

Application Note

借助 TI 模拟开关和多路复用器实现电池短路保护



Alexander Vish

摘要

在汽车设计领域，尤其是在电动汽车/混合动力电动汽车 (HEV/HEV) 应用中，越来越有必要确保 I/O 信号没有短接至电池电压 (通常称为 V_{BAT})。防止电池短路造成损害至关重要，在安全至上的汽车环境中更是重中之重。以下应用手册深入介绍了如何利用德州仪器 (TI) 的模拟开关和多路复用器，通过使用电池短路保护概念来减轻系统损坏。

内容

1 引言.....	2
2 典型应用.....	3
3 总结.....	6
4 参考资料.....	6

插图清单

图 1-1. 外部无源器件实现.....	2
图 2-1. 电流注入控制电路.....	3
图 2-2. 选择通道 S7 且通道 S0 发生电池短路情况.....	4
图 2-3. 所有未选通道均存在电池短路情况.....	4
图 2-4. 仅单个选定通道上存在电池短路情况.....	5

表格清单

表 2-1. 25mA 流经开关时的 R_{Lim} 值.....	4
表 2-2. 12.5mA 流经开关时的 R_{Lim} 值.....	5
表 2-3. 通过开关的电压 <6V 时的 R_{Lim} 值.....	6

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

在汽车行业，特别是在 EV/HEV 应用中，限制 I/O 信号短路到电池电压 V_{BAT} 所产生的影响至关重要。这通常称为电池短路保护。要实现此保护，一种方法是实施图 1-1 所示的外部二极管和电阻器网络，以将输入信号保持在电源电压范围内。或者，如果选择具有注入电流控制电路（如图 2-1 中突出显示）的器件，则无需大量外部元件即可实现这种保护。

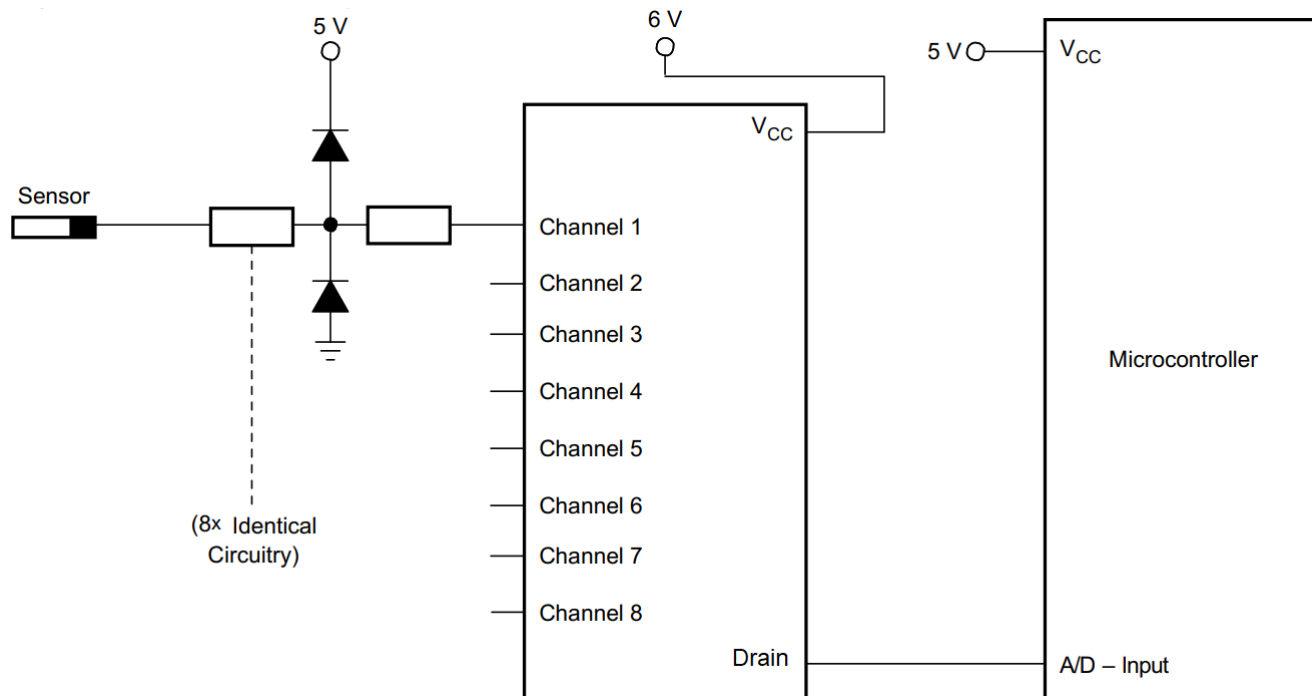


图 1-1. 外部无源器件实现

2 典型应用

注入电流是输入电压 (V_{IN}) 高于正电源电压 ($V_{DD} + \Delta V$) 或低于最低电位 (GND 或 V_{SS}) 而强制输入引脚的电流。该电流流经输入保护二极管并流入器件 V_{IN} 高于的任一电源, 可能会影响系统的精度和可靠性。此电流在输出端产生 ΔV_{OUT} 。具有注入电流控制功能的器件在数据表中可能包含一个称为“注入电流耦合”的参数, 该参数是一种 ΔV_{OUT} 规格, 显示了启用信号路径中输出电压在各种条件下的最大变化。注入的电流可能来自不同的源, 具体取决于应用。

- 具有长电缆的恶劣环境和应用 (例如工厂自动化和汽车系统) 可能会受到开关或瞬态事件的注入电流的影响。
- 如果输入信号来自各种传感器或电流源, 则其他自包含系统也可能受到注入电流的影响。

在考虑使用具有注入电流控制功能的器件来应对电池短路情况时, 了解该功能的工作原理非常重要。内部注入电流控制电路使您能够在禁用路径上获得信号, 而不会影响启用路径。实际上, 这些信号甚至可以超过电源电压。如图 2-1 中所示, 该电路还可以防止电流注入禁用路径, 这是标准 CMOS 开关通常不支持的功能。此外, TI 提供 [TMUX1308-Q1](#) 和 [TMUX1309-Q1](#) 等开关, 这些开关没有通向电源引脚的内部二极管路径, 因此消除了损坏电源引脚所连元件或意外为系统电源轨供电的风险。

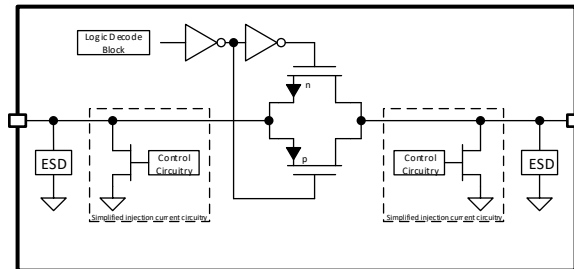


图 2-1. 电流注入控制电路

每个源极或漏极引脚 (S_x 或 D) 的注入电流控制电路都是独立控制的。当该输入被逻辑引脚禁用并且注入的电流导致特定引脚的电压高于 V_{DD} 或低于最低电位时, 该引脚的控制电路将启用。注入电流电路包含一个 FET, 用于在发生过压或注入电流事件时将不需要的电流分流至 GND 。例如, [TMUX1308-Q1/TMUX1309-Q1](#) 中的每个注入电流电路都能够处理高达 $50mA$ 的电流; 不过, 该器件可在任何给定时间向所有开关输入总共提供最大 $100mA$ 电流。限制注入器件的电流非常简单, 只需在信号路径上添加一个串联限制电阻器即可。该电阻器的值可以使用欧姆定律 (IR) 来计算。

借助限制电阻器, 可以高效地帮助系统应对电池短路情况。让我们看一个使用 [TMUX1308-Q1](#) 的示例, 该示例展示了通过实施串联限制电阻器来应对这种情况的几种常见用例。

我们从以下设置开始探索第一种情况，即选择通道 S7 并且通道 S0 发生电池短路情况。

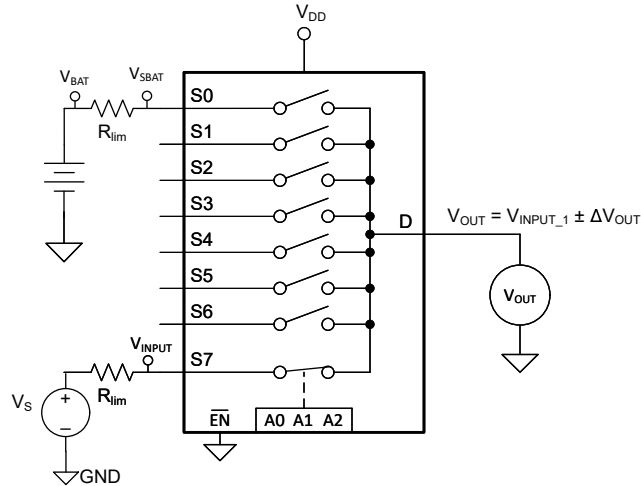


图 2-2. 选择通道 S7 且通道 S0 发生电池短路情况

在该用例中，我们看一下 TMUX1308-Q1 的布局，该布局中选择了通道 S7，同时未选择通道 S0 上发生了电池短路情况。以 12V 电池为例，根据 25mA 的 I_S/I_D 规格进行快速计算得出，该通道可能需要值近似为 480Ω 的 R_{LIM} 才能限制足够的电流，从而使器件仍处于建议工作条件下。实际上，根据系统设计，该值可能会略有不同。在这些实验中，我们还确保了将 V_{SBAT} 保持在 5.6V 的值，以便为器件的绝对最大额定值提供余量。例如，根据观察，470 Ω 的值足以限制电流，同时将 V_{SBAT} 电压保持在绝对最大额定值范围内。请注意，选择过大的 R_{LIM} 会大大限制电流，但也会提供更小的 ΔV_{OUT} 。如果选择的 R_{LIM} 过小，则可能会导致流经的电流过大，从而损坏器件。

表 2-1 展示了根据数据表考虑为 I_S/I_D 分配 25mA 的最大值时，各种 V_{BAT} 条件下 ΔV_{OUT} 、 V_{SBAT} 和最小 R_{LIM} 的值。

表 2-1. 25mA 流经开关时的 R_{LIM} 值

V_{BAT}	R_{LIM}	ΔV_{OUT} (典型值)	V_{SBAT}
12V	470	< 10μV	5.6V
19V	750	< 10μV	5.6V
24V	1K	< 10μV	5.6V
36V	1.5K	< 10μV	5.6V
48V	2K	< 10μV	5.6V
60V	2.4K	< 10μV	5.6V

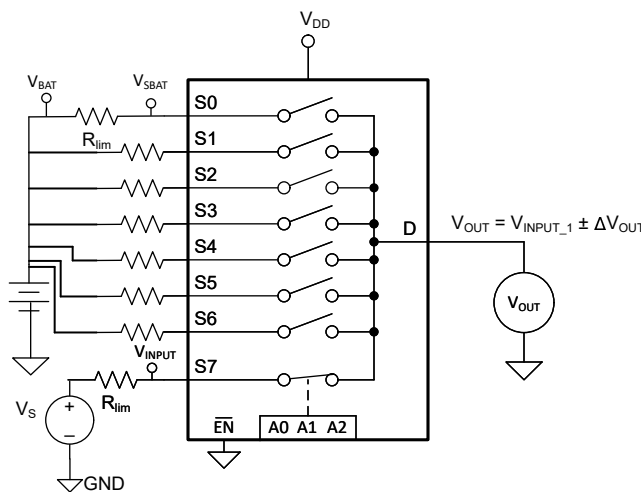


图 2-3. 所有未选通道均存在电池短路情况

我们评估了所有未选通道上同时发生电池短路的情况。表 2-2 展示了考虑为 I_S/I_D 分配 12.5mA 的最大值时的相应值。这是由于采用了 100mA 的 I_{INJ} 规格并除以 8 来表示所有通道。如果有可能同时看到电池短路，则 12.5mA 是限制因素。实际上，具体值可能会因系统设计而略有不同。在这些实验中，我们还确保了将 V_{SBAT} 保持在 5.6V 的值，以便为器件的绝对最大额定值提供余量。同样，选择过大的 R_{LIM} 会大大限制电流，但也会提供更小的 ΔV_{OUT} 。如果选择的 R_{LIM} 过小，也会损坏器件。

表 2-2. 12.5mA 流经开关时的 R_{LIM} 值

V_{BAT}	R_{LIM}	ΔV_{OUT} (典型值)	V_{SBAT}
12V	1K	< 10 μ V	5.6V
19V	1.5K	< 10 μ V	5.6V
24V	2K	< 10 μ V	5.6V
36V	3K	< 10 μ V	5.6V
48V	3.9K	< 10 μ V	5.6V
60V	4.7K	< 10 μ V	5.6V

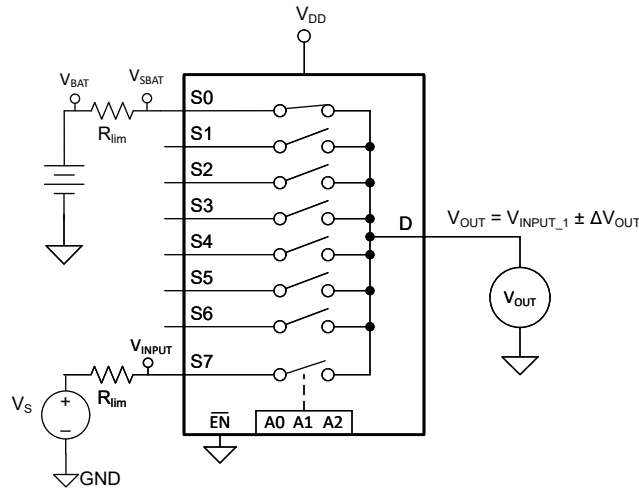


图 2-4. 仅单个选定通道上存在电池短路情况

然后，我们评估了使用 5V 电源且合上开关时发生电池短路的情况。因此，输入电压需要限制在 6V。表 2-3 展示了在所有电池短路情况下使用标准 5V V_{DD} 将所选通道的电压保持在 6V 以下时所需的 R_{LIM} 值。选择过大的 R_{LIM} 会降低 ΔV_{OUT} ，同时大大限制电流。如果选择的 R_{LIM} 过小，也会损坏器件。

表 2-3. 通过开关的电压 <6V 时的 R_{LIM} 值

V_{BAT}	R_{LIM}	ΔV_{OUT} (典型值)	V_{SBAT}
12V	1.6K	< 10 μ V	5.9V
18V	3K	< 10 μ V	5.9V
19V	3.3K	< 10 μ V	5.9V
24V	4.7K	< 10 μ V	5.9V
36V	10K	< 10 μ V	5.9V
48V	13K	< 10 μ V	5.9V
60V	15K	< 10 μ V	5.9V

请注意，如果使用较低的电源电压， R_{LIM} 值可以变化，以获得理想的电流。为确保器件正常运行，请始终注意数据表中的电气特性。

3 总结

总之，在汽车应用中，电池短路保护是一项关键需求，因为在这些应用中，设计需要考虑到短路到电池电压的各种 I/O 信号。本应用手册研究了什么是电池短路保护、电流注入对电池短路保护有何影响，以及具有电流注入控制功能的器件如何帮助提高汽车系统的稳健性。随后，我们观察了使用 5V 电源的几个用例。通过选择具有注入电流控制功能但没有内部二极管路径的 TI 模拟开关或多路复用器，既能提高系统灵活性，又能确保安全性和质量。

4 参考资料

- 德州仪器 (TI)，[TMUX13xx-Q1 具有注入电流控制功能的汽车级 5V、双向 8:1、单通道和 4:1、双通道多路复用器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI)，[高精度实验室系列：通过控制注入电流防止串扰](#)
- 德州仪器 (TI)，[常见问题解答：TI 模拟多路复用器和开关中的注入电流控制是如何工作的](#)，E2E™ 设计支持论坛。

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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司