

Circuit from the Lab™ 是经过测试的电路设计，旨在解决常见的设计挑战，方便设计人员轻松快捷地实现系统集成。有关更多信息和技术支持，请访问：
www.analog.com/CN0165。

连接/参考器件

ADG4612	带断电保护的低导通电阻、四通道单刀单掷开关
ADA4000-1	低成本、精密 JFET 输入运算放大器
AD7476	12 位、1MSPS SAR ADC, 采用 6 引脚 SOT-23 封装

使用故障保护 CMOS 开关的关断保护数据采集信号链

电路功能与优势

采用远程信号源时，发生损害故障的可能性更大。可能因系统电源时序控制设计不当或系统要求热插拔而导致过压。若未采取保护措施，因连接欠佳或感性耦合导致的瞬变电压可能会损坏元件。另外，在电源发生故障或者开关输入仍然连接至模拟信号而电源连接丢失时，也可能出现故障。这些故障条件可能造成重大损坏，结果可能意味着高昂的维修成本。

图 1 所示电路利用一个带断电保护的低导通电阻、四通道单刀单掷开关 ADG4612，为数据采集信号链提供保护。该数据采集系统包括低成本、精密 JFET 输入运算放大器 ADA4000-1，后接一个低功耗、12 位、1 MSPS SAR ADC AD7476。该 ADG4612 可在仍然存在输入信号时，提供低成本的功率损耗保护和最高 16V 的过压故障保护。ADG4612 采用 3 mm × 3 mm LFCSP 和 16 引脚 TSSOP 两种封装，需要增加的额外电路板面积很小。ADG4612 可在不增加任何分离器件的条件下，为四个独立的数据采集通道提供保护。

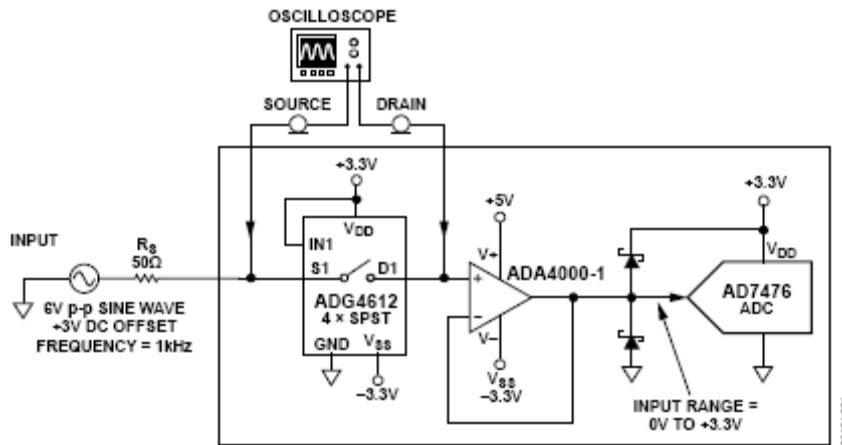


图 1. 提供故障保护的数据采集信号链电路（简化示意图：未显示所有连接和去耦）

Rev.0

Circuits from the Lab™ circuits 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 Circuits from the Lab circuits. (Continued on last page)

电路描述

图 1所示为一种单通道、提供故障保护的数据采集信号链，由 ADG4612、ADA4000-1和AD7476构成。能否保护数据采集板关键在于ADG4612的保护功能。无电源时，即当 V_{DD} 浮空或 $V_{DD} \leq 1\text{ V}$ 时，或者当输入信号 V_S 或 V_D 大于电源 V_{DD} 与阈值电压(VT)之和时，开关处于隔离模式。此类条件下，开关输入为高阻抗输入，以确保不存在可能损坏开关或下游电路的电流。负供电轨 V_{SS} 可为浮空或 0 V 至 -5.5 V 。接地引脚必须连接至地电位。

下游元件（如ADA4000-1或AD7476）的输入应限制在供电轨之内，以便在电源丢失或输入信号超过供电轨时阻止这些信号。

在断开条件下，最高+16V的输入信号电平被阻止（假设 $V_{SS} = 0\text{ V}$ ）。当模拟输入信号电平超过 V_{DD} 达阈值电压VT ($\sim 1.2\text{ V}$)时，开关也会断开。

对于标准 CMOS 模拟开关，其额定电源要求请参考产品数据手册，并应严格遵守，以确保器件保持最佳性能和运行状态。然而，由于电源故障、电压瞬变、时序控制不当、系统故障或用户故障等原因，不可能始终达到数据手册的要求。

标准CMOS开关的信号源、漏极和逻辑引脚均以电源箝位二极管的形式提供了ESD保护，如图 2所示。这些二极管的尺寸因工艺而异，不过一般都采用小型设计，以尽量减少泄漏电流。正常运行中，这些二极管均为反向偏置，不会通过电流。正向偏置时，其额定规格要求通过的电流不能大于几mA，否则可能会损坏器件。每当模拟开关输入电压超过电源时，这些二极管将转为正向偏置，可能通过较大电流，这样即使关闭电源，开关也可能损坏。另外，故障导致的损坏并不限于开关，而且也可能影响到下游电路，如ADA4000-1，因为将信号施加于未供电的ADA4000-1超出了该器件的绝对最大额定值。

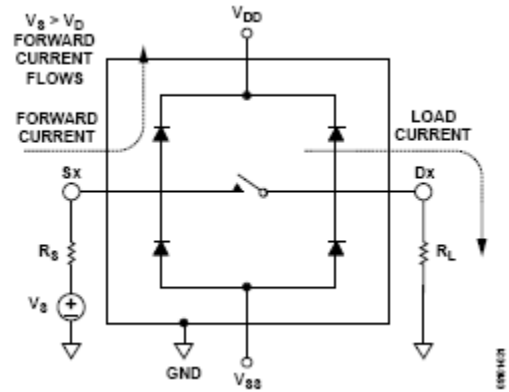


图 2. 标准模拟CMOS开关上的ESD保护

图 3所示为标准模拟开关在施加信号而电源浮空时的性能波形。直流偏置为+3 V的 6 V p-p 正弦波施加于模拟输入，后者通过内部ESD二极管，将电源供给开关以及连接至同一 V_{DD} 电源的任何其他元件。输入信号通过开关，出现在ADA4000-1的输入端，因而超过ADA4000-1的最大额定值。

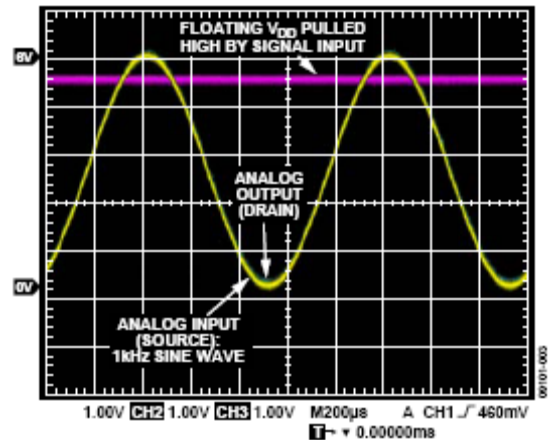


图 3. 无电源的标准模拟开关

标准CMOS开关还存在另一限制因素，即模拟信号超过电源 V_{DD} 和 V_{SS} 时，电源被拉至故障信号的二极管压降范围内。内部二极管转为正向偏置，电流从输入信号流至电源。故障信号也可能通过开关并损坏下游器件，如图 4 所示。

如果超过器件的绝对最大额定值，可能会影响长期可靠性。

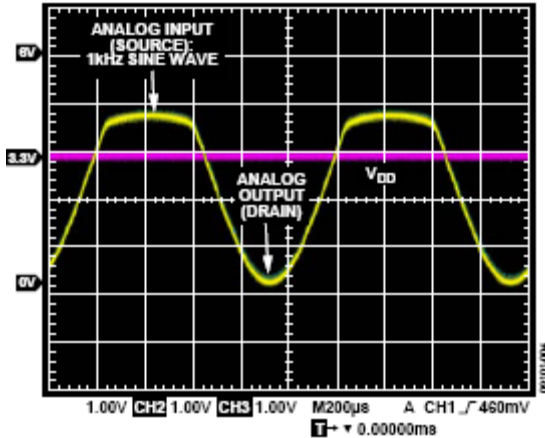


图 4. 过压条件下的标准模拟开关

ADG4612 可以消除上述故障影响，它在模拟或数字输入到 V_{DD} 或 V_{SS} 之间未采用内部 ESD 二极管。相反，ADG4612 利用其他保护元件来避免 ESD 事件。这就意味着，在功率损耗条件下或发生过压故障时，不存在至电源的低阻抗路径。如果 ADG4612 输入在有电源之前存在信号，开关将进入隔离模式，即输入端具有至 V_{DD} 、GND 和输出的高阻抗路径。这样可防止电流流动，从而有效保护器件和下游电路免受损坏。

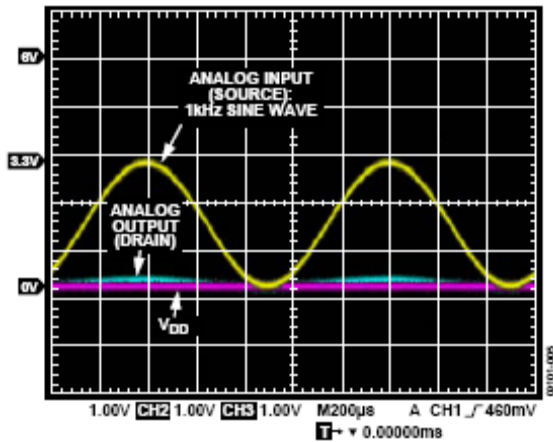


图 5. 无电源的 ADG4612

图 6 显示了模拟输入端过压故障导致的结果。此时，直流偏置为 +3 V 的 6 V p-p 正弦波施加于 ADG4612，后者采用 ± 3.3 V 电源供电。当模拟输入超过 V_{DD} 达阈值电压 V_T (~ 1.2 V) 时，开关进入隔离模式，从而避免故障对下游电路造成损坏。

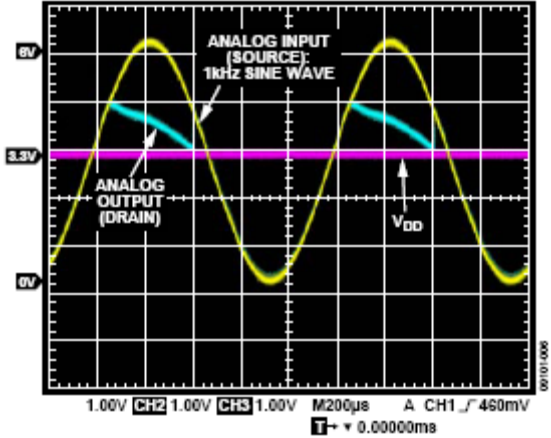


图 6. ADG4612 上的过压条件

如图 1 所示，ADG4612、ADA4000-1 和 AD7476 三者相结合提供一种稳定的数据采集电路，可有效应付各种故障条件，如仍然存在来自外部的信号时发生的功率损耗故障或者模拟输入端的过压故障等。

请注意，AD7476 的输入范围等于 V_{DD} ，后者同时充当该 ADC 的基准电压源。此时，输入范围为 0 V 至 +3.3 V。为了在该范围内线性驱动 AD7476，ADA4000-1 的电源电压必须稍高，以便为输出级留出充足的裕量（相对于正电源约为 1.2 V，相对于负电源约为 2 V）。其实现方法是将 ADA4000-1 的正电源电压设为 +5 V，负电源电压设为 -3.3 V。连接至 AD7476 输入的两个外部肖特基二极管可确保电源时序控制不出问题。

ADG4613 同时支持 SPST 以外的配置；该器件有两个开关的数字控制逻辑与 ADG4612 相似，但其他两个开关的控制逻辑则相反。当接通时，各开关在两个方向的导电性能相同，输入信号范围可扩展至电源电压范围。ADG4613 为先开合式开关，适合多路复用器应用。该器件可配置为四通道单刀单掷、双通道单刀双掷或 4:1 的多路复用器，以适应不同的应用。

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

图 7所示为图 1中电路的一种变化形式,以+ 3.3 V单电源供电。在该应用中,要求用一个具有轨到轨输入和输出的运算放大器为AD7476提供全输入范围驱动。AD8655 运算放大器的输出额定驱动电压在各供电轨的 10 mV至 30 mV之内。换言之,在线性度受到不利影响的满量程ADC范围的各端存在小比例的死区编码。

对于 30 mV的裕量要求,该比例约为 3.3V输入范围的 1%。有关运算放大器轨到轨问题以及过压保护的详细讨论,请参看 MT-035和MT-036两个教程。

另外注意,ADG4612在该电路中的 V_{SS} 为 0 V,但仍然可在整个输入信号范围内维持良好的导电电阻平坦度。

AD8656 是AD8655的双通道版本。ADA4000-2和ADA4000-4分别为ADA4000-1的双通道和四通道版本。

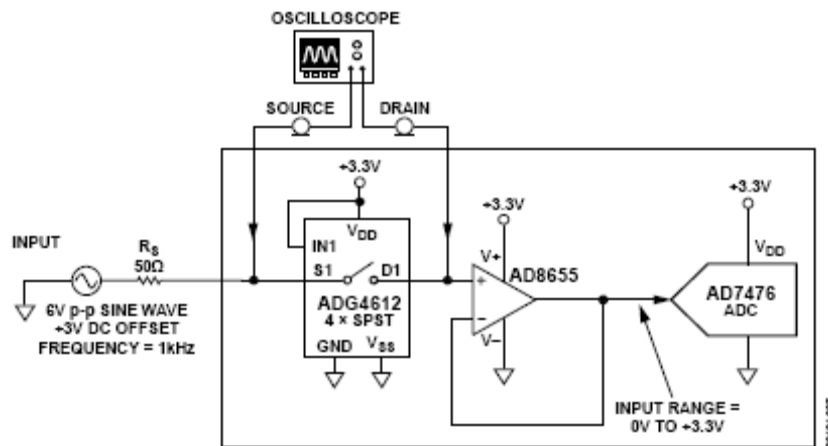


图 7.单电源、提供故障保护的数据采集信号链电路 (简化示意图: 未显示所有连接和去耦)

进一步阅读

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

MT-035 Tutorial, *Op Amp Inputs, Outputs, Single-Supply, and Rail-to-Rail Issues,* Analog Devices.

MT-036 Tutorial, *Op Amp Output Phase-Reversal and Input Over-Voltage Protection,* Analog Devices.

MT-088 Tutorial, *Analog Switches and Multiplexers Basics,* Analog Devices.

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

数据手册和评估板

[ADG4612/ADG4613 Data Sheet](#)

[ADG4612 Evaluation Board \(EVAL-ADG4612EBZ\)](#)

[ADA4000-1 Data Sheet](#)

[ADA4000-2 Data Sheet](#)

[ADA4000-4 Data Sheet](#)

[AD7476 Data Sheet](#)

[AD7476 Evaluation Board](#)

修订历史

1/11—Revision 0: Initial Version

(Continued from first page) Circuits from the Lab circuits 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 circuits 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 circuits. 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 circuits at any time without notice but is under no obligation to do so.