

便携式电子装置电池的充电管理

吴占先

(韶光微电子总公司, 湖南 长沙 410126)

摘要: 结合应用实例, 简要介绍了几种充电电池的不同特性, 及 BQ2000 充电管理芯片的应用以及使用中的注意事项。

关键词: 充电电池; 充电管理; 集成电路 BQ2000

Management of Chargeable Batteries for Portable Electronic Devices

WU Zhan-xian

Abstract: The different property of some chargeable batteries, the applications of IC BQ2000 for management of chargeable batteries, and the key point in use are introduced by applied examples.

Keywords: Chargeable battery; Management of chargeable batteries; IC BQ2000

中图分类号: TN86 文献标识码: B 文章编号: 0219-2713(2003)04-0180-05

1 引言

随着科技的进步, 个人电子装置正日新月异、突飞猛进地向前发展。手机、笔记本电脑、数码相机等便携式装置已越来越变成人们生活的必需品。便携式装置配备的现代化学电池对充电管理要求是比较严格的。如果能从充电控制、安全、体积及成本诸方面考虑, 为这些现代化学电池提供优质的充电管理, 对最终用户来说, 比使用一次性电池更为方便, 又能降低使用成本; 对制造商来说, 也能增加自己的竞争力。

本文以 TI 公司研制的多化学结构电池充电管理集成电路 BQ2000 为例, 探讨便携式电子装置配备的电池充电控制的最新技术。

2 便携式装置可充电电池及其充电技术现状

现在应用的可充电电池有多种多样, 其中镍镉 (Ni-Cd)、镍金属氢 (Ni-MH) 和锂离子 (Li-Ion) 电池是其中的三大竞争者, 表 1 列出了它们各自的特点。

从表 1 可看出, Ni-Cd 电池的能量密度最低, 而

Li-Ion 电池能量密度最高。就成本而言, Ni-MH 电池居于其余两者之间, 由于 Ni-MH 电池近几年来性能有长足的改进, 因而需要较高能量密度的场合, Ni-MH 电池具有较强的成本竞争力。

便携式装置的制造商利用各种电池的不同特性来实现他们的产品性能和成本目标, 以便在市场上较好地定位和区分他们的产品。这些电池不同的性价比也使得制造商为同产品提供多种电池组选择, 使消费者可根据自身的需要来选择适合的电池。这样一来电池多样化的局面便形成了, 而各种充电装置也必须支持多种化学电池的充电方法。

表 1 3 种可充电电池的特性比较

电池特性	Ni-Cd	Ni-MH	Li-Ion
能量密度 Wh/kg	40	60	90+
工作电压/V	1.2	1.2	3.6
开路电压/V	1.3	1.3	3.6
快充电流	$\geq 1C$	$\leq 1C$	1C
充电方法	恒流法	恒流法	先恒流, 再恒压
基本充电终结法	PVD	PVD 或 $\Delta T/\Delta t$	最小电流法
放电电压范围/V	1.0~1.2	1.0~1.2	3.0~3.8
月平均自放电率	15%	20%	6%

围绕电池充电这一问题, 人们想了不少办法, 各种充电控制方法应运而生。以前, 一般都是采用一些常用的集成电路和分立电子元器件搭构成具有一定功能的装置, 对充电电压或充电电流加以控制。

对于现代 Ni-Cd、Ni-MH 及 Li-Ion 电池的再充电,

收稿日期: 2003-01-22

其典型的控制方法是用一个具有模/数变换的微处理器,不同的开关变换器充电控制电路及带温度补偿的不同的电压基准,加上有关镍基和锂基化学的相应知识来设计预充电判定、状态处理、充电计算和维护充电的技术来进行。完成这样的充电控制,成本是比较昂贵的,工艺也比较复杂,充电器体积相对来说也较大。为了降低成本,缩小体积,减少设计的复杂程度, BENCHMARK 公司(已被 TI 收购)研制了一种全集成且能为多种化学结构电池充电进行管理的,半导体集成电路 BQ2000。

3 BQ2000 简介

BQ2000 是一种 8 脚开关型充电控制集成电路,适用于多种化学结构电池的充电管理,能实现高精度充电控制。它简化了 Li-Ion、Ni-Cd 和 Ni-MH 电池的充电过程,把必要的功率转换和多种化学结构电池的充电控制算法及其它许多现代化学电池充电需要的功能电路制作到同一块半导体集成电路芯片上。

其主要特点如下:

- 可对镍镉、镍氢、锂离子电池进行安全充电管理;
- 高频开关模式控制器使得充电效率可达 90% 以上;
- 可防止对电池组的过充电和欠充电;
- 初充电模式可检测电池短路、损坏以及电池过热;
- 快速充电结束方式,对镍基电池可选择为峰值电压(PVD)和最长时间关断模式,对锂电池可选择为最小电流和最长时间关断模式;
- 可编程的涓流充电方式,使严重亏电电池得以恢复,并有过充维护功能;
- 补足充电模式可使镍氢电池达到最大容量;
- 电池组放入与取出检测;
- 低功耗的休眠方式。

图 1 是 BQ2000 的管脚排列图,而图 2 则是其简略功能方框图。

各管脚功能如下:

脚 1(SNS) 充电电流检测输入端(此端口利用与电池组相串联的检测电阻上的电压来限制充电电流)。

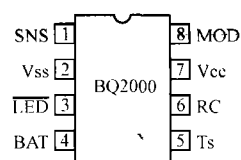


图 1 BQ2000 管脚排列图

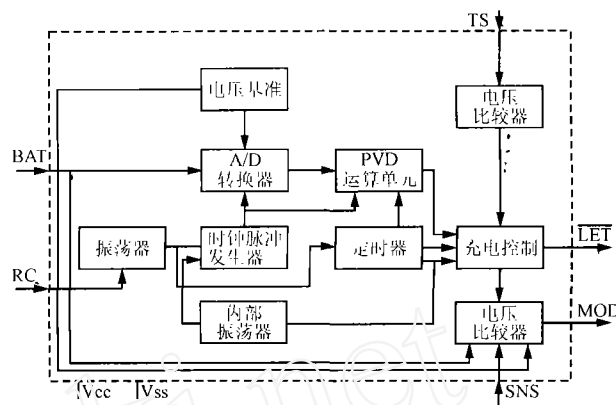


图 2 BQ2000 功能方框图

脚 2(Vss) 电源地。

脚 3(LED) 充电状态输出端。用一只外接发光二极管的亮、暗及闪烁来显示不同的充电状态。

脚 4(BAT) 电池电压的输入端。由一个加在充电电池两端的电阻分压器,产生此电池的电压检测输入信号。

脚 5(Ts) 温度检测输入端。是充电电池组温度检测电路的输入,它由外接电阻和负温度系数的热敏电阻组成,用于设定高低温度的阈值。

脚 6(RC) 定时器的程序输入。在充电循环中,RC 输入为最大充电时间,对关断周期和涓流充电率进行编程,且可控制有无补足充电模式。

脚 7(Vcc) 芯片电源引入引脚。

脚 8(MOD) 充电控制输出端。用来控制电池的充电电流。

4 BQ2000 的工作原理

Ni-Cd、Ni-MH 及 Li-Ion 电池需要精确控制最大化学电池容量,又要防止过量充电,因为,过量充电会减小电池的使用寿命,而且会对终端设备造成物理伤害。针对这种情况,BQ2000 是这样做的,首先由振荡器和内部振荡器共同作用到时钟脉冲发生器,产生时钟信号,用来控制数/模转换、 $-\Delta V$ 运算器及其它有关单元电路,并使之同步工作。对于电池充电电压的采样,BQ2000 在瞬间中断充电电流期间进行采样,以

求采样的精确。采样电压从脚4(BAT)进入电路内部,经模/数转换后送入 $-\Delta V$ 运算器处理。并将运算结果送入充电控制单元,随时控制充电过程,经每秒成千上万次采样、运算、控制,使其达到精确控制的目的。

在充电初始阶段, BQ2000 通过监视电池的电压来检测电池的化学结构,一旦确定了化学结构,立即用适当的算法确定符合该化学结构的控制方法。这个过程排除了欠充电和过充电情况发生。BQ2000 使用的基本充电方法,视电池的化学结构而异。对于 Ni-Cd 和 Ni-MH 电池而言为峰值终结法,而对 Li-Ion 电池来说却是最小电流法。为了充电安全,电路内部设置了一个可供用户编程的充电定时器。通过定时器也可以用最大时间法终结充电。

另外,为了确保安全,在电池的电压和温度未达到预先确定的或用户规定的阈值之前, BQ2000 禁止快速充电。对于 Ni-MH 电池来说,该集成电路还提供一种可选充电,即补足充电模式,以使电池容量达到最大。

BQ2000 的集成高频功率变换器可用做效率大于 90% 的开关型设计,此特性与精密内部基准一起使 BQ2000 成为低功耗高精度充电器的理想解决办法。

5 充电过程分析

5.1 镍镉和镍氢的充电管理

充电管理流程图如图 3 所示。在一个典型的充电循环中,镍镉和镍氢电池首先必须进行检测以确定当前电池的状态,正常时方可进行快速充电。若电池的温度和电压在允许的范围之外,为了确保安全, BQ2000 会自动拒绝快速充电。当电池温度超过 45℃ 时,充电被挂起,直到温度降低。而当电池温度低于 10℃ 或单节电池电压低于 1V 的严重亏电电池,则要先进行小电流充电,待温度和电压正常后,方可进行快速充电。以上措施,可有效地延长电池的寿命。

快速充电开始后,设置一段时间为 PVD 检测封锁时间,此段时间在本充电器中设计为 300s,在此段时间内,不检测电压负增量,这是由于给某些旧电池进行充电的初期,电池端电压不仅不升反而降低,从而导致充电器过早地停止工作。

PVD 终结检测方式对原先采用的 $-\Delta V$ 检测方

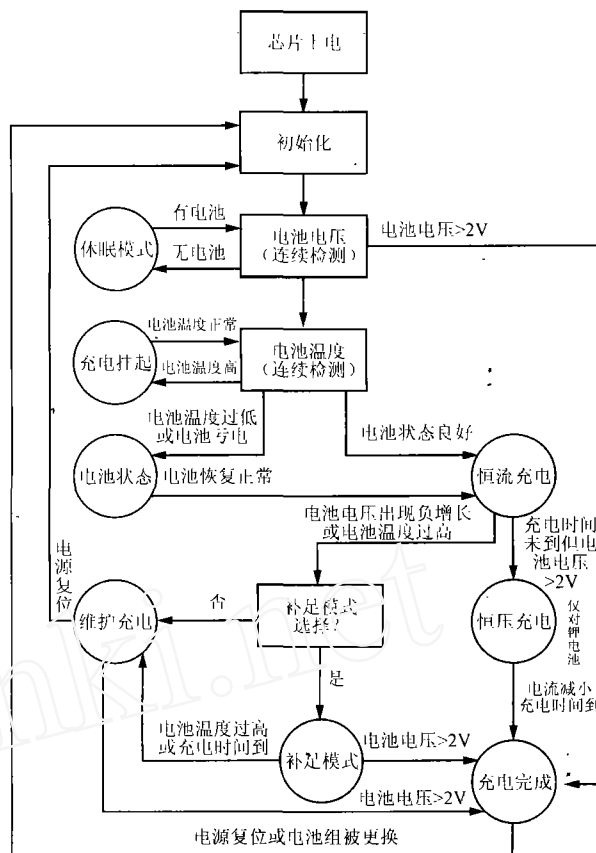


图3 充电管理流程图

式作了一些改进, $-\Delta V$ 检测时,当单节电池的电压比最高充电电压降低 12mV 时快速充电才会终止,而 PVD 则将其改为 4mV/每节,这样就有效地避免了过充的发生。镍基可充电电池通常采用不大于 1C 的恒流充电。

对镍基可再充电电池来说,快速充电可根据电压或温度来终结。图 4 所示的是一种典型的电压法,即峰值电压检测法。可以看出,在电池的电压峰值为每节 0~4mV 范围时,快速充电终结。温度终结法即电池温度上升率 $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$, 典型的 $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ 比率为 1℃/min, 如图 5 所示。

充电速率为 1C 或 0.5C 时,快速充电终结后,电池有可能还没有真正充足电,为了适应电池的这种化学特性,本充电器具有补足充电程序,补足充电的平均充电速率定为快速充电速率的 1/18。

在快速充电或补足充电完成之后,则转入脉冲涓流充电,它的作用是补充电池因自放电而损失的电量,此过程通常被称为维护充电。充电速率一般定为快速充电的 1/32。只要电池未取出,这种维护充电就一直进行下去。

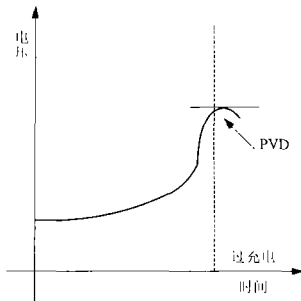


图4 峰值电压终结法

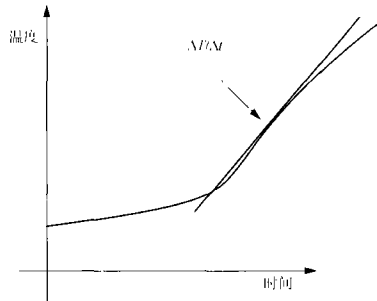


图5 温度变化率终结法

5.2 锂离子电池的充电管理

与镍镉和镍氢电池一样，锂离子电池在快速充电前也必须进行电池状态认定和可能的状态处理。但是，锂离子电池的充电算法却较为复杂一些，典型情况下，这种电池首先用1C或小于1C的恒定电流充电，一直充到其容量的70%~80%，然后改用恒压充电，恒压一般限定为每节4.2V。

锂离子电池充电电压严格要求的原因有两个，其一，是为了把电池容量充到最大而不损坏电池，如果充电电压低，虽然不损坏电池，但难于充至最大容量，降低了电池的放电容量；其二，如果充电电压过高，在充电过程中可能损坏电池组内部电压保护器。

图6是锂离子电池的典型充电曲线，随着恒流充电进行到一定时间后，充电电流开始逐渐减小。通常

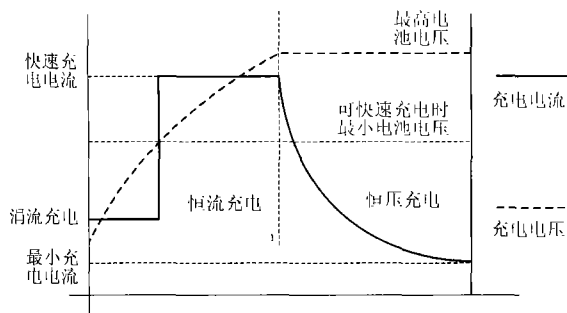


图6 锂离子电池典型充电图

当充电电流降到最大充电电流的10%~15%时，充电终结。由于锂离子电池的自放电很小，所以一般情况下无须维护充电。

6 设计实例

图7是我们制作的充电器的充电管理部分的实际电路，其直流输入电压为9~16V， V_{CC} 为5V，充电电流为1A。可充4节镍电池和1节锂电池，当 R_7 接电池负极时，可充4节镍电池，当 R_8 接电池负极时，可充1节锂电池。下面计算有关数据。

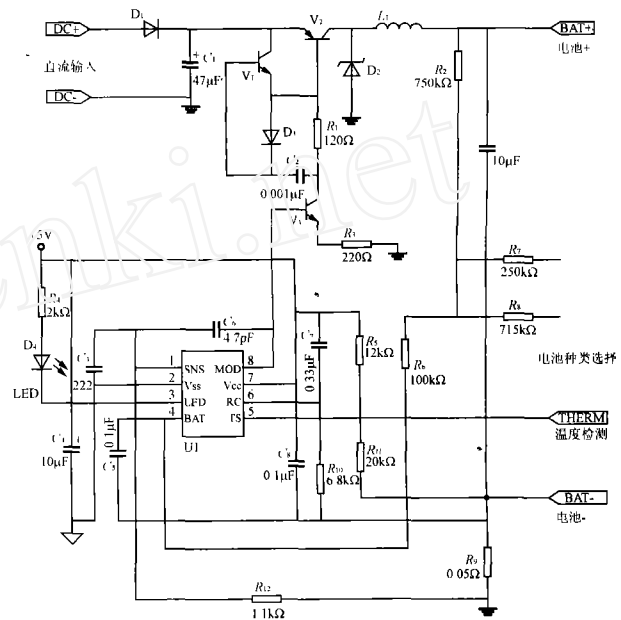


图7 充电器原理图

1) 最大充电终结时间

根据相关资料，对镍基电池而言，设最大充电时间为 t_{max} ，则

$$t_{max} = 35998 \times C_7 \times R_{10} \\ = 35988 \times 3.3 \times 10^{-7} \times 6.8 \times 10^3 \approx 80(\text{min})$$

而对锂电池而言

$$t_{max} = 2 \times 35998 \times C_7 \times R_{10} \approx 160(\text{min})$$

式中：电容单位为F，电阻单位为 Ω ，时间单位为min。

2) 温度监视

如前所述，无论镍电池还是锂电池，为了安全起见，必须在电池厂家所给的最佳温度范围内给电池快速充电，因此，在整个充电过程中必须始终坚持检测被充电电池的温度。在充电过程中，电池温度会慢慢上升，温度达到设定最高点时应终结快速充电。

负温度系数热敏电阻可作为廉价的温度-电压变换器,来监控电池的温度,为了准确地监控电池的温度,热敏电阻应该尽量靠近电池,脚V_{cc}和V_{ss}之间接入电阻-热敏电阻网络,这样在电阻与热敏电阻的节点处(脚TS)即可得到温度取样输入电压,如图8所示。

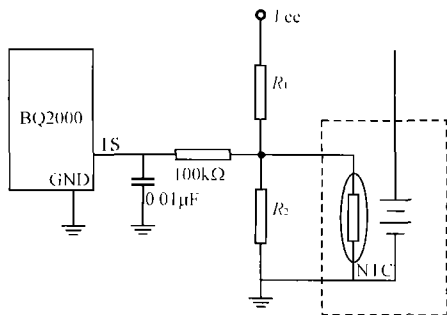


图8 温度检测配置图

3) 充电电压与充电电流

在充电过程中,BQ2000时刻监测电池的电压,确保其不超过最大允许值。加到电池电压取样输入端(脚BAT)的电压,应当是单体电池的电压。为此,应当在电池组两端加入高阻抗电阻分压器。如图7所示,对镍基电池充电时,分压比应为 $\frac{R_2}{R_1} = N - 1$ (式中N为充电电池节数,R₂接电池正极,R₁接电池负极)。当对锂电池充电时,假定单节锂电池最高端电压为4.1V,则分压比 $\frac{R_2}{R_1} = (4.1 \times N - 2) / 2$ 。此时输入直流电压也相应改变。

本设计中最大充电电流I_{max}为1A,可通过改变R₉进行调节。

$$I_{max} = \frac{50mV}{R_9}$$

4) 发光管情况

充电时发光二极管的工作情况如表2所列

表2 发光二极管的工作状况

充电类型	发光管状态	充电类型	发光管状态
无电池	灭	补足充电模式	灭
充电前对电池检测	闪烁	充电完成	灭
涓流充电(快速充电前)	闪烁	睡眠模式	灭
快速充电	亮	充电挂起	闪烁

5) 实测波形

在充电器制作中,我们对快速充电和涓流充电用示波器进行测量,其波形图分别如图9和图10所示。

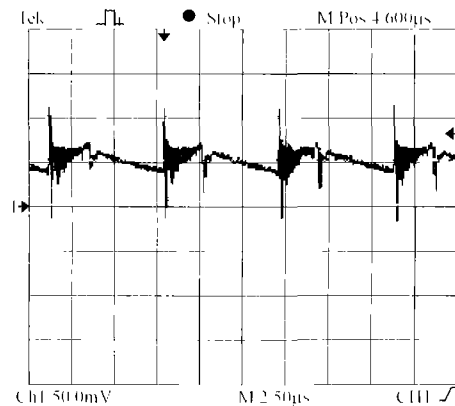


图9 1A快速充电时电流波形

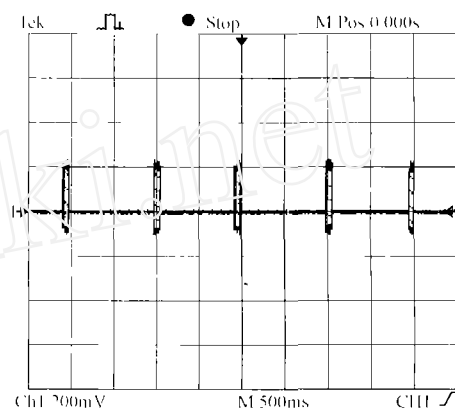


图10 涓流充电时的电流波形

示。

7 结语

1) BQ2000 充电控制电路是美国 BENCHMARK 公司推出的新型充电控制电路,是目前电源技术领域中充电控制电路的新技术、新产品

2) BQ2000 充电控制电路的特点是

——将充电控制所需的各单元电路集成在一片 IC 内;

——芯片内包含一个非常有用的运算器,该运算器可使整个电路控制更精确、操作更安全、功能更完善;

——外围电路大幅度简化,掌握起来更容易、使用也更加方便。

3) 能为当前应用最广泛的 NiCd、NiMH 和 Li-Ion 等多种电池充电

作者简介

吴占先(1949-),工程师 毕业于西安电子科技大学,现从事集成电路设计工作