

Alex Triano

摘要

电源多路复用器是一组电子开关，用于在两个或更多个输入电源路径之间进行选择，并将其转换为单路输出。旨在灵活选择不同样式输入电源（圆形插孔、USB 电缆、无线充电）的系统可能需要一组简单的开关和逻辑来选择所需的启用路径。相比之下，使用备用电源的系统可能会依赖于必须维护的关键型操作和数据传输。这些应用可能需要快速或无缝的切换响应，以确保系统在任何电源转换期间都不会复位。

大多数电源多路复用器解决方案用于管理输入电源路径，因此它们非常适合集成额外的过压或过流故障保护功能。本应用手册介绍了电源多路复用器解决方案的各种拓扑结构、不同的切换行为以及可用的保护特性。

表 1-1. 电源多路复用器选择指南

集成	电压	最大电流	控制方法	切换方法	切换时间	保护特性	建议器件	使用场合
完全集成式	2.8V 至 22V	3A	自动 + 手动	先断后合	100us	过压 + 过流	TPS2120	具有保护功能的小尺寸解决方案。
		4A			5us		TPS2121	具有快速切换和保护功能的小尺寸解决方案。
半集成式	1.4V 至 5.5V	2A	手动	二极管模式	20us ⁽¹⁾	无	TPS22910 + TPS22912	低电压，无保护功能。
	0.7V 至 5.7V	5A	自动		不适用	无	TPS22954	低电压，切换期间输出下电上电。
	2.7V 至 18V	5A	自动	二极管模式	不适用	过压 + 过流	TPS25942	瞬时切换可防止输出电压比最低电源电压低 0.7V 以上。
	2.7V 至 23V	5.5A	自动		30us		TPS25947	低导通电阻、快速切换，具有真反向电流阻断和输入反极性保护功能。
	2.5V 至 18V	外部 FET	自动		不适用		TPS24740	高功率应用。
	4.2V 至 55V	2A	自动	先断后合	200us ⁽¹⁾	TPS2660x	具有保护功能的高压应用。	
	-80V 至 -10V	外部 FET	自动	二极管模式	不适用	TPS23523	负电压应用。	

(1) 基于使用负载开关和电子保险丝的电源多路复用的测试结果

内容

1 什么是优先级电源多路复用器？	2
2 控制方法	3
3 电源多路复用器拓扑	6
4 切换方法	9
5 其他保护	12
6 总结	12
7 参考文献	12
8 修订历史记录	12

插图清单

图 1-1. 电源多路复用器方框图	2
图 1-2. 非优先级电源多路复用器的基本功能	3
图 1-3. 优先级电源多路复用器示例	3
图 2-1. 使用 TPS22910 和 TPS22912 负载开关的手动电源多路复用器	4
图 2-2. 使用 2 个 TPS259470x 电子保险丝的自动电源多路复用器	5

图 2-3. 可手动控制的 TPS2120 自动电源多路复用器.....	6
图 3-1. 具有优先级的手动和自动分立式电源多路复用器.....	6
图 3-2. 移除了寄生体二极管的负载开关.....	7
图 3-3. 使用 TPS22910 和 TPS22912 负载开关的半集成式电源多路复用器.....	7
图 3-4. 使用 2 个 TPS2660 电子保险丝的半集成式电源多路复用器.....	8
图 3-5. TPS2120 完全集成式优先级电源多路复用器.....	9
图 4-1. 切换期间输出端上的压降.....	10
图 4-2. 电源切换导致的浪涌电流尖峰.....	10
图 4-3. 使用 2 个 TPS25942 时 IN2 在切换期间产生浪涌电流尖峰.....	11

表格清单

表 1-1. 电源多路复用器选择指南.....	1
-------------------------	---

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 什么是优先级电源多路复用器？

基本的电源多路复用器是从两个或更多个输入电源之间选择其中一个为单个输出端供电。

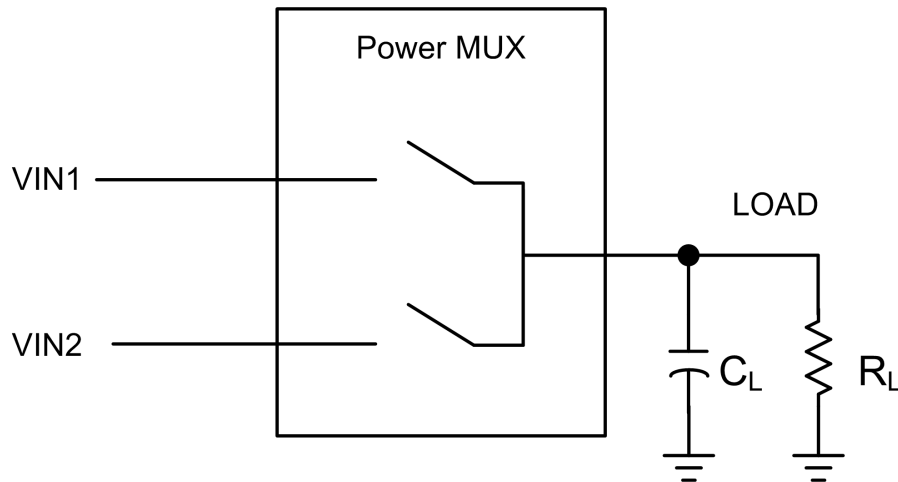


图 1-1. 电源多路复用器方框图

如果对使用哪种输入电源没有偏好，或偏向于始终使用输入电压最高的电源，那么电源多路复用器解决方案的最低要求将是为每个输入路径提供反向电流阻断功能。这可通过使用二极管或 IC 的任意组合来实现，其原理与二极管（例如 [理想二极管控制器](#)）类似。

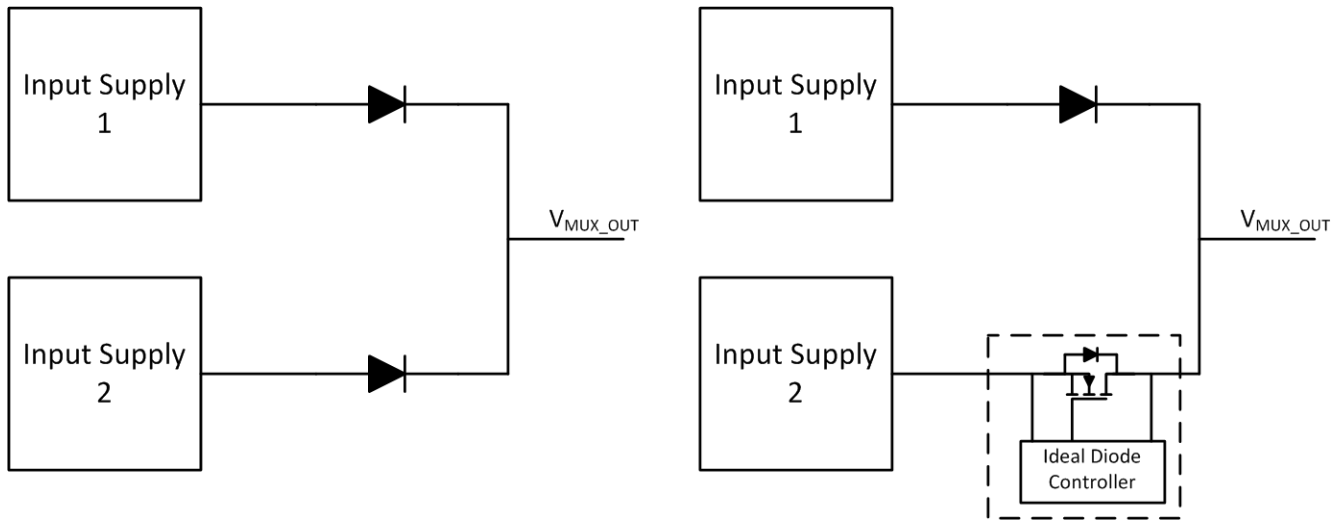


图 1-2. 非优先级电源多路复用器的基本功能

肖特基二极管或硅二极管将分别产生大约 0.4V 或 0.7V 的压降。使用理想二极管控制器产生的压降会低很多（大约为 10mV 到 100mV），并且当开关检测到反向电流或被禁用时，必须放置一个寄生体二极管以阻断反向电流。

如果存在优先级，则必须添加额外的开关以完全控制要启用的路径。必须一直保持反向电流阻断（通过二极管或 FET 实现），现在必须添加一个 MOSFET 来导通/关闭连接负载的每个电源路径。

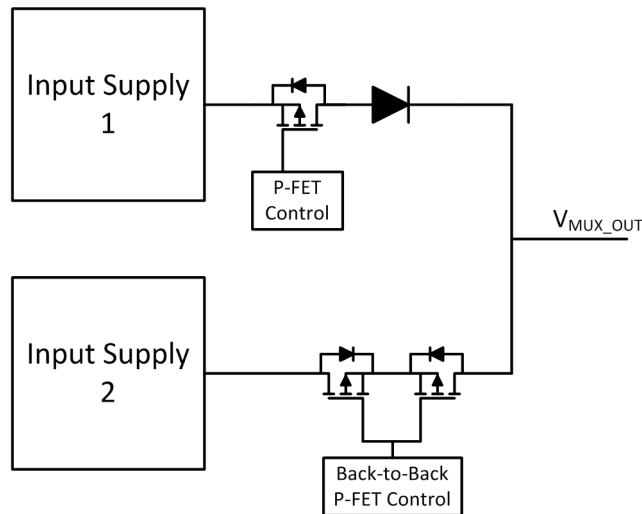


图 1-3. 优先级电源多路复用器示例

本应用手册主要介绍了 *优先级* 电源多路复用器解决方案及其实施方式。

2 控制方法

电源多路复用器解决方案需要通过一种方法来确定哪个输入电源应该为输出端供电。市场上通常提供了三个选项：手动、自动或手动 + 自动。

2.1 手动

在手动电源多路复用器中，每条路径都由一个外部信号（逻辑或微控制器）单独控制。图 2-1 中使用的包含两个负载开关的示例就是手动电源多路复用器。会需要控制一个或两个 EN 引脚。当系统中已经存在能够决定在何种条件下启用每个输入的微控制器之时，通常使用此方法。

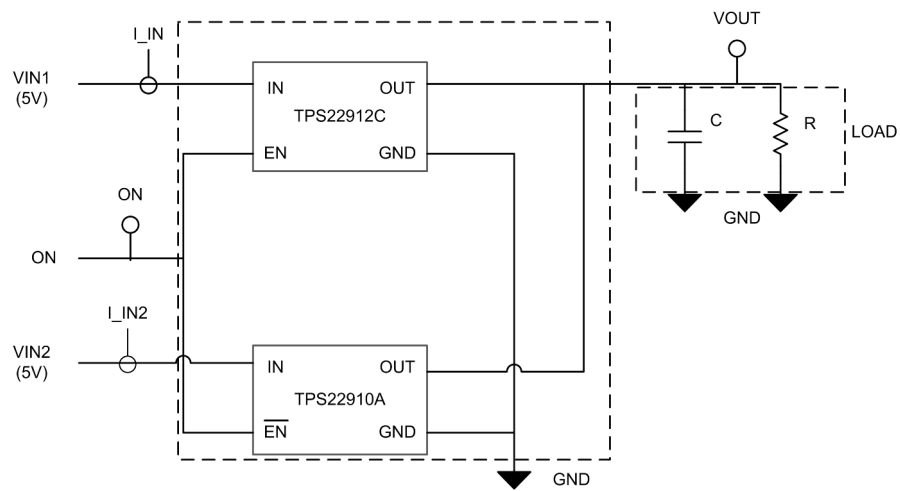


图 2-1. 使用 TPS22910 和 TPS22912 负载开关的手动电源多路复用器

2.2 自动

自动电源多路复用器不需要外部信号即可在负载之间切换。通常有一个默认优先级（如 IN1），该器件将决定在何种条件下切换到 IN2。第一个条件是当 IN1 降至低于某个阈值时（例如，如果 IN1 被删除并且电压衰减）。可能还有其他条件，例如在 IN1 发生过压事件期间，电源可能会切换到 IN2 为负载供电。当没有可用的微控制器或为了简化设计架构并消除对微控制器资源的依赖时，通常使用这种控制方法。请注意，大多数自动电源多路复用器解决方案可使用自动模式或手动模式，但不能同时使用两者。

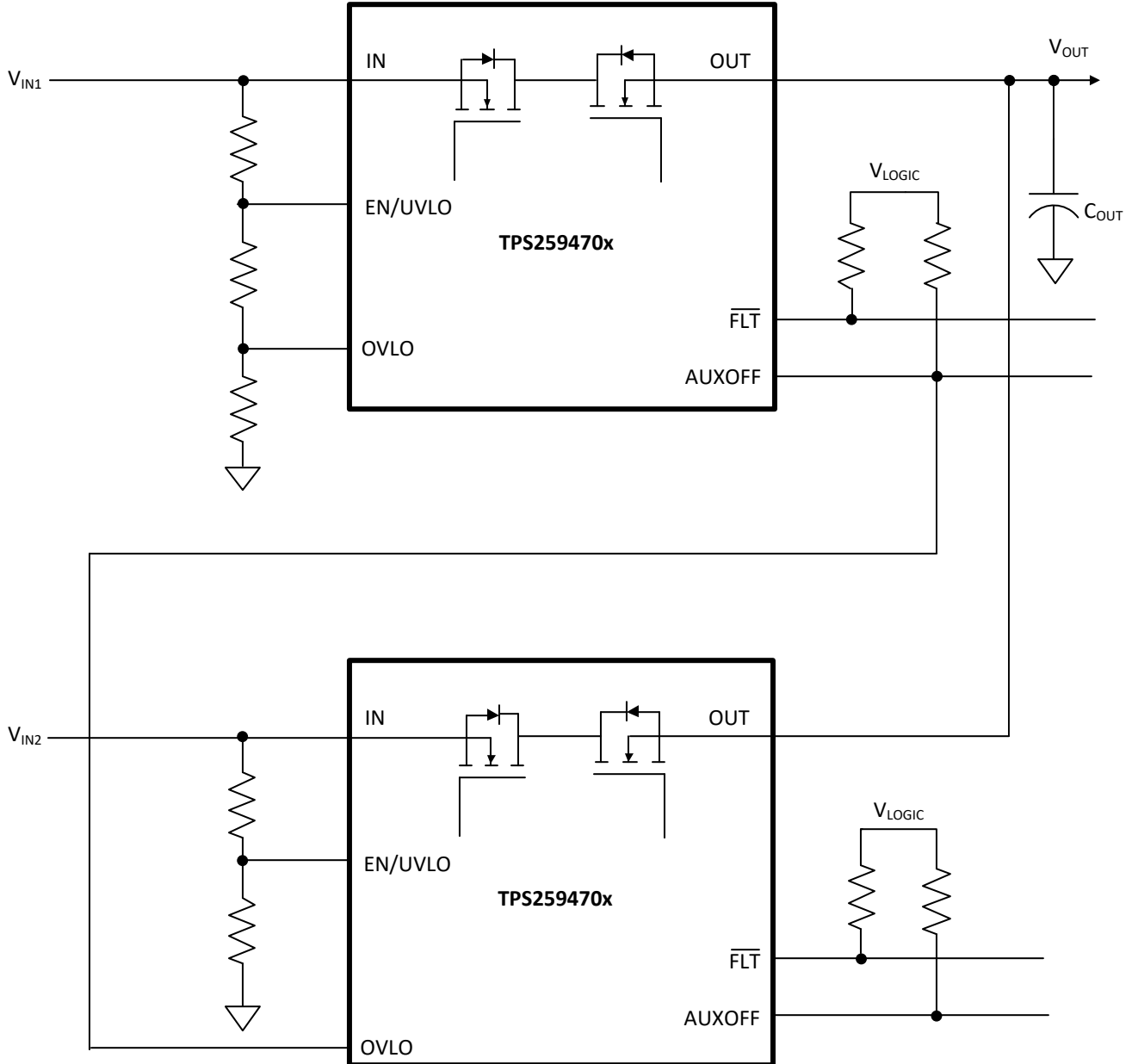


图 2-2. 使用 2 个 TPS259470x 电子保险丝的自动电源多路复用器

2.3 两者 - 自动 + 手动控制

有一些电源多路复用器解决方案可灵活用于自动配置和由手动控制信号控制。[TPS212x](#) 系列电源多路复用器解决方案具有默认（自动）优先级，但如果需要，也可由外部微控制器控制。此方法在对大多数操作具有默认优先级的应用中很有用，但会有一些模式（例如诊断）需要手动控制以强制启用哪条路径。

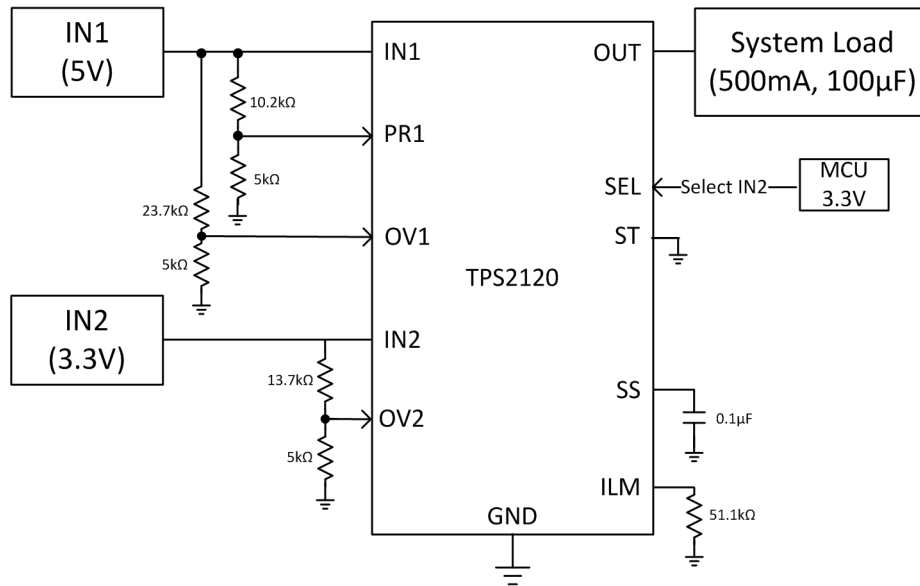


图 2-3. 可手动控制的 TPS2120 自动电源多路复用器

3 电源多路复用器拓扑

3.1 分立式

双输入优先级电源多路复用器解决方案可使用 4 个分立式 MOSFET (2 个背对背 FET 路径) 以及手动或自动逻辑来确定启用哪条路径。当没有更高的电压源或电荷泵可用时, 通常使用基于 PMOS 的解决方案 (否则基于 NMOS 的架构也可行) 。

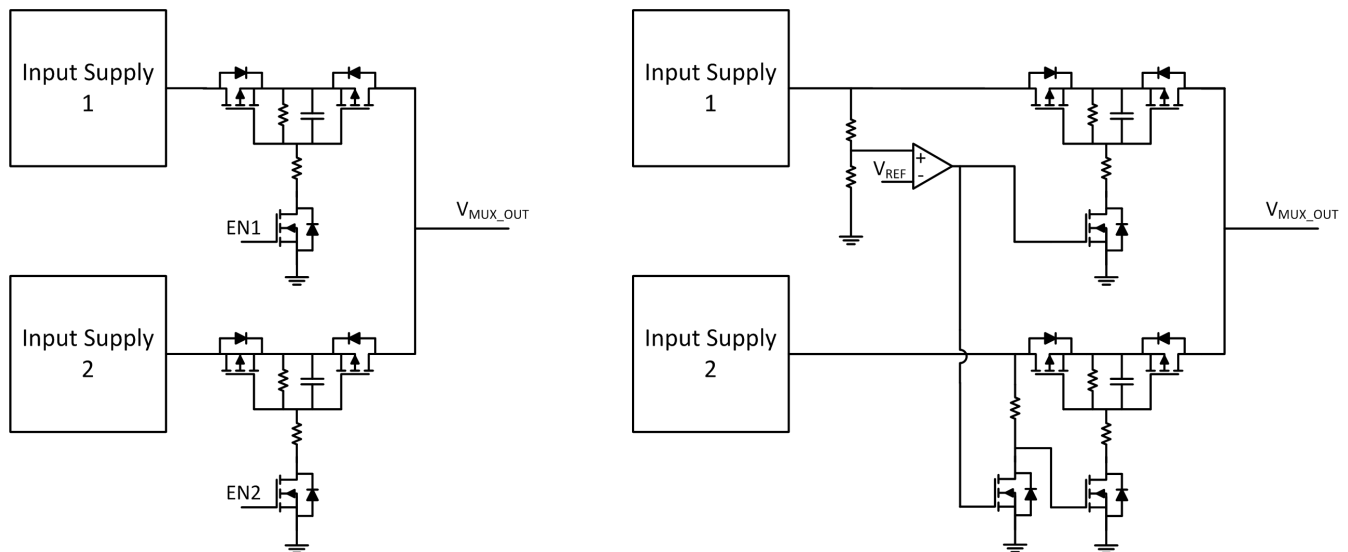


图 3-1. 具有优先级的手动和自动分立式电源多路复用器

在此例中, 手动电源多路复用器可通过两个连接到微控制器的 EN 引脚来控制。微控制器需通过逻辑电路确保一次只有一组开关闭合, 以防止反向电流流动。自动多路复用器采用比较器后跟反相器逻辑的模式来确保一次只有一组开关闭合。比较器配置为输入 1 存在时闭合上面一组开关, 否则默认为输入 2 存在时闭合。

3.2 半集成式

对于低电压输入 (小于 5V), 这里有具有一个集成式 MOSFET 的负载开关, 在禁用时能够阻断反向电流。这些开关通过在禁用时有效地移除集成式 FET 的体二极管, 可实现上述阻断功能。

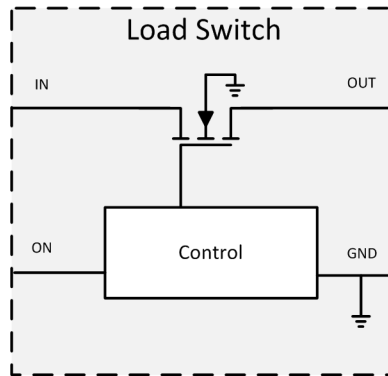


图 3-2. 移除了寄生体二极管的负载开关

如果使用其中一个使能端高电平有效的负载开关和另一个使能端低电平有效的负载开关，您可以在仅使用 1 个 GPIO 时在每个电源路径之间进行选择。

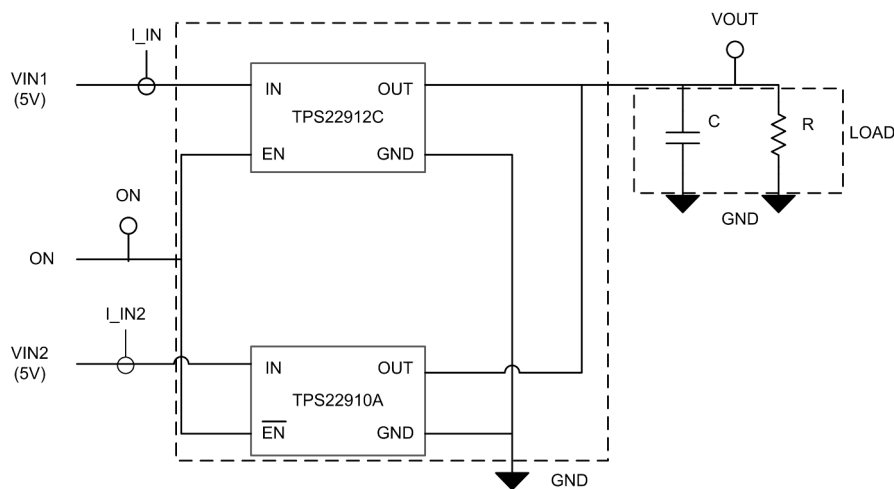


图 3-3. 使用 TPS22910 和 TPS22912 负载开关的半集成式电源多路复用器

对于更高的输入电压 (> 5V)，可使用带有背对背 MOSFET 的电子保险丝开关。它们可用于优先级多路复用器配置（请参见图 3-4）。

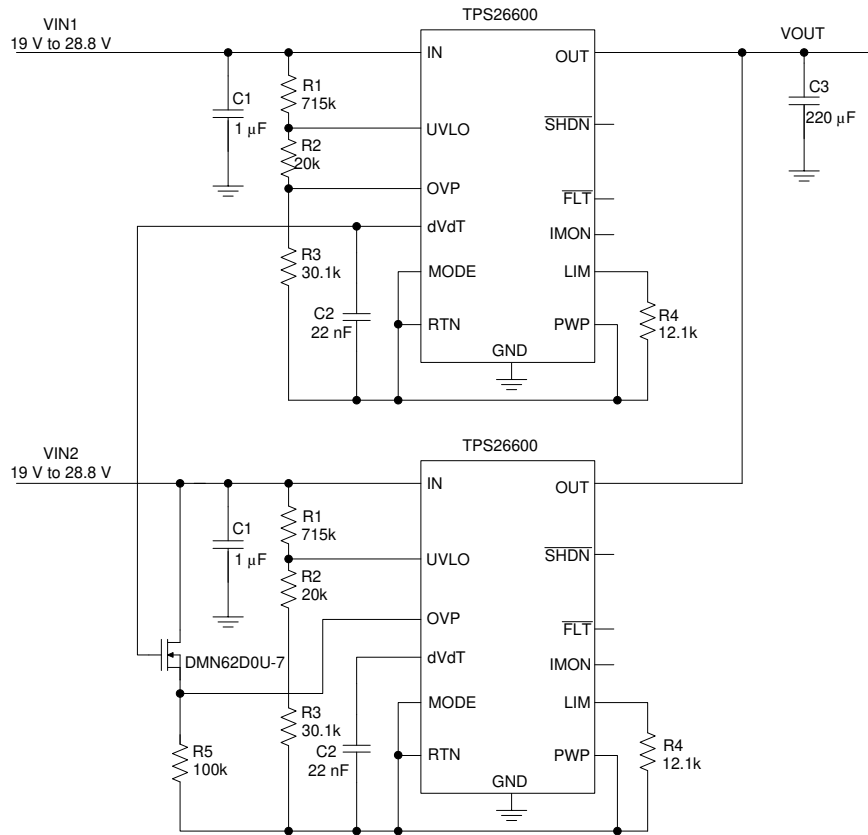


图 3-4. 使用 2 个 TPS2660 电子保险丝的半集成式电源多路复用器

如需详细了解如何在多路复用器配置中使用负载开关或电子保险丝，请参阅 [使用负载开关和电子保险丝的电源多路复用技术](#)。

3.3 完全集成式

TI 的完全集成式电源多路复用器产品系列在单个 IC 中包含全部 4 个 MOSFET 和开关逻辑。这些解决方案以尽可能小的尺寸提供优先级电源多路复用器所需的所有功能。TPS212x 系列等器件包括输出状态、压摆率控制、过压和过流保护等附加特性。

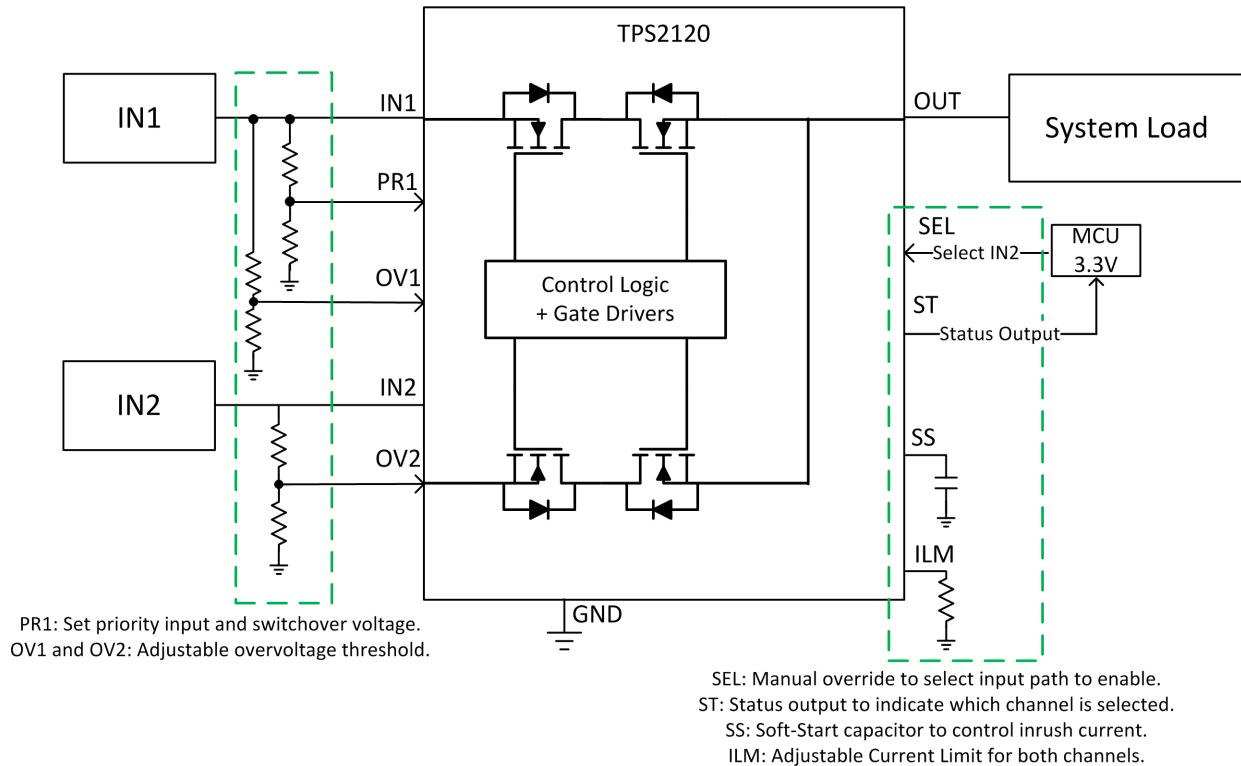


图 3-5. TPS2120 完全集成式优先级电源多路复用器

4 切换方法

当电源多路复用器解决方案将为输出端供电的电源从一个转换为另一个时，这称为切换事件。电源多路复用器用于执行切换的方法将影响传导的反向电流大小和输出压降的程度。

4.1 先断后合与二极管模式

电源多路复用器解决方案可使用以下两组切换方法：

1. **先断后合方法**：在这种方法中，第一个电源的开关在第二个电源开关闭合之前完全断开。
 - a. 这有助于防止反向电流从一个电源流向另一个电源。
 - b. 在一段时间内，电源不对输出端供电。这段时间被称为切换时间，即 t_{sw} 。
2. **二极管模式**：这是一种先合后断方法，第一个电源的二极管或开关在第二个电源开关闭合时保持导通状态。然后，通过二极管或可检测反向电流并关断相应 FET（例如我们的电子保险丝、理想二极管或 ORing 控制器）的器件来防止反向电流。
 - a. 这种方法的好处是能够最大限度地减小输出压降，因为电源是连续向负载供电的。
 - b. 具体选择哪种方法取决于所使用的二极管器件：
 - i. 肖特基或硅二极管将导致在正常运行期间产生功率耗散和压降。
 - ii. 电子保险丝、ORing 或理想二极管控制器方法将导致一定程度的反向电流，根据应用的不同，这种电流可能很大，也可能微不足道。

4.2 什么是无缝切换？

在一个电源与另一个电源之间切换时，有两种可能的结果：

1. 输出电压低于工作范围，导致负载经历系统复位。
2. 输出电压保持在工作范围内，实现不间断运行。我们将这类结果归为无缝切换。

如果使用先断后合电源多路复用器，则切换时间是决定是否会发生无缝切换的关键因素之一。更短的切换时间将有助于实现无缝切换，但代价是浪涌电流更高。应考虑这种平衡，并且电源多路复用器解决方案具有多种切换时间。

如果使用二极管模式或先合后断电源多路复用器，则通常可实现无缝切换，因为最坏情况下的输出压降约为 0.4V 至 0.7V（具体取决于所使用的二极管）。

4.3 输出压降

使用先断后合电源多路复用器，输入电源在一段时间（ t_{sw} ，切换时间）内将不会向输出端供电。这将导致输出电压衰减（根据以下公式计算）：

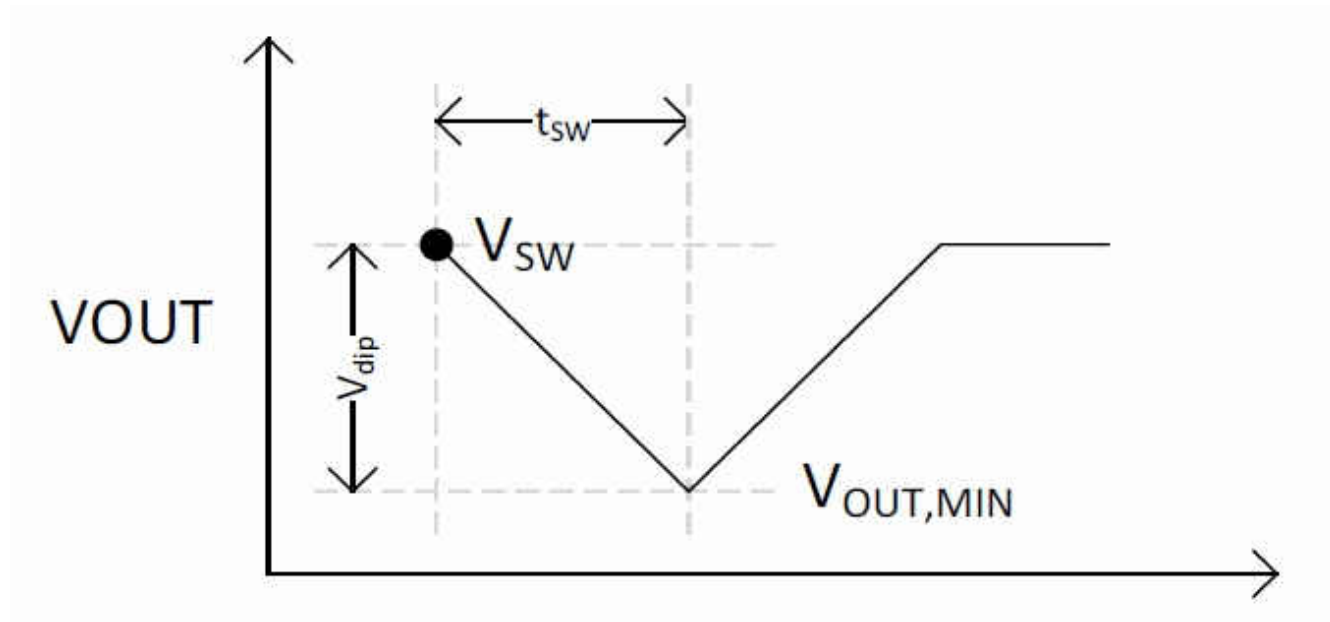


图 4-1. 切换期间输出端上的压降

$$V_{OUT,MIN} = V_{SW} - V_{DIP} \quad (1)$$

$$V_{DIP} = t_{sw} \times (I_{OUT} / C_{OUT}) \quad (2)$$

因此，切换时间 t_{sw} 越短，输出端的压降 V_{DIP} 越小。

4.4 浪涌电流

在更快的压摆率下开关将缩短切换时间，但会导致更快的 dV_{OUT}/dt ，因此基于以下公式会产生更大的浪涌电流尖峰：

$$I_{INRUSH} = C_{OUT} \times \frac{dV_{OUT}}{dt} \quad (3)$$

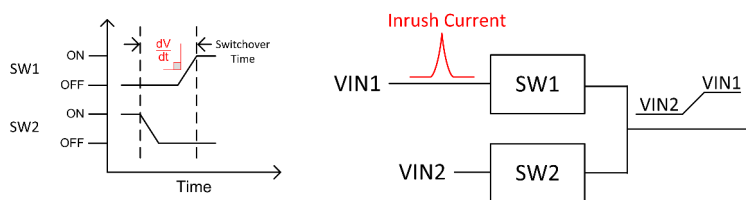


图 4-2. 电源切换导致的浪涌电流尖峰

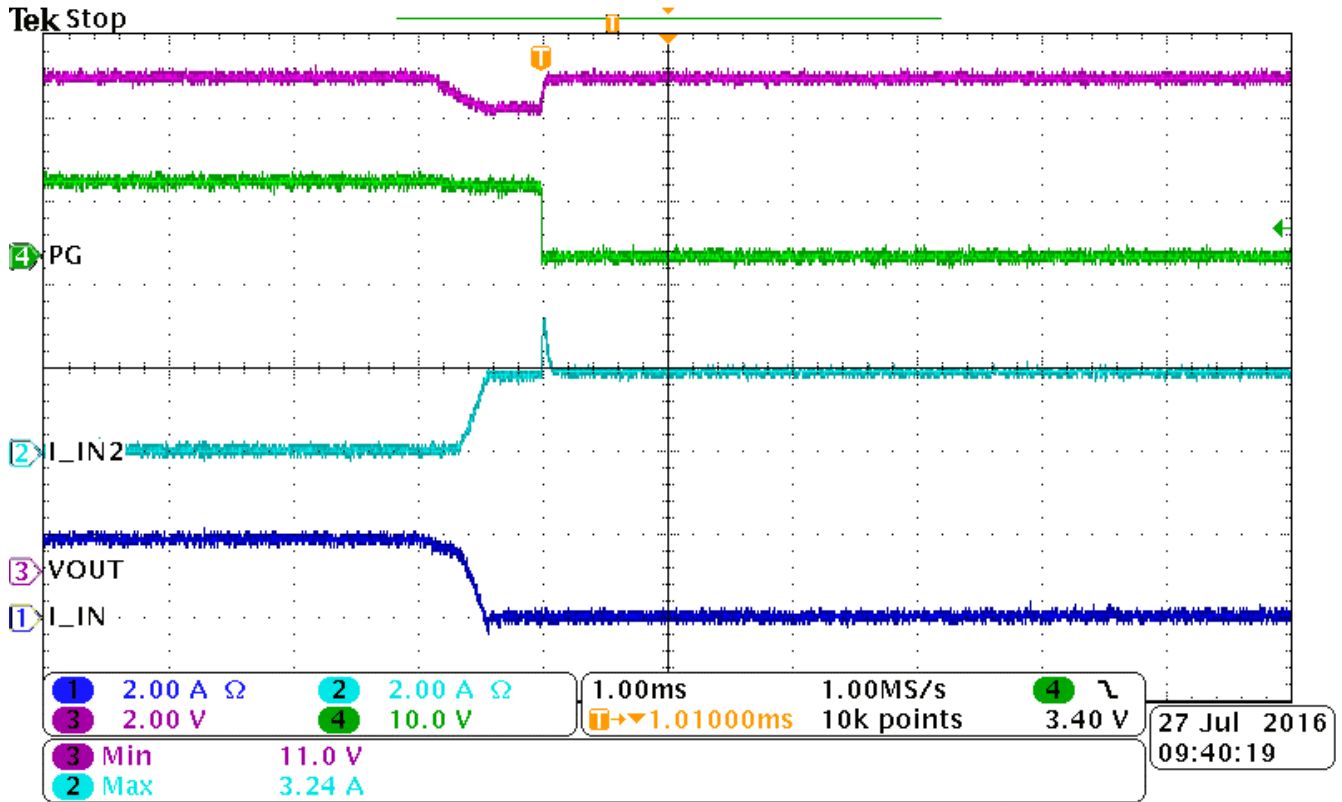


图 4-3. 使用 2 个 TPS25942 时 IN2 在切换期间产生浪涌电流尖峰

在此例中，使用了 2 个 [TPS25942](#) 电子保险丝打造出了一款半集成式电源多路复用器解决方案。该设备最初由 CH-1、I_IN 供电，然后转换为 CH-2、I_IN2。在切换期间，二极管压降导致输出电压开始降低。为了对输出端进行充电，切换后会出现大约 3.42A 的峰值浪涌电流尖峰。可在 [使用负载开关和电子保险丝的电源多路复用](#) 中找到浪涌电流峰值测试结果的更多示例。

这里有两个变量可帮助设计人员在电源多路复用器解决方案中实现其输出电压骤降目标与浪涌电流性能：

1. 输出电容 - 根据公式 1-4，增加 C_{OUT} 将导致较低输出电压骤降，但会在转换期间产生较高的浪涌电流，反之亦然。
2. 切换时间 - 分立式电源多路复用器解决方案依靠 RC 延迟来限制浪涌电流。这将导致相对较慢的切换时间和相对较高的 dv/dt ，因为开关的上升时间会在其闭合后呈指数增长。相比之下，半集成式和完全集成式电源多路复用器解决方案通常使用受控的线性上升时间。这将导致相对较低的浪涌电流量和更短的切换时间。集成式电源多路复用器解决方案具有压摆率和切换时间组合，这是分立式解决方案根本无法实现的。

5 其他保护

电源多路复用器解决方案通常用于系统输入端，能够很好地集成过压或过流保护等保护特性。

5.1 过压保护

一些应用需要防止不必要的高压直流电源或瞬态感应电压（例如来自浪涌事件或电感应开关）。通过使用具有保护功能的电源多路复用器，可从下游元件中阻断这些潜在的有害电压。

5.2 过流保护

如果下游电路或故障事件开始消耗过多电流，则必须迅速限制该电流以避免潜在的电路损坏或火灾。这是电源多路复用器能够集成的另一种保护特性。

TI 提供具有过压和过流保护的电源多路复用器解决方案。例如，2 个 [TPS2660](#) 或 2 个 [TPS25947](#) 是半集成式电源多路复用器解决方案，[TPS212x](#) 是完全集成式电源多路复用器，其中各个解决方案都提供这种级别的保护。

6 总结

不同的电源多路复用器控制方法、拓扑和切换方法可以提供一定程度的灵活性、保护和性能。使用德州仪器 (TI) 的半集成式负载开关和电子保险丝解决方案，或完全集成式电源多路复用器（例如 [TPS212x](#) 系列），可解决输出压降或浪涌电流等系统问题，这些解决方案能够以尽可能小的尺寸提供出色功能。

7 参考文献

- [适用于备用电源的无缝切换参考设计](#)
- [使用负载开关和电子保险丝的电源多路复用技术](#)
- [电子保险丝的基本知识](#)

8 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (November 2018) to Revision A (October 2020)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	2

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