

## 回路供电 4-20mA 变送器电路

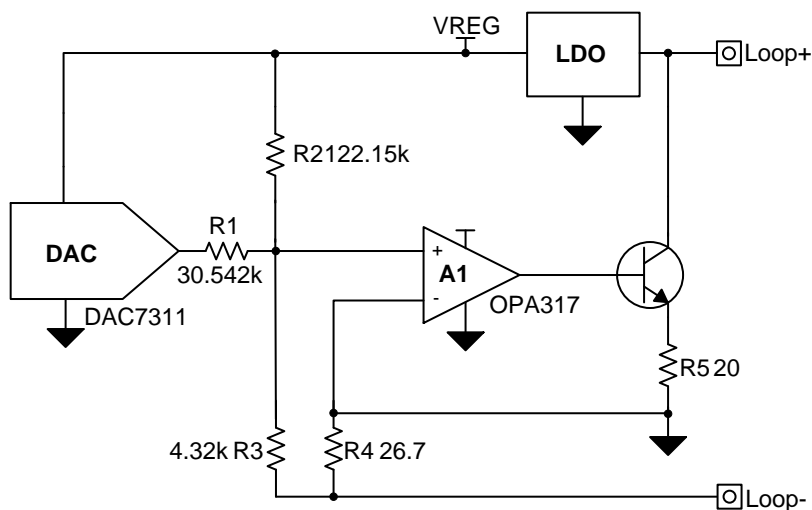
Garrett Satterfield

### 设计目标

回路电源电压	DAC 输出电压	输出电流	误差
12V–36V	0V–3V	4mA–20mA	<1% FSR

### 设计说明

回路供电的电流变送器可以调节串联回路（包括电源、变送器和负载电阻）中的电流。变送器中的有源电路从回路电流获得电力，这意味着所有器件的电流消耗必须小于零标度电流，该零标度电流在某些应用中可能低至 3.5mA。稳压器可以降低环路电压，从而为 DAC、运算放大器和附加电路供电。运算放大器会偏置晶体管，以调节从 Loop+ 流至 Loop- 的电流。该电路通常用于 2 线现场传感器变送器，如流量变送器、液位变送器、压力变送器和温度变送器。



### 设计说明

1. 为应用选择具有所需分辨率和精度的单通道 DAC。使用具有低失调电压和低温漂的运算放大器，以最大程度地减小误差。
2. 选择低功耗 DAC、运算放大器和稳压器，以确保总传感器变送器静态电流小于 4mA。
3. 通过选择较大的 R3/R4 比率来最大程度地减小流经 R1、R2 和 R3 的电流，以最大限度地减小电阻器的热漂移。
4. 针对 R1-R4、R7-R8 使用精密低漂移电阻器，以最大程度地降低误差。
5. 使用具有宽输入电压范围和低压差的稳压器，以支持各种环路电源电压。

## 设计步骤

输出电流传递函数为:

$$I_{OUT} = \left( \frac{V_{DAC}}{R1} + \frac{V_{REG}}{R2} \right) \left( \frac{R3}{R4} + 1 \right)$$

1. 选择较大的 R3/R4 比率:

$$\frac{R3}{R4} = \frac{4.32k\Omega}{26.7\Omega}$$

2. 根据零标度电流 (4mA)、稳压器电压和增益比率 (R3/R4) 计算 R2。

$$R2 = \frac{V_{REG}}{I_{OUT,ZS}} \left( \frac{R3}{R4} + 1 \right) = \frac{3V}{4mA} \left( \frac{4.32k\Omega}{26.7\Omega} + 1 \right) = 122.10k\Omega$$

3. 根据满标度 DAC 电压和 16mA 的电流范围计算 R1, 以设置满标度电流。

$$R1 = \frac{V_{DAC,FS}}{I_{OUT,SPAN}} \left( \frac{R3}{R4} + 1 \right) = \frac{3V}{16mA} \left( \frac{4.32k\Omega}{26.7\Omega} + 1 \right) = 30.524k\Omega$$

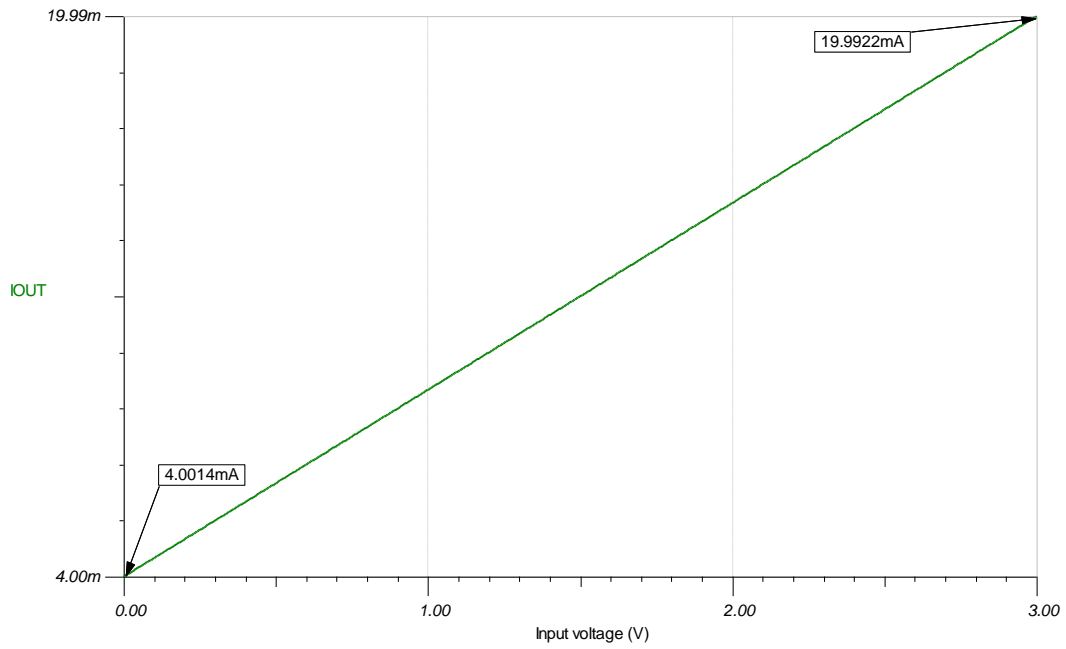
4. 根据所选的电阻值计算零标度输出电流。

$$I_{OUT,ZS} = \frac{V_{REG}}{R2} \left( \frac{R3}{R4} + 1 \right) = \frac{3V}{122.15k\Omega} \left( \frac{4.32k\Omega}{26.7\Omega} + 1 \right) = 3.9983mA$$

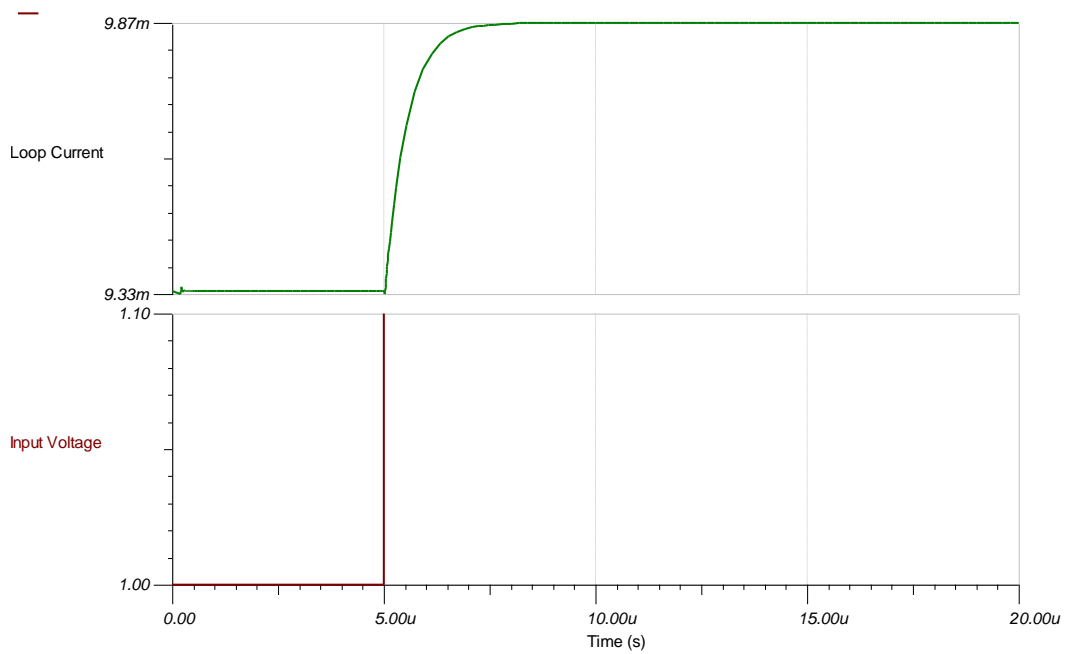
5. 根据所选的电阻器值计算满标度电流。

$$I_{OUT,FS} = \left( \frac{V_{DAC}}{R1} + \frac{V_{REG}}{R2} \right) \left( \frac{R3}{R4} + 1 \right) = \left( \frac{3V}{30.542k\Omega} + \frac{3V}{122.15k\Omega} \right) \left( \frac{4.32k\Omega}{26.7\Omega} + 1 \right) = 19.9891mA$$

直流转换特性



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>			
DAC7311	12 位分辨率、单通道、超低功耗、1LSB INL、SPI、2V 至 5.5V 电源	<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/DAC7311">http://www.ti.com.cn/product/cn/DAC7311</a>	<a href="http://www.ti.com.cn/zh-cn/data-converters/dac-circuit/precision/overview.html">http://www.ti.com.cn/zh-cn/data-converters/dac-circuit/precision/overview.html</a>
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/DAC8411">http://www.ti.com.cn/product/cn/DAC8411</a>	<a href="http://www.ti.com.cn/zh-cn/data-converters/dac-circuit/precision/overview.html">http://www.ti.com.cn/zh-cn/data-converters/dac-circuit/precision/overview.html</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.cn/zh-cn/data-converters/dac-circuit/precision/overview.html">http://www.ti.com.cn/zh-cn/data-converters/dac-circuit/precision/overview.html</a>
DAC161S997	16 位、4-20mA 电流输出、100uA 电源电流、SPI、2.7V 至 3.3V 电源	<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/DAC161S997">http://www.ti.com.cn/product/cn/DAC161S997</a>	<a href="http://www.ti.com.cn/zh-cn/data-converters/dac-circuit/precision/overview.html">http://www.ti.com.cn/zh-cn/data-converters/dac-circuit/precision/overview.html</a>
<b>放大器</b>			
TLV9001	低功耗、0.4mV 失调电压、轨至轨 I/O、1.8V 至 5.5V 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.cn/zh-cn/amplifier-circuit/op-amps/overview.html">http://www.ti.com.cn/zh-cn/amplifier-circuit/op-amps/overview.html</a>
OPA317	零漂移、低失调电压、轨至轨 I/O、35uA 最大电源电流、2.5V 至 5.5V 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.cn/zh-cn/amplifier-circuit/op-amps/overview.html">http://www.ti.com.cn/zh-cn/amplifier-circuit/op-amps/overview.html</a>
OPA333	低功耗、零漂移、低失调电压、轨至轨 I/O、1.8V 至 5.5V 电源	<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/OPA333">http://www.ti.com.cn/product/cn/OPA333</a>	<a href="http://www.ti.com.cn/zh-cn/amplifier-circuit/op-amps/overview.html">http://www.ti.com.cn/zh-cn/amplifier-circuit/op-amps/overview.html</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 Designs TIPD158, 经 [EMC/EMI 测试的低成本回路供电 4-20mA 变送器参考设计](#)

TI Designs TIDA-00648, [4-20mA 电流回路变送器参考设计](#)

TI Designs TIDA-01504, 采用 [HART 调制解调器的高精度回路供电 4mA 至 20mA 现场变送器参考设计](#)  
回路供电 4mA 至 20mA 变送器的源文件 – <http://www.ti.com/cn/lit/zip/slac782>。

如需 TI 工程师的直接支持, 请使用 **E2E** 社区:

[e2echina.ti.com](http://e2echina.ti.com)

其他链接:

[精密 DAC 学习中心](#)

<http://www.ti.com.cn/zh-cn/data-converters/dac-circuit/precision/overview.html>

## 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