

引言

区域架构中的分散式配电导致区域模块和配电箱具有多个冗余电源输入。容纳多个电源的一种方法是实施电源多路复用器 (MUX)。电源多路复用器是从两个或更多个电源之间选择为单个输出端供电的电路。本应用简报讨论了如何使用 LM74800-Q1 理想二极管控制器实现优先级电源多路复用器。

当主电源电压低于设计阈值时，优先级电源多路复用器会自动将主电源转换为辅助 (AUX) 或次级电源。如果可用且处于可接受限值内，主电源为负载供电的优先级始终最高。例如，如果上游智能保险丝在主电源上跳闸到区域模块，则优先级电源多路复用器电路会自动将 AUX 电源连接到输出端，并从输出端断开主电源，以避免区域模块运行中断。如果上游智能保险丝复位且主电源电压上升到设计阈值以上，则优先级电源多路复用器电路会自动将主电源连接回输出端并断开 AUX 电源。

LM74800-Q1 可驱动背对背 N 沟道 MOSFET (FET)，二极管 FET (Q_{DIODE}) 可阻断电源之间的反向电流，而负载开关 FET (Q_{LOAD}) 则会将电源与输出端断开。每个电源轨使用 LM74800-Q1 控制外部 FET，并在输出节点处将每个电源轨的输出连接在一起，以便为直流/直流转换器、LDO 等下游负载供电。图 1 显示了使用两个 LM74800-Q1 器件的优先级电源多路复用器的方框图。

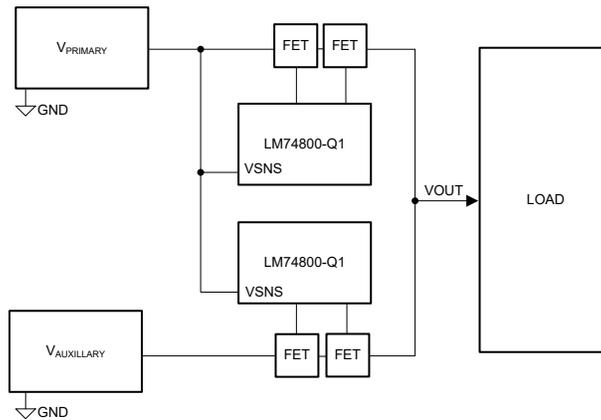


图 1. 使用 LM74800-Q1 的优先级电源多路复用器方框图

背对背 FET 拓扑

LM74800-Q1 可以驱动两种配置的 FET：共漏极 (CD) 和共源极 (CS)。在 CD 拓扑中，两个 FET 的漏极端子连接在一起，如图 2 所示。当 LM74800-Q1 处于关断模式时，CD 节点可通过 $Q1_{CD}$ 的体二极管为关键的常开负载供电。在输入端施加反向电压时， $Q1_{CD}$ 立即关断，保护 CD 节点和输出端负载免受负电压的影响。由于 CD 节点始终在输入电压为正时受电，因此 VS 引脚可直接连接到 CD 节点，从而简化连接。CD 拓扑的缺点是 CD 节点始终处于高电平，即使在 FET 关断时也是如此，这是 $Q1_{CD}$ 的体二极管使然。因此，无法通过测量 FET 两端的电压来检查 $Q1_{CD}$ 是否发生短路故障。

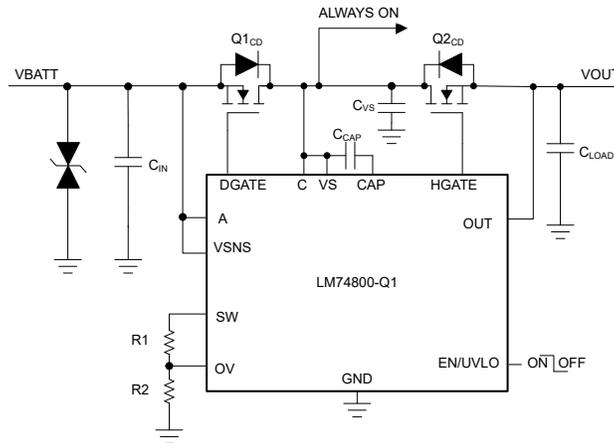


图 2. 共漏极拓扑

在 CS 拓扑中，两个 FET 的源极端子连接在一起，如图 3 所示。CS 拓扑在少数应用中是特别有用，例如 $Q1_{CS}$ 短路故障检测和 200V 负载突降保护。可以在 $Q1_{CS}$ 上进行电压测量，以检测由于体二极管方向而导致的短路故障情况。仅当 $Q1_{CS}$ 导通时，CS 节点才必须等于输入电压。如果 $Q1_{CS}$ 关断时 CS 节点电压较高，则 $Q1_{CS}$ 在源极和漏极之间短接。如果需要 200V 负载突降保护，请参阅 [LM7480-Q1 具有负载突降保护功能的理想二极管控制器](#) 中的方框图。在本应用简报中，假设只会发生抑制的负载突降情况。

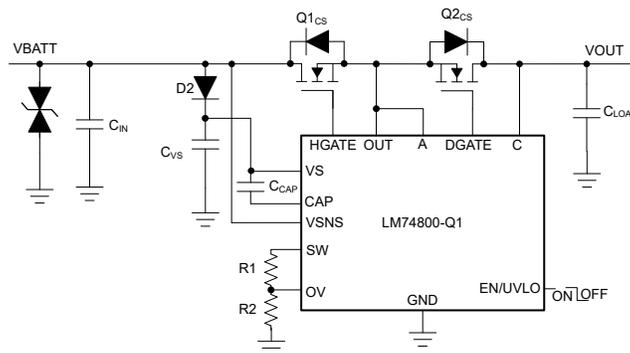


图 3. 共源极拓扑

CS 拓扑的缺点是 VS 引脚无法连接到 CS 节点，因为该引脚在反极性条件下不受保护。因此，VS 引脚必须直接连接到 VBATT。但是，在反极性条件下，VS 引脚被拉至负电压。因此，在反极性情况下，需要使用二极管 (D2) 将 VS 引脚上的电压钳位到 -0.7V。总体而言，CS 拓扑用于 200V 负载突降保护和 $Q1_{CS}$ 短路故障检测，并且比 CD 拓扑需要更多的元件。

采用 LM74800-Q1 的优先级电源多路复用器设计

优先级电源多路复用器电路使用两个电源：主电源 (V_{PRIM}) 和 AUX 电源 (V_{AUX})，前者用作主要电源，后者用作备用或次级电源。图 4 显示了在 CD 拓扑中使用两个 LM74800-Q1 器件的优先级电源多路复用器的原理图，图 5 显示了 CS 拓扑。与 CD 拓扑相比，CS 拓扑需要额外的二极管 D2 (如前一节所述) 和 D4。

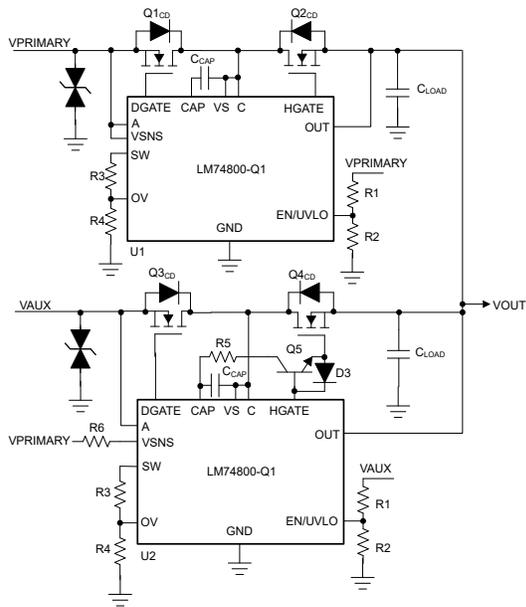


图 4. CD 中的优先级电源多路复用器

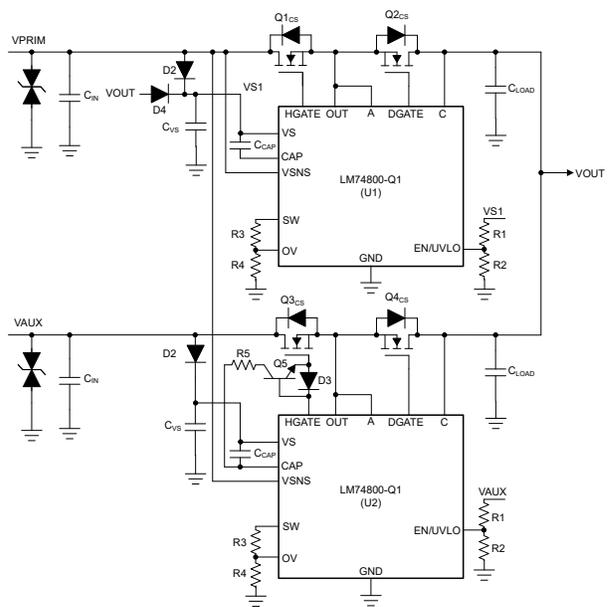


图 5. CS 中的优先级电源多路复用器

在 CD 和 CS 拓扑中，两个 LM74800-Q1 器件都必须监测 V_{PRIM} 。U1 通过 EN/UVLO 引脚设置欠压 (UVLO) 阈值来监测 V_{PRIM} ，U2 通过 OV 引脚设置过压 (OV) 阈值来监测 V_{PRIM} ，该 OV 引脚通过在 EN/UVLO 开启时启用的内部开关连接到 V_{PRIM} 。U2 OV 阈值必须设置为略高于 U1 UVLO 阈值的电压，因此绝不会出现两个电源都与负载断开的情况。

当 V_{PRIM} 处于可接受的电压范围内时，U1 被启用，并导通 FET $Q_{LOAD-PRIM}$ ($Q2_{CD}$ 或 $Q1_{CS}$) 和 $Q_{DIODE-PRIM}$ ($Q1_{CD}$ 或 $Q2_{CS}$)，以将 V_{PRIM} 连接到输出端。同时，U2 处于 OV 状态，因为 V_{PRIM} 大于 OV 阈值电压，并且 $Q_{LOAD-AUX}$ ($Q4_{CD}$ 或 $Q3_{CS}$) 被关闭，以断开 AUX 电源与负载的连接。由于输出由 V_{PRIM} 提供，U2 会检测到反向电压，并且 $Q_{DIODE-AUX}$ ($Q3_{CD}$ 或 $Q4_{CS}$) 被关闭。

当 V_{PRIM} 降至 U1 UVLO 和 U2 OV 阈值电压以下时，U1 会关闭 $Q_{LOAD-PRIM}$ 以断开主电源，而 U2 会打开 FET $Q_{LOAD-AUX}$ 和 $Q_{DIODE-AUX}$ 以将 AUX 电源连接到输出端。如果 V_{PRIM} 上升到高于 U1 UVLO 和 U2 OV 阈值电压，则 U1 会打开 $Q_{LOAD-PRIM}$ 和 $Q_{DIODE-PRIM}$ 以重新连接主电源，而 U2 会关闭 $Q_{LOAD-AUX}$ 和 $Q_{DIODE-AUX}$ 以断开 AUX 电源与输出端的连接并防止反向电流。

在两个电源同时通过 $Q_{LOAD-PRIM}$ 和 $Q_{LOAD-AUX}$ 导通的情况下，U1 和 U2 通过 $Q_{DIODE-PRIM}$ 和 $Q_{DIODE-AUX}$ 提供反向电流保护。如果两个电源都打开，则电源多路复用器充当二极管或，并提供两个输入电压 (主电源或 AUX 电源) 中的较大者。此外，如果 V_{PRIM} 和 V_{AUX} 都处于完全相同的电压并且未超过反向电压阈值范围 (-6.4mV 至 -1.3mV)，LM74800-Q1 会通过 DGATE 灌入电流，并关断 $Q_{DIODE-AUX}$ ，以防在没有电流流经 FET 时使 FET 保持导通状态。

在任何电源多路复用器系统中，目标都是尽可能缩短 $Q_{LOAD-PRIM}$ (主电源开关) 关闭且负载过渡至从 V_{AUX} 取电 (即 AUX 电源开关 $Q_{LOAD-AUX}$ 导通) 的时间，以缩短负载未连接输入电源的时间。为此，需要缩短 $Q_{LOAD-AUX}$ 的开通时间才能快速开通。但是，HGATE 引脚只能为 $Q_{LOAD-AUX}$ 提供 66 μA 的栅极电流。通过将 Q5 的发射极连接到 $Q_{LOAD-AUX}$ 的栅极，由于 Q5 通过集电极连接到 CAP 引脚，栅源电流可能会增加。此外，可以通过更改 R5 的电阻值来调节 $Q_{LOAD-AUX}$ 栅源电流。此外，通过实现 D3 来提供 Q5 周围的路径，以关闭 $Q_{LOAD-AUX}$ 。

表 1 显示了汽车示例应用中每个器件的条件和 FET 的状态，其中 V_{PRIM} 和 V_{AUX} 均为 12V 标称值。对于 U1，OV 阈值设置为 16V，UVLO 阈值设置为 8V，两者均取决于 V_{PRIM} 。对于 U2，OV 阈值和 UVLO 阈值均设置为 8.1V，前者取决于 V_{PRIM} ，后者取决于 V_{AUX} 。

表 1. 主电源和 AUX 电源的 FET 状态与电压间的关系

主电源电压范围	主电源 LM74800-Q1 状态	主电源 FET 状态	AUX 电压范围	AUX LM74800-Q1 状态	AUX FET 状态	V _{OUT} 供电方
$V_{\text{PRIMARY}} > 16\text{V}$	OV	$Q_{\text{LOAD-PRIM}}$ 关闭, $Q_{\text{DIODE-PRIM}}$ 关闭	$V_{\text{AUX}} < 8.1\text{V}$	UVLO	$Q_{\text{LOAD-AUX}}$ 关闭, $Q_{\text{DIODE-AUX}}$ 关闭	无
$V_{\text{PRIMARY}} > 16\text{V}$	OV	$Q_{\text{LOAD-PRIM}}$ 关闭, $Q_{\text{DIODE-PRIM}}$ 关闭	$V_{\text{AUX}} > 8.1\text{V}$	OV	$Q_{\text{LOAD-AUX}}$ 关闭, $Q_{\text{DIODE-AUX}}$ 关闭	无
$8.1\text{V} < V_{\text{PRIMARY}} < 16\text{V}$	正常	$Q_{\text{LOAD-PRIM}}$ 导通, $Q_{\text{DIODE-PRIM}}$ 导通	$V_{\text{AUX}} < 8.1\text{V}$	UVLO	$Q_{\text{LOAD-AUX}}$ 关闭, $Q_{\text{DIODE-AUX}}$ 关闭	V_{PRIMARY}
$8.1\text{V} < V_{\text{PRIMARY}} < 16\text{V}$	正常	$Q_{\text{LOAD-PRIM}}$ 导通, $Q_{\text{DIODE-PRIM}}$ 导通	$V_{\text{AUX}} > 8.1\text{V}$	OV 和 Q_{DIODE} 块	$Q_{\text{LOAD-AUX}}$ 关闭, $Q_{\text{DIODE-AUX}}$ 关闭	V_{PRIMARY}
$8\text{V} < V_{\text{PRIMARY}} < 8.1\text{V}$	正常	$Q_{\text{LOAD-PRIM}}$ 导通, $Q_{\text{DIODE-PRIM}}$ 导通	$V_{\text{AUX}} < 8.1\text{V}$	UVLO	$Q_{\text{LOAD-AUX}}$ 关闭, $Q_{\text{DIODE-AUX}}$ 关闭	V_{PRIMARY}
$8\text{V} < V_{\text{PRIMARY}} < 8.1\text{V}$	Q_{DIODE} 块	$Q_{\text{LOAD-PRIM}}$ 导通, $Q_{\text{DIODE-PRIM}}$ 关闭	$V_{\text{AUX}} > 8.1\text{V}$	正常	$Q_{\text{LOAD-AUX}}$ 导通, $Q_{\text{DIODE-AUX}}$ 导通	V_{AUX}
$V_{\text{PRIMARY}} < 8\text{V}$	UVLO	$Q_{\text{LOAD-PRIM}}$ 关闭, $Q_{\text{DIODE-PRIM}}$ 关闭	$V_{\text{AUX}} < 8.1\text{V}$	UVLO	$Q_{\text{LOAD-AUX}}$ 关闭, $Q_{\text{DIODE-AUX}}$ 关闭	无
$V_{\text{PRIMARY}} < 8\text{V}$	UVLO	$Q_{\text{LOAD-PRIM}}$ 关闭, $Q_{\text{DIODE-PRIM}}$ 关闭	$V_{\text{AUX}} > 8.1\text{V}$	正常	$Q_{\text{LOAD-AUX}}$ 导通, $Q_{\text{DIODE-AUX}}$ 导通	V_{AUX}

测试结果

创建了一个测试板，用于演示在 CS 拓扑中使用 LM74800-Q1 的优先级电源多路复用器电路的功能。图 6 显示了主电源关断时主电源、HGATE-PRIMARY、HGATE-AUX 以及输出电压 (V_{OUT}) 的波形。当主电源上的电压关闭时，HGATE-AUX 将在 HGATE-PRIMARY 关闭之前打开。由于主电源到 AUX 电源的快速转换，输出压降非常小。

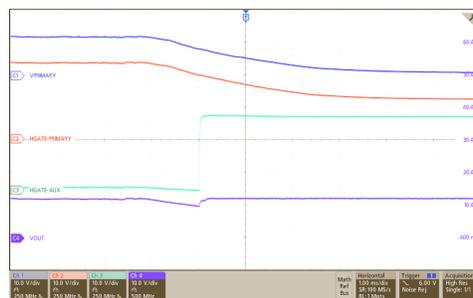

图 6. 主电源下降

图 7 显示了主电源导通时主电源、HGATE-PRIMARY、HGATE-AUX 以及输出电压 (V_{OUT}) 的波形。当主电源上的电压打开时，HGATE-PRIMARY 将在 HGATE-AUX 关闭之前打开。在此转换期间， V_{OUT} 上的电压保持稳定。

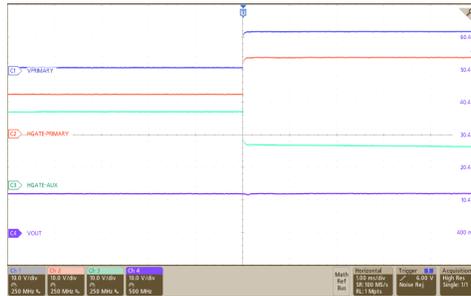


图 7. 主电源上升

具有过流 (OC) 保护的优先级电源多路复用器

通过在系统中添加外部电流检测放大器，使用 LM74800-Q1 的优先级电源多路复用器还可支持共源极拓扑中的过流保护。建议使用 INA300-Q1 等电流检测放大器，因为当检测到过流时，该器件可以通过将 EN/UVLO 拉低来关断连接到 LM74800-Q1 器件的外部 FET，从而闭锁电源电压。每个电源都实现了一个电流检测放大器来监测独立电源电流。请注意，如果系统中尚未提供常开电源轨，则需要一个额外的宽输入电压 LDO。图 8 所示为包括 INA300-Q1 的方框图。

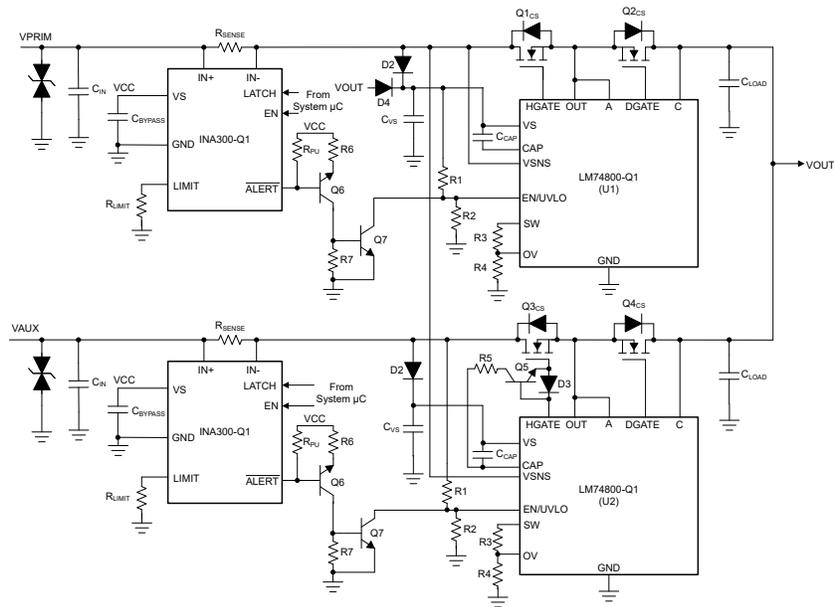


图 8. CS 中带 LM74800-Q1 和 INA300-Q1 的优先级电源多路复用器

如果首选共漏极拓扑，则 LM74900-Q1 可以替代优先级电源多路复用器电路中的 LM74800-Q1。LM74900-Q1 具有集成过流保护功能，无需外部电流检测，从而节省成本和空间。图 9 所示为使用 LM74900-Q1 的方框图。

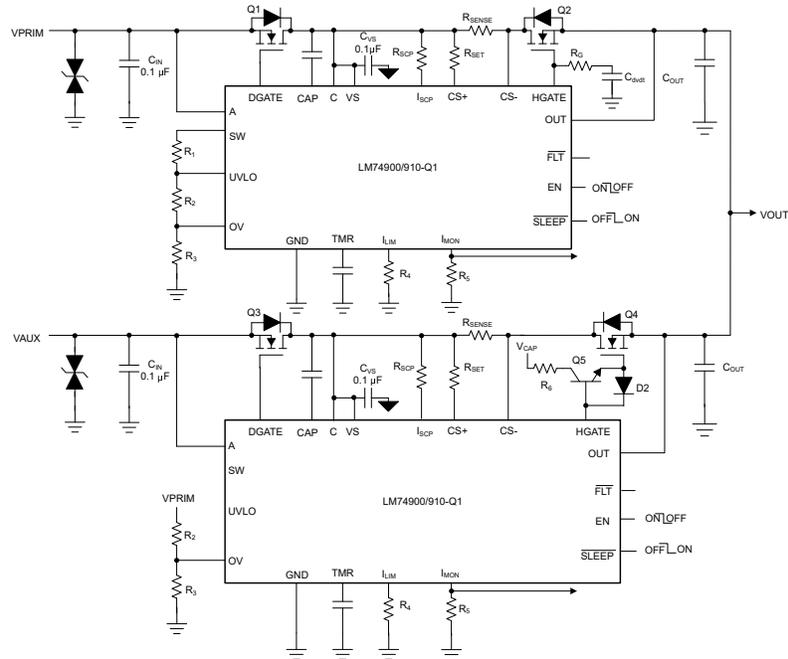


图 9. 具有 LM74900-Q1 的优先级电源多路复用器

结论

优先级电源多路复用器用于根据主电源的电压电平在主电源和 AUX 电源之间进行切换。LM74800-Q1 用于优先级电源多路复用器应用，背对背 FET 采用共源极或共漏极拓扑配置。如果应用中需要过流保护，由于集成了过流保护和短路保护功能，在 LM74800-Q1 优先级电源多路复用器设计中添加了一个额外的电流检测放大器，或者将 LM74800-Q1 替换为 LM74900-Q1，但该器件只能用于共漏极拓扑。

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司