

Application Note

BMS 断路器以及使用 TPS1210-Q1 和 TPS4810-Q1 低 IQ 智能高侧驱动器系统架构进行设计

Dilip Jain, Madhurya Pudipeddi

摘要

随着当今汽车系统中锂离子电池使用量的激增，电池管理系统 (BMS) 的设计变得越来越重要。电池管理系统可监测电池状况和可能的故障状况，防止电池出现性能下降、容量衰减甚至可能对用户或周围环境造成潜在危害的情况。BMS 负责提供准确的充电状态 (SOC) 和运行状况 (SOH) 估算，从而确保在电池的使用寿命内提供信息丰富且安全的用户体验。设计合适的 BMS 不仅从安全的角度而言至关重要，而且对于客户满意度也至关重要。此外，承包商也开始明确采用固态隔离开关，这为实现大电流隔离开关带来了新的系统设计挑战。在设计这些系统时，可在系统故障情况下提供强大的保护并满足低 IQ 要求，这又增加了一层复杂性。

本应用手册重点介绍了全新的 TPS1210-Q1 和 TPS4810-Q1 低 IQ 双路高侧驱动器如何简化 BMS 系统的高电流断开开关设计，并提供各种功能，例如在各种系统故障情况下的保护、容性负载驱动和外部 FET 的诊断以及用于安全应用的栅极驱动器。

内容

1 引言.....	2
2 BMS 系统概述.....	3
3 应用 TPS1210-Q1 和 TPS4810-Q1 以实现电池断路开关设计.....	4
3.1 独立充电和放电 FET 控制.....	4
3.2 具有预充电功能的充电和放电 FET 控制.....	5
3.3 用于提供短路保护的电流检测.....	5
3.4 反极性保护.....	6
3.5 诊断.....	6
4 总结.....	8
5 参考资料.....	8

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

TPS1210-Q1 和 TPS4810-Q1 系列是具有保护和诊断功能的低 IQ、智能高侧驱动器，适用于 BMS 断路器应用。TPS1210-Q1 具有 3.5V 至 40V 的工作电压范围，专为 12V 系统设计而设计，而 TPS4810-Q1 具有 3.5V 至 80V 的工作电压范围，绝对最大额定电压为 100V，因此 TPS1210-Q1 非常适合 48V 系统设计。这些器件包含两个具有单独控制输入 (INP1、INP2) 的强大 (2A) 栅极驱动器，用于驱动采用共源极配置的背靠背 MOSFET。强大的栅极驱动能力可在大电流系统设计中与并联 FET 实现电源开关。该器件使用 ISCP 和 TMR 引脚提供可配置的短路保护功能，可以分别调整阈值和响应时间。可以配置自动重试和锁存故障行为。可通过外部检测电阻或 MOSFET VDS 检测完成电流检测。可通过使用 CS_SEL 引脚输入实现高侧或低侧电流检测电阻配置。集成短路比较器可以通过对 SCP_TEST 输入的外部控制来诊断。在短路、电荷泵欠压和输入欠压条件下，该器件会在开漏输出中指示故障 (FLT)。运行期间的低静态电流 35 μ A 可实现常开型系统设计。在 EN/UVLO 处于低电平时，静态电流降至 1.5 μ A (典型值)。

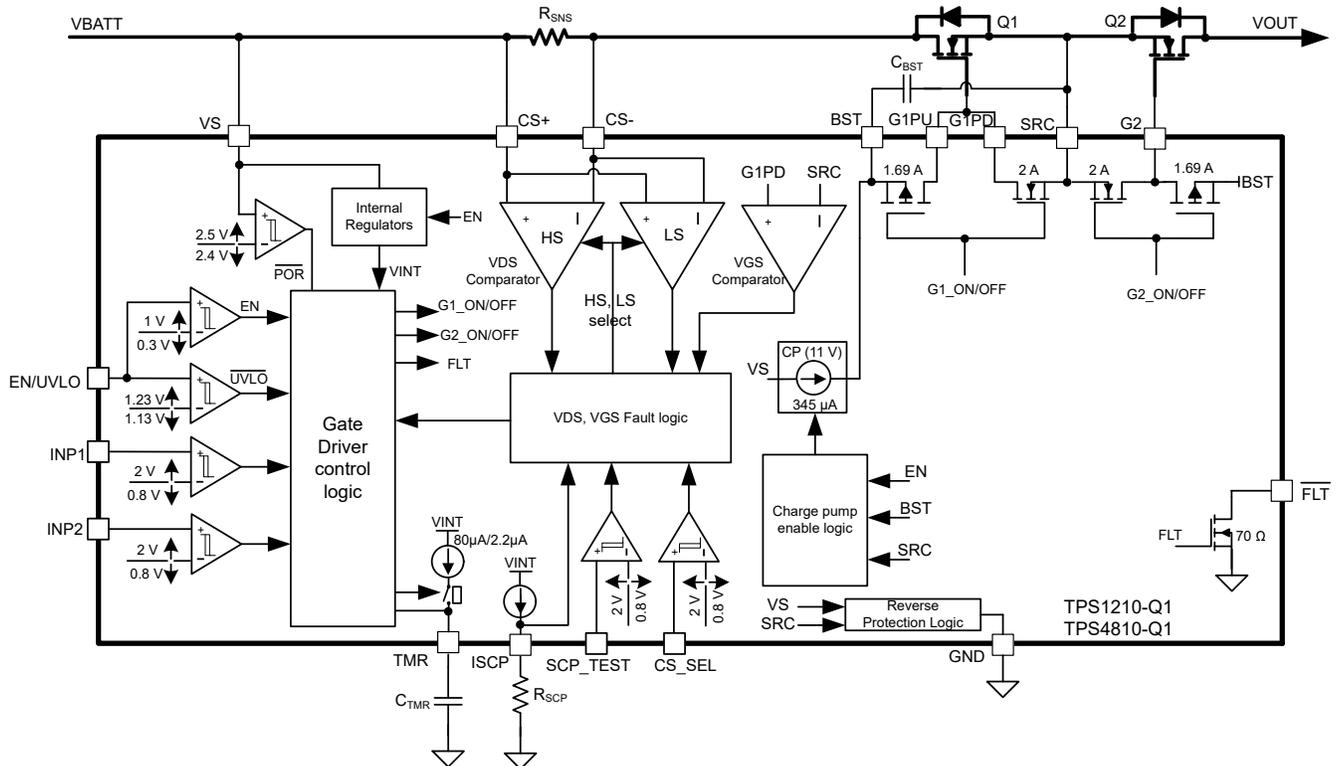


图 1-1. 功能方框图

2 BMS 系统概述

电池管理系统 (BMS) 可监视、保护和优化电动汽车电池的电池性能。

图 2-1 和图 2-2 展示了 BMS 系统的方框图。

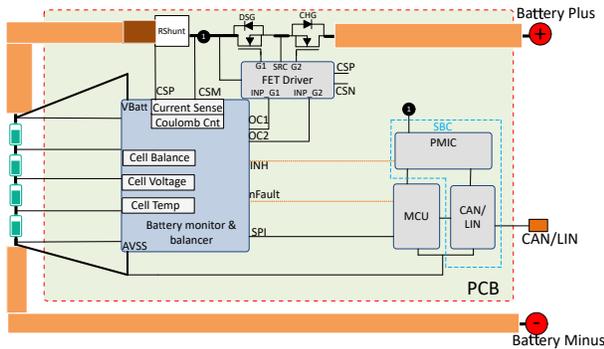


图 2-1. 具有高侧电流检测功能的 BMS 系统

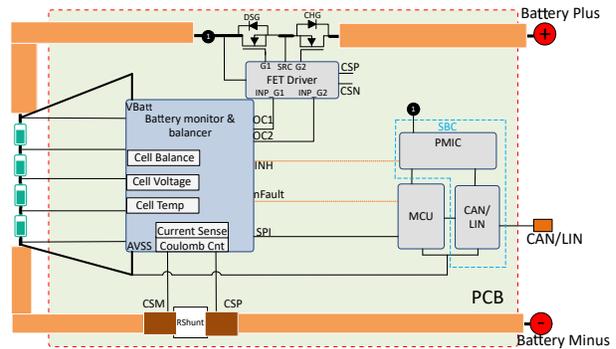


图 2-2. 具有低侧电流检测功能的 BMS 系统

BMS 系统通常包括电芯监测和平衡单元，用于诊断电芯电压和温度、平衡电芯特性以及与系统控制器通信。分流电阻器放置在高侧或低侧，用于检测流经电池的电流，以实现库仑测量和保护。

在系统故障条件（例如电池过热、充电和放电期间的过流）下，电池断开开关会断开电池与充电器和负载的连接，从而确保电动汽车在泊车、充电和放电期间的安全性。

开关采用背对背配置，可在系统故障期间阻止充电和放电方向上的电流。根据终端应用目标，需要单独控制或同时控制背对背开关。

以下各节概述了基于 TPS1210-Q1 和 TPS4810-Q1 高侧驱动器以及相关最终应用目标的电池断开开关的一些系统设计架构。

3 应用 TPS1210-Q1 和 TPS4810-Q1 以实现电池断路器开关设计

电池断开开关负责对连接和断开电池与负载的开关进行全面控制。电池断开开关需要认真、准确地完成以下任务：

1. 在电池和负载之间驱动并联支路背对背 FET。
2. 为 BMS 以及下游元件提供短路电流和反极性保护。
3. 提供诊断支持，以便在出现故障或故障时进行无故障调试。
4. 具有低功率耗散，从而保持电池包内部的热稳定性。

在电池断开开关设计中使用 TPS1210-Q1 和 TPS4810-Q1 高侧驱动器可以实现以前的特性（甚至更多）。

3.1 独立充电和放电 FET 控制

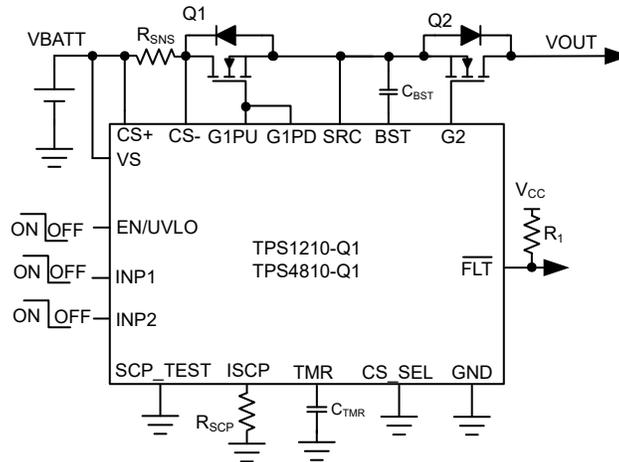


图 3-1. 用于独立充电和放电 FET 控制的应用电路

这些器件具有两个栅极驱动器（G1、G2）和栅极控制输入（INP1、INP2），可用于分别控制放电 FET（Q1）和充电 FET（Q2）。凭借此功能，BMS 系统支持开关在以下四种不同的工作模式下运行。

- **放电和充电 FET 导通时的全导通状态** - 在这种工作模式下，允许电流沿放电和充电方向流动。
- **放电和充电 FET 关断时的完全关断状态** - 在这种工作模式下，电池与负载完全断开。这种情况会在系统故障条件下发生。
- **放电 FET 导通且充电 FET 关断时从电池到负载的理想二极管** - 在这种工作模式下，电流只能从电池流向负载。当充电 FET 关断时，在该状态下会禁用电池充电。负载电流流经放电 FET 和充电 FET 的体二极管。当系统处于睡眠状态，但需要为常开负载供电时，此状态的开关可用于 12V BMS 系统。在系统睡眠状态下，电芯监测和平衡功能被禁用以降低系统级 IQ，从而阻止充电路径，可确保不会发生电池不受控制的充电。
- **放电 FET 关断且充电 FET 导通时从负载到电池的理想二极管** - 在这种运行模式下，电池放电被阻止，仅允许充电。当电池电压电平非常低或电池处于深度放电状态时，会发生这种情况。

3.2 具有预充电功能的充电和放电 FET 控制

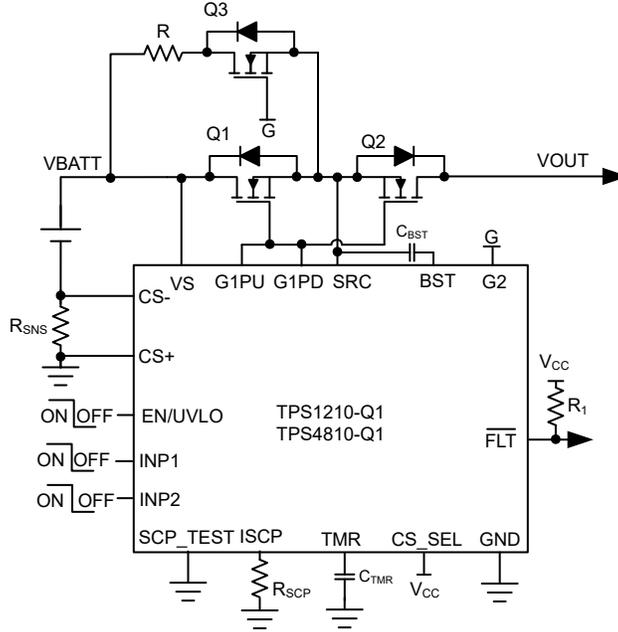


图 3-2. 用于预充电功能的应用电路

ECU、电机驱动器等负载可能具有较大输入电容。为了限制上电期间的高浪涌电流，可以使用 TPS4810-Q1 和 TPS1210-Q1 的预充电功能。这些器件可如图 3-2 中所示进行配置，以驱动主路径中的背对背 FET 和并联预充电 FET。INP1 控制主路径中的 Q1、Q2 FET，INP2 控制预充电 FET Q3。

一旦负载电容器充电至接近电池电压，则可以打开主 FET 路径，并使用 INP1 和 INP2 控制输入关闭预充电电路路径。

3.3 用于提供短路保护的电流检测

如果负载侧发生短路，则在故障发生时立即断开 FET 至关重要，以保护下游元件并避免对系统造成任何损坏。TPS4810-Q1 和 TPS1210-Q1 器件可提供强大的短路保护。

CS+ 和 CS- 引脚用于通过连接非常小的检测电阻或通过 FET VDS 检测来检测流经系统的负载电流。该器件支持多种电流检测配置，如以下应用图表所示。

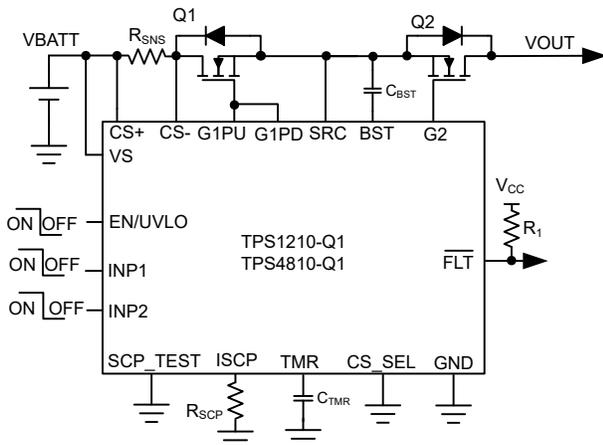


图 3-3. 基于高侧 Rsense 的电流检测

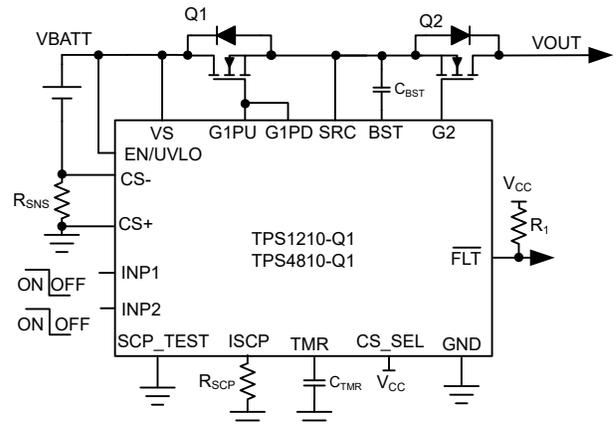


图 3-4. 低侧电流检测

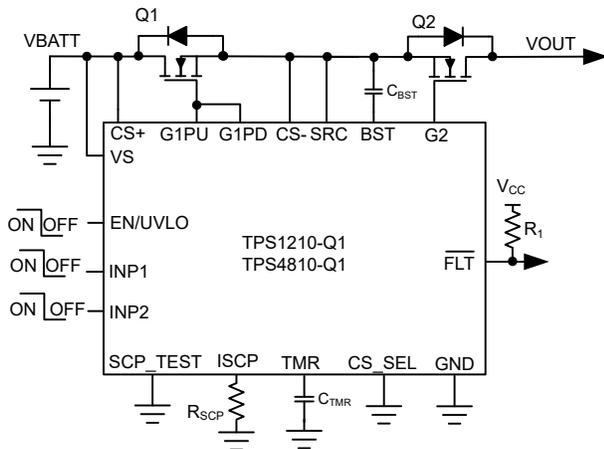


图 3-5. 基于高侧 MOSFET VDS 的电流检测

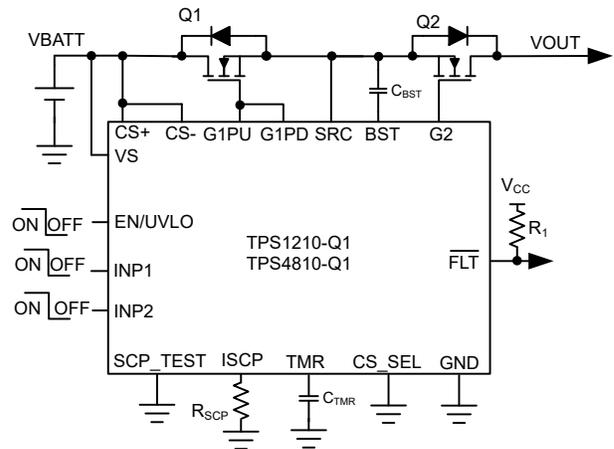


图 3-6. 不进行电流检测

3.4 反极性保护

在终端设备的安装和维护过程中会发生反极性故障。TPS4810-Q1 和 TPS1210-Q1 器件具有集成的反极性保护功能，可防止器件在输入和输出反极性故障期间失效。在这种情况下，背对背 FET 关断，以保护负载和电池。该器件能够在输入端和输出端承受低至 -65V 的反极性电压。在输出侧，该器件会在正常运行期间由于开关关断时的输出电缆线束电感反冲而出现瞬态负电压。在此类系统中，可通过 TVS 或二极管等外部钳位将输出负电压电平限制在 -65V 范围内。

3.5 诊断

BMS 是安全关键型终端设备，BMS 断开开关负责电池充电、放电控制和负载保护等关键功能。此类系统设计的关键要求之一是针对充电和放电功能可用性的 FET 诊断和短路保护比较器诊断。

3.5.1 FET 诊断

需要在不断开车辆负载的情况下实现用于验证电池断开开关功能可用性的诊断概念。因此，应使用单独的旁路连接或多个交换并联通道，如图 3-7 所示。

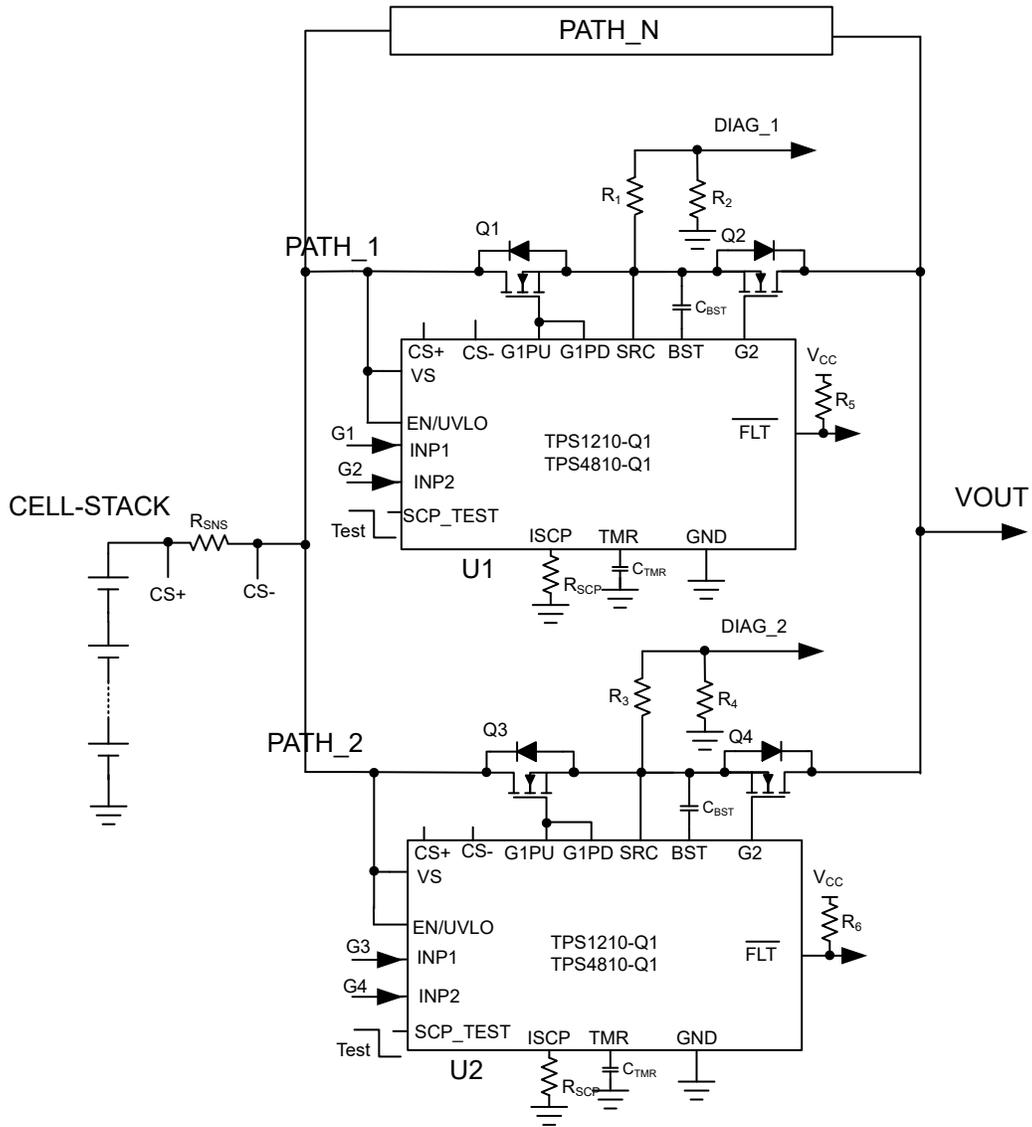


图 3-7. 用于 FET 诊断且具有开关并行通道的系统配置

通过这种并联断开开关布置，可以打开其中一条路径，并且可以在车辆运行期间验证另一条路径上断开开关的功能，而无需断开车辆负载。诊断是在车辆的低电流工作模式下进行的。为了验证放电功能的可用性，应测量充电和放电断路器之间的电压 (DIAG_x)。

表 3-1 提供了有关如何对充电和放电 FET 执行诊断的信息。

表 3-1. 输入控制信号序列和 FET 状态

INP1	INP2	Q1 状态	Q2 状态	V(DIAG_1)	FET 诊断结果
低	低	卡在关断位置	关断	低	
高	低	卡在关断位置	关断	低	检测到 Q1 卡在关断位置
低	高	卡在关断位置	导通	高	
低	低	关断	卡在关断位置	低	
高	低	导通	卡在关断位置	高	
低	高	关断	卡在关断位置	低	检测到 Q2 卡在关断位置

确定 Q3 和 Q4 的诊断也可以采用相同的方法。因此，拥有两个单独的栅极控制便可实现诊断功能，从而确定 FET 的状态。这有助于安全导通和关断 BMS 电源路径。

3.5.2 短路保护比较器诊断

短路事件对于任何系统（尤其是 BMS）都至关重要。可以使用 SCP_TEST 引脚诊断集成的短路保护比较器，以检查其功能。当 SCP_TEST 引脚被驱动为低电平至高电平时，内部会在 SCP 比较器输入上施加电压以模拟短路事件。如果栅极驱动器和 $\overline{\text{FLT}}$ 变为低电平，则表明内部短路保护比较器正常，否则将其视为 SCP 功能不起作用。如果未使用 SCP_TEST 功能，则应将 SCP_TEST 引脚连接到 GND。SCP 比较器诊断可以在系统启动之前执行。

3.5.3 故障指示

故障指示是 IC 向 BMS 提供的重要反馈。如果发生短路故障，栅极驱动器 UVLO、UVLO 和 SCP_TEST、 $\overline{\text{FLT}}$ 将置位。 $\overline{\text{FLT}}$ 是一个开漏引脚，当在电阻器协助下上拉至电压源时， $\overline{\text{FLT}}$ 在没有故障时读为高电平；在故障情况下，该引脚读为低电平。可以根据数据表中 $\overline{\text{FLT}}$ 引脚的规格确定要使用的电阻值。

4 总结

TPS4810-Q1 和 TPS1210-Q1 器件具有集成式 2A 栅极驱动器、用于背对背 FET 驱动力的独立栅极控制、具有低 IQ 的高侧和低侧电流检测等功能，可为 48V 和 12V BMS 系统提供灵活的设计架构，满足电池断开开关设计的保护和诊断要求。

5 参考资料

- 德州仪器 (TI)，[TPS1210-Q1 具有短路保护和诊断功能的 45V、汽车级、低 IQ、背靠背 MOSFET 智能高侧驱动器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI)，[TPS4810-Q1 具有短路保护和诊断功能的 100V、汽车级、低 IQ、背靠背 MOSFET 智能高侧驱动器](#) 数据表。

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