

针对多体锂离子电池组的电池电量监测计——第二部分

作者: Sihua Wen, 德州仪器 (TI)

阻抗跟踪电池电量监测的工作原理

如图 3 所示, 阻抗跟踪电池电量监测计 IC 可以精确地测量下列主要参数:

- OCV: 当电池处于松弛模式时, 电池的开路电压;
- 电池阻抗: $\frac{OCV - \text{Battery Voltage Under Load}}{\text{Average Load Current}}$, 仅在放电时进行测量;
- PassedCharge: 在电池放电或充电期间对电荷或库仑的积分;
- Q_{Max} : 电池最大的化学容量;
- SOC: 在任何时候的充电状态, 定义为 $SOC = Q_D / Q_{\text{Max}}$, 其中, Q_D 是由完全放电状态计算得出的 PassedCharge;
- RM: 剩余电量;
- FCC: 完全充满时的容量, 从满充电状态到终止电压所通过的电荷量;

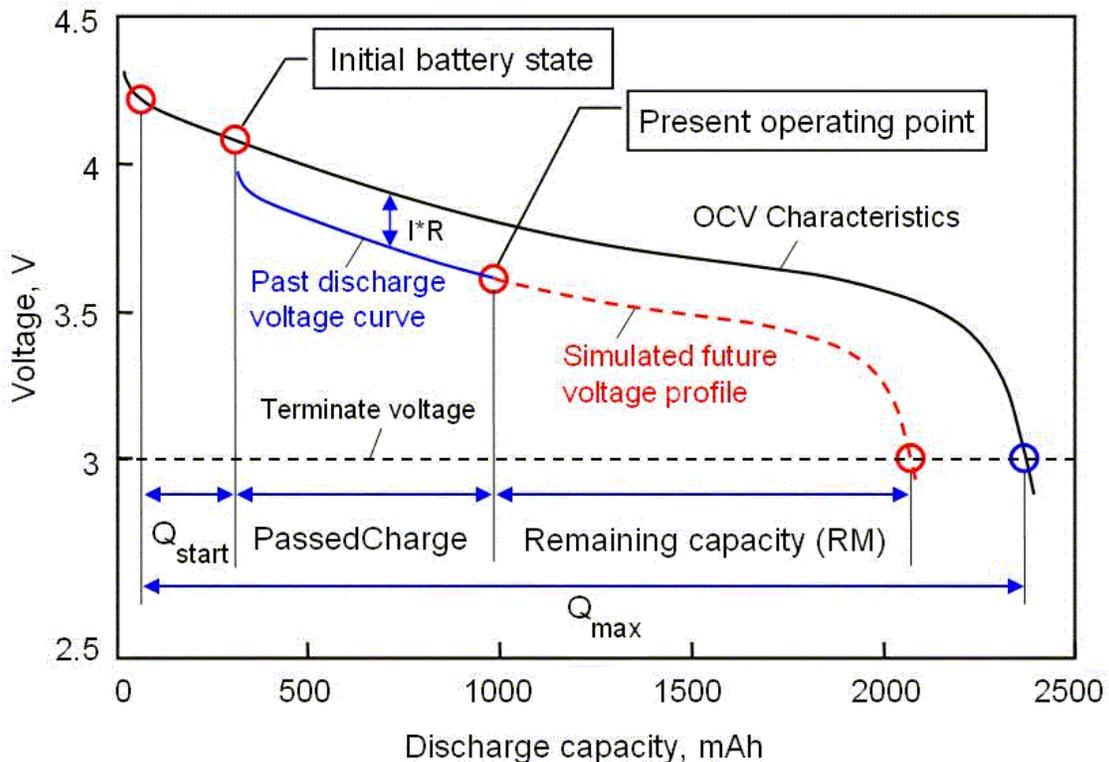


图 3: 在有负载的情况下, 电池的 OCV 特性和放电曲线

SOC

对于特殊的锂离子电池化学特性来说, 因为 SOC 和 OCV 之间存在密切的相互关系, 所以, 可以从电池的 OCV 来估计其 SOC。当电池处于松弛模式时, 所测

得的 OCV I 被定义为电池的状态，此时其电流小于一个给定的阈值（如 10mA）且电池的电压稳定。然后，就可以利用预先定义的 OCV-SOC 关系来确定 SOC。这就为后来的放电或充电周期标记了一个最初的电池状态，并且当系统处于低功耗模式时完成，如关机时。

阻抗

如图 3 所示，当便携式设备处于正常工作模式时，负载电流会影响电池的放电曲线并导致开路电压 (OCV) 特性的偏差。当施加负载时，有负载情况下所测得的电压与在当前充电状态 (SOC) 下电池化学性质的特定 OCV 之间存在差异，通过测量两个电压之差，可以测量每一个电池的阻抗。该电压差除以施加的负载电流可以得出阻抗 R。此外，阻抗与测量时的温度有关，要将该阻抗代入模型之中才能解决温度效应问题。

RM

有了阻抗信息，利用在固件中实施的电压仿真，就可以计算剩余电量 (RM)。仿真从现在的 SOC_{FINAL} 开始，并利用 4% 的 SOC 增量连续地计算同一负载条件下将来的电压曲线 (profile)。一旦获得将来的电压曲线，阻抗跟踪算法就可以确定与系统终止电压相对应的 SOC 的数值— SOC_{FINAL} 。然后，利用下列公式就可以计算剩余电量：

$$RM = |SOC_{FINAL} - SOC_{START}| \times Q_{MAX}$$

FCC

完全充满时的容量 (FCC) 定义是为了描绘在特定负载条件下满充电电池的实际可用电量，可以利用下列公式计算，其中， Q_{START} 为电池的最初电量：

$$FCC = Q_{START} + PassedCharge + RM \cdot Q_{MAX}$$

有时，电池的化学容量 (Q_{MAX}) 需要被更新以解决老化效应的问题。因为 Q_{MAX} 的变化频率要低得多，所以，这种更新不如阻抗的更新频繁。该方法就是取充电周期（也可以是放电周期）前后的两个 OCV 值，通过 OCV-SOC 特性将这两个 OCV 值转换为 SOC 值，然后，由下列方程导出新的 Q_{MAX} ：

$$Q_{max} = \frac{Passedcharge}{|SOC1 - SOC2|}$$

上述方程可以轻松地从 SOC 的定义中推导出。显然，为了掌握电池的化学容量，该算法不需要一个完整的放电周期。然而，只有利用比较高的 PassedCharge 和精确的 SOC 数值，才能确保所计算的 Q_{MAX} 的精确性。

设计和配置阻抗跟踪电池电量监测计

阻抗跟踪技术减轻了设计人员在学习广泛的电池化学知识上所面临的负担。此外，这种新型监测技术不需要对每一个（电池）产品组都进行周期监测。只要掌握了针对特定型号的典型电池特性，不需要冗长的循环时间，相同的配置就可适用于所有的电池组，这要归功于该算法的学习能力。

下面给出了利用 bq20z90 设计的多体电池电量监测计的解决方案。假设该应用采用了一个三串联、两并联电池组，每节松下 CGR18650C 电池的容量为 2200 mAh，快速充电电流为 4A，最大放电电流为 4A，每节电池的终止电压为 3V。在充电和放电两种情况下，最大容许的温度都是 60° C。该应用在大部分时间都以不变功率负载工作。该电池组是可拆卸的并且不需要预充电。如果任何一节电池的电压高于 4.45V，那么就需要一个独立的、能够熔断保险丝的二次电压保护器。

硬件设计实例

该应用需要一个含有三个芯片的**芯片组**：a) bq20z90 电量监测 IC；b) bq29330 **模拟**前端 (AFE) IC；以及 c) 激活电压为 4.45V 的二次电压保护器 IC bq29412。图 4 显示了该电路的功能原理图。AFE 用 2.5V、16mA 的低压降稳压器 (LDO) 直接为电量监测计供电，AFE 则从电池电压或充电电压获得电能。AFE 的主要功能是调节用于电量计中的 **16 位**电压 ADC 的电池电压，并提供硬件级过电流保护功能。

运行监测和保护固件的电量监测计 IC 是芯片组的控制器。AFE 由电量监测计 IC 配置，从而决定了它如何对处理电量监测的情形做出响应，其中包括决定什么时候及哪一个电池的电压信息被提供给电量监测计 IC，以及过载、短路阈值及延迟时间值。

虽然电量监测计及其相关的 AFE 提供了过压保护功能，但电压监控的采样特性却限制了这种保护系统的响应时间。bq29412 提供了一种与电量监测计和 AFE 功能协调工作的、快速响应、实时独立的过压**监控器**。当任何一个电池的电压超过 4.45V 时，在电容器经过编程设定的延迟之后，bq29412 输出一个触发信号以熔断保险丝。

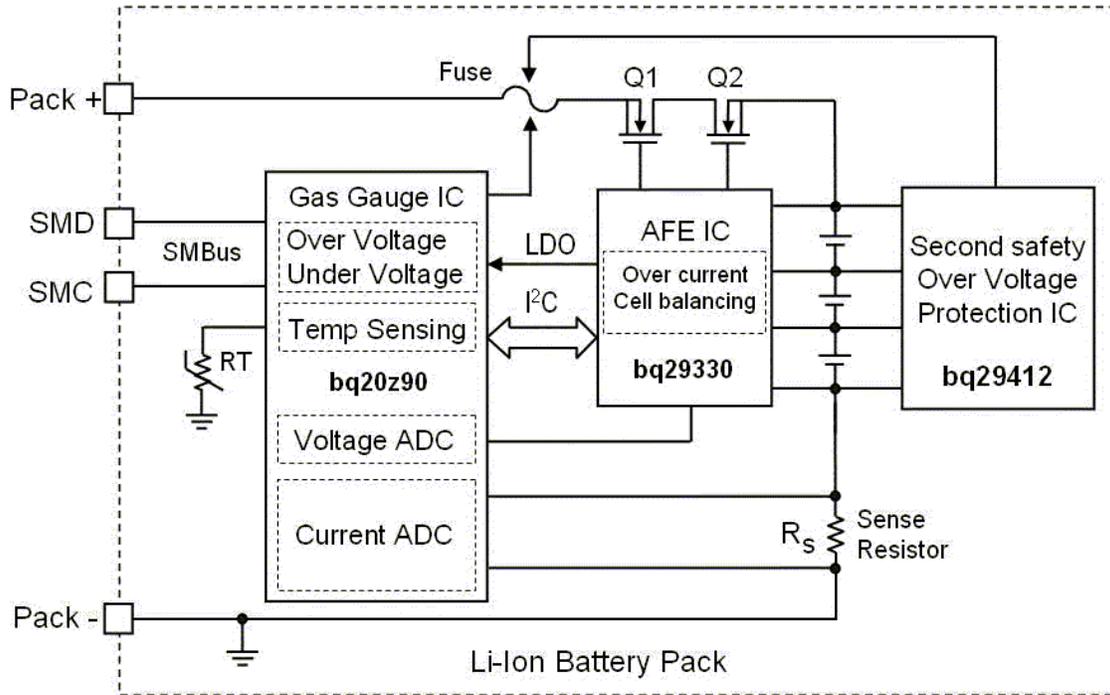


图 4 电量监测计电路的功能结构图

配置电量监测计

在配置 Impedance Track 电量监测计时，首先要确定电池的化学 ID，并选择相应的固件文件。用于该设计的电池为松下 CGR18650C，属于 LiCoO₂/石墨化碳化学性质。根据阻抗跟踪算法所设定的惯例，电池的化学性质 ID 为 0100。从 bq20z90 网页可以下载针对这种化学性质的正确的固件 (bq20z90_v110_ID0100_default.senc)。一旦固件被载入芯片，所有类型的电量监测计配置都可以通过定制数据闪存来完成。一种完成定制数据闪存的传统方式是利用 bqEVSU 评估软件。

大量的数据闪存常数被分组为 12 类，它们支配电量监测计的工作。例如，“1st Level Safety”类保护电池，使之免于出现一些较为严重的电压、电流和温度条件，触发这些保护功能仅仅需要临时关闭充电或放电功能；然后，当这些条件消失时，电池组就可以恢复。在应用中容许的充电和放电的最大温度为 60° C，在该类中可对最大温度进行配置。为了避免冗长的配置，图 5 列出了在每一种类中可以被配置的大多数应用和操作。

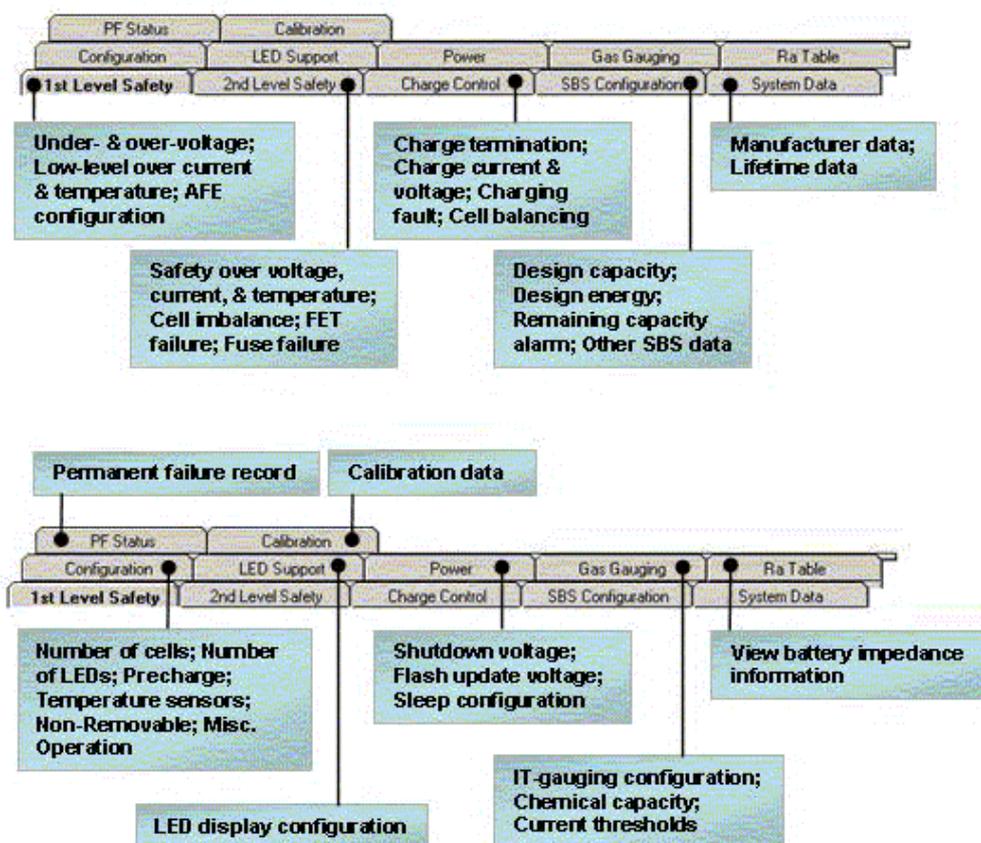


图 5 电池数据闪存类的配置

可选的功能可以在具有三个配置寄存器 A、B 以及 C 的配置类中找到。请注意：因为该应用实例是一个可拆卸的电池组，NR [位](#)应该为零，以关闭配置寄存器 B 中的“non-removable”配置功能，并且有必要在电池组连接器上实现一个 System_Present 信号。利用适当的数据闪存配置数据，该电池组应该以目标电池的配置而正常地工作。

在生产中，Impedance Track 电量监测计仅仅需要一个典型的电池组被循环充电和放电，以了解阻抗和化学容量的典型数值，从而修改“Ra Table”的数据闪存分类和在“Gas Gauging”分类中的化学容量，然后，就可以把相同的数据闪存配置[文件](#)用于所有生产的电池组。