

Technical Article

电爆驱动器和接触器驱动器如何帮助提高混合动力汽车/电动汽车电池断开系统的安全性和效率



Jennifer Jordan



对于混合动力汽车 (HEV) 和电动汽车 (EV)，电池管理系统 (BMS) 中的配电系统可为车辆的核心功能供电，还提供安全断开高电压或高电流事件的机制。随着对更高电压、电流、效率和可靠性的需求持续增长，配电系统的两个核心组件（高压继电器和断开保险丝）面临越来越多的设计挑战。图 1 展示了高压继电器和断开保险丝的概览。

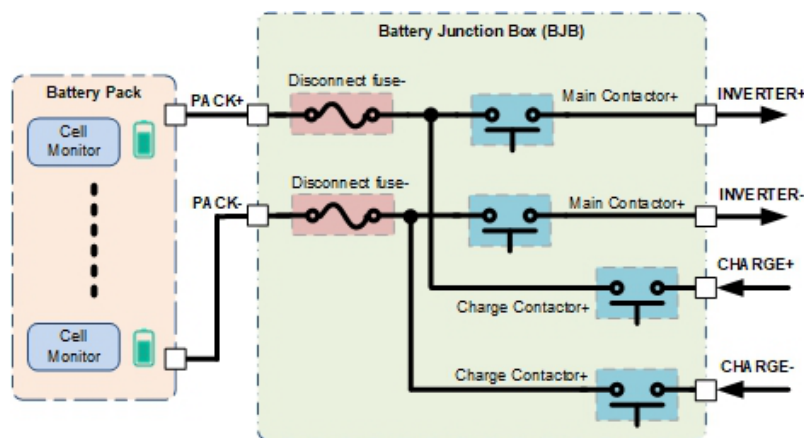


图 1. 配电系统中的电池断开保险丝和高压继电器

在紧急情况下，不可复位的电池断开保险丝将激活，断开电池与车辆其余部分之间的连接。高压继电器（也称为接触器）会在正常运行期间连接和断开整个 HEV 或 EV 的电源线。在本文中，我将讨论接触器和断开保险丝驱动器领域的新兴技术，这些技术有助于使 BMS 变得更加智能、安全和高效。

实现快速可靠的电池断开系统

发生碰撞时，需要切断下游系统的电源，从而避免出现其他复杂问题或损坏。目前常用的两种解决方案是熔断型保险丝和热熔丝。熔断型保险丝会在发生过流事件的热条件下触发，这些保险丝在出厂时就已经预先设置完成。热熔丝需要电子驱动器发送信号来断开连接，主要由离散电路或传统的安全气囊电爆驱动器驱动。随着 HEV 和 EV 系统的功率越来越高，热熔丝能够提供更高的可靠性，并更快地进行部署。但是，为了实现快速反应、驱动这些热熔丝的常用解决方案很容易变得非常复杂。还需要满足国际标准化组织 (ISO) ISO26262 的要求，增加了这些设计的复杂性。

为了实现更快响应，[DRV3901-Q1](#) 热熔丝驱动器采用了可以绕过串行外设接口 (SPI) 的直连 2 引脚硬件接口。[DRV3901-Q1](#) 驱动器能够与电压、电流和电阻 (UIR) 传感器配对使用，从而进一步加快部署速度。[BQ79731-Q1](#) 器件这样的 UIR 传感器可以通过硬件引脚直接与 [DRV3901-Q1](#) 驱动器进行通信，无需使用 MCU。

热熔丝最重要的功能之一是在发生撞车或其他严重故障时，断开电池与系统其余部分的连接。系统设计人员必须确保能够可靠地激活热熔丝功能。[DRV3901-Q1](#) 的内置诊断功能可监测驱动器状态、热熔丝运行状况和备用电源的可用性。为了监控备用电源的可用性，需要测量储能电容器。如果电池提供的主电源不再可用，该电容器将作为热熔丝系统的备用电源。通过定期检查该电容器的放电电压，[DRV3901-Q1](#) 驱动器和 MCU 能够检测其故障，并向车辆发出警报，而不必等到需要使用时才发现无法使用。

保险丝在需要时能够起效很重要，但保险丝不会错误熔断同样重要。[DRV3901-Q1](#) 驱动器具有集成的安全诊断功能，可防止热熔丝意外熔断。这是通过结合不同功能实现的，包括单独的高侧和低侧驱动器、用于硬件直接触发的冗余引脚以及串行外设接口上的循环冗余校验 (CRC) 保护。

改善车辆的整体配电状况

HEV 或 EV 的电源线中最常见的连接，是将高压电池系统连接到牵引逆变器的主接触器。也可能存在其他电源轨，例如用于连接充电站与电池的交流/直流充电接触器，以及连接车内灯或加热器等其他电气负载的辅助接触器。

接触器是一种低压电磁阀，用于控制机械继电器开关，此开关能够在高压下提供高电流。为了控制功率不断增加的系统，HEV 和 EV 车辆中的接触器不断发展。接触器的低压电磁阀元件通常由称为节能器的控制电路驱动。节能器电路变得日益重要和复杂，以满足对效率、可靠性和安全性的更高要求，还有助于提高大功率条件下的电源效率。这些电路有助于降低保持接触器闭合所需的电流消耗。此节能器可以直接集成到接触器中，也可以从外部添加。在尝试实现系统级的安全目标时，需要外部节能器的接触器很容易变得非常复杂。

完全集成式高功率接触器驱动器（如 [DRV3946-Q1](#) 驱动器）可以替代复杂的节能器设计。DRV3946-Q1 驱动器可使接触器高效导通并安全关断。为了实现更高效的导通，DRV3946-Q1 驱动器具有可编程的峰值和保持电流控制功能。图 2 展示了此功能的实际应用情况。可以在启动期间提供更大的电流，以便建立初始连接。建立连接后，电流可在“保持”阶段降低到较低的水平。能够对集成的峰值和保持相位进行编程，可使接触器的开关更加稳健、高效。

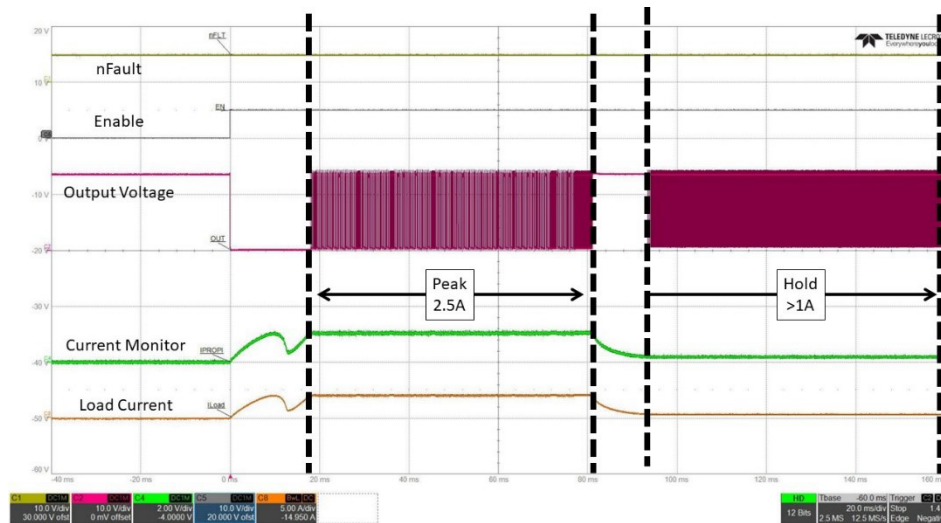


图 2. DRV3946-Q1 中的峰值和保持电流控制

关闭接触器也至关重要；能够快速断开接触器有助于防止触点焊接，并在出现故障时为车辆系统的其余部分提供第一道防线。常用解决方案利用快速放电功能实现峰值和保持电流控制，但会导致电路变得复杂。DRV3946-Q1 驱动器将这两项功能结合在单个芯片上，有助于降低系统复杂性，提高效率和安全性。

结语

提升接触器的效率和可靠性有助于增加可驾驶里程、并增强 HEV 和 EV 日常驾驶的安全性。将热熔丝驱动器集成到单芯片解决方案中，有助于针对何时断开电池连接做出更智能、更快速的决策。DRV3901-Q1 热熔丝驱动器和 DRV3946-Q1 接触器驱动器为系统设计人员提供了多种选项，可支持他们设计出更智能、更安全的车辆。

商标

所有商标均为其各自所有者所有。

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。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司