



先进的电池监控系统 (BMS) 以更安全的方式管理充电和放电循环, 从而延长电池使用寿命。ADI 公司提供种类齐全的 BMS 器件组合, 专注于精度和稳健的运行。电动汽车和混合动力汽车的电池组充满电磁干扰 (EMI) 的挑战, 电缆和连接器是造成电池系统故障的主要原因。本文介绍的无线解决方案, 其无线通信设计不仅提高可靠性, 而且减轻系统总重量, 还可以增加每次充电的续航里程。

□ ADI 公司 Cosimo Carriero

电池监控系统大幅提高锂离子电池性能

锂离子电池是电动汽车和混合动力汽车的常用储能方法。储能单元必须能够提供大容量, 并且能以可控方式释放能量。如果不能进行适当的控制, 能量的存储和释放会导致电池的灾难性故障, 并可能引起火灾。电池可能会由于多种原因而发生故障, 其中大多数与不当使用有关。故障可能来自机械应力或损坏, 以及以深度放电、过度充电、过电流和热过应力等形式表现出的电气过载。为了尽可能提高效率 and 安全性, 电池监控系统 (BMS) 必不可少。

BMS 的主要功能是通过监控以下物理量使电池组中所有单节电池保持在其安全工作区域 (SOA) 中: 电池组充电和放电电流、单节电池电压以及电池组温度。基于这些数值, 不仅可以使电池安全运行, 而且可以测量电池的充电状态 (SOC) 和健康状态 (SOH)。

BMS 提供的另一个重要功能是电池平衡。在电池组中, 可以将单节电池并联或串联放置, 以达到所需的容量和工作电压 (高达 1 kV 或更高)。电池制造商试图为电池组提供相同的电池, 但这在物理上并不现实。即使很小的差异也会导致不同的充电或放电电平, 而电池组中最弱的电池会严重影响电池组的整体性能。精确的电池平衡是 BMS 的一项重要重要功能, 它可确保电池系统以其最大容量安全运行。

BMS 架构

电动汽车电池由数节电池串联组成。一个典型的电池组 (有 96 节串联电池) 以 4.2 V 充电时会产生超过 400 V 的总电压。电池组中的电池节数越

多, 所达到的电压就越高。所有电池的充电和放电电流都相同, 但是必须对每节电池上的电压进行监控。为了容纳高功率汽车系统所需的大量电池, 通常将多节电池分成几个模块, 并分置于车辆的整个可用空间内。典型模块拥有 10 ~ 24 节电池, 可以采用不同配置进行装配以适合多个车辆平台。模块化设计可作为大型电池组的基础, 它允许将电池组分置于更大的区域, 从而更有效地利用空间。

ADI 公司开发了一系列电池监控器, 能够测量多达 18 节串联连接的电池。AD7284 可以测量 8 节电池, LTC6811 可以测量 12 节电池, LTC6813 则可以测量 18 节电池。图 1 显示了一个典型的具有 96 节电池的电池组, 分为 8 个模块, 每个模块 12 个电池单元。在本示例中, 电池监控器 IC 为可测量 12 节电池的 LTC6811。该 IC 具有 0 ~ 5 V 的电池测量范围, 适合大多数电池化学应用。可将

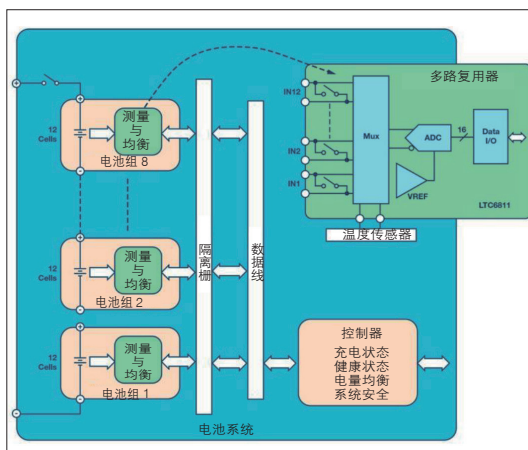


图 1 采用 LTC6811 12 通道测量 IC、具有 96 节电池的电池组架构

多个器件串联，以便同时监测很长的高压电池组。该器件包括每节电池的被动平衡。数据在隔离栅两边进行交换并由系统控制器编译，该控制器负责计算 SOC、控制电池平衡及检查 SOH，并使整个系统保持在安全限制内。

为了在电动汽车 / 混合动力汽车的高 EMI 环境中支持分布式模块化拓扑，稳健的通信系统必不可少。隔离 CAN 总线和 ADI 的 isoSPI™ 都提供了经过验证的解决方案，适合在这种环境中进行模块互联。图 2 显示了基于 CAN 的一种可行架构。在这个示例中，所有模块都并联连接。ADI 创新的双线式 isoSPI 接口是 CAN 总线接口的替代方法。图 3 显示了基于 isoSPI 并使用 CAN 模块作为网关的架构。

图 2 和图 3 所示的两种架构各有利弊。CAN 模块是标准化模块，可以与其他 CAN 子系统共享同一总线运行；isoSPI 接口是专有接口，只能与相同类型的器件进行通信。另一方面，isoSPI 模块不需要额外的收发器和 MCU 来处理软件堆栈，从而使解决方案更紧凑、更易于使用。两种架构都需要有线连接，这在现代 BMS 中具有明显的缺点，因为在布线中，导线走线至不同的模块会成为一个棘手的问题，同时又增加了重量和复杂性。导线也很容易吸收噪声，从而需要进行额外的滤波。

无线 BMS

无线 BMS 是一种新颖的架构，它消除了通信布线。在无线 BMS 中，每个模块的互联都通过无线连接方式实现。大型多

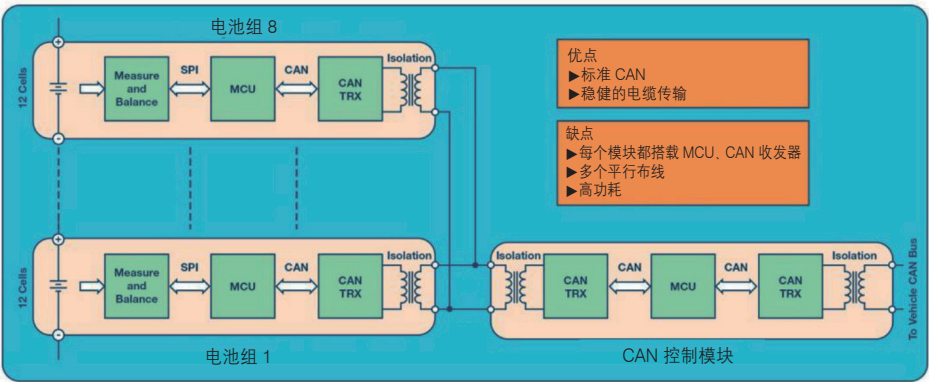


图 2 独立的 CAN 模块并联

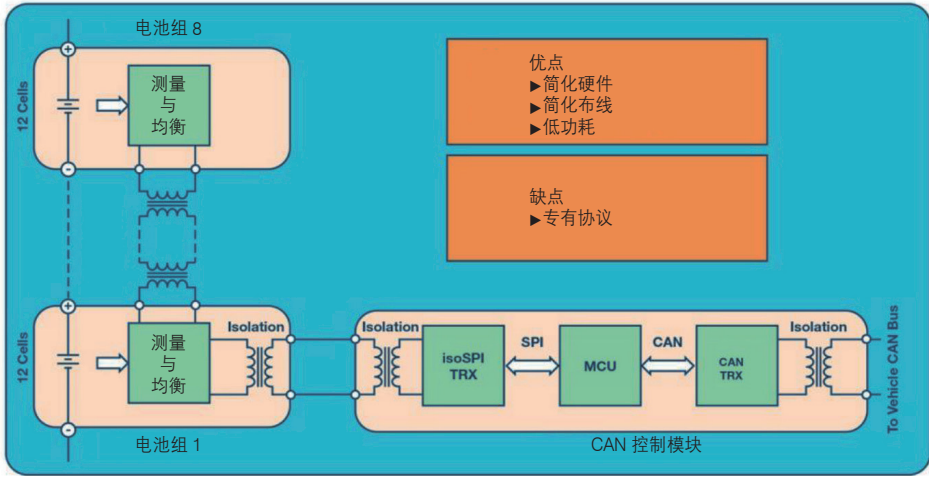


图 3 采用 CAN 网关的模块串联

节电池的电池组无线连接的优势是：连线复杂度更低、重量更轻、成本更低、安全性和可靠性更高。由于恶劣的 EMI 环境以及 RF 屏蔽金属构成的信号传播障碍，无线通信成为一个难题。

ADI 公司的 SmartMesh® 嵌入式无线网络在工业物联网（IoT）应用中经过了现场验证，可通过运用路径和频率分集来实现冗余，从而在工业、汽车和其他恶劣环境中提供可靠连接。

除了通过创建多个冗余连接点来改善可靠性之外，无线 Mesh 网络还扩展了 BMS 的功能。SmartMesh 无线网络可实现电池模块的灵活放置，并改善了电池 SOC 和 SOH 的计算。这是因为可以从安装在以前不适合布线

之处的传感器收集更多的数据。SmartMesh 还提供了来自每个节点的时间相关测量结果，从而可以实现更加精确的数据收集。ADI 公司演示了业界首款无线汽车 BMS 概念车，在 BMW i3.2 车型中整合了 LTC6811 电池组监控器和 SmartMesh 网络技术。这是一项重大突破，有望提高电动汽车 / 混合动力汽车大型多节电池组的可靠性，并降低成本、重量和布线复杂性。

精确测量的重要性

精度是 BMS 的一个重要特性，对于 LiFePO4 电池至关重要。为了防止过度充电和放电，电池单元应保持在满容量的 10% ~ 90% 之间。如图 4 所



示，在 85 kWh 的电池中，可用于正常行驶的容量仅为 67.4 kWh。如果测量误差为 5%，为了继续安全地进行电池运行，必须将电池容量保持在 15% ~ 85% 之间。总可用容量已从 80% 减少到了 70%。如果将精度提高到 1%（对于 LiFePO4 电池，1 mV 的测量误差相当于 1% 的 SOC 误差），那么电池现在可以在满容量的 11% ~ 89% 之间运行，增加了 8%。使用相同的电池和精度更高的 BMS，可以增加每次充电的汽车行驶里程。

电路设计人员根据数据手册中的规格来估算电池测量电路的精度。其他现实世界的效应通常会在测量误差中占主导地位。影响测量精度的因素包括：初始容差、温度漂移、长期漂移、湿度、PCB 装配应力和噪声抑制。

完善的技术必须考虑所有这些因素，才能提供非常出色的性能。IC 的测量精度主要受基准电压的限制。基准电压对机械应力很敏感。PCB 焊接期间的热循环会产生硅应力。湿度是产生硅应力的另一个原因，因为封装会吸收水分。硅应力会随着时间的推移而松弛，从而导致基准电压

的长期漂移。

电池测量 IC 使用带隙基准电压或齐纳基准电压。IC 设计人员使用反向击穿时的 NPN 发射极-基极结作为齐纳二极管基准电压源。击穿发生在芯片表面，因为污染物和氧化层电荷在此处效应最为明显。这些结噪声高，存在不可预测的短期和长期漂移。埋入式齐纳二极管将结放置在硅表面下方，远离污染物和氧化层的影响。其结果是齐纳二极管具有出色的长期稳定性、低噪声和相对精确的初始容差。因此，齐纳二极管基准电压源在减轻随时间变化的现实世界的效应方面表现出众。LTC68xx 系列使用了实验室级的齐纳二极管基准电压源，这是 ADI 公司经过 30 多年不断完善的技术。

精度的另一个限制因素是噪声。由于电动汽车 / 混合动力汽车中的电机、功率逆变器、DC-DC 转换器和其他大电流开关系统会产生电磁干扰，因此汽车电池是面向电子器件非常恶劣的环境。BMS 需要能够提供高水平的噪声抑制，才能保持精度。滤波是用来减少无用噪声的经典方法，但它需要在

降低噪声与转换速度之间进行权衡。由于需要转换和传输的电池电压很高，因此转换时间不能太长。SAR 转换器或许是理想选择，但在多路复用系统中，速度受到多路复用信号的建立时间限制。此时， $\Sigma - \Delta$ 转换器则成为有效的替代方案。

电池平衡以优化电池容量

即使能够精确地制造和选择电池，它们之间也会显示出细微的差异。电池之间任何的容量不匹配都会导致电池组整体容量的减少。

为了更好地理解这一点，我们来考虑一个示例，其中各节电池保持在满容量的 10% ~ 90% 之间。深度放电或过度充电会大大缩短电池的有效使用寿命，因此，BMS 提供欠压保护（UVP）和过压保护（OVP）电路，以帮助防止出现这些情况。当容量最低的电池达到 OVP 阈值时，将停止充电过程。在这种情况下，其他电池尚未充满电，并且电池储能没有达到最大允许的容量。同样，当最低充电量的电池达到 UVP 限值时，系统停止工作。另外，电池组中仍然有能量可为系统供电，但是出于安全原因，不能继续使用电池组。

显然，电池组中最弱的电池支配着整个电池组的性能。电池平衡是一种通过在电池充满电时均衡电池之间的电压和 SOC 来帮助克服此问题的技术。电池平衡技术有两种：被动和主动。

图 5 显示了采用 LT8584 实现的主动平衡。该架构通过主动分流充电电流，并将能量返回电池组来解决被动分流平衡

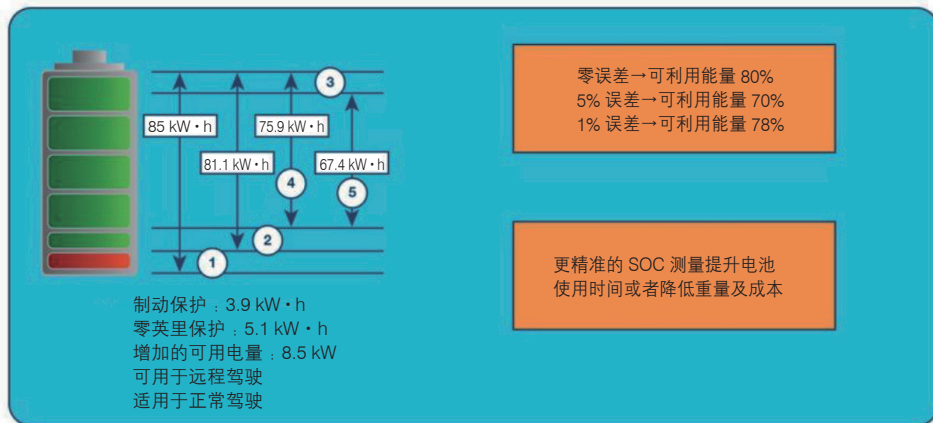


图 4 电池充电限制

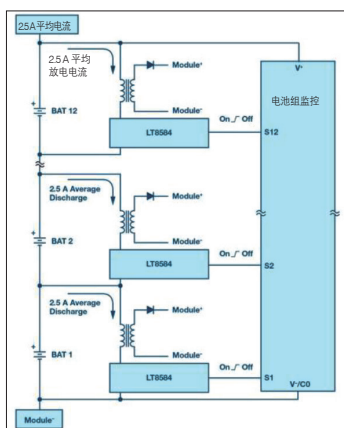


图5 采用主动平衡的12节电池的电池组模块

器存在的问题。能量并没有以热量的形式发生损耗，而是被重新利用，为电池组中的其余电池充

电。该器件的架构还解决了一个问题，即当电池组中的一节或多节电池在整个电池组容量用尽之前就达到较低安全电压阈值时，会造成运行时间减少。只有主动平衡才能将电荷从强电池重新分配到弱电池。这样可以使弱电池继续为负载供电，从而可从电池组中提取更高百分比的能量。反激式拓扑结构允许电荷在电池组内任意两点之间往返。大多数应用将电荷返回到电池模块（12节或更多），其他一些应用则将电荷返回到整个电池组，还有些应用将电

荷返回到辅助电源轨。

结论

低排放车辆的关键是电气化，但还需要对能源（锂离子电池）进行智能管理。如果管理不当，电池组可能会变得不可靠，从而降低汽车的安全性。高精度有助于提高电池的性能和使用寿命，主动和被动电池平衡可实现安全高效的电池管理。分布式电池模块易于支持，并且将数据稳定地传递到BMS控制器（无论是有线方式还是无线方式）能够实现可靠的SOC和SOH计算。AI

博世和梅赛德斯—奔驰宣布启动自动驾驶出租车试点项目

资讯

博世和梅赛德斯—奔驰在城市自动驾驶上的联合试点项目现已迈上一个新台阶。该试点项目使用自动驾驶的奔驰S级轿车，提供基于手机应用程序的叫车服务，现已在美国硅谷圣何塞市正式启动。在安全员的监控下，自动驾驶汽车将沿着圣卡洛斯—斯蒂文斯克里克走廊，在西圣何塞和中心城区间来回穿梭运行。这项服务在初始阶段只面向特定用户群开放。通过戴姆勒移动出行公司开发的手机应用程序预订行程后，自动驾驶的奔驰S级轿车将从指定乘车点接送乘客至目的地。通过试点项目，博世和梅赛德斯—奔驰希望为SAE定义的L4/L5级自动驾驶系统未来发展提供更多洞见，同时进一步了解如何将自动驾驶汽车整合进包括公共交通及共享汽车等在内的多模式交通网络中。

在过去两年半的时间里，博世和梅赛德斯—奔驰共同致力于为城市自

动驾驶提供解决方案。双方的共同目标是打造SAE定义的L4/L5级完全自动驾驶系统，其中包括车辆管理软件。然而，相比技术原型，双方更希望研发适用于不同车辆类型的可量产系统。在车辆运动控制的软件开发中，合作双方的工程师不单单依靠人工智能和积累测试里程数，同时还利用模拟测试和经特殊设计的测试场来解决在实际道路交通中罕见的极端工况。

针对自动驾驶叫车服务试点项目，博世和梅赛德斯—奔驰还引入了新伙伴——戴姆勒移动出行公司。该

公司正在开发并测试的车辆管理平台将在项目试点运行阶段提供服务。此举可以让潜在的叫车业务合作伙伴将自动驾驶（奔驰）汽车无缝纳入其各自的服务组合。该车辆管理平台可提供自动驾驶汽车及常规汽车的运营和维护等服务。这款手机应用程序先开放传统梅赛德斯—奔驰汽车的出行服务，已于2019年秋季在美国旧金山湾区投入使用，该服务同时也可在德国柏林使用。