

Technical Article

重新定义电池精度：Dynamic Z-Track™ 算法如何预测不稳定的电池负载



随着工业和个人电子产品配备更先进的技术，给电池带来的负载也越来越不可预测，因此需要更可靠且更智能的电池电量监测计。无论是新兴人工智能 (AI) 增强型设备还是无人机、动力工具和机器人等成熟系统，电池都需要承受高度动态的负载。设计人员依靠准确的电量监测来安全地关闭系统或防止意外欠压，这些不可预测的负载给他们带来了挑战。无绳电钻意外停机可能只会让使用者感到沮丧，但无人机从天空坠落会带来严重的安全风险。

电池电量监测计的作用是什么？

电池电量监测计使用电流和电压测量值计算基本参数，例如荷电状态、运行状况和剩余容量。传统的基于 Impedance Track™ 技术的电池电量计假设电池负载变化缓慢，这样可以在电池放电时进行精确的电阻测量，从而计算高精度的实时荷电状态预测。将电池建模为低频电阻电容 (RC) 模型（如图 1 所示）足以应对这些缓慢变化的电池负载。然而，具有可变或高频负载电流的新型应用需要更全面的模型和自适应算法，以便保持准确的荷电状态估算。

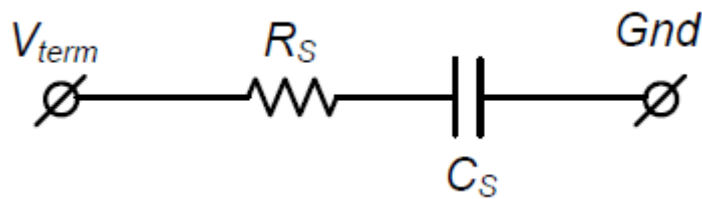


图 1. 低频 RC 电池模型

Dynamic Z-Track 算法是专为 BQ41Z90 和 BQ41Z50 等器件设计的电池电量监测方法。作为在 BQ40Z50 和 BQ34Z100 等器件中运行的传统 Impedance Track 算法的后继产品，Dynamic Z-Track 算法可在动态负载电流条件下准确估算电池的荷电状态、运行状况和剩余容量。

当不稳定的负载或高频负载影响电池时，Impedance Track 电量监测计的传统电池 RC 建模会失去分辨率，无法更新电池电阻。Dynamic Z-Track 算法实现了宽带瞬态模型，该模型可模拟电压瞬变并适应动态电流曲线。即使电流不稳定，该方法也能实时估算电阻。

为什么电阻很重要？

为了在电池的整个使用寿命期间提供超高精度的荷电状态计算，跟踪电阻至关重要。如图 2 所示，电池电芯的电阻随电池的循环和老化而线性增加，直到达到某个拐点，从该拐点开始，电阻将呈指数级增加，直到电池寿命结束。该电阻也会随温度变化而显著波动。电池电芯电阻与温度成反比关系，温度越低，电阻越高，电池在达到 0% 荷电状态之前可提供的容量或能量便越低。

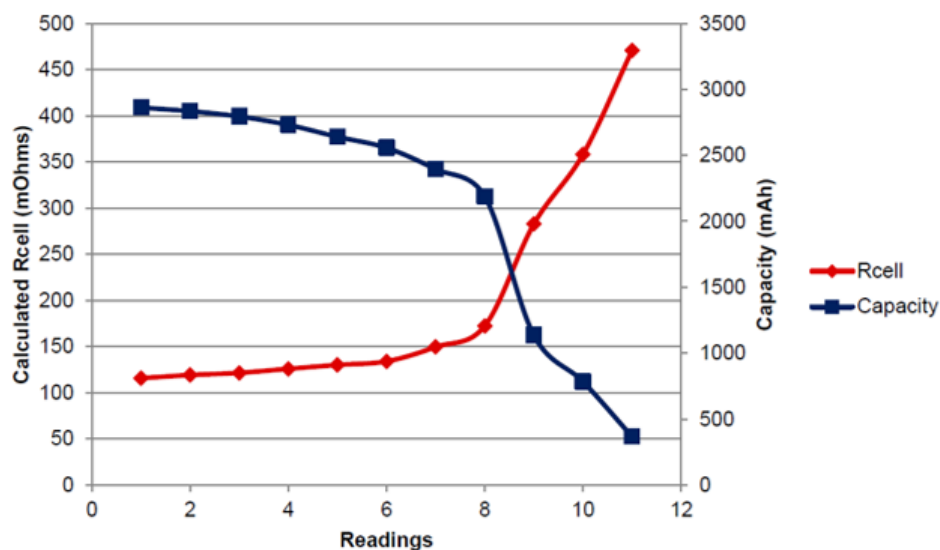


图 2. 锂离子电池电芯的电阻随时间出现的变化

如果电池电量监测计无法更新电阻，计算出的荷电状态误差会随电池老化成比例增加。在不可预测且不稳定的负载中，如果不更新电阻，荷电状态和剩余容量估算的误差可高达 60% 或低至 10%。当荷电状态突然降低时，终端用户会遇到这种情况，并且器件可能会因容量高估而意外关闭，如图 3 所示。

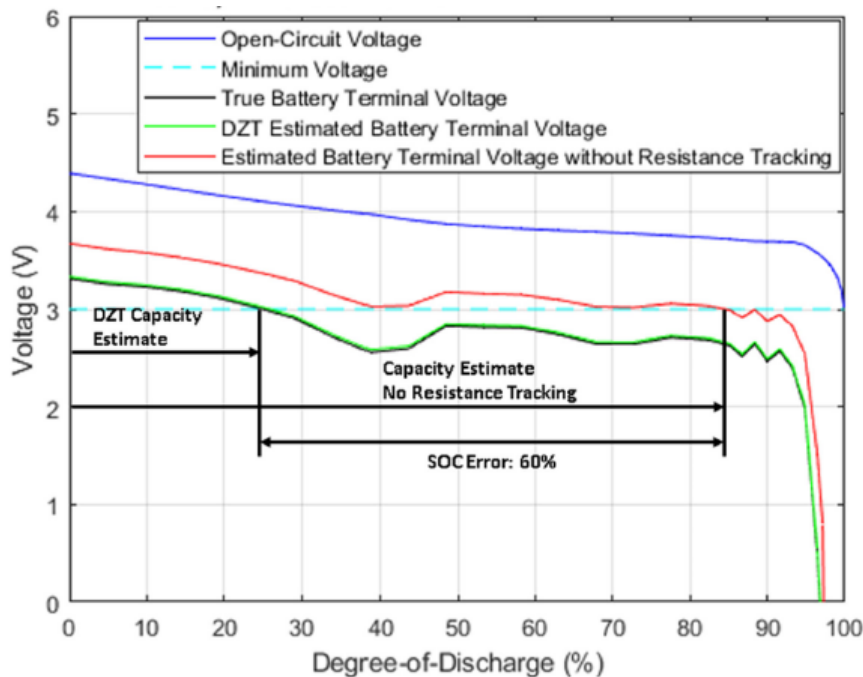


图 3. 剩余容量估算比较：Impedance Track 技术和 Dynamic Z-Track 技术与 1.75C 负载下的无电阻更新对比

使用案例示例

想象一下，有人骑着电动自行车回家。此人查看了荷电状态，看到剩余 30% 电量，于是决定先绕道去杂货店再回家。当此人到达杂货店时，荷电状态显示剩余 15% 电量，但在回家的路上，电动自行车突然停止供电，因为荷电状态已从 12% 下降到 0%。现在，此人必须踩踏板回家或叫车。

Dynamic Z-Track 算法可防止这种情况发生。与传统的电池电量监测计不同，TI 的 Dynamic Z-Track 技术即使在不可预测的负载下也能提供高达 99% 的荷电状态精度，使制造商能够优化电池尺寸，将电池运行时间延长多达 30%。这样可以在无人机、电动自行车、笔记本电脑和便携式医疗仪器等要求苛刻的应用中为终端用户提供更可靠的性能。

结语

虽然不可预测的电池负载是一项重大的设计挑战，但并非必须以损害系统可靠性或最终用户体验为代价。Dynamic Z-Track 算法等工具有助于实现让电池供电器件顺畅运作的设计，它们将塑造这样一个未来：无人机可以在不意外着陆的情况下完成飞行，电动自行车可以带骑行者顺利归家。

其他资源

有关 Impedance Track 技术和 Dynamic Z-Track 技术工作原理的更多详细信息，请参阅以下应用手册：

- [Dynamic Z-Track™ 技术：适用于动态负载应用的高级电池电量监测算法。](#)
- [BQ2750x 系列中的 Impedance Track 电池电量监测算法的理论及实现。](#)

商标

所有商标均为其各自所有者所有。

重要通知和免责声明

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司