



Gas Gauge 和智能电池问答

TI China 张洪为 will-zhang@ti.com

1. 什么叫智能电池？

答：所谓的智能电池，即 Smart Battery Specification. 由 Benchmarq ,Intel 等多家公司于 1995 年制定，随即受到工业界的广泛认可，成为一个事实性的国际标准，目前 95% 以上的笔记本电脑支持该标准。

2. 为什么要用智能电池？

答：首先，便携式产品进行某些重要工作的时候，使用者需要随时知道自己的电池还能工作多久，即时保存自己的工作，保护他们的工作成果在任何时候不会丢失；

其次，智能电池在可以改变系统过去根据最低电压来预警和切断操作的状况，延长实际使用时间；

另一方面，电池的能量和能量密度也在大幅增长，对安全问题的挑战也越来越严峻，就稳定性而言，大容量电池介于普通物品和炸弹之间的灰色地带，系统需要对电池的温度、电压、电流等参数必须监控，在必要的时候采取措施，这样的要求也需要一个智能的计量、管理、通讯电池。

3. 智能电池的历史？

答：智能电池规范在历史上进行过 3 次升级。1.0 定义了智能电池的全面框架，1.1 修正了一些错误，增加了；1.1a 增加了 PEC，这是一种通讯时的包错误检测；

4. Gas Gauge 和智能电池的异同点是什么？

答：Gas Gauge 实际上仅仅是电池的电量计量，而智能电池这包括了电量计量、电压、电流、温度的测量和管理。由于 Gas Gauge 需要 MCU 系统的介入，因此一般而言，具备 Gas Gauge 的绝大多数是智能电池。

5. 什么叫 SMBus？

答：SMBus 是系统管理总线的英文简写

6. AtRate()为什么总是“0”？

答：按照智能电池规范的要求，AtRate()是由主机在开机后写入智能电池的相应寄存器的值，因此在智能电池装上系统使用前 AtRate()的值只能是 0

7. 什么叫“Learning”？为什么我新买的笔记本电脑，说明书要求前 3 次尽量把电用完再充？

答：所谓“Learning”，简单地讲就是进行一个深度放电后再充满电。这是因为电池有设计容量，但经过长时间的运输、储存等，容量可能发生变化。绝大部分智能电池内置了容量的自动刷新程序，只需要进行一个深度放电后的完整充电，就能自动测量当前的电池容量。由于电池的容量是不断衰退的，因此每 20 个左右充放电循环进行 1 次“Learning”可以及时的更新容量，保证电量指示的准确性。

由于历史的原因，一些笔记本电脑的电池采用了镍镉或镍氢电池，这些电池容量在长期储存或运输的情况下，要求 3 次充放电才能达到最大容量，因此在说明书中笔记本电脑的制造商要求使用者进行 3 次完整的充放电，但这样的要求对于锂离子电池并不适当。锂离子电池不需要激活，一次完整的充放电就可以准确进行电量测量的容量刷新。

8. 为什么我的电池每次充电都停留在 99%，无论如何充不到 100%？

答：这种情况有几种可能。一是由于电池制造商基于电池的化学特性，快速充电效率只



有 99%，因此每次显示充满后他的容量仅仅显示 99%；还有一种情况是系统显示的容量是相对于设计容量的百分比，由于容量的衰退，所以每次充电都不能到 100%，由于电池的容量一般会在 400 次循环后衰退 20%，如果是这种情形，以后你还可以看到 20 次循环后每次充电只能到 98%，以此类推；

9. 什么叫一次保护？什么叫二次保护？

答：通常把可以恢复的保护动作称一次保护，而把不可恢复的保护动作称为二次保护

10. 为什么笔记本电池内除了保护 MOS 管外还有一次性可烧断的化学保险丝？

答：在笔记本电池内部的保护电路的主要保护动作就是在充电异常的时候切断充电保护 MOSFET，在放电异常的时候切断放电保护 MOSFET。所有这些保护电路正常动作基于三个条件：

1. 智能电池系统运转正常；
2. 测量电路完整；
3. MOSFET 正常。

由于智能电池系统往往是基于 MCU 系统的，存在停振、Hang-up 的可能，测量电路直接和大电流和较高的系统电压相连接，也存在被击穿的可能；MOSFET 上面直接流过可能高达 10A 的大电流，工作温度也较高，而且在关断的瞬间，几乎肯定暴露在系统内部固有的、或寄生的电感在电流巨变时的浪涌电压，也存在击穿的可能。

可以看出，任何一个条件不能满足，电池的继续工作就会造成安全问题，因此各大笔记本电脑制造商无不对电池的安全寄予极大的关注，在一次保护之外加上一次性可烧断的保险丝，在出现异常情况的时候停止电池的继续使用。

11. TI 的 Gas Gauge 是如何进行自校准的？

答：在 TI 的 Gas Gauge 内部存在一个自校准模式，每当系统进入睡眠之前，他就会自动把 A/D 转换的输入端在内部接地进行 A/D 转换，这时的输出值被当成当前环境下的 A/D 转换的偏移量 (Offset) 自动写入相应寄存器，无论是电压通道还是专用库仑计数器，均采用同一原理。这样做的好处就是可以动态的最终环境变化进行校准，另一个好处是这个时候整个笔记本电脑已经停止工作，对 A/D 转换的干扰也最小，此时校准本身的精度最高。当然，在制造的时候，也可以通过指令进入校准模式，进行 Offset 校准，达到同样的效果。

12. 为什么普通的电压电流测量，最终要求的精度也不高，TI 在产品中使用 16bit+ 的库仑计数器和 16bit 的 $\Delta-\Sigma$ A/D 转换？

答：在 Gas Gauge 中的电压既有几十 mV，也有 10V 多的 Pack 电压，使用 16bit 的 A/D 转换可以保证任何时候的 0.1% 的电压分辨率；

对于电流信号更加明显，常规笔记本电脑的使用环境下有几十 mA，也有 10 多 A 的，动态范围接近 1: 1000，16bit 的库仑计数器可以保证较高的电流分辨率。

13. EDV0,EDV1,EDV2 分别有什么意义？

答：在 CEDV 被置 1 的时候，这 3 个值实际上是 CEDV 计算函数的 3 个参量；

在 CEDV 被置 0 的时候，EDV0 对应着剩余容量等于 0% 的电压值，如果当前电压降到 EDV0 的话，RM 值会被强行改为 0%，不管它原来的值是多少；同样的道理，EDV1 对应着 3.25%，EDV2 对应着 7.03%。在 bq2060, bq208x 系列中 EDV2 对应的值可以有电池制造商修改“BatteryLow”对应的值，不过系统的默认值为 7.03%，用户可以在 3%~19% 之间修改，一般建议在 4%~9% 之间修改

14. 什么叫 CEDV？他有什么作用？

答：CEDV 就是“终止放电电压补偿”的英文缩写；

在负载变化比较剧烈的情况下，电池的内阻会使得电池的电压随电流变化发生较大



的影响。特别是在电量的最后 30%，内阻迅速上升，对电压的影响非常可观。如果仍旧使用固定的终止放电电压的预警和切断使用的话，多达 15~20%得电量不能使用。因此，TI 提出了一个独有的算法来，即补偿过的终止放电电压，动态的修正可用的容量和终止电压，最大限度的利用电池中的可用能量。EDV 经过补偿后的函数式参见下列公式：

$$EDV_{0,1,2} = n (EMF \cdot FBL - |ILOAD| \cdot R0 \cdot FTZ)$$

其中，EMF 为开路电压值，R0 是电池内阻中的不变部分，FTZ 代表内阻随电量、温度变化的函数关系，n 代表电池包内的电芯数

15. 什么叫：中点电压校正？有什么意义？可以使能、禁止或单次运行吗？
答：在 Gauge Configuration 中有一个 bit, VCOR, 被置 1 的话，Gas Gauge 就会把当前电压值和储存在 VOC25, VOC50, VOC75 中的值进行比较，一旦范围符合的话就把当前电量值分别调整到 25%, 50%和 75%。注意，这一更改仅在 MaxError>25%的情况下进行如初始复位后 MaxError=100%或者长期未进行 Learning 循环造成 MaxError>25%。可以对这一功能进行禁止或初始化后进行单次运行。
16. BIOS 可以通过 SMBus 对智能电池内的设置值进行修改吗？
答：原则上是可以进行的。但通常智能电池的设置值是电池包厂商的知识产权，是需要加密的。一旦允许 BIOS 改写设置值，第三方就可以通过 SM 总线了解到这一密码，从而使加密失效；另一方面，BIOS 的改写有可能发生错误，从而产生额外的安全问题。
17. NearFull 的作用是什么？为什么要设定这样一个范围？
答：在笔记本电脑充电时，笔记本电脑的设计师必须决定是由充电器，还是 Gas Gauge 决定充电终止，如果决定充电终止的是充电器，那么就必须考虑两个判断主体之间的误差。如果充电器总是比 Gas Gauge 先判断到达终点，自行停止充电，那么电池永远不到“满充电”，达到认可的“Learning”循环。NearFull 的存在就可以防止这种情况。
18. 如果充电时电池过压，充电保护 MOSFET 关闭，此时还可以放电吗？强行放电电流将经过这一 MOSFET 的体二极管，会不会发生过热？
答：可以放电。开始放电的时候电流确实会经过体二极管，但一旦电流大于设定的放电检测值如 50mA，那么充电 MOSFET 就会自动打开，避免出现过热的情况。
19. 充电、放电的保护 MOSFET 可以采用 NMOS 吗？
答：原则上可以。由于 NMOS 的载流子是电子，相对于 PMOS 的空穴迁移率要高得多，因此 Rdson 也要小得多，采用 NMOSFET 回比 PMOSFET 更好。
可是，由于 NMOS 的驱动原因，通常不得不把他们放在 Low side，这样在 MOSFET 关闭的时候数据传输也不得不中断，要想正常传输数据，设计者不得不另想途径；另外，NMOS 还必须考虑 0V 时候的导通驱动。
20. 什么叫 PEC？有什么作用？
答：PEC 是 Pack Error Check 的简写。在 SM Bus 的数据传输中，存在数据错误的可能。对于一些安全有关的数据，这是无法容忍的。因此 SMS 开发了一种 CRC-8 的错误检测机制加入了 SMS1.1。发现错误后可以采用重发的机制来纠正。这在高干扰或高可靠性场合非常有用。
21. 什么叫截止线 Deadband？有什么作用？
答：在 Gas Gauge 的电流测量中，由于信号幅度很小，最小的时候仅仅几十 uV，而电路的噪声往往与之相当或略小，如果不采取措施，系统不放电时候也会出现虚假的电流信号。因此 Gas Gauge 往往设立一个截止线，低于这一值的信号予以忽略。TI 建议的默认值折算成电流往往在 1.5~3mA 左右。
22. 什么叫电子型负载补偿 Battery Electronic Load？有什么意义？
答：在 21 题中，过分小的电流信号会被忽略。但如果一些电子系统在待机时存在几百



μA 的电流，这一电流就会累积成为误差。因此，Gas Gauge 就用 Battery Electronic Load 这一想来表征着一基本不变的几百 μA 待机电流，从而消除累积误差。

性能测试