

AD5270/ AD5272	10 位、1%电阻容差数字电位计
AD8615	精密、20 MHz、CMOS、轨到轨输入/输出运算放大器

利用数字变阻器 AD5270/AD5272 和运算放大器 AD8615 构建紧凑型、低成本、5 V、可变增益反相放大器

电路功能与优势

图 1 所示电路采用数字变阻器 AD5270/AD5272 和运算放大器 AD8615, 提供一种紧凑型、低成本、低电压、可变增益反相放大器。AD5270/AD5272 (10 引脚 3 mm × 3 mm × 0.8 mm LFCSP) 和 AD8615 (5 引脚 TSOT-23) 封装尺寸小、成本低, 为模拟信号处理电路提供了业界先进的解决方案。

该电路提供 1024 种不同增益, 可通过 SPI (AD5270) 或 I²C (AD5272) 兼容型串行数字接口控制。AD5270/AD5272 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。

本电路支持轨到轨输入和输出, 既可采用 +5 V 单电源供电, 也可采用 ±2.5 V 双电源供电, 并且能够提供最高 ±150 mA 的输出电流。

此外, AD5270/AD5272 内置一个 50 次可编程存储器, 可以在上电时自定义增益设置。

本电路具有高精度、低噪声和低总谐波失真 (THD) 等特性, 非常适合仪器仪表的信号调理应用。

电路描述

本电路采用数字变阻器 AD5270/AD5272 和 CMOS 运算放大器 AD8615, 提供一种紧凑型、低成本、可变增益同相放大器。

以反向模式连接的 AD8615 对输入信号 V_{IN} 进行放大。该运算放大器具有低噪声、高压摆率以及轨到轨输入和输出特性。最大电路增益由公式 1 确定。

$$G = -\frac{R_{AW}}{R_1} \rightarrow R_2 = \frac{R_{AW}}{G} \quad (1)$$

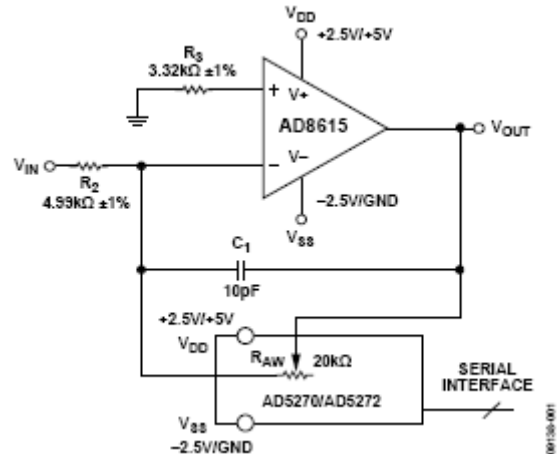


图 1. 可变增益反相放大器 (原理示意图, 未显示去耦和所有连接)

流过 AD5270/AD5272 ($R_{AW} = 20 \text{ k}\Omega$ 版本) 的最大电流为 ±3 mA, 由此可根据电路增益限定最大输入电压 V_{IN} , 如公式 2 所示。

$$|V_{IN}| \leq 0.003 \times R_2 \quad (2)$$

当与 V_{IN} 相连的输入信号高于公式 2 所确定的理论最大值时, 应增大 R_2 , 并利用公式 1 重新计算新增益。

另外, 还应计算最小增益以减少因 AD5270/AD5272 漏电流引起的误差。要使漏电流误差忽略不计, 流过 R_2 的电流应至少为 50 nA 的最差条件漏电流的 100 倍。因此, 通过 R_2 的最小电流应为 5 μA , 这也确定了公式 3 中的 R_2 最小值。

$$|V_{IN}| \geq 5 \times 10^{-6} \times R_2 \quad (3)$$

Rev.0

“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显示了在这些假设条件下，根据运算放大器的输入电压得出的 R_2 值可能范围。

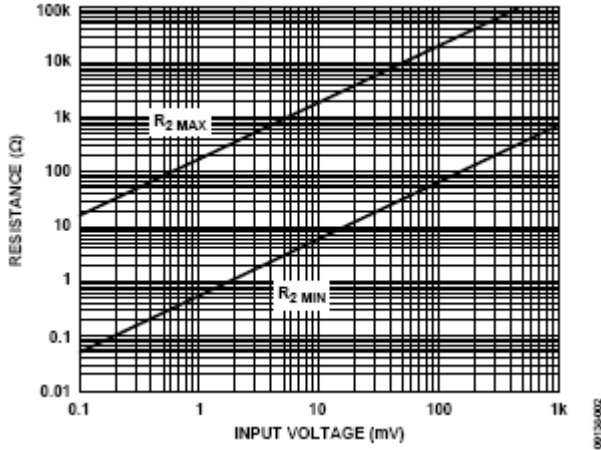


图 2. R_2 值范围与最小输入信号的关系

AD5270/AD5272的 $\pm 1\%$ 内部电阻容差可确保增益误差较低，如图 3所示。

电路增益计算公式为：

$$G = 1 + \frac{(1024 - D) \times R_{AW}}{R_2} \quad (4)$$

其中 D 为载入该数字电位计的码。

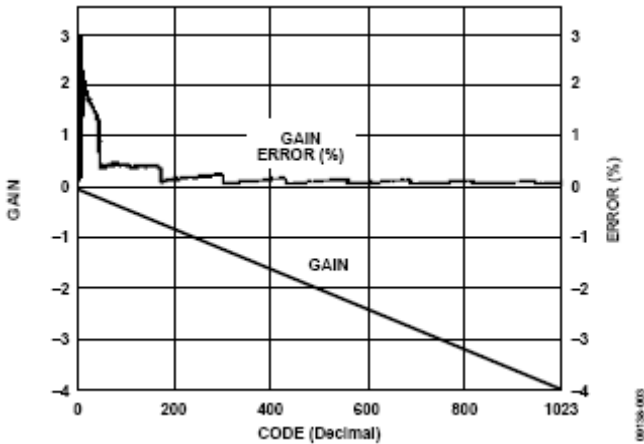


图 3. 增益和增益误差与十进制码的关系

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输出发生不良振荡。不过，在反相器输入与其输出之间连接一个小电容 C_1 便可避免这种情况。对于图 4所示的增益和相位图，所用电容值为 10 pF。

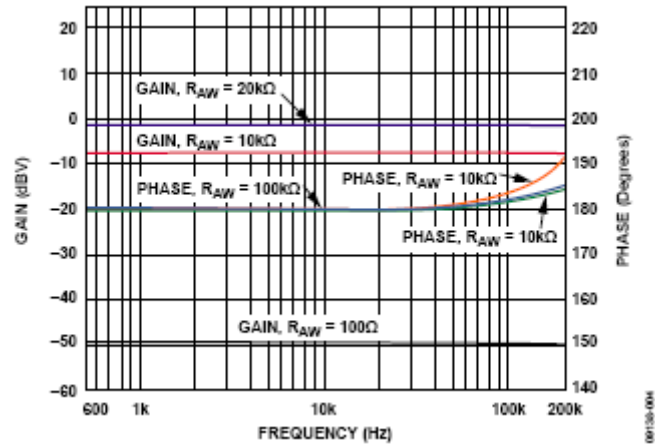


图 4. 交流输入信号的增益和相位与频率的关系（为显示完整增益曲线，垂直刻度经过压缩）

AD5270/AD5272具有一个 50 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—“实现数据转换器的接地并解开AGND和DGND的谜团”，以及教程MT-101—“去耦技术”）。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

AD5271/AD5274（8 位、内置上电 50 次可编程存储器）均为 $\pm 1\%$ 容差数字变阻器，在不需要 10 位分辨率的情况下适合本应用。

图 1所示基本电路可经过调整，采用高压器件，由 30 V 电源供电，如CN-0113 电路笔记所述。

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.

数据手册和评估板[AD5270 Data Sheet](#)[AD5272 Data Sheet](#)[AD5270 Evaluation Board](#)[AD5272 Evaluation Board](#)[AD5271 Data Sheet](#)[AD5274 Data Sheet](#)[AD8615 Data Sheet](#)

修订历史

7/10—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.
CN09138sc-0-7/10(0)

www.analog.com