

### 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超低导通电阻、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可在断电却仍存在输入信号时，提供低成本的、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。

#### 电路描述

表1. 连接/参考器件

产品	说明
ADG4612	低导通电阻、四通道SPST开关，集成断电保护
ADA4000-1	低成本、精密JFET输入运算放大器
AD7476	12位、1 MSPS SAR ADC，采用6引脚SOT-23封装

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 $V_{DD}$ 悬空或 $V_{DD} \leq 1V$ 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 $V_{SS}$ 可为悬空或0V至-5.5V。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 $V_{SS} = 0V$ )。当模拟输入信号电平超过 $V_{DD}$ 达阈值电压VT (~1.2V)时，开关也会断开。

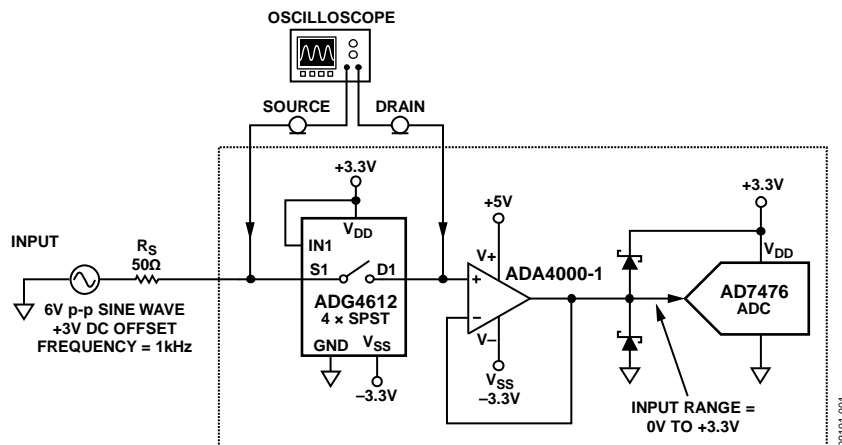


图1. 提供故障保护的数据采集信号链电路(简化示意图: 未显示所有连接和去耦)

# AN-1219

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开关的源极、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。正常工作时，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。

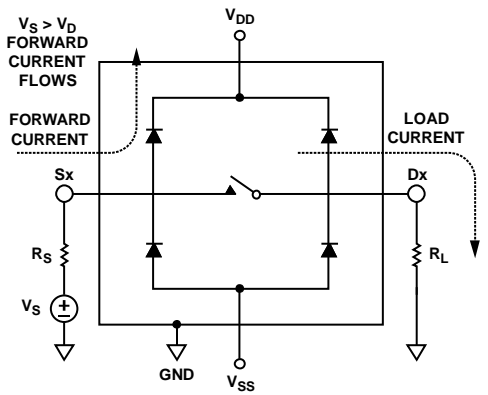


图2. 标准模拟CMOS开关上的ESD保护

图3所示为标准模拟开关在施加信号而电源悬空时的性能波形。直流偏置为3 V的6 V p-p正弦波施加于模拟输入，则反过来通过内部ESD二极管，将电源供给开关以及连接至同一V<sub>DD</sub>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。

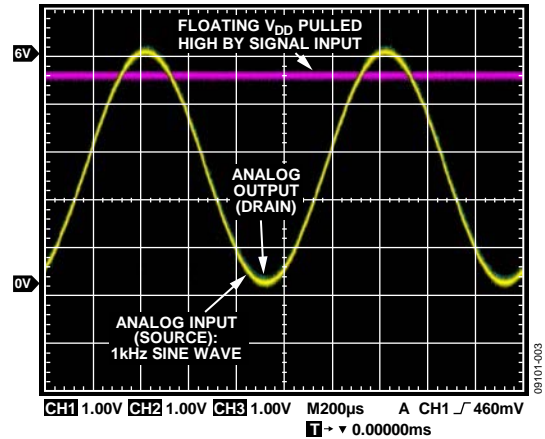


图3. 无电源的标准模拟开关

标准CMOS开关还存在另一限制因素，即模拟信号超过电源V<sub>DD</sub>和V<sub>SS</sub>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。

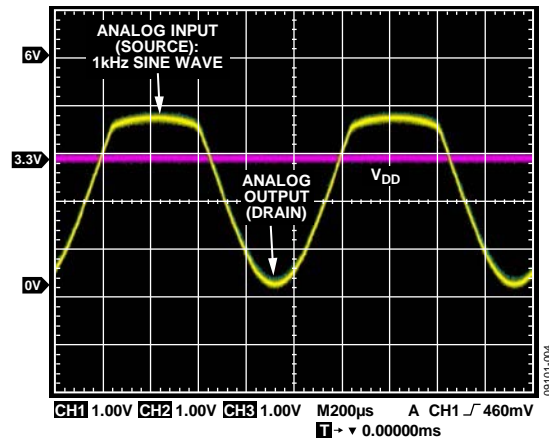


图4. 过压条件下的标准模拟开关

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，在掉电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输入信号存在于上电之前，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。

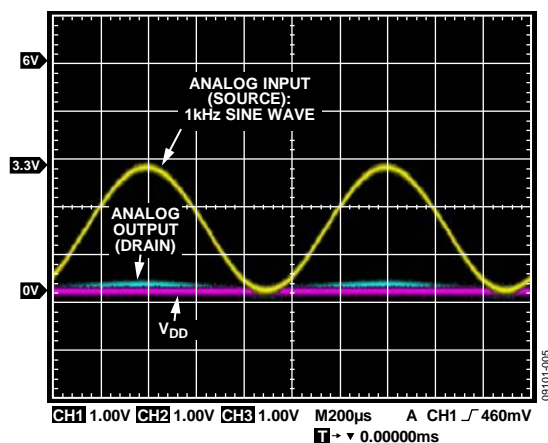


图5. 无电源的ADG4612

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，同时采用 $\pm 3.3$  V电源供电。当模拟输入超过 $V_{DD}$ 达阈值电压 $V_T$  ( $\sim 1.2$  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。

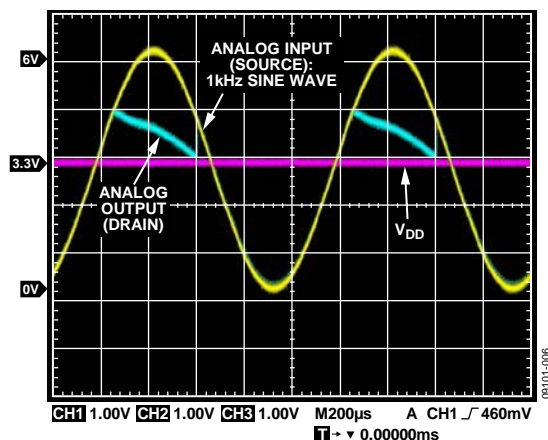


图6. ADG4612上的过压条件

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，如在掉电时仍然存在来自外部的信号或者模拟输入端的过压故障等。

请注意，AD7476的输入范围等于 $V_{DD}$ ，该电压同时充当该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为先开后合式开关，适合多路复用器应用。该器件可配置为四通单刀单掷、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(请参考指南MT-031和指南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3.3 V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，请参看指南MT-035和指南MT-036。

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。

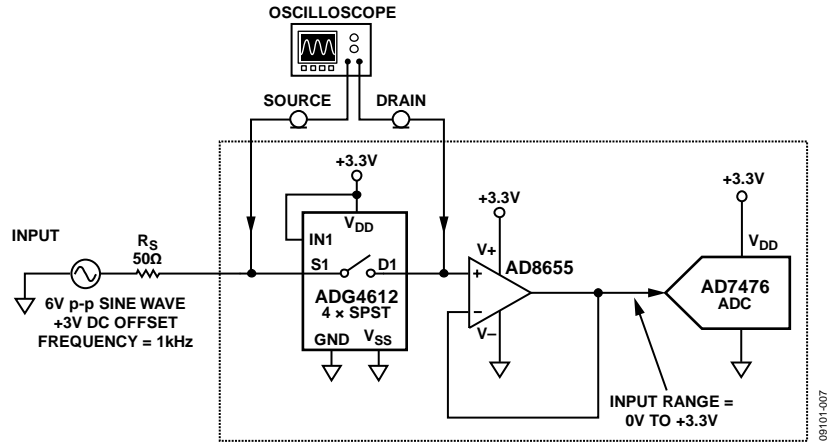


图7. 单电源、提供故障保护的数据采集信号链电路(简化示意图: 未显示所有连接和去耦)

## 了解详情

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

2013年4月—修订版0至修订版A

文档标题从CN-0165更改为AN-1219..... 通篇

2011年1月—修订版0: 初始版