

Analog Engineer's Circuit

环路供电式 4mA 至 20mA 变送器电路



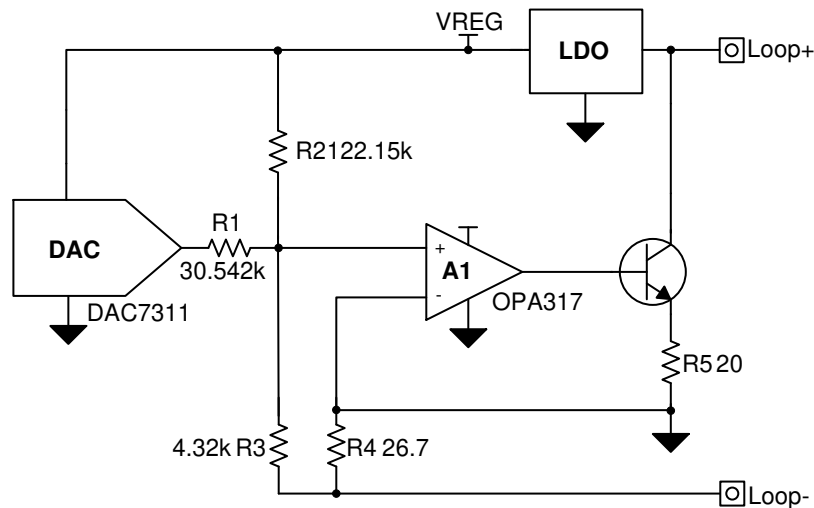
Garrett Satterfield

设计目标

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

设计说明

环路供电的电流变送器可以调节串联环路（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环路电流获得电力，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，以更大程度地减小误差。
2. 选择低功耗 DAC、运算放大器和稳压器，以建立小于 4mA 的总传感器变送器静态电流。
3. 通过选择较大的 R3/R4 比率来更大程度地减小流经 R1、R2 和 R3 的电流，以更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，以更大程度地降低误差。
5. 使用具有宽输入电压范围和低压降的稳压器，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。

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

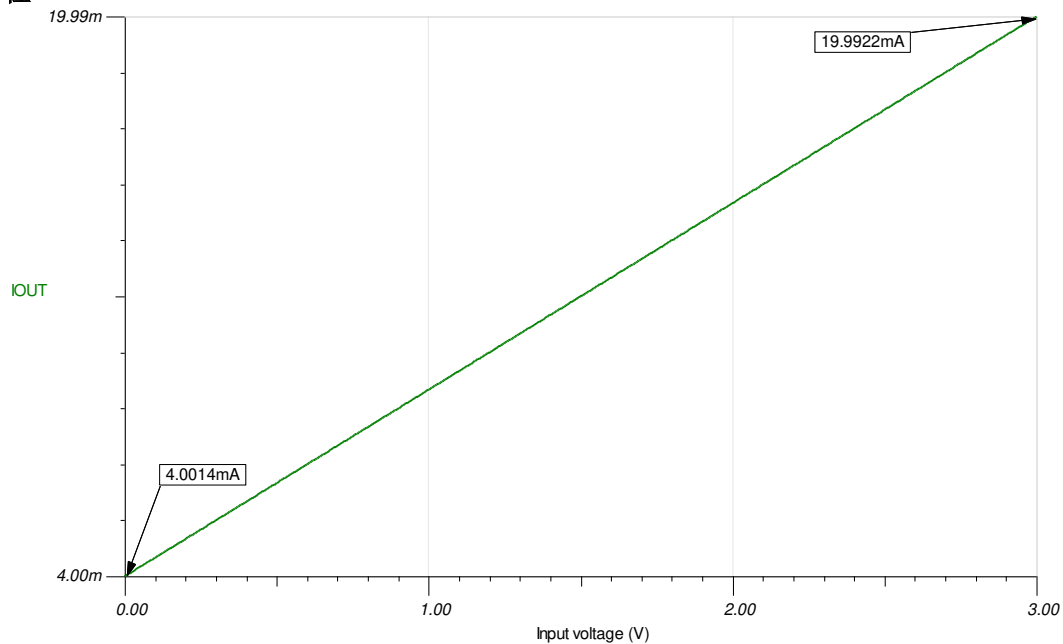
4. 根据所选的电阻值计算零标度输出电流。

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

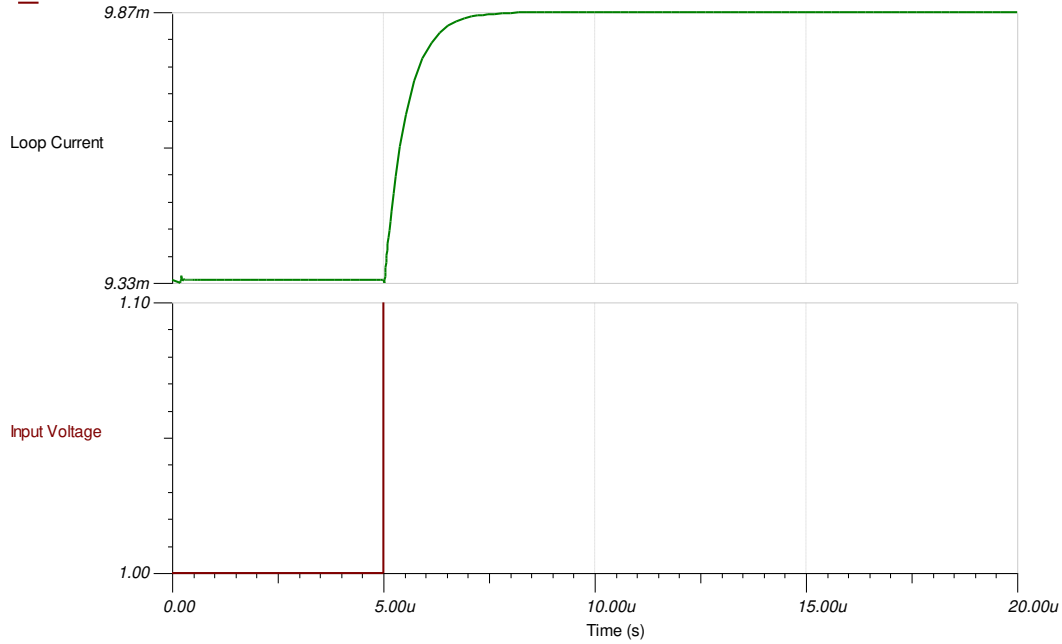
5. 根据所选的电阻器值计算满标度电流。

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

直流传输特性



小信号阶跃响应



器件

| 器件 | 主要特性 | 链路 | 其他可能的器件 |
|------------|--|--|---------------------------------|
| DAC | | | |
| DAC7311 | 12 位分辨率、单通道、超低功耗、1LSB INL、SPI、2V 至 5.5V 电源 | 采用 6 引脚 SC70 封装、适用于电池供电应用的 12 位、单通道、超低功耗 DAC | 精密 DAC ($\leq 10\text{MSPS}$) |
| 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 | 采用 SC70 封装的 16 位、单通道、80uA、2.0V 至 5.5V DAC | 精密 DAC ($\leq 10\text{MSPS}$) |
| 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 | 16 位、单通道、超低功耗、电压输出 DAC | 精密 DAC ($\leq 10\text{MSPS}$) |
| DAC161S997 | 16 位、4mA 至 20mA 电流输出、100uA 电源电流、SPI、2.7V 至 3.3V 电源 | 具有内部基准电压和 4mA 至 20mA 电流环路驱动的 16 位精密 DAC | 精密 DAC ($\leq 10\text{MSPS}$) |
| 放大器 | | | |
| TLV9001 | 低功耗、0.4mV 失调电压、轨到轨 I/O、1.8V 至 5.5V 电源 | 单通道、1MHz、轨到轨输入和输出 1.8V 至 5.5V 运算放大器 | 运算放大器 |
| OPA317 | 零漂移、低失调电压、轨到轨 I/O、35uA 最大电源电流、2.5V 至 5.5V 电源 | 低失调电压、轨到轨 I/O 运算放大器 | 运算放大器 |
| OPA333 | 低功耗、零漂移、低失调电压、轨到轨 I/O、1.8V 至 5.5V 电源 | 低功耗、1.8V、17uA 零漂移 CMOS 精密运算放大器 | 运算放大器 |

主要文件链接

德州仪器 (TI), [经过 EMC/EMI 测试的低成本环路供电式 4mA 至 20mA 变送器](#), TIPD158 参考设计

德州仪器 (TI), [4mA 至 20mA 电流环路变送器](#), TIDA-00648 参考设计

德州仪器 (TI), [采用 HART® 调制解调器的高精度环路供电式 4mA 至 20mA 现场变送器](#), TIDA-01504 参考设计

德州仪器 (TI), [SLAA866 的源文件](#), SLAC782 软件支持

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（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，不保证没有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、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司