误差数应该包括 99.7% 的系统，将不大可能出现的绝对最差情况电阻器不匹配的情况排除在外。Table 5 中汇总了这些误差。被用来计算每个误差的等式显示如下：

$$OffsetError_{(\%FSR)} = \frac{3 * \sigma_{OffsetError}}{V_{OUT_{Ideal}(MAX)} - V_{OUT_{Ideal}(MIN)}} * 100 \quad (8)$$

$$GainError_{(\%FSR)} = \frac{3 * \sigma_{GainError}}{V_{OUT_{Ideal}(MAX)} - V_{OUT_{Ideal}(MIN)}} * 100 \quad (9)$$

表 5： 经仿真输出电路性能

参数	仿真值
偏移误差 (% FSR)	0.0143
增益误差 (% FSR)	0.1004
INL 误差 (% FSR)	0.0000
未调整总误差 (% FSR)	0.1014

4.3 系统直流传递函数

在 Table 6 中总结了 DAC 和输出电路仿真结果的综合精度。使用与等式 7 中的技术相类似的 RSS 技术计算这个值。此输出电路在系统内产生很低的误差，这使得 DAC 性能成为决定的主导因素。在这个情况下，由于 0-2.5V 范围被放大至 $\pm 10V$ ，所以 DAC 误差被增益 8 倍。如果施加到 DAC 输出信号上的增益较少，那么由它产生的误差将减少。

表 6： 仿真所得电路性能

参数	仿真值
偏移误差 (% FSR)	0.200
增益误差 (% FSR)	0.112
INL 误差 (% FSR)	0.012
未调整总误差 (% FSR)	0.230

4.4 阶跃响应

Figure 7 中显示了此设计的阶跃响应。此结果显示输出在驱动 20nF C_{LOAD} 负载时能够以极低的过冲和振铃建立至正确的值，说明本设计有足够的稳定性。通过控制补偿组件， R_{ISO} 和 C_{COMP} 来获得稳定响应。与稳定性相关的更多信息请见参考 1。

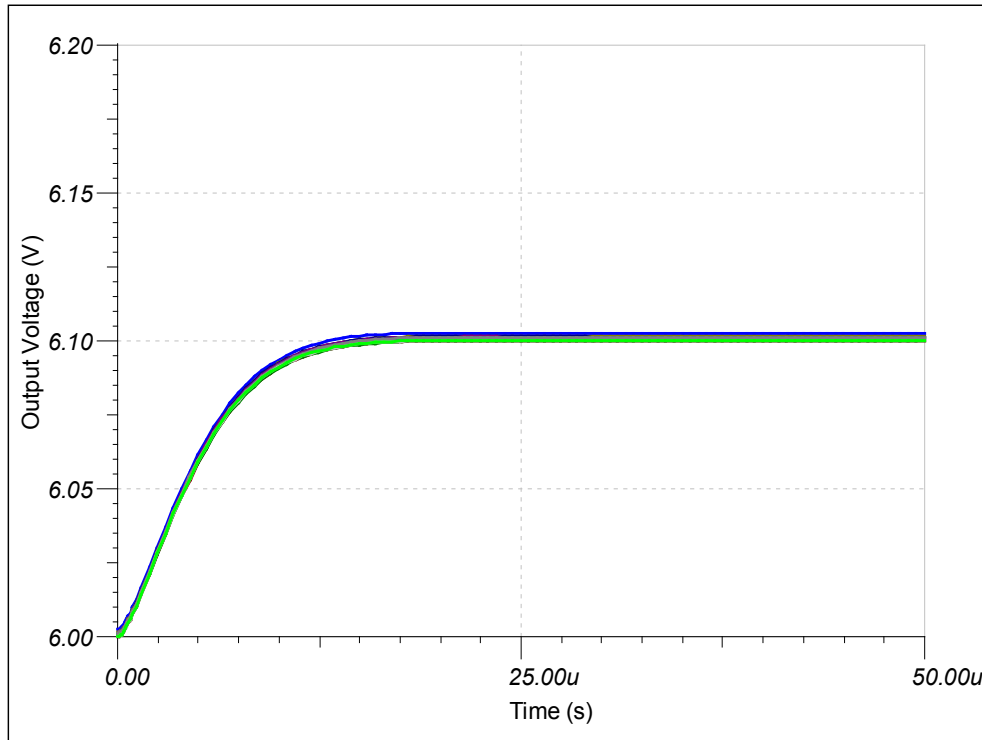


图 7： TINA-TI™ - 阶跃响应

5 PCB 设计

可在 Appendix A 中找到 PCB 电路原理图和物料清单。

5.1 PCB 布局布线

在 Figure 8 中显示这个设计的 PCB 布局布线。为了实现这个布局布线，请遵守常见 PCB 布局布线规则。请特别注意运算放大器反相输入上求和节点的放置和走线。这个节点应该很小，并且放置在尽可能靠近反相输入的位置，并且在反相节点下面的铺铜全部移除，以减小寄生电容。

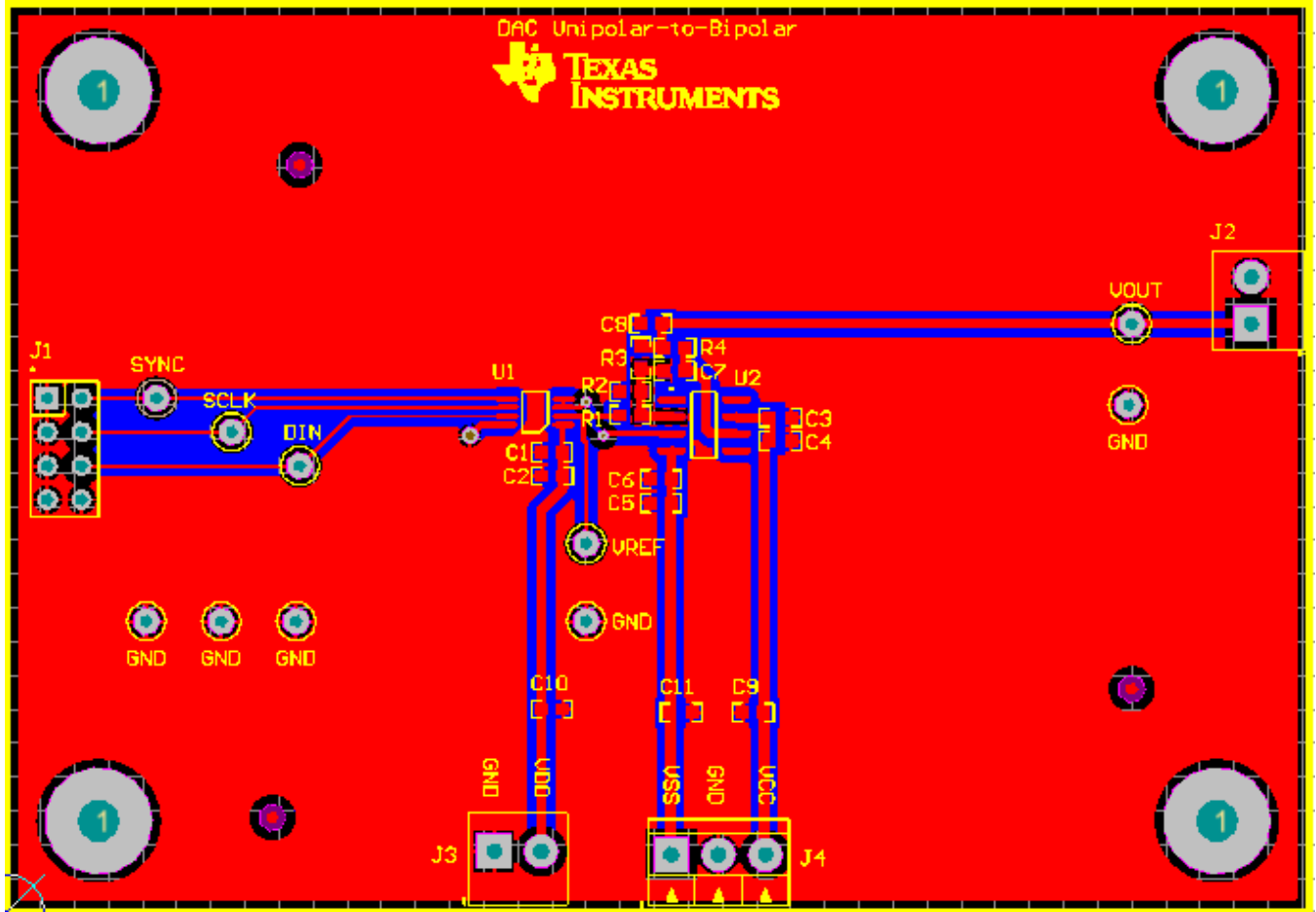


图 8： PCB 布局布线

6 验证 & 测得的性能

6.1 转换功能

通过将 0 至 65535 范围内的输入代码应用到 DAC，并且测量一个单个系统的输出电压来收集 Figure 9 中的图表。

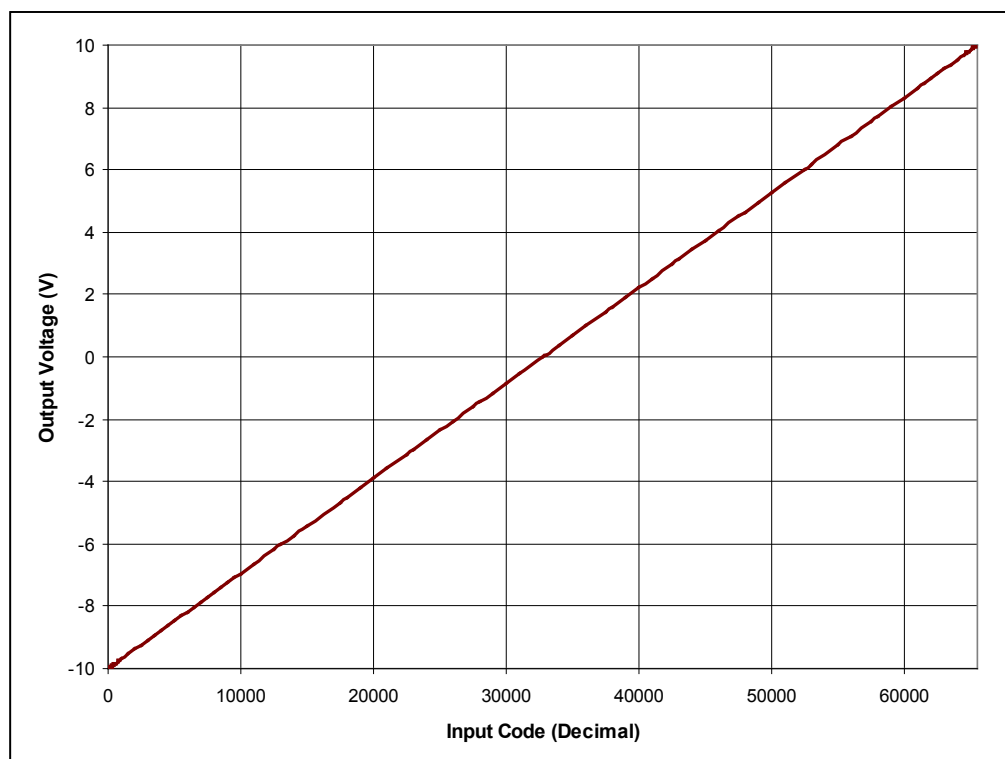


图 9： 输出电压与输入代码间的关系

为了使系统误差更直观，在 Figure 10 中绘出理想输出电压与实测电压之差，并以 % FSR 为单位绘出。Figure 10 中显示的满量程代码范围上的平均误差为 0.017%FSR，而同一部件最佳拟合两点直线所得到的总未调整误差为 0.0167%FSR - 这说明最优拟合两点直线是典型系统精度的准确估算，虽然会产生某些异常值。

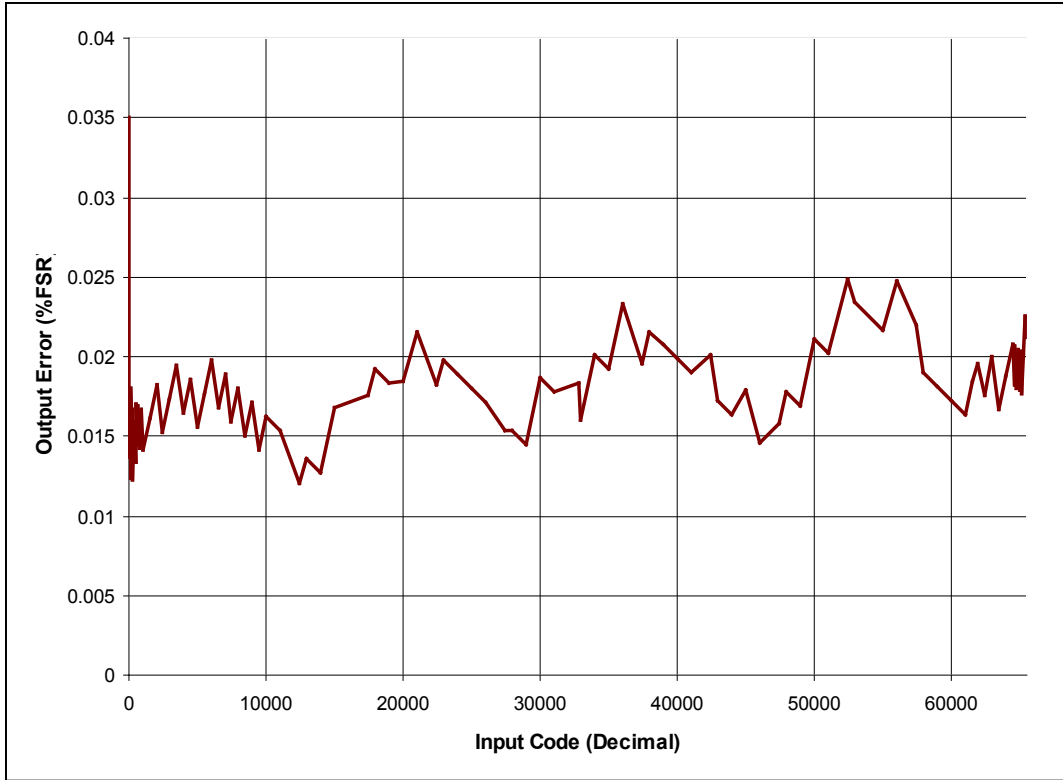


图 10: 输出电压误差与输入代码间的关系

在 8 个部件中观测到的平均结果显示在 Table 7 中。这些在代码 485 和 64714 上使用最佳拟合两点直线测得的结果与 DAC8560 数据表中提供的技术规格一致。被用来计算这些值的等式显示在等式 10 和 11 中。

表 7: 测得的电路性能

参数	测得的值
偏移误差 (% FSR)	0.0705
增益误差 (% FSR)	0.0125
INL 误差 (%FSR)	0.0060
未调整总误差 (%FSR)	0.0939

$$GainError_{(\%FSR)} = \frac{(V_{OUT_{REAL}(64714)} - V_{OUT_{REAL}(485)}) - (V_{OUT_{IDEAL}(64714)} - V_{OUT_{IDEAL}(485)})}{V_{OUT_{IDEAL}(64714)} - V_{OUT_{IDEAL}(485)}} * 100 \quad (10)$$

$$OffsetError_{(\%FSR)} = \frac{V_{OUT_{REAL}(485)} - \left(\frac{V_{OUT_{REAL}(64714)} - V_{OUT_{REAL}(485)}}{64714 - 485} * 485 \right) - 10}{V_{OUT_{IDEAL}(MAX)} - V_{OUT_{IDEAL}(MIN)}} * 100 \quad (11)$$

6.2 瞬态响应

为了观察此系统的满量程阶跃响应和稳定时间，一个与零量程代码和满量程代码相对应的方波被施加到 DAC 的数字输入上。Figure 11 显示这个阶跃响应。

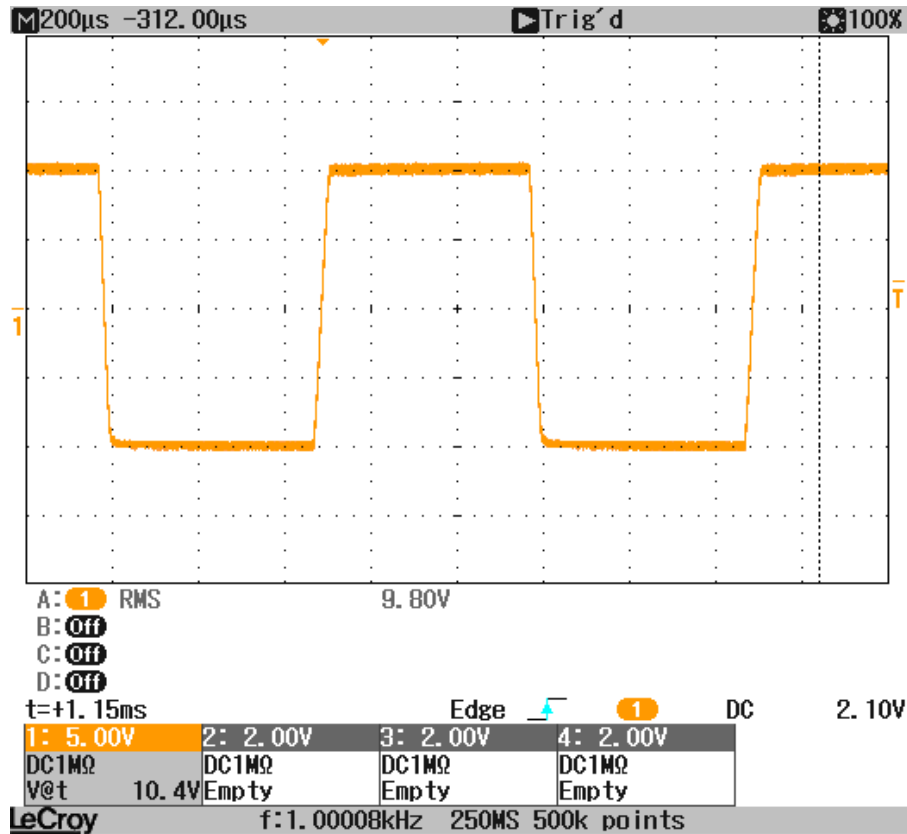


图 11: 满量程阶跃响应

为了测试此设计的小信号稳定性，一个与 200mV 输出阶跃响应相对应的数字输入被施加到 DAC，此输出阶跃信号位于输出范围的中点附近。Figure 12 图示得到的阶跃响应，此响应显示一个短暂的数字馈通，之后是非常小的过冲或振铃，这表明了设计的稳定性。

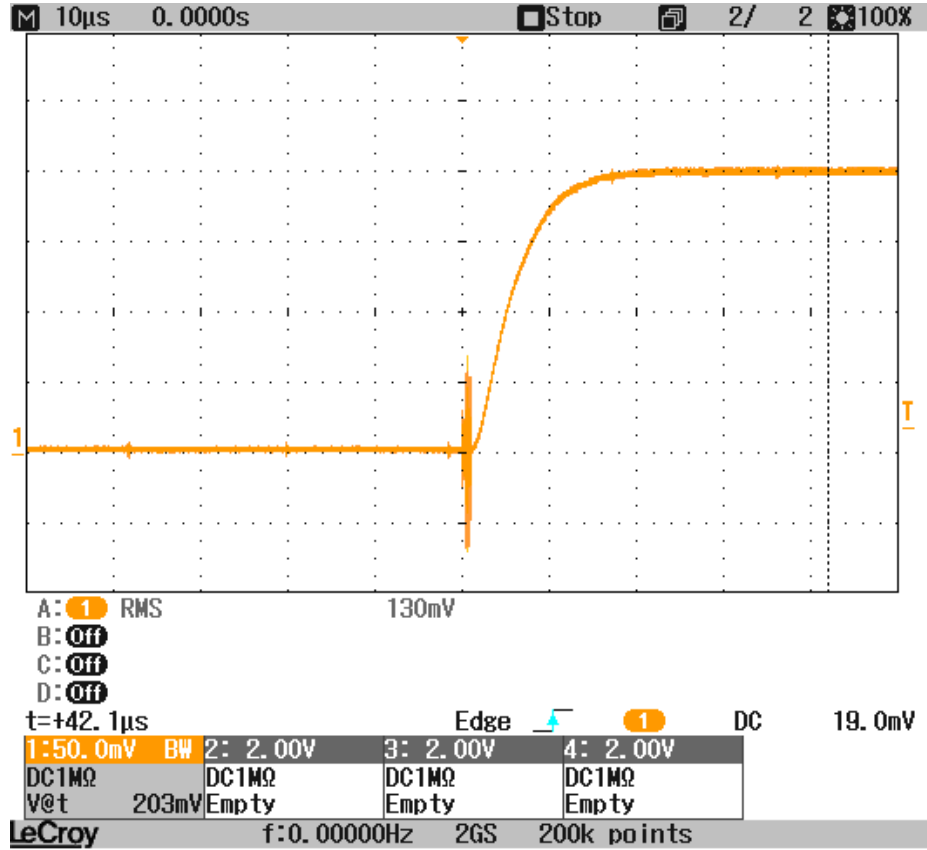


图 12: 小信号稳定性

7 修改

这个设计中选择的组件基于本文档开始部分列出的设计目标。DAC 的选择是开放的，这是因为此输出电路适用于任何器件，并且应该根据特定设计目标进行 DAC 选择。替代 DAC 有可能提供增强线性、增益误差和偏移误差以及替代的接口选项、通道数量、分辨率和其它辅助特性。表 7 显示几个可取代 DAC8560 的 DAC。

通过选择一个更加精确的 DAC，并且采用一个外部基准源，有可能对这个设计进行修改以提高精度。对于这个设计，提供一个极低成本解决方案很关键，并且需要作出某些牺牲。此外，执行外部校准会大大提高性能。

表 8：替代 DAC 选项

DAC	增益误差（典型值）	偏移误差（典型值）	INL 误差（典型值）	分辨率	通道数量
DAC8560	±0.05 %FSR	±5mV	±8LSB	16 位	1
DAC8562/3	±0.01 %FSR	±1mV	±4LSB	16 位	2
DAC8564	±0.05 %FSR	±5mV	±4LSB	16 位	4
DAC8568	±0.01 %FSR	±1mV	±4LSB	16 位	8
DAC8411	±0.05 %FSR	±0.05mV	±1LSB	16 位	1
DAC8881	±4LSB	±4LSB	±0.5LSB	16 位	1

OPA188 是一款出色的宽电源放大器，此放大器因其斩波拓扑结构而具有极低输入失调电压和输入失调漂移。可选择其它运算放大器来提供更低噪声、零失真或更改带宽。若需要更窄的输出范围，那我们将具有更多的设计选项，因为对电源电压的要求降低了。

表 9：替代运算放大器选项

放大器	最大电源电压	偏移电压（典型值）	偏移漂移（典型值）	带宽	静态电流
OPA188	36V	6μV	0.085μV/C	2MHz	450μA
OPA170	36V	0.25mV	0.3μV/C	1.2MHz	110μA
OPA211	36V	30μV	0.35μV/C	80MHz	3.6μA
OPA227	36V	10μV	0.1μV/C	1MHz	790μA
OPA140	36V	30μV	0.35μV/C	11MHz	1.8mA
OPA277	36V	10μV	0.1μV/C	1MHz	790μA

8 关于作者

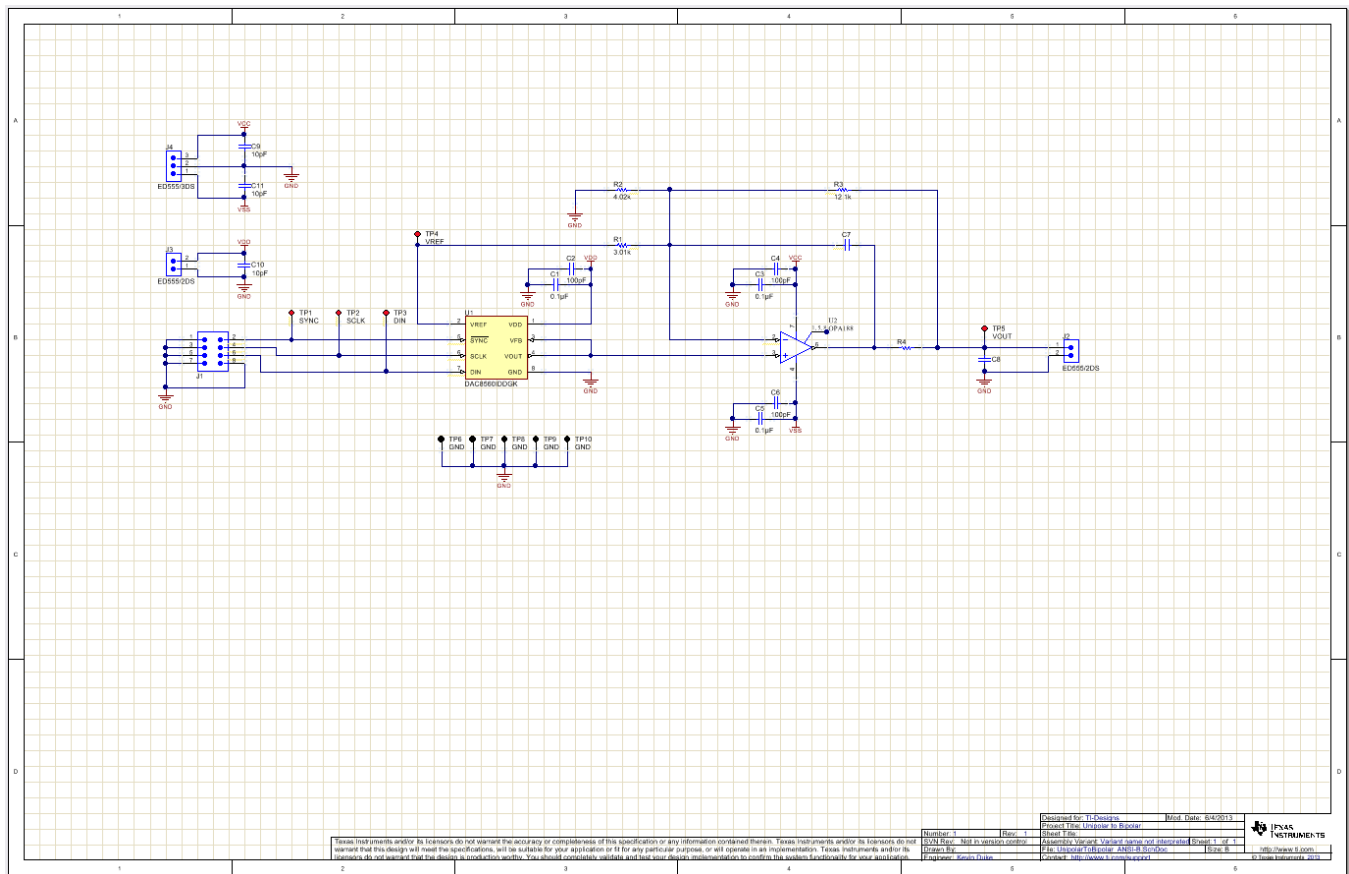
Kevin Duke (k-duke@ti.com) 是德州仪器 (TI) 高精度模数转换器产品组的一名应用工程师，他为工业和标准产品和应用提供技术支持。Kevin 在 2010 年从德州理工大学获得电子工程硕士学位。

9 致谢 & 参考书目

1. *T. Green (2012)*
《运算放大器稳定性》，15 的部分 10： 电容器环路稳定性： 支持双反馈的 Riso 获得方式：
[http://www.en-genius.net/site/zones/acquisitionZONE/technical notes/acqt_050712](http://www.en-genius.net/site/zones/acquisitionZONE/technical_notes/acqt_050712)

Appendix A.

A.1 电气原理图



图表 A-1: 电气原理图

文本中的无源组件名称	电路原理图中的无源组件名称
R_{G1}	R1
R_{G2}	R2
R_{FB}	R3
R_{ISO}	R4
C_{COMP}	C7

A. 2 物料清单

Quantity	Value	Designator	Description	Manufacturer	PartNumber	Supplier Part Number
3	0.1uF	C1, C3, C5	CAP, CERM, 0.1uF, 25V, +/-5%, X7R, 0603	AVX	06033C104JAT2A	478-3713-1-ND
3	100pF	C2, C4, C6	CAP, CERM, 100pF, 50V, +/-5%, COG/NPO, 0603	AVX	06035A101JAT2A	478-1175-1-ND
1	150pF	C7	CAP CER 150PF 50V 1% NPO 0603	TDK	C1608COG1H151F080AA	445-7031-1-ND
1	20nF	C8	CAP CER 0.02UF 50V 10% X7R 0603	Samsung	CL10B203KB8NNNC	1276-1984-1-ND
1	71.5	R4	RES 71.5 OHM 1/10W 1% 0603 SMD	Panasonic	ERJ-3EKF71R5V	P71.5HTR-ND
3	10pF	C9, C10, C11	CAP, CERM, 10pF, 50V, +/-5%, COG/NPO, 0603	MuRata	GRM1885C1H100JA01D	490-1403-1-ND
1		J1	Header, TH, 100mil, 4x2, Gold plated, 230 mil above insulator	Samtec, Inc.	TSW-104-07-G-D	SAM1028-04-ND
2		J2, J3	Terminal Block, 6A, 3.5mm Pitch, 2-Pos, TH	On-Shore Technology, Inc.	ED555/2DS	ED1514-ND
1		J4	Terminal Block, 6A, 3.5mm Pitch, 3-Pos, TH	On-Shore Technology, Inc.	ED555/3DS	ED1515-ND
1	8.25k	R1	RES 8.25K OHM 1/10W .1% 0603 SMD	Susumu	RG1608P-8251-B-T5	RG16P8.25KBTR-ND
1	11.0k	R2	RES 11.0K OHM 1/10W .1% 0603 SMD	Susumu	RG1608P-113-B-T5	RG16P11.0KBCT-ND
1	33.0k	R3	RES 33.0K OHM 1/10W .1% 0603 SMD	Susumu	RG1608P-333-B-T5	RG16P33.0KBTR-ND
1	Red	TP1, TP2, TP3, TP4, TP5	Test Point, Miniature, Red, TH	Keystone	5000	5000K-ND
5	Black	TP6, TP7, TP8, TP9, TP10	Test Point, Miniature, Black, TH	Keystone	5001	5001K-ND
1		U1	16-Bit, Ultra-Low Glitch, Voltage Output Digital-to-Analog Converter	Texas Instruments	DAC8560IDDGK	296-21388-1-ND
1		U2	Wideband, Low-Power Voltage Feedback Operational Amplifier	Texas Instruments	OPA188AIDR	296-36185-5-ND

图表 A-2: 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, 但他们将独立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, 并且由客户独立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	www.ti.com.cn/audio 通信与电信 www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers 计算机及周边 www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters 消费电子 www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com 能源 www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp 工业应用 www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers 医疗电子 www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface 安防应用 www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic 汽车电子 www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power 视频和影像 www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys
OMAP应用处理器	www.ti.com/omap
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity 德州仪器在线技术支持社区 www.deyisupport.com

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