Application Note

正确使用多路信号分离器的建模、分析和建议

Kelly Tian, Kameron Hill, Yang Wu

摘要

模拟多路复用器通常是双向的。每个通道在两个方向上都具有非常相似的特性，因此多路复用器既可用作多路复用器，也可用作多路信号分离器。多路复用通常用于各种应用，例如多通道信号的异步数据采集、状态读取或轮询系统监控。对于多路复用应用，未选择的（关断）通道不连接到公共端子，该端子自然与多路复用器之后的信号调节电路隔离。然而，对于多路信号分离应用，输出通道始终连接到多路复用器之后的信号调节电路。对于关断通道，如果未正确处理输出通道，可能会检测到多余的电压。

本应用手册首先给出太阳能系统中的多路信号分离应用示例（基于 *CD405xB 具有逻辑电平转换功能的 CMOS 单路 8 通道模拟多路复用器或多路信号分离器* 数据表），以阐释关断通道上的多余电压问题。然后，构建了关断通道的等效模型，以帮助分析根本原因。最后，我们还讨论了设计和测量技巧，以帮助工程师正确使用多路信号分离器。

内容

1 简介.....2
1.1 太阳能系统中的多路信号分离应用示例.....2
1.2 关断通道上出现多余电压的应用问题.....4
2 关断通道模型分析.....5
2.1 通道结构.....6
2.2 等效电阻器模型.....8
3 将关断通道输出电压固定到接地.....10
3.1 下拉电阻器.....10
3.2 下拉电容器.....12
3.3 带开关的泄放电阻器.....13
4 测试和测量.....15
4.1 测量注意事项.....15
4.2 测试结果.....16
5 总结.....18
6 参考资料.....19

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

1 简介

德州仪器 (TI) 提供广泛的模拟开关和多路复用器产品系列。通用模拟多路复用器 *CD405xB* 是数字控制的模拟开关。这是双向的，并且每个通道在两个方向上都具有非常相似的特性，因此这也可用作多路信号分离器。

当该器件用作多路复用器时，通道输入/输出端子是输入，公共输出/输入端子是输出，当用作多路信号分离器时则相反。如图 1-1 中所示，对于多路复用应用，未选择的 (关断) 通道不连接到公共端子，该端子自然与多路复用器之后的信号调节电路隔离。然而，对于多路信号分离应用，输出通道始终连接到多路复用器之后的信号调节电路。对于关断通道，如果未正确处理输出通道，可能会产生多余的电压。

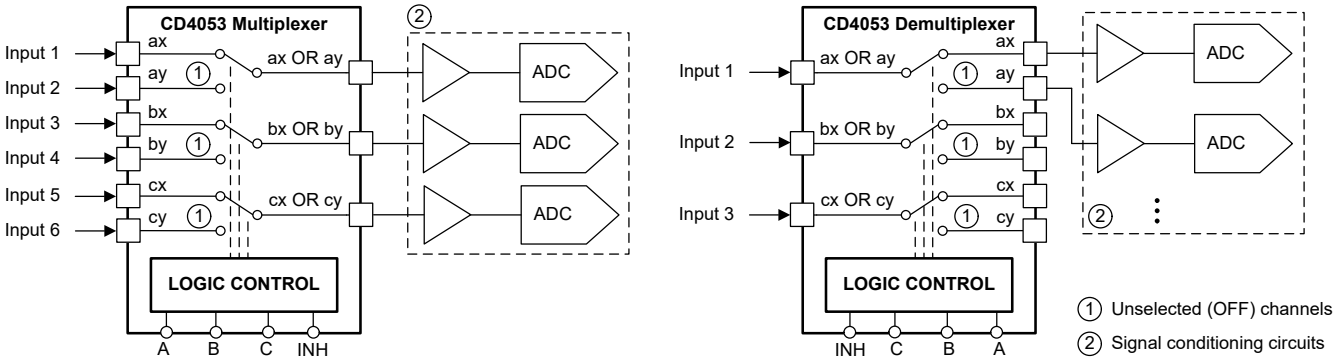

图 1-1. 典型多路复用器和多路信号分离器应用

1.1 太阳能系统中的多路信号分离应用示例

一个多路信号分离器应用示例是将其与具有不同增益的放大器结合使用，以进行信号分段处理。图 1-2 显示了太阳能公用事业发电站中智能汇流箱 (也称为 PV 流箱) 的应用场景。智能汇流箱用于中等/大规模 PV 电网连接发电系统中的中央逆变器。智能汇流箱安装在 PV 串和逆变器之间，作用是减少 PV 串和逆变器之间的连接线路，以及简化维护并提高可靠性。其中一项功能是监控多通道串电流，这些电流通常来自电流传感器 (CT) 或霍尔电流传感器。

电流传感器的输出电压通常为 0V 至约 5V，甚至高达 12V，而微控制器 (MCU) 的推荐 ADC 满量程范围 (FSR) 通常为 0V 至约 3V。因此，需要增益小于 1 的放大器在进入 ADC 之前对采样信号进行衰减。此外，电流传感器对于低电流测量的精度通常远低于大电流测量的精度。并且无法完全避免信号调节电路的系统误差和噪声 (如 Vos 和放大器漂移)。为了仍然获得相对较高的低电流测量精度，不建议对低电流信号进行衰减。相反，建议进行缓冲或放大。这意味着，对于来自同一前端传感器的不同振幅的电流信号，需要不同的后端信号调节电路。这导致使用多路信号分离器的信号分段处理示例，如图 1-3 所示。

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

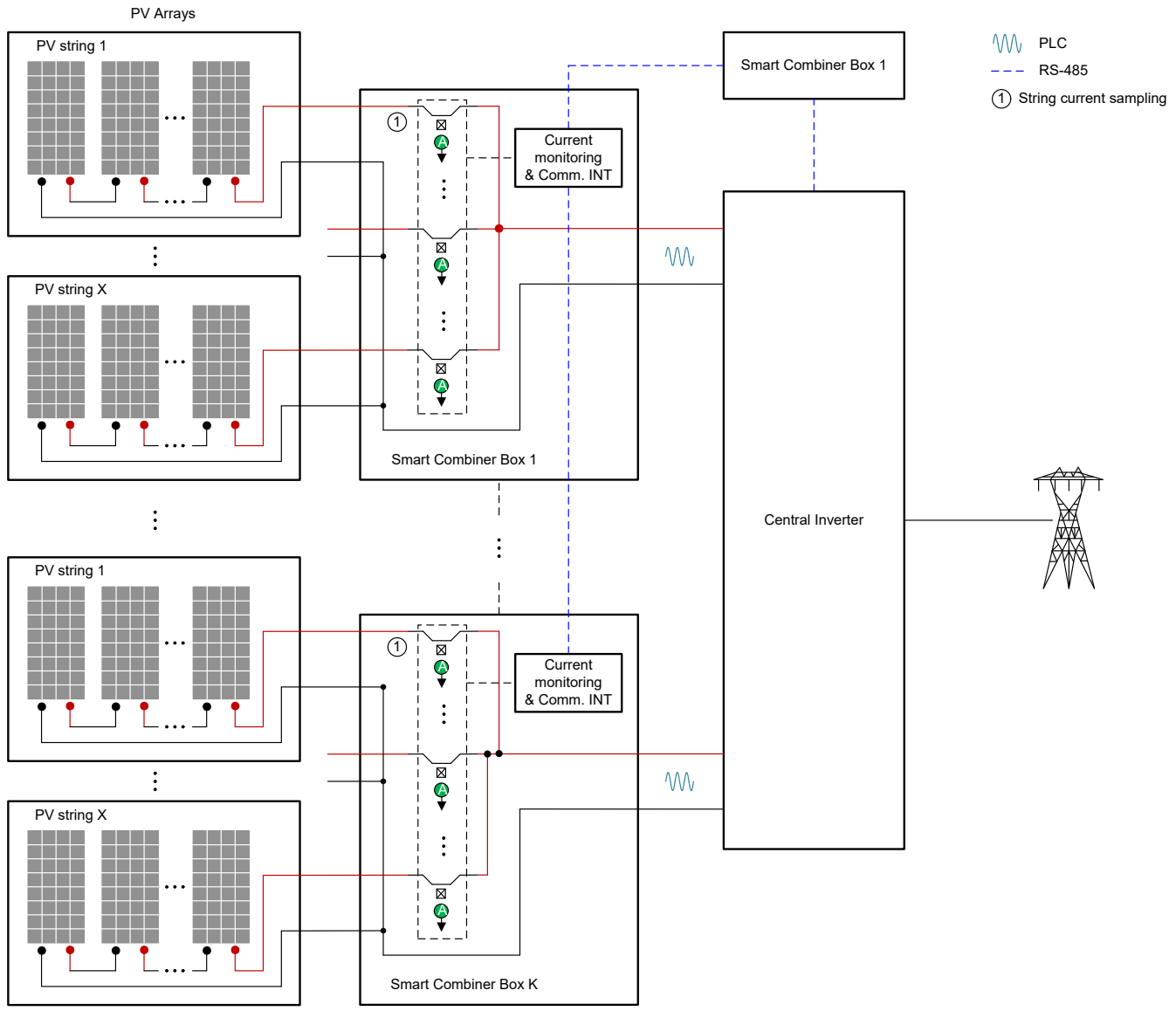

图 1-2. 太阳能公用事业发电站中智能汇流箱的应用场景

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

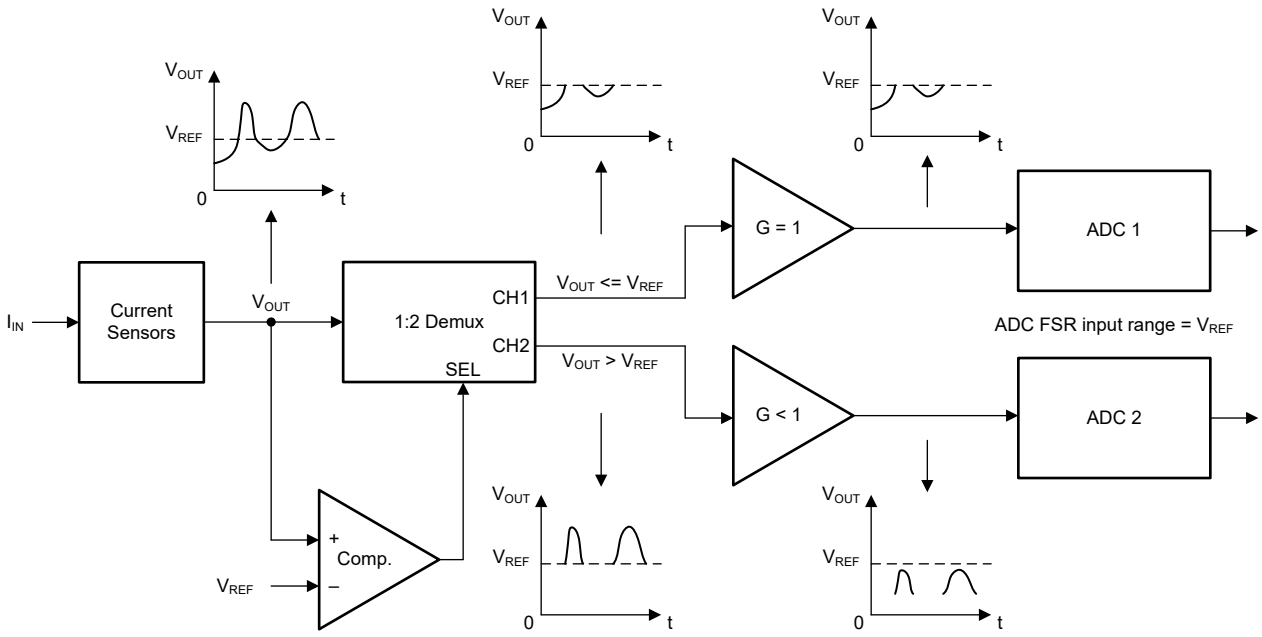

图 1-3. 使用多路信号分离器的信号分段处理示例

1.2 关断通道上出现多余电压的应用问题

图 1-4 显示了多路信号分离器（如 CD4053B）的典型应用电路：导通和关断通道输出均直接连接到单位增益缓冲器的输入。对于导通通道，由于存在导通状态电阻，输出电压可以略小于输入电压。对于关断通道，尽管输入端阻止了电压，但电源到输出端仍然存在一条漏电路径，可以建模为大电阻器。节 2.1 和节 2.2 详细讨论了当通道关闭时，多路信号分离器内部会发生什么情况。

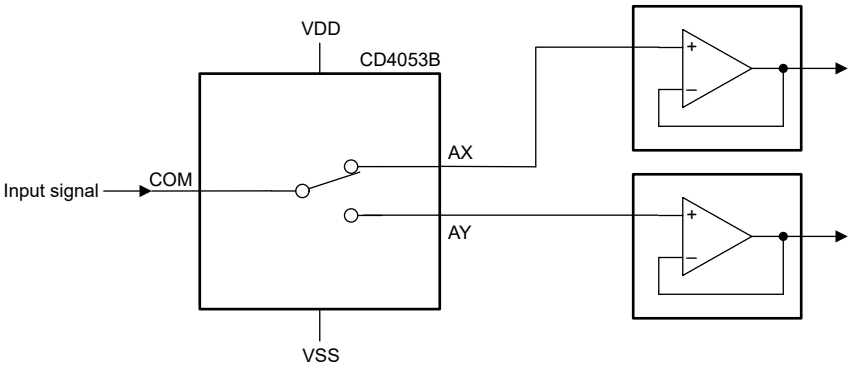

图 1-4. 用作多路信号分离器的 CD4053B 应用电路

同时，单位增益缓冲器（运算放大器）的输入电阻相当大。如果缓冲器的输入端直接连接到通道的输出端，则通道漏电路径的电阻器和缓冲器的输入电阻器可以形成一个电压分压网络。因此，在关断通道输出端可以检测到非零电压，而从通道流出流向运算放大器的电流称为关断通道漏电流。检测到的电压是多余的，因为该电压也可以传递到以下信号调节电路并被 MCU 识别。

此外，如果设置不正确，测试设备可能无法测量此类电压。图 1-5 所示为常见的电压读数问题。在本例中，使用万用表和示波器来测量关断通道输出电压。万用表的读数约为 1V，而示波器的读数接近 0V。很难确定哪个测量值才是正确的。实际上，存在不同读数的原因是这两种仪器的输入电阻不同。有关测量注意事项的详细信息，请参阅节 4.1。

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

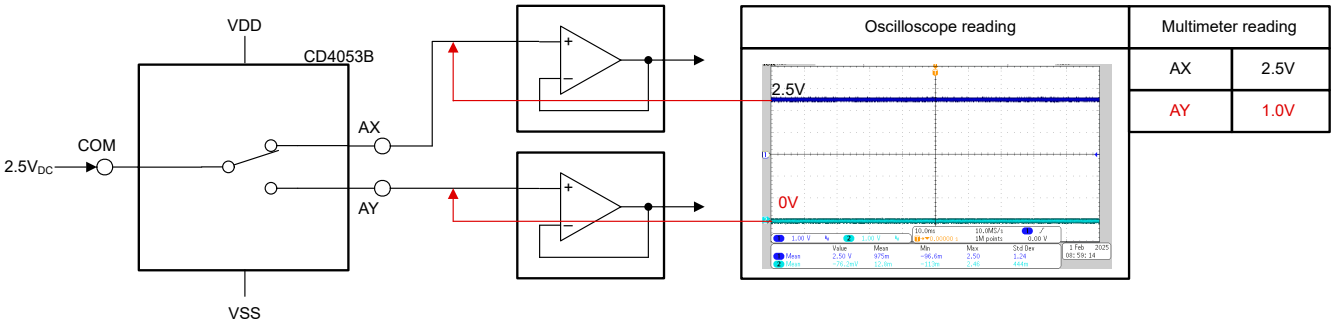

图 1-5. 多路信号分离器通道关断输出端的电压读数问题

2 关断通道模型分析

模拟多路复用器或多路信号分离器本质上是开关的组合。CD4053B 的设计基于传输门开关。如图 2-1 所示，N 沟道晶体管和 P 沟道晶体管并联，并由反向逻辑控制，以便可以同时导通或关断晶体管。之所以使用这种结构，是因为并联导通状态电阻在电压上比单个晶体管的电压更平坦，如图 2-2 所示。如需了解详细信息，请参阅*选择合适的德州仪器 (TI) 信号开关*应用手册。

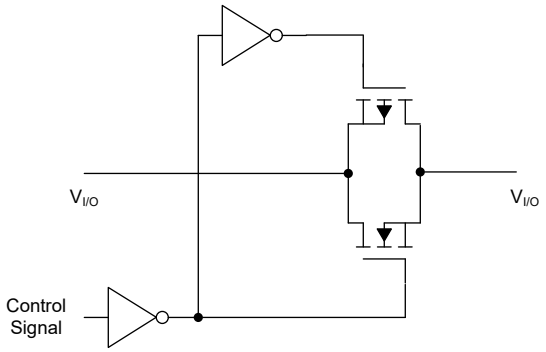

图 2-1. 传输门开关

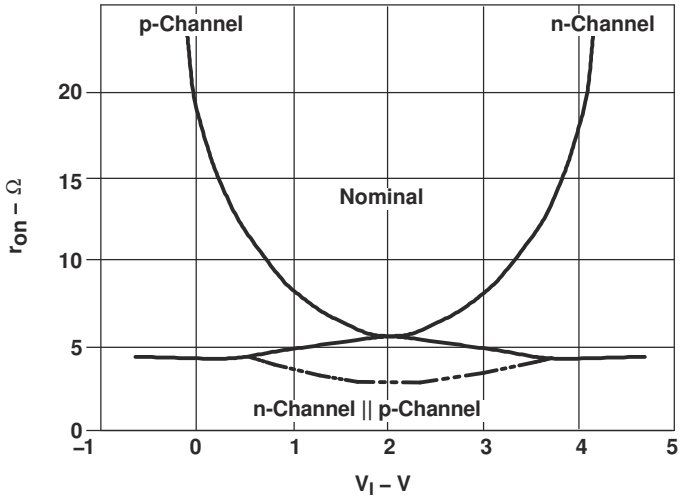

图 2-2. 并联 n /p 沟道 FET 开关的导通电阻与输入电压间的关系

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

2.1 通道结构

图 2-3 展示了 CD4053B 等典型的通道结构。NMOS 路径与 PMOS 路径并联，就像传输门开关一样，以实现更平坦的导通状态电阻。两个背对背 NMOS 晶体管用于组成 NMOS 路径，另一个开关 SW 连接在晶体管对的中点与 VSS 之间。当通道导通时，晶体管导通、SW 关断、电压信号从输入传输到输出。当通道关断时，晶体管关断、SW 导通、中点的电压被下拉至 VSS。

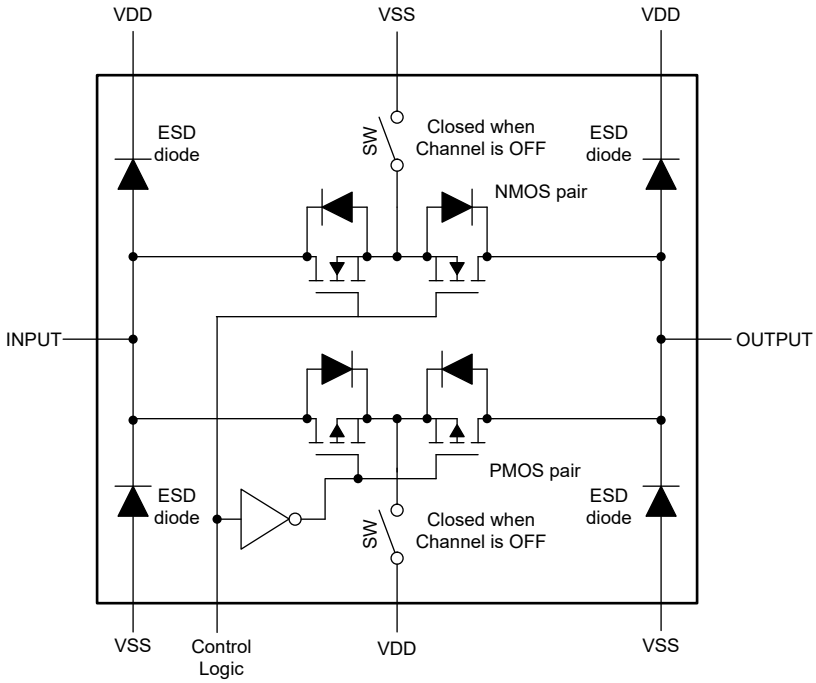

图 2-3. CD4053B 的通道结构

图 2-3 中的 PMOS 路径的工作方式与 NMOS 路径类似。此外，ESD 二极管放置在 IO 引脚上以钳制输出电压范围，使其在过压事件发生时保持在 VDD 和 VSS 之间。

假定输入为直流电压，如图 1-5 中的示例所示。由于关断状态晶体管和 ESD 二极管都没有真正关断，因此有少量漏电流流经晶体管和二极管，并流至输出负载。关断通道漏电流路径如图 2-4 所示。

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

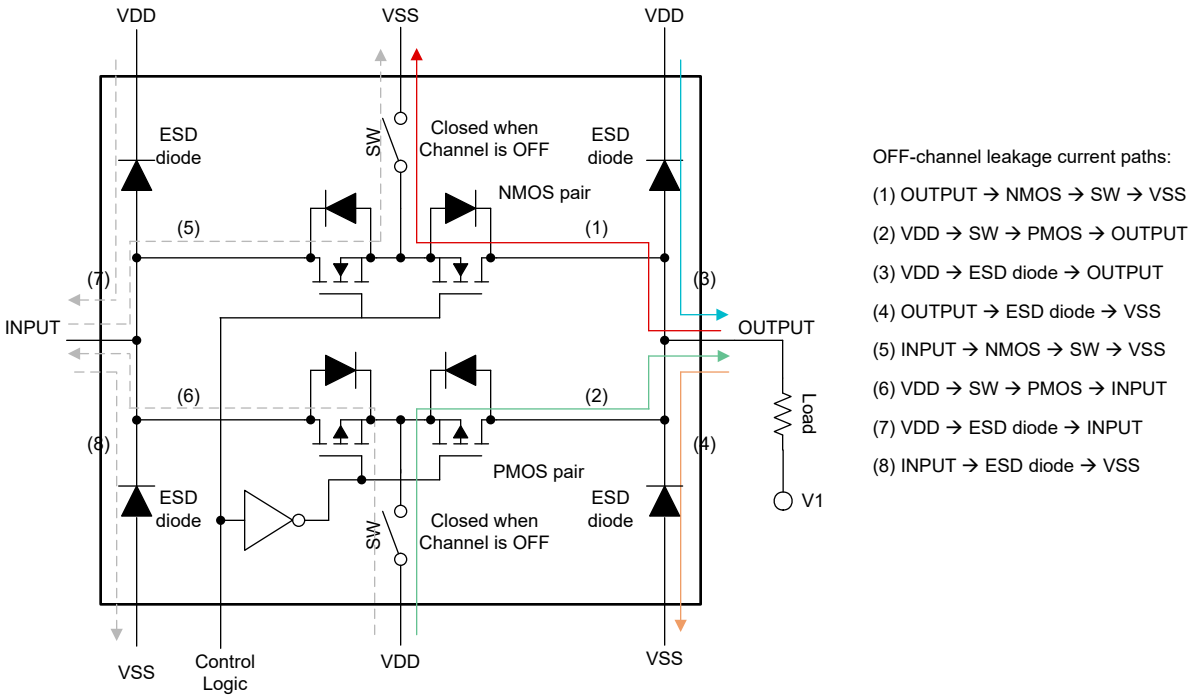

图 2-4. 关断通道漏电流路径

如上所述，当通道关断时，SW 导通并将漏电流灌入 VSS。由于 SW 的导通状态电阻远小于 NMOS 晶体管的关断状态电阻，因此大多数漏电流从输入侧流向 VSS 而不是输出。同样，对于 PMOS 路径，漏电流环路会在输入和 VDD 之间形成，而不是在输入和输出之间形成。换言之，图 2-3 中的通道结构几乎会阻断输入到输出漏电路径 (5)(6)(7)(8)。

对于其余输出漏电路径 (1)(2)(3)(4)，电流从 VDD 拉出或由 VSS 灌入。拉电流和灌电流反向流动、相互抵消，以实现流过输出负载的相当低的漏电流。

此外，并非所有多路复用器通道结构都具有输入至输出漏电阻断特性。以图 2-5 的通道结构为例:

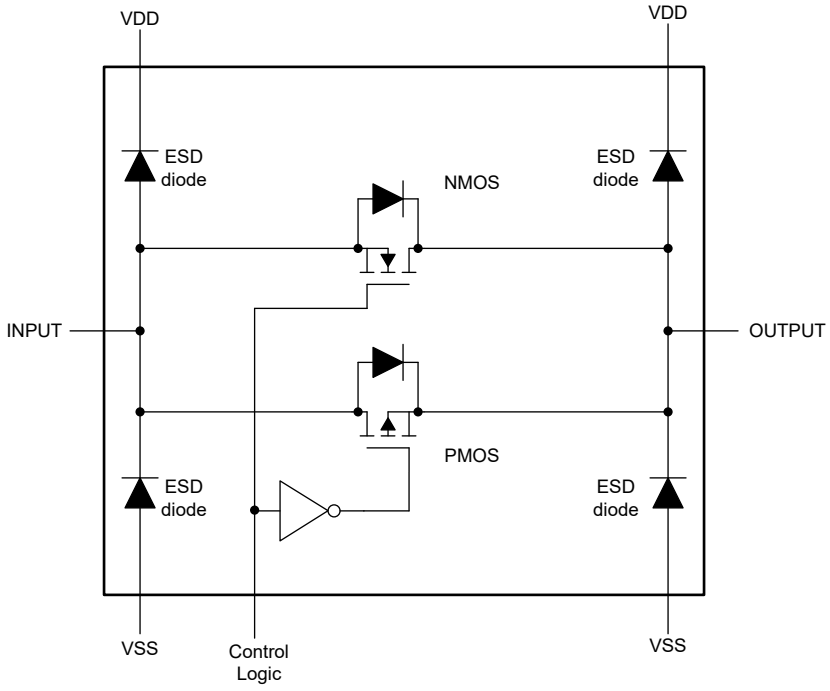

图 2-5. 无输入到输出漏电阻断功能的通道结构

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

此结构没有额外的开关路径来将输入漏电流引导至 VDD/VSS。关断通道漏电流路径如图 2-6 所示。

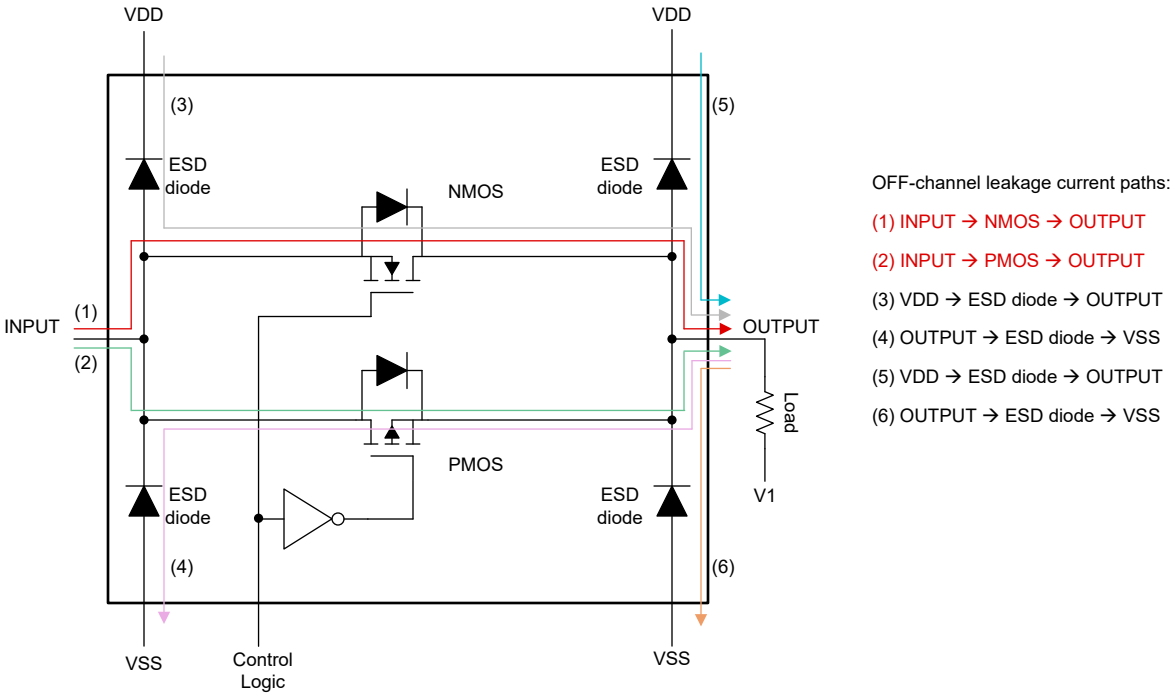

图 2-6. 具有输入到输出泄漏的关断通道漏电流路径

NMOS 的关断状态电阻为漏电流从输入端流向输出端提供了路径 (1)(2)。路径 (3)(4)(5)(6) 中的其他漏电流在相反方向相互抵消，如图 2-4 中所示。路径 (1)(2) 中的漏电流沿相同方向流动，无法相互抵消。因此，此结构的输出漏电流可能会更大。

2.2 等效电阻器模型

可以构建一个等效模型来描述关断状态泄漏，并使这更便于理解和计算。关断状态晶体管和反向偏置二极管都可以被视为大电阻，如图 2-7 所示。对于其他电阻，在这种情况下，为了简化，可以忽略线路电阻。

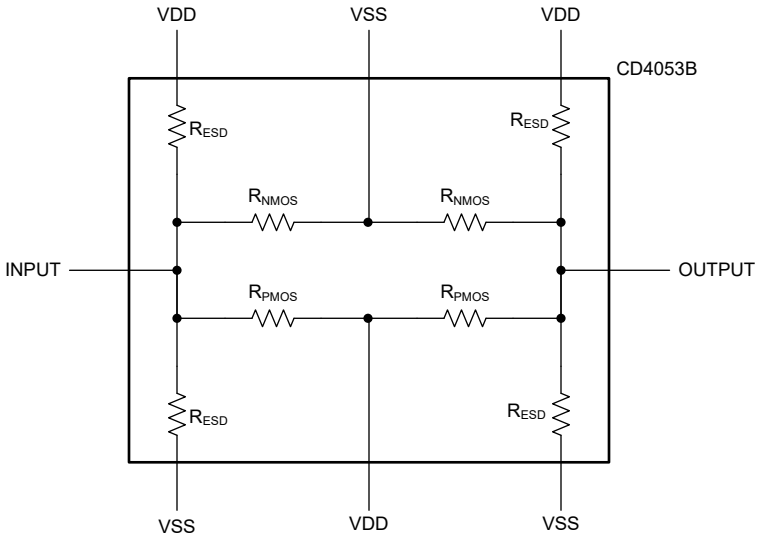

图 2-7. 使用电阻器替代晶体管和二极管

从输出侧来看，输入的大部分漏电流被晶体管的中点灌入，在输出端看不到。因此，可以如图 2-8 中所示删除链接到输入的路径。

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

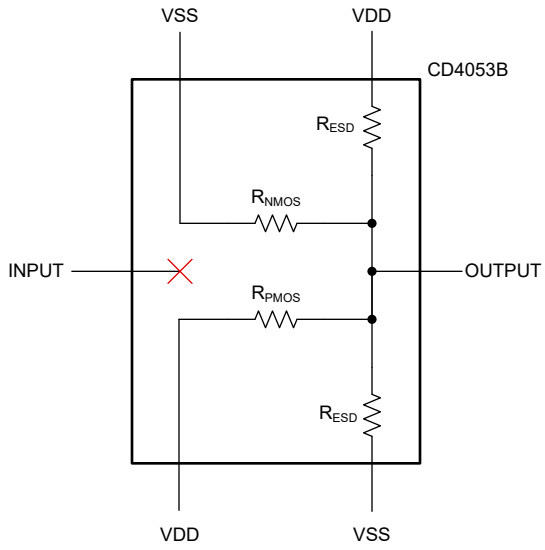

图 2-8. 删除链接到输入的漏电路径

链接到同一引脚 (VDD/VSS) 的路径可以组合在一起，最终等效电阻器模型如图 2-9 所示。

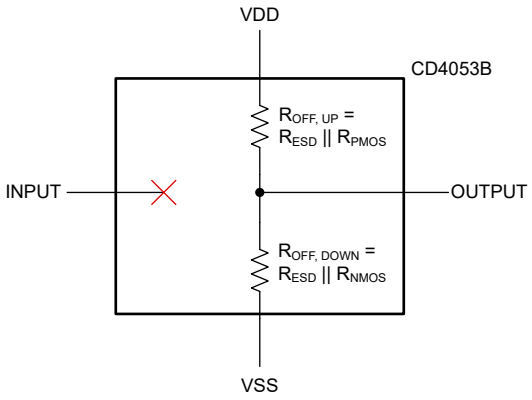

图 2-9. 关断通道的等效电阻器模型

要计算等效电阻器 $R_{off,up}$ 和 $R_{off,down}$ 的值，请将输出端分别连接到 VDD 和 VSS，并测量流出输出端的电流。

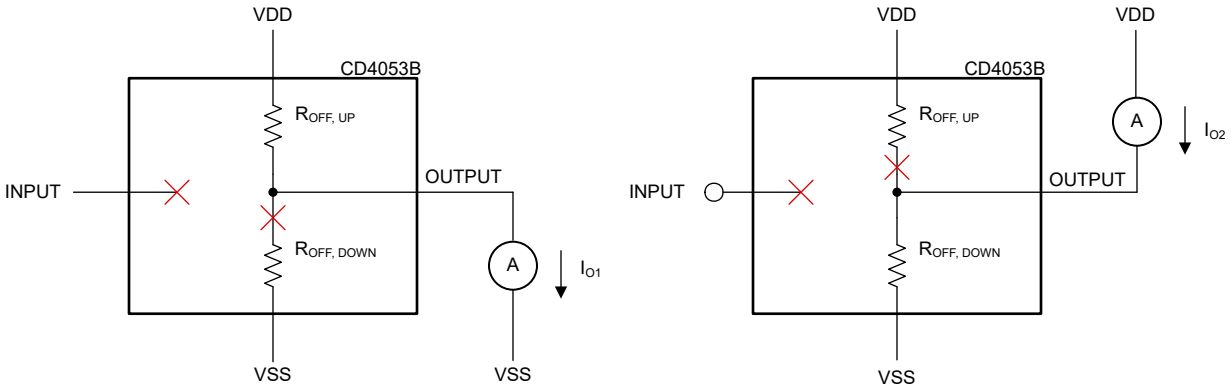

图 2-10. 计算等效电阻器的阻值

可以使用以下方法计算 $R_{off,up}$ 和 $R_{off,down}$：

$$R_{off,up} = \frac{VDD - VSS}{|I_{O1}|} \quad (1)$$

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

$$R_{off,\ down} = \frac{VDD - VSS}{|I_{O2}|} \quad (2)$$

由于通道结构对称，一个合理的假设是 $R_{off,up}$ 和 $R_{off,down}$ 具有相同的数量级，例如，如果 $R_{off,up}$ 为数十 MΩ，也可以假定 $R_{off,down}$ 为数十 MΩ。

3 将关断通道输出电压固定到接地

如图 3-1 所示，关断通道的输出电压可以通过在 VDD 和 VSS 之间施加任意电压来定义（对于高于 VDD 或低于 VSS 的电压，输出可由 VDD 或 VSS 的 ESD 二极管进行钳位）。

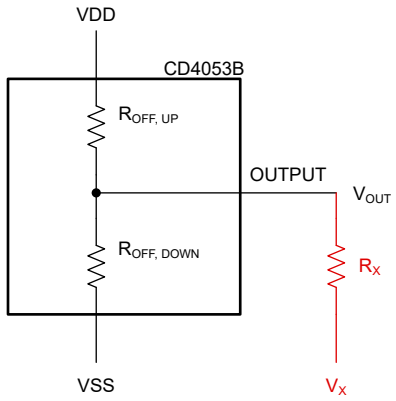

图 3-1. 定义关断通道的输出电压

输出电压可以通过求解基尔霍夫电流定律公式来计算：

$$\frac{V_{DD} - V_{OUT}}{R_{off,up}} + \frac{V_{SS} - V_{OUT}}{R_{off,down}} = \frac{V_{OUT} - V_X}{R_X} \quad (3)$$

通常，建议将不确定的关断通道电压固定到接地端，以确保 MCU 无法读取多余电压。

为满足这一需求，建议使用以下三种设计。

3.1 下拉电阻器

下拉电阻器 R1 可连接到输出端，如图 3-2 中所示。

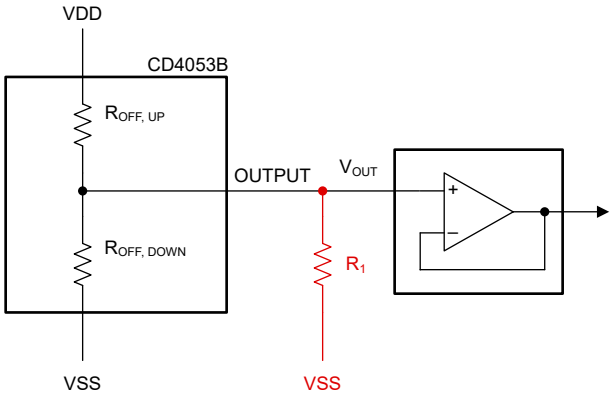

图 3-2. 下拉电阻器

对 R1 的选择需要进行权衡。

选择的 R1 应远小于运算放大器的输入电阻和 CD4053B 的关断电阻，以确保电压几乎为零。

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

公式 (3) 可用于证明这一点。假定 VSS = 0，在这种情况下，V_X = 0、R_X = R1 // $R_{in,amp}$，其中 $R_{in,amp}$ 是单位增益缓冲器的输入电阻。那么，方程式 3 可以改写为：

$$\frac{V_{DD}-V_{OUT}}{R_{off,up}}-\frac{V_{OUT}}{R_{off,down}}=\frac{V_{OUT}}{R1 \parallel R_{in,amp}} \tag{4}$$

$$V_{OUT}=V_{DD}\frac{R_{off,down} \parallel R1 \parallel R_{in,amp}}{R_{off,down} \parallel R1 \parallel R_{in,amp}+R_{off,up}} \tag{5}$$

如果 R1 ≪ $R_{off,up}$、$R_{off,down}$、$R_{in,amp}$、项目 $R_{off,down}$ // R1 // $R_{in,amp}$ ≈ R1，并且：

$$V_{OUT} \approx V_{DD}\frac{R_1}{R_1+R_{off,up}}=V_{DD}\frac{1}{1+\frac{R_{off,up}}{R_1}} \approx 0 \tag{6}$$

要验证方程式 6，R1 必须至少小于 $R_{off,up}$、$R_{off,down}$ 和 $R_{in,amp}$。以下段落使用运算放大器和多路复用器的数据表来计算这些值。

$R_{in,amp}$ 通常使用共模电压和输入偏置电流计算得出：

$$R_{in,amp}=\frac{\Delta V_{CM}}{\Delta I_B} \tag{7}$$

数据表中给出了共模电压和输入偏置电流之间的关系。以 TLV9004 为例：

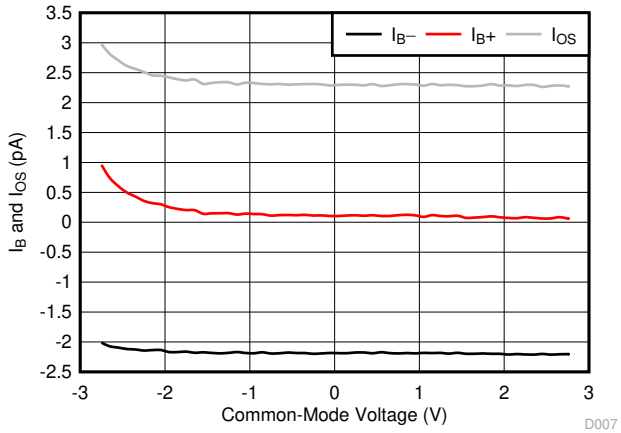

图 3-3. I_B 和 I_{OS} 与共模电压间的关系

ΔV_{CM} = 5.5V、ΔI_B ≈ 0.9pA，并且 $R_{in,amp}$ 的计算结果为 6.1TΩ。因此，R1 必须小于 610GΩ。

关断电阻 $R_{off,up}$ 可通过方程式 1 计算得出。

对于 CD4053B：

- 数据表中提到的 I_{OFF} 的典型值为 0.3nA（VDD = 18V、VEE = VSS = 0、环境温度 = 25℃）。计算出的 $R_{off,up}$ 为 60GΩ。
- 最大值为 1000nA（VDD = 18V、VEE = VSS = 0、环境温度 = 85℃）。计算出的 $R_{off,up}$ 为 18MΩ。

如使用 I_{OFF} 的典型值计算，R1 需要小于 6GΩ。如使用 I_{OFF} 的最大值计算，R1 需要小于 1.8MΩ。

要选择合适的 R1 值，需要考虑以下三个因素：

- 小于 6GΩ 可能不适用于所有情况，因为 I_{OFF} 的典型值不会考虑温度变化。
- 小于 1.8MΩ 可能会导致估计过高，因为 I_{OFF} 的最大值也适用于 CD4051B，即八个通道的漏电流之和。
- 布局中 R1 值过大可能会使电路易受噪声和干扰的影响。

为了更可靠，建议 R1 不超过 1MΩ。

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

此外，R1 需要足够大，以便在通道导通时，R1 上的电压几乎等于输入电压。图 3-4 用于模拟通道导通时 R1 对信号传输的影响。

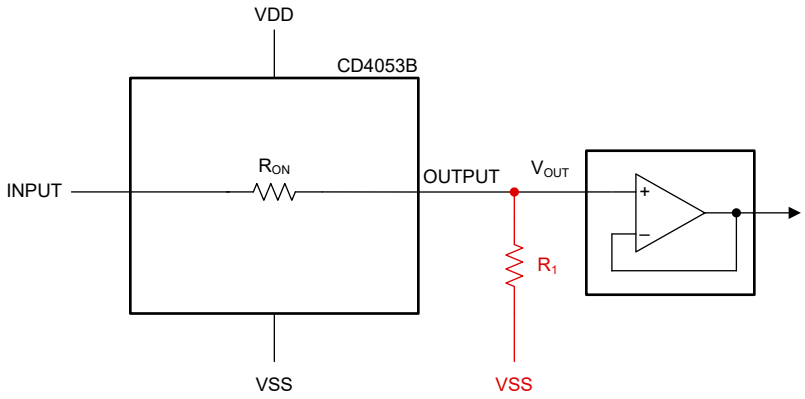

图 3-4. 通道导通时下拉电阻器的影响

假设 VSS = 0，V_{OUT} 可写为：

$$V_{OUT} = V_{IN}\frac{R_1 \parallel R_{in,amp}}{R_1 \parallel R_{in,amp} + R_{ON}} \tag{8}$$

由于与运算放大器的输入电阻相比，R1 通常非常小，

$$V_{OUT} \approx V_{IN}\frac{R_1}{R_1 + R_{ON}} \tag{9}$$

从前面的公式可以看出，V_{OUT} 小于 V_{IN}，当 R1 不够大时，这种影响不可忽视。建议 R1 需要至少为 R_{ON} 的 10 倍，才能避免输入信号衰减过大。

对于 CD4053B，数据表中提到的 R_{ON} 的最大值是 1300Ω（VDD = 5V、VEE = VSS = 0、环境温度= 125℃）。因此，R1 至少需要为 10kΩ。

总之，R1 的建议值为 10kΩ 至约为 1MΩ。

3.2 下拉电容器

理论上，在直流情况下，电容器无法将关断通道输出节点下拉至接地端，因为无论电容器的电容值是多少，电容器都会被视为直流信号的无限大阻抗。但在实际测试中，大电容器确实可以拉低输出电压。

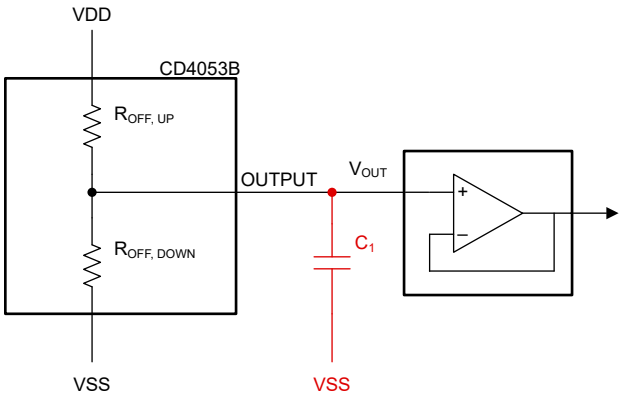

图 3-5. 下拉电容器

这是因为电容器产品并非为了性能而设计。实际电容器的电阻值有限，因为有少量电流在绝缘电极之间流动。该电阻值称为*绝缘电阻*。

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

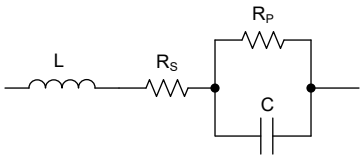

图 3-6. 实际电容器模型

绝缘电阻可以通过查看电容器的数据表来计算。以 TDK 的电容器为例。根据 TDK 产品中心的数据，对于额定电压为 6.3V 至约 16V 的电容器，绝缘电阻为 10GΩ 和 100MΩ·uF 的较小值。对于 1uF 的电容，该电容器的并联电阻为 100MΩ，与节 3.1 中计算的关断通道等效电阻典型值相比足够小，因此可以将输出电压下拉至接地。

此外，电容器还可以降低电路中耦合的交流干扰，例如 50Hz 噪声。

此设计非常适合直流输入场景。对于交流输入，还需要考虑电容的电抗，本应用手册中对此未进行讨论。

3.3 带开关的泄放电阻器

为避免在选择下拉电阻器时需要进行权衡（如节 3.1 所述），可以添加一个与电阻器串联的开关，如图 3-7 所示。

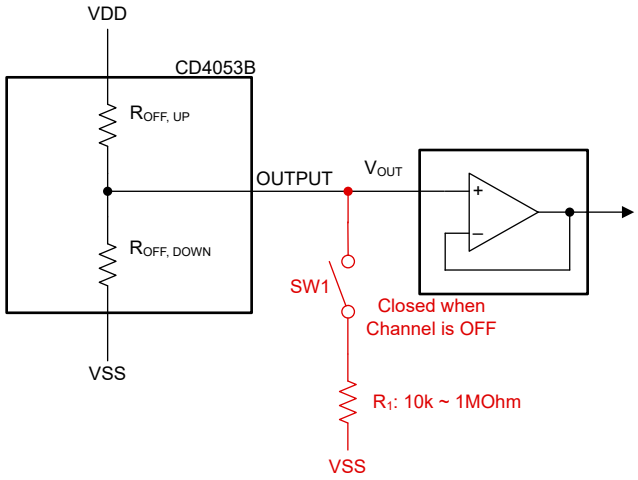

图 3-7. 带开关的泄放电阻器

开关 SW1 可以通过多路信号分离器的通道选择信号进行控制：

- 当该通道关断时，SW1 导通，以将下拉电阻器 R1 连接到电路中。然后可以通过 R1 将输出电压固定为接地。
- 当该通道导通时，SW1 将关断以阻断路径，确保 R1 不会连接到电路。由于运算放大器的输入电阻非常大，因此输入电压信号传输到运算放大器的损耗可以很低。

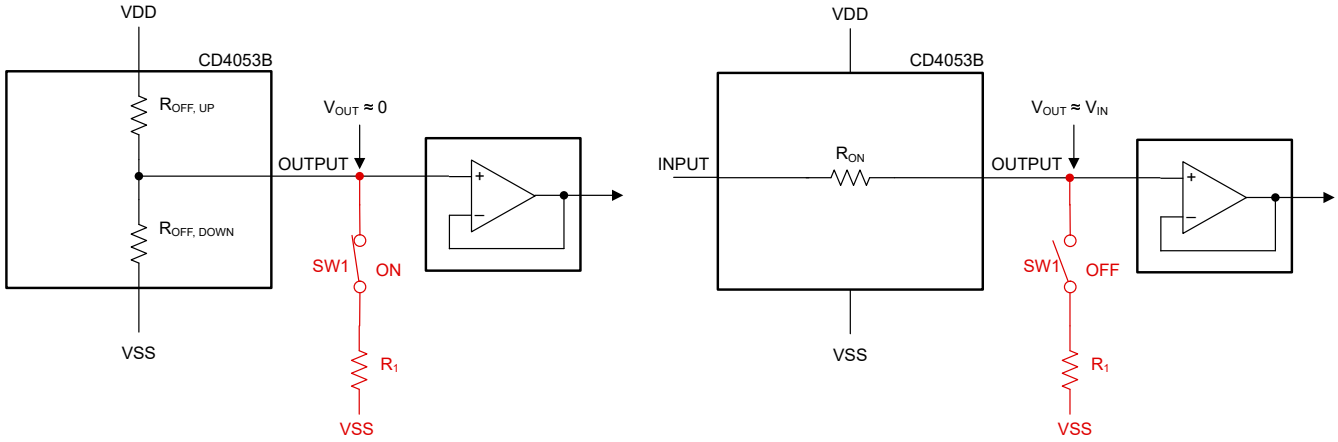

图 3-8. SW1 的控制方案

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

有关更多信息，请参阅应用简报*在将多路复用器与高输入阻抗运算放大器结合使用时，如何防止电压读数出现误差*。

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4 测试和测量

4.1 测量注意事项

如节 1.2 中所述，在同一个关断通道输出节点上，万用表和示波器的电压读数不同。这主要是由于两种仪器的输入电阻存在差异。如图 4-1 所示，当探头放置在被测器件 (DUT) 的两端以检测电压时，万用表和示波器的输入电阻实际上与 DUT 并联。

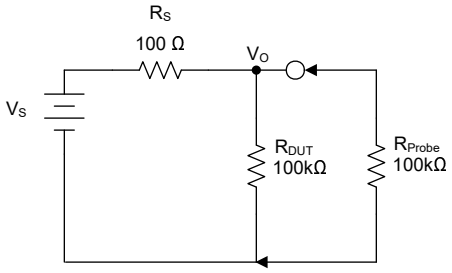

图 4-1. 测试设备的负载效应

通常，测试设备的输入电阻足够大，可以忽略并联的影响。然而，当 DUT 的电阻与测试设备的输入电阻相当甚至大于该电阻时，不能忽略并联的影响，并且可能会发生误差。

在 CD4053B 的应用中就是这样的情况，其中关断通道等效电阻 $R_{off,up}$、$R_{off,down}$ 以及运算放大器输入电阻 $R_{in,amp}$ 巨大。测试设备对测量的影响通过图 4-2 中的 R_{test} 建模。

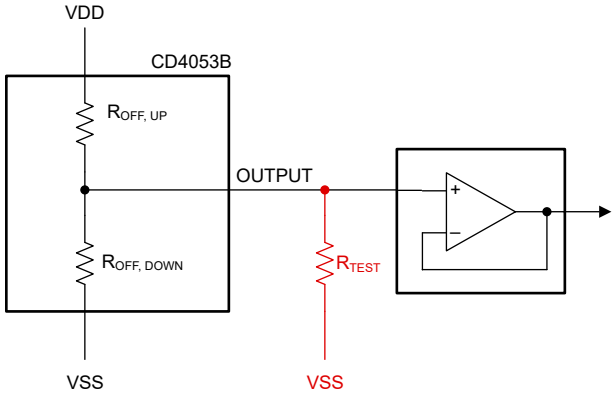

图 4-2. 测试设备对测量的影响

R_{test} 与 $R_{off,down}$ 和 $R_{in,amp}$ 并联。并联电阻 $R_{off,down}$ // R_{test} // $R_{in,amp}$ 将电源电压与 $R_{off,up}$ 分压。因此，不同的 R_{test} 值会导致关断通道输出端产生不同的分压电压。

以 Tektronix TPP0500B 探头作为示波器示例。标称探头输入电阻 R_{test} 10MΩ。假定 $R_{off,up}$ 和 $R_{off,down}$ 为 60GΩ 且 $R_{in,amp}$ 为 6.1TΩ（在节 3.1 中计算得出的典型值）。则 R_{test} 远小于 $R_{off,up}$、$R_{off,down}$ 和 $R_{in,amp}$。因此，根据方程式 6，示波器的读数接近 0V，这不是正确的值。

对于万用表，电压测量模式下的输入电阻通常由网络中的电阻网络定义，该网络未在数据表中指定，并且可能因不同的产品而异。Keysight 34401A 支持将输入电阻设置为 >10GΩ 的水平。使用此设置进行测试可能会导致电压读数约为 1V。通常，万用表的输入电阻固定在 10MΩ，电压读数几乎为零，这与示波器的结果类似。

为了消除测试设备输入电阻的影响，请测试单位增益缓冲器输出端的输出电压。根据单位增益缓冲器的原理，输出电压等于输入电压，输入与输出隔离，这意味着单位增益缓冲器的输出负载不影响输入。由于单位增益缓冲器的输出电阻远小于测试设备的输入电阻（对于 TLV9004，数据表中的开环输出阻抗为 1.2kΩ），因此不会出现负载误差。

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

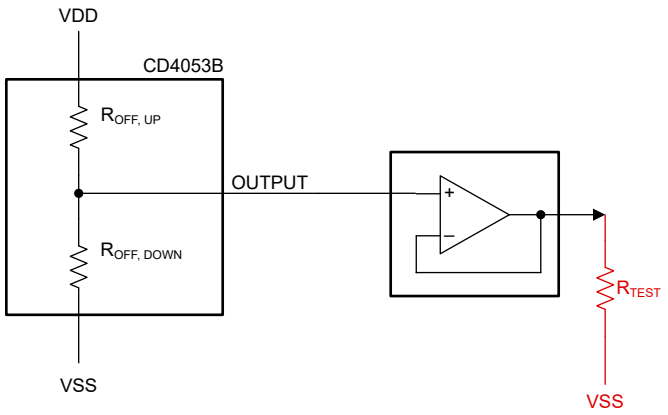

图 4-3. 借助单位增益缓冲器测量电压

4.2 测试结果

图 4-4 和图 4-5 显示了使用示波器和万用表在关断通道输出和单位增益缓冲器输出（未添加下拉设计）时的电压读数。VDD 等于 5V 且 VSS 等于 0V。由于测试设备的负载影响，关断通道输出的读数有很大不同。通过更改单位增益缓冲器输出处的测量点，可以通过两种仪器读取的大约 1V 直流电压来消除此类影响。电压纹波是由 50Hz 线路频率干扰引起。

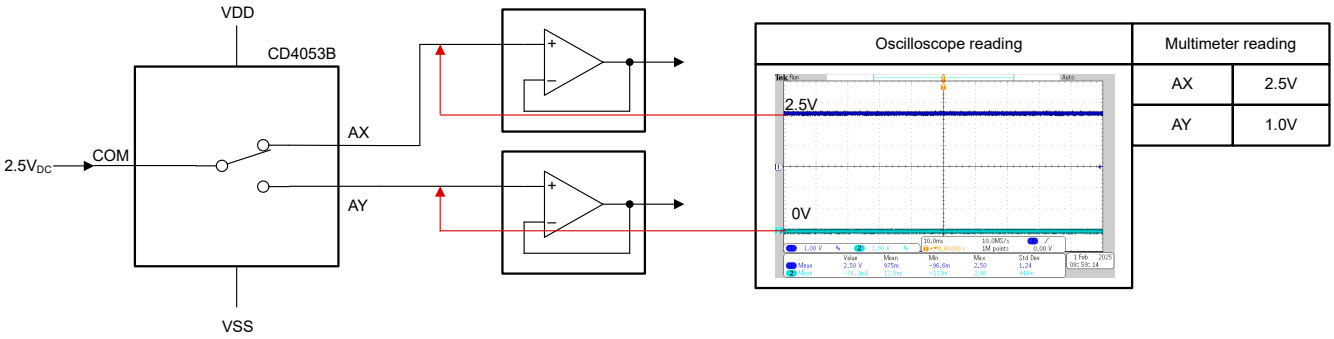

图 4-4. 关断通道输出端的错误电压读数

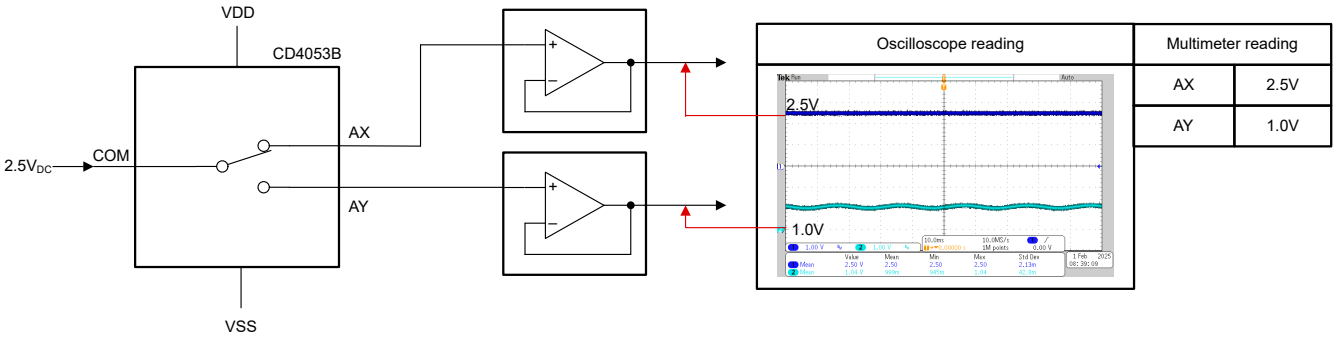

图 4-5. 单位增益缓冲器输出端的正确电压读数

图 4-6 和图 4-7 显示了部署下拉电阻器和电容器设计时的测试结果。在输入电压为 2.5V 时，连接到导通通道的单位增益缓冲器的输出为 2.5V，连接到关断通道的单位增益缓冲器输出的输出接近 0V。

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

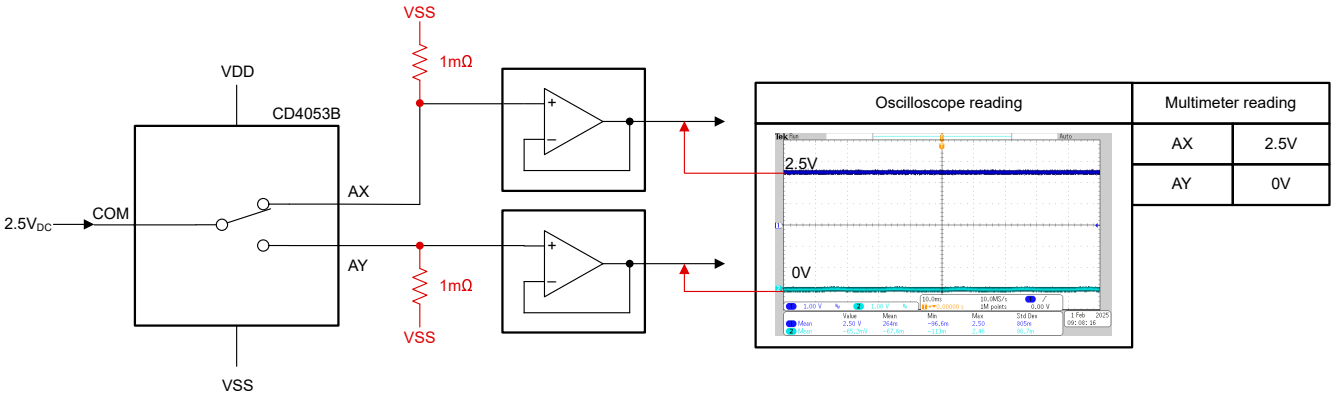

图 4-6. 采用 1MΩ 下拉电阻器设计时的电压读数

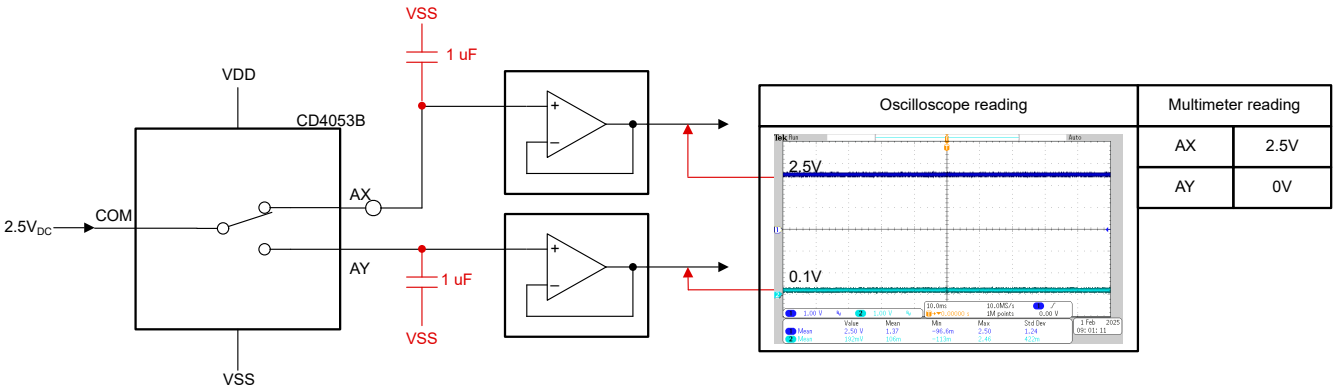

图 4-7. 采用 1uF 下拉电容器设计时的电压读数

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5 总结

信号路径的双向运行特性使模拟多路复用器能够同时支持多路复用器和多路信号分离器的使用。在多路信号分离器应用中，当关断通道直接连接到具有大电阻（例如运算放大器）的负载时，不需要的电压信号可能会出现在关断通道输出端，并可传输到运行中的处理器。本应用手册通过为关断通道构建一个等效电阻器模型来分析这一问题，并提出了三种可解决该问题的设计。由于这种情况对测试设备的输入电阻很敏感，因此还提出了测量方面的建议，以避免电压读数错误。

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6 参考资料

- 德州仪器 (TI)，*CD405xB 具有逻辑电平转换功能的 CMOS 单路 8 通道模拟多路复用器或多路信号分离器* 数据表。
- 德州仪器 (TI)，*选择合适的德州仪器 (TI) 信号开关* 数据表。
- 德州仪器 (TI)，*TLV900x 适用于成本敏感型系统的低功耗、RRIO、1MHz 运算放大器* 数据表。
- Murata，*Insulation resistance and leakage current of ceramic capacitor | Murata Manufacturing Articles*
- 德州仪器 (TI)，*在将多路复用器与高输入阻抗运算放大器结合使用时，如何防止电压读数出现误差* 应用简报。

English Document: SCDA060
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。 严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款或 ti.com 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司