

## TI 电量计在快充手机充电截止时的问题介绍及解决方案

张楚涛 Hugo Zhang

TI 电量计产品技术支持

### 摘要

当前快充手机的使用已经非常普遍，快充技术也给手机用户带来非常良好的用户体验。目前市面上很多快充手机使用 TI 的电量计作为电量计算。电量计也作为快充功能的一个关键模块，参与快充的控制。本文将详细介绍 TI 电量计在快充手机充电截止时所遇到的问题，以及针对这些问题的解决方案，并辅以详细的测试数据以证明方案的有效性。

### 目录

<b>1, 概述</b> .....	<b>2</b>
<b>2, 手机快充充电截止的条件以及问题介绍</b> .....	<b>2</b>
2.1, 快充充电曲线及充电截止条件的介绍 .....	2
2.2, 快充充电截止遇到的问题 .....	3
<b>3, TI 电量计的解决方案</b> .....	<b>4</b>
3.1, 电量计减小 FCC 的方案 .....	4
3.2, Backward Scale 功能 .....	6
<b>4, 总结</b> .....	<b>6</b>
<b>参考文档</b> .....	<b>6</b>

### 图

图 1: CC-CV 的充电曲线.....	2
图 2: FCC 的充电曲线.....	3
图 3: 修改 Ra0 前, 快充停止后 SOC 只达到 96%.....	4
图 4: 手动增大 Ra0 的原理.....	5
图 5: 修改 Ra0 后的测试结果.....	5

## 1, 概述

在快充技术出现之前，手机电池都是使用传统的恒流-恒压（CC-CV）方式充电。所以 TI 电量计的算法也是基于传统的 CC-CV 的充电方式来判断充满的。随着快充技术的出现，充电功率提升到 20W~65W。而且充电的电压曲线和电流曲线上也有较大的变化。在充电末端可能没有恒压的阶段了。这也对电量计提出了新的要求和挑战。

## 2, 手机快充充电截止的条件以及问题介绍

### 2.1, 快充充电曲线及充电截止条件的介绍

传统的 CC-CV 充电方式是充电器先输出恒定的电流把电池电压充到一定电压（如 4.45V，以下均以 4.45V 电芯为例进行讨论），然后充电器维持输出电压不变，充电电流开始下降。当充电电流小于设定值时，充电器就认为充满，然后停止充电，如图 1。

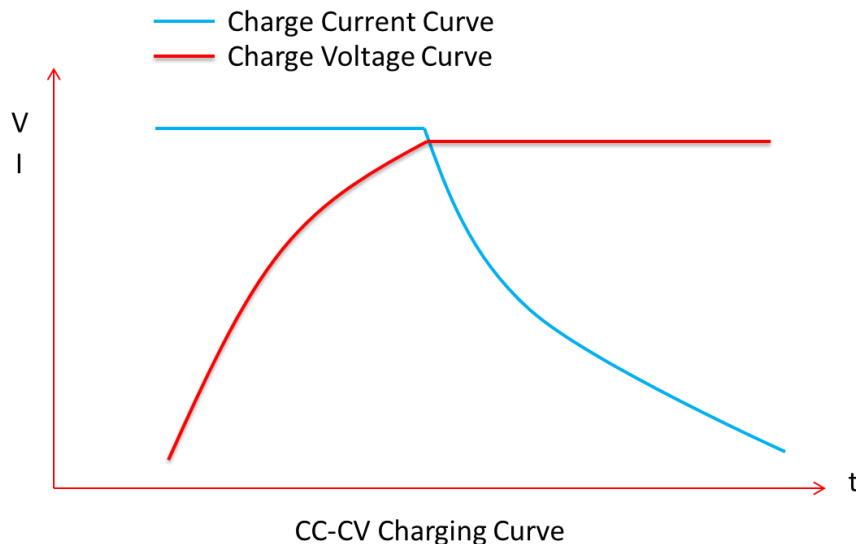


图 1: CC-CV 的充电曲线

最新的快充技术 Fast Flash Charge（FFC），为了达到更快的充电速度，是以很大的电流（如 2C）充到一个电压点，然后电流降额，再充到另一个电压，再降额再充，直到达到电芯规格书上截至条件。下面是某款电芯在 15 度到 35 度的充电要求：1.5Cmin Max to 4.25V, 1.2Cmin Max to 4.45V, 0.8Cmin Max to 4.48V, then 4.48V CV to 0.16Cmin，充电曲线如下图所示：

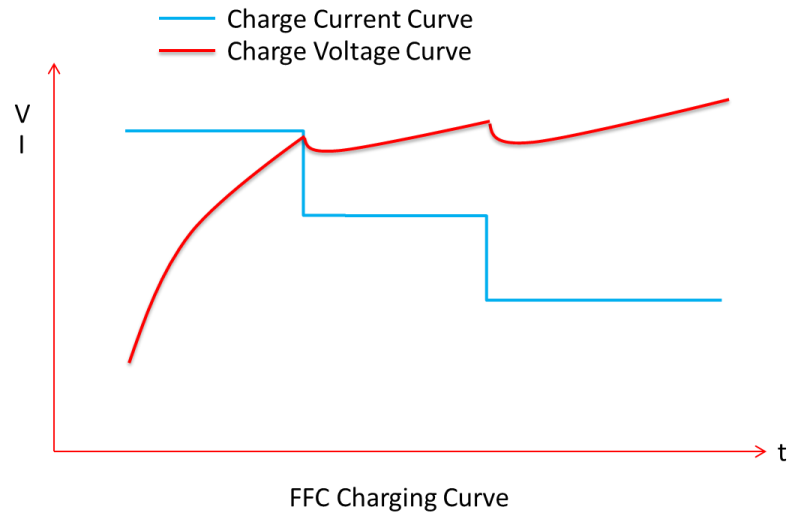


图 2: FFC 的充电曲线

## 2.2, 快充充电截止遇到的问题

TI 电量计认为的充满条件是：（1），电量计在充电状态；（2），电池电压大于设定的电压；（3），充电电流小于一个设定的电流；（4），前面三个条件都满足且持续超过两个连续的 40S 时间窗口；（5），在两个 40S 时间窗口，都累积流过的电量超过设定的值。一旦上述五个条件都满足，电量计就认为充满，会强制把 SOC 变成 100%。

从上面的条件可以看出，TI 电量计认为的充满条件是基于传统的 CC-CV 充电方式的。对于 FFC，其截止充电的条件通常不满足上述条件的第（3）点。所以电量计不满足上述的充满条件。

电量计还提供了另一种达到 100%的方式：通过库仑计分，使得剩余容量 RM 达到满充容量 FCC，从而使得 SOC 达到 100%。

因为电量计算的满充容量 FCC 是跟外围条件密切相关的，如上一一次的平均放电电流，开始充电的时候温度等等。外围条件改变了，满充容量 FCC 也会跟着改变。这就存在一个容量匹配的问题，即电量计算的满充容量 FCC 与用 FFC 快充实际充进去的容量之间的匹配的问题。

下面以 BQ27411-G1D 为例，在实际测试过程中，遇到了在快充停止后，SOC 只能到达 96%或 97%，没有达到 100%的问题。

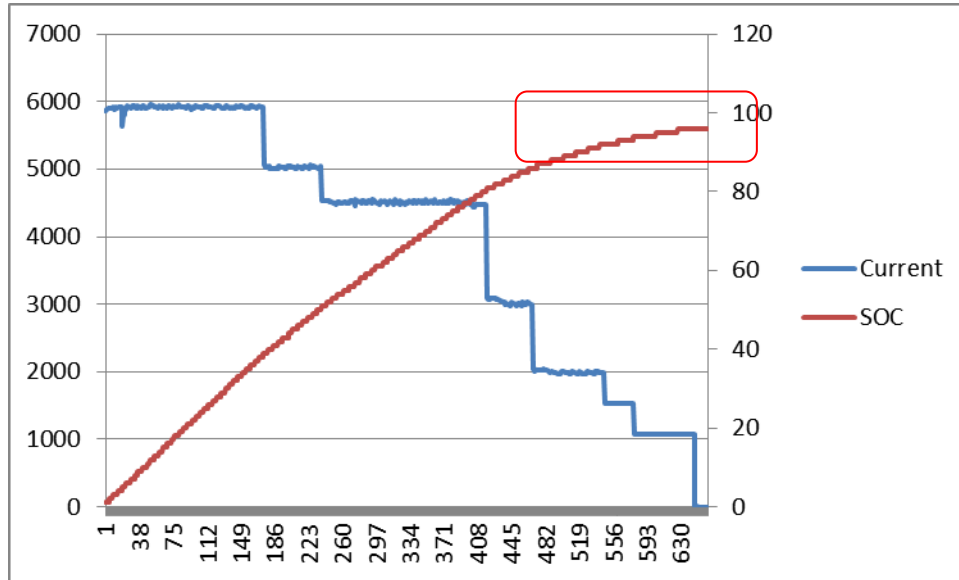


图 3: 修改 Ra0 前, 快充停止后 SOC 只达到 96%

### 3, TI 电量计的解决方案

#### 3.1, 电量计减小 FCC 的方案

解决这个问题的方向是通过调整电量计参数来适当减小计算的满充容量 FCC。我们可以考虑一下三种方案：

(1), 通过调整温度系数 T rise 和 T time constant 来适当减小满充容量 FCC。

这两个参数是电池自发热的模型。根据过往调试经验, 调整 T rise 和 T time constant, 会有改善, 但改善效果不明显。

(2), 适当提高电量计的充电截止电流, 也会减小满充容量 FCC。

以手机常用的电池容量 4000mAh 为例, 通常电量计设定的充电截止电流是 280~400mA。因为手机充电必须兼容 5V/500mA 的 USB 接口。在这种情况下, 实际充电电流可能就只有 400 多 mA。所以电量计设定的充电截止电流不能低于这个值, 否则电量计会误判为充满, 从而导致电量计算有很大的误差。所以这个方案对问题改善的幅度有限制。

(3), 手动把电量计参数 Ra0 改大, 也可以减小满充容量 FCC。

电量计还是以设定的电压电流条件来作为充满点, 进而计算容量的。电量计根据  $OCV = V - I * Reoc$  来计算充满时的开路电压。这里的 V 是充满时电流停止之前测量到的电压, I 是充满时电流停止之前测量到的电流, 而 Reoc 是根据 Ra0, Ra1 和 PresentDOD 进行某种形式的差值算得的阻抗。通过手动把电量计参数 Ra0 改大, 可以增大 Reoc (如图 4 的 Reoc'), 从而减小电量计算得的 OCV, 进而减小满充容量 FCC。可参考图 4。

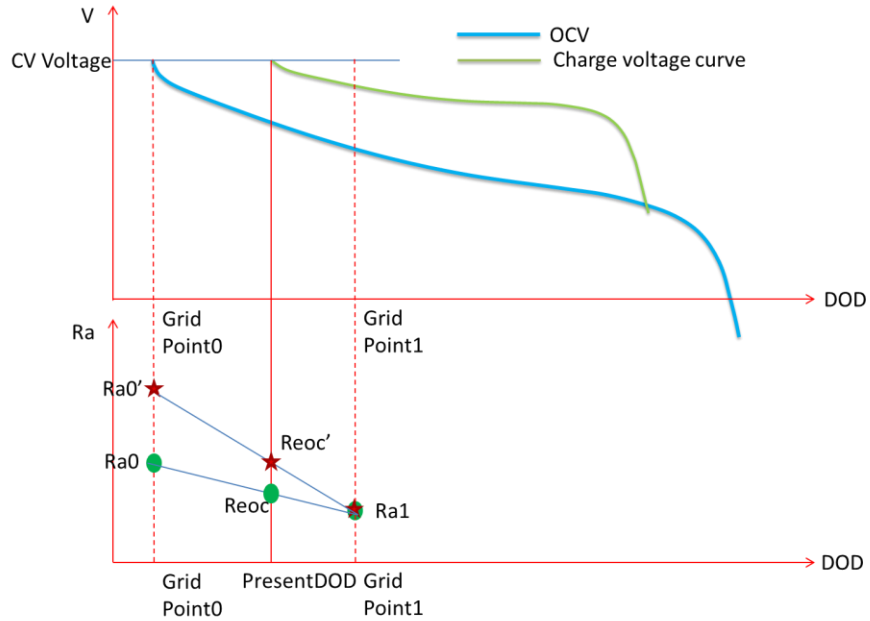


图 4: 手动增大 Ra0 的原理

因为正常的充电，包括 CC-CV 和 FFC，充满时其 PresentDOD 都是达不到 Grid Point0 的。所以手动修改 Ra0 的值，并不会影响其他 Grid Point 的阻抗的更新。

下面还是以 BQ27411-G1D 为例，下图是增大 Ra0 之后的测试数据。可以看到，在增大 Ra0 之后，SOC 在 FFC 快充停止之前，已经达到 100%，并且还留有一定余量。

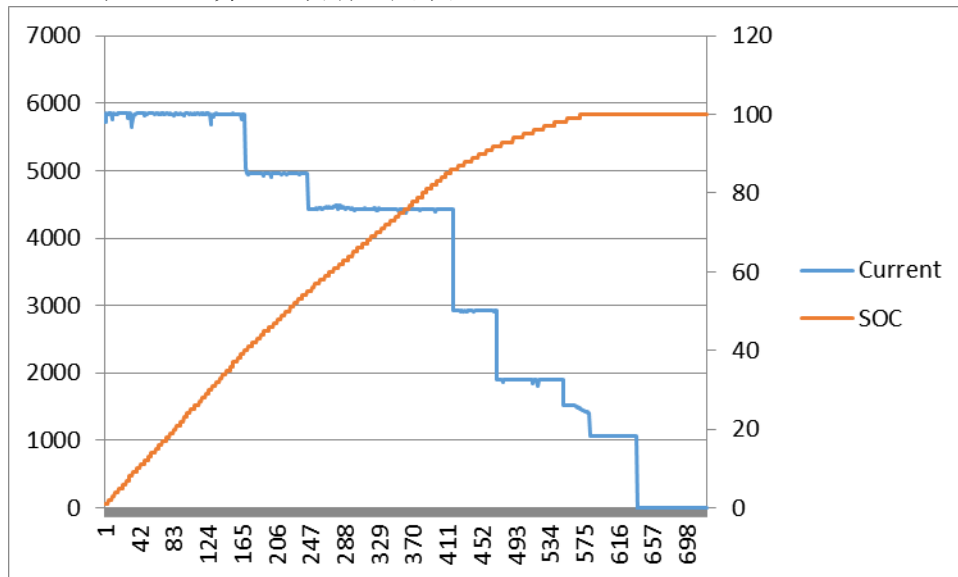


图 5: 修改 Ra0 后的测试结果

### 3.2, Backward Scale 功能

由于在放电过程中，经过某个 Grid Point 时，电量计会测量并更新对应的  $R_{an}$ 。如前所说，正常充电时，包括 CC-CV 和 FFC，充满时其 PresentDOD 都是达不到 Grid Point0 的。即  $R_{a0}$  正常来说是不会被更新的。随着电池的老化，电池的内阻会逐渐增加，即  $R_{a1}\sim 14$  会逐渐增加。这样可能抵消手动把电量计参数  $R_{a0}$  改大的改善效果。

TI 电量计的阻抗跟踪算法提供了阻抗更新时 Backward Scale 功能。Backward Scale 功能是在  $R_{a1}\sim 4$  更新时，在其之前的阻抗点也会做相同比例的放缩。如  $R_{a3}$  学习并更新时， $R_{a0}$ ， $R_{a1}$ ， $R_{a2}$  都会做相同比例的放缩。Backward Scale 功能保证了  $R_{a0}$  和  $R_{a1}$  即使在电池老化后，也有相同的比例，这样就避免了前面所说的问题。

## 4, 总结

本文详细介绍了 TI 电量计在快充手机充电截止时可能遇到的问题，并提出了相应的解决方案，并以 BQ27411-G1D 为例进行了测试验证。本文所提到的解决方案，已成功在某些客户的项目上实现。

### 参考文档

bq27411-G1 Technical Reference Manual (Rev. B), <http://www.ti.com/lit/pdf/slluas7>  
Theory and Implementation of Impedance Track Battery Fuel-Gauging Algorithm,  
<http://www.ti.com/lit/an/slua450/slua450.pdf>

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122

Copyright © 2020 德州仪器半导体技术（上海）有限公司