

# 如何优化电动汽车、插电式混合动力汽车和油电混合动力汽车的电池管理系统精度

汽车电池管理系统（BMS）技术过去十年经历了长足的发展。如今，有几项多电池单元均衡（MCB）IC 特性在满足电动汽车（EV）、插电式混合动力汽车（PHEV）和油电混合动力汽车（HEV）电池系统的严格安全、可靠性及性能要求方面发挥着关键作用。IC 制造商的下一步是通过集成诸如内置电池单元均衡和电流测量等关键特性来进一步实现功能优化。

BMS IC 的关键功能之一是准确测量每个电池单元的电压，这会直接影响汽车的行驶里程及其电池的总体预期寿命。电池单元测量精度对具有平坦放电曲线的电池类型特别重要。这方面的一个例子是磷酸铁锂电池，这种电池由于其低内阻而对较小的电池组有利。这些电池类型使系统工程师有必要检测电池单元电压在电池放电时的微小变化。除系统设计挑战外还有一个事实，就是检测这些变化已成为准确计算充电状态（SOC）和健康状态（SOH）的关键。

本文考察了电池系统设计工程师对 BMS IC 选择必须做的决策，以确保在整个工作环境和在汽车使用寿命中电池单元测量的精度。测量这些微小的电池单元电压变化，需要精密地结合使用模拟前端（AFE）、准确和稳定的电压基准源和精密模/数转换器（ADC），这对 MCB IC 设计工程师来说是个严峻的设计挑战。对于汽车生产商，成功的 BMS 实现需要在系统设计伊始精心选择 MCB IC，这要求理解各家 IC 供应商产品在测量精度和稳定性方面的差异。

## 多电池单元均衡 IC 的构成要素

任何 MCB IC 的核心都是一个精密（电压）基准源。所用基准源拓扑的类型可能不同，但最常使用的类型是带隙，这是由于其在精度与裸片面积之间取得了最佳平衡。例如，ISL78600 多单元锂离子电池管理器使用一种精密带隙基准源设计，实践证明其非常可靠，并且非常适用于要求苛刻的汽车应用。该技术稳定、成熟、特征性能优秀，并在多年使用中基于大量真实性能数据不断优化。其卓越的性能特征使该精密带隙基准源在 MCB IC 的使用寿命期间非常稳定并表现出线性关系。这是设计工程师在计算汽车电池寿命时的一个关键考虑事项，它直接影响汽车生产商的保修与拥有成本（cost of ownership）度量标准。

除精密基准源外，保证测量精度的另一个关键功能块是 ADC。IC 设计工程师必须决定使用何种类型的 ADC 作为主电池单元电压测量块。最普遍和常用的两种 ADC 类型是逐次逼近寄存器（SAR）和 delta-sigma。SAR 具有最快采样速率，并提供高速电压转换和卓越的抗噪性能，但常常需要较大的裸片面积。SAR ADC 还提供数据采集速度、精度、稳健性和抗电磁干扰（EMI）效应的最佳组合。

另一方面，IC 设计工程师喜欢使用 delta-sigma ADC，因为它们通常需要较小的裸片面积，且相对易于实现。但其速度一般缓慢，因为它们使用抽取滤波器，这降低了采样速率和数据采集速度。为克服这个问题，设计工程师使用基于交错（interleaved）配置的两个或更多 delta-sigma ADC。实施 delta-sigma ADC 时的另一考虑事项是其在受到电磁干扰时的易饱和性，这会造成电池单元电压误报。

各个电池单元接口均由 AFE 管理，AFE 包含输入缓冲器、电平转换器和故障检测电路。AFE 对处理当电池单元初始连接至 BMS 时产生的“热插拔”瞬态现象具有关键作用。ISL78600 设计采用的是全差分 AFE，这可支持负输入电压测量而不影响相邻电池单元测量。这在需要“母线”（bus bar）的系统中是很有优势

的。为了改善瞬态条件下的稳健性，给电池单元电压输入添加一个外置低通滤波器。对输入滤波要求进行优化，以提供最高的抗电磁干扰和抗热插拔瞬变性能，同时又不会影响速度或精度。相比之下，使用双极而非电荷耦合 AFE 的 IC，会使其精度受到针对输入滤波器而选择的元件值的不利影响。图 1 显示了 ISL78600 的三个功能块及其互连的简化示意图。

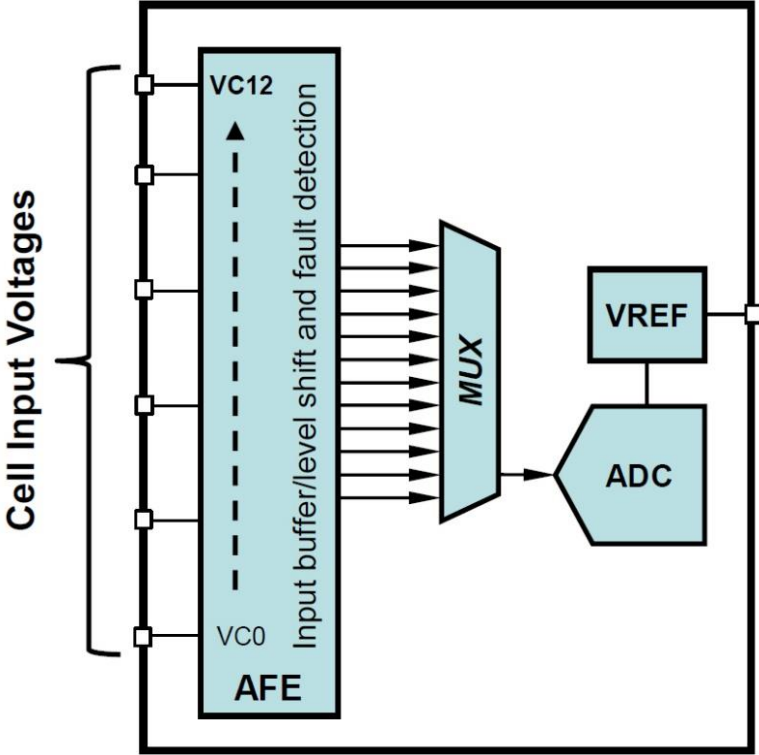


图 1. ISL78600 多单元锂离子电池管理器的简化框图

| 英文   | 中文翻译            |
|--|-----------------|
| Cell Input Voltages                          | 电池单元输入电压        |
| Input buffer/level shift and fault detection | 输入缓冲器/电平转换和故障检测 |

稳定和线性的带隙基准源、SAR ADC 和全差分 AFE 的组合，向多单元锂离子电池管理器提供快速数据采集功能以及稳健性与高精度。ISL78600 的高精度是在安装到印刷电路板（PCB）上之后独立验证的，而非仅依赖出厂时测量的精度值。图 2 显示了 ISL78600 在一定电池单元电压和温度范围内的精度。这对电池系统设计工程师至关重要，因为他们要根据系统误差预算来支持汽车的使用寿命，且必须能够将可靠和可预测的精度数字考虑在内。

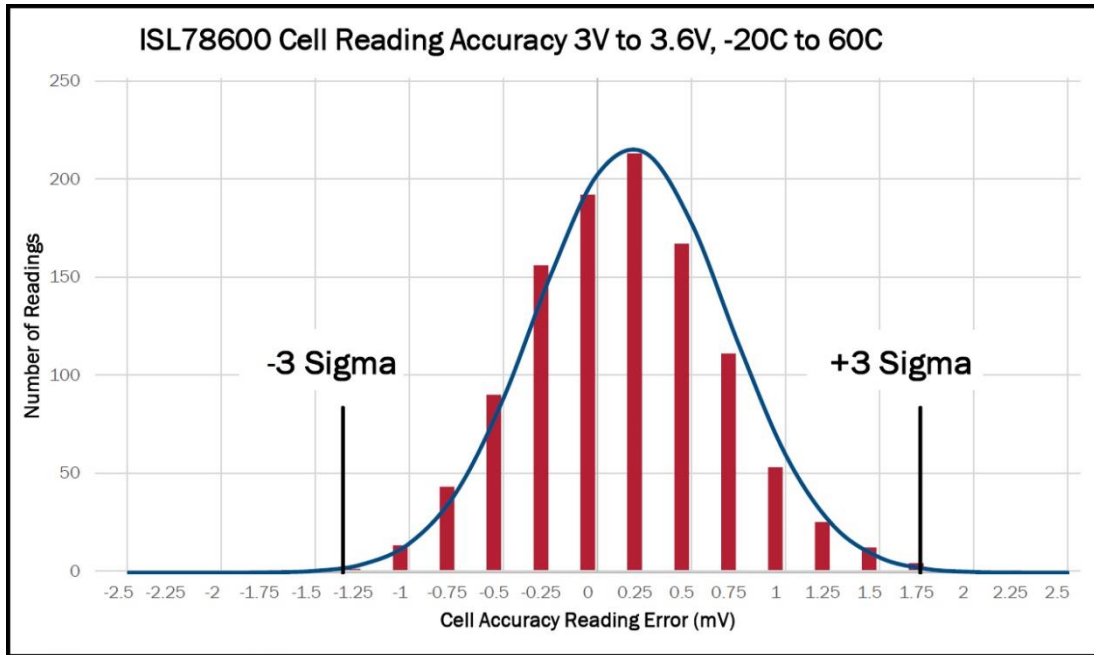


图 2. 从 10 个 MCB 评估板收集的共 1080 个读数，所有 12 个电池单元的电压扫描速度均为 240us。

| 英文   | 中文翻译  |
|--|---|
| ISL78600 Cell Reading Accuracy 3V to 3.6V, -20C to 60C | ISL78600 电池单元读数精度，电压范围：3V 至 3.6V，温度范围：-20°C至 60°C |
| Number of Readings                                     | 读数的数量   |
| Cell Accuracy Reading Error (mV)                       | 电池单元精度读数误差 (mV)                                   |

因此，建议进行认真考察，并应当详细比较每个 IC 供应商的数据表，特别是在精度、数据采集速度和输入滤波器要求（包括其对精度的影响）等方面。

## PCB 布局和配置考虑事项

焊接会引起 PCB 上的应力，这会使 MCB IC 在 X 和 Y 平面“挠曲”，并导致硅片性质的亚原子级改变。这会影响 IC 的行为，特别是基准电路块。由于基准源是测量电路的关键组成部分，所以其特征的任何变化都会直接影响 ADC 的精度。在精密 IC 行业，这一现象众所周知并得到充分认识，考虑到这一点，IC 设计工程师会仔细地将灵敏电路放在电路板上不易受焊接和其他制造应力影响的区域。

另外，还有成本更高的基准源设计技术可供 IC 设计工程师使用，例如在同一 IC 封装之内将分离的基准电路放在其自己的裸片上，或者使用完全分开的分立基准源 IC。无论使用哪种 IC 技术，PCB 设计和制造阶段都非常重要，所以，利用标准精密元件 PCB 布局和认真考虑 IC 安装与焊接温度曲线有助于缓解所出现的任何问题。

例如，如果设计工程师遵循 ISL78600 的建议 PCB 布局指南和回流焊温度曲线，则 IC 的电路板级电池单元读数精度和长期漂移特征就是对数式的和可预测的。这导致典型电池单元读数误差在 10 年使用寿命内仅为 1.2mV，如图 3 所示。

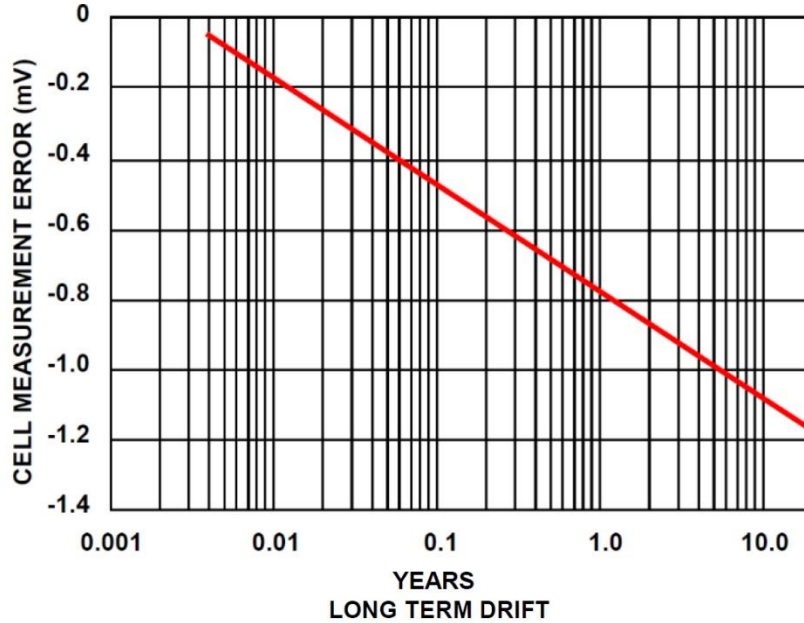


图 3. MCB IC 电池单元测量误差-寿命关系图

| 英文                          | 中文翻译          |
|-----------------------------|---------------|
| Cell measurement error (mV) | 电池单元测量错误 (mV) |
| Years                       | 年             |
| Long term drift             | 长期漂移          |

## 结束语

电池管理设计的一个关键要素是考虑到电池性能，而电池性能受 MCB IC 在汽车使用寿命内保持高测量精度的能力的直接影响。电池单元测量的任何漂移或不稳定性，都会直接影响汽车的行驶里程和电池寿命，进而影响汽车生产商的保修和拥有成本。由于有许多基于不同精度测量拓扑和技术的 MCB IC 可供选择，所以系统设计工程师必须仔细考虑其 IC 选择和使用。理解测量、方案和拓扑方面的根本差异及其相互关系对选择最适合 BMS 应用的 IC 很有帮助。最优化的电池系统设计对下一代电动汽车、插电式混合动力汽车和油电混合动力汽车是非常重要的。

## 参考资料

欲知有关 Intersil 电池管理解决方案的更多信息，请访问 [www.intersil.com/battery-management](http://www.intersil.com/battery-management)。

###

### About Renesas Electronics Corporation

Renesas Electronics Corporation delivers trusted embedded design innovation with complete semiconductor solutions that enable billions of connected, intelligent devices to enhance the way people work and live—securely and safely. A global leader in microcontrollers, analog, power, and SoC products, Renesas provides the expertise, quality, and comprehensive solutions for a broad range of Automotive, Industrial, Home Electronics,

Office Automation and Information Communication Technology applications to help shape a limitless future. Learn more at [renesas.com](https://www.renesas.com)

+1 408-432-8888 | © Renesas Electronics America. All rights reserved. Renesas & Intersil (and design) are trademarks owned by Renesas Electronics Corporation or one of its subsidiaries. All other trademarks mentioned are the property of their respective owners.