

TI 电量计在智能手机低功耗场景下的考虑

张楚涛

TI 电量计产品技术支持

摘要

TI 单节电量计在手机上应用越来越广泛。TI 的单节电量计产品包括主机端和电池端的产品。主机端的电量计是指电量计放在手机主板上，而电池端的电量计是指电量计放在电池包的保护板上。对于电池端的电量计，在使用电量计时专门针对手机低功耗场景的考虑显得尤为重要。本文专门介绍了电池端的电量计，如 BQ2754x 系列，BQ2774x 系列，BQ274xx 系列等在手机低功耗场景的考虑，和给出相应的处理方法。

目录

1, 手机的低功耗应用场景及其功耗	2
2, 手机开机黑屏待机时电量计设计的考虑	2
2.1, 电量计休眠模式的工作方式	2
2.2, 黑屏待机时电量计设计的考虑.....	3
2.3, 解决方案.....	3
3, 手机关机时电量计设计的考虑	4
3.1, 手机关机时电量计设计的考虑.....	4
3.2, 解决方案.....	4
3.3, 对假电流的处理	5
4, 总结	5
参考文档	5

图

图 1: 智能手机在黑屏待机后的功耗	2
图 2: Sleep Current 大于实际放电电流时库仑计的工作方式	3
图 3: 漏积分电量导致 SOC 直接跳到 0%	3
图 4: Sleep Current 小于实际放电电流时库仑计的工作方式	4

1, 手机的低功耗应用场景及其功耗

智能手机的低功耗应用场景，主要可以分为两种。

第一种场景是手机开机后的黑屏待机状态。目前业内主流厂家的手机，在开机黑屏待机状态，其最低功耗大概都是 4~5mA。随着开启的功能的增加，如开 WIFI 链接，以及随着后台运行 APP 的增加，其功耗会在此基础上增加。下图是实测的智能手机在黑屏待机后的功耗。

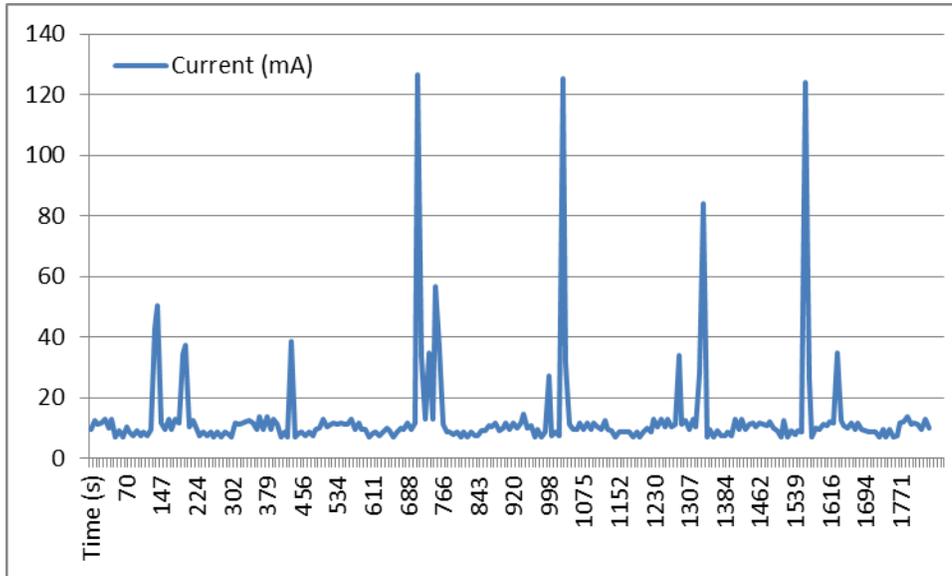


图 1: 智能手机在黑屏待机后的功耗

第二种场景是手机关机的状态，也包括电池包还没组装到手机上的状态。电池包还没组装到手机上时，由于保护板的电量计和保护 IC 会耗电，加上电芯的自耗电，会慢慢消耗电芯的电量，大概是几到几十 μA 。当电池包已经组装在手机上且手机关机时，由于手机主板上还有额外的 200~300 μA 的漏电流，所以总耗电大概几百 μA 。

2, 手机开机黑屏待机时电量计设计的考虑

2.1, 电量计休眠模式的工作方式

出于降低功耗的考虑，电量计有正常工作模式（Normal Mode），休眠模式（Sleep mode）等。休眠模式的功耗比正常工作模式的功耗低很多。以 BQ27742-G1 为例，正常工作模式的功耗是 167 μA ，休眠模式的功耗是 40 μA 。

TI 电量计的休眠模式是指当电量计测得的电流低于 Data Flash 里 Sleep Current 的设定值时，就会进入休眠模式。然后每隔一定时间，如 20S 会进行一次电压电流温度的测量，测量持续 1S。如果还是满足进入休眠模式的条件，就还会保持在休眠模式。如果测得的电流超过设定值（Sleep Current）时，就会进入正常工作模式。而正常工作模式是每秒都进行一次电压电流温度的测量。如果在 20S 期间，电流在检

流电阻上形成的压降超过 Data Flash 里 Wake-Up Comparator 的设定值时，电量计会马上跳出休眠模式，进入正常工作模式。

2.2, 黑屏待机时电量计设计的考虑

电量计的库仑计在休眠模式下的 20S 期间并不工作，只有在 20S 后进行电压电流温度测量的那 1S 中才会进行库仑积分。例如，data flash 里的 Sleep Current 设成 10mA（默认值），而实际的放电电流是 5mA。则电量计会一直处于休眠模式。那么在 21S 的时间，只会积分到 1S*5mA 的电量，而不是 21S*5mA 的电量。这会导致漏积分 $20S * 5mA = 0.028mAh$ 的电量。

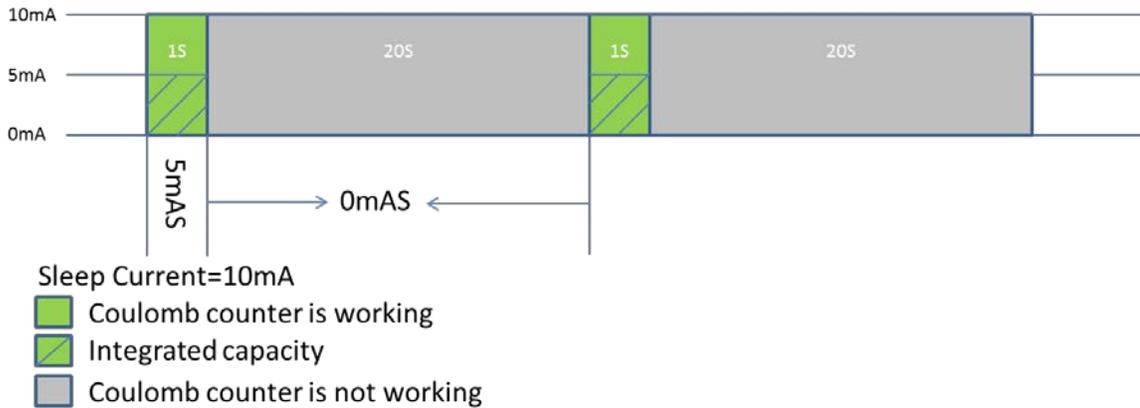


图 2: Sleep Current 大于实际放电电流时库仑计的工作方式

假如这种状态持续 1 天，会漏积分 $0.028mAh * (24h/Day) / 21S = 115mAh$ 。这可能会引起 SOC 在电压较高时直接跳到 0%，如下，导致突然关机。这是非常不好的用户体验。

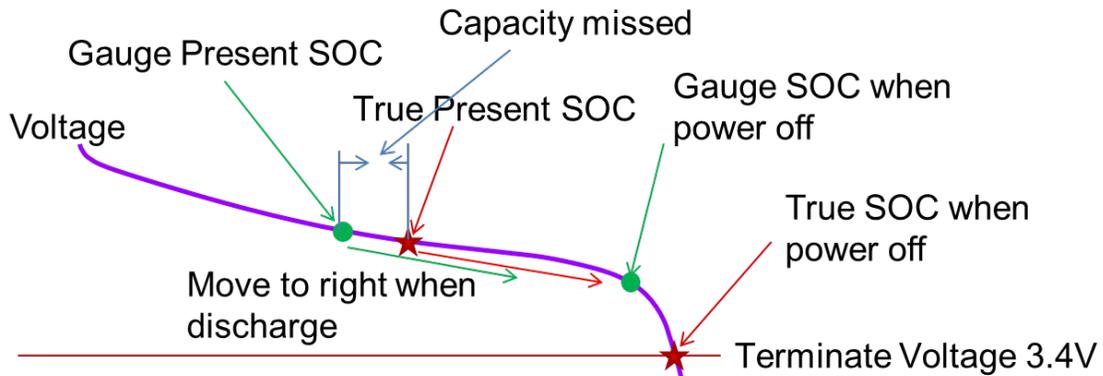


图 3: 漏积分电量导致 SOC 直接跳到 0%

2.3, 解决方案

当然，在黑屏待机期间，如果能确保电池电压足够稳定，或者电量计一直处于 Relaxation 状态超过 5 个小时，电量计会通过读取开路电压来修正库仑计带来的这种误差。但根据实际经验，如图 1，通常在黑

屏待机时，并不能确保一直处于 Relaxation 状态超过 5 个小时。而且由于存在这样的电流，也很难满足电压足够稳定的条件。所以读取开路电压来修正库仑计带来的这种误差并不能起作用。

为了解决这个问题，针对手机黑屏待机时的功耗的特性，可以把 Sleep Current 设置成 3mA。还是用上面的例子，实际的放电电流是 5mA。这可以让电量计在手机黑屏待机时处于正常工作模式。这样就不会漏积分电量，从而避免 SOC 直接跳到 0%，突然关机的情况。

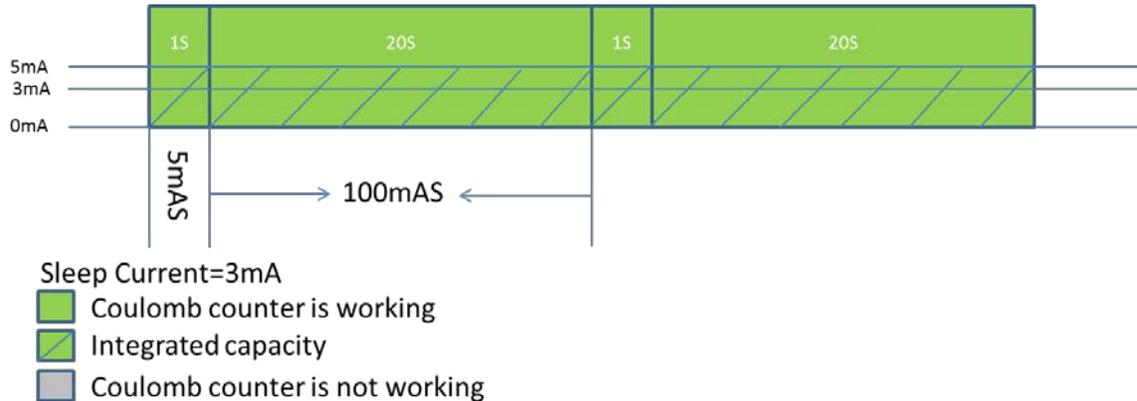


图 4: Sleep Current 小于实际放电电流时库仑计的工作方式

把 Sleep Current 设置成 3mA 后，即让电量计在手机黑屏待机时电量计处于正常工作模式，相比休眠模式，电量计会多消耗 100uA 左右的电流。但这个电流相对于手机黑屏待机时几 mA 到几十 mA 的功耗，是微乎其微的。对手机的待机时间几乎不产生影响。

3. 手机关机时电量计设计的考虑

3.1. 手机关机时电量计设计的考虑

常见的这种场景通常是手机或者电池包在仓库里存放。而存放时间很长，甚至可能超过一年。在这种情况下，如前所述，总耗电大概几百 uA。随着存储时间的增加，电芯的电量会慢慢减少，电压会慢慢下降。电量计也需要针对这种情况进行相应的处理。

3.2. 解决方案

在这种情况下，电量计可以通过读取开路电压来修正误差。所以对于原始的或者平滑前的 (Unfiltered or True) SOC/RM/FCC，是可以得到修正的。但现在 TI 的电量计基本都有平滑的功能。平滑功能的基本原则是在没有充放电电流的时候，Filtered SOC 是不变的。所以需要特别考虑平滑后的 (Filtered) SOC/RM/FCC。

以 BQ27411-G1D 为例，可以适当配置 DODatEOC Delta T, RCRelaxJumpOK bit 来解决这个问题。如果 RCRelaxJumpOK bit 配置成 1 (即允许 Filtered SOC 在 Relaxation 状态下跳变)，当温度变化超过

DODatEOC Delta T 的设定值时，会触发电量计重新进行一次 RM/FCC 的计算，从而可以更新 Filtered SOC/RM/FCC。

如 BQ27542-G1, BQ27742-G1, Pack Configuration C 里有 RlxSmEn bit。该 bit 设成 1，就会允许 Filtered SOC 在 Relaxation 状态下，慢慢平滑到 Unfiltered SOC。而 Unfiltered SOC 是可以通过读取开路电压来修正。所以这种方式也可以把 Filtered SOC 修正过来。

其他型号的电量计也有相应类似的参数可以配置。

3.3, 对假电流的处理

另外，手机或者电池包在仓库里存放的场景下，假电流也是一个需要特别注意的地方。假电流就是在没有实际充放电电流的时候，电量计却测到 offset 的电流。如果电量计测到了假电流，也会进行积分，从而引入了误差。

TI 的电量计都有一个 data flash 参数，CC Deadband。当电量计测得的电流小于 CC Deadband 设定值时，就不对其进行积分。只有电流大于 CC Deadband 设定值时才会对该电流进行积分。

针对手机黑屏待机时几 mA 到几十 mA 的功耗，以及在手机或者电池包在仓库里存放时只有几百 uA 的功耗的事实，我们可以把 CC Deadband 抬高到 2mA 或 3mA。这样即可以把假电流滤掉，避免假电流引起的问题，又不会影响到手机黑屏待机时电量计的正常工作。

对于其他的应用场景，如笔记本，可能存在系统最低功耗时的电流和假电流存在交叠的情况。针对这样的场景，建议在设计时，在系统允许的条件下，选择尽量大点的电流检测电阻。这会减小假电流。如果不能选择大点的电流检测电阻，那还是要利用前面 3.2 的方案来解决这个问题。

4, 总结

本文结合多个实际项目的经验，介绍了 TI 电量计在手机低功耗场景的考虑，和相应的处理办法。本文所介绍的方法，已成功应用于国内主流手机厂家的大规模的批量生产。

参考文档

bq27742-G1 Single-Cell Li-Ion Battery Fuel Gauge with Programmable Hardware Protection (Rev. C), <http://www.ti.com/lit/gpn/bq27742-g1>

bq27742-G1 Single-Cell Impedance Track™ Battery Fuel Gauge TRM (Rev. C), <http://www.ti.com/lit/pdf/sluiuax0>

bq27411-G1 Technical Reference Manual (Rev. B), <http://www.ti.com/lit/pdf/sluiuas7>

有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。您就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法律授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等产权包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默认的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无复发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、[评估模块](http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm)和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm>) 的标准条款。

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 © 2017 德州仪器半导体技术（上海）有限公司