



Abhijeet Godbole

摘要

鉴于自动驾驶、高级驾驶辅助系统 (ADAS) 和高级汽车信息娱乐系统等汽车电子产品出现了新的发展趋势，系统设计人员将面临全新的挑战，特别是在设计汽车前端电源系统时。随着电子控制单元 (ECU) 处理功率 (通常在 100W - 1000W 之间) 的增加，由于效率低下、需要进行热管理且 PCB 空间增加，传统反极性保护解决方案 (如肖特基二极管和 P-FET) 不再是更高系统功率水平下的可行解决方案。考虑到系统级安全，冗余要求 (尤其是自动驾驶) 正在推动对新型系统架构 (例如基于双电池的系统中的输入电源 ORing 和电源多路复用) 的需求。汽车电磁兼容性 (EMC) 严格测试期间的稳健保护要求无疑又在设计此类前端电源系统时增加了难度。

本应用手册重点介绍了具有集成过压和过流保护功能的新型 LM749x0-Q1 双栅极驱动理想二极管控制器如何根据系统要求实现各种前端保护电路设计架构。

内容

1 LM749x0-Q1 理想二极管控制器概述	2
2 设计 1：具有过压、欠压和过流保护以及故障输出功能的汽车电池反向保护	3
3 设计 2：LM749x0-Q1 作为具有电流监控、过流和欠压故障指示功能的理想二极管控制器	5
4 设计 3：LM749x0-Q1 作为具有欠压、过压和过流保护的高侧驱动器	6
5 特性比较：LM749x0-Q1 作为理想二极管 FET 和高侧驱动器拓扑	7
6 设计 4：具有通用 PowerPath 断开功能的双电源 OR-ing	8
7 设计 5：LM749x0-Q1 作为优先级电源多路复用器控制器	9
8 特性比较：双路 OR-ing 和优先级电源多路复用器控制器拓扑	10
9 总结	10
10 参考文献	11

插图清单

图 1-1. 功能方框图	2
图 2-1. 12V 反向电池保护解决方案的典型应用电路	3
图 2-2. 输出短路事件期间的性能	3
图 2-3. 输入过压事件 (HGATE 切断) 期间的性能	3
图 2-4. 输入微短路测试期间的性能 - 100 μ s 输入短路持续时间	4
图 2-5. 输入反向电压热插拔期间的性能	4
图 3-1. 适用于仅限理想二极管的设计的典型应用电路	5
图 4-1. 作为高侧驱动器的 LM749x0-Q1 的典型应用电路	6
图 4-2. LM749x0-Q1 SLEEP 模式	6
图 6-1. 具有负载断开控制设计的电源 ORing 的典型应用电路	8
图 7-1. 优先电源多路复用设计的典型应用电路	9

表格清单

表 5-1. 特性比较：LM749x0-Q1 作为理想二极管 FET 和高侧驱动器	7
表 8-1. 特性比较：LM749x0-Q1 用作双路 OR-ing 和优先级电源多路复用器控制器	10

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 LM749x0-Q1 理想二极管控制器概述

LM749x0-Q1 系列理想二极管控制器可驱动背对背外部 N 沟道 MOSFET，从而通过断路器、欠压和过压保护功能实现低损耗电源路径保护。3V 至 65V 的宽输入电源电压可保护和控制 12V 和 24V 汽车类电池供电的 ECU。该器件可以承受并保护负载免受低至 -65V 的负电源电压的影响。集成的理想二极管控制器 (DGATE) 可驱动第一个 MOSFET 来代替肖特基二极管，以实现反向输入保护和输出电压保持。在电源路径中使用了第二个 MOSFET 的情况下，该器件允许负载断开 (开/关控制) 并使用 HGATE 控制提供过压保护。该器件具有可调节过压切断保护功能。通过功率 MOSFET 的共漏极配置，可以使用另一个理想二极管将中点用于 OR-ing 设计。LM749x0-Q1 的最大额定电压为 65V。该器件具有精确的电流检测输出 (IMON) 支持系统，其典型精度为 (+/-10%)，可用于能源管理。该器件集成了具有 FLT 输出的两级过流保护，具有完全可调的阈值和响应时间。可以配置自动重试和锁存故障行为。该器件提供可调节过压和欠压保护，可在发生电压瞬态事件时提供稳健的负载断开功能。

LM749x0-Q1 具有两种不同的低功耗模式，具体取决于 EN 和 SLEEP 引脚的状态。在 SLEEP 模式 (SLEEP=低电平、EN=高电平) 下，该器件通过关闭外部 MOSFET 栅极驱动器和内部电荷泵而仅消耗 6 μ A 电流，但同时提供内部旁路路径，以便为电流容量有限的常开负载供电。当使能引脚处于低电平时，器件通过完全切断负载进入超低功耗模式，典型流耗为 2.87 μ A。LM749x0-Q1 的高电压额定值有助于简化满足 ISO7637 汽车保护测试标准的系统设计。LM749x0-Q1 还适用于 ORing 和优先级电源多路复用器应用。

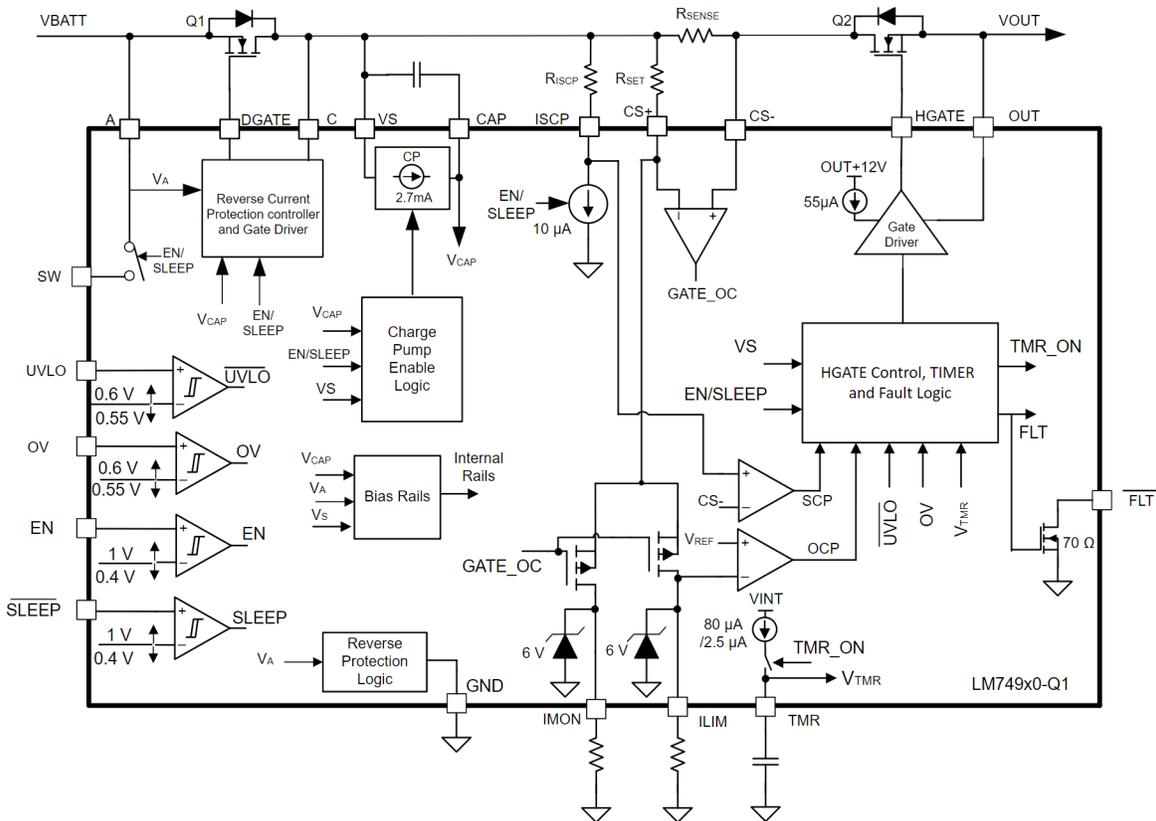


图 1-1. 功能方框图

2 设计 1：具有过压、欠压和过流保护以及故障输出功能的汽车电池反向保护

配置为共漏极拓扑以提供反向电池保护和过压保护功能的 LM749x0-Q1 的典型应用电路如图 2-1 所示

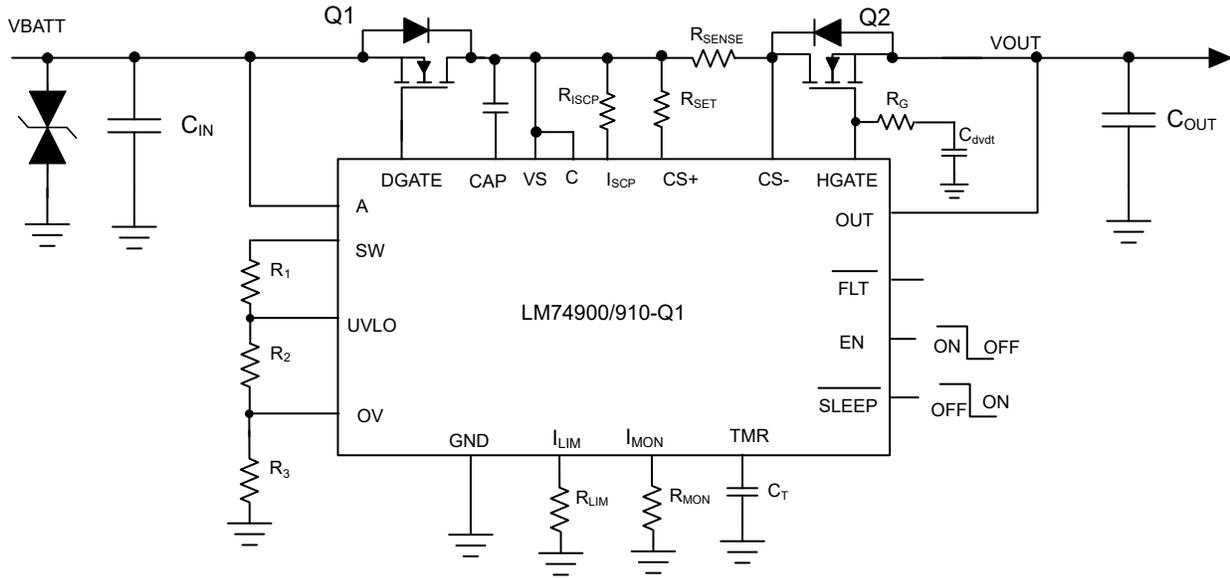


图 2-1. 12V 反向电池保护解决方案的典型应用电路

LM749x0-Q1 DGATE 驱动理想二极管 FET Q1，而 HGATE 驱动负载断开 FET Q2。理想二极管 FET 可针对系统事件提供保护，例如输入电池反接、汽车瞬变期间的反向电流阻断（如 ISO7637-2 脉冲 1）、输入短路中断事件（LV124 E-10）和电池线路上的交流纹波（ISO16750-2、LV124 E-06）。

负载断开 FET Q2 在输入欠压、过压以及输出短路和过载情况下提供电源路径切断功能。LM749x0-Q1 提供完全可调的欠压、过压、过流和短路阈值，以确保器件在出现各种汽车 EMC 瞬变时的稳健性能。有关设计过程的更多详细信息，请参阅 LM749x0-Q1 器件数据表。

图 2-2 至图 2-5 显示了将 LM749x0-Q1 用作背对背 FET 驱动器以实现输入 PowerPath 保护的一些关键性能图。

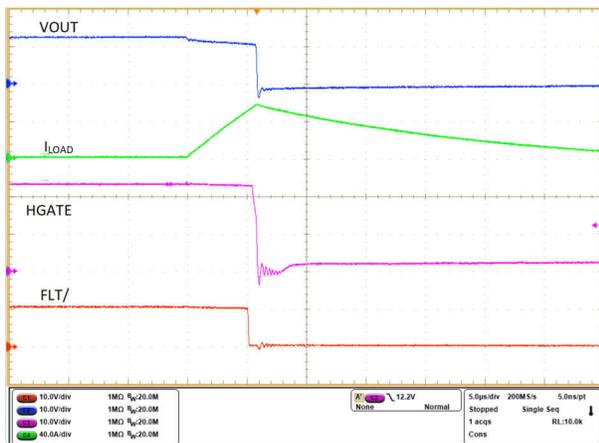


图 2-2. 输出短路事件期间的性能

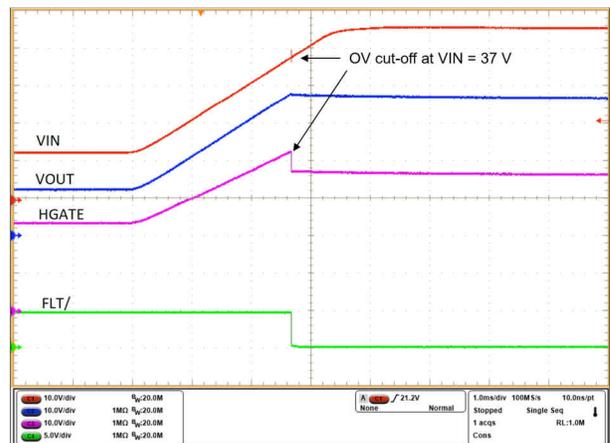


图 2-3. 输入过压事件 (HGATE 切断) 期间的性能

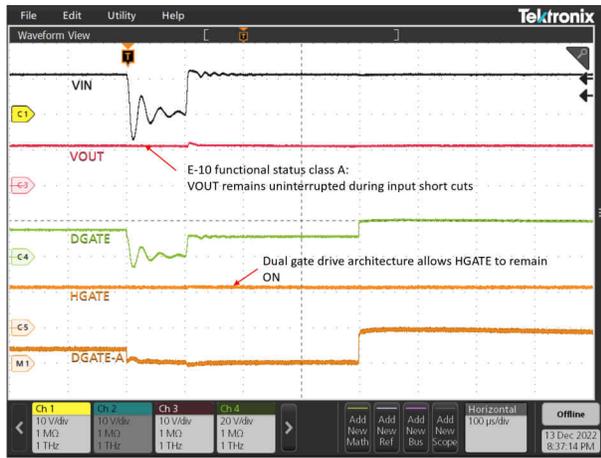


图 2-4. 输入微短路测试期间的性能 - 100 μ s 输入短路持续时间

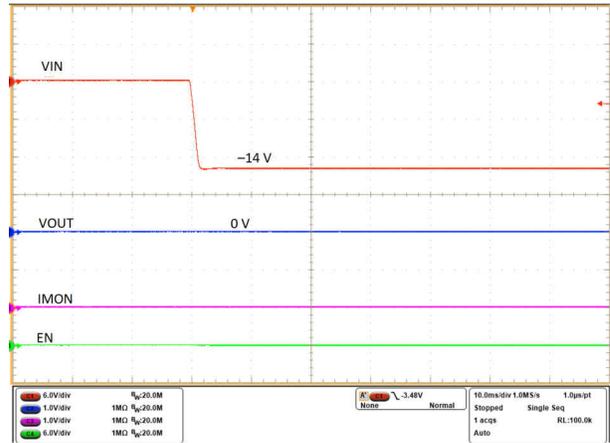


图 2-5. 输入反向电压热插拔期间的性能

3 设计 2 : LM749x0-Q1 作为具有电流监控、过流和欠压故障指示功能的理想二极管控制器

图 3-1 显示了仅限理想二极管的设计的 LM749x0-Q1 配置。

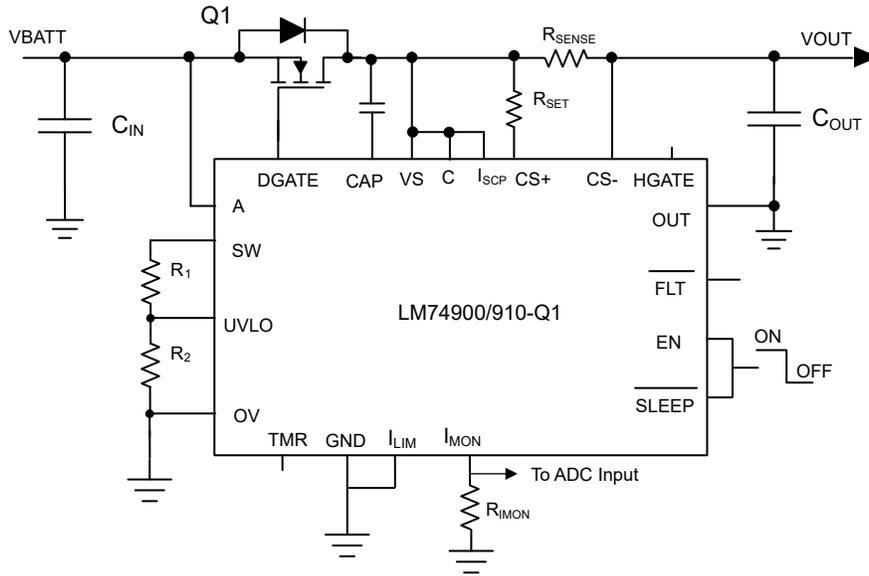


图 3-1. 适用于仅限理想二极管的设计的典型应用电路

在此配置中，该器件将仅驱动理想二极管 FET，从而提供输入反极性保护和反向电流阻断功能。如应用图所示，PowerPath 断开功能不可用。器件可使用集成电流检测放大器监控负载电流，并在 IMON 引脚上提供负载电流信息，以进行系统功率预算编制。某些系统故障指示（无故障保护）仍然存在于器件故障引脚上，例如输入欠压、负载过流、负载短路事件。对于只需要故障指示的应用，用户可以组装相应的元件来配置欠压 (UVLO)、过流 (ILIM) 和短路 (ISCP) 阈值。

LM749x0-Q1 仅用于驱动理想二极管 FET 时，未使用的引脚可遵循以下引脚配置

HGATE、TMR、SLEEPOV：需要保持悬空

ILIM、OV、OUT：需要连接到 GND

5 特性比较：LM749x0-Q1 作为理想二极管 FET 和高侧驱动器拓扑

表 5-1 展示了可通过 LM749x0-Q1 仅理想二极管 FET 和高侧开关控制器拓扑实现的功能和特性列表。

表 5-1. 特性比较：LM749x0-Q1 作为理想二极管 FET 和高侧驱动器

功能/特性	LM749x0-Q1 作为理想二极管 FET 控制器 (设计 2)	LM749x0-Q1 作为高侧驱动器 (设计 3)
输入反极性保护	√	×
反向电流阻断	√	×
输入欠压锁定	√ (仅指示欠压情况)	√
过压保护	×	√
过流和短路保护	×	√
浪涌电流控制	×	√
电流监控	√	√
故障指示	√	√
SLEEP 模式	√ (理想二极管 FET 体二极管在 FET 关闭时导通。无过流或过压保护)	√ (内部旁路 FET 在 SLEEP 模式下导通，具有过流和过压闭锁等保护功能)

6 设计 4：具有通用 PowerPath 断开功能的双电源 OR-ing

具有冗余功能的系统设计是 ADAS 系统等安全关键型设计中的通用架构。在这些设计中，ECU 输入电源可以来自多个电源连接。

图 6-1 所示为采用 LM749x0-Q1 和 LM74700-Q1 器件且具有负载断开控制功能的双电源输入 ORing 应用电路。

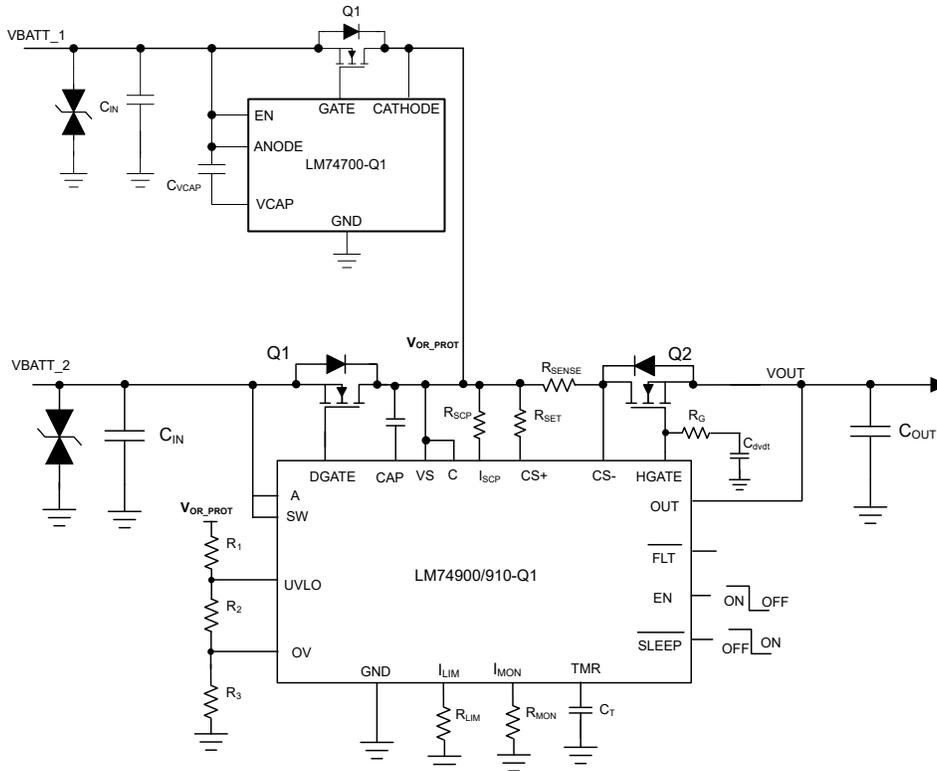


图 6-1. 具有负载断开控制设计的电源 ORing 的典型应用电路

根据系统冗余架构，VBATT_1 和 VBATT_2 可由两个单独的电池电源供电，也可通过穿过保险丝盒的单独线缆连接到通用电池电源。下游电源来自 ORed 输入，各种系统故障保护功能和断开开关操作与节 2 中所述的相似。

7 设计 5 : LM749x0-Q1 作为优先级电源多路复用器控制器

电源冗余的另一种架构基于一个系统，该系统具有一个主电源（例如车辆电池）和一个辅助电源（例如直流/直流转换器或大储能电容器）。当两个电源都存在时，应优先考虑主电源，并且系统应由独立于电源电压电平的主电源路径供电。如果没有主电源或主电源降至指定的欠压电平，则下游应切换到辅助电源路径。转换应该足够快，以确保输出电压不会降至低于下游电路的欠压锁定电平。

图 7-1 显示了用于优先级电源多路复用器设计的 LM749x0-Q1 应用电路。

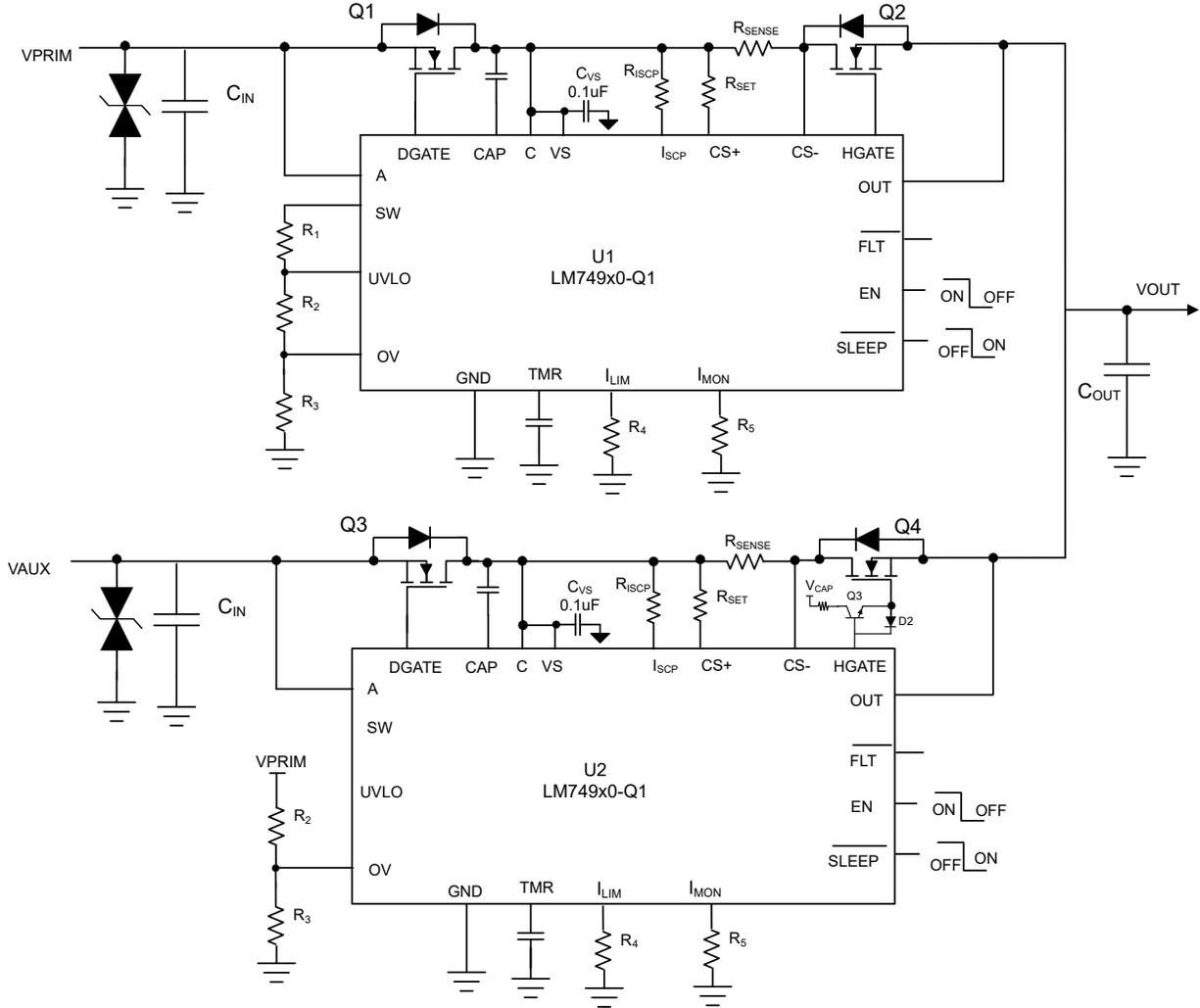


图 7-1. 优先电源多路复用设计的典型应用电路

AUX 通道的 OV 引脚连接来自主电源路径。U2 的 OV 下降阈值设置为主电源的欠压电平。在正常运行期间，主路径始终开启。U2 的 OV 为高电平，这会使 Q₄ 栅极保持关断状态，从而断开到负载的辅助电源路径。当主电源电压下降或达到设定的欠压电平时，Q₂ 关断，并断开主路径。同时，U2 的 OV 阈值变低，HGATE 在 8 μ s（典型值）延迟后开始上升。HGATE 具有栅极驱动强度，I_(HGATE) 为 53 μ A。Q₅ 支持高达 600 μ A 的更高栅极驱动电平，以快速开启 Q₄。主路径上的 U1 保持活动状态，因为其 V_s 电源由辅助路径通过 FET Q₂ 的体二极管供电。当重新连接主电源时，系统输出会立即连接到主路径。U2 的 OV 变为高电平且 Q₄ 在 4 μ s（典型值）内关闭。

8 特性比较：双路 OR-ing 和优先级电源多路复用器控制器拓扑

表 8-1 展示了可通过采用负载断开和优先级电源多路复用器拓扑的 LM749x0-Q1 双路 OR-ing 实现的功能和特性列表。

表 8-1. 特性比较：LM749x0-Q1 用作双路 OR-ing 和优先级电源多路复用器控制器

功能/特性	LM749x0-Q1 用作双路 OR-ing 和负载断开控制器 (设计 4)	LM749x0-Q1 作为优先级电源多路复用器控制器 (设计 5)
电源优先级	×	✓
输入反极性保护	✓	✓
反向电流阻断	✓	✓
输入欠压锁定*	✓	✓
过压保护*	✓	✓ (辅助电源轨 V_{AUX} 上无过压保护)
过流和短路保护*	✓	✓
浪涌电流控制*	✓	✓
电流监控*	✓	✓
故障指示*	✓	✓
SLEEP 模式*	✓	✓

备注

*对于采用负载断开拓扑的双路 OR-ing，所有保护功能和相应的阈值对于两个电源轨都是通用的。而对于优先级电源多路复用器拓扑，每个控制器都可以使用单独的保护特性阈值进行配置，从而提供更高的灵活性。

9 总结

LM74900-Q1、LM74910-Q1 提供完整的汽车电池反向输入 PowerPath 保护。该器件提供可调节过压、欠压和两级电流保护，可提供完整的设计灵活性，从而根据终端应用要求调整这些功能。LM749x0-Q1 采用双栅极驱动架构，可满足各种 MOSFET 控制拓扑需求，例如仅理想二极管 FET、仅高侧开关控制器、具有负载断开功能的双路 OR-ing 和优先级电源多路复用。该过程使系统设计人员能够将 LM749x0-Q1 用作插头和放置元件，从而通过通用控制器满足各种汽车前端保护解决方案的要求。

10 参考文献

- 德州仪器 (TI), [具有断路器、欠压和过压保护以及故障输出功能的汽车理想二极管](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [LM74700-Q1 低 \$I_Q\$ 电池反向保护理想二极管控制器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [理想二极管基础知识](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [采用理想二极管控制器且具有稳健反向电池保护功能的六种系统架构](#) 应用手册。

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