

Design Guide: TIDA-020094

48V 区域参考设计



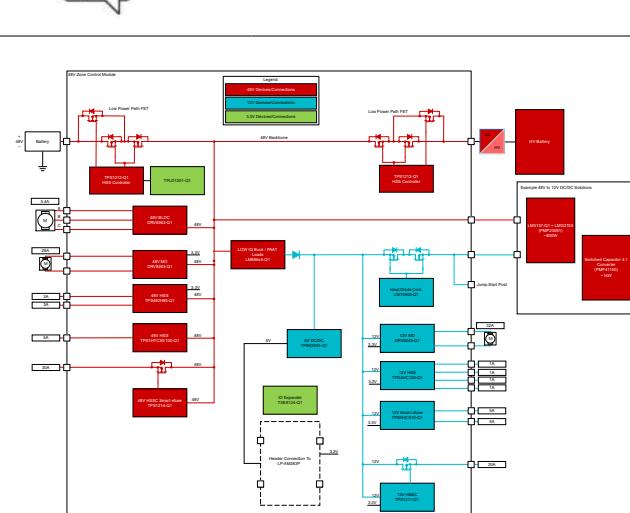
说明

此参考设计展示了先进汽车 48V 低电压轨架构的趋势。该设计包括 48V 主干架构及 48V 至 12V 电源转换。本参考设计重点介绍主要产品中的 48V 负载驱动器。这些产品包括高侧开关 (HSS) 和控制器 (HSSC)、智能电子保险丝及电机驱动器 (MD)。

资源

TIDA-020094	设计文件夹
TPS1212-Q1、TPS1214-Q1	产品文件夹
TPS1HTC30-Q1、TPS482H85-Q1	产品文件夹
TPS1211-Q1、TPS2HCS10-Q1	产品文件夹
TPS4HC120-Q1、DRV8245-Q1	产品文件夹
DRV8263-Q1、DRV8363-Q1	产品文件夹
TPLD1201-Q1、TXE8124-Q1	产品文件夹
LM68645-Q1、LM74900-Q1	产品文件夹

请咨询 TI E2E™ 支持专家

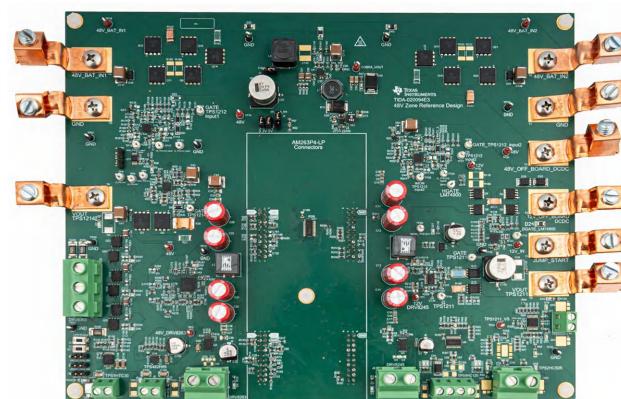


特性

- 采用双 TPS1212-Q1 高侧开关控制器 (HSSC) 的 48V 主干架构
- 该电路板支持多个 48V 区域控制模块串联连接，以在系统级评估主干
- 单独连接器可评估各种 48V 至 12V 电源转换拓扑
- 该设计评估了混合电源电压 (包括 48V 及 12V 负载驱动器短路) 导致的系统级注意事项
- 方便易用的图形用户界面 (GUI) 可用于板评估

应用

- 区域控制模块



1 系统说明

随着汽车制造商采用区域架构和 48V 低压轨，汽车配电技术也在不断发展。改用 48V 低压轨会显著地降低配电盒中的电流要求。不再需要使用传统的配电盒，因此需要引入主干。主干架构将每个区域控制模块 (ZCM) 串联式连接起来。此连接可以在每个 ZCM 上实现双向配电。传统配电架构使用配电盒进行一次配电。ZCM 负责传统架构的二次配电。主干架构让 ZCM 能够执行初级和次级配电。主干架构可进一步整合电子控制单元 (ECU)。此方法减少了车辆接线。

输入电源切换至 48V，但转换到全 48V 需要时间。仍然需要使用 12V 电压轨来给传统 12V 负载供电。12V 负载的电源要求决定了 48V 到 12V 的电源转换类型。区域应用包含大量 12V 传统负载。这些负载产生 500W 到 1kW 范围内的大功率要求。正在考虑的电源拓扑包括开关电容器转换器及开关槽转换器。其他拓扑包括电感器-电感器电容器 (LLC)、降压/升压和降压转换器。工程师在成本、尺寸、易用性、效率及双向功能方面对这些拓扑进行了比较。

2 系统概述

2.1 方框图

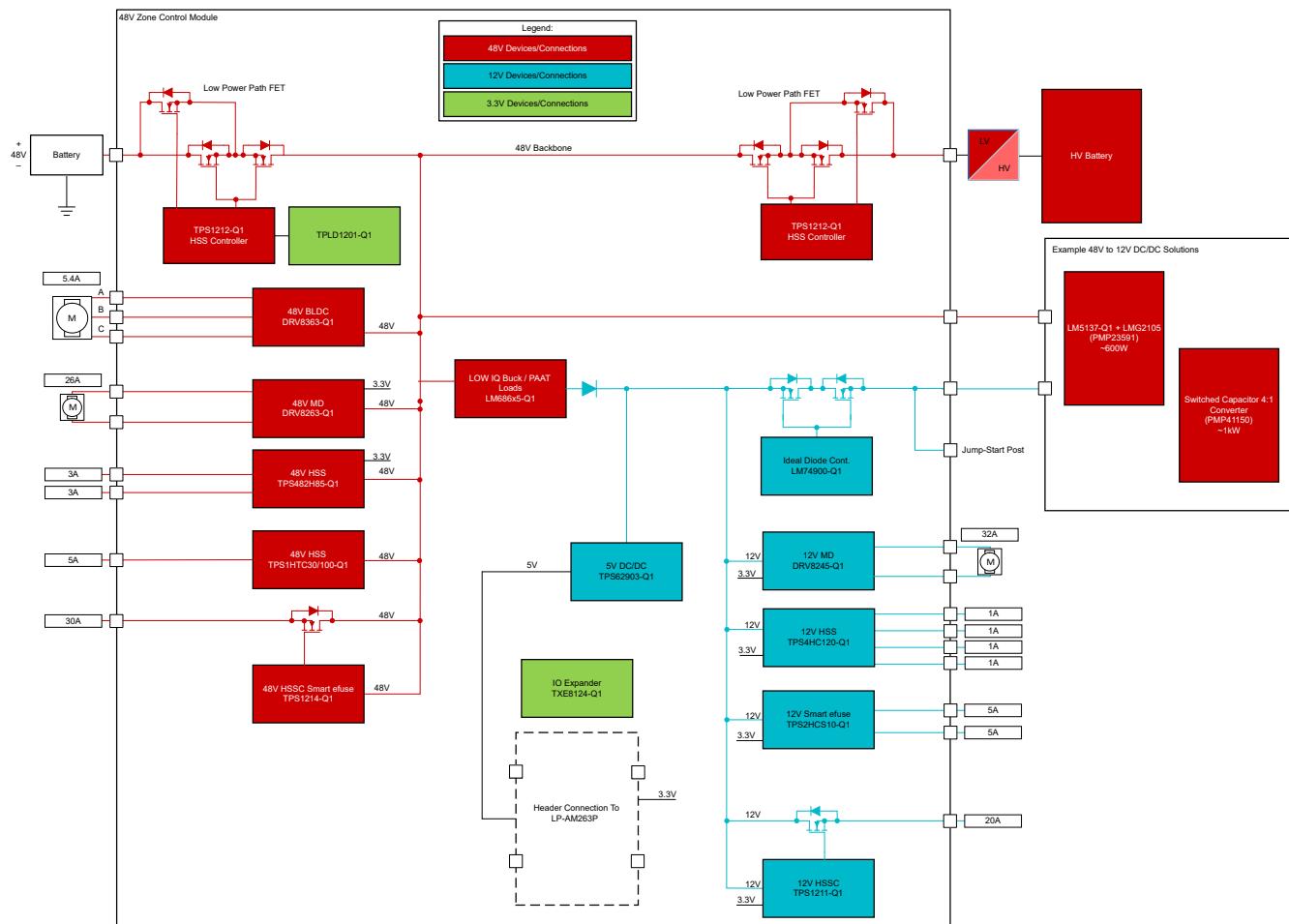


图 2-1. TIDA-020094 方框图

2.2 设计注意事项

2.2.1 主干网

主干网通过以模块化串行连接格式控制每个区域的电力流来消除对于传统 PDB 的需求。更低的电流要求和更低的热性能让这种主干网方法成为可能。主干网方法可在每个区域执行初级及次级配电。另请参阅图 2-2，以查看区域架构中的主干网配置。

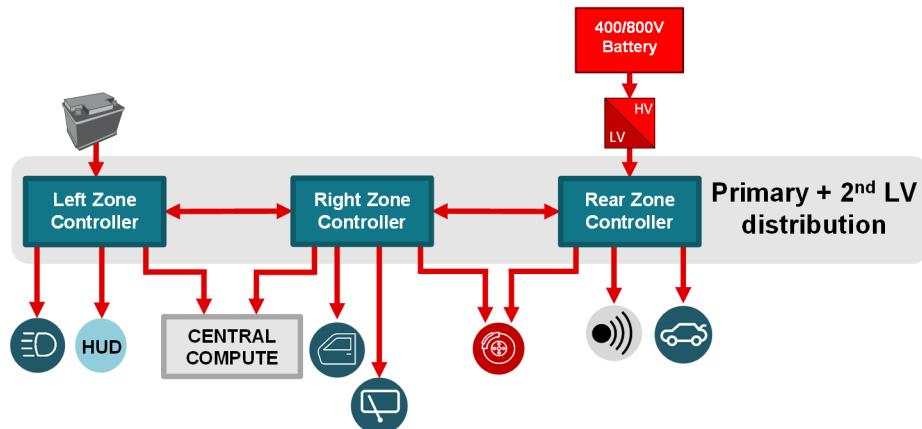


图 2-2. 区域中的主干网

使用主干网方法会带来许多设计注意事项和挑战，包括：

1. 系统在工作及停止 (LPM) 模式下保持流经每个区域的常开型功率流
2. 系统针对过流及短路情况提供保护

此设计用两个 TPS1212-Q1 HSSC 实现主干。每个 TPS1212-Q1 器件有利于实现通过区域的恒定功率流。器件在停止状态下使用 LPM 路径或者在运行状态下使用主路径。TPS1212-Q1 器件可以实现从 LPM 到工作状态的自动负载唤醒。这些器件可以在每个区域的输入端防止出现接地短路情况。TPS1212-Q1 可以双向监测电流，但只能在正向短路情况下提供保护。带有 TPLD1201-Q1 可编程逻辑器件的分立式逻辑可以提供反向接地短路保护。此设计让主干网能够通过独立于 MCU 的 TPS1212-Q1 器件提供自动负载唤醒。图 2-3 显示了此设计中主干网的整体架构。

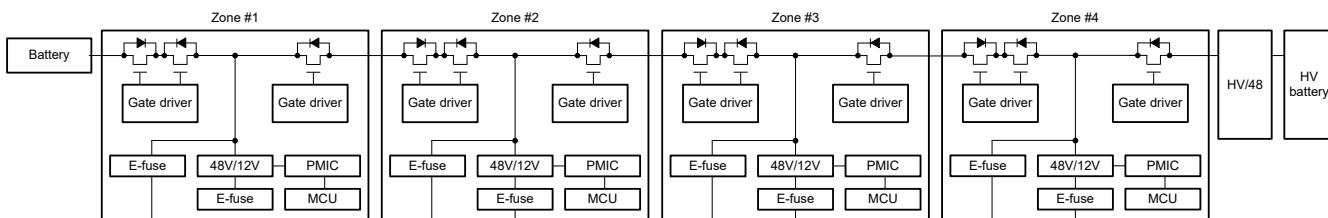


图 2-3. 高级主干网配置

图 2-4 显示了此电路板的主干网设计的更详细图。有关图 2-4 的一些关键注意事项是每个 TPS1212-Q1 器件的低功耗模式唤醒、SCP 和 OCP I2t 的配置方向。

区域左侧的 TPS1212-Q1 (EVM 1) 配置为低功耗模式唤醒，可检测低功耗路径中从左到右流过 R_{BYPASS} 电阻器的电流。由于配置了低功耗唤醒模式，此 TPS1212-Q1 的 SCP 也从左到右连接，这不会提供所需的行为。工程师实施了 TPLD1201-Q1 逻辑电路，允许 SCP 在反向（从右到左）运行。OCP I2t 方向相对于 CS1+ 和 CS1- 引脚连接，从 + (右) 流向 - (左)。

区域右侧的 TPS1212-Q1 (EVM 2) 配置为低功耗模式唤醒，可检测低功耗路径中从左到右流过 R_{BYPASS} 电阻器的电流。此配置与其他 TPS1212-Q1 相匹配，因为在本设计中，工程师假定不会从区域的右侧发生负载唤醒事件，因为该侧连接到仅在运行状态下开启的 HV/LV 直流/直流。该设计假定每个负载唤醒事件都源自左输入。由于配置了低功耗唤醒模式，此 TPS1212-Q1 的 SCP 从左到右沿相同的方向连接。无需额外电路。该设计将 OCP I2t 从左到右配置为相对于 CS1+ 和 CS1- 引脚，从 + (左) 流向 - (右)。

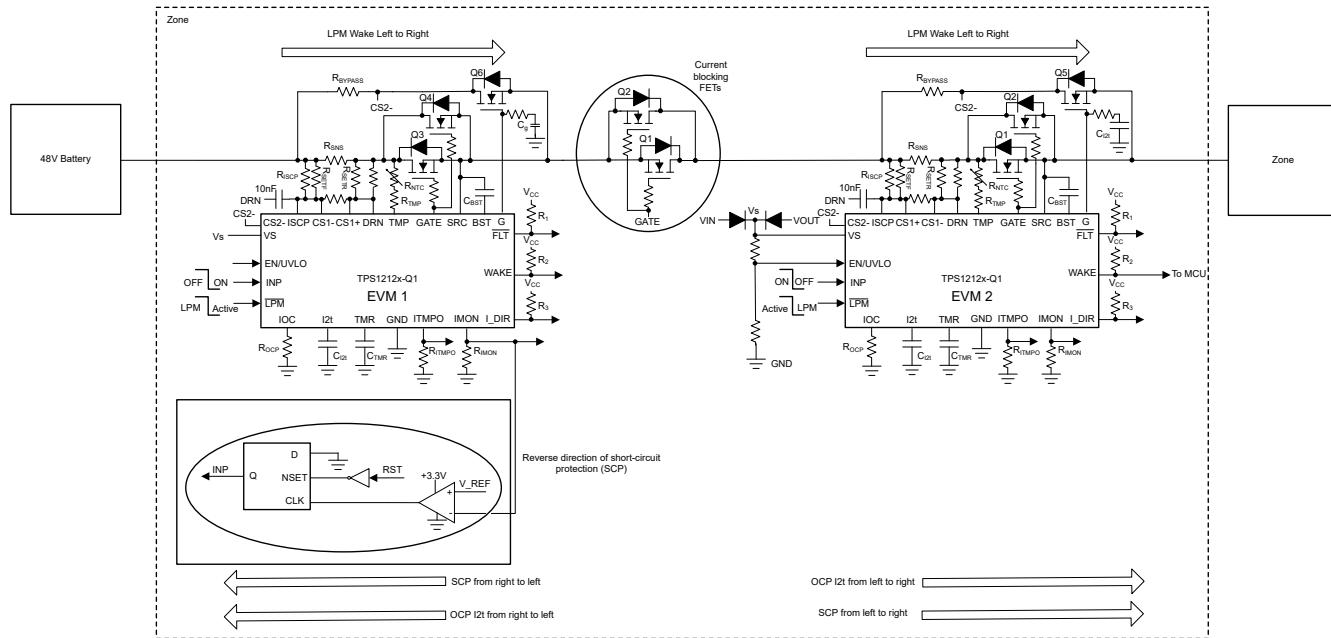


图 2-4. TIDA-020094 的主干网设计

主干网测试结果请参见节 3.4。

2.2.2 用于反向 ISCP 保护的 TPLD1201-Q1

工程师使用 TI 可编程逻辑器件 (TPLD) TPLD1201-Q1 为 TPS1212-Q1 (EVM 1) 实现反向 SCP 保护。

TPLD1201-Q1 包含各种 IC，包括为组合逻辑、顺序逻辑和模拟块设计的 IC。图 2-5 展示了用于启用反向 SCP 的 TPLD 电路配置。

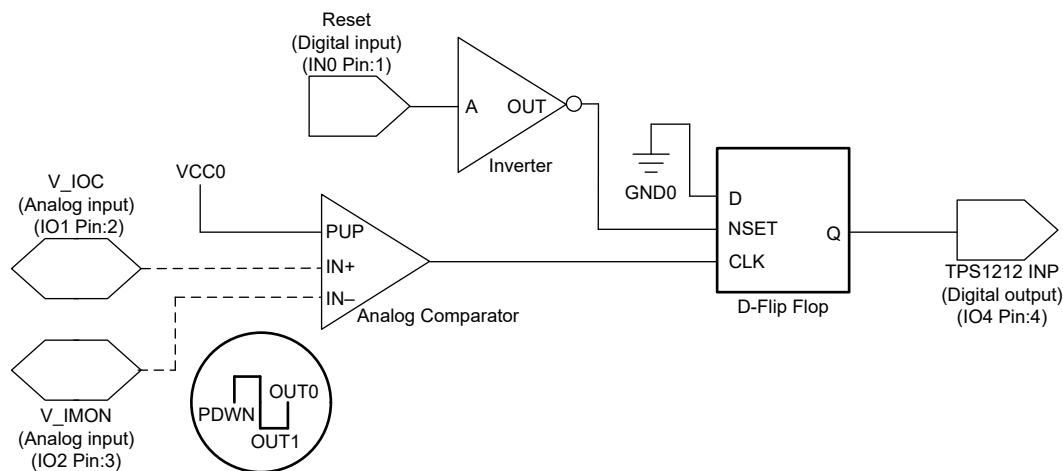


图 2-5. 用于 TPS1212-Q1 实现的 TPLD 反向 SCP

该电路将 TPS1212-Q1 电流监测引脚 (IMON) 上的电压同工程师根据所需 SCP 点的存在位置计算的设定基准电压 (VIOC) 进行比较。当 VIMON 保持小于 VIOC 时，比较器会输出高电平，这不会为 D 型触发器 (DFF) 计时，因此输出 (INP) 保持在 MCU 控制范围内。VIMON 超过 VIOC 后，比较器会输出低电平，从而为 DFF 提供时钟信号并将输出 INP 锁存到 GND，从而关断 TPS1212-Q1 的栅极。DFF 只能通过从 MCU 到 TPLD 上引脚 0 的高电平信号进行复位。表 2-1 示出了模拟比较器的真值表逻辑。

表 2-1. TPLD1201-Q1 模拟比较器真值表

电压比较器	复位	输出
VIMON < VIOC	0	1

表 2-1. TPLD1201-Q1 模拟比较器真值表 (续)

电压比较器	复位	输出
VIMON < VIOC	1	1
VIMON > VIOC	0	0
VIMON > VIOC	1	1

该电路的测试参数遵循：

- 系统将 VIOC 设置成 2.9V。
- VIMON 作为从 0V 上升至 3.3V 的锯齿波运行。
- 而 VIMON < VIOC 输出保持高电平。
- 当 VIMON > VIOC 时，输出变为低电平并锁存，直到复位变为高电平。
- 当复位再次变为低电平并且 VIMON 再次 >VIOC 时，输出锁存为低电平。由于没有高电平复位信号，输出保持锁存状态。

图 2-6 显示了该测试的仿真结果。

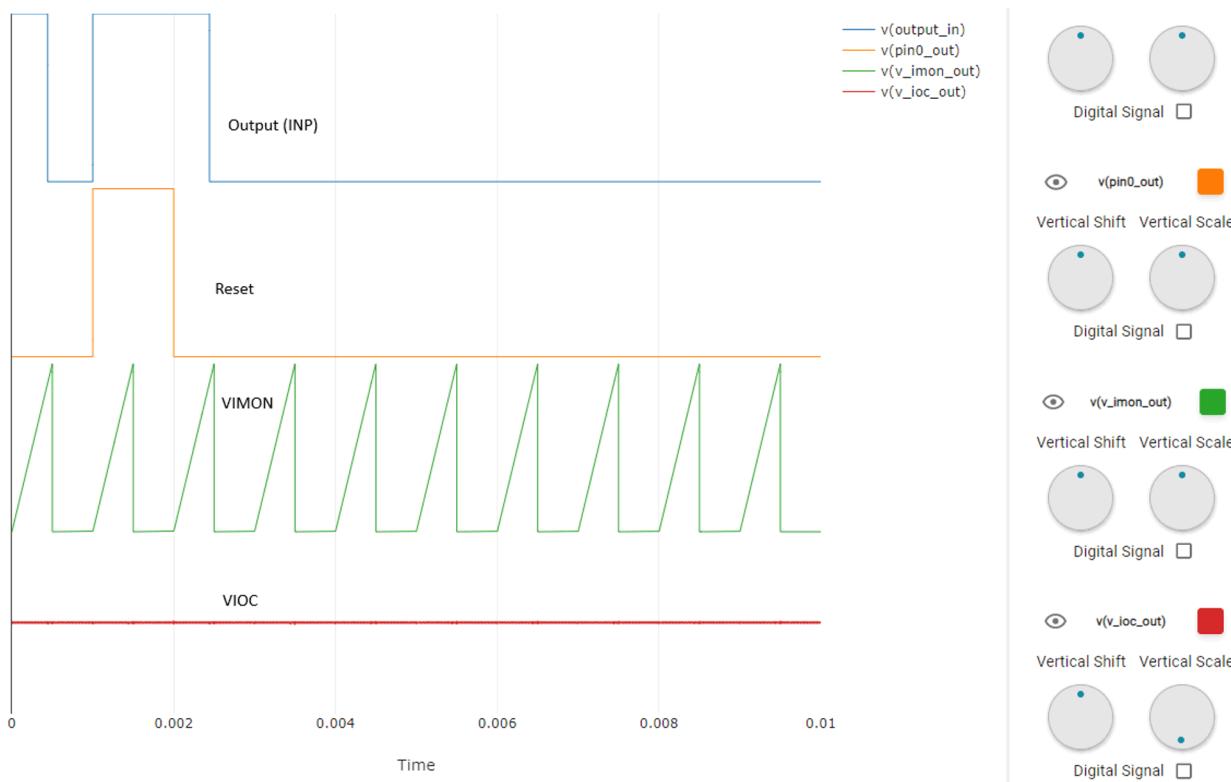


图 2-6. TPLD1201-Q1 仿真结果

2.2.3 48V 至 12V 转换

12V 电压轨必须在活动状态期间和停止 (低功耗) 状态期间以大功率高效运行。在设计一款可在满载和轻载条件下满足高效率需求的转换器时，存在诸多挑战。工程师通过 ORing 配置中的两个直流/直流转换器实现了 12V 低电压轨。此 ORing 支持专用的 48V 至 12V 低功耗模式直流/直流转换器 (通常小于 100W) 在轻负载场景下供电，而另一个 48V 至 12V 大功率直流/直流转换器 (通常为 500W 至 1kW) 在大功率运行期间供电。为了执行此 ORing 功能，工程师将 48V 至 12V 低功耗模式直流/直流转换器设置为输出略低于 48V 至 12V 大功率直流/直流转换器的电压，因此该器件仅在停止状态下供电 (因为禁用的主直流/直流转换器以低于低功耗直流/直流转换器的电势运行)。为了防止电流流回单向低功耗直流/直流，该直流/直流的输出端需要一个串联二极管。为了防止电流流回大功率直流/直流稳压器，该直流/直流稳压器的输出端需要一个理想二极管控制器 (LM74900-Q1)。

此参考设计使用设置为大约 9V 的 LM68645-Q1，设计用于处理大约 4A 的低功耗模式直流/直流转换器。此参考设计支持将各种大功率 48V 至 12V 拓扑连接到电路板，以验证整个电路板功能以及不同转换拓扑的性能。此连接通过一个非板载 48V 端口及一个 12V 输入端口连接进行。图 2-7 展示了 TIDA-020094 的功率分配结构，以及一些与典型区域控制模块相关的其他电源块。

图 2-7 还展示了第一代 48V 区域控制模块所需的其他电源元件。需要使用 48V 至 12V 功能安全 (FuSa) 直流/直流转换器为电源管理集成电路 (PMIC) 提供 12V 电压，然后由 PMIC 为微控制器供电。本参考设计未实现这些元件，而是将这些元件作为系统中的关键元件。

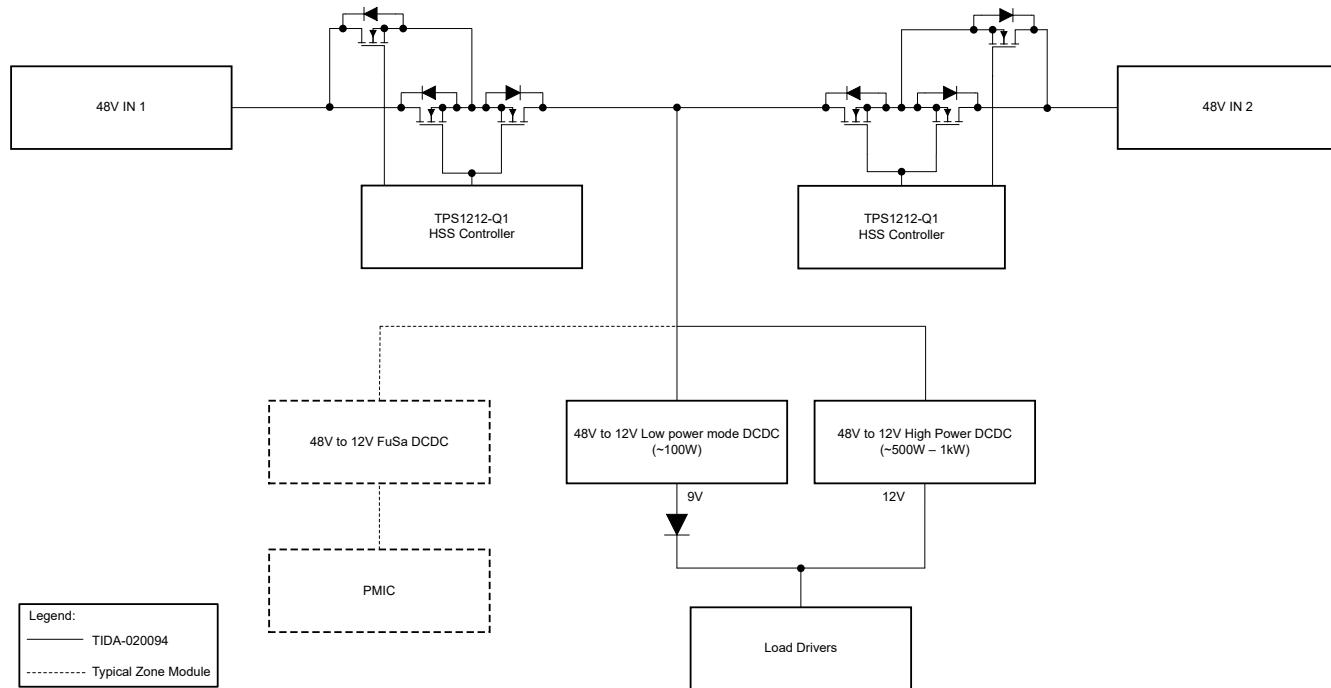


图 2-7. TIDA-020094 配电

工程师可在此处找到其他相关的电源转换设计和其他详细信息：

1. 具有 GaN 开关的 20VIN 至 60VIN 输入电压、600W 汽车级两相降压转换器参考设计
2. TI 参考设计库

2.2.4 跳接柱

随着向 48V 电池系统过渡，快速启动汽车电池的需求变得更加复杂。由于 48V 系统不能为消费者交互提供安全电压，因此必须从更低、更安全的电压进行跨接启动。由于车辆在 12V 电压轨上运行时存在大量的传统负载，因此工程师可以从该电压轨开始跨接。要执行从 12V 电压轨到 48V 电池的快速启动，跳接线柱必须与双向 48V 至 12V 直流/直流转换器或升压转换器结合使用，这样就可以让快速启动功能流回为 48V 电池充电。跨接帖子的要求因汽车制造商而异，但跨接帖子通常仅出现在一个区域中。

2.2.5 LP-AM263P

此参考设计由 GPIO 和 SPI 控制的负载驱动器组成，因此不需要典型 MCU 的所有功能。该电路板使用 BoosterPack™ 插件模块接头连接到 LP-AM263P，并保持与该器件兼容，从而访问 GPIO 和 ADC 引脚的引脚以及 SPI 总线。但是，区域架构的一个挑战是，与典型 MCU 相比，需要更多的 GPIO。为了满足此设计的这些需求，工程师在该电路板上包含了 TXE8124-Q1 SPI IO 扩展器，并将器件放置在与负载驱动器相同的 SPI 总线上。

TIDA-020094 使用 5V 直流/直流 (TPS62903-Q1) 为 LP-AM263P 提供 5V 电压。LP-AM263P 使用此 5V 电压为器件供电，并在 LP 上将其转换为 3.3V，为 TIDA-020094 上的所有器件供电。

2.3 重点产品

2.3.1 TPS1212-Q1 (48V)

TPS1212-Q1 是具有保护和诊断功能的低 I_Q 智能高侧驱动器。该器件有两个具有 0.5A、2A (GATE) 和 100 μA 、0.39A (G) 的集成栅极驱动器。当 LPM 为低电平时，低功耗路径保持导通，而主 FET 以 20 μA (典型值) 的 I_Q 被关断。使用放置在 DRN 和 CS2 - 之间的 R_{BYPASS} 电阻器可调整自动负载唤醒阈值。在 EN/UVLO 处于低电平时， I_Q 降至 1 μA (典型值)。该器件具有精确的双向电流检测 ($\pm 2\%$) 输出 (IMON)，具有使用外部 RSNS 电阻器和 FLT 指示的基于 I2t 的可调过流和短路保护。可以配置自动重试和锁存故障行为。该器件还具有基于 NTC 的温度检测 (TMP) 和用于外部 FET 过热检测的监控输出 (ITMPO) 输出。

2.3.2 TPS1HTC30-Q1 (48V)

TPS1HTC30-Q1 是一款智能的单通道高侧开关，具有集成式 NMOS 电源 FET 和电荷泵。低 R_{ON} (30m Ω) 可更大幅度地降低器件功耗，驱动高达 6A 的宽输出直流负载电流范围，并且具有 60V 的直流工作范围，可提高系统稳健性。该器件集成了多种保护功能，如热关断、输出钳位和电流限制。**TPS1HTC30-Q1** 采用可调电流限制电路，可减小驱动大容性负载时的浪涌电流并尽可能降低过载电流。该器件还可提供精确的负载电流检测，以提高负载诊断功能（如过载和开路负载检测），从而更好地进行预测性维护。

2.3.3 TPS482H85-Q1 (48V)

TPS482H85-Q1 器件是一款受到全面保护的双通道智能高端开关，具有两个集成的 85m Ω NMOS 功率 FET。保护和诊断功能包括精确的电流检测、可选的电流限制电平、关断状态开路负载和电池短路检测以及热关断。高精度电流检测可实现更好的实时监测效果和更准确的诊断，无需进一步校准。外部可选电平高精度电流限制功能允许根据应用设置电流限制值。该器件通过在启动或短路条件下有效地钳制浪涌电流，极大地提高了系统的可靠性。

2.3.4 TPS1214-Q1 (48V)

TPS1214-Q1 是具有保护和诊断功能的低 I_Q 智能高侧驱动器。该器件有两个集成栅极驱动器，分别具有 0.5A 拉电流和 2A 灌电流 (GATE) 以及 100 μA 拉电流和 0.39A 灌电流 (G)。当 LPM 为低电平时，低功耗路径保持导通，而主 FET 以 20 μA (典型值) 的 I_Q 被关断。使用放置在 CS2+ 和 CS2 - 之间的 R_{BYPASS} 电阻器可调整自动负载唤醒阈值。在 EN/UVLO 处于低电平时， I_Q 降至 1 μA (典型值)。该器件具有精确的电流检测 ($\pm 2\%$) 输出 (IMON)，具有使用外部 RSNS 电阻器和 FLT 指示的基于 I2t 的可调过流和短路保护。可以配置自动重试和锁存故障行为。该器件还具有基于 NTC 的温度检测 (TMP) 和用于外部 FET 过热检测的监控输出 (ITMPO) 输出。

2.3.5 DRV8263-Q1 (48V)

DRV8263-Q1 是一款宽电压、大功率、完全集成式 H 桥驱动器。这些器件集成了 N 沟道 H 桥、电荷泵、高侧电流检测和调节、电流比例输出以及保护电路。集成检测采用电流镜设计，无需分流电阻器，可节省电路板面积并降低系统成本。还提供了一种低功耗睡眠模式，以实现较低静态电流。器件提供电压监测、负载诊断、过流和过热保护功能。故障情况通过 nFAULT 引脚指示。该器件提供两种型号：HW 接口和 SPI。SPI 型号可实现更加灵活的器件配置和故障监测。

2.3.6 DRV8363-Q1 (48V)

DRV8363-Q1 是一款集成式智能栅极驱动器，适用于 48V 三相 BLDC 应用。此器件具有三个半桥栅极驱动器，每个驱动器都能够驱动高侧和低侧 N 沟道功率 MOSFET。DRV8363 使用外部 12V 电源和集成式自举二极管为高侧 MOSFET 生成合适的栅极驱动电压。涓流电荷泵使栅极驱动器能够支持 100% PWM 占空比控制，并提供外部开关的过驱栅极驱动电压。DRV8363 提供低侧电流检测放大器，用于支持基于电阻器的低侧电流检测。

2.3.7 TPS2HCS10-Q1 (12V)

TPS2HCS10-Q1 是一款具有 I₂T 导线保护、低 I_Q 模式和 SPI 的汽车级双通道 10mΩ 智能高侧开关。该器件支持 SPI 可配置电容充电模式，适用于配电开关应用中的 ECU 负载。该智能地址保险丝还集成了可编程熔断器曲线，可在持续过载条件下关闭开关，以减少 MCU 的开销。

2.3.8 TPS4HC120-Q1 (12V)

TPS4HC120-Q1 是一款汽车级四通道智能高侧开关，具有集成的 NMOS 功率 FET 和电荷泵，专为满足 12V 汽车电池系统的要求而设计。低 R_{ON} (120mΩ) 可更大限度地降低器件在驱动各种输出负载时的功率耗散，在启用全部四个通道时，电流高达 2A；在仅启用一个通道时，电流为 2.5A。该器件集成了多种保护功能，如热关断、输出钳位和电流限制。这些功能可在发生故障（如短路）时提高系统的稳健性。TPS4HC120-Q1 采用可选电流限制电路，可通过减小驱动大容性负载时的浪涌电流并尽可能降低过载电流来提高系统的可靠性。该器件可根据 ILIM 引脚上使用的外部电阻器提供 10 种电流限制设置（0.25A 至 5A）。该器件还可提供精确的负载电流检测，以提高负载诊断功能（如过载和开路负载检测），从而更好地进行预测性维护。

2.3.9 DRV8245-Q1 (12V)

DRV824x-Q1 是完全集成式 H 桥驱动器，可配置为单路全桥驱动器或两个独立的半桥驱动器。该器件提供相同的引脚功能和可扩展的 R_{ON}（电流能力），可支持不同的负载。这些器件集成了 N 沟道 H 桥、电荷泵稳压器、高侧电流检测和调节、电流比例输出以及保护电路。还提供了一种低功耗睡眠模式，以实现较低静态电流。器件提供电压监测、负载诊断、过流和过热保护功能。故障条件在 nFAULT 引脚上指示。

2.3.10 TPS1211-Q1 (12V)

TPS1211-Q1 是一款具有保护和诊断功能的 45V 智能高侧驱动器。该器件具有强大的 3.7A 峰值拉电流 (PU) 和 4A 峰值灌电流 (PD) 栅极驱动器，可在大电流系统设计中使用并联 FET 进行电源开关。将 INP 用作栅极驱动器控制输入。该器件具有精确的电流检测 (在 30mV 下精度为 $\pm 2\%$) 输出 (IMON)，可用于能源管理的系统设计。该器件集成了具有 FLT_I 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。该器件具有远程过热保护，具有 FLT_T 输出。**TPS1211-Q1** 将预充电驱动器 (G) 与控制输入 (INP_G) 集成。此功能支持必须驱动大容性负载的设计。在关断模式下 ($EN/UVLO < 0.3V$)，控制器的总关断电流为 $0.9\mu A$ (典型值)。

2.3.11 TPLD1201-Q1

TPLD1201-Q1 是 TI 可编程逻辑器件 (TPLD) 系列器件中的一款，具有多用途可编程逻辑 IC，支持组合逻辑、顺序逻辑和模拟块。TPLD 提供了一个完全集成的低功耗设计来实现常见的系统功能，例如时序延迟、电压监控器、系统复位、电源序列发生器、I/O 扩展器等。此器件具有可配置的 I/O 结构，扩展了混合信号环境中的兼容性，减少了所需的分立式元件的数量。

2.3.12 TXE8124-Q1

TXE81XX-Q1 器件为四线串行外设接口 (SPI) 协议提供通用并行 I/O 扩展功能，并可在 1.65V 至 5.5V V_{CC} 电压范围内工作。该器件在 3.3V 至 5.5V 电压下支持 10MHz，在 1.65V 至 5.5V 电压下支持 5MHz。当开关、传感器、按钮、LED 和风扇需要额外使用 I/O 时，I/O 扩展器 (如 TXE81XX-Q1) 可提供简单方法。TXE81XX-Q1 器件的 I/O 端口可提供旨在增强 I/O 速度、功耗和灵活性的附加特性。此类附加特性包括：使能和禁用上拉和下拉电阻器、可锁存输入、可屏蔽中断、中断状态寄存器、可编程漏极开路或推挽输出，以及 FAIL-SAFE 引脚使能的失效防护寄存器模式。

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 硬件要求

需要以下硬件方可使用 TIDA-020094 :

1. TIDA-020094 参考设计电路板
 2. 48V 电源
 3. LP-AM263P

3.2 软件要求

需要 [TIDA-020094 GUI](#) 方可使用 TIDA-020094。

3.3 测试设置

使用以下步骤来设置 TIDA-020094 参考设计：

1. 图 3-1 展示了 TIDA-020094 板顶部的 LP-AM263P 定位。

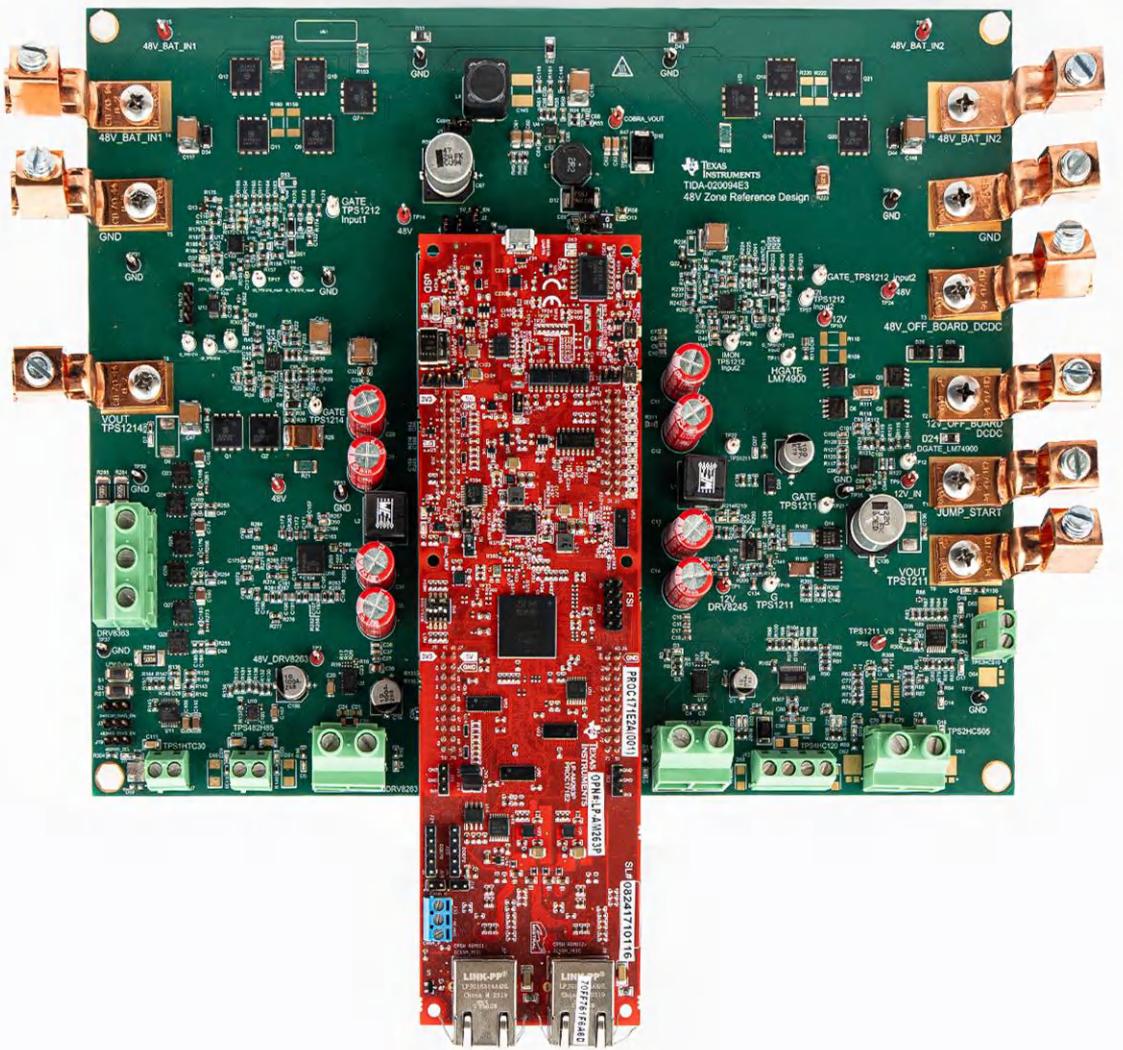


图 3-1. TIDA-020094 + LP-AM263P

- ## 2. 向 48V BAT IN1 提供 48V 电压

3. 运行 GUI

3.4 测试结果

为了验证主干的功能是否正常，工程师执行了关键测试，包括：

- 执行的第一项测试验证了主干网正确感应负载唤醒事件并且正确响应的能力。图 3-2 显示了当器件检测到输出电流增加时，每个 TPS1212-Q1 器件的栅极引脚会从 48V (LPM) 变为约 60V (活动状态)。

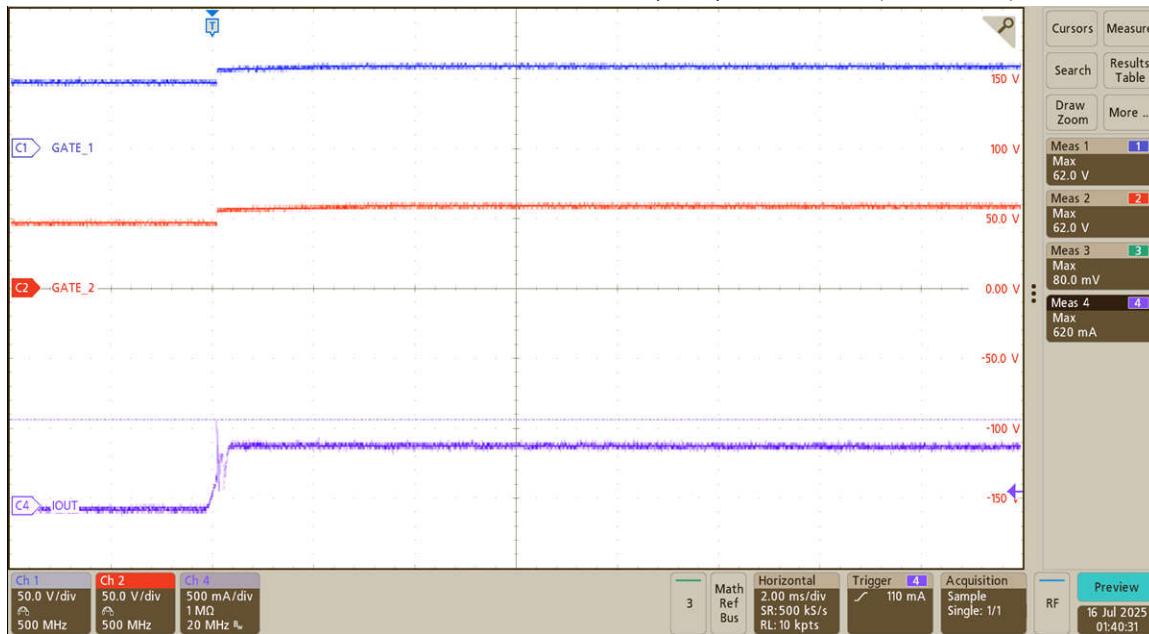


图 3-2. 主干负载唤醒响应

- 执行的第二项测试验证了主干网在 EVM 2 (正向) 上正确检测 SCP 事件及 EVM 1 (反向) 上 SCP 事件并正确响应的能力。图 3-3 显示了正向 SCP 事件，其中当 IOUT 超过 ISCP 阈值时，TPS1212-Q1_2 (EVM 2) 会关断。

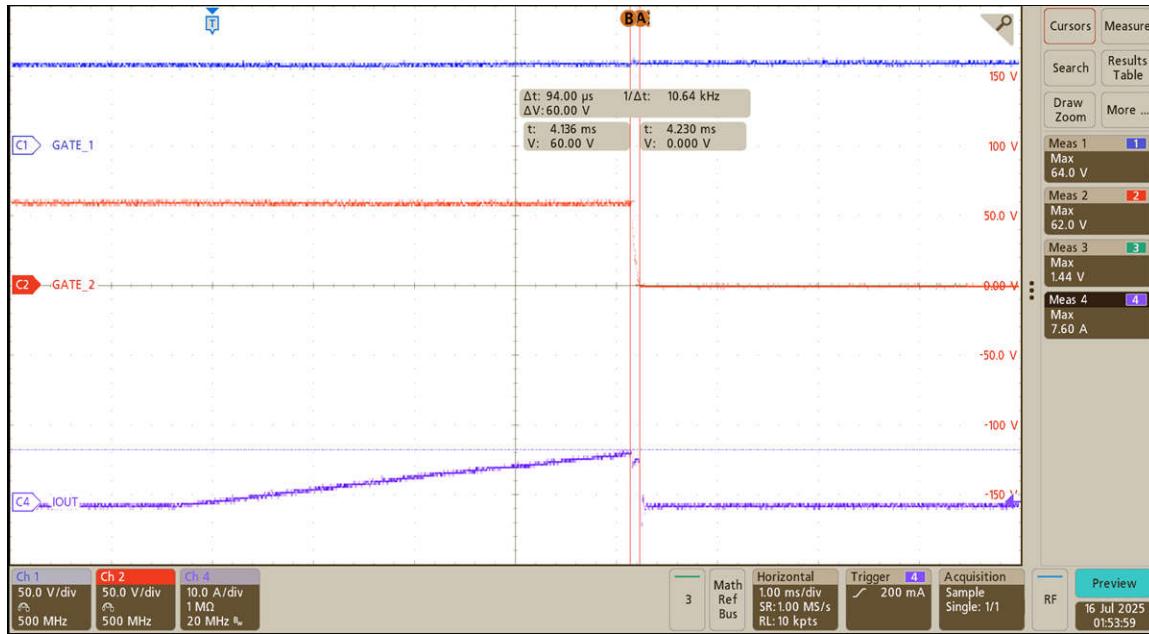


图 3-3. 正向 SCP 保护

3. 图 3-4 显示了反向 SCP 事件，其中 TPS1212-Q1_1 使用 TPLD1201-Q1 (EVM 1) 检测到反向 SCP 事件，并在 IOUT 超过 ISCP 阈值时关断。

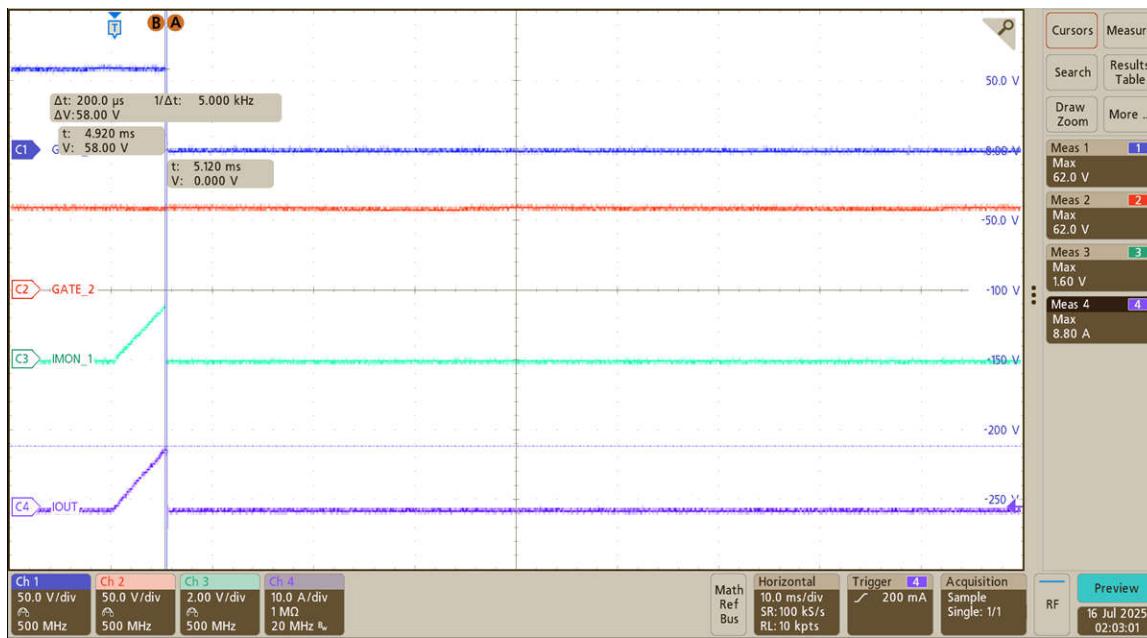


图 3-4. 反向 SCP 保护

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-020094](#) 中的设计文件。

4.1.2 BOM

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-020094](#) 中的设计文件。

4.2 工具与软件

工具

[SYSCONFIG](#)

系统配置工具

软件

[MCU-PLUS-SDK-AM263PX](#)

适用于 Sitara 微控制器的 AM263Px 软件开发套件 (SDK)

4.3 文档支持

1. 德州仪器 (TI), [48V 汽车系统：为什么是现在？](#)
2. 德州仪器 (TI), [TIDA-020079 区域参考设计](#)
3. 德州仪器 (TI), [TPS1212-Q1 具有双向 IMON、低功耗模式、负载唤醒、I_{2t} 保护和诊断功能的低 I_Q 汽车级高侧开关控制器数据表](#)
4. 德州仪器 (TI), [TPS1214-Q1 具有低功耗模式、负载唤醒、I_{2t} 和诊断功能的低 I_Q 汽车级高侧开关控制器数据表](#)
5. 德州仪器 (TI), [TPS1HTC30-Q1 30mΩ 6A 单通道汽车智能高侧开关数据表](#)
6. 德州仪器 (TI), [TPS482H85-Q1 : 48V、85mΩ 汽车双通道智能高侧开关数据表](#)
7. 德州仪器 (TI), [DRV8263-Q1 具有集成电流检测和诊断功能的汽车级 65V H 桥驱动器数据表](#)
8. 德州仪器 (TI), [DRV8363-Q1 具有精确电流检测和高级监控功能的 48V 电池三相智能栅极驱动器数据表](#)
9. 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 LM749x0-Q1 汽车理想二极管数据表](#)
10. 德州仪器 (TI), [具有集成 I_{2T} 有线保护和低功耗模式的 TPS2HCS10-Q1 11.3mΩ 汽车类双路 SPI 控制型高侧开关数据表](#)
11. 德州仪器 (TI), [TPS4HC120-Q1、120mΩ、2A、四通道汽车智能高侧开关数据表](#)
12. 德州仪器 (TI), [TPS1211-Q1 具有保护和诊断功能的 45V 汽车级智能高侧驱动器数据表](#)
13. 德州仪器 (TI), [DRV8245-Q1 具有集成电流检测和诊断功能的汽车级 H 桥驱动器数据表](#)
14. 德州仪器 (TI), [TPS62903-Q1 具有 +165°C T_J 的 3V 至 18V、3A、汽车类低 I_Q 降压转换器数据表](#)
15. 德州仪器 (TI), [LM686x5-Q1 高性能、功能安全型电源转换器、3V 至 70V、引脚兼容、2.5A/3.5A/4.5A 汽车级低 EMI 同步降压转换器数据表](#)
16. 德州仪器 (TI), [AM263Px LaunchPad 用户指南](#)
17. 德州仪器 (TI), [TPLD1201-Q1 具有 8-GPIO 的汽车级可编程逻辑器件数据表](#)
18. 德州仪器 (TI), [具有中断输出、复位输入和 I/O 配置寄存器的 TXE81XX-Q1 汽车级 16 位和 24 位 SPI 总线 I/O 扩展器](#)

4.4 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#)是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的[使用条款](#)。

4.5 商标

E2E™, BoosterPack™, and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

5 作者简介

MIGUEL ROBERTSON 是一名汽车系统工程师，专注于 48V 电源开关以及区域和车身域控制器。他拥有罗斯-霍曼理工学院的电子工程学士学位。

重要通知和免责声明

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出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#))、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025 , 德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期 : 2025 年 10 月