

基于 ARM 的四路锂电池充电器设计

余新华 李太全 陈 威 程昌彦

(长江大学物理与光电工程学院 荆州 434023)

摘要: 随着便携式电子产品的迅速发展,锂电池的使用也越来越广泛。为解决多种锂电池电子产品快速充电的问题,应用 STM32 单片机设计制作了一种智能化四路锂电池充电器。设计集成了四路充电回路,各个回路独立控制,互不影响。通过模拟开关来分别选通充电回路,利用按键来选择初始化充电参数,采用 PWM 波来调节锂电池的充电过程。经过实验验证,在保证充电时间的前提下,此设计能有效实现多路同时充电,而且通过按键选择,可以选择为 3.7 V 和 7.4 V 2 种大小的锂电池充电。

关键词: 多路充电;锂电池;模拟开关;STM32 单片机

中图分类号: TM910.6 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1010

Design of four channel intelligent Li-Ion Battery Charger based on ARM

Yu Xinhua Li Taiquan Chen Wei Cheng Changyan

(College of Physical and Optoelectronic electronic Engineering, Yangtze University, Jingzhou 434023, China)

Abstract: With the rapid development of portable electronic products, electronic products also more and more consumers carry. In order to solve the problem of quick charge for a variety of portable electronic products, application of STM32 MCU design an intelligent multi-channel Li-Ion battery charger. This design integrates four road charging loop, each loop control independently, without mutual influence. It is through the analog switch to respectively gating charge circuit, and use the button to select the initialization of charging parameters, using PWM wave to regulate the charging process. The experimental results show that under the premise of guarantee the charging time, this design can effectively realize multi-channel charging at the same time, and through the button to choose, can choose for two kinds of the size of 3.7 V and 7.4 V lithium battery.

Keywords: multi-channel charging; lithium batteries; analog switch; STM32 microcontroller

1 引言

1991 年 SONY 公司发布首个商用锂离子电池^[1],锂离子电池能量密度高、功率特性好、寿命长等优点^[2-3],因而很快锂电池便得到了广泛的应用,然而锂电池在充电过程中容易发生危险,如过充形成内部短路而爆炸。所以锂电池对充电的过程非常严格。单个锂电池的充电方法有很多种^[4],目前常用的有恒流充电、恒压充电、三段式充电、脉冲充电、Reflex 充电^[5]。随着使用锂电池的便携式设备越来越多^[6-7],一次性要为多块锂电池充电成为需要解决的问题,这样就可以节约更多的充电时间。介绍的多路充电器以三段式充电方法为基础,结合 ARM 单片机的优点^[8],通过关闭 PWM 波并检测接入充电电池接口的接口电压来判断该回路是否有充电电池接入。采用循环的方法,利用模拟开关来选通并为每个接有锂电池的充电回路提供持续的充电电流。4 个充电回路相互独立,某一回路的电池充满

电后自动停止充电,而不会影响其他回路的继续充电。按键的功能就是选择 3.7 V 和 7.4 V 大小的充电参数,来满足不同电压大小的锂电池充电。

2 设计方案

该系统由 3 部分组成:控制部分、检测部分及充电部分。其中 4 个充电模块共用一个检测模块和控制模块。以 STM32F103ZEBT 单片机为控制核心。对于四路充电器,定时检测每块电池的电压电流以做充电调整,需要 8 个 A/D 通道进行采集,相当占用 A/D 转换器的资源,本设计用一个模拟开关 CD4051,只需要 1 个 A/D 通道就可以对 4 个充电回路的充电电池进行电池电压的采集。通过判断电池所处的充电状态,分别调整各路 PWM 波的占空比,来分别控制各路电池的充电状态,达到高精度快速的充电效果。按照此方法用一个 STM32F103ZEBT 处理器只需要 8 个

A/D 通道可以扩展成 24 路锂电池充电器。

3 硬件设计

3.1 单片机电路

电路的总体设计方案如图 1 所示,该多路智能锂电池充电器主要由主控制模块、BUCK 转换器充电模块、模拟开关选择模块以及电压电流检测模块组成。主控制器选用 32 位单片机 STM32F103ZEBT 作处理器。该单片机内部集成了 18 通道的 12 位 A/D,转换速率可达 1 MHz。单片机有 8 个 16 位定时器,其中有 6 个定时器支持 PWM 输出,每个定时器都有捕获/比较寄存器,用来直接控制 PWM 输出,为 PWM 控制的设计提供了更方便的方法。这些丰富的外设配置使得 STM32 微控制器适合锂电池充电控制等场合。

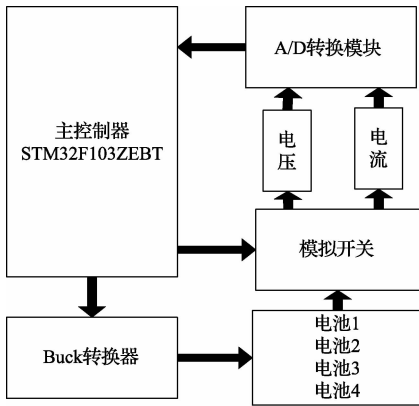


图 1 总体设计方案

单片机单元电路如图 2 所示,使用 PA. 0~PA. 3 分别作为 4 个充电电路的 PWM 输入端,PA. 4 作为 A/D 采集输入端与模拟开关的 3 号引脚相接。PA. 5、PA. 6、PA. 7 作为模拟开关 CD4051 的地址端。

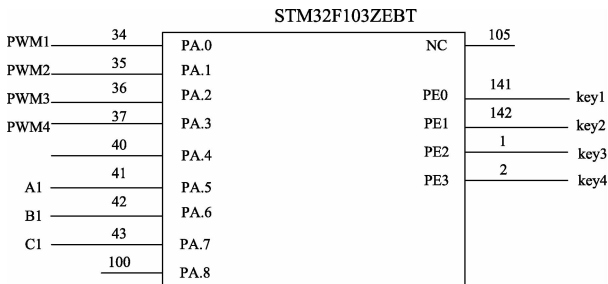


图 2 STM32F103ZEBT 单片机电路

3.2 充电电路设计

该充电器的充电电路由 BUCK 转换电路^[9]和 PWM 控制电路组成,BUCK 转换器主要起降压、储能的作用,而 PWM 主要起开关作用,控制 MOS 管将输入电压降至电池端电压^[10]。采用 12V 直流电源供电。

充电电路如图 3 所示,PWM 信号由 STM32F103ZE

BT 单片机产生,调节 PWM 波,当 MOS 管 Q1 导通时,此时电流流经电感对电容充电,从而对锂电池充电。当 MOS 管 Q1 截止时,此时电感通过感应电压来保持电流流动,此时通过二极管 D2 给电容充电,从而给锂电池充电。为了同时给 4 块锂电池充电,需要 4 个图 3 所示的充电回路。

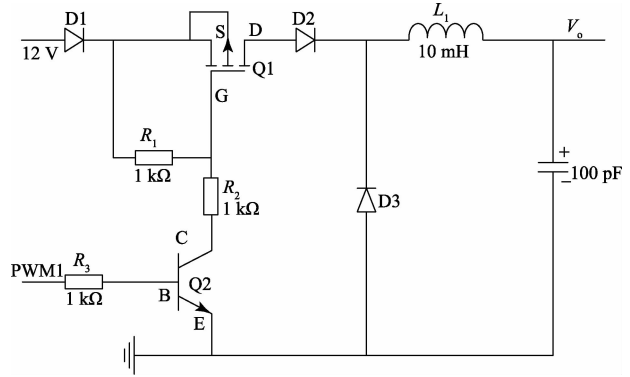


图 3 PWM 波控制 BUCK 电路

3.3 模拟开关电路设计

本设计是要达到同时为 4 块锂电池充电,用模拟开关 CD4051 来控制 A/D 输入,可以节约 STM32F103ZEBT 的 A/D 通道。用 CD4051 模拟开关,只需要一路 A/D 通道就可以采集 4 路电池的电压电流。

当 C1B1A1 为 000 时,其选中的输入通道为 V1,当 C1B1A1 为 111 时,其选中的输入通道为 I4,因此只需要改变 C1B1A1 的值,就可以选择哪个电池作为 A/D 的采集输入。3 号引脚为公共输出/输入端,这里作为 A/D 的输入端。模拟开关的电路如图 4 所示。

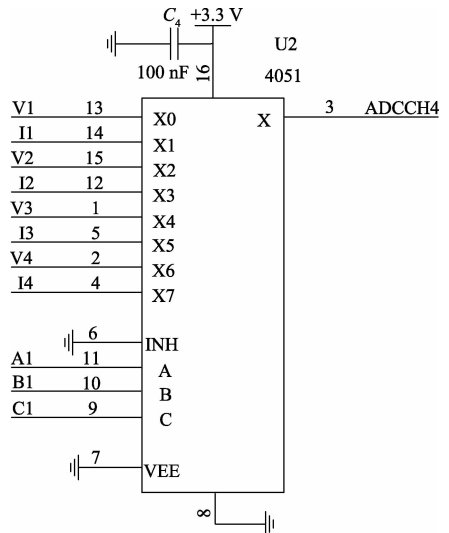


图 4 模拟开关电路

3.4 电压电流采集电路设计

系统电压采样采用精密电阻分压方法^[11],电阻分压

网络电路如图 5 所示,该电路直接与被充锂电池相接。电阻 R_3 与 R_4 对充电电压进行分压,从中分出电压测试点 V_1 ,测试点 I_1 为测电流用。 V_1, I_1 分别于模拟开关 CD4051 相接。 $V_2, I_2, V_3, I_3, V_4, I_4$ 的采集电路和图 5 相同。

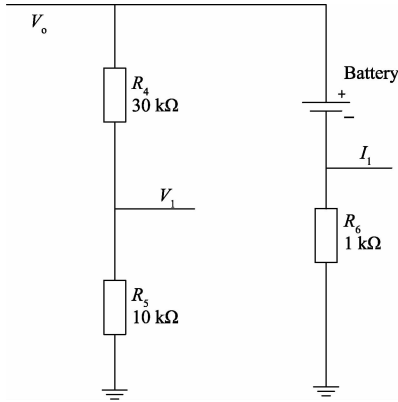


图 5 电压(V_1 端)电流(I_1 端)检测电路

4 软件设计

4.1 程序流程

该充多路锂电池的系统软件采用 C 语言编写,该系统设计采用模块化设计,主要包扩:STM32F103ZEBT 单片机模块,定时器产生的 PWM 波控制充电模块,电池电流、电压检测模块。充电过程程序流程如图 6 所示。

4.2 按键选择机制

通过按键选择充电参数的设置,以便适应 3.7 V 和 7.4 V 的锂电池充电。程序如下:

```
for(i=0;i<4;i++)
```

```
{
    if(((key1==0)&&(i==0))||
        ((key2==0)&&(i==1))||
        ((key3==0)&&(i==2))||
        ((key4==0)&&(i==3)))
        {...} //7.4V 电池充电参数设置
    else {...} //3.7V 电池充电参数设置
}
```

程序中 i 为 4 个充电回路的编号, i 和 key 一起作用决定相应的充电回路。

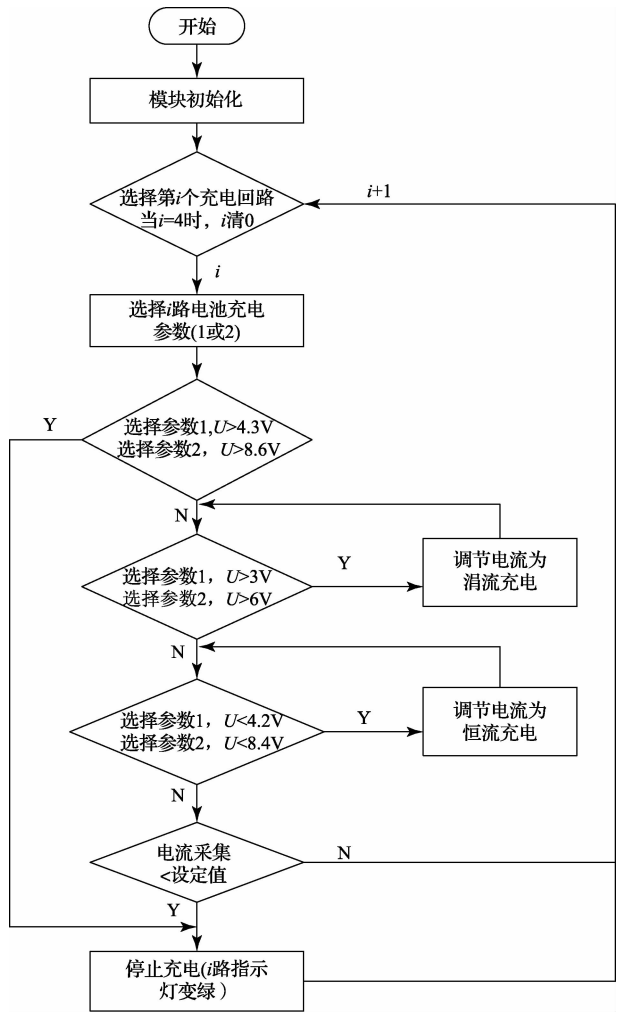


图 6 充电过程程序流程

5 验证和分析

本文设计的充电器主要应用在便携式电子产品,适应 3.7 V 和 7.4 V 的锂电池充电。实验验证采用 12 V 的直流电源供电。为了记录验证每块电池的充电过程,在系统中加入了液晶模块作为显示。将 3.7 V 950 mA、3.7 V 1 200 m、7.4 V 1 200 mA、7.4 V 1 500 mA 电池,分别接入系统的 4 个充电回路按下接入 7.4 V 电池充电回路的按键,在同一时间记录每块电池的充电电流如表 1 所示,其中电流单位为 mA,时间单位为 min。

表 1 不同时间下每块电池的充电电流

(mA)

电池类型	20 min	40 min	60 min	80 min	100 min	120 min	140 min	160 min
3.7V,950 mA	105.32	498.12	501.23	468.51	198.23	72.27		
3.7V,1200 mA	106.59	500.67	501.32	502.35	256.37	97.75	73.45	
7.4V,1200 mA	106.44	499.36	500.54	500.17	255.86	99.13	74.16	
7.4V,1500 mA	105.87	502.52	501.62	500.33	501.21	203.48	104.38	70.18

从表1和图7可以看出,4块电池都能在相应时间进入相应的充电阶段,且都能明显区别出3个充电阶段:涪流充电阶段、恒流充电阶段、恒压充电阶段(电流减小的阶段)。充电过程很符合三段式的充电过程。由于此设计采用的恒流充电电流都是500 mA,所以对于相同的容量的电池,充电时间相差不大,充电时间根据电池容量而发生变化。对于950 mA容量的电池最先充满电,而1500 mA容量的电池最后充满电,相互都没有影响。因此此设计能有效实现4路锂电池同时充电。

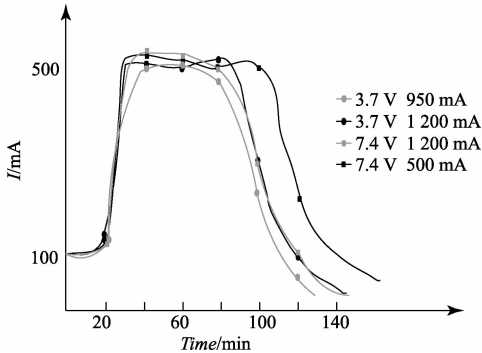


图7 锂电池的充电电流

6 结 论

根据锂电池的充电特性结合 ARM 设计了4路锂电池充电器,并通过实验进行了测试和验证。但是只涉及充电部分,电源部分没有涉及,供电采用12V直流电源。测试和验证结果显示,该充电器能有效实现多路同时充电,可以满足两种不同大小的锂电池充电要求。非常适合便携式电子产品的应用。

参考文献

[1] 孙逢春,王震坡. 电动车辆动力电池系统及应用技术[M]. 北京:机械工业出版社,2012.

- [2] 王占国,文锋,盛大双,等. 新型充放电均衡一体化电池管理系统研究[J]. 电子测量与仪器学报,2012,26(5):431-436.
- [3] 王彪. 基于分时复用技术的锂离子电池组均衡充电电源[J]. 仪器仪表学报,2013,34(12):83-86.
- [4] 何秋生,徐磊,吴雪雪. 锂电池充电技术综述[D]. 电源技术,2013(8),137(8):1464-1466.
- [5] OU S Y, TIAN J H, YANG C Y. Design and implementation of a DSP-based fast charger for Li-ion battery[J]. IEEE PEDS 2011,2011(12):809-812.
- [6] 谢志英,段荣霞,李明. 基于 MSP430 单片机智能锂电池充电器设计[J]. 工业控制计算机,2013,26(12):129-132.
- [7] 张国安. 锂离子电池特性研究[J]. 电子测量技术,2014,37(10):41-45.
- [8] 邓淑贤. 电动汽车大容量锂电池管理系统设计[J]. 国外电子测量技术,2013,32(9):34-37.
- [9] 何微微,徐园. 基于 PIC16F883 的锂电池智能充电器的设计与实现[J]. 通信电源技术,2014,31(1):40-43.
- [10] 刘伟达. 便携式设备锂电池充电技术研究[D]. 杭州:杭州电子科技大学,2013.
- [11] 杨文荣,刘天罡,赵湘源,等. 动力锂离子电池电量均衡芯片的设计[J]. 电子测量技术,2011,34(2):25-28,35.

作者简介

余新华,1990年出生,在读研究生,无线电物理专业。主要研究方向是FPGA、嵌入式系统开发。

李太全,博士,副教授。主要研究方向为地质雷达研制、地下电波传播特性研究与目标反演。