

引言

系统隔离对于电源时序、管理总线争用和关断子电路以节约能耗至关重要。信号开关是一种在模拟和数字信号应用（如 I2C、LAN、MIPI、SPI、UART、JTAG 等）中提供隔离的方式，可确保在输入和输出 (I/O) 信号路径和系统电源轨之间保持高阻抗 (Hi-Z) 路径。但在有些情况下，可能会因为电源上电排序、热插拔/热插入和故障/过电压事件而导致开关隔离失效。

在这些事件期间，开关 I/O 路径上的电压可能会超出电源轨电压 (VDD)，使 I/O 引脚和 VDD 之间的内部静电放电 (ESD) 保护二极管正向偏置。内部 ESD 二极管正向偏置时，I/O 路径上的电压会对开关电源引脚进行反向供电，损坏电源轨部件。而且，正向偏置的二极管可以作为对信号开关本身反向供电的路径，意外导通 I/O 路径。设计人员必须了解信号开关 I/O 引脚相对于开关电源 (VDD) 的电压限制，尤其是在开关断开时 (VDD = 0 V)。具有**关断保护**特性的器件可以在信号开关断开且 I/O 路径上存在电压时对系统提供保护，无需使用电源时序。

关断保护特性的定义：反向供电保护和关断隔离

反向供电保护：防止器件通过除指定电源电路之外的其他路径为电路供电。

关断隔离：确保当 IC 断电时 (VDD = 0 V)，器件保持高阻抗 (Hi-Z) 状态。

图 1 展示了用于隔离 Wi-Fi® 模块的信号开关。该模块始终处于传输状态并且等待唤醒断电电路的其余部分。在这种情况下，开关断开 (VDD = 0V)，但连续接收到由 Wi-Fi 模块传输到其输入端的 3.3V 信号。输入电压超出开关电源电压 VDD，因此输入电压使内部 ESD 保护二极管正向偏置。对于不具有**关断保护**特性的器件，可能对电源轨反向供电，损坏从 Wi-Fi 模块到处理器的高阻抗隔离。

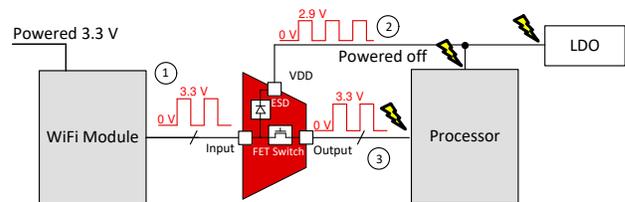


图 1. 子系统 A 对开关反向供电

1. Wi-Fi 模块将 3.3V 数据或时钟信号传输至开关输入端
2. 来自 Wi-Fi 模块的 3.3V 数据/时钟信号使内部 ESD 二极管正向偏置，形成一个低阻抗路径，意外对开关电源轨进行反向供电。
3. 信号开关通过 ESD 二极管获得反向供电，导通隔离 I/O 路径的 FET，导致数据/时钟信号被无意中传输至已断电的处理器。

通过关断保护开关确保系统隔离

关断保护开关确保在不对 IC 供电的情况下，器件也能保持高阻抗 (Hi-Z) 性能。具有**关断保护**特性的开关包括专有 IP，防止当 I/O 信号路径上的电压超出电源轨电压 (VDD) 时出现反向供电状况。凭借该特性，I/O 路径在 VDD = 0 V 时仍能保持高阻抗，因而无需电源时序。

若要确定信号开关是否具有**关断保护**特性，请查看测试条件包含 $V_{DD} = 0V$ 的关断泄露规格的器件特定数据表。

6.5 Electrical Characteristics

$T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$. Typical values are at $V_{CC} = 3.3V$, $T_A = 25^{\circ}C$. (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
I_{OFF} Power-off leakage current	$V_{CC} = 0V$ Switch ON or OFF, $V_B = 1.65V$ to $3.45V$, $V_{COM} = NC$	-10	10		μA

图 2. TMUX136 关断泄露电流规格

图 2 展示了 **TMUX136** 器件的泄露电流规格。它指明当 $V_{CC} = 0V$ 且 $V_{I/O} = 3.45V$ 时，I/O 信号路径的泄露电流不超过 $10 \mu A$ 。

使用具有**关断保护**特性和不具有**关断保护**特性的信号开关的示例

图 3 提供了使用两种不同信号开关隔离 1.8V 直流输入信号 (上图) 或

3.3V 交流时钟输入信号 (下图) 的示例。**TS3A44159** 器件 (左图) 不具有**关断保护**特性，而

SN74CBTLV3125 器件 (右图) 具有**关断保护**特性。

在这两个示例中，VDD 电源轨断电，VDD 上的电压降至 0V。在这两个示例中，不具有**关断保护**特性的器件对信号开关反向供电，并且在 VDD 上可以看到一个低于输入电压的二极管压降电压 (~0.4V)。对开关反向供电时，开关意外导通并传递经过开关的信号。但当 $V_{DD} = 0V$ 时，具有**关断保护**特性的器件仍保持信号路径隔离。

总结

在电源时序、热插拔/热插入和故障/过电压事件期间，开关 I/O 信号路径上的电压超出电源轨电压可能会导致开关隔离失效。使用具有**关断保护**特性的信号开关可以确保当 $V_{DD} = 0V$ 时保持高阻抗隔离性能，无需使用电源时序，同时保护系统组件不受损坏。

表 1. 备选器件建议

器件	配置	主要特性
TMUX1574	4 通道 2:1	关断保护，低导通电容 (7.5pF)，低导通电阻 (2Ω)，宽带宽 (2GHz)，1.8V 逻辑兼容
TMUX1575	4 通道 2:1	1.3mm x 1.3mm 封装，1.2V 兼容控制输入，关断保护，低导通电容 (10pF)，低导通电阻 (1.7Ω)，1.8GHz 带宽
TMUX1511	4 通道 1:1	关断保护，低导通电容 (3.3pF)，低导通电阻 (2Ω)，宽带宽 (3GHz)，1.8V 逻辑兼容
TMUX1072	2 通道 2:1	关断保护，过电压保护 (最高 20V)，宽带宽 (1.2GHz)，1.8V 逻辑兼容

商标

Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.

所有商标均为其各自所有者的财产。

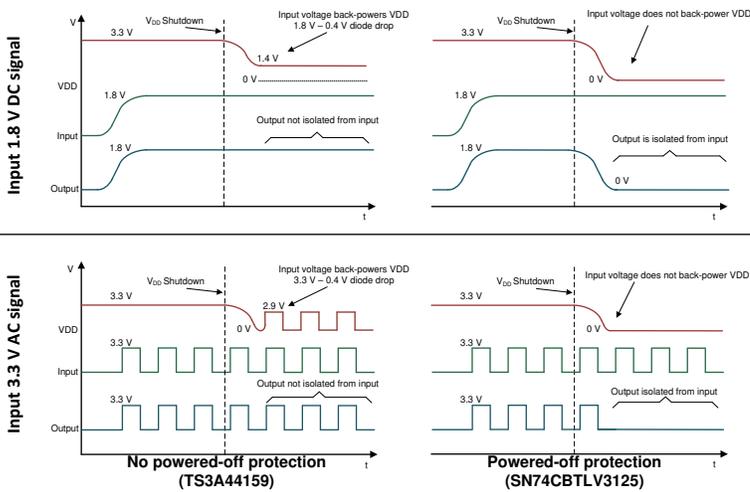


图 3. 具有**关断保护**特性和不具有**关断保护**特性的信号开关

重要声明和免责声明

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。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

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司