

AD5292	10 位、1%电阻容差数字电位计
ADR512	低噪声、1.200 V 精密基准电压源
ADA4091-2	低功耗、过压保护(OVP)轨到轨运算放大器

## 利用数字电位计 AD5292 构建 30 V 低成本 DAC

### 电路功能与优势

图 1 所示电路采用 digiPOT+ 系列数字电位计 AD5292、双通道运算放大器 ADA4091-2 和基准电压源 ADR512，提供一种低成本、高电压、单极性 DAC。该电路提供 10 位分辨率，输出电压范围为 0 V 至 30 V，能够提供最高 ±20 mA 的输出电流。AD5292 可以通过 SPI 兼容型串行接口编程。

AD5292 具有 ±1% 电阻容差，因而可以与外部分压器电阻  $R_3$  和  $R_4$  串联，如图 2 和图 5 所示，以构建一个在缩小的输出电压范围内提供 10 位分辨率的游标 DAC；这可以起到提高 DAC 灵敏度的作用，类似于增加一个与电位计串联的电阻。此外，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压  $V_{OUT}$ 。

本电路具有高精度、低噪声和低温度系数输出电压等特性，非常适合数字校准应用。

### 电路描述

图 1 所示电路采用数字电位计 AD5292、基准电压源 ADR512 和运算放大器 ADA4091-2，提供一种 10 位、低成本、高电压 DAC。本电路可保证单调性，微分非线性(DNL)为 ±1 LSB，积分非线性典型值为 ±2 LSB。

高压稳压器由低压基准电压源和后接的同相放大器组成，该放大器的增益由  $R_1$  与  $R_2$  的比值决定。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。

确保 ADR512 最小工作电流的最大电阻值由公式 1 确定。

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

在图 1 和图 2 中， $R_{BIAS}$  电阻为 12 kΩ，可将 ADR512 的偏置电流设置为 2.4 mA。

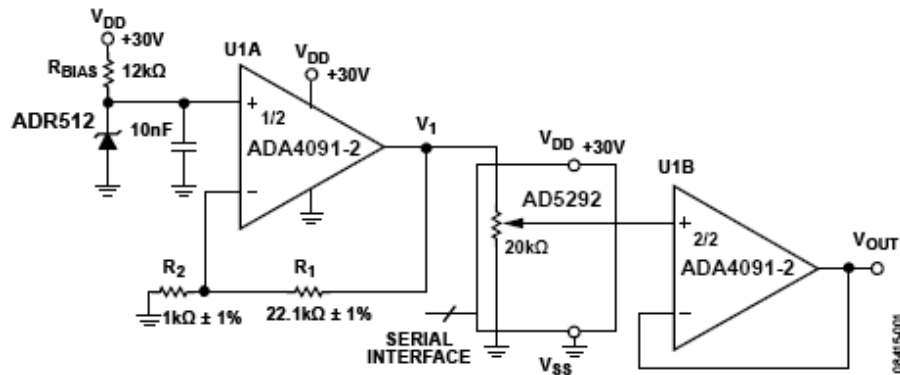


图 1. 单极性 DAC 配置 (原理示意图, 未显示去耦和所有连接)

Rev.A

“Circuits from the Lab” from Analog Devices have been designed and built by Analog Devices engineers. Standard engineering practices have been employed in the design and construction of each circuit, and their function and performance have been tested and verified in a lab environment at room temperature. However, you are solely responsible for testing the circuit and determining its suitability and applicability for your use and application. Accordingly, in no event shall Analog Devices be liable for direct, indirect, special, incidental, consequential or punitive damages due to any cause whatsoever connected to the use of any “Circuit from the Lab”. (Continued on last page)

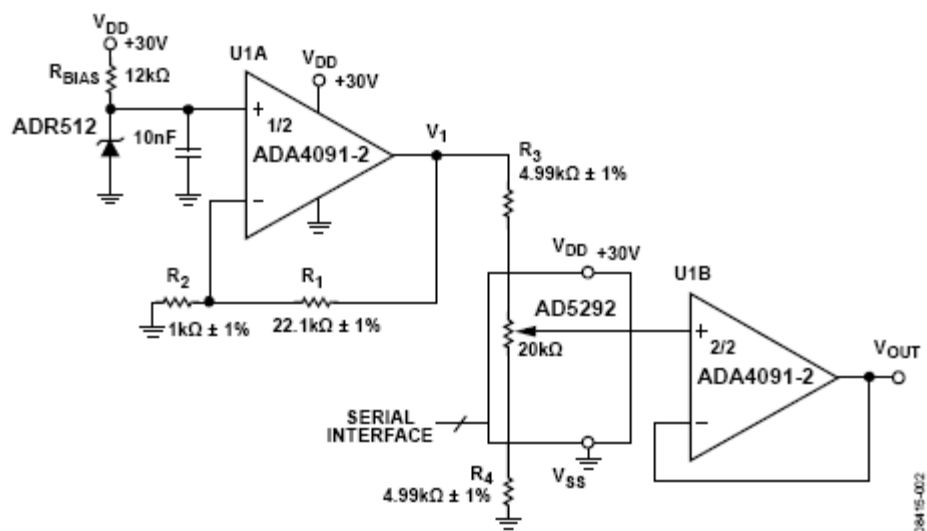


图2.通过缩小输出电压范围并利用游标DAC来提高精度（原理示意图，未显示去耦和所有连接）

### 电路描述

ADA4091-2 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 $R_2$ 用来调整放大器的增益。U1A的输出电压 $V_1$ 决定DAC的最大输出电压( $V_{OUT}$ )范围。可以用公式 2 计算电阻值。

$$V_1 = 1.2 \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (2)$$

图 1 中，所选电阻值可提供 23.1 的增益和 27.72 V 的 $V_1$ 值。可以用该电压为其它电路供电，最大输出电流为 17 mA。

图 3 和图 4 分别显示典型的积分非线性(INL)和微分非线性(DNL)曲线。在图 1 所示配置中，AD5292 采用比率式工作方式，这意味着总电阻容差的变化不会影响性能。

为改善电路精度，可以用两个外部电阻降低AD5292 上的基准电压，如图 5 所示，由此便可在有限的电压范围内提供全部 10 位分辨率（游标DAC）。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匹配误差，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，有助于克服电阻匹配误差问题。

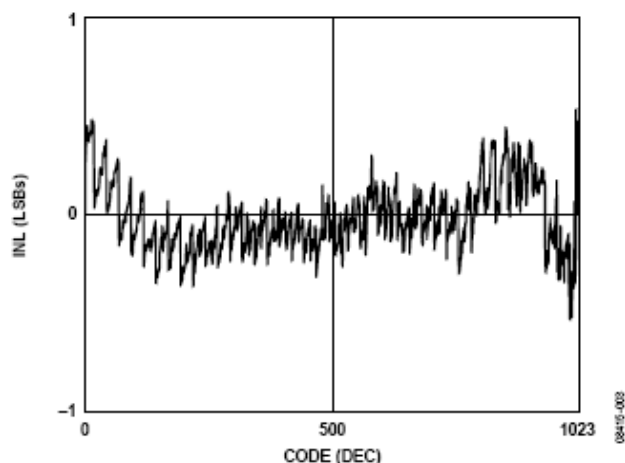


图3. INL 与 DAC 码的关系

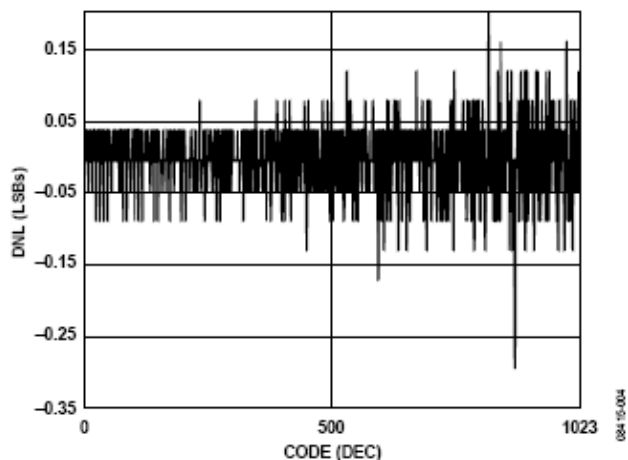


图4. DNL 与 DAC 码的关系

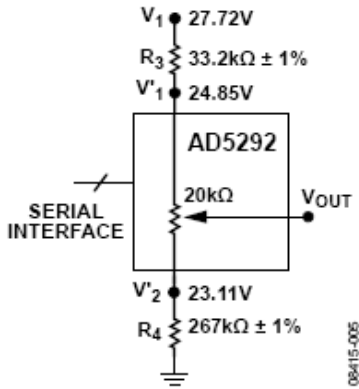


图5.通过降低基准电压来构建游标DAC，从而改善INL性能  
(原理示意图，未显示去耦和所有连接)

这种情况下：

$$V_1' = 24.85 \text{ V} \quad (3)$$

$$V_2 = 23.11 \text{ V} \quad (4)$$

缩小范围内的1 LSB可以通过下式计算：

$$1 \text{ LSB} = \frac{V_1' - V_2}{1024} = 1.69 \text{ mV} \quad (5)$$

相对于最高基准电压V1，游标DAC的等效分辨率为：

$$\text{Resolution} = \log_2 \left( \frac{V_1}{1.69 \text{ mV}} \right) = 14 \text{ bits} \quad (6)$$

图6显示利用图5的游标DAC电路而获得的INL(以V1为基准)曲线。

AD5292 具有一个 20 次可编程存储器，可以在上电时将输出电压预设为特定值。

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(请参考教程MT-031和教程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±1%容差数字电位计，同样适合本应用。

4.096 V低成本基准电压源ADR5044也不失为一种选择。R1/R2 比值可以根据不同的基准电压进行适当调整。

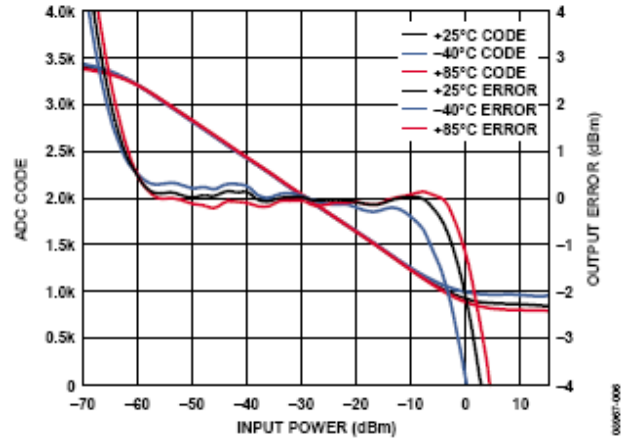


图6. 游标DAC的INL (以V1为基准)

表 1. 图 1 中单极性 DAC 的典型特性

参数	最小值	最大值	单位
电源电压	30	33	V
输出电压	0	30	V
输出电流		±20	mA
DNL	-1	+1	LSB
INL	-2	+2	LSB
建立时间	0.2	2	μs

### 进一步阅读

- 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-101 Tutorial, *Decoupling Techniques*, Analog Devices.
- Voltage Reference Wizard Design Tool.

### 数据手册和评估板

- AD5291 Data Sheet
- AD5292 Data Sheet
- AD5292 Evaluation Board
- AD5293 Data Sheet
- ADA4091-2 Data Sheet
- ADA4091-4 Data Sheet
- ADR5044 Data Sheet
- ADR512 Data Sheet

## 修订历史

3/10—Rev. 0 to Rev. A

Changes to Circuit Function and Benefits Section ..... 1

9/09—Revision 0: Initial Version

(Continued from first page) "Circuits from the Lab" are intended only for use with Analog Devices products and are the intellectual property of Analog Devices or its licensors. While you may use the "Circuits from the Lab" in the design of your product, no other license is granted by implication or otherwise under any patents or other intellectual property by application or use of the "Circuits from the Lab". Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, "Circuits from the Lab" are supplied "as is" and without warranties of any kind, express, implied, or statutory including, but not limited to, any implied warranty of merchantability, noninfringement or fitness for a particular purpose and no responsibility is assumed by Analog Devices for their use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from their use. Analog Devices reserves the right to change any "Circuits from the Lab" at any time without notice, but is under no obligation to do so. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

©2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.  
CN08415sc-0-3/10(A)

[www.analog.com](http://www.analog.com)