

## 单极电压输出 DAC 转双极电压输出电路

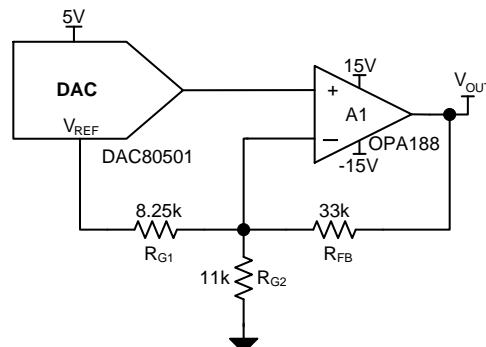
Garrett Satterfield

### 设计目标

DAC 电源电压	放大器电源电压	DAC 电压	输出电压	误差
5V	±15V	0V–2.5V	±10V	<0.25% FSR

### 设计说明

单极转双极输出电压电路可以将来自单极 DAC 的电压转换为双极电压范围。该电路由 DAC、运算放大器、电压基准和 3 个电阻器构成，用于设置双极输出电压的标度和范围。该电路通常用于 PLC 模拟输出模块、现场变送器和需要可编程双极电压的应用。



### 设计说明

1. 选择具有低增益误差、失调电压误差和 INL 的 DAC。应使用具有低失调电压和低温漂的高电压运算放大器。
2. 使用具有 0.1% 或更佳容差和低温漂的电阻器。
3. 为了最大程度地减小解决方案尺寸，可以使用具有集成基准的 DAC。

## 设计步骤

1. 可以通过以下公式计算基于 DAC 电压、基准电压和电阻器的电压输出：

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

2. 将 DAC 电压设置为零，以计算  $R_{FB}$  与  $R_{G1}$  的比率，从而生成所需的负满标度输出。选择用于产生该增益的标准电阻器值。

$$\frac{V_{NegativeFS}}{V_{REF}} = \frac{R_{FB}}{R_{G1}} = \frac{10V}{2.5V} = \frac{33k\Omega}{8.25k\Omega}$$

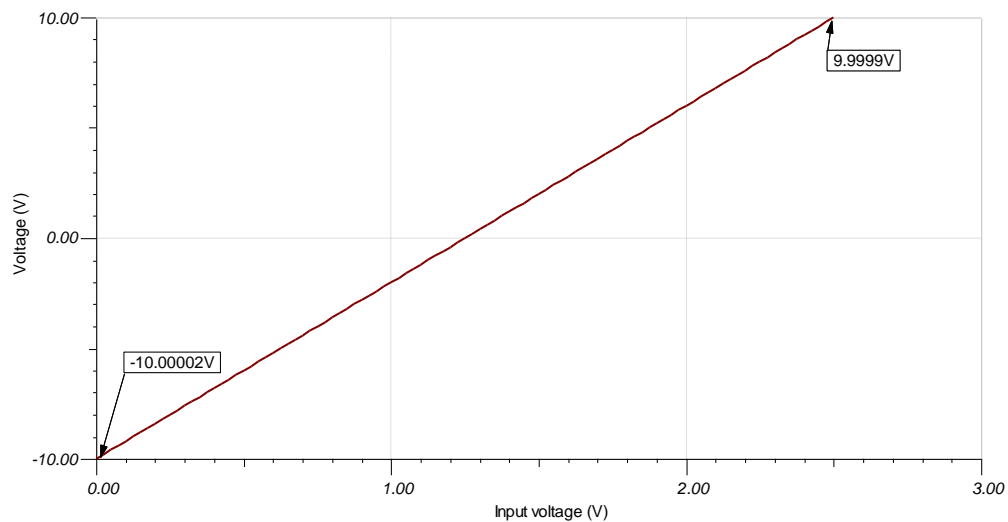
3. 根据所需的满标度范围（在本例中 20V 可生成  $\pm 10V$  的范围）计算  $R_{G2}$ 。

$$R_{G2} = \frac{R_{FB}}{\frac{V_{FSR}}{V_{DAC}} - \frac{R_{FB}}{R_{G1}} - 1} = \frac{33k\Omega}{\frac{20V}{2.5V} - \frac{33k\Omega}{8.25k\Omega} - 1} = 11k\Omega$$

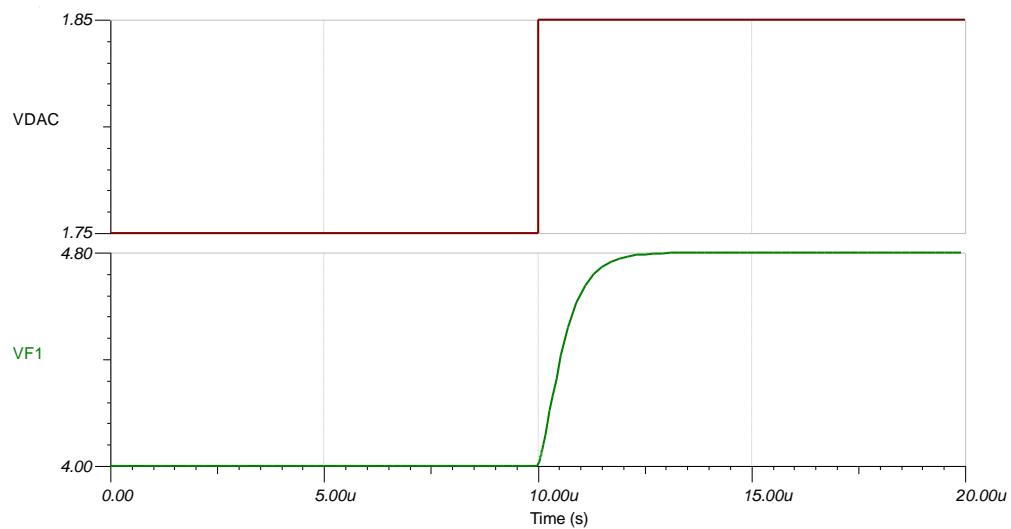
4. 可以使用平方和根 (RSS) 分析基于 DAC TUE、放大器失调电压、电阻器容差和基准初始精度来近似表示输出误差。

$$\text{Output TUE}(\%FSR) = \sqrt{TUE_{DAC}^2 + \left(\frac{V_{OS, Amplifier}}{FSR} \times 100\right)^2 + Tol_{RG1}^2 + Tol_{RG2}^2 + Tol_{RFB}^2 + Accuracy_{Ref}^2} = \sqrt{0.1^2 + \left(\frac{6\mu V}{2.5V} \times 100\right)^2 + 3 \times 0.1^2 + 0.1^2} = 0.224\% FSR$$

## 直流传输特性



## 小信号阶跃响应



## 器件

器件	主要 特性	链接	其他可能的器件
<b>DAC</b>			
DAC8560	16 位分辨率、单通道、内部基准电压、低功耗、4LSB INL、SPI、2V 至 5.5V 电源	<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/DAC8560">http://www.ti.com.cn/product/cn/DAC8560</a>	<a href="http://www.ti.com/pdacs">http://www.ti.com/pdacs</a>
DAC80501	具有 5ppm 内部基准电压的 16 位分辨率、1LSB INL、单通道、电压输出 DAC	<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/DAC80501">http://www.ti.com.cn/product/cn/DAC80501</a>	<a href="http://www.ti.com/pdacs">http://www.ti.com/pdacs</a>
DAC8830	16 位分辨率、单通道、超低功耗、非缓冲输出、1LSB INL、SPI、2.7V 至 5.5V 电源	<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/DAC8830">http://www.ti.com.cn/product/cn/DAC8830</a>	<a href="http://www.ti.com/pdacs">http://www.ti.com/pdacs</a>
<b>放大器</b>			
OPA188	低噪声、低失调电压、RRO、零漂移、 $\pm 2V$ 至 $\pm 18V$ 电源	<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/OPA188">http://www.ti.com.cn/product/cn/OPA188</a>	<a href="http://www.ti.com/opamps">http://www.ti.com/opamps</a>
OPA196	低功耗、低失调电压、RRIO、 $\pm 2V$ 至 $\pm 18V$ 电源	<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/TLV9001">http://www.ti.com.cn/product/cn/TLV9001</a>	<a href="http://www.ti.com/opamps">http://www.ti.com/opamps</a>
TLV170	成本敏感型轨至轨输出、 $\pm 1.35V$ 至 $\pm 18V$ 电源	<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/OPA317">http://www.ti.com.cn/product/cn/OPA317</a>	<a href="http://www.ti.com/opamps">http://www.ti.com/opamps</a>

## 设计参考资料

请参阅《[模拟工程师电路说明书](#)》，了解有关 TI 综合电路库的信息。

## 主要文件链接

TI 设计 TIDP125，来自单极 DAC 且适用于工业电压驱动器的双极  $\pm 10V$  输出。

单极电压输出 DAC 转双极电压输出的源文件 – <http://www.ti.com/cn/lit/zip/slac785>。

如需 TI 工程师的直接支持，请使用 **E2E** 社区：

[e2e.ti.com](http://e2e.ti.com)

其他链接：

精密 DAC 学习中心

<http://www.ti.com/pdacs>

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

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 © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

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 © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司