

无线设备中的可编程电池充电技术

正是用户手指底下无数个看不见的可编程器件使得手持设备变得如此便利和有趣。这些手持设备配备的电池容量足可以满足在一个小孩的注意力集中的时间段或一个工作日的使用，因此只要电池有机会重新充电就可以让人们周而复始地享受它带来的乐趣。一些更高级设备中的充电器更是具有强大的可编程能力，这些充电器不仅可以缩短充电周期，还能延长电池的使用寿命。

如今，充电器可编程能力的发展已远远超出了手持设备的上述的这两个基本要求，在监视充电电压和电流的同时，充电器还能随时监测电池温度，精确地控制电池充电速度，从而实现最佳的电池容量恢复和安全性。充电器还在电池的使用过程中连续地监视电池电压，不仅可以在电池电压较低时予以提醒，还能告诉用户在电池必须充电之前还可以使用的剩余时间。

这种可编程性主要在位于设备内的电池充电器的集成电路中实现，充电器可以与管理设备工作过程的半专用微处理器交流它获得的一些信息，关闭系统中不用的或空闲的部分，从而有效地延长电池使用时间。

虽然这种智能充电器会给手持设备带来明显的好处，但也不能忽视作为最基本形式的独立充电器，在有意或无意缺少微处理器控制的场合这些独立充电器将是电池维护的主要力量。对这些场合必须引起重视，因为由于某些原因处理器将无法智能地控制充电器，此时充电器必须要有一定的自立能力。比如，电池接近耗尽而使微处理器没有足够的工作电压这种情况就是需要充电器“自立”的情况之一。

另外一种情况是由于某种非破坏性故障从内部切断了电池组与处理器的联系。此时由外部充电设备直接供电的充电器必须能够在没有微处理器的帮助的情况下，在最短的可能时间内继续安全地按电池化学特性规定的严格充电要求正确地给耗尽或开路的电池充电。

在根据手持设备使用环境粗略地定义了相对理想的电池充电器后，让我们把注意力转移到外部充电设备。随着工作的进一步深入，电气工程背景逐渐失去作用，因为在规定好电压和电流要求后，我们发现最困难的就是选择封装、电缆长度等任务。

当然，上述情况是假设充电设备是由交流电源供电或汽车中的充电适配器二次供电的。主要希望充电器设计能够经受得住偶然的过充考验。设计经过了少许的修改后不仅可以实现自我保护，还能防止电池过压。另外一个可用于手持设备充电的设备是计算机上的 USB 端口。USB 端口可以输出高达 500mA 的恒定电流，仅需一根线缆就可建立 USB 端口和手持设备的电池之间的充电回路。

许多计算机上有丰富的 USB 端口，因此 USB 端口已经成为充电设备的首选方案，而交流供电的墙体插座则是第二种选择方案。即使电脑只有一个 USB 端口也没有问题，因为该端口也只是在上载照片和下载 MP3 等场合用一用。当然，也不

能忽视墙体插座的重要性，但与 USB 端口比起来，墙体插座有许多缺点，至少会发生额外的不必要的费用。最便宜的墙体插座由50Hz 的变压器、整流桥和滤波电容组成，整流器输出电压特性相当差，就像交流电压一样。增加线性整流器可以改良整流效果，但会增加功耗。总之，交流供电的低端充电设备虽然便宜，但体积大、效率低。高端交流适配器由于使用开关方式供电，因此体积较小、效率也较高，但成本有较大幅度地提高，并且还具有传导和幅射问题。如果要满足 FCC 和其它管理机构的要求，还会进一步增加体积和成本。

由于许多人都拥有个人电脑，工作场所电脑也是无所不在，因此最终的低成本充电解决方案肯定是 USB 端口。对经常往返两地的人员来说，只需要为车辆增加一根充电线缆和现成的连续充电源。下面将具体介绍电池充电器，以及如何获得最大容量充电器而又不违反 USB 端口最大的载荷规定。

具有供电能力的 USB 端口可以输出5V 电压和高达500mA 的电流。使用充电电流为常数500mA 的线性充电器时，容量为1,000mAh 的电池只需2个小时就能充满。使用开关模式充电器可以进一步提高效率、减少无源器件的尺寸。图1是通用的锂离子电池充电曲线。

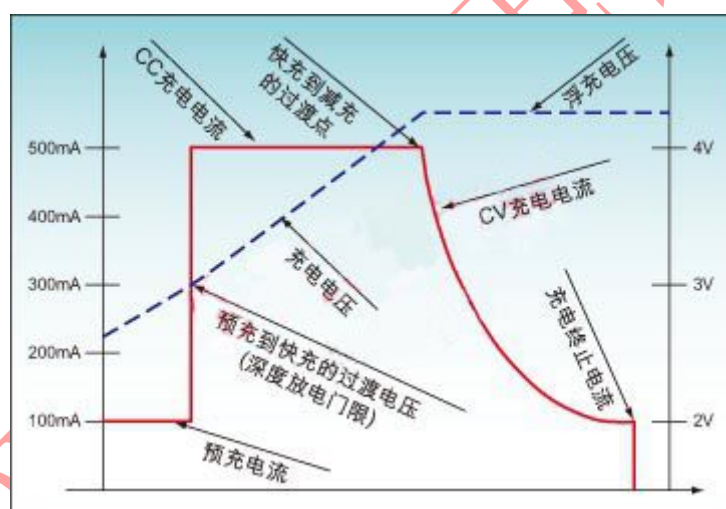


图1：锂电池的可编程充电曲线

值得注意的是，预充电流只是正常充电电流的一小部分，只有等电池电压超过浮充电压后才能用满充电流代替预充电流对电池进行充电。

开关型充电器必须以尽可能高的频率工作才能维持其高效率和 SMD 电感与电容的小型化。集成式的电源开关可以进一步减小充电器体积和成本，并提供特定的一些性能优势，如每个周期的电流限制和电流模式控制。否则，如果开关位于集成式充电器外部的话成本会高出很多。虽然集成平均充电电流检测电路非常有吸引力，但最好还是在充电控制器的外部实现，可直接与电池串联。

与低成本热敏电阻一起构成的温度传感可以为电池带来额外的保护和更长的寿命。通过增加与充电器之间的二线接口通信，可以向用户提供充电/检测参数的可编程配置，同时形成了需要的可以从 USB 端口工作的智能充电器，可以按预先确定的、可编程的预充和满充速率给电池充电。

即使在设备关断后，可编程性能仍然有效。这可以利用板上 EEPROM 来实现，用户可以通过 I2C 接口和 Windows GUI 接口对其进行编程。可编程性能包括充电过程中的一些关键参数，如预充电流、预充到快充的转换电压、快充电流、快充到减充转换电压、充电终止电流和浮充电压设置。

还有一些旨在通过终止充电过程来防止电池受损的辅助设置，如预充超时、快充超时以及低温/高温告警设置点。温度可以通过3个不同标准值的热敏电阻加以监视，每个热敏电阻都对应着一个唯一的恒定电流。可以通过 I2C 命令或可编程极性使能端来激活充电过程。状态输出引脚端可以被编程为闪烁或稳态的开路漏极低电平信号，以指示电池正在充电。

电池和充电器状态可以通过 I2C 接口读取。状态包括空闲、预充、快充和充电结束等充电器状态，以及电池没装、过压或欠压、过温和欠温等电池状态。用户也可以通过该二线接口获得三个充电阶段的充电定时器状态。另外，充电控制器经过编程可以自动开始另一个再充电循环，并能通知用户目前的充电循环是否是控制器开始工作后的第一次循环，或控制器开始工作后的充电循环是否已经结束。

一旦电池选定后就可以开始实际的设计工作。本案例选择的是一个满充电压为4.2V、容量为1,000mAh 的锂电池。选用 USB 端口作为充电电源并要求尽可能快地对电池进行充电。为了方便设计，可以运行如图2所示的 Windows GUI 工具，并通过点击上面的“标准设置”按钮获得需要用户设置的所有参数。

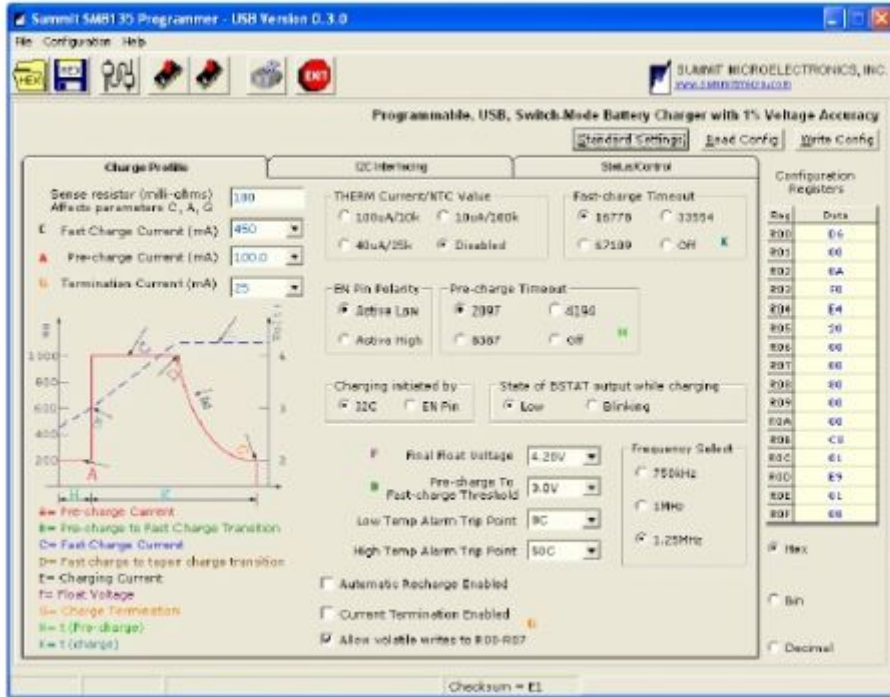


图2：通过 Windows GUI 可以方便地对充电参数进行编程

为了防止 USB 端口输出电流超过限值，根据最大充电电流规定，可以将充电电流定为稍小于 USB 最大输出电流减去电池充电器本身和外围电路偏置电路所需的数十毫安电流。参考 GUI 工具可以发现450mA 是非常理想的充电电流，即使再加上偏置电路的消耗，也不会超过 USB 端口允许的最大输出电流限定值。充电电流检测电阻选用100mΩ。

虽然充电器电流可以设得再高一点，但要考虑充电器工作电流和其它外围支持电路（如上拉电阻和可视 LED 指示器）的电流消耗，必须留有余量以确保 USB 端口最大输出电流不被超过。在完成完整的充电曲线后，将预充和终止电流分别设在100mA 和25mA。同时选择100uA/10k 的热敏电阻以增加热保护功能，浮充和预充到快充的门限分别设为4.2V 和3.0V。

下一步选择开关电感和大容量输出电容。电感的选择标准是在所选的1.25MHz 开关频率上来处理20%~25%的纹波电流。L 的数值根据下式进行粗略的计算：

$$L \geq (5.0 - 3.0) \times (3 \div 5) / (0.2 \times I_{\text{CHARGE}} \times f_{\text{SW}}) \geq 13.3 \mu\text{H}$$

根据计算结果，可选用15uH 的电感。具有低等效串联电阻的陶瓷电容是大容量电容的理想选择。可以选择等效串联电阻为8mΩ 的10uF 电容，这种电容性价比，其容量足够用来滤波纹波电压，而该纹波电压为流经电感器的纹波电流和等效串联电阻的乘积。在输入端增加一个大容量电容和一个旁路电容、为充电

器偏置引脚增加一对旁路电路即可完成整个设计。

USB 标准规定了输入大电容的值，原则上是 USB 端口电压在热插拨时下降幅度不允许超过规定值。充电器偏置电容用来维持内部电压参考和模拟电路的完整性。增加一个500mA、10V 的肖特基飞轮二极管，并使用简单的 RC 与充电器互导放大器组合对开关电路进行频率补偿，从而进一步稳定工作状态。

利用二线串行数据接口并在低级别微处理器的帮助下，充电器可以极大地扩展它的用途。当电池供应商发生变化时，可以通过串行接口重新定义充电曲线以及目前为止电池维护所需的所有其它参数，不需要更换充电器或改变任何外部元件。切换到图3所示的 GUI 中的“状态/控制”栏，可以发现大量可以在充电过程中由微处理器读取并作出反应的易失性状态和故障寄存器。

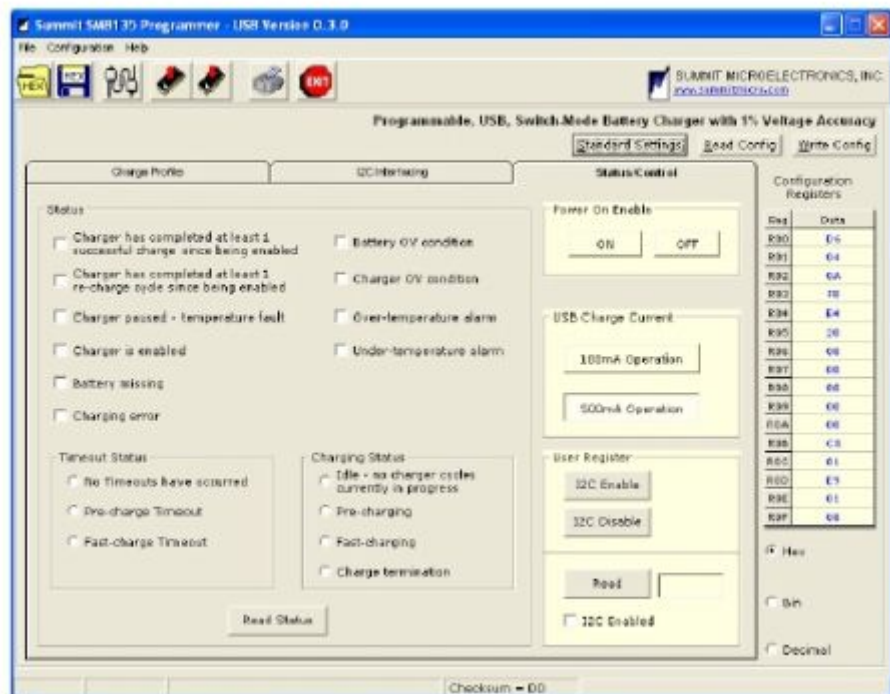


图3：显示充电状态的状态和故障寄存器。命令寄存器开始/终止充电

充电过程可以如图所示那样开始或结束。还有其它一些操作，包括将充电器切换到 USB 集线器工作模式，此时工作电流为100mA。图4给出了带二线串行接口的电池充电器的完整原理图。

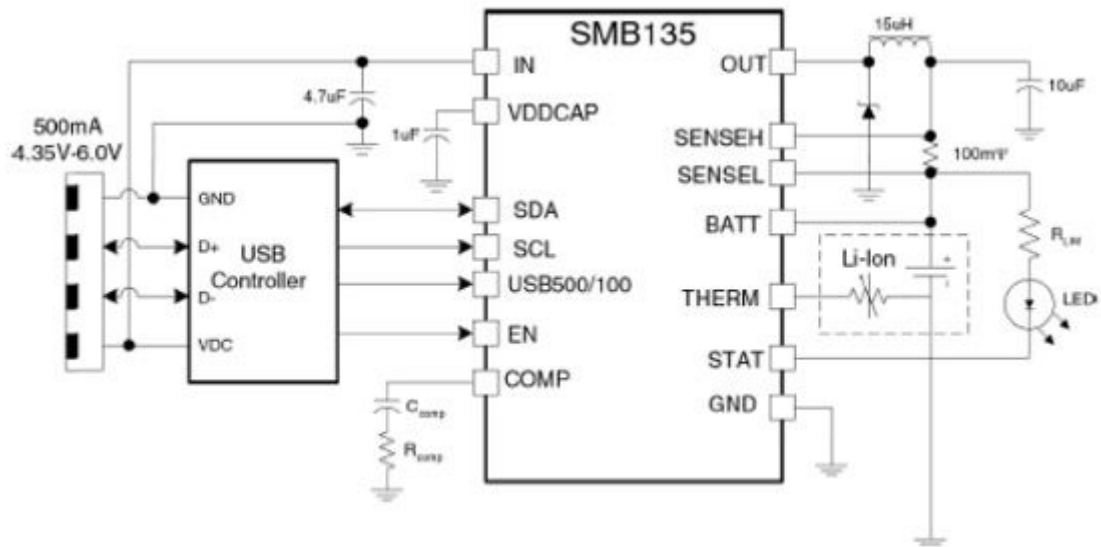


图4：用户可编程 USB 供电的开关模式锂电充电器原理图

技术创新又一次获得成功，因为用于增强 PC 功能的那些器件现在可以用作许多种手持设备的电池充电源。USB 端口通信能力也进一步提升了充电器的性能，使充电器从最初的独立型充电器发展成智能的只需附带一根价格低廉的 USB 线缆的全功能扩展充电平台。

现在仍然是家庭中常见设备的笨重的交流适配器，将变成电池供电设备的可选附属设备，而将主导地位让位于更受欢迎的 USB 充电器。

作者：George Hall

应用工程师

ghall@summitmicro.com

Summit Microelectronics 公司