

基于 HT46R24 的太阳能智能充电器研制

Research and Development of Smart Solar Energy Charger Based on HT46R24

叶文 李芳 李家庆 胡马福

(重庆科技学院电子信息工程学院, 重庆 401331)

摘要: 针对锂电池户外充电困难的问题, 设计了以太阳能为动力源, 采用 HT46R24 单片机控制能量转换和锂电池充电过程的充电器。为保证电池性能和使用寿命, 采用三段式充电算法并提供了相应的报警、显示功能; 针对关键器件失效导致的充电失控, 专门设计了基于硬件的保护电路。实验结果表明, 在不同的天气条件下, 该系统都能对锂电池进行有效充电, 能量转换效率较高。

关键词: 锂电池 太阳能 HT46R24 智能充电 保护电路

中图分类号: TM 615 文献标志码: A

Abstract To overcome the difficulty of charging Lithium batteries outdoor, the charger using solar power and the single chip computer HT46R24 to control energy conversion and charging process has been designed. To ensure the performance and the operational life of the batteries, three segmental charging algorithm is adopted, and corresponding alarm and display functions are provided. For critical components that device failure leading charging out of control, dedicated hardware protection circuits are designed. The experimental results indicate that under different climate conditions, the charger can effectively charge Lithium batteries with high energy conversion efficiency.

Keywords Lithium batteries Solar energy HT46R24 Smart charging Protection circuit

0 引言

伴随着全球信息化、工业化程度的不断提高, 人们对能源的需求日益加大, 而传统能源如煤炭、石油、天然气等的储量却日渐减少。太阳能凭借其资源丰富、分布广泛、开发利用简单、无污染等特点, 成为替代传统能源的理想能源。在太阳能的有效利用中, 太阳能光电利用是近些年来发展最快、最具活力的研究领域之一^[1-2]。

由锂电池充放电原理可知, 过放电将导致电池容量降低; 而过充电将缩短其使用寿命, 严重的过充电甚至会引起火灾, 以致爆炸。因此, 锂电池充电过程的控制就显得十分重要。基于提高转换效率、降低系统成本和安全充电、延长使用寿命等要求, 设计采用 HT46R24 单片机 (MCU) 检测电池电压、充电电流, 并在实现太阳能到电池电量高效转换的同时, 结合硬件电路来控制充电过程, 避免过充电对电池使用寿命的影响。

1 工作原理

1.1 锂电池充电原理

锂电池额定电压视生产厂家的不同而不同, 有 3.6V 和 3.7V 两种; 额定容量 C 从几百毫安时到几安

时; 充电终止电压根据阳极材料有 4.1V (石墨材料) 和 4.2V (焦炭材料) 两种; 充电电流常以 C 的百分比来衡量, 充电电流过小会导致较大的充电时间, 过大则易使电池过热, 导致电池损坏, 一般取 $0.5 \sim 1C$ ^[3-4]。本设计根据锂电池的充电特点, 采用由预充电、恒流充电、恒压充电、涓流充电等四个阶段组成的充电模式。锂电池充电特性曲线如图 1 所示。

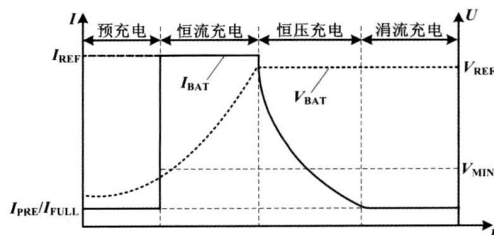


图 1 锂电池充电特性曲线

Fig 1 Charging characteristics of Lithium batteries

为保证安全充电, 锂电池开始充电时, 若其电压 $V_{BAT} < 3.0V$, 则以 I_{PRE} (一般取 $0.01C$ A) 的小电流对其进行预充电; 当 $V_{BAT} > 3.0V$ 后, 则以 I_{REF} ($0.5C$ A) 的恒定电流进行充电; 当 V_{BAT} 上升至 V_{REF} (充电终止电压) 时, 转入恒定电压充电阶段, 随着电池电量的不断上升, 充电电流 I_{BAT} 逐渐降低。当其 $< I_{FULL}$ ($0.01C$ A) 后, 电池电量已全部恢复, 充电过程结束。但为克服电池自放电, 系统继续以 I_{FULL} 的电流进行涓流充电。 I_{PRE} 、 I_{REF} 、 V_{REF} 和 I_{FULL} 根据电

修改稿收到日期: 2009-05-05

第一作者叶文, 男, 1968年生, 2006年毕业于燕山大学控制理论与控制工程专业, 获硕士学位, 工程师; 主要从事电机控制、嵌入式系统方面的研究。

池材料、容量和封装形式进行设定^[4-5]。因此, 为保证电池充电的安全、高效, 系统需要实时采集电池电压、充电电流, 以便对充电过程进行智能控制。

1.2 系统功能

本系统具备三种充电方式, 即太阳能充电、市电 220V 充电、内置的锂电池充电。系统默认选用太阳能充电方式; 在太阳能不足时, 可用 220V 交流电源充电; 在停电时, 可用内置的锂电池充电。

系统采用四位数码管显示充电时间, 另有三个指示灯用于指示故障、充满、充电中等状态。如果没有电池, 显示充电时间为 00 00, 表示没有充电任务, 故障指示灯常亮; 如果电池正常, 在充电过程中, 显示电池已充电时间(时. 分格式), 同时充电指示灯常亮。

电池接口有两种方式。一种是标准 USB 接口, 适用于多种具有该接口的锂电池充电设备, 如手机、MP3 数码设备等; 另一种是 DC 充电接口, 适用于具有 DC 接口的充电设备。

1.3 系统组成框图

系统主要包括太阳能电池板、太阳能电能变换模块、内置应急锂电池模块、220V 交流电充电模块、MCU 控制板(含智能充电和保护模块)、数码管及指示灯显示模块等。充电器组成框图如图 2 所示。

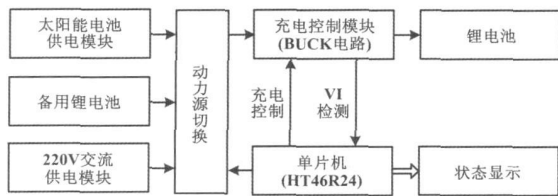


图 2 充电器组成框图

Fig 2 Block diagram of the charger

图 2 中: 在 MCU 控制下, 系统实时检测电池的充电电压、电流, 并根据充电特征曲线, 判断充电的状态, 并不断更新电池充电时间。

2 充电器的设计

2.1 HT46R24 单片机

HT46R24 是盛群公司生产的八位高性能精简指

令单片机, 专门为需要 A/D 转换的产品而设计, 如传感器信号输入。该 MCU 具有低功耗、I/O 使用灵活、可编程分频器、计数器、多通道 A/D 转换、脉冲测量、I²C 通信、暂停和唤醒等功能^[6]。

系统主要用到该芯片的 10 位 A/D 转换功能、定时器功能、普通 I/O 功能。其中, A/D 转换功能主要实现电池电压和充电电流的检测。定时器功能主要完成电池充电时间的累计, 并为电压电流的定时检测和滤波提供时间标准。普通 I/O 口主要实现了串行驱动的数码管显示、充电状态的 LED 灯指示以及电池的 PWM 充电控制。

2.2 充电主回路设计

主回路核心可分为四个部分: ①由 MOSFET 管 Q₂、电感 L₁ 及续流二极管 D₂ 等构成的典型的 BUCK 降压 DC/DC 电路; ②R₅、R₈ 与 C₅ 构成的电池电压采样, 其中 R₅ 与 C₆ 构成的电流采样回路、C₅ 和 C₆ 起滤波作用; ③PWM 控制指示信号 D₄, D₄ 在这里可用作充电指示, 当 D₄ 常亮时, 表示正在快速充电; D₄ 闪烁时, 表示电池快充满了; D₄ 熄灭时, 表示电池充满了; ④Q₃ 和 Q₁ 组成的 MOSFET 管驱动电路。

与双极性晶体管的驱动不同, MOSFET 管采用电压方式驱动; 同时, 其内部栅源极、栅漏极之间存在着寄生电容。MOS 管的驱动, 实际上就是对电容的充放电。

本系统设计了一个由 NPN 及 PNP 三极管构成的互补驱动电路。①在 CTRL 为低电平时, Q₁ (PNP) 导通, Q₃ (NPN) 关断, 给 MOS 管提供了一个尽可能低的阻抗通路, 以便 MOS 管栅源极间电容上所存储电荷的快速泄放, 保证栅源极间电压快速回落到稳定的低电位。②而 CTRL 为高电平时, Q₁ (PNP) 关断, Q₃ (NPN) 导通, 驱动电路能提供足够大的电流对栅源极电容进行充电, 使其电压迅速上升到导通所需值, 保证开关管能快速导通。

2.3 信号采集回路设计

实时检测电池电压和充电电流是保证锂电池安全充电的前提。电池充电电路如图 3 所示。

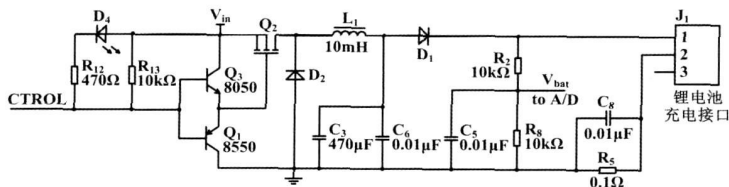


图 3 锂电池充电电路

Fig 3 Charging circuit for Lithium batteries

图 3中: 电池电压经电阻分压后接单片机引脚, 再通过 A/D转换和软件运算处理得到。

设计中充电电流范围为 10~ 800 mA, 流经 0.1 Ω 取样电阻, 得到取样电压为 1~ 80 mV; 结合单片机 10 位 A/D的分辨率和采样精度, 系统采用运放 LM358 把电流取样电压放大 21 倍后送单片机 A/D口进行采集。电流取样处理电路如图 4所示。

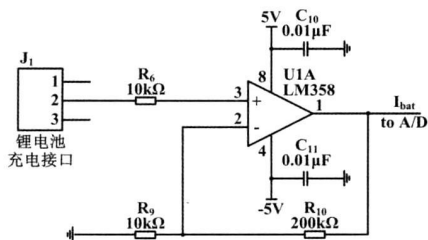


图 4 电流取样处理电路

Fig. 4 Current sampling and processing circuit

图 4中: I_{bat} 为放大后的充电电流取样电压。

2.4 保护电路

由于锂电池的过充电会造成电池起火甚至爆炸, 所以整个电路的可靠性设计也十分关键。因此, 必须要有硬件保护电路。当 MCU 或某些关键元件失效时, 能在过充电前及时切断电路, 使电池不再充电。

2.4.1 过电流保护电路

过电流保护电路主要是防止 MCU 因某些不可预知的因素而失效时, 可能会一直输出充电控制信号, 导致电池过充电而发生危险。

该电路是一个独立于 MCU 的纯硬件控制电路, 其主要作用是监控充电电流。当充电电流大于设定值时, 判断得出充电回路故障, 此时, 比较器输出高电平, 关断 MOS 管, 从而停止充电。过流保护电路如图 5 所示。

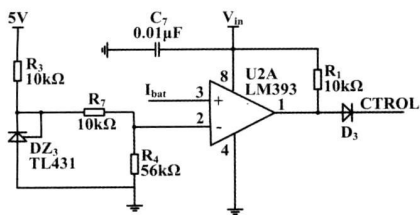


图 5 过流保护电路

Fig. 5 Over current protection circuit

2.4.2 MOS管失效保护

由于 MOS 管的失效常为短路形式, 此时控制信号不起作用, 充电器处于不可控的大电流充电状态, 锂电池有过充危险。保护措施是在 MOS 管输入端添加熔

断丝, 当 MOS 管损坏时, 大电流流经熔断丝, 使熔断丝熔断, 从而起保护作用。

2.5 软件设计

对太阳能充电器而言, 软件设计首先应实现安全充电功能, 其次是尽可能提高能量转换效率。为此, 系统通过对电池电压、充电电流的实时采集、处理、分析, 判定电池是否具备可充性以及电池所处的充电阶段 (预充、恒流、恒压或涓流), 从而进行相应的处理及指示; 在恒流充电阶段, 采用最大功率点跟踪 (登山法) 算法, 以提高太阳能电池板的输出功率^[7], 并缩短充电时间。

3 实验结果

表 1 为不同日照条件下, 完全放电锂电池充放电的试验数据。

表 1 充放电时间数据

Tab 1 Charging and discharging time data

测试条件	充电时间 /min	使用时间 /min
晴天	60	146
多云	60	93
阴天	60	82
小雨	60	45

4 结束语

实验结果表明, HT46R24 单片机实现的太阳能充电器具有较高的能量转换效率, 充电安全、可靠, 电池寿命长, 适合户外各种小型锂电池设备充电使用。目前太阳能电池价格约为 3000 元/W, 系统成本相对普通充电器较高 (约 160 元), 但随着太阳能效率 and 制造工艺水平的提高, 其应用前景将日益广阔。

参考文献

- [1] 蒋鸿飞, 胡淑婷. 绿色能源——太阳能充电器 [J]. 上海应用技术学院学报: 自然科学版, 2007, 7(2): 147-149
- [2] 刘征宇. 太阳能手机电池充电器设计研究 [J]. 漳州师范学院学报: 自然科学版, 2004, 17(4): 41-44
- [3] 王鸿麟, 钱建立, 周晓军. 智能快速充电器的设计与制作 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 116-133
- [4] 赵小珍, 甄国涌, 文丰. 一种锂离子智能充电器的设计与实现 [J]. 微计算机信息, 2008, 8(2): 310-312
- [5] 韦鸿任, 景占荣, 陈彦来, 等. 数字化智能充电器的设计与实现 [J]. 西安工业大学学报, 2008, 28(5): 479-482
- [6] 李齐雄, 郑颜雄, 蔡孟昌. HOLTEK HT48 系列单片机原理及应用实例 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005: 3-15
- [7] 王长贵, 王斯成. 太阳能光伏发电实用技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 222-225