

利用 ADI 公司产品进行电路设计  
放心运用这些配套产品迅速完成设计。  
欲获得更多信息和技术支持, 请拨打 4006-100-006 或访问 [www.analog.com/zh/circuits](http://www.analog.com/zh/circuits)。

### 连接/参考器件

AD5292	10 位、1%电阻容差数字电位计
AD8221	精密仪表放大器

## 利用数字电位计 AD5292 和仪表放大器 AD8221 构建低成本、高电压、可编程增益仪表放大器

### 电路功能与优势

图 1 所示电路采用 digiPOT+ 系列数字电位计 AD5292 和仪表放大器 AD8221, 提供一种低成本、高电压、可编程增益仪表放大器。

该电路提供 1,024 种不同增益设置, 可通过 SPI 数字接口控制。AD5292 具有 ±1% 电阻容差性能, 可在整个电阻范围内提供低增益误差, 如图 2 所示。

本电路提供一种高性能仪表放大器, 在业界同类产品中, 具有相对于频率的最高共模抑制比 (CMRR) 和动态可编程增益, 既可采用 +30 V 单电源供电, 也可采用 ±15 V 双电源供电。此外, AD5292 内置一个 20 次可编程存储器, 用户可以在上电时自定义仪表放大器增益。

本电路具有高精度、低噪声和高增益特性, 非常适合信号调理、精密数据采集、生物医学分析和航空航天仪表等应用。

### 电路描述

本电路采用数字电位计 AD5292 和仪表放大器 AD8221, 提供一种总成本较低的高电压、可编程增益仪表放大器。

差分输入信号 +IN 和 -IN 由 AD8221 放大。该仪表放大器具有高精度、低噪声、高 CMRR 和高压摆率特性。

最大电路增益由公式 1 确定, 其中  $R_{AW\_MIN}$  为 AD5292 在可变电阻器模式下的游标电阻, 表示增益设置电阻的最小值 (100 Ω)。

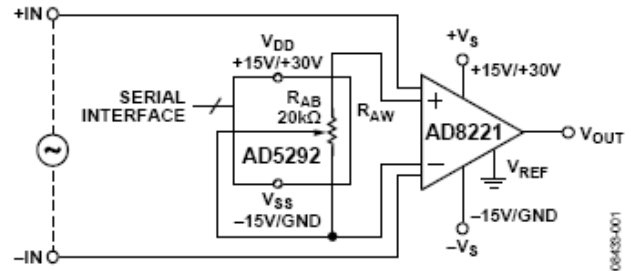


图 1. 可编程增益仪表放大器 (原理示意图: 未显示去耦和所有连接)

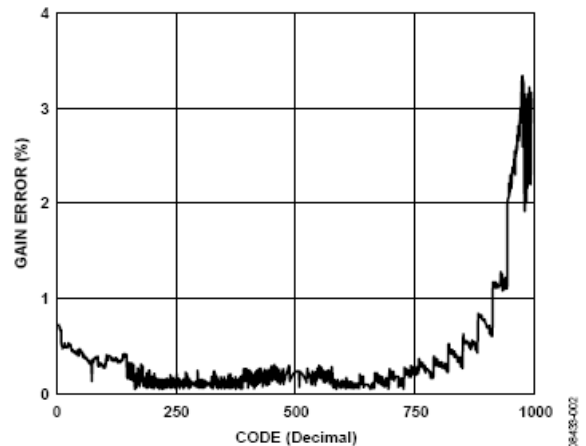


图 2. 增益误差与码的关系

$$G = 1 + \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_{AB}} \leq 1 + \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_{AW\_MIN}} \leq 500 \quad (1)$$

任意特定 AD5292 电阻的电路增益计算公式为:

$$G = 1 + \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{(1024 - D) \times R_{AB} / 1024} \quad (2)$$

### 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)

此公式与D（十进制码）的函数关系图如图3所示。

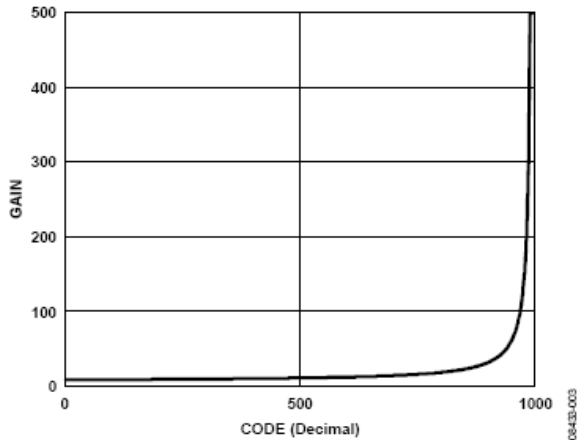


图3.增益与十进制码的关系

流过 AD5292 的最大容许电流为±3 mA，由此限制与差分输入电压呈函数关系的容许电路增益。

公式 3 显示增益上限与差分输入电压  $V_{IN}$  呈函数关系。将  $R_{AB} = V_{IN} / 3 \text{ mA}$  代入公式 1 便得到此公式，其函数关系图如图 5 所示。

$$G \leq 1 + \frac{148}{V_{IN}} \tag{3}$$

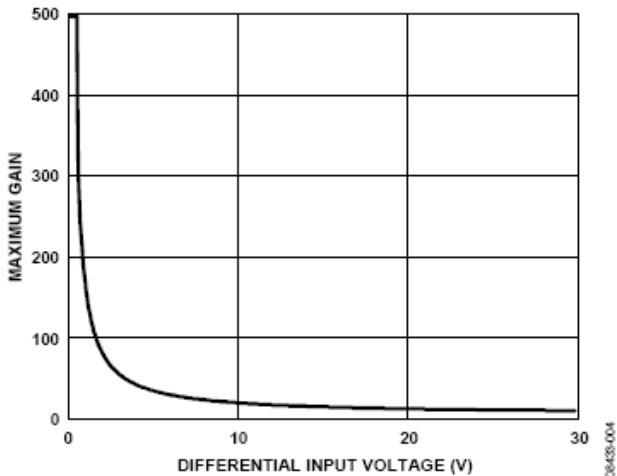


图4.容许增益与差分输入电压的关系

公式 1 限定最大电路增益为 500。通过公式 2 求解 D 可得到公式 4，它计算在不超过电流限制的情况下 AD5292 的最小容许电阻（用数字码表示）。

$$D \geq 1024 - \left( \frac{49.4\text{k}\Omega \times 1024}{R_{AB} \times (G-1)} \right) \tag{4}$$

其中 D 为载入数字电位计的码，G 为公式 3 算出的最大增益。当电路输入为交流信号时，数字电位计的寄生电容可能会导致 AD8221 的最大带宽降低。增益和相位图如图 5 所示。

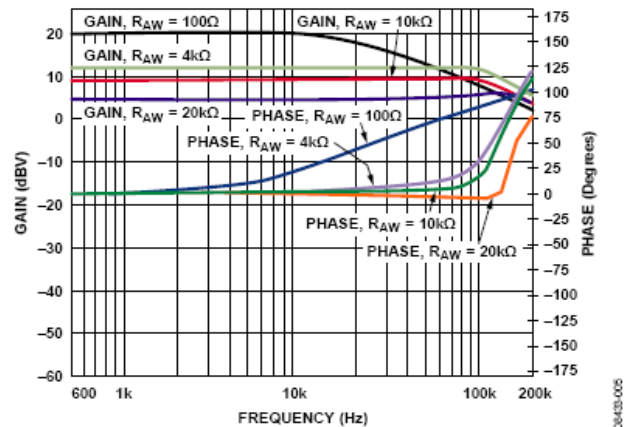


图5.增益和相位与频率的关系（为显示完整增益曲线，垂直刻度经过压缩）

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。

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-061 Tutorial, *Instrumentation Amplifier (In-Amp) Basics.* 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.

数据手册和评估板

- AD5292 Data Sheet.
- AD5292 Evaluation Board.
- AD8221 Data Sheet.
- AD8221 Evaluation Board.
- AD5291 Data Sheet.
- AD5293 Data Sheet.

修订历史

- 3/10—Rev. 0 to Rev. A**
- Changes to Circuit Function and Benefits Section ..... 1
- 8/09—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.

