

Understanding the characterization test for Qualcomm Fuel Gauge

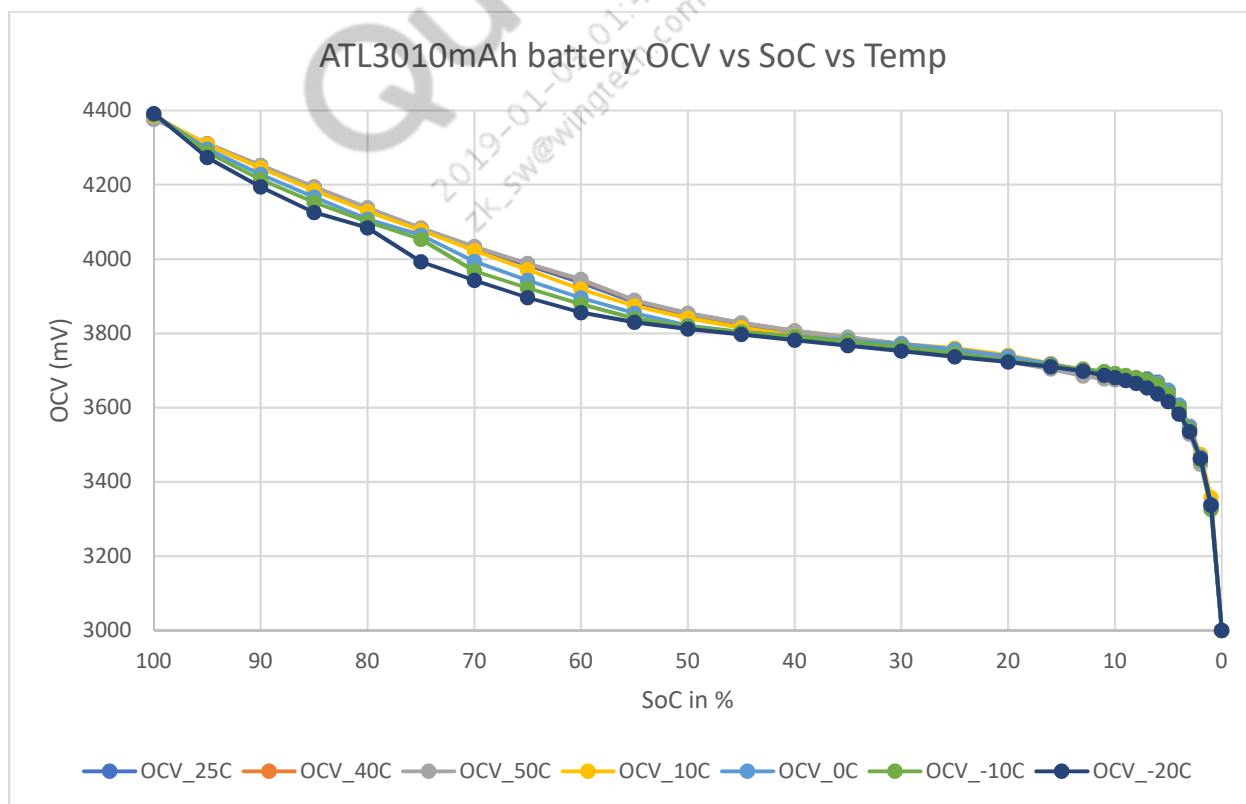
正确理解 Fuel Gauge 建模数据

QBCSW 软件是专门用来对电池进行建模的工具，它的输出数据包含了关于电池包（包括保护电路）的非常关键的信息。

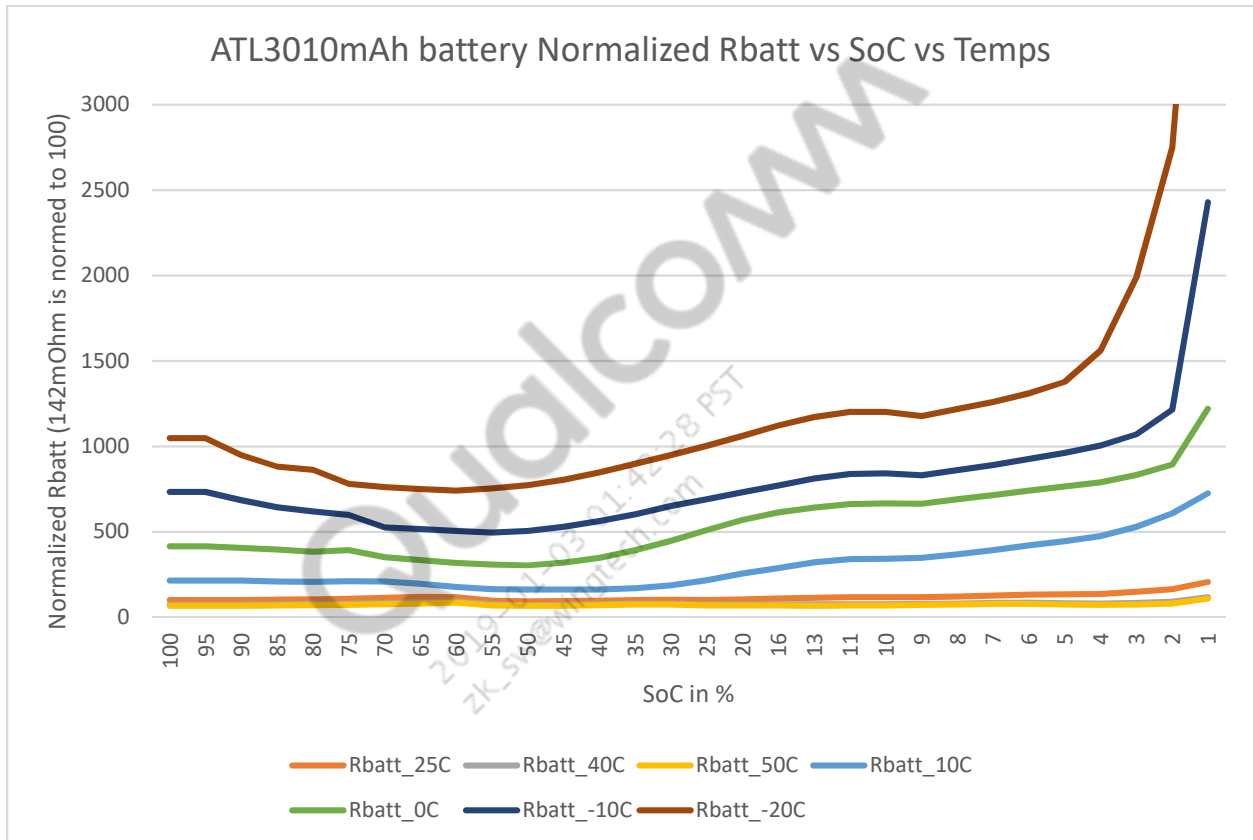
1. 电池 FG 建模的原始输出数据中包含 3 部分内容

- 不同温度下 OCV 对 SoC 的关系表
默认测试 25、40、50、10、0°C，建议增加-10、-20°C
- 不同温度下 Rbatt 对 SoC 的关系表
Rbatt 对应于 Fuel Gauge 中的 ESR + Rslow，在 FG 的 Log 中是 Total Resistance
- 不同温度下的充电和放电的 FCC 容量
注意，是 Full Charge Capacity，是完全充满后（充电电流小于 0.03C），放电直到电流小于 1mA 时，得到的电量。在手机上的计算得到的电量会更小，因为不可能等到放电电流降到 1mA 再关机。因此 FCC 只是一个参照而已。

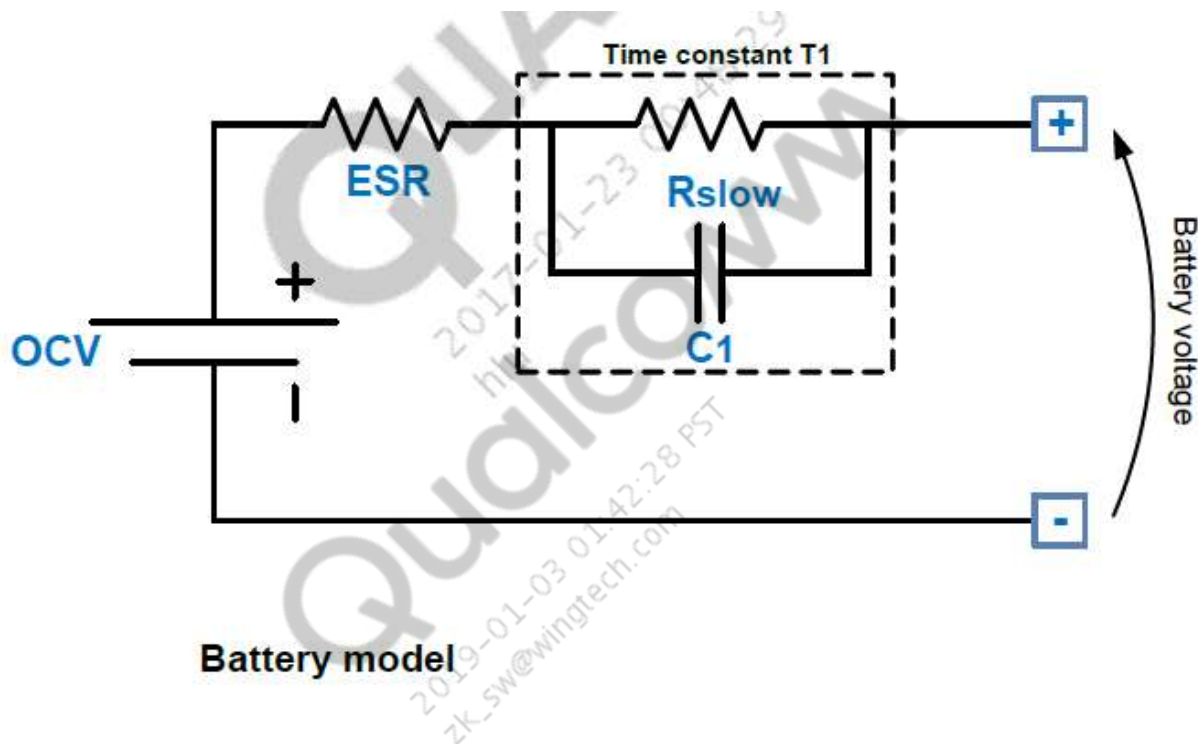
下图是把 OCV 对 SoC 的表用描点的方法显示出来的样子：



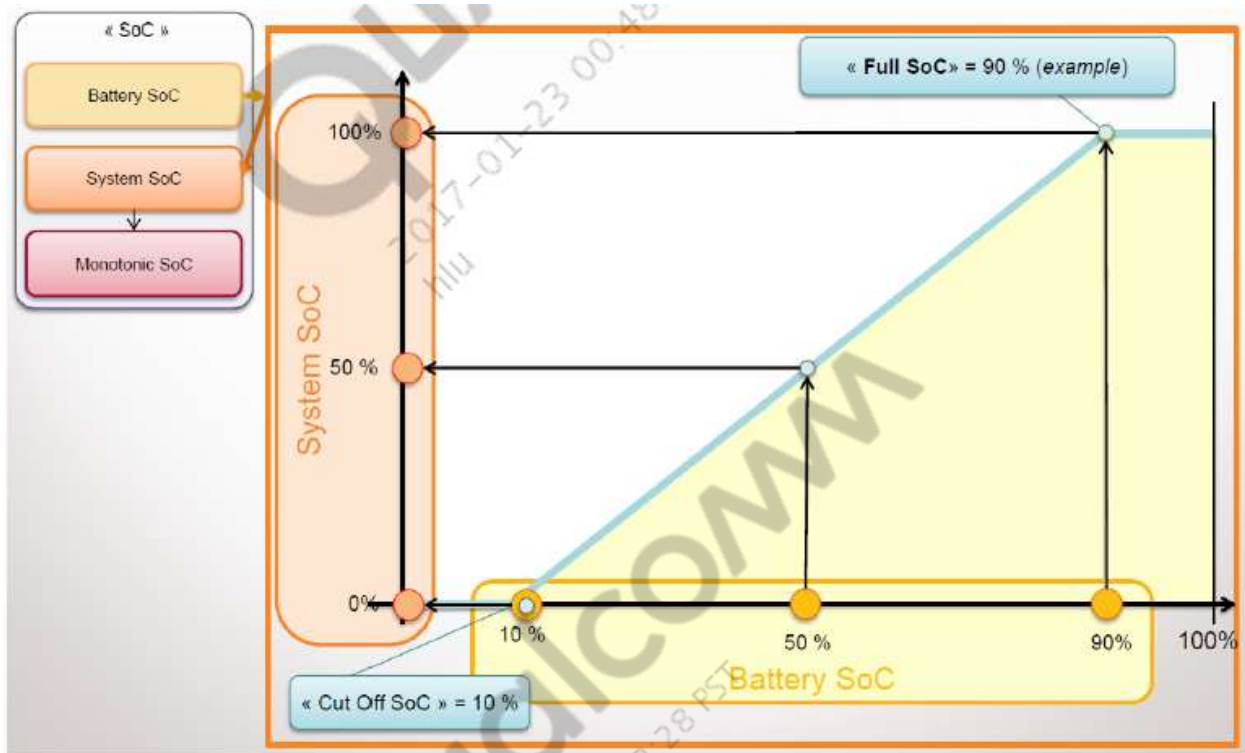
下图是把 Rbatt 对 SoC 的表用描点的方法显示出来的样子。注意，纵坐标默认的是归一化的电阻值，-20°C 下，Rbatt 是 25°C 的 10 倍左右，因此低温下锂电池的性能恶化很多，尤其是电量低于 10%以后。因此低温下所有的用锂电池的手机都会提前自动关机，同样的低温测试条件，如果 FG 参数和建模数据优化得好，手机就能够多使用一段时间。因此建议客户自己增加-10 和-20°C 测试项目，这样建模数据更准确，低温下 FG 的性能更好。



下图是电池的模型，FG 直接通过 ADC 采样电流和电压计算 ESR ($\Delta V/\Delta I$)，Rslow 是 FG 算法由 ESR 计算出来的，它与温度、SoC、充放电模式有关。建模数据中的 Rbatt 可以用来校正这个计算误差。



2. 在 Fuel Gauge 的 dtsi/csv 配置文件中，并没有 OCV 对 SoC 的查找表，真正保存的是 OCV 对 SoC 曲线的拟合多项式的系数。同样，Rbatt 的查找表也没有保存，只有几个跟 Rslow 相关的参数。
 - 为了提高拟合多项式的准确度，电池建模时设定的 OCV 的范围要尽可能的大一些，默认是 3.0~4.4V。请尽量保证保护电路的过放保护电压在 2.7V 以下，否则 OCV 的起始电压会高于 3.0V。如果太高，会导致花费大量的时间来寻找最佳的拟合多项式，推迟给客户提供最终报告的时间。
 - 电池建模提供的是 Battery SoC 信息，而手机 UI 上显示的是 System SoC，他们是不同的，请注意区分。Battery SoC 是静态的数据，只与电池包以及温度相关；而 System SoC 是一个动态的指标，FG 会随时根据充放电电流大小、温度等信息修正它。从数据范围看，System SoC 是 Battery SoC 的子集。因此，当在电池建模的 OCV 范围之内（3.0~4.4V）调整 Cutoff 和 Float Voltage 时，FG 系统会自动重新计算对应的有效的电池容量，不需要重新对电池进行建模。因为电池的 OCV 对 SoC 的曲线是固定的，与关机电压和充电电压无关。



System full and cut-off SoC example

上面的图中，Battery SoC 被掐头去尾，得到了 System SoC，这个头和尾是可以自己定义的，分别对应于 Cutoff Voltage、Cutoff Current 和 Float Voltage、System Termination Current。电池的内阻会直接影响 Cutoff SoC 的计算，尤其是在低温下，不准确的电池内阻会加大 System SoC 的计算误差。

Battery Gauge 在原理上与 Fuel Gauge 是一样的，只是算法在 AP 上运行，更便于调整和优化算法。FG 是固化在 PMIC 里面的 Firmware 不能改动，只能微调部分寄存器设置。