

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
AD8676	超精密、双通道、轨到轨输出运算放大器
AD8541	通用型 CMOS、单通道、轨到轨放大器
ADCMP371	具有推挽输出级的比较器

## 利用数字电位计 AD5292 提供对数音量控制并减少毛刺

### 电路功能与优势

本电路采用 digiPOT+™ 系列数字电位计 AD5292、双通道运算放大器 AD8676、单通道运算放大器 AD8541、比较器 ADCMP371 和 7408 与门，可提供对数音量控制并减少毛刺。

该电路同时还具有低总谐波失真(THD)特性，最大信号衰减为 46 dB，提供衰减最高达 130 dB 的关断功能，如图 3 所示。执行软件关断命令可将 AD5292 置于关断模式，这一特性可将 RDAC 置于特殊状态，其中 A 端开路，游标 W 则与 B 端相连。

该电路提供对数增益控制功能，输出电压范围为  $\pm 14\text{ V}$  ( $10\text{ V}_{\text{rms}}$ )，能够提供最高  $\pm 20\text{ mA}$  的输出电流。AD5292 可以通过 SPI 兼容型串行接口编程。

此外，AD5292 内置一个 20 次可编程存储器，可以在上电时自定义音量设置。

本电路具有低噪声、低总谐波失真、高信号衰减、低温度系数和高电压能力等特性，非常适合许多音频应用。

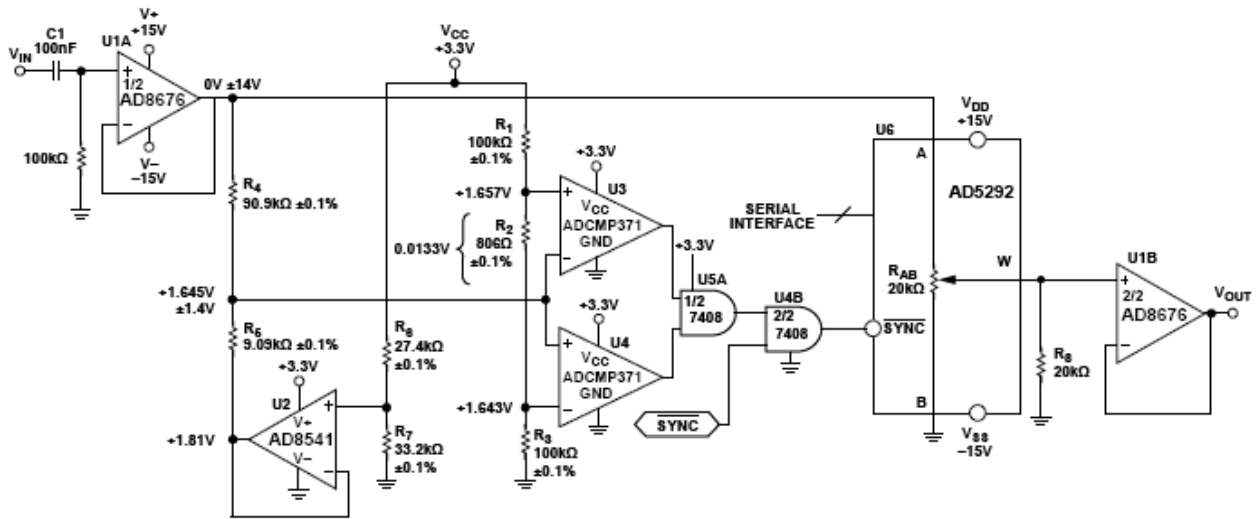


图 1. 可减少毛刺的对数音量控制 (原理示意图, 未显示去耦和所有连接)

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)

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Tel: 781.329.4700 [www.analog.com](http://www.analog.com)  
Fax: 781.461.3113

©2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

电路描述

本电路采用数字电位计AD5292、双通道运算放大器AD8676、单通道运算放大器AD8541、比较器ADCMP371 和 7408 与门，可提供低失真对数音量控制并减少毛刺。对数抽头由游标连接与地之间增加电阻R8 来实现。关于这一方法的详细说明，请参考Hank Zumbahlen撰写的文章“在数字电位计上添加对数抽头”（EDN, 1/20/00）。

该电路提供一个输入/输出缓冲器，可将其它外部电路的负载效应降至最小。双通道运算放大器AD8676 则可确保低噪声和精密轨到轨输出电压。图 2显示由 $V_{IN}$ 归一化的对数输出电压 $V_{OUT}$ 。

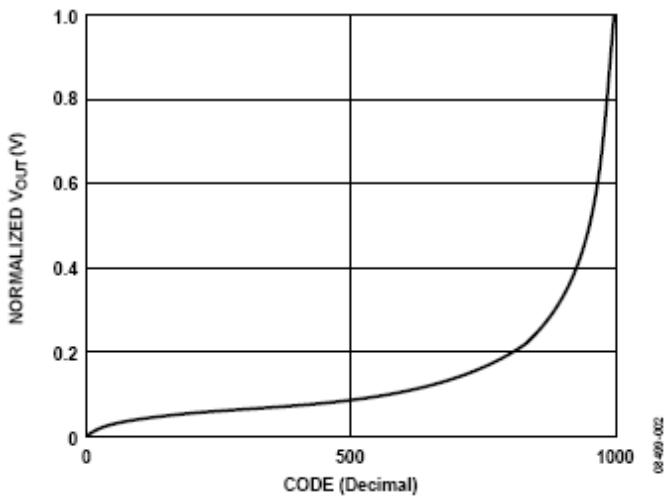


图 2. 归一化  $V_{OUT}$  与码的关系

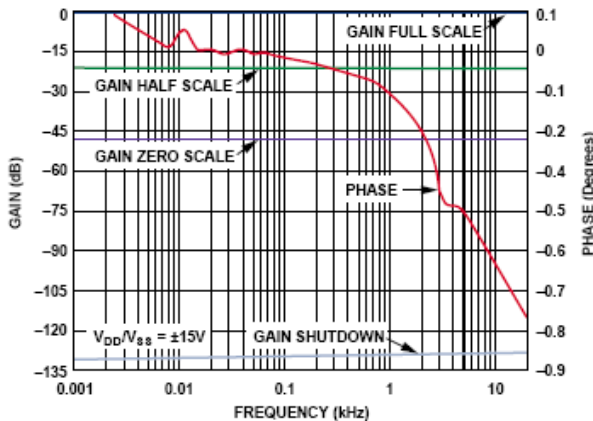


图 3. 1 V 均方根输入信号时增益和相位与频率的关系

音量控制保证最大衰减为 46 dB，关断模式下最高可达 130 dB。图 3显示典型码对应的衰减，包括关断模式，以及与码无关的信号相位延迟。

该电路具有低总谐波失真(THD)特性，对于 1 kHz、1  $V_{RMS}$  输入信号，其典型值为-93 dB，如图 4所示。图 4、图 5和图 6显示典型的总谐波失真加噪声性能。

无毛刺减少电路时，大衰减步进所引起的毛刺如图 7所示，内部开关的码转换所引起的毛刺如图 8所示。

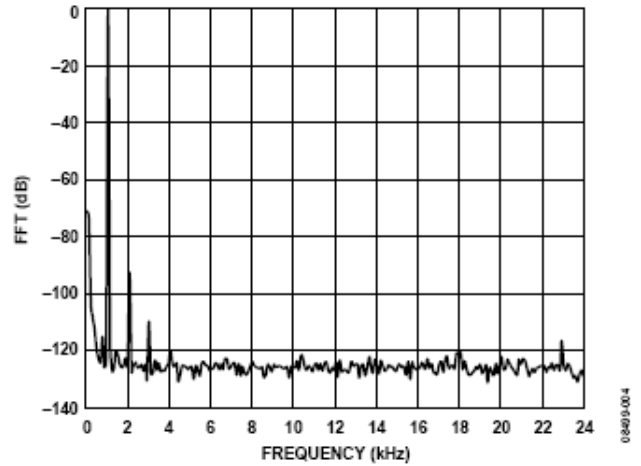


图 4. 1 kHz、1  $V_{RMS}$  输入信号、0 dB 增益时的 FFT

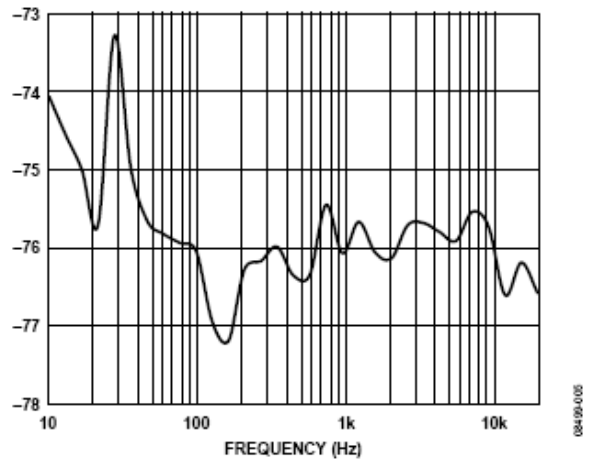


图 5. 1  $V_{RMS}$  输入信号、0 dB 增益时总谐波失真加噪声(THD+N)与频率的关系

减少毛刺电路采用 AD8541、ADCMP371 和 7408 与门。比较器 U2 和 U3 充当窗口比较器，二者之间存在 13.3 mV 阈值，足以克服典型比较器的失调电压影响。该电路是一个零交越检波器，只有信号越过 0 V 时才允许衰减发生变化，因而可将毛刺降至最低。电阻 R4 和 R5 将输入信号衰减 90.91%，并在窗口比较器中建立 1.645 V 的共模电压。零交越的最大不确定性反映到输入端约为 133 mV。窗口比较器的输出与外部 SYNC 命令进行“与”运算，以驱动 AD5292 的 SYNC 输入。

SYNC 的负向沿进入 AD5292 之后，下一个时钟脉冲将更新内部 DAC 寄存器。

电阻 R1 至 R7 的容差应为 0.1%，以确保实现最佳零交越检波，使毛刺能量较小并防止衰减发生大步进变化。阈值窗口折合到输入信号电压  $V_{IN}$  约为 133 mV。AD5292 中减少毛刺电路激活时的典型衰减步进如图 9 所示（下一个时钟脉冲更新内部 DAC 寄存器）。

AD5292 具有一个 20 次可编程存储器，用户可以在上电时将衰减预设为特定值。

为实现所需性能，必须采用最佳布局、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。

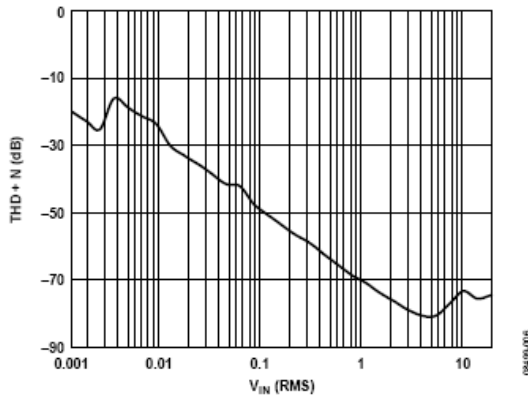


图 6. 0 dB 增益时总谐波失真加噪声(THD+N)与 1 kHz 输入信号幅度的关系

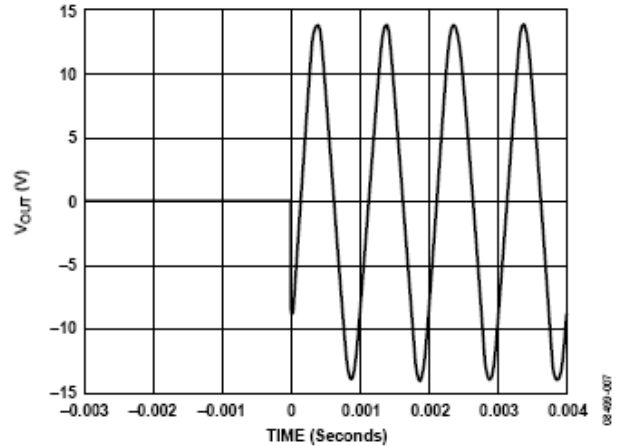


图 7. 衰减的大步进变化显示无减少毛刺电路时的毛刺情况

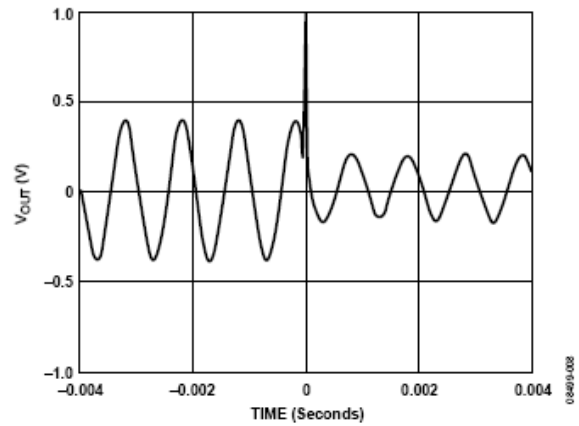


图 8. 衰减的小变化显示无减少毛刺电路时的毛刺情况

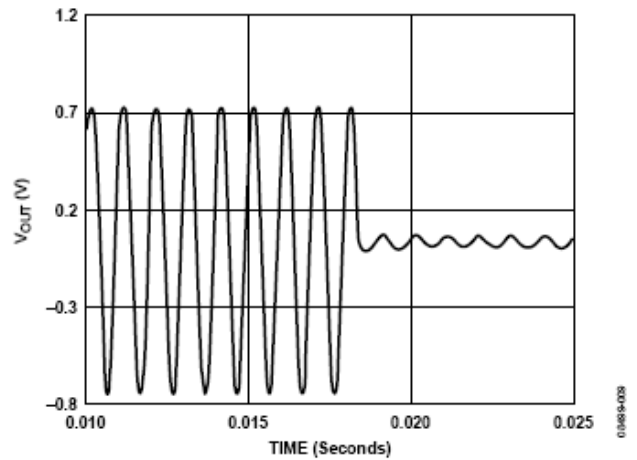


图 9. 减少毛刺电路激活后

### 进一步阅读

Zumbahlen, Hank. "Tack a Log Taper onto a Digital Potentiometer," *EDN*, January 20, 2000.

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

[AD5292 Data Sheet](#)

[AD5291 Data Sheet](#)

[AD5293 Data Sheet](#)

[AD8676 Data Sheet](#)

[AD8541 Data Sheet](#)

[ADCMP371 Data Sheet](#)

### 修订历史

#### 3/10—Rev. 0 to Rev. A

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

#### 10/09—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.  
CN08499sc-0-3/10(A)



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