

doi: 10.7690/bgzd.2015.01.018

基于 LTC4000 的锂电池充电模块

何明前¹, 胡晓敏², 范世军¹, 丁劲涛¹, 李朋飞¹, 王顺利², 夏承成²

(1. 四川长虹电源有限责任公司, 四川 绵阳 621000; 2 西南科技大学信息工程学院, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为了达到高效、便捷、低成本的充电目的, 设计一款基于 LTC4000 的锂电池充电模块。该模块以三阶段充电法为设计理念, 硬件方面选用 MSP430 系列单片机作为主控芯片, 具有电压、电流调节模块实现稳定输出, 软件方面通过 MODBUS 协议和 RS485 物理接口实现与上位机的通信, 并制作 PCB 电路板对该模块进行验证。实验结果证明: 该系统结构简单、携带方便、实用性强, 上电后能迅速达到稳定状态, 有广阔的市场前景。

关键词: LTC4000; 锂电池; 充电; 便携式**中图分类号:** TP211 **文献标志码:** A

Lithium Battery Charger Module Based on LTC4000

He Mingqian¹, Hu Xiaomin², Fan Shijun¹, Ding Jintao¹, Li Pengfei¹, Wang Shunli², Xia Chengcheng²

(1. Sichuan Changhong Battery Co., Ltd., Mianyang 621000, China;

2. School of Information Engineering, Southwest University of Science & Technology, Mianyang 621000, China)

Abstract: The design of lithium battery module based on LTC4000, in order to achieve efficient, convenient and low cost of charging. The three stage charging method for design ideas. MSP430 series single tables as the main control chip, regulator modules achieve stable output voltage and current. Communicate with the host computer on MODBUS agreement and RS485 physical interface. Make a PCB board to verify the module. Experimental results proved that this system can reach the steady state when power on. Has the advantage of structure simple, easy to carry, practicality, has broad market prospects.

Keywords: LTC4000; lithium battery; charger; portable

0 引言

蓄电池作为一种储电装置, 具有电压稳定、充电可靠、成本低、携带便捷、适于低温高倍率放电等优势, 在通信业、交通业以及计算机等方面得到广泛应用。由于蓄电池充电会影响到其内部的化学反应, 进而影响其循环使用寿命, 而正确、良好的充电方式可以提高电池的寿命^[1]。所以要提高蓄电池的性能, 除了对蓄电池本身进行优化设计外, 充电方法的选择和过程的控制也是重要因素。

目前国内外各研究所和高校都对蓄电池充电进行了大量的研究, 并取得了一定成就。但是其体积庞大、市场价格高, 带来一些不便。基于此, 笔者选用合适的充电方法和控制策略, 设计了一种基于 LTC4000 的锂电池充电模块。

1 充电方法

1.1 充电方法的选取

常规的蓄电池充电方法主要有恒流充电、恒压充电、分阶段充电 3 种^[2], 许多其他的方法都是在这 3 种基本方法的基础上衍生而来; 而快速充电方

法目前常用的主要有脉冲充电、变电流间歇充电、变电压间歇充电等。

根据美国科学家马斯提出的蓄电池可接受充电电流曲线^[3], 笔者采用三阶段充电法: 第 1 阶段恒流充电, 以允许的最大电流充电, 缩短充电时间, 此阶段为主充电阶段, 电池已经充入约 85%~90% 的电量; 第 2 阶段恒压充电, 就是对电池补充充电, 结束时电池已基本充满, 当电流下降到 0.5C 时转入下一个阶段; 第 3 阶段涓流充电, 充电电流较小约为 0.01~0.03C, 电压控制在约 1.13~1.16 倍, 属保养性充电, 允许较长时间安全充电。

1.2 控制方式的选取

在充足电后, 电池的温度和内压会迅速上升, 对蓄电池的损害是很大的。为保证电池能充足电又不过充电, 必须采用一定的方法来控制充电的终止。现阶段采用的充电终止控制方法很多, 通常有定时控制、电压控制及温度控制等。

笔者采用定时控制和电压控制相结合的方式, 以实现不同阶段的充电。

收稿日期: 2014-08-08; 修回日期: 2014-09-17

基金项目: 四川省科技支撑计划“大容量锂电池组管理系统关键技术研究”(2014GZ0078)

作者简介: 何明前(1965—), 男, 四川人, 硕士, 工程师, 从事电源技术研究。

2 硬件电路设计

2.1 系统总体设计方案

本系统按功能分为 2 大模块：调理模块和控制模块。调理模块主要是实现电压、电流的稳定输出；控制模块选用自带 12 位 AD 功能的低功耗单片机——MSP430F169，实现电压、电流数据的转换、用户操作、显示等，用 485 总线来实现机与机通信。

2.2 调理模块

本系统采用 DC-DC 斩波回路来保证电压、电流的输出恒定和可调，设计选用 Linear 公司的 LT3791-1 升降压型控制器来实现电压的调节和控制，选用 LTC4000 高电压、大电流控制器来实现电流的调节和控制，原理框图如图 1 所示。

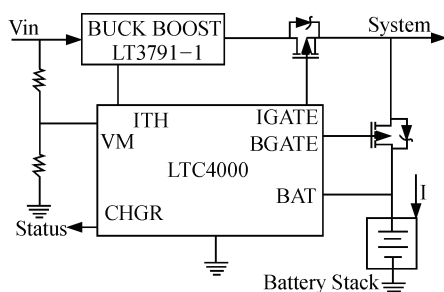


图 1 调整模块原理框架

LT3791-1 升降压控制器，其输入电压范围宽、转换效率高、输出电压准确度高、可编程，非常适合于汽车、工业、电信、甚至电池供电型系统中的电压稳压器、电池、超级电容器充电器应用。

DC/DC 转换器控制器独自就能给电池充电，电压调节性能良好，但由于限流仅用于保护，因此电流“调节”性能不好，而且在电池充电时未能提供充电终止功能，不具备先进电池充电和电源通路 (PowerPath™) 管理所需的准确度及功能^[4-6]。LTC4000 是用于电池充电和电源管理的高电压、大电流控制器，输入、输出电压范围宽、准确度高、可编程，能实现电池最佳性能与寿命，被广泛应用于高功率电池管理系统、配备电池的工业设备、高性能便携式仪器等。

LTC[®]4000 拥有将 DC/DC 转换器改造为高性能电池充电器所需的准确度和功能。它可以检测电池电压和充电电流，并控制 DC/DC 转换器的补偿或反馈输入以实现电池的最优充电。该器件具有 4 个误差放大器可以调节电池电压、充电电流、系统电压和输入电流，这些“或”组合在一起并连接至控制引脚（通常为 DC/DC 控制器的 V_c 或 ITH）。它

可以使用任何开关模式 DC/DC 转换器拓扑^[7]并与许多控制器兼容。LTC4000 具有许多功能和选项，包括准确的充电电流调节以及针对严重放电电池的涓流充电。输入电流调节可避免有限的电流承受过大的负载；准确的浮置电压调节最大限度地增加了充电能量和电池寿命；C/X 或定时器充电终止方式可防止发生过度充电，可提供用于快速充电的适宜温度充电并没有缩短电池寿命的危险；电源路径 (PowerPath™) 控制可提供：即时接通，可在电池严重放电或损坏时保持系统电压；理想二极管，可防止电池能量被送回至电源并允许已充电电池在输入电源为系统供电时处于休息状态。LTC4000 可处理输入和输出电压范围为 3~60 V 的各种应用。

总之，LTC4000 将 DC 转换器改造成一个精细的电池充电器，从而实现便携式产品性能和寿命的最大化。

2.3 控制模块

本系统采用 TI 公司提供的 MSP430 系列单片机作为主控芯片，完成系统电压、电流的采集，转换，显示，按键操作，通信等的控制。另外，为保证系统正常工作，采用 DC-DC 电路稳压模块进行电压的变换，得到系统所需要的电压，模块原理框架如图 2 所示。

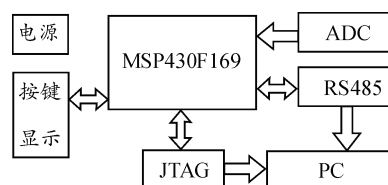


图 2 模块原理框架

MSP430 是德州公司新开发的一类具有 16 位总线的带 FLASH 的单片机，性价比和集成度高。具有功耗低、处理能力强、片上模块丰富、系统工作稳定等优点。利用其内部自带的 ADC 功能，简化了系统的硬件结构。

2.4 通信协议

本系统设计采用 MODBUS 协议实现通信，MODBUS 协议是应用于电子控制器上的一种通用语言。通过此协议，控制器相互之间、控制器经由网络（例如以太网）和其他设备之间可以通信。MODBUS 支持多种电气接口，如 RS232、RS485 等，还可以在各种介质上传送，如双绞线、光纤、无线等^[8]。因此本设计选择常用的 RS485 接口，其结构简单，使用方便。

3 软件设计

本系统的主控芯片选用 MSP430F169，有方便高效的开发环境。采用 JTAG 调试接口不须另外的仿真工具，方便实用，开发语言有汇编语言和 C 语言，开发环境是 IAR Embedded Workbench，BSL 技术的使用使其更加保密、方便。

运行后先检测电池反馈电压判断电池是否过度放电，如果电池过放电就涓流模式(充电电流为全标度值的 10%)对电池进行充电，若失效电池检测定时器超时电池电压仍低于低电池电量门限电压(U_{LOBAT})，则终止充电；当电池电压高于 U_{LOBAT} ，充电电流调节环路将以恒定电流模式开始充电；当电池电压达到浮动电压(U_{FLOAT})时，则控制转入浮动电压调节环路并启动恒定电压充电；根据定时器或 C/X 方式决定充电终止。如果负载所需功率超过供电能力，则电池二极管控制器将利用电池补充电，当电池放电低于浮动电压的 97.1%时，自动启动新的充电周期。系统充放电周期工作过程如图 3。

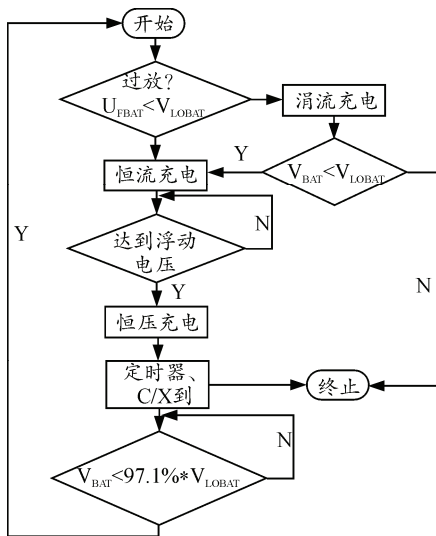


图 3 周期工作过程

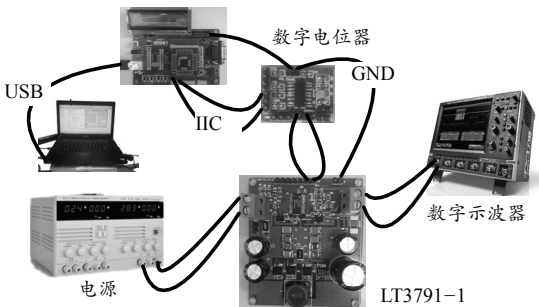


图 4 实验装置

4 实验结果

笔者用自制的 PCB 电路板验证测得实验数据，

实验装置如图 4。系统在上电后迅速达到稳定状态。系统输出电流为 0~10 A，输出电压上限设为 60 V，效率高达 98%^[9]。实验结果如表 1。设定输出电压为 12 V，浮动电压为 10.8 V，涓流电流为 1.25 A，最大充电电流为 10 A，失效检测时间为 43 min，对三节磷酸铁锂电池进行充电，可在 2.9 h 完成充电。

表 1 实验结果

U_{IN}/V	U_{OUT}/V	空载	理论值 $1.2 \times (R+2.2)/2.2$
12.1	6.70		
26.1	6.70	—	10.1 kΩ 6.7 V
22.2	6.70		
15.0	12.06		
23.1	12.07	—	19.9 kΩ 12.05 V
29.2	12.07		
12.1	18.10		
20.5	18.13	—	30.9 kΩ 18.05 V
29.6	18.13		
15.2	26.80		
23.6	26.90	—	46.8 kΩ 26.72 V
28.7	26.90		

5 结论

笔者介绍了蓄电池充电方法和控制策略的选择，并介绍了 DC-DC 和电压电流控制器。在此基础上设计了一款 0~10 A 输出电流的蓄电池充电器，实验证明了该方案的可行性和系统的可用性。

参考文献:

- [1] 陈良亮, 张蓓蓓, 周斌, 等. 电动汽车非车载充电器充电模块的研制[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(7): 81-85.
- [2] 应建华, 陈建兴, 唐仙, 等. 锂电池充电器中恒流恒压控制电路的设计[J]. 微电子学, 2008, 38(3): 445-448.
- [3] 王迎迎. 电动汽车智能充电机的研究与设计[D]. 河南: 郑州大学, 2011.
- [4] Chang Yeol, Kim, Dong Hee, Dong Gyun. A High-Efficient Nonisolated Single-Stage On-board Battery Charger for Electric Vehicles[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2013, 28(12): 5746-5757.
- [5] Kuperman, Levy, Goren. Battery Charger for Electric Vehicle Traction Battery Switch Station[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2013, 60(12): 5391-5399.
- [6] Murat Yilmaz, Philip T. Krein. Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2013, 28(5): 2151-2169.
- [7] 丁志刚, 汪世平, 周华良, 等. 一种适用于电动汽车充电机的变压器嵌位 DC-DC 变换器[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(24): 78-82.
- [8] 王书根, 王振松, 刘晓云. Modbus 协议的 RS485 总线通讯机的设计及应用[J]. 自动化与仪表, 2011(5): 25-28.
- [9] 刘岳滨, 赵军红, 胡东杰. 新型铝: 空气电池管理系统设计[J]. 四川兵工学报, 2013, 34(7): 116-119.