

Design and Implementation of Independent Photovoltaic Lighting Control System

Wei Jiang

School of Electronics Engineering and Information, Qinghai Nationalities University, Xining Qinghai
Email: my_jiangwei007@163.com

Received: Dec. 3rd, 2018; accepted: Dec. 20th, 2018; published: Dec. 27th, 2018

Abstract

A design and realizing method of the solar LED street lamp controlling system based on STC12C5A60S2 is introduced in this paper. In view of the weakness in traditional solar LED street lamps, the PWM drive charge and discharge circuit with controller STC12C5A60S2 is proposed, and the solar software design method is discussed in detail. This system has the functions of overcharge, over discharge protection and LED constant current control in different periods. Testing shows that this system can fully meet the street lamp controlling requirements. Its stability and low-cost make it practicable.

Keywords

STC12C5A60S2, Solar Energy, LED

独立光伏照明控制系统设计与实现

蒋 维

青海民族大学物理与电子信息工程学院, 青海 西宁
Email: my_jiangwei007@163.com

收稿日期: 2018年12月3日; 录用日期: 2018年12月20日; 发布日期: 2018年12月27日

摘 要

高原牧区严重缺电、居住分散, 但日照充足, 因此采取独立光伏照明方案最合适。文章阐述了基于STC12C5A60S2微控制器的独立光伏照明控制系统设计与实现方法。首先分析了常见光伏照明系统的不足, 随后给出了以STC12C5A60S2为控制器、PWM驱动的充放电电路, 并详细讨论了系统软件设计。系统具有过充电、过放电保护、不同时间段的LED恒流控制功能。经测试表明本系统完全满足一般家庭照

明需求, 运行稳定可靠, 成本低, 容易维护的特征, 且经稍加修改可应用于其它环境照明的需求, 具有很好的可推广型。

关键词

STC12C5A60S2, 光伏, 照明

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

据调研地处高原的青海玉树、果洛等牧区由于人口稀少、居住分散等诸多因素, 因而国家电网没有接入, 造成这些地区严重缺电, 甚至部分地区是无电生活, 太阳能是取之不尽、用之不竭的清洁能源, 刚好这些高原地区最大的特征就是光照十分充足, 因此类似这些地区使用太阳能是今后能源的重要发展方向。同时 LED 被称为第四代照明光源, 具有节能、环保、寿命长、体积小等特点, 光效为 50~200 l m/W, 平均寿命为 100,000 h, 作为冷光源热功耗很小, 不含汞, 钠元素等可能危害健康的物质, 有利于环保, 被称为“绿色照明光源”。太阳能电池板输出的是直流电能, 而 LED 也是直流驱动光源, 两者的结合更能提高整个系统的效率, 太阳能的使用也免去了铺设电缆及其相关工程的费用。因此独立光伏 + LED 照明方式是高原牧区今后照明的首选。

一个完整的小光伏系统, 由太阳能电池、蓄电池、控制电路及照明系统构成。在这个系统中需要解决三个主要问题, 第一: LED 灯是低电压、大电流的驱动器件, 其发光的强度由流过 LED 的电流决定, 电流过强会引起 LED 的衰减, 电流过弱会影响 LED 的发光强度, 因此 LED 的驱动需要提供恒流电源。第二: 蓄电池的过充电和过放电都会引起蓄电池寿命严重缩短, 所以必需采取措施防止蓄电池的过充电和过放电。第三: 必需强调节能, 有效延长照明时间。

目前, 光伏照明控制系统还处于研究开发阶段。现有的控制器有的采取电压比较器方式[1] [2], 明暗调节不便。有的仅实现恒流输出没有按时间点亮度控制及蓄电池的保护[3]。有的采用整体式薄型太阳能路灯设计, 虽美观大方但成本太高不适合在高原分散环境使用[4]。有的采用单片机加片外 A/D、D/A 系统, 电路复杂、体积大、成本高、易损坏维护困难等缺点[5] [6] [7]。也有的直接采用 TL431 进行控制, 虽然电路较简单, 但对照明的亮暗无法控制, 不易节能[8]。还有的采用基于 MPPT 算法控制的[9] [10] [11] [12] [13], 这对于独立小光伏系统来讲成本太高, 而且青海等高原地区日照很充足, 对独立小光伏系统没必要刻意讲究最大功率点追踪。也有的采用物联网的路灯管理[14] [15], 这种方式具有智能性但造价太高同时也不适于高原分散居住环境。针对以上不足设计并实现了基于 STC12C5A60S2 单片机的智能光伏照明控制系统, 直接利用片上 A/D、PWM 实现对蓄电池的过压、欠压保护及 LED 亮度控制, 整个控制系统电路简单、体积小、成本低、不易损坏等优点。

2. 系统功能介绍

1) 蓄电池过充电保护。白天在微控制器的控制下向蓄电池充电, 当 $U = 14.3 \text{ V}$ 后, 系统开始不断的调节充电电流, 此时蓄电池处于过充状态, 直到电流减小到 0.1 A, 表明蓄电池已充满, 此时控制器切断充电回路, 防止蓄电池过充电, 保护蓄电池。

2) 蓄电池过放电保护。夜晚蓄电池在控制器的控制下向 LED 供电, 当 $U = 10.8 \text{ V}$ 时, 控制器自动切断放电回路, 防止蓄电池过放电, 保护蓄电池。

3) 时间控制。控制充电从早上 9 点开始, 直到蓄电池充电完成。晚上 20 点开始供电, 在调试过程中分三个时间段测试供电实况。在玉树囊谦地区晚上 20 点至 21 点不是很暗, 用 150 mA 驱动 LED 即可, 21 点至 0 点用 230 mA 驱动 LED, 0 点后再以 150 mA 驱动 LED。(当然实际使用时没必要通晚供电, 根据休眠时间人为关灯。)

4) 恒流控制。为保持 LED 路灯在各时段内光照度基本一致并提高蓄电池供电时间, 控制器控制恒流电路使电流基本恒定。

3. 系统硬件电路设计

3.1. 系统框架

整个系统由微控制器、太阳能电池板、充电电路、蓄电池、LED 恒流源驱动电路及 LED 阵列、时钟电路及 LCD 构成。如图 1 所示。

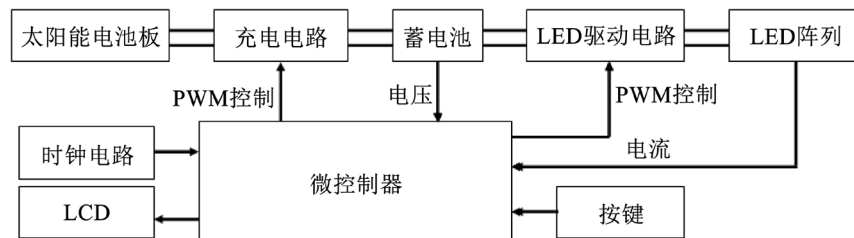


Figure 1. Frame diagram of intelligent solar LED street lamp control system

图 1. 智能太阳能 LED 路灯控制系统框架图

微控制器采用 STC12C5A60S2 单片机, 这款单片机是宏晶公司生产的 1T 型单片机, 是高速、低功耗、超强抗干扰的新一代 8051 单片机。内部集成有 60 K 的 Flash, 1 K 的 RAM, MAX810 专用复位电路, 2 路 PWM, 8 路高速 10 位 A/D 转换等资源, 特别适合本设计需求。

选用标称功率为 20 W 、开路电压为 18 V 的太阳能电池板和额定电压为 12 V 、容量为 7.2 AH 蓄电池, 选用 230 mA 的大功率 LED, 串联方式构成 LED 阵列。

在设计过程中采用点阵式图像 LCD, 用于绘制工作过程中蓄电池端电压变化曲线, 实际应用中考虑成本采用字符型 LCD。

3.2. 充电电路设计

用 Flyback 变换器将太阳能电池板和蓄电池连接起来, 根据当前时间及蓄电池端电压, STC12C5A60S2 输出 PWM 信号控制 Q1 开关管, 达到充电回路的通断及充电电流大小的控制, 当蓄电池端电压达到 14.4 V 停止充电。如图 2 所示。

3.3. 放电电路设计

LED 端电压的微小变化会引起较大的电流变化和亮度变化, 所以 LED 的驱动应尽可能地保持电流恒定。文中采用 Cuk 电压变换驱动串联 LED 的方案, 其电路框图如图 3 所示。

系统利用 Cuk 变换电路提高输入电源的电压, 以驱动大功率白光 LED 阵列。由于 LED 的工作电源由蓄电池提供, 因此它在工作时输出的电压并非恒定, 而是在一定范围内变化, 所以要求驱动电路能够

在较宽的输入电压范围内均能正常工作。Cuk 变换电路在满足较宽的输入电压的同时，使经过变换后的输入电压得到了提升，从而满足了串联 LED 工作电压较高的要求。根据当前时间和蓄电池端电压，STC12C5A60S2 输出 PWM 信号控制 Q2 开关管，决定是否接通供电回路，及调整 PWM 的占空比调节 LED 的亮度。

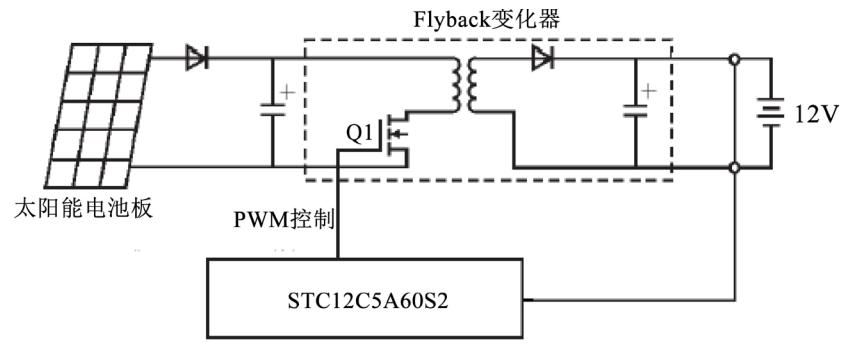


Figure 2. Charging circuit
图 2. 充电电路

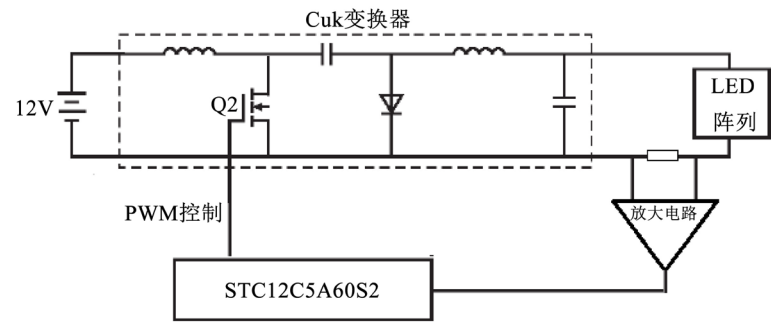


Figure 3. Power supply circuit
图 3. 供电电路

4. 系统软件设计

系统软件分主程序和中断服务程序。主程序的主要任务是控制充电、过充保护、供电、亮度调节、过放电保护功能，另一个任务就是跟踪过程中蓄电池电压变化并输出到 LCD 屏。主程序流程图如图 4 所示。

中断服务程序中主要实现系统时钟调整。流程如图 5 所示。

5. 运行测试

该系统在晴天进行了测试，如图 6 所示为充放电过程蓄电池端电压变化。充电从早上 9 点开始，经大约 6 个小时蓄电池的端电压从 10.8 V 上升到 14.4 V，之后到 20 点前蓄电池端电压基本不变。从图 6 可看出充电过程中起初蓄电池端电压变化快，之后变的缓慢，尤其在充电快结束时端电压变化更加缓慢，这与蓄电池充电其端电压变化特性及我们采取临界点以小电流充电方案是一致的，起到了过充电保护作用。放电从 20 点开始，20 点至 21 点、0 点后大约以 150 mA 供电，21 点至 0 点大约以 230 mA 供电，从图 6 看出该方案能持续供电 11 个小时，且 20 点至 21 点、0 点后蓄电池端电压变化较缓慢而 21 点至 0 点蓄电池端电压变化较快，这与蓄电池放电特性及采取的放电策略一致，不仅实现了分时间段不同恒流供电的目的，而且起到了过放电保护作用。

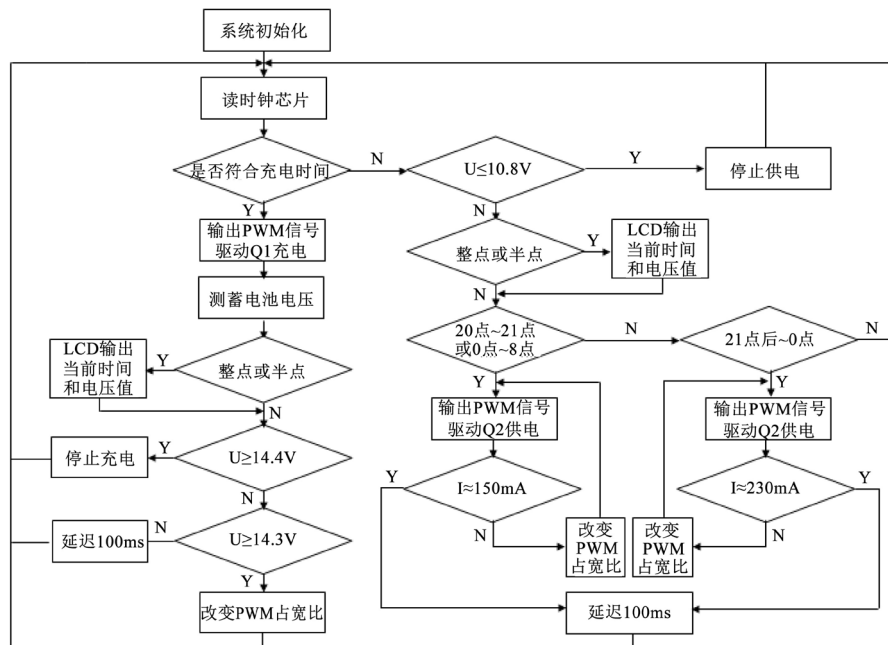


Figure 4. Flow chart of main program of the system

图 4. 系统主程序流程图

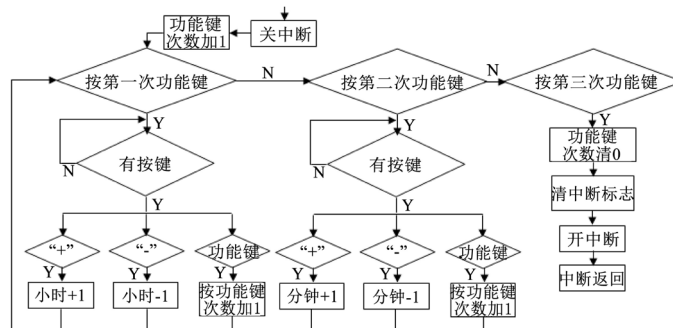


Figure 5. Flow chart of interrupt service program

图 5. 中断服务程序流程图

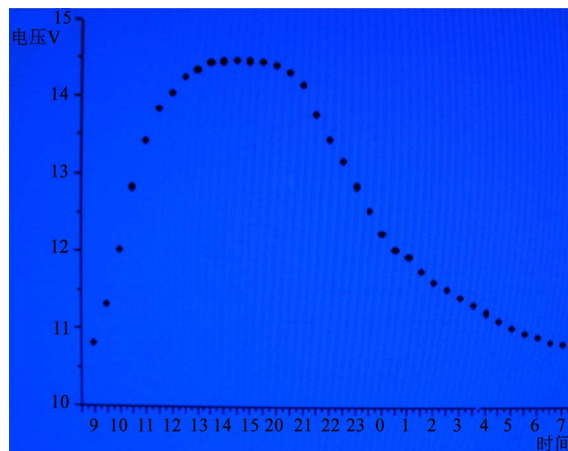


Figure 6. Charging and discharging curves of storage battery

图 6. 蓄电池充放电曲线

6. 结束语

从前面试数据看,该系统对一路 LED 灯分时间段以 150 mA、230 mA 可连续供电 11 小时,可见该系统完全满足一个一般家庭的日常照明。另外独立光伏 + LED 照明方案不仅是一劳永逸的绿色照明,而且省去了铺设电缆的昂贵造价。因此这种方案对光照充足且无国家电网铺设的高原牧区非常适用。

在本系统的基础上再加光度采集电路,通过软件控制不同光度下 LED 的驱动电流,使环境的光度基本稳定,就可以应用到很多场所,如太阳能草坪灯、太阳能楼道灯、太阳能街灯及蔬菜温室大棚的补光系统等。

基金项目

教育部科研项目,项目编号:Z2015033。

参考文献

- [1] 陈维,沈辉,丁孔贤. 太阳能 LED 路灯照明系统优化设计[J]. 中山大学学报, 2005, 44(S2): 95-98.
- [2] 姚宏,冯卫东,邱望标. 太阳能 LED 路灯控制器设计[J]. 现代机械, 2009(2): 29-32.
- [3] 姜红杉. 基于 AT89S52 的太阳能路灯控制系统[J]. 电子技术与软件工程, 2018(11).
- [4] 韦建波. 一种整体式薄型太阳能 LED 路灯设计方案[J]. 企业科技与发展, 2018(8): 77-81.
- [5] 周希章. 照明装置的选用、安装与维护[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [6] 马福昌,霍永涛,马珺. 太阳能大功率 LED 路灯的设计[J]. 电子设计工程, 2010(8): 147-149.
- [7] 华坤,李彦. 太阳能 LED 路灯控制器的设计[J]. 微计算机信息, 2009(2): 105-106.
- [8] 公茂法,贾斌,公政,张晓明,李琦. 基于 TL431 的太阳能 LED 路灯控制器设计[J]. 电子技术应用, 2011, 37(6): 65-67.
- [9] 郭伟,徐祖平. 具有 MPPT 功能的光伏路灯设计[J]. 通信电源技术, 2018(8): 88-90.
- [10] 王子明. 光伏电站自动跟踪系统与 MPPT 的研究[D]: [硕士学位论文]. 保定: 华北电力大学, 2013.
- [11] 郭晓君. 一种太阳能路灯控制器设计及实现研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 郑州大学, 2018.
- [12] 王平. 基于 DSC 太阳能 LED 照明控制驱动系统[J]. 电子产品世界, 2010, 17(4): 49-51.
- [13] 艾叶,刘廷章,王世松. 独立式 LED 太阳能光伏照明系统的设计[J]. 电力电子技术, 2010, 44(2): 18-19, 69.
- [14] 王世民,杨永杰. 基于 NB-IOT 的智慧路灯管理系统[J]. 电视技术, 2018, 42(8): 143-146.
- [15] 何子力,张丽娜,张放心,徐景宏,方勇,刘文. 基于 ZigBee 网络的高速公路防雾霾路灯控制系统[J]. 信息技术与网络安全, 2018, 37(7): 86-89.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2333-5394, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jee@hanspub.org