

实现汽车电气化的电池管理功能 安全注意事项



David Tatman

系统工程师
电池管理系统
德州仪器 (TI)

TI POWER

电动汽车中的锂离子电池需要在一定的温度和工作电压范围内工作, 才能实现卓越性能和安全运行。

内容概览

为了满足电动汽车的功能安全标准, 本文探讨了电池监测器的各种注意事项。

1 电动汽车对电池管理系统的要求

不断变化的市场条件将催生更严苛的安全要求标准。

2 监测电池电压和温度

高精度电池监测器有助于确保满足更严格的功能安全标准。

3 冗余设计

冗余通信协议可提供容错机制, 并确保电池组的正常运行和安全状态。

电动汽车对电池管理系统的要求

全世界的交通运输行业正在经历一场革命。在过去 20 年里, 锂离子电池技术的进步使人们有望在未来将电力储存在电池组中, 为汽车、摩托车、卡车和公共汽车提供动力。

同时, 世界上的许多地区都高度重视能源经济的去碳化。在电网发电层面降低汽车能源所产生的排放要比在汽车层面上容易得多。要实现去碳化目标, 就需要大多数交通运输系统都实现电气化。随着电动汽车 (EV) 计划产量的提高, 其开发和生产成本将会分摊到更多电动汽车上, 这意味着电动汽车价格将快速下滑, 不断接近内燃机 (ICE) 汽车的价格。

乘用车电池系统的安全注意事项涉及多个方面。其中, 重要的传统电气安全注意事项旨在防止生产工人、车主、机械师和车

辆回收人员暴露在高电压下或受到电击。机械方面的注意事项旨在防止电池被刺穿和受到撞击损坏, 以及解决电池内的液体和气体可能会从电池中泄漏或排出的问题。考虑到锂离子电池只有在比 ICE 车辆温度更严苛的温度范围内才能安全地、最高效地工作, 关于电池组设计的注意事项也包含了热安全注意事项。此外, 电气系统的功能安全注意事项可在车辆使用或充电时保持电池安全运行。

监测电池电压和温度

锂离子电池 (如图 1 所示) 需要在一定的温度和工作电压范围内工作, 才能实现卓越性能和安全运行。每种锂离子电池的化学成分对应不同的范围。如果超出此范围, 电池内部可能会发生不良的副作用, 从而导致过度自发热, 甚至可能导致内部长时间短路。过度自发热和内部短路是热失控连锁反应的第一步, 最终会带来安全隐患。为了使电池组维持在安全的工作范围内, 电池监测专用集成电路 (ASIC) 会测量电压、温度和电流并将有关信息传输到电池控制单元。

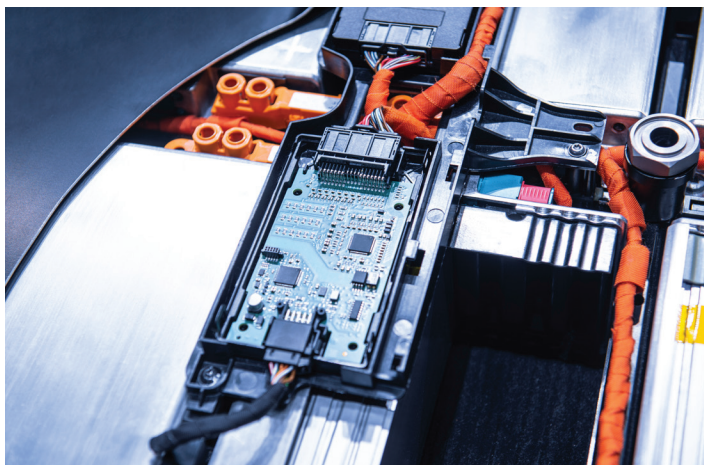


图 1. 电动汽车中的电池组。

在电动乘用车中, 可能需要测量 16 块、96 块、128 块或更多电池。商用车中的电池总数则可能是这些数量的两倍。这种大型系统有许多印刷电路板 (PCB) 连接, 其中电池和监测 ASIC 之间的连接或不同 ASIC 之间的通信连接可能会发生故障。因此, 可能会出现传感器输入开路或通信中断的情况。如果没有必要的测量和通信, 电池控制系统便会“失明”, 再也无法管理电池组中电池的状态。

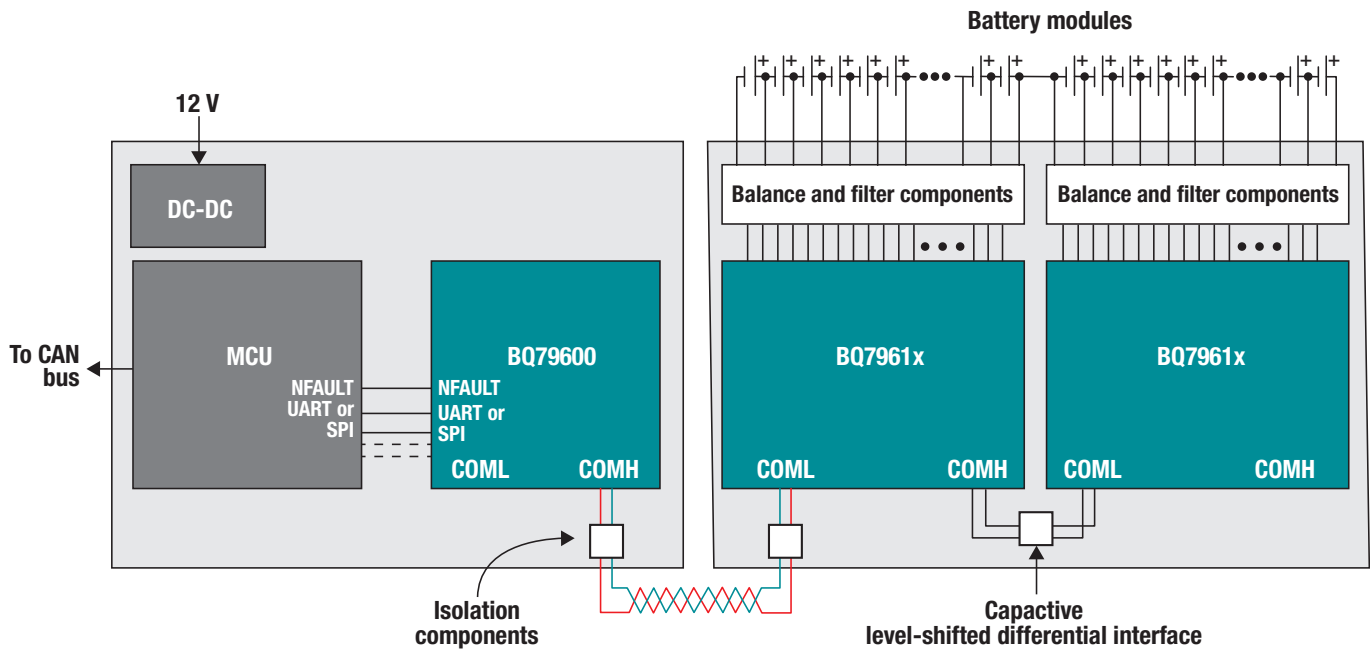


图 2. 电池监测和通信配置。

检测和解决障碍 (如通信故障或电池传感器连接故障等) 以避免危险事件是功能安全的一部分。

功能安全亦是与预防和减轻由电子系统故障引起的潜在危险事件有关的综合安全的一部分。在汽车行业中, 国际标准化组织 (ISO) 26262 系列道路车辆功能安全标准定义了用于开发乘用车、卡车、公共汽车和摩托车安全相关系统的最新技术和功能安全最佳实践。

在有些汽车系统中, 功能丧失不会导致危险。如果这类系统发生故障, 系统的安全状态会让电子设备关闭, 并通过仪表板灯或其他指示器提醒驾驶员。但是, 在有些系统中, 故障或功能丧失可能会导致危险事件。对于无法简单关闭的系统, 安全目标可能包括指定“安全相关可用性”要求。在这种情况下, 可能需要系统在一段时间内具有某类故障容错机制, 以避免发生危险事件。

这里的安全相关可用性是指, 系统即使是在定义的故障条件下, 也能在特定时间段内提供安全功能。换言之, 这种安全系统必须在一段时间内具有故障容错机制。这种故障容错机制

使系统能够在可接受的安全水平下持续运行更长时间。ISO 26262 第 10 部分第 12 节为系统开发人员提供了有关安全相关可用性要求的指导。

再说回电池监测子系统, 电池电压和温度感应位置需要连接到电池监测 ASIC。控制处理器会频繁读取测量信息, 以计算电池的当前状态, 并帮助确保系统安全运行。对于高压电池组, 监测 ASIC 以堆叠配置形式排列, 其中每个 ASIC 均测量多块并联的电池。命令和数据通过一个独立的通信接口在 ASIC 之间传输, 如图 2 所示。

冗余设计

如果在行驶过程中电池输入引脚和 PCB 之间发生开路, 则可能会导致电池监测系统功能丧失, 进而导致危险事件。德州仪器 (TI) 的 [BQ79606A-Q1](#) 和 [BQ79616-Q1](#) 系列电池监测 ASIC 包括环网通信特性, 以及针对此类故障具有容错机制的冗余电池电压测量路径, 从而使系统能够继续监测电池组的运行状况和安全状态。

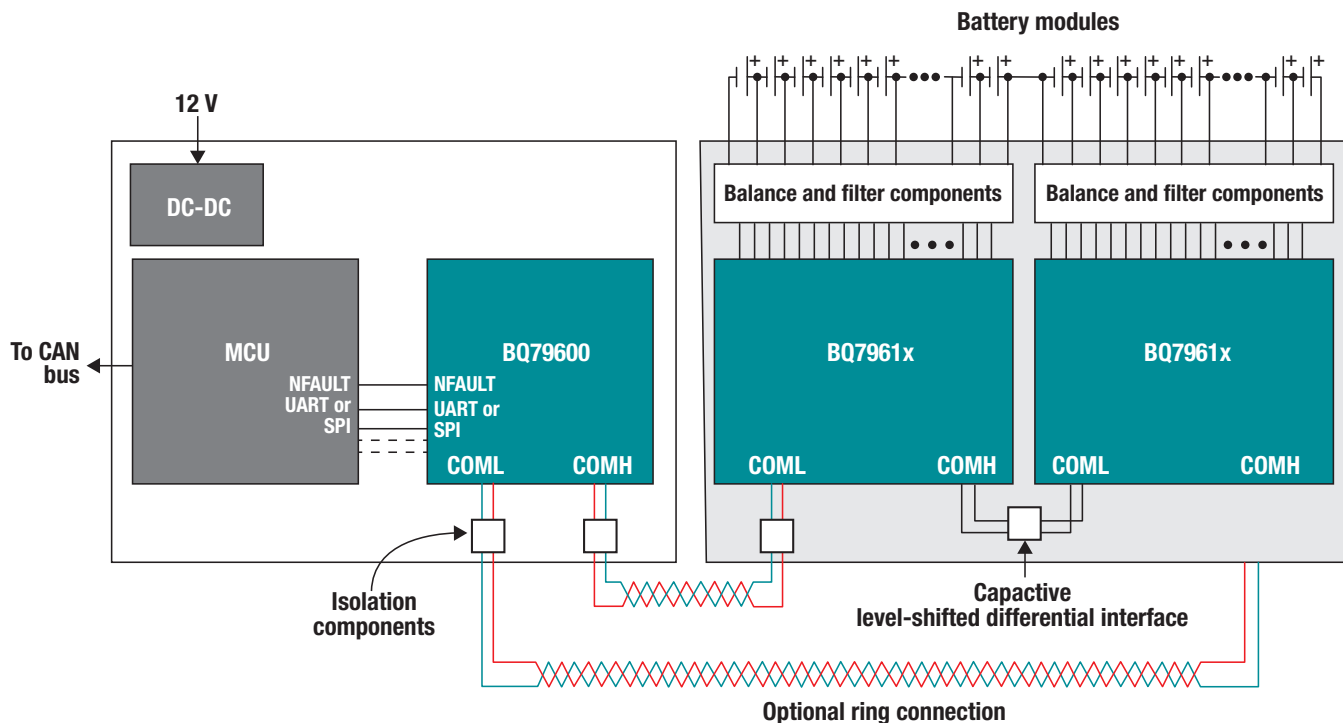


图 3.通过 BQ79616 实现的双向环网配置。

图 3 展示了使用双向环网配置的 BQ79616-Q1 连接。在这种配置中,如果两个电池监测 ASIC 之间存在故障、开路或短路,控制处理器将继续与所有电池监测 ASIC 通信,并来回切换消息传递的方向。当正常通信出现故障时,系统可以借助环网通信的容错机制来保持可用性,而不会丢失来自电池模块的电压和温度信息。

TI BQ79606-Q1 和 BQ79616-Q1 的另一个特性是使用电池平衡输入引脚连接到电池的冗余模数转换器 (ADC) 测量路径。图 4 展示了从电池到 VC 和 CB 输入引脚的连接。正常情况下,CB 引脚可在电池上提供直流负载,以平衡电池间的电压。在正常测量操作期间,主 VC ADC 路径和冗余 CB ADC 路径都与电池连接,且均可以测量电池电压。利用此特性,CB ADC 路径在出现故障(如 PCB 的 VC 引脚连接开路或 RVC 电阻器开路)时将继续测量电池电压。当正常电压测量出现故障时,系统可以借助冗余 ADC 路径的容错机制保持可用性,从而不会丢失来自电池模块的电压信息。

TI BQ79606-Q1 和 BQ79616-Q1 器件系列中均包含这些环网通信和冗余路径特性,以及用于在电动汽车电池电压和温度感应期间检测通信和连接故障的各种诊断安全机制,因此可实现高达汽车安全完整性等级 (ASIL) D 级的系统功能安全。

总结

就像 20 世纪初开始从畜力车向汽车过渡一样,目前人们正在开发各种各样的车辆解决方案,从而为社会提供更多利益。对于电气化交通运输系统,安全要求至关重要。

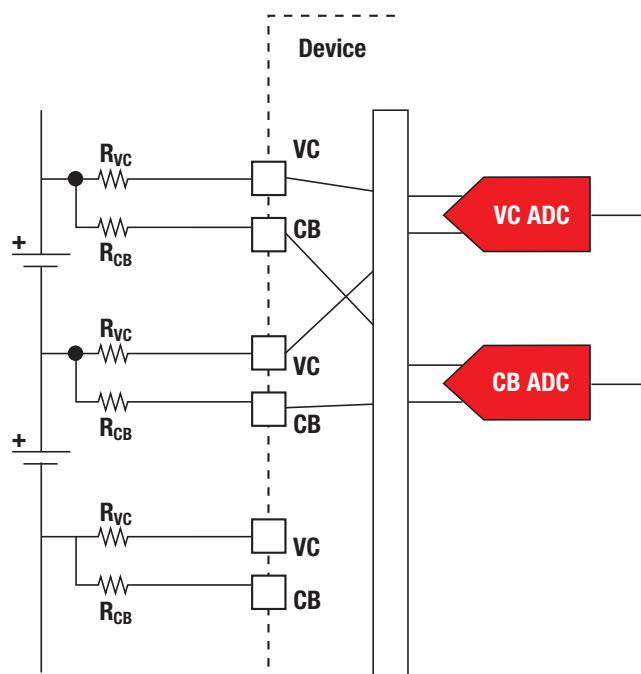


图 4.从电池到 VC 和 CB 输入的连接。

其他资源：

- [TI 的功能安全技术页面](#)
- [BQ79606A-Q1 菊链通信计时](#)
- [BQ7961x-Q1 数据表](#)

重要声明: 本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。TI 建议用户在下订单前查阅最新最全面的产品与服务信息。TI 对应用帮助、客户应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不承担任何责任。发布有关任何其他公司产品或服务的信息并不构成 TI 批准、担保或认可这些信息。

所有商标均为其各自所有者所有。

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2020 德州仪器半导体技术（上海）有限公司