

Technical Article

电子保险丝如何助力软件定义车辆的区域架构革新



Sreenath Unnikrishnan

在过去十年中，汽车行业经历的最大变革在于软件定义车辆的兴起。传统的车辆设计中，针对如动力总成系统或信息娱乐系统等特定功能，均配备有专用的硬件子系统。为了满足车型快速升级的需求，通过构建模块化、灵活的子系统（也称为“区域”）来统一整合多种功能，变得更为经济高效。现代汽车设计不再局限于专用域控制单元，而是转向支持两到三个集成多种功能的区域控制单元。

这一区域架构的革新，意味着传统熔丝将由名为电子保险丝的半导体开关取代。相比分立式熔断型保险丝，电子保险丝具有多种优势。电子保险丝可提供可复位输出，使得车辆架构师能够灵活选择安装位置，因为它们在出现故障后无需更换。由于无需频繁接触，这有效缩短了从电源到负载的电缆长度。此外，电子保险丝改善了熔断时间-电流特性，可变性更小，因而可以缩小电缆直径、减轻重量并削减线束的制作成本。为电源管理系统提供附加功能可提升预防维护与故障诊断的效能，有助于优化电子系统功耗，从而更最大限度地延长电动汽车的行驶里程。

图 1 展示了熔断型保险丝向电子保险丝的演变。

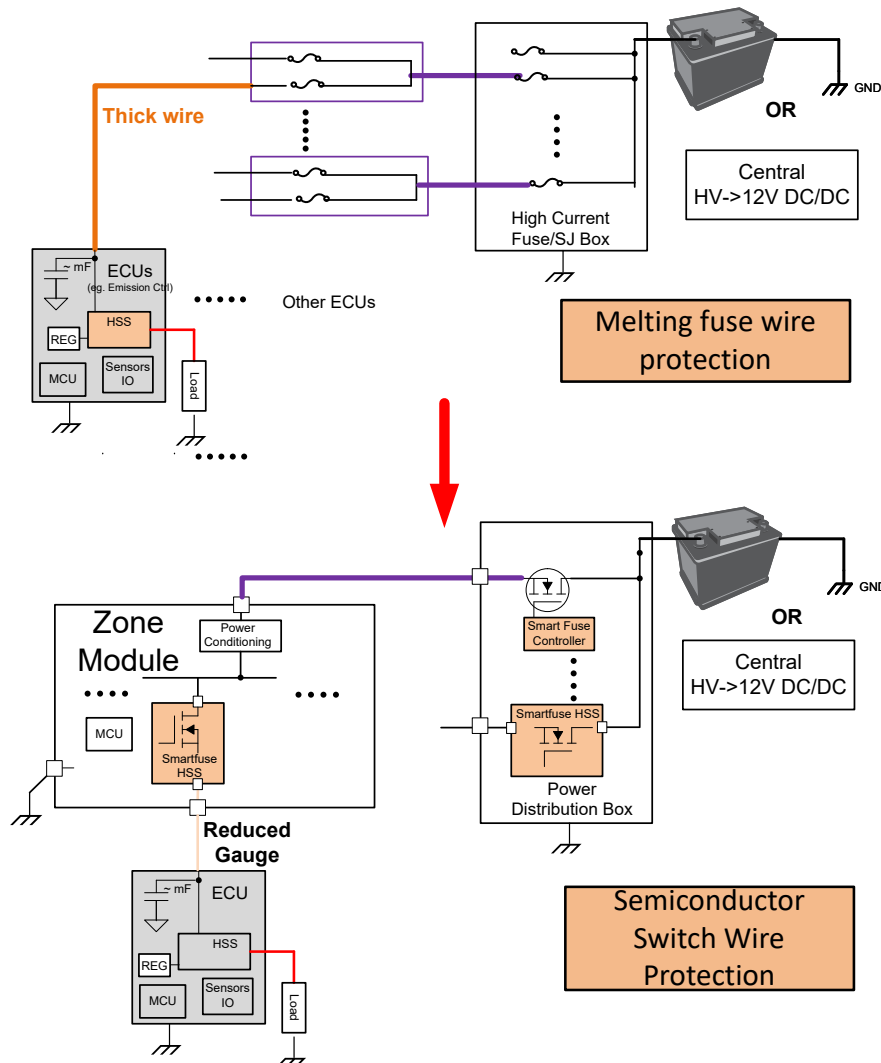


图 1. 区域控制器和配电盒中的熔断型保险丝替代产品

本文将探讨可配置电子保险丝如何加快实现向软件定义车辆架构的转型。

使用电子保险丝进行设计

互联汽车必须持续监控系统状况，这涵盖了从高级传感器功能直至保险丝元件的基本状态。此外，区域架构设计还要求在根据供电负载变化调整保险丝配置时，能够展现出高度的灵活性。通过采用串行外设接口 (SPI) 等通信接口，电子保险丝 (如 [TPS2HCS10-Q1](#)) 能够根据负载需求动态配置开关，并通过读取负载诊断信息来辅助决策，从而有效解决了这两个难题。尽管增添了附加功能，但总体系统成本却更低、元件数量也更少，因为电子保险丝无需外部无源器件即可配置保护和诊断功能。

SPI 接口持续不断地提供多种开关状态和负载故障诊断信息，大大减少了微控制器 (MCU) 的开销。器件内集成了模数转换器 (ADC)，能够通过 SPI 接口全面读取数字诊断数据，因此无需再依赖基于 MCU 的 ADC 来单独读取电流与电压输出。图 1 展示了电子保险丝如何在没有外部元件的情况下检测输出电压和电池短路或开路负载故障。

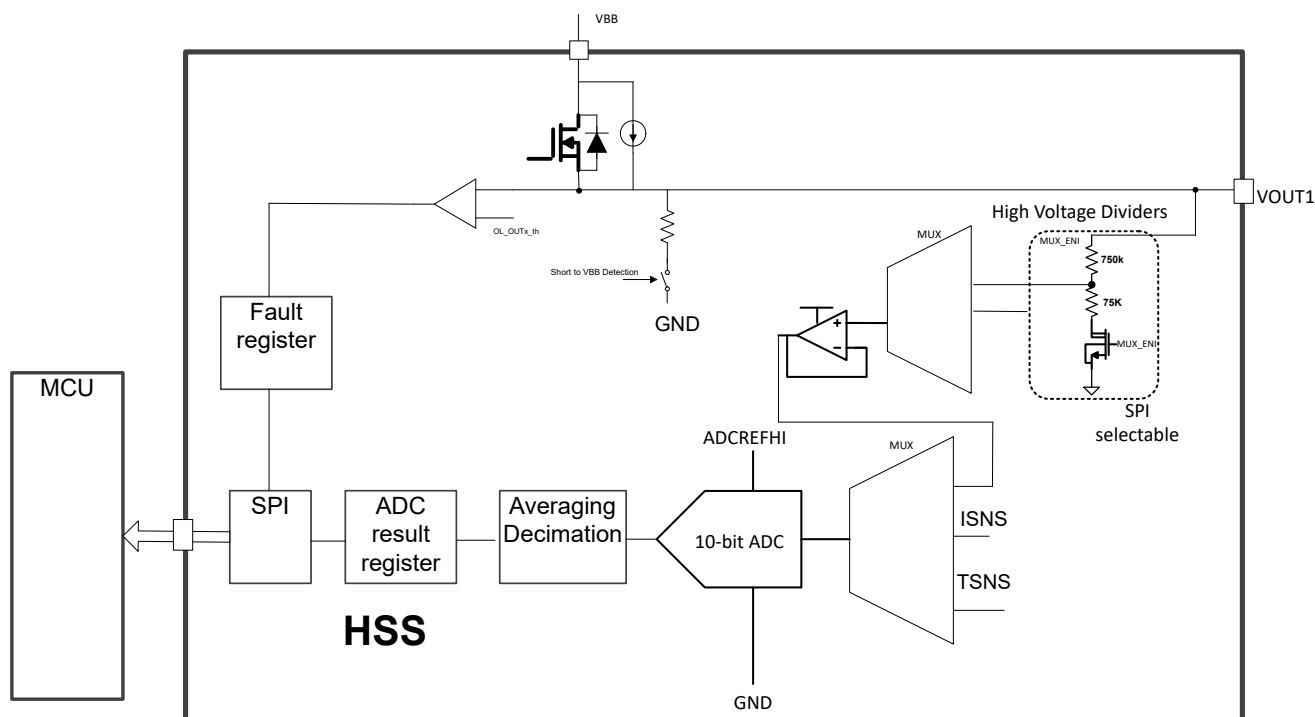


图 2. 无需外部元件就能实现输出电压和电池短路或开路负载故障的检测, 且大大减少了 MCU 的开销

在向软件定义车辆转型的开发过程中，一大挑战在于如何精简软件和固件的开发流程，确保系统间的协同一致。针对各种车型验证多个系统会增加周期时间和成本。电子保险丝的优势在于，它能在处理不同电流负载（从低至高）的同时，使用统一的接口来编程和读取信息，适用于具有各异输出负载特性的多种车型版本。通过数字接口实现软件配置、控制和诊断功能，可以显著减少对 MCU 输入/输出 (I/O) 引脚的需求，进一步降低了额外 I/O 扩展器成本并减小了印刷电路板 (PCB) 的面积。

那么，为何选择软件可配置的电子保险丝尤为合适？

- **可配置时间-电流曲线。**不同于标准的平坦电流限制，嵌入式保险丝的时间-电流特性曲线会根据负载电流的时长和强度来判断是否或何时关闭开关。这意味着电子保险丝可以在短时间内承受高负载电流（例如电机浪涌或失速电流），但在过载情况下会自动切断，以保护线束、PCB 布线和连接器。此外，通过 SPI 配置，仅需设定标称电流和关断能量触发阈值两个参数，即可灵活编程多种保险丝特性曲线。图 1 展示了整个电流范围内的保护方案示例。

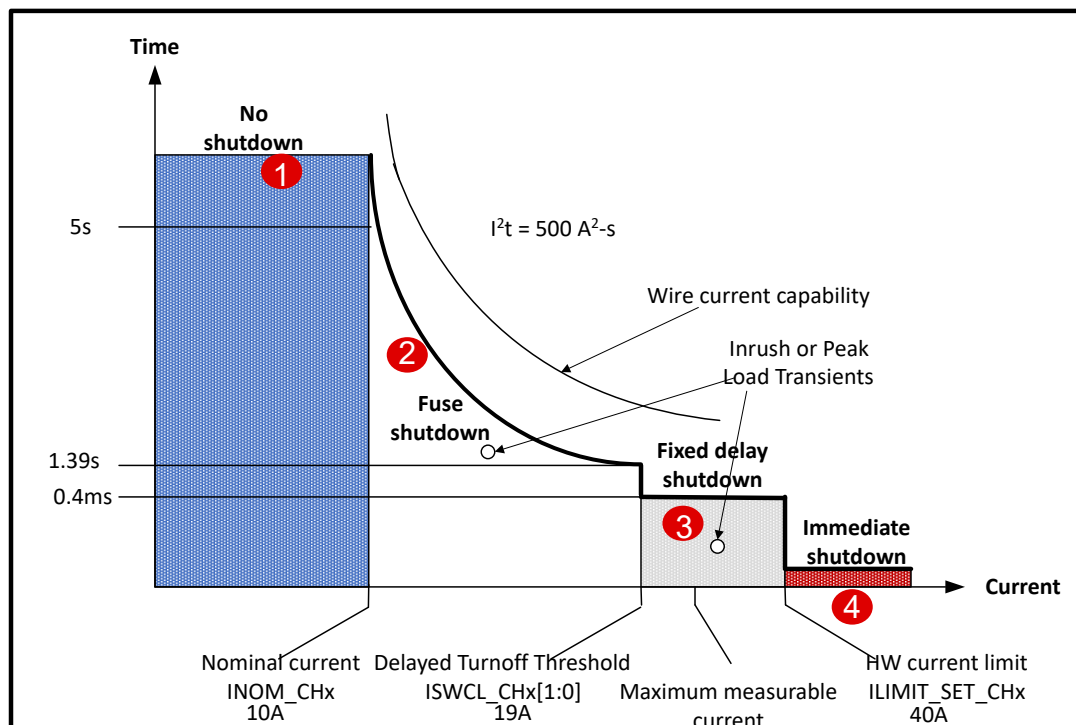


图 3. 可编程保险丝特性

- **低静态电流。**许多电子控制单元 (ECU) 即使在车辆停车时也保持通电状态。为这些 ECU 供电的电子保险丝需要消耗非常低的工作电流，以防止电池电量快速耗尽，并确保所需的负载能继续保持活动状态。尽管电流需求降低，保护功能依然保持激活状态，确保系统免受短路事件的影响。更重要的是，电子保险丝通过检测负载情况适时在正常工作与低功耗模式间切换，从而实现自主运作，而不会增加 MCU 的开销。TI 电子保险丝产品系列具有超低静态电流，可满足上述所有要求。
- **可配置容性负载驱动模式。**许多区域负载本质上为容性负载；因此，用于为其供电的开关必须能高效地进行电容充电。传统保险丝和开关不具备电容充电功能，而电子保险丝则提供了两种模式：一种是针对充电过程中负载电流较大情况的恒定电流充电模式；另一种则是针对容性负载超大但充电电流超低情况的固定瞬态电压模式。在任一种情况下，电子保险丝都能在可编程的充电时段里，将浪涌电流限制在一个较低值。电子保险丝的一大优势在于，使器件能够通过调整不同的充电电流或电压阈值，驱动各类大小的容性负载。当需要考虑电容本身的特性和并联电路中的负载电流消耗情况时，将器件配置为电容充电模式是理想之选。

电子保险丝正在迅速取代传统的半导体开关

TI 的智能高侧开关产品系列配有集成式场效应晶体管，具有宽导通电阻范围，可支持多种负载电流，有助于解决区域架构设计中遇到的难题。TPS2HCS10-Q1 电子保险丝凭借其具备的 SPI 通信功能、低功耗模式、I²T 电流限制及智能电容充电等特性，有效解决了开发与技术层面的难题。这些开关不仅实现了更先进的配电方式，还为执行器驱动应用提供了保护和诊断功能。

结语

包括 TPS2HCS10-Q1 在内的 TI 电子保险丝既满足了智能配电及软件定义区域 ECU 的系统需求，又在开发阶段实现了成本、空间和时间的节省。未来，随着汽车保险丝日渐变得更加智能和安全，传统保险丝或许将无需再进行更换。

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

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