

医疗健康能源存储系统 通过高级电池管理 提高了可靠性、安全性， 并延长了30%的使用寿命

Stefano Gallinaro

摘要

电池监控系统是不同市场的基本促进因素。电池在各种应用中都发挥着重要作用，包括在电动汽车领域取得更大的成就，为智能电网储存再生能源。相同和类似的电池技术用于医疗器械，可提高手术的安全性，并在医院自由移动器械。所有这些应用都使用需要精确、高效半导体来进行监控、平衡、保护和通信的电池供电。本文将介绍一流的电池监控系统（包括电池平衡和隔离通信网络）如何利用新锂电池化学的优势。使用创新集成电路可提高可靠性，延长30%的电池使用寿命，特别是大规模储能系统。

用于医疗应用的电池需要在通常使用这些电池的所有应用中满足非常高的可靠性、效率和安全标准，这些应用包括：胸部按压系统等患者便携式系统、医院急诊室设备、供电式医疗车和床、便携式超声设备、远程监控以及市场上的新产品储能系统(ESS)。

储能系统既不与患者直接相连，也不由医生操作。它们是不间断电源(UPS)的升级。UPS历来被用作最关键应用的备用电源，如急诊室设备、IT网络关键基础设施。医院的储能系统涵盖越来越多的功能，由新锂电池供电。它们正与医院电网完全集成，从而带来以下优势：

- ▶ 用于整个设施而不仅仅是一小部分关键设施的完整备用电源，以及停电保护，防止电网的电源/电压质量不良，减少使用应急柴油发电机。借助千兆瓦小时(MWh)规模的ESS，医院甚至可以在长时间停电的情况下做手术，并且可以参与电网稳定。
- ▶ 电费开支的经济效益。借助ESS，医院可以直接控制电力使用配置，并减少高功率峰值需求，从而降低水电费。

医院的屋顶通常很大，适用于安装光伏(PV)系统来发电。PV系统与ESS相结合可储存并自用发出的电，同时提供经济效益，减少碳排放量。



图1. 储能电池单元。

锂基化学现在是各种市场中使用的电池的先进技术，包括汽车市场、工业市场和医疗健康市场。不同类型的锂电池有不同的优势，可更好地满足各种应用和产品设计的电源需求。例如，LiCoO₂（钴酸锂）具有极高的比能，非常适合便携式产品；LiMn₂O₄（锂锰氧化物）的内阻很低，因此充电快，电流放电也大，这意味着它是调峰储能应用的理想选择。LiFePO₄（磷酸铁锂）更能承受完全充电状况，并能长时间保持在高电压下。这使其成为需要在停电期间工作的大型储能系统的最佳选择。缺点是自放速率较高，但这在上述储存实施中无关紧要。

不同应用需求需要各种电池类型。例如，汽车应用需要高可靠性和良好的充电与放电速度，而医疗健康应用需要高峰值电流可持续性，以提高效率和延长寿命。但是，所有这些解决方案

的共同点是，各种锂化学组成在标称电压范围内都有非常平坦的放电曲线。而在标准电池中，压降范围为500 mV至1 V，在高一级锂电池中，如磷酸铁锂(LiFePO₄)或钴酸锂(LiCoO₂)，放电曲线则显示一个压降范围为50 mV至200 mV的平坦区。

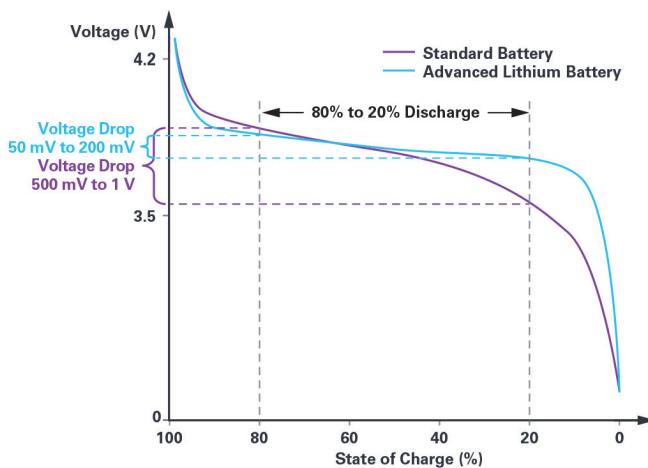


图2. 锂电池放电曲线。

电压曲线的平坦度在与电池电压轨相连的IC的电源管理链中具有巨大优势：可设计DC-DC转换器在较小的输入电压范围内在最大效率点工作。从已知 V_{IN} 转换为非常接近的 V_{OUT} ，系统的电源链可设计为具有降压和升压转换器的理想占空比，以在所有工作条件下实现>99%的效率。此外，电池充电器可完美匹配充电电压，并根据稳定的工作电压来确定负载大小，以提高远程监控或患者体内电子产品等最终应用的精度。在旧的化学组成或非平坦放电曲线的情况下，由电池操作的DC-DC转换的效率降低，这将导致电池持续时间更短(-20%)，或者当连接到便携式医疗设备时，由于额外的功耗，需要更频繁地给它们充电。

平坦放电曲线的主要缺点是电池的充电状态(SOC)和健康状态(SOH)额定值更难确定。必须以非常高的精度计算SOC，以确保电池正确充电和放电。过度充电会带来安全问题，并产生化学降解和短路，导致火灾和气体危害。过度放电可能损坏电池，使电池寿命缩短50%以上。SOH提供有关电池性能状态的信息，以帮助防止更换掉好的电池，并在出现问题之前监控坏电池的状态。主微控制器实时分析SOC和SOH数据，修改充电算法，告知用户电池的电位（例如，在断电情况下，电池是否准备好进行大电流深度放电），以及确保在大型储能系统中，处于不良状态的电池和处于良好状态的电池之间实现最佳平衡，以增加总电池寿命。

通过用陡峭的放电曲线对一个很旧的电池进行数字建模，更容易计算出该电池的充电状态，方式是测量短时间内的压降增量并知道电池电压的绝对值。对于新的锂基电池，进行这种测量所需的精度要高出几个数量级，因为在给定的时间范围内，压降要小得多。

对于SOH，旧电池放电更快，且可预测性更强：它们的电压放电曲线变得更加陡峭，无法达到目标充电电压。新锂电池将更长时间地保持相同的良好行为，但最终会随着更特殊的行为而降低性能，并且在它们的寿命即将终结或电池即将损坏时快速改变其阻抗和放电曲线。测量温度时必须格外小心，最好是在每一节电池上，将SOC和SOH算法与这些信息整合，以使它们更准确。

精确且可靠的SOC和SOH计算在最好的情况下有助于将电池寿命从10年延长到20年，一般情况下也能使电池寿命增加30%，包括维护费用后，这会将储能系统的总拥有成本降低30%以上。再加上更准确的SOC信息，就可以避免过度充电或过度放电的情况而导致快速耗尽电池；最大限度地降低短路、火灾和其他危险情况的可能性；帮助使用电池中的所有电量；并使电池能够尽可能以最好、最高效的方式充电。

本文提出的LTC6813电池管理解决方案(BMS)可用于便携式超声设备等医疗健康设备、大规模(千兆瓦/小时)储能系统(用于医院、工厂、电网稳定、电动汽车充电基础设施和住宅单元)，以及工业机器人和车辆。ADI技术的便携性在可靠性和安全性方面带来了巨大优势，它设计用于不同的恶劣环境，并且符合从汽车ASIL到工业SIL的各种功能安全标准(例如，VDE AR 2510-2-50、IEC EN 61508等)。

一种具有最高效且可靠的电池监控系统的独特新解决方案包含一个18单元监控器和平衡IC与微控制器到SPI从隔离接口的组合。多单元电池堆栈监控器可测量多达18个串联的电池单元，总测量误差小于2.2 mV。0 V至5 V的电池测量范围适合大多数电池化学应用。可在290 μ s内测量所有18个电池单元，并选择较低的数据采集速率以便降噪。可将多个堆栈监控器件串联，以便同时监控很长的高压电池串。每个堆栈监控器都具有isoSPI™ 接口，用于高速、RF抗扰、远距离通信。多个器件以菊花链形

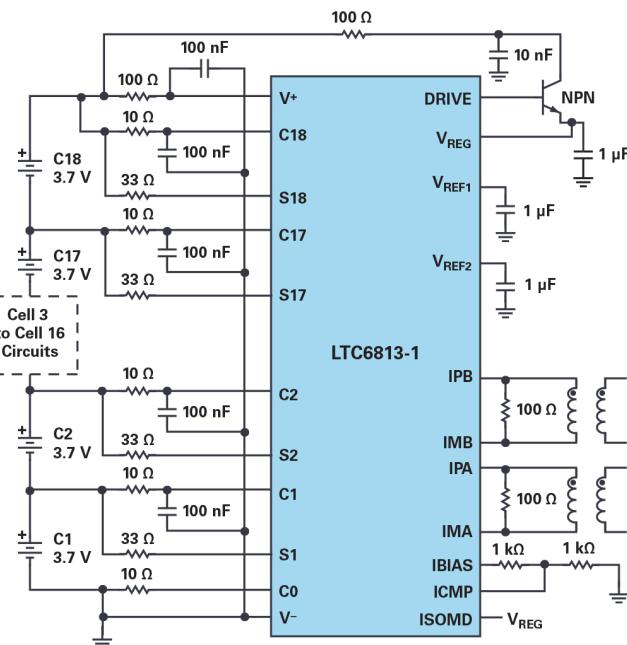


图3. LTC6813应用原理图。

式连接，并为所有器件连接一个主机处理器。该菊花链可双向操作，即使通信路径出错，也能确保通信完整性。电池堆栈可直接为IC供电，也可采用隔离电源为其供电。IC具有用于每个电池单元的被动式平衡和个别PWM占空比控制功能。其他特性包括一个板载5 V调节器、9个通用I/O线路和睡眠模式（在此模式下，功耗降至6 μ A）。

BMS应用具备短期和长期精度需求，因此使用嵌入式齐纳转换基准电压源而非带隙基准电压源。这能够提供稳定的低漂移(20 ppm/ $\sqrt{\text{kHz}}$)、低温度系数(3 ppm/ $^{\circ}\text{C}$)、低迟滞(20 ppm)原边电压基准源以及出色的长期稳定性。这种精度和稳定性至关重要，它是所有后续电池单元测量的基础，这些错误对所获数据的可信度、算法一致性和系统性能会产生累积影响。

虽然高精度基准电压源是确保卓越性能的必要功能，但光凭该功能还不够。模数转换器架构及其操作必须符合电噪声环境要求，这是系统大电流/电压逆变器的脉宽调制(PWM)瞬态特性的结果。准确评估电池的充电状态和工作状态还需要相关的电压、电流和温度测量。

堆栈监控转换器使用 Σ - Δ 拓扑结构在系统噪声影响BMS性能之前降低噪声，该拓扑由六个用户可选择的滤波器选项辅助来解决噪声环境。通过每次转换使用多次采样的天然特性，以及采用均值滤波功能， Σ - Δ 方法降低了电磁干扰(EMI)和其他瞬态噪声的影响。

在任何使用排列为电池单元或模块组的大型电池包的系统中，都不可避免地需要实现电池平衡，例如用于为医院微型电网和子电网供电的大型储能单元。虽然大多数锂电池在首次获取时匹配良好，但会随着老化损失容量。不同电池的老化过程出于多种因素可能各有不同，如电池组温度梯度。使这整个过程加剧的是，超过SOC上限工作的电池单元将过早老化，并损失额外容量。这些容量差异以及自放电和负载电流的小差异都会导致电池不平衡。

为了解决电池不平衡问题，堆栈监控器IC直接支持被动式平衡（使用用户可设置的计时器）。被动式平衡是在电池充电周期内标准化所有电池的SOC的简单、低成本方法。通过从较低容量的电池中移除电荷，被动式平衡可确保这些较低容量的电池不会过度充电。IC也可用于控制主动平衡，这是一种更复杂的平衡技术，通过充电或放电循环在电池之间传输电荷。

无论是使用主动方法还是被动方法，电池平衡都依赖于高测量精度。随着测量误差越来越大，系统所建立的操作保护等级也必须增加，因此平衡性能的有效性将受到限制。此外，由于SOC范围受到限制，对这些误差的灵敏度也增加了。小于1.2 mV的总测量误差在电池监控系统的系统级要求范围内。

在储能系统中，要连接所有电池单元，通信环路是必不可少的。该环路将来自系统电池的数据传送到基于云的能量管理算法，该算法跟踪充电和放电事件以确定充分利用电池的最佳方式，或者在断电的情况下保持最高容量的电池完全充电。

ADI的LTC681x和LTC680x系列代表一流的电池堆栈监控器。18通道版本为LTC6813。

电池堆栈监控器设备需要与主机通信，在此期间微控制器或处理器计算SOC和SOH值并调节充电和放电配置。可以进行各种形式的互连，其中隔离通信通道是高电压应用的首选，如储能系统（400 V至1500 V）和具有高容量电池的便携式设备（40 V至200 V）。

内置在LTC6813电池堆栈监控器中的isoSPI功能，与[LTC6820](#) isoSPI通信接口结合使用时，可通过高压屏障实现安全可靠的信息传输。isoSPI在通过串联电池产生数百伏电压的储能系统中特别有用，串联电池需要全电介质隔离以最大限度地减少对人员的伤害。

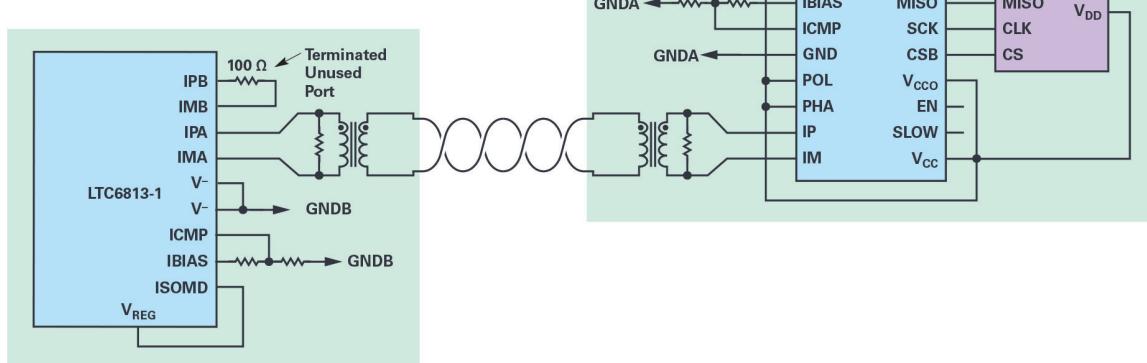


图4. LTC6813与LTC6820的隔离连接。

在这些使用超过18个电池的储存系统中，需要将多个LTC6813 BMS板连接在一起。下面是多个相同PCB的可靠互连，每个PCB都包含一个为在菊花链中操作而配置的LTC6813。微处理器位于单独的PCB上。为实现微处理器PCB和首个LTC6813 PCB之间的2线隔离，使用了LTC6820支持IC。当只需要一个LTC6813-1时，如果第二个isoSPI端口（端口B）正确偏置和端接，则可将其用作单一（非菊花链）器件。

具有平衡和通信功能的电池堆栈监控器的主要设计挑战是创建无噪声PCB布局设计，且关键走线远离开关电源等噪声源，向堆栈监控器发出清晰的信号。采用ADI解决方案，堆栈监控器出色的准确度和精度有助于优化现有的良好设计。电池将得到有效利用，使用寿命将延长30%，并且操作更安全。

为了支持客户设计自己的最终产品，ADI为电池监控设备提供了全系列评估系统和平台，以及满足所有需求的完整版本组合。

作者简介

Stefano Gallinaro于2016年加入ADI公司再生能源业务部。他负责管理太阳能、电动汽车、充电和储能领域的战略营销活动，同时特别关注功率转换。他在慕尼黑工作，负有全球业务责任。

Stefano曾在意大利都灵理工大学学习电子工程，获学士学位。他的职业生涯始于意大利奥斯塔的STMicroelectronics Srl—DORA S.p.A.，担任应用工程师。2016年加盟ADI之前，他在德国安达赫治Vincotech公司工作了两年半，任产品营销经理。联系方式：stefano.gallinaro@analog.com。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ez.analog.com/cn



ADI公司
请访问analog.com/cn

如需了解区域总部、销售和分销商，或联系客户服务和技术支持，请访问analog.com/cn/contact。

向我们的ADI技术专家提出棘手问题、浏览常见问题解答，或参与EngineerZone在线支持社区讨论。
请访问ez.analog.com/cn。

©2019 Analog Devices, Inc. 保留所有权利。
商标和注册商标属各自所有人所有。

“超越一切可能”是ADI公司的商标。

TA21372sc-6/19

