

采用AD5292数字电位计和ADA4091-4运算放大器的 可编程双向电流源

电路功能与优势

图1所示电路采用数字电位计AD5292、四通道运算放大器ADA4091-4和基准电压源ADR512，提供一种可编程双向Howland电流源。该电路在±18.4 mA输出电流范围内提供10位分辨率。AD5292可以通过SPI兼容型串行接口编程。

AD5292具有±1%的电阻容差，因而可以与外部分压器电阻串联，如图5所示，以降低最大输出电流，而无需匹配电路中的电阻。缩小 I_{OUT} 范围可以起到提高输出电流灵敏度的作用。

AD5292内置一个20次可编程存储器，可以在上电时自定义输出电流 I_{OUT} 。本电路具有高精度、低噪声和低输出电压温度系数等特性，非常适合数字校准应用。

电路描述

表1. 连接/参考器件

产品	说明
AD5292	10位、1%电阻容差数字电位计
ADA4091-4	低功耗、过压保护(OVP)、轨到轨运算放大器
ADR512	低噪声、1.2 V精密基准电压源

本电路采用数字电位计AD5292、基准电压源ADR512和运算放大器ADA4091-4，提供一种10位、可编程双向电流源。本电路可保证单调性，差分非线性(DNL)为±1 LSB，积分非线性典型值为±2 LSB。

双极性高压稳压器由低压基准电压源与后接的同相放大器和反相放大器组成，放大器的增益分别设定为R1与R2的比值和R3与R4的比值。1.200 V基准电压源ADR512具有低温度漂移、高精度和超低噪声性能。

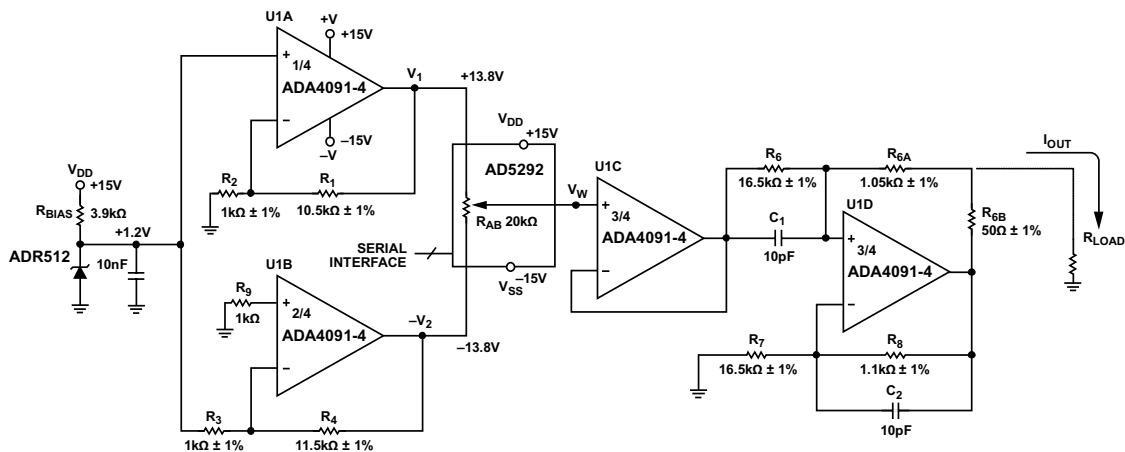


图1. 可编程双向电流源(原理示意图: 未显示去耦和所有连接)

AN-1208

确保ADR512最小工作电流的最大电阻值由公式1确定。

$$R_{BIAS} = \frac{V_{DD} - 1.2 \text{ V}}{1.5 \text{ mA}} \quad (1)$$

如图1所示, R_{BIAS} 电阻为3.9 k Ω , 从而将ADR512的偏置电流设置在3.5 mA。

ADA4091-4是一款运算放大器, 具有低失调电压和轨到轨输出。ADR512与ADA4091配合使用, 可提供低温度系数和低噪声输出电压。

电阻 R_1 和 R_2 用来调整同相放大器U1A的增益。输出电压 V_1 决定最大正输出电流范围。可以用公式2和公式3计算电阻值。

$$V_1 \approx \frac{I_{OUT}}{1.33 \times 10^{-3}} \quad (2)$$

$$V_1 = 1.2 \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (3)$$

最大负输出电流范围由 R_3 和 R_4 调整, 这两个电阻决定反相放大器U1B的输出电压 V_2 。可以用公式4和公式5计算电阻值。

$$V_2 \approx \frac{I_{OUT}}{1.33 \times 10^{-3}} \quad (4)$$

$$V_2 = 1.2 \times \left(-\frac{R_1}{R_2}\right) \quad (5)$$

如图1所示, 所选电阻使同相放大器和反相放大器分别提供+11.5和-11.5的增益, 由此可提供 $\pm 13.8 \text{ V}$ 的双极性调节电压。可以用这些电压为其它电路供电, 最大输出电流为+17 mA。

公式6和公式7可计算Howland电流源的输出电流, 图2显示最大输出电流 I_{OUT} 与码的关系。

$$I_{OUT} = \frac{R_{6A} + R_{6B}}{R_7 \times R_{6B}} \times V_W = \frac{(1.05 \text{ k}\Omega + 50 \Omega) \times V_W}{16.5 \text{ k}\Omega \times 50 \Omega} = 1.33 \times 10^{-3} \times V_W \quad (6)$$

$$V_W = \frac{D \times (V_1 - V_2)}{1024} + V_2 = \frac{D \times 27.6}{1024} - 13.8 \quad (7)$$

其中D为载入该数字电位计的码。

$$R_{6A} + R_{6B} = R_8 \quad (8)$$

$$R_5 = R_7 \quad (9)$$

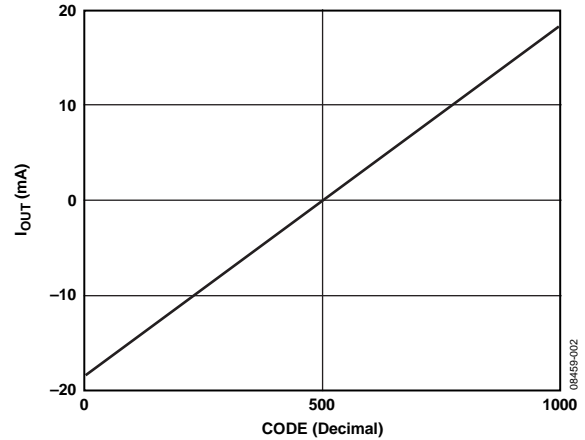


图2. 最大输出电流与十进制码的关系

图3和图4分别显示典型的积分非线性(INL)和差分非线性(DNL)曲线。

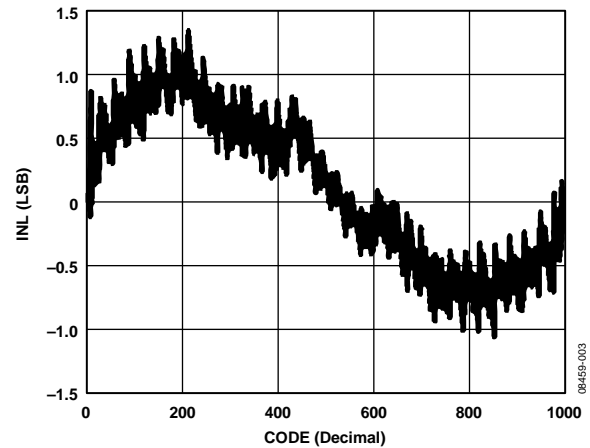


图3. INL与十进制码的关系

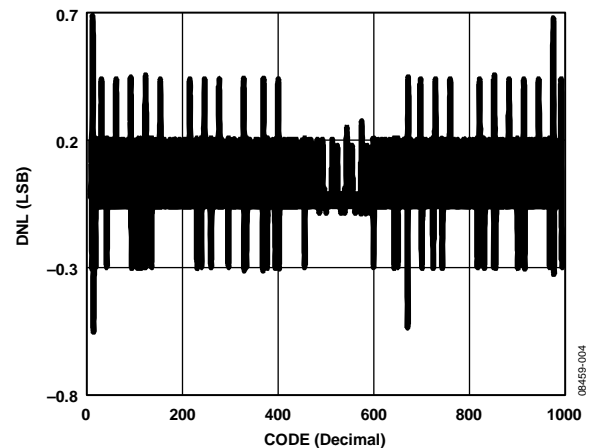


图4. DNL与十进制码的关系

如图1所示, 双向电流源在 $\pm 18.4 \text{ mA}$ 的最大输出范围内工作。为提高电路精度, 应重新计算运算放大器U1C和U1D中的电阻值, 或者降低AD5292上的基准电压, 以减小最大输出电流 I_{OUT} 。这样便可在有限的输出电流范围内提供全部10位分辨率。

运算放大器U1C和U1D中的电阻可以利用公式6和7重新计算，但应注意，根据计算值选择标准电阻值时，必须使误差最小。重新计算双极性输出稳压器以及U1A、U1B的输出电压，或者使用两个外部电阻，如图5所示，可以降低AD5292的基准电压 V_1 和 V_2 。

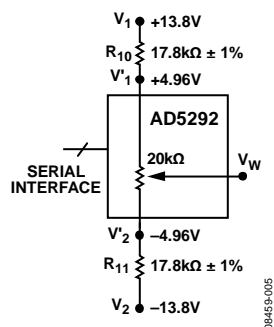


图5. 使用较小基准电压提高精度
(原理示意图，未显示去耦和所有连接)

当基准电压源 V_1 和 V_2 是主系统电源时，与AD5292串联的电阻就很有用。数字电位计通常具有 $\pm 20\%$ 的端到端电阻容差误差，由于数字电位计与外部电阻之间存在失配误差，因此会影响电路精度。AD5292则具有业界领先的 $\pm 1\%$ 电阻容差性能，有助于克服失配电阻误差问题。

AD5292具有一个20次可编程存储器，可以在上电时将电路输出电流预设为特定值。

为了使本文所讨论的电路达到理想的性能，必须采用出色的布局、接地和去耦技术(请参考指南MT-031和指南MT-101)。至少应采用四层PCB：一层为接地层，一层为电源层，另两层为信号层。

常见变化

AD5291(8位、内置20次可编程上电存储器)和AD5293(10位、无上电存储器)均为 $\pm 1\%$ 容差数字电位计，同样适合本应用。

不需要基准电压源 V_1 和 V_2 时，可以使用双通道运算放大器ADA4091-2。

了解详情

MT-031 Tutorial, *Grounding Data Converters and Solving the Mystery of "AGND" and "DGND,"* Analog Devices.

MT-032 Tutorial, *Ideal Voltage Feedback (VFB) Op Amp,* Analog Devices.

MT-087 Tutorial, *Voltage References,* Analog Devices.

MT-091 Tutorial, *Digital Potentiometers,* Analog Devices.

MT-095 Tutorial, *EMI, RFI, and Shielding Concepts,* Analog Devices.

MT-101 Tutorial, *Decoupling Techniques,* Analog Devices.

数据手册

[AD5292 Data Sheet](#)

[AD5291 Data Sheet](#)

[AD5293 Data Sheet](#)

[ADR512 Data Sheet](#)

[ADA4091-2 Data Sheet](#)

[ADA4091-4 Data Sheet](#)

修订历史

2013年4月—修订版B至修订版C

文档标题从CN-0177更改为AN-1208..... 通篇

2011年3月—修订版A至修订版B

更改图1..... 1

2010年3月—修订版0至修订版A

更改“电路功能与优势”部分..... 1

2009年9月-版本0: 初始版