

基于 AVR 单片机 NiMH 电池充电器的设计

杨春金¹, 郭玖琳²

(1,2 武汉理工大学信息工程学院, 武汉 430063)

摘要: 本文讨论了 Nicd、NiMH 电池的充电曲线和快速充电控制方法, 并介绍了利用开关电源和 AVR ATtiny26 系列单片实现快速智能 Nicd、NiMH 电池充电器的设计过程。该充电器能有效地防止 Nicd、NiMH 电池在快充情况下的过充现象。

关键词: AVR 单片机; NiMH 电池; 快速充电控制

1. 引言

Nicd、NiMH 充电电池具有性价比高、放电电流大、寿命长等特点, 因此在各种通信设备、电动工具、仪器仪表中有着广泛的应用。

普通充电器对电池采取小电流恒流充电方式, 简单的采用电压保护。这样, 将导致电池充满所需时间长, 且容易造成电池过充, 影响电池寿命甚至引起事故。

通过单片机控制的智能快速充电器能够判断电池状态, 控制电池的快速充电, 适用于不同容量的 Nicd 和 NiMH 电池。该方法能大大缩短充电时间, 并能防止电池出现过充现象^[1]。

2. 充电控制和充电流程介绍

2.1 充电控制

快速充电时, 充电电流为常规充电电流的几十倍。充足电后, 如果不及及时停止快速充电, 电池的温度和内部压力将迅速上升。内部压力过大时, 密封电池将打开放气孔, 从而导致电解液逸散, 造成电解液的粘稠性增大, 电池的内阻增大, 容量下降。充电控制就是当电池充满后, 控制器停止对电池继续充电, 避免出现过充^[2]。

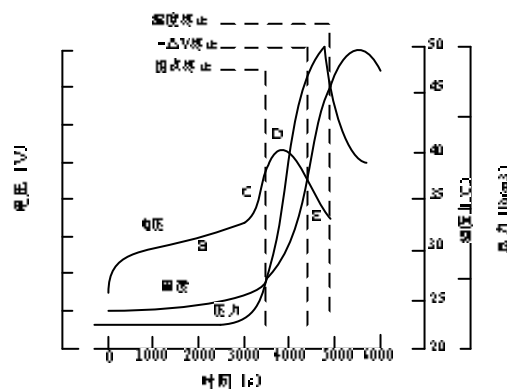


图 1 Nicd 电池电压、温度及压力曲线图

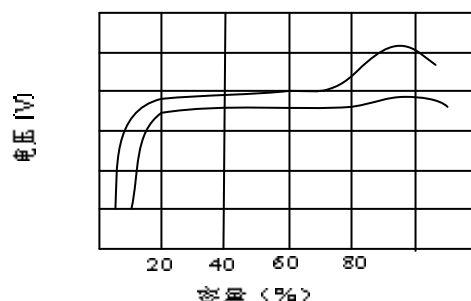


图 2 Nicd、NiMH 电池充电电压曲线

目前常用的充电控制方法有以下几种:

(1) 容量控制法(定时控制法)

该方法直接对充入电池的电量进行精确的计量控制。当充电器的恒流源以恒定电流 I 对电池充电时, 对充电时间 T 做计时控制, 就能准确知道充电电量 Q , 得到电池的容量 $C=KQ=KIT$ 。其中, K 为充电效率系数, 是一个小于 1 的常数。

¹ 杨春金 (1950-), 男, 副教授; 研究方向: GIS 地理信息系统, 信号与信息处理。

² 郭玖琳 (1981-), 男, 硕士研究生; 研究方向: 信号与信息处理。

容量控制法具有简单易行、测控准确、运行稳定可靠等优点,但每次充电前都必须确保电池剩余容量为零才能准确计算出容量。若一律按照标称容量计算就容易造成过充,对电池造成损害,大大减少其寿命。

(2) V_{\max} 控制法

在环境温度相对变化不大时,在可能出现“- ΔV ”点之前,设定某一域值电平,当电池充电至这一域值电平时,控制充电器转入限时脉冲补足充电的过程。这种方法充电的效果并不理想,主要表现为电池总处于欠充的状态,特别是环境温度较低时,这种现象较严重,电池运行的效能得不到充分的发挥。对于 NiCd 电池,将会使其产生记忆效应,降低电池的有效容量。

(3) $-\Delta V$ 控制法

NiCd、NiMH 电池在充电过程中有一个很明显的充满标志——“- ΔV ”,它不随电池自放电性能、电池容量等级、环境温度、电池的保有容量、充电电流的大小以及充电过程中等因素的变化而变化,是目前最可靠、最稳定的检测信息。“- ΔV ”控制方法的实施,一个关键的问题就是测试精度要求较高。NiCd 和 NiMH 电池在大电流快速充电情况下,要求当电池出现电压跌落时必须立即停止充电。

(4) 温度控制法

为了避免损坏电池,电池温度过低时不能开始快速充电,电池温度上升到规定数值后,必须立即停止快速充电。常用的温度控制方法有:

● 最高温度(T_{\max})

充电过程中,通常当电池温度达到 45℃ 时,应立即停止快速充电。电池的温度可通过热敏电阻来检测。其缺点是热敏电阻的响应时间较长,温度检测有一定滞后,同时,电池的最高工作温度与环境温度有关。

● 温升(ΔT)

为了消除环境影响,可采用温升控制法。当电池的温升达到规定值后,立即停止快速充电。为了实现温升控制,必须用两只热敏电阻,分别检测电池温度和环境温度。

● 温度变化率($\Delta T/\Delta t$)

NiCd、NiMH 电池充足电后,电池温度迅速上

升,而且上升速率($\Delta T/\Delta t$)基本相同。当电池温度每分钟上升 1℃ 时,应立即终止快速充电。此过程中为了提高检测精度应设法减小热敏电阻非线性的影响。

● 最低温度(T_{\min})

当电池温度低于 10℃ 时,采用大电流快速充电,会影响电池的寿命。此时,充电器应自动转入涓流充电,待电池的温度上升到 10℃ 后,再转入快速充电。

(5) 综合控制法

上述各种控制方法各有优缺点。为了保证在任何情况下,均能准确可靠地控制电池的充电状态,智能快速充电器中应该采用包括定时控制、电压控制和温度控制的综合控制法。

2.2 电池充电流程

电池的充电过程通常可分为预充电、快速充电、补足充电和涓流充电四个阶段。

预充电

对长期不用的或新电池充电时,一开始就采用快速充电,会影响电池的寿命。因此,这种电池应先用小电流充电,这个阶段称为预充电。

快速充电

快速充电就是用大电流迅速恢复电池电能。充电速率一般在 1C 以上,其时间由电池容量和充电速率决定。快速充电分恒流充电和脉冲充电两种,恒流充电就是以恒定电流对电池充电,脉冲充电则是首先用脉冲电流对电池充电,然后让电池放电,如此循环。

补足充电

采用某些快速充电终止法时,快速充电终止后,电池并未充足电。因此还应加入速率不超过 0.3C 的补足充电过程。在此过程中,温度会继续上升,当温度超过规定的极限时,补足充电结束。

涓流充电

存放时, NiCd 和 NiMH 电池的电量将按 C/30 到 C/50 的放电速率减小,为了补偿电池因自放电而损失的电量,补足充电结束后,充电器应自动转入涓流充电过程。涓流充电也称为维护充电。

3. 硬件电路设计

为实现快速充电，目前可以采用专用芯片和单片机控制来完成。由于目前的专用芯片（如 Max712-713，DS2711-2712，BQ2002 等）在充电控制上没有将上述定时控制、电压控制和温度控制较完整的结合，控制逻辑不能更改，而且这些芯片在快速充电中多采用大电流恒流充电方式，容易产生电池的极化效应，降低充电效率。因此，采用单片机配合软件实现灵活的综合控制配合大电流脉冲快速充电是比较好的解决方案。

电源部分采用开关电源。因为在采用大电流充电的情况下，如果选用传统变压器方式将会使得整机体积较大，效率降低，重量也大大增加。开关电源控制芯片采用 TOP22X 系列^[3]。

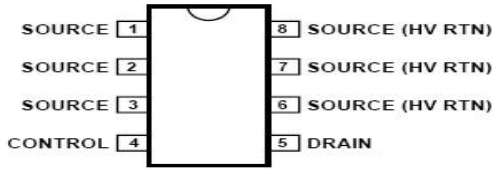


图 3 TOP221 引脚图

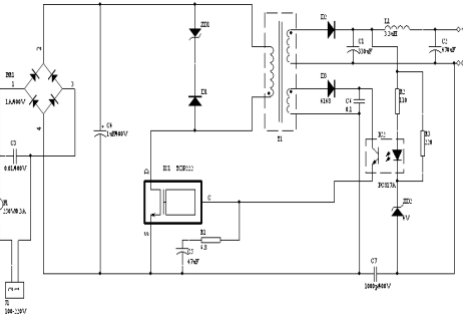


图 4 开关电源部分原理图

开关电源原理图如图 4 所示。

由于充电器同时对 4 节电池进行充电，所以需要 4 路电压采样、4 路温度采样和 1 路电流采样。若选用外部 A/D，则会增加硬件体积和成本，所以需用内置 A/D 的单片机。Atmel 公司的 AVR 的 ATtiny26 系列有 11 路 10 bit A/D，内置 2.56V 基准源，精度可以达到 2.5mV，足以满足应用需要^[4]。

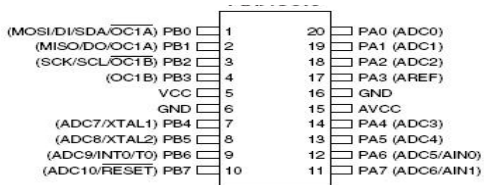


图 5 ATTiny26L 单片机引脚图

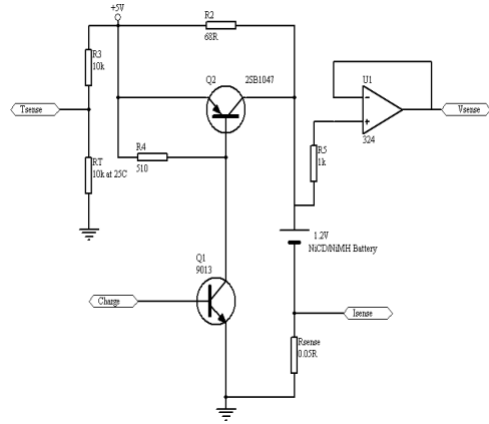
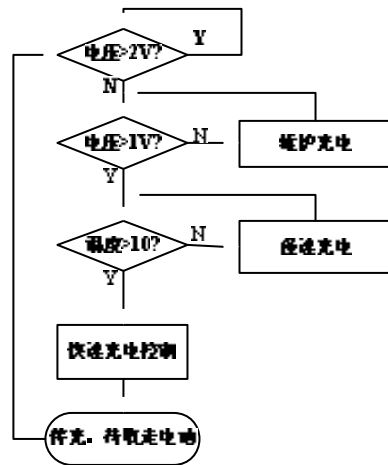


图 6 电池充电原理图(其中一路)

图 6 为充电部分其中一路的电路，RT 为 NTC 电阻，用于检测电池温度。Q1 和 Q2 为电池快充驱动管，Q2 工作在开关状态，电池充电电流大小由单片机形成的 PWM 控制，快速充电电流约 1.5A。R2 为涓流充电限流电阻，涓流充电电流约 50mA。Rsense 为充电电流取样电阻(4 路共用)，U1 为电池电压采样电路，Rsense、Vsense 和 Tsense 都送给单片机内部 A/D 进行数模转换。

4. 软件部分

电池充电流程如图 7 所示。当没有电池放入时，由于图 6 中 R2 的作用，检测到的电压将大于 2V，此时系统不动作。



电池进行维护充电。当电池电压达到 1V 以上时，若电池温度大于 10℃，则可对电池进行大电流脉冲充电，否则进行慢速充电直至电池温度上升至 10℃。

在大电流脉冲充电时，系统检测电池的电压和温度参数，当出现 $0 \leq V < 1V$ 、 $T > 45^\circ\text{C}$ 、 $V > V_{\text{max}}$ 情况之一时，立即停止快速充电，转入限时的低占空比脉冲补足充电阶段，最后转入涓流充电^[5]。

由于温度电阻的非线性，电池温度信号通过 A/D 采样后在数值上和温度不成线性关系。所以，系统通过查表的方法获得当前电池温度值。

实测充电器在充 1-2 节电池的时候充电电流波形如图 8 所示，此时充电电流为占空比约 50% 的脉冲。

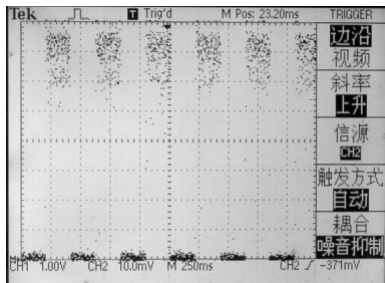


图 8 充 1-2 节电池充电电流

实测充电器在充 3-4 节电池的时候充电电流波形如图 9 所示，此时充电电流为占空比约 25% 的脉冲。

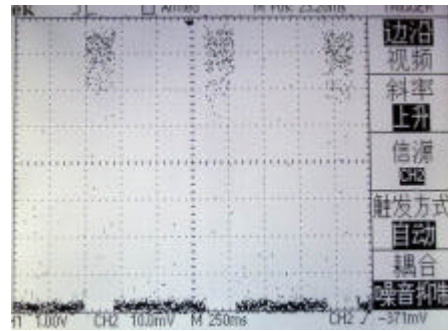


图 9 充 3-4 节电池充电电流

5. 结 论

本充电器采用了开关电源和 AVR ATtiny26 系列单片机作为充电控制电路，电路集成度高，外围原件少，结构简单，充电速度快，效率高，整机小巧轻便。软件上利用综合控制算法，能够适应不同型号和容量的电池的快速充电，有效的防止了 NiCd、NiMH 电池在快充情况下的过充现象，具有一定的实用价值。

参考文献：

- [1] 莫武中，梁建烈，高效智能充电器设计，广西民族学院学报，第 8 卷第 2 期，2005: pp. 39-41.
- [2] 王鸿麟著，《智能快速充电器设计与制作》，科学出版社，1998.
- [3] 沙占有著，《新型单片开关电源的设计与应用》，电子工业出版社，2001.
- [4] ATMEL, ATtiny26 (L) DataSheet, ATMEL CORP, 2005.
- [5] Microchip, Intelligent Battery Charger Reference Design, Microchip, 2000.

Design of NiMH Battery Charger Based on AVR MCU

Chunjin Yang, Jiulin Guo

(Information Engineering Dept., Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

Abstract: This paper discusses the charging curves of NiCd/NiMH battery and its controlling methods of quick charging. And it introduces the design of an intelligent fast NiCd/NiMH battery charger, which uses switch power and AVR ATtiny26 MCU. The charger can effectively prevent NiCd/NiMH battery from being over-charged on the fast charging situation.

Key words: AVR MCU; NiMH Battery; Fast Charge

(责任编辑：Zidan, Susan, 吴潇)