

文章编号: 2095-4980(2013)04-0655-05

基于 ADuC814 单片机的智能充电电源设计

朱慧博, 李海霞

(宿迁学院 计算机科学系, 江苏 宿迁 223800)

摘要: 为改善蓄电池常规充电方法导致的充电时间过长, 效率低下, 过充和欠充等不足, 以全桥变换器为主电路结构, ADuC814 单片机和 SG3525 为主控芯片, 增加智能化管理, 设计了充电电源硬件电路和多段式充电软件控制系统, 给出了主要器件选型。样机的试验波形和充电实验数据表明, 该智能充电电源稳定性高, 充电时间短, 输出的电压纹波小于 100 mV, 效率超过 85%, 具有良好的实用价值。

关键词: 单片机; 充电电源; SG3525 芯片; 直流变换

中图分类号: TN86

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201304.0655

Design of intelligent charging power supply based on ADuC814

ZHU Hui-bo, LI Hai-xia

(Computer Science Department, Suqian college, Suqian Jiangsu 223800, China)

Abstract: In order to solve problems of long time charging, low efficiency, overcharging and undercharging caused by the conventional battery charging methods, a new power supply is designed. The new power supply chooses the full bridge converter as the main circuit, taking ADuC814 microcontroller and SG3525 as the master control chips, and adding into the intelligent management. Prototype test waveform and experimental results demonstrate that this intelligent power supply not only has high stability, but also is time-saving; and its output voltage ripple is below 100 mV, and the efficiency is above 85%, which can achieve good practical value.

Key words: microcontroller; charging power supply; SG3525; DC conversion

蓄电池作为储能电源已广泛应用于各个行业, 但目前成品化蓄电池充电电源的充电方式单一, 大部分只有两级充电模式, 有的甚至只有简单的恒压或恒流充电方式, 使用这些方式为电池组充电时, 充电过程中存在过充、欠充和温升过快等现象, 这不仅会缩短蓄电池的寿命^[1-3], 而且会使得充电时间过长, 效率低下。

随着现代微电子技术的快速发展, 单片机产品以其集成度高、功能强、抗干扰能力强等优点, 在工业控制、智能化仪器等领域得到广泛应用^[4]。AD 公司生产的 ADuC814 单片机芯片具有丰富的用户接口, 方便的调试开发环境, 价格低廉, 性能稳定^[5-6]。本文采用 ADuC814 单片机芯片和专用集成脉宽调制(Pulse Width Modulation, PWM)控制器 SG3525 作为充电系统的主控制器, 增加智能化管理, 优化充电过程, 减少充电时间, 提高了充电电源的抗干扰能力。

1 充电电源主电路总体设计框图

图 1 为充电电源的总体设计框图。市电输入后, 经电磁干扰滤波和桥式整流滤波, 再经由 DC/DC 变换电路, 生成平滑的直流电, 给蓄电池充电。输出的电压或电流检测信号送至控制芯片 SG3525, 与单片机所设定的充电基准电压比较, 将比较的结果生成可控电压, 用以控制 PWM 信号输出, PWM 信号再由 IR2113 专用控制芯片驱动逆变电路中开关管的通断时间, 从而达到控制输出电压的目的。生成驱动脉冲的同时, 控制芯片 SG3525 还可以依据检测信号进行电路保护, 防止过压、过流。单片机除了对检测信号进行处理外, 还可显示输出电压和电流。

收稿日期: 2012-06-13; 修回日期: 2012-08-15

基金项目: 江苏省宿迁市科技创新专项资金资助项目(S201109; Z201206); 宿迁学院院级科研基金资助项目(2010KY11)

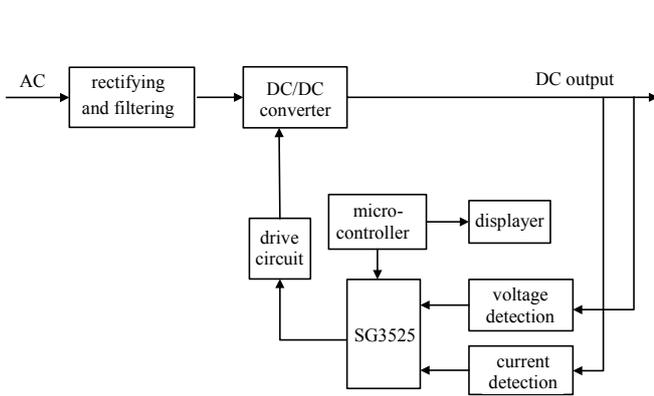


Fig.1 Overall design diagram of charging power supply
图 1 充电电源的总体设计框图

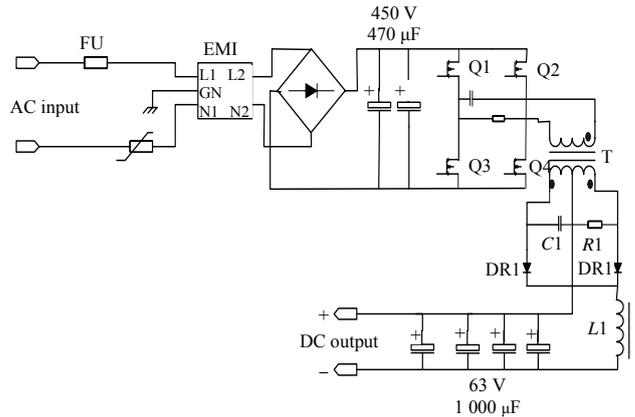


Fig.2 Main circuit
图 2 主电路

2 硬件电路设计及主要器件选择

2.1 主电路设计

主电路如图 2 所示, 220 V 交流电经由保险丝和电磁干扰(Electro Magnetic Interference, EMI)滤波, 再经过桥式整流滤波电路后, 得到约 300 V 直流电, 经过全桥逆变后, 在高频变压器副边采用全波整流和电感电容滤波, 输出直流给 24 V 蓄电池充电, 其最大输出功率可达 900 W。

设计时考虑到电网电压的波动及裕量, 整流桥选用威海星佳电子有限公司生产的型号为 MDQ 50 A/600 V 国产单相整流桥, 输入整流滤波电容则选用 2 个 470 μF /450 V 的电解电容并联, 为降低等效串联电感和等效串联电阻, 抑制尖峰^[7], 同时在电解电容旁边并联 2 只 0.47 μF /400 V 无极性高压陶瓷电容, 用以吸收高频分量。副边整流二极管选用型号为 DSE130-06 的快恢复二极管, 电气参数为 30 A/600 V, 输出滤波电感器 L_f 取 86 μH , 输出滤波电容器 C_f 的选取必须满足输出纹波的要求, 考虑到输出整流管换流时的振荡电压、控制电路调节不当时的振荡电压, 实际选取 4 个 1 000 μF /63 V 电解电容并联。逆变电路中开关管的选取应考虑其耐压值及是否能满足开关频率的要求, 实际选取型号为 IXTQ22N60 的场效应管。高频变压器设计采用 Kg 法^[8], 选用 EE55 立式变压器。

2.2 检测保护电路设计

检测电路部分主要完成对电流、电压和温度的检测。电流、电压检测电路通过引入负反馈以达到恒流、恒压充电以及故障保护的目, 温度检测则是为了得到充电过程中电池的温度参数, 以防过度充电损坏电池。

在设计输出电流检测电路时, 选用型号为 FSM050LA 的霍尔传感器, 将电流检测结果以电压形式输出, 送至 SG3525 的 1 脚, 同时将检测信号送至单片机的 AD 转换口, 以便实时显示。传感器参数中变比为 1:1 000, 设输出电流最大值可达 30 A, 则外接检测电阻 R_M 可按式计算, 得 $R_M=100 \Omega$ 。

在变换器前直流侧同样采用电流霍尔传感器进行检测。当变换器桥臂因逆变失败造成短路时, 瞬间增大的测量电压信号被送入 SG3525 的过流保护脚(10 脚), 与基准电压 1.4 V 比较, 若电压大于 1.4 V, 输出脉冲立即被封锁, 达到快速过流保护的目的。

电压检测电路的设计过程和电流检测电路类似, 在此不再赘述。温度检测通过负温度系数热敏电阻实现, 热敏电阻两端的电压信号通过单片机的 ADC 通道实现模数转换, 根据热敏电阻电压与温度的关系曲线, 得到电池的温度参数。

2.3 显示及报警电路设计

报警电路由 1 个三极管放大电路和 1 个蜂鸣器组成, 如图 3 所示。当有故障或需要报警时, 单片机 I/O 口输出高电平, 三极管导通, 驱动蜂鸣器鸣叫, 同时经分压电阻与单片机 I/O 相接的 LED 发光, 实现声光报警功能。

2.4 脉宽调制电路设计

脉宽调制控制电路设计如图 4 所示, 采用专用集成电路 SG3525^[9-10], SG3525 有两路反相 PWM 脉冲输出,

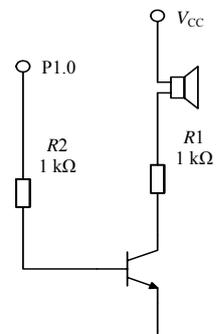


Fig.3 Alarm circuit
图 3 报警电路

PWM 信号再由 2 片 IR2113 专用控制驱动芯片驱动 4 个开关管的通断,通过调节开关管的导通时间来调节输出功率。移相 PWM 的相移控制则通过芯片内部误差放大器来实现。误差放大器的同相端(2 脚)接由单片机控制输出的电压基准信号,反相端(1 脚)接主电路电流或电压的检测反馈信号,反馈信号和参考基准比较,控制 11 脚和 14 脚 2 路 PWM 波形输出之间的相位,从而调整波形占空比,使电压和充电电流稳定在预定值上。其中电压电流反馈信号的切换由肖特基二极管 D1 和 D2 的导通截止实现。

脉宽调制波形的频率主要取决于 SG3525 芯片 6 脚外接的定时电阻 R_t 、5 脚外接的定时电容 C_t 和放电电阻 R_d (连接在 5 脚与 7 脚之间的电阻)的大小。它们的关系满足式(1):

$$f = \frac{1}{C_t(0.7R_t + 3R_d)} \quad (1)$$

式中 f 为 SG3525 的振荡频率。

3 软件充电控制技术

充电控制芯片的另一个重要组成部分为 AD 公司生产的 ADuC814 单片机芯片,该芯片体积小,片内外设丰富,采用先进的混合信号处理的 IC 工艺,其内部集成了可编程的 8 位 8052 芯片内核和 6 通道的 12 位 ADC 以及 2 通道的 12 位 DAC^[11-12]。在电源充电控制的软件编程部分和检测、报警等电路的设计中发挥重要作用。

为达到最佳充电效果,即在实现大电流充电的同时又保护电池,充电控制的软件设计部分采用多段充电方式,将充电分成涪流、恒流、恒压、浮充 4 个阶段。

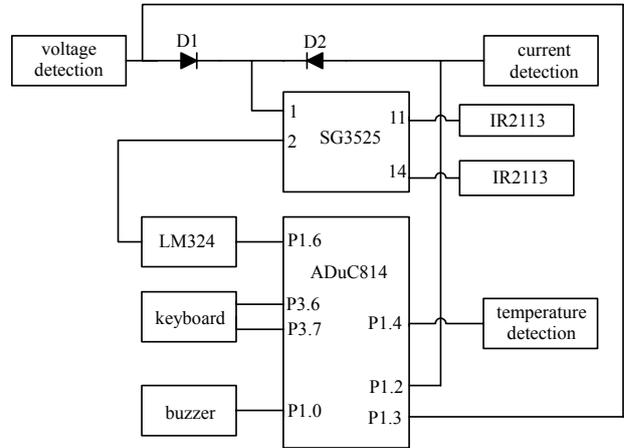


Fig.4 PWM control circuit
图 4 脉宽调制控制电路

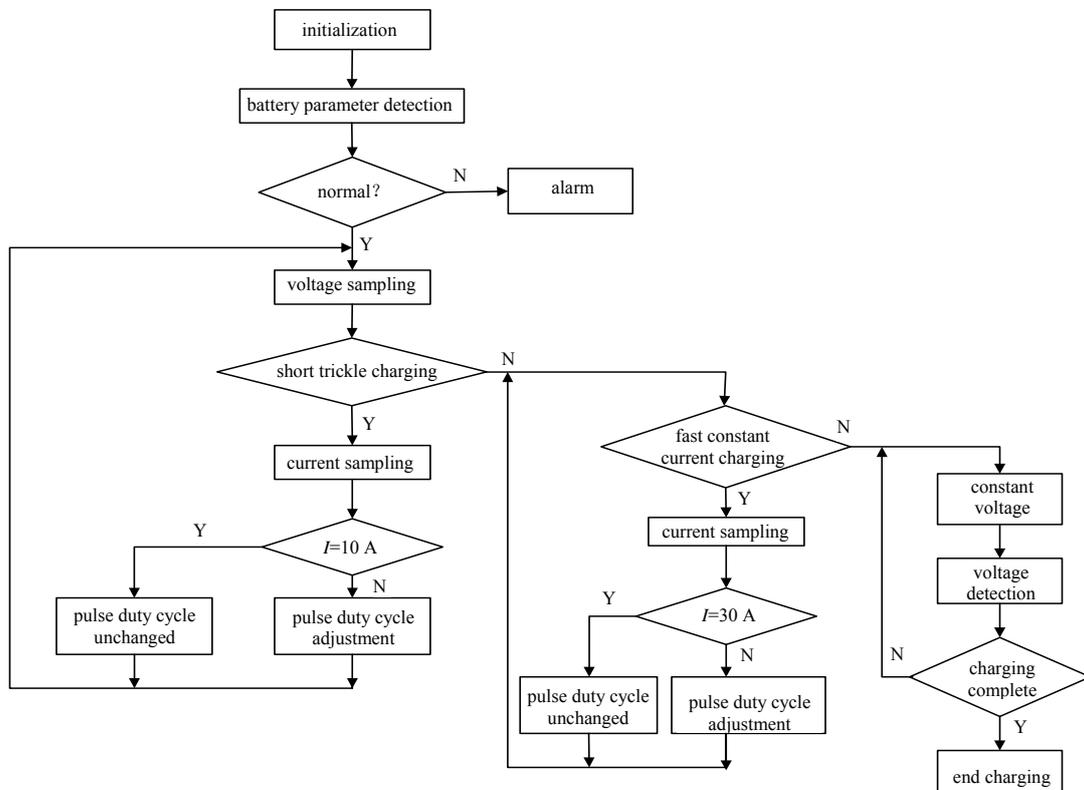


Fig.5 Flow chart of charge control
图 5 充电控制流程图

单片机上电初始化完成后,充电器开始工作,第 1 步对待充电电池的电压进行检测,若不正常(低于 19 V),则报警,不充电;电压正常时,对其进行电压采样。若电压值大于 19 V,小于 21 V 时,使用 10 A 小电流进行 6 min

涓流预充电,以激活蓄电池。当电池电压上升到指定阈值时,则进行 30 A 大电流恒流充电,充电过程中,不间断检测输出端充电电压,达到饱和电压 30 V 时,恒流充电状态终止,转入恒压充电阶段,充电电流将逐渐减小到额定充电电流的 1/10,此时进入浮充阶段。浮充阶段的目的是用以补充蓄电池自放电所消耗的能量,充电过程至此结束。软件设计流程如图 5 所示。

4 试验结果

基于以上设计,搭建试验样机,并为 2 个 12 V,200 A·h 的蓄电池串联组合充电,测得充电装置中 2 个主要波形如图 6、图 7 所示。图 6 为高频变压器副边电压,图 7 为充电电源电池组端输出电压的波形。需要特别指出的是,充电电源与电池组之间有二极管和保护电阻,因此充电电源输出端电压和电池组端电压并非总是相等。

从试验结果看,图 6 的准方波输出是全桥变换结构 2 个桥臂互补对称导通生成逆变电压的体现,图 7 显示的充电输出电压稳定可靠,纹波电压小于 100 mV。进一步的试验表明,该电源的电压调整率 < 1%。



Fig.6 Secondary voltage of high-frequency transformer
图 6 高频变压器副边电压

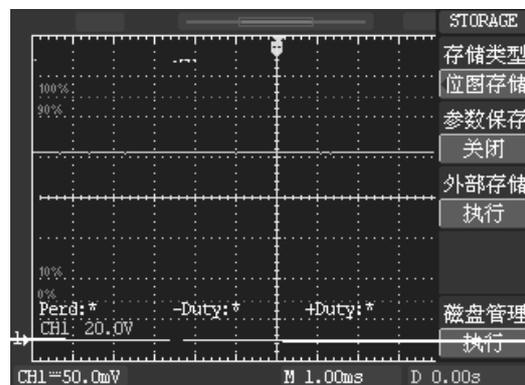


Fig.7 Output voltage of charging power supply
图 7 充电电源输出电压

在充电过程中,同时记录了实验数据,如表 1 所示。由表 1 可知,充电阶段消耗总电量为: $Q_{total}=10 \times 0.1 + 30 \times 2.4 + 10 \times 1 = 83 \text{ A} \cdot \text{h}$ 实际充电量为: $Q_{charge} = 72 \text{ A} \cdot \text{h}$,

效率为 $\frac{Q_{charge}}{Q_{total}} = 86.7\%$ 。实验数据证明,本文所设计的充

电电源及其采用的多段充电方式,具有充电速度快,充电效率高优点。

5 结论

本蓄电池智能充电电源的设计,以高频开关电源为核心主电路,以 ADuC814 单片机和 SG3525 为主控芯片,采用 4 段式充电方式,能够依据检测参数,自动转换充电状态,故障状态时具有声光报警功能。与传统的蓄电池充电电源相比,该充电电源输出电压波动小,稳定可靠,充电效率高,充电速度快,操作简单且易于维护。

参考文献:

- [1] 易映萍,陶晓,徐建烽,等. 基于单片机 87C196MH 的车载逆变电源的设计[J]. 电源技术与应用,2011,37(12):69-71. (YI Yingping,TAO Xiao,XU Jianfeng,et al. The design of power supply for motor vehicle based on 87C196MH[J]. Power Supply Technology and Its Application, 2011,37(12):69-71.)
- [2] 高迎慧,孙鹁鸿,严萍,等. 40 kW 高功率密度数字化控制充电电源[J]. 强激光与粒子束,2009,21(8):1259-1262. (GAO Yinghui,SUN Yaohong,YAN Ping,et al. 40 kW digital control capacitor charging power supply[J]. High Power Laser and Particle Beams, 2009,21(8):1259-1262.)
- [3] 王彝,谷玉海,哈亮,等. 基于 C8051F410 单片机的钨灯电源设计[J]. 自动化与仪表,2011,26(1):43-46. (WANG Ben, GU Yuhai,HA Liang,et al. Design of Tungsten Lamp Power Supply Based on C8051F410 Single Chip Microcomputer[J]. Automation & Instrumentation, 2011,26(1):43-46.)

表 1 实验数据表

Table1 Experimental data

charging current/A	charging time/h	output voltage/V	electric quantities of charging/(A·h)
10	0	23.5	0
10	0.1	25.4	20
30	2.5	30.2	68
10	3.5	30.5	72

- [4] 朱贵宪. 基于单片机的数控稳压电源设计[J]. 自动化与仪表, 2011(6):50-53. (ZHU Guixian. Design of Digital Control Voltage-stabilized Power Supply Based on MCU[J]. Automation & Instrumentation, 2011(6):50-53.)
- [5] 肖统民,王锦泓,陈玉湖. 智能后备电源供电系统的研究与设计[J]. 信息与电子工程, 2007,5(5):369-373. (XIAO Tongmin,WANG Jinhong,CHEN Yuhu. Research and Design of the Intelligent Standby Power Supply System[J]. Information and Electronic Engineering, 2007,5(5):369-373.)
- [6] 王利清,刘东. 一种低待机功耗开关电源充电器的设计[J]. 国外电子元件, 2004(10):51-53. (WANG Liqing,LIU Dong. Design of a Low Standby Power Consumption Switching Power Supply Charger[J]. International Electronic Elements, 2004(10):51-53.)
- [7] 王小朋,于平,李东景. 空间有效载荷二次电源抗干扰设计[J]. 信息与电子工程, 2011,9(4):439-443. (WANG Xiaopeng, YU Ping,LI Dongjing. Anti-interference design for secondary power on space payload[J]. Information and Electronic Engineering, 2011, 9(4):439-443.)
- [8] 梁喆,欧阳名三. 基于SG3525矿用直流变换器控制电路的设计[J]. 电源技术, 2012,36(2):245-247. (LIANG Zhe, OUYANG Mingsan. Design of mining DC converter control circuit based on SG3525[J]. Chinese Journal of Power Sources, 2012,36(2):245-247.)
- [9] 倪海东,蒋玉萍. 高频开关电源集成控制器[M]. 北京:机械工业出版社, 2005. (NI Haidong,JIANG Yuping. High-frequency switching power supply integrated controller[M]. Beijing:China Machine Press, 2005.)
- [10] 徐祥柱,王会影,刘小龙,等. 一种基于DC/DC变换器的LED驱动电路的设计[J]. 微电子学, 2012,42(2):173-176. (XU Xiangzhu,WANG Huiying,LIU Xiaolong,et al. Design of LED Driver Based on DC/DC Converter[J]. Microelectronics, 2012,42(2):173-176.)
- [11] Kwon S K,Sayed K F A. Boost-half bridge single power stage PWM DC-DC converters for PEM-fuel cell stacks[J]. Journal of Power Electron, 2008,8(3):239-247.)
- [12] 谭志远,甘孔银,黎明,等. 用于X波段行波管实验的脉冲电源研制[J]. 信息与电子工程, 2010,8(3):324-327. (TAN Zhiyuan,GAN Kongyin,LI Ming,et al. Development of pulse power supply for X-band TWT experiment[J]. Information and Electronic Engineering, 2010,8(3):324-327.)

作者简介:



朱慧博(1979-),女,江苏省宿迁市人,硕士,副教授,主要研究方向为高频功率电子变换技术.email:sqzhh0819@126.com.

李海霞(1983-),女,山东省潍坊市人,硕士,讲师,主要研究方向为信号检测和处理.