Transmission and Distribution Engineering and Technology 输配电工程与技术, 2022, 11(4), 27-38
Published Online December 2022 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/tdet
https://doi.org/10.12677/tdet.2022.114004

风光能互补型路灯控制器设计

付三丽，蔡敬浪，翁耀明

三亚学院新能源与智能网联汽车学院，海南 三亚

收稿日期：2024年2月20日；录用日期：2024年3月20日；发布日期：2024年3月29日

摘 要

近年来，由于全球的能源紧缺局势日益严峻，许多国家正努力探索有效的应对措施，其中，研究和推广新型可再生能源已经变得尤其迫切。风能作为一种新型的绿色能源备受关注。除了风能之外，光照能源在我国西部以及东部沿海地区也非常普遍，这两种能源都是绿色环保无污染的，但这两种能源的日常发电量在很大情况下取决于天气的变化，以及各个季节的气候。因此，研究风光互补发电的路灯，对节约能源和城市照明都有着非常重要的作用。本文设计的是一个基于单片机STC89C52的风光能互补型路灯控制器，系统包括LED灯、光敏电阻传感器、二挡拨动开关检测、太阳能发电、风能发电、升压、锂电池充电等模块。采用STC89C52单片机作为核心控制单元，利用风能发电和太阳能发电技术，为锂电池充电模块提供电力，以满足LED灯电路的需求。此外，光敏电阻传感器可以检测外界的太阳光强度，并根据实时的情况调整电路的亮度，或者通过二挡拨动开关，实现对LED灯的快速调节，以达到控制的目的。

关键词

风能发电，太阳能发电，控制器，升压，光敏电阻

Design of Complementary Wind Solar Street Light Controller

Sanli Fu, Jinglang Cai, Yaoming Weng

School of New Energy and Intelligent Networked Automobile, University of Sanya, Sanya Hainan

Received: Feb. 20th, 2024; accepted: Mar. 20th, 2024; published: Mar. 29th, 2024

Abstract

In recent years, due to the increasingly severe global energy shortage situation, many countries are striving to explore effective response measures. Among them, researching and promoting new

文章引用: 付三丽, 蔡敬浪, 翁耀明. 风光能互补型路灯控制器设计[J]. 输配电工程与技术, 2022, 11(4): 27-38.
DOI: 10.12677/tdet.2022.114004

renewable energy has become particularly urgent. Wind energy, as a new type of green energy, has attracted much attention. In addition to wind energy, solar energy is also very common in the western and eastern coastal areas of China. Both types of energy are green, environmentally friendly, and pollution-free. However, the daily power generation of these two types of energy largely depends on weather changes and the climate of each season. Therefore, studying streetlights for wind solar complementary power generation plays a very important role in energy conservation and urban lighting. The design of this article is a wind solar complementary street light controller based on the STC89C52 microcontroller. The system includes modules such as LED lights, photoresistor sensors, second gear toggle switch detection, solar power generation, wind power generation, boost voltage, and lithium battery charging. STC89C52 microcontroller is used as the core control unit, utilizing wind and solar power generation technology to provide power for the lithium battery charging module to meet the needs of LED light circuits. In addition, photoresistor sensors can detect the intensity of external sunlight and adjust the brightness of the circuit in real-time, or quickly adjust the LED lights through a second gear toggle switch to achieve control.

Keywords

Wind Power Generation, Solar Power Generation, Controller, Boost Voltage, Photoresistor

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

风能和太阳能的利用和推广有着十分久远的历史，其历史可追溯至 3000 多年以前。这是一门历史悠久但充满朝气的科学，与日常生活息息相关，同时也是可再生且无污染的科学，在当今无疑是可持续发展的重要科学。众所周知，地球上的资源，尤其是不可再生资源，存在着极大的短缺，无法持续供应。在 21 世纪，经济的高速发展伴随着能源的快速消耗，随着世界能源的减少，传统能源无以为继，经济发展将越来越受到能源开发的限制。随着时间的推移，传统能源对环境的影响日益加剧，对人类的健康和生活构成了严峻的挑战。因此，新能源的发展变得越来越迫切，其中以风能和太阳能最为突出，受到了广泛的关注。

当下随着模糊控制在控制领域的广泛应用，基于模糊控制、基于神经网络等人工智能的发电控制方法也开始被研究[1]。如合肥工业大学教育部光伏系统工程研究中心的吴红斌，陶晓峰，丁明对光伏并网发电系统的 MPPT 电压控制进行了仿真，根据光伏并网系统的结构，采用外环为电压环、内环为并网电流环的双环控制。通过 abc/dq0 变换将并网电流解耦为有功分量和无功分量，引入最大功率点跟踪提供的直流侧电压参考量的闭环控制调节并网电流的有功分量，引入交流侧电压参考量的闭环控制调节并网电流的无功分量，实现了具有 MPPT 和电压控制能力的三相光伏并网发电技术。风光互补发电由于综合了风能和光伏发电的优点，弥补了风力发电和光伏发电的不足，现在国内外已经对风光互补发电展开了研究。美国 NREL 实验室和 Colorado State University 联合研制一种系统仿真软件 hybrid2，只要输入具体的负荷性能，风能特性以及光照强度等数据，便能够对风光互补发电系统进行仿真并得到仿真结果，其功能强大，该软件的缺点是它只能够进行仿真，而不能进行优化设计。国内的一些科研机构也对风光互补发电进行了详细的研究，应用精准的表征组件特性并通过实际的观测获取更加精确的风光互补系统配置参数，为了寻找出以最小设备投资成本满足用户用电要求的系统配置[2]。

2. 设计方案

论文设计风光能互补型路灯控制器主要使用了 STC89C52 单片机进行设计，由风能发电电路、太阳能发电电路、充电管理电路、锂电池升压电路、光照检测电路模块、开关电路模块、LED 灯电路这几部分组成[3]，通过单片机控制和设置。论文系统硬件部分主要是以 STC89C52 为核心，再与光照检测电路、开关电路、LED 灯电路、充电管理电路等结合来实现风光能互补型路灯控制器的设计功能。软件设计需要绘制程序流程图，以便更好地理解硬件设计的各个电路模块，并利用这些模块来实现各种功能。此外，还需要通过仿真模拟来检测和分析电路设计中的问题，以便及时发现并解决这些问题。

2.1. 方案原因

论文风光能互补型路灯控制器与传统灯具相比，风光互补路灯使用自然可再生太阳能和风能，不向大气排放污染物，实现零污染。中国拥有丰富的风能和太阳能，路灯作为一种户外设备，两者的结合做成风光互补路灯，使路灯的景观相辅相成，这无疑是我国节能减排的一个好办法。互补的风光灯易于实施和维护不受大面积电路建设干扰[4]，不仅工艺简单，建设周期短，而且在维护方面更加方便。作为新兴的能源系统，能够节约成本和提高系统稳定性，在传统能源占据大部分市场的今天，新能源无疑成为城市的一大亮点。

2.2. 方案思路

风光互补路灯框架如图 1 所示，包括风力发电机、太阳能电池板、智能控制器、蓄电池组和 LED 路灯。

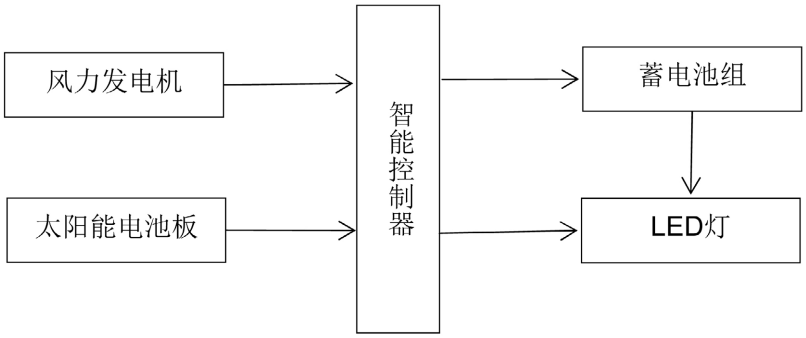

Figure 1. Framework diagram of wind solar complementary street lights
图 1. 风光互补路灯框架图

方案设计中太阳能电池组件是将太阳能直接转换为电能的发电装置，具有以下特点：不产生噪声，不排放污水，不需要燃料，维护费用低，稳定性好，效率高，寿命长。风力发电机是以自然风作为动力，驱动风轮及发电机旋转，将风能转换为电能给蓄电池充电或通过逆变器直接转换成交流电。具有体积小、重量轻、发电效率高、微风便能启动、寿命长免维护等特点。蓄电池作为风光互补发电系统的储能设备，在整个发电系统中起着非常重要的作用[5]。

3. 系统硬件

这款路灯控制器采用了 STC89C52 单片机，它能够实现风光能互补，并且具有多个功能模块，包括 LED 灯电路、光敏电阻传感器模块、二挡拨动开关检测电路、太阳能电池板、风能发电电路、升压模块和锂电池充电电路等模块组成，系统硬件部分设计如图 2 所示[6]。

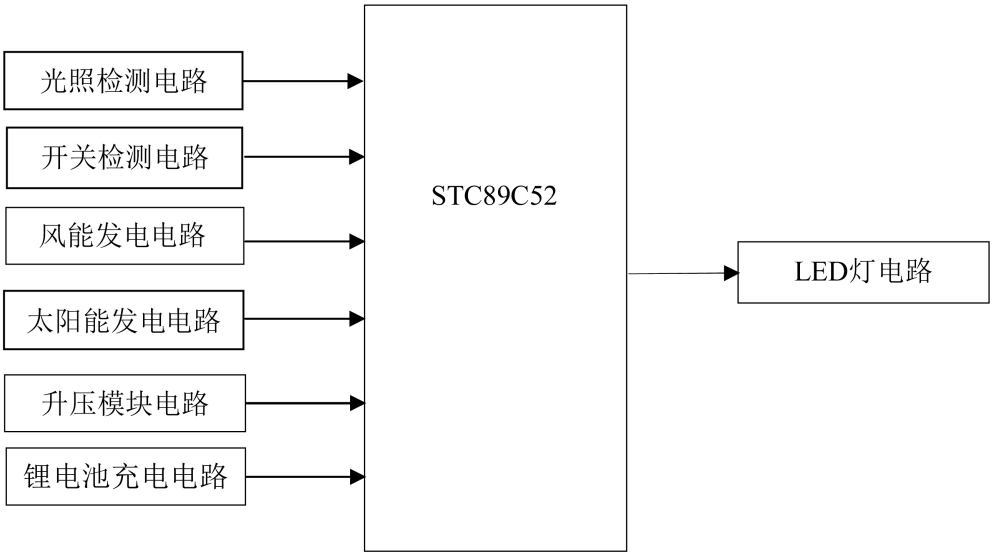

Figure 2. Hardware design master block diagram
图 2. 硬件设计总框图

通过使用模块化的方法，本设计旨在构建一个集成的、功能较强的风力和太阳能照明控制系统。本设计的核心是 STC89C52，它可以将其他模块有效的整合在一起，形成一个统一的系统帮助笔者实现这个目标。硬件系统核心模块如下。

3.1. 风能发电电路

风力发电机的工作原理十分简单：即风轮随着风的吹拂而旋转，将风能转换成机械能，进而驱动发电机旋转以产生电能。从某种角度来看，风能实际上也是太阳能的一种，因此风力发电机可以视为一种利用太阳能的热源的发电设备。此设计中，选择了 5V 的微型风能发动机。这种锂离子电池电压范围在 3.7V 到 4.2V，风能发动机通过 L7805CV 芯片进行了稳压，能够保持 5V 的输出。这样就能够通过升压技术，把 3.7V 的输出调节到 5V，以此来为设备提供电源[7]。风能发电电路如图 3 所示。

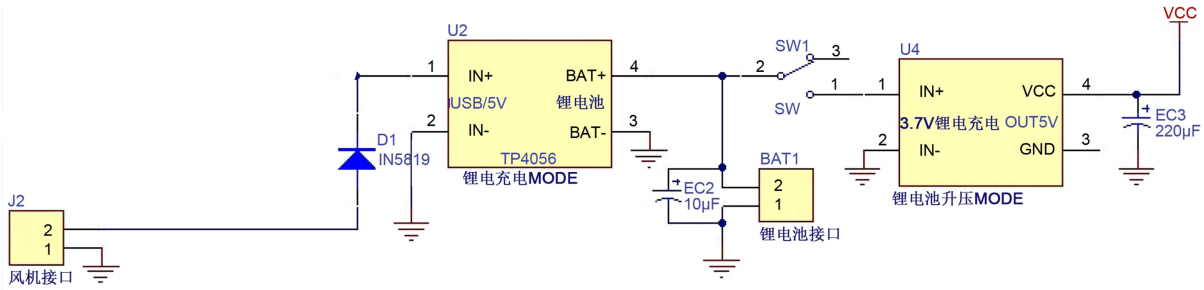

Figure 3. Wind power generation circuit
图 3. 风能发电电路

3.2. 太阳能发电电路

太阳能电池板是一种利用光化学效应或光电效应吸收阳光并将其直接或间接转换为电能的装置。它通常由半导体材料“硅”制成，但由于成本较高，因此对其广泛应用仍存在一定的限制。为了确保设备能够正常运行，本设计选用多晶硅太阳能电池板作为发电元件，其输出为 9V 的电压。由于使用的是锂

电池，其电压范围为 3.7V 到 4.2V，为了将电压稳定在 5V，设计中采用了 L7805CV 芯片进行稳压。同时，为了能够提供足够的电源，本设计选用了 9V220ma 的多晶硅太阳能电池板以及 9V2W 的玻璃层压太阳能电池板。由于锂电池电压不足，还需要使用升压模块将其升压到 5V，以确保设备能够正常工作。只有在阳光充足的情况下，该产品才能正常运行。由于组件中没有储存功能，所以在发电后必须立即使用。通常情况下，可以工作 20 到 25 年。电容有滤波的作用，可以滤除电路中低频参量。图 4 为太阳能发电电路。

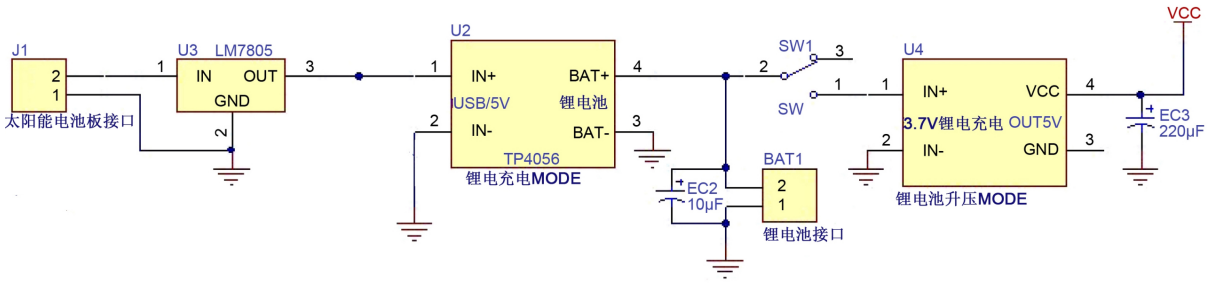

Figure 4. Solar power generation circuit
图 4. 太阳能发电电路

3.3. 硬件部分小结

论文硬件部分主要分为光照检测电路、开关检测电路、高亮灯照明电路(LED 灯电路)、锂电池充电模块电路、升压模块电路等方面进行设计。在单片机的构建过程中，最基本的部分是复位器、时钟电路以及电源控制器。通过光照检测电路对光照的强弱进行区分，当光照强时 LED 灯熄灭，同时太阳能电池板进行工作，为 TP4056 锂电池充电；当光照弱时 LED 点亮，也可以由微型风力发电机进行发电，为 TP4056 锂电池充电。或由开关电路进行手动控制 LED 灯的开与关。最后就是充电管理电路和升压电路。在这几个硬件电路中实现着不同的功能，但是分工明确，互不影响，很好地完成了风光能互补型路灯控制器的设计。

4. 系统软件

4.1. 系统软件流程图

在完成硬件电路后，需要软件来配合硬件完成其电路功能，只有合理的软件编程才能够控制使硬件发挥出所设计的功能，软件还需要精确的流程图来辅助软件的编程，使软件编程能更加准确的实现所想要编程的功能，因此流程图是不可缺少的，如图 5 所示。

4.2. 程序开发环境

Keil uVision4 被广泛应用于 51 系列单片机的开发，它不仅提供了高效的编码、配置以及调试功能，而且还可以有效地提升整个项目的效率。它被认为是 STC 公司的重要产品，可以帮助企业更好地实现高效的项目管理。这款软件拥有卓越的 Windows 开发功能，可以实现 C/C++的跨平台兼容，而且可以大大减少 C 语言的复杂性，让用户的 C 语言编写工作更轻松、快捷，因此本设计选择了 Keil uVision4 为程序的开发环境[8]。

4.3. 软件小结

论文软件部分主要完成了风光能互补型路灯控制器的软件设计工作，并很好地完成了软硬件配合的工作，使该软件在硬件电路中能够正常运行，能顺利完成本论文所设计的功能。风光能互补型路灯控制

器的软件设计，其中包括芯片的软件设计、程序流程设计、以及对于控制 LED 的软件设计。论文软件部分设计思路首先软件设计需要绘制程序流程图，以便更好地理解硬件设计的各个电路模块，并利用这些模块来实现各种功能。此外，还需要通过仿真模拟来检测和分析电路设计中的问题，以便及时发现并解决这些问题。在本次风光能互补型路灯控制器的设计中需要分别对光照检测电路、开关电路、LED 灯电路、充电管理电路进行程序的编写来实现本设计的功能[9]。

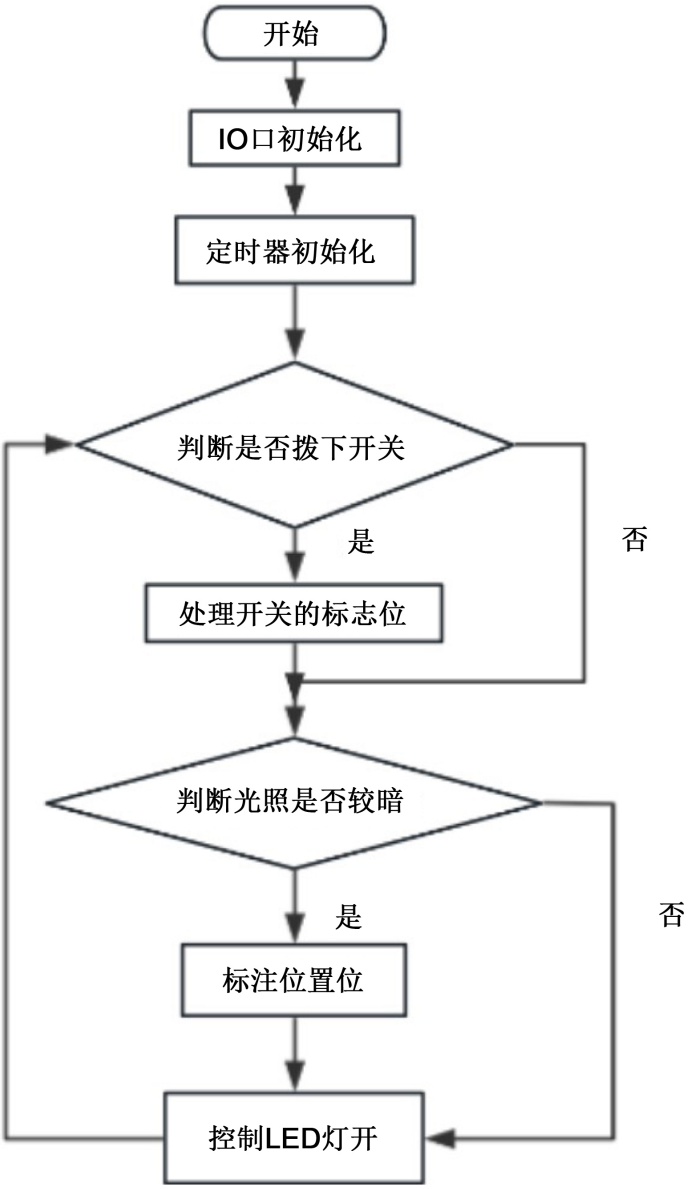

Figure 5. System main program flowchart
图 5. 系统主程序流程图

5. 仿真与调试

5.1. 系统仿真

当无光照条件下，下拨自动开关，使 LED 灯被点亮，如图 6 所示。

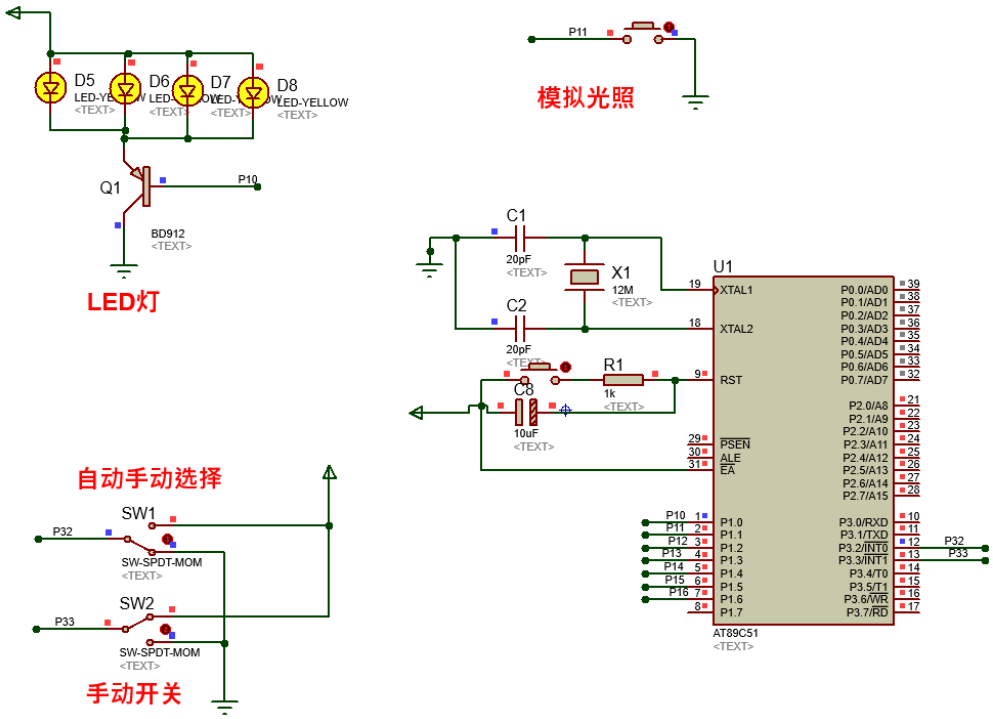

Figure 6. System diagram for starting without light conditions
图 6. 无光照条件启动系统图

当有光照条件下，下拨自动开关，则 LED 灯熄灭，如图 7 所示。

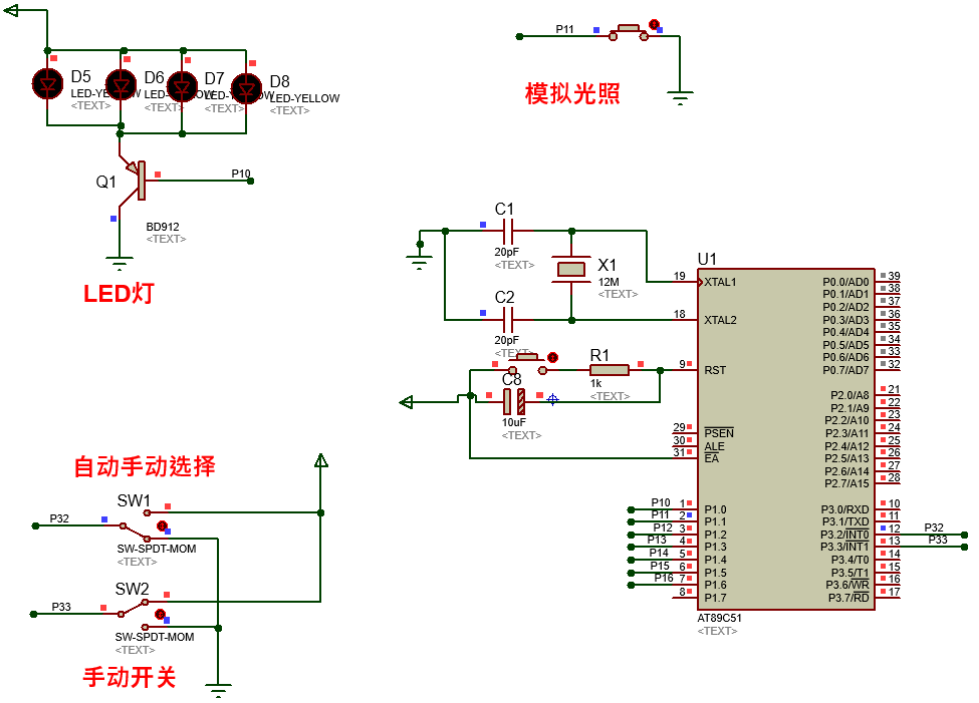

Figure 7. System diagram for starting under light conditions
图 7. 有光照条件启动系统图

5.2. 系统调试

在进行硬件调试之前，需要对硬件进行焊接。在本次设计的焊接中，需要用到 STC89C52，电容，电阻，开关，按键，LED 等元器件。硬件实物图如图 8 所示。

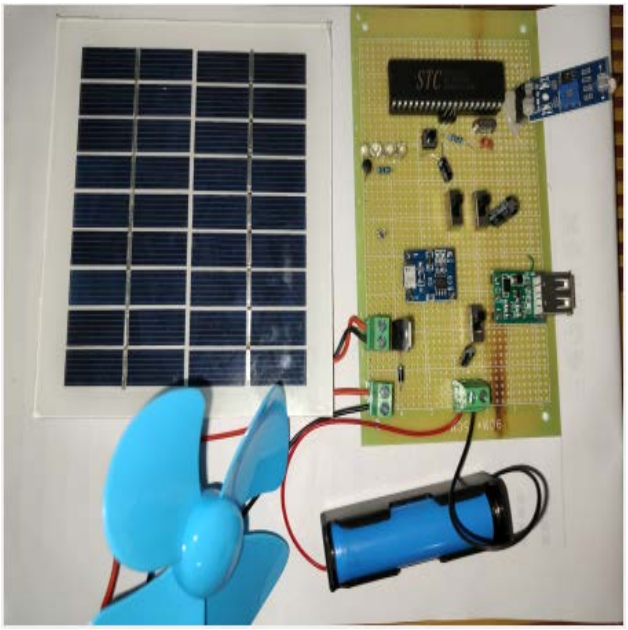

Figure 8. Hardware physical image
图 8. 硬件实物图

在完成了硬件的焊接之后，对硬件进行调试，这是必不可少的工作。硬件调试是毕业设计制作的最后一步，它不仅可以有效地验证设计思路的正确性，还可以检查设计的可行性，并且可以确保设计的功能得到有效的实施，具体的调试步骤如下图 9、图 10 所示。

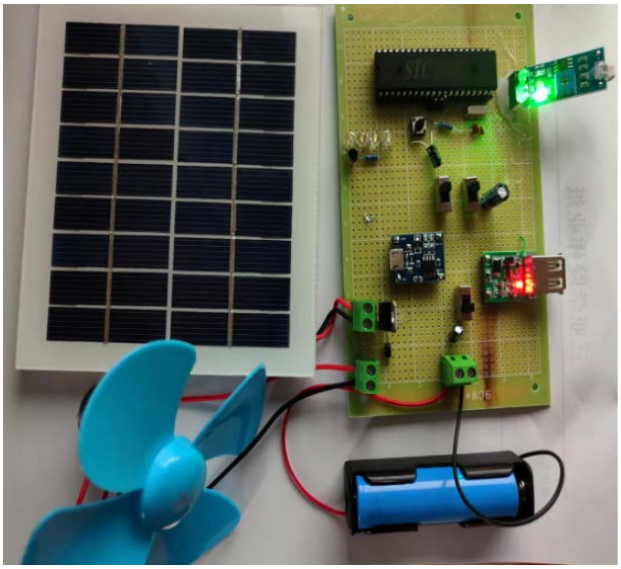

Figure 9. Matte physical image
图 9. 无光实物图

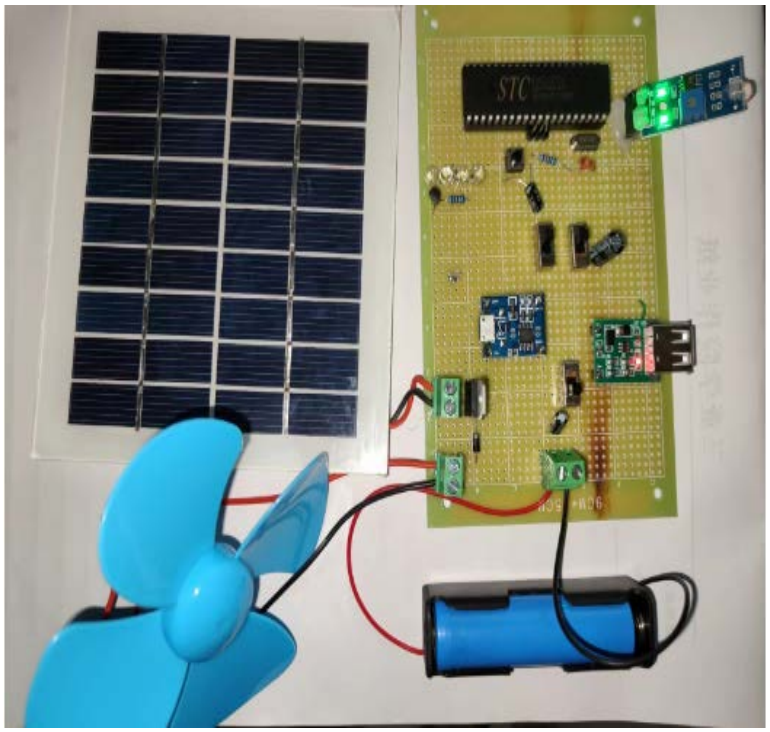

Figure 10. Physical image with light
图 10. 有光实物图

在无光的情况下，DO 口(0 和 1)将发射高电平的电流，而光敏电阻传感器模块的(PWR-LED)电源指示灯将被激活。然而，一旦环境中的光线足够充足，而且光线的强度也足够大，模块 D0 将发射低电压的电流，而(DO-LED) DO 指示灯也将被激活。DO 技术的应用使得人们能够从单个设备中获取信息，比如在监控室内的光线时，能够自主调节其输出信号的大小。另外，DO 技术也能够与其他传感器相结合，构建出一个完整的光电控制系统。

手动模式实物图如图 11 和图 12 所示，与图 6 和图 7 仿真效果一致。

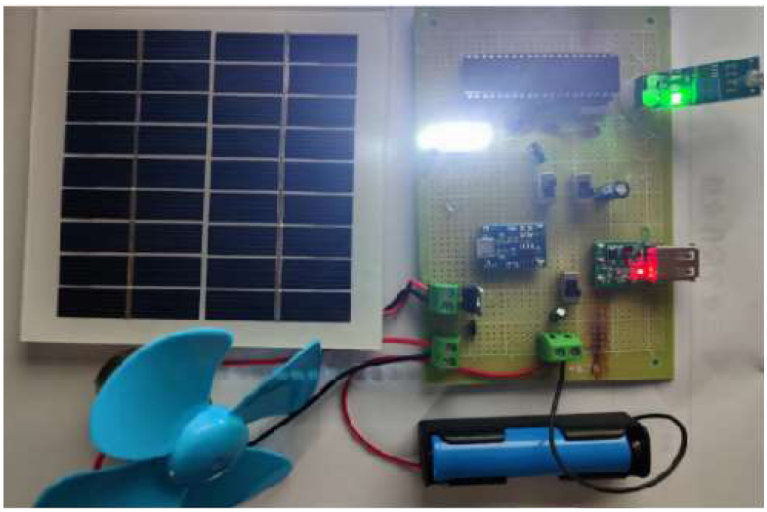

Figure 11. Manual mode on
图 11. 手动模式开

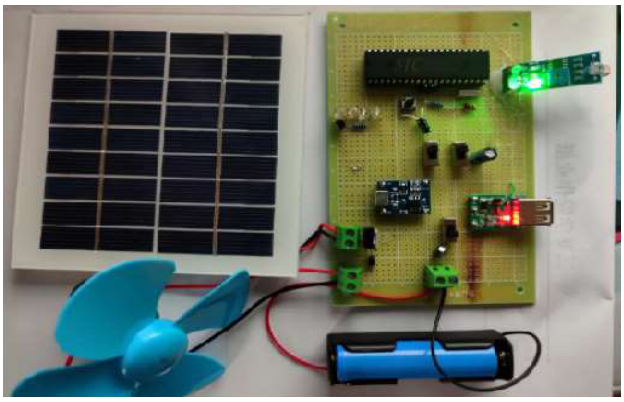

Figure 12. Manual mode off
图 12. 手动模式关

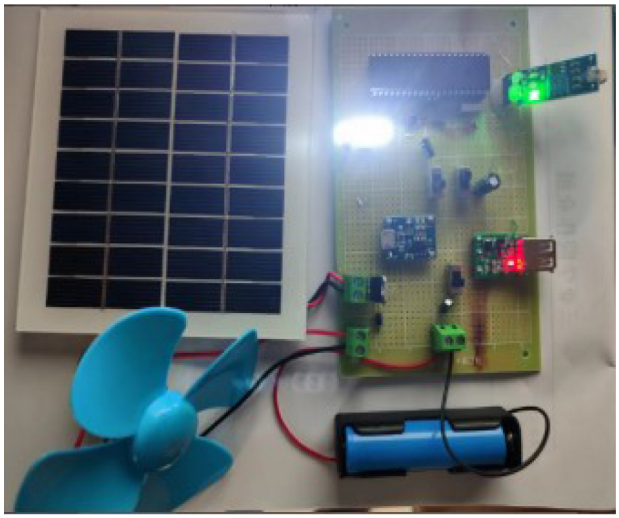

Figure 13. Physical image of automatic mode without lighting
图 13. 无光照自动模式实物图

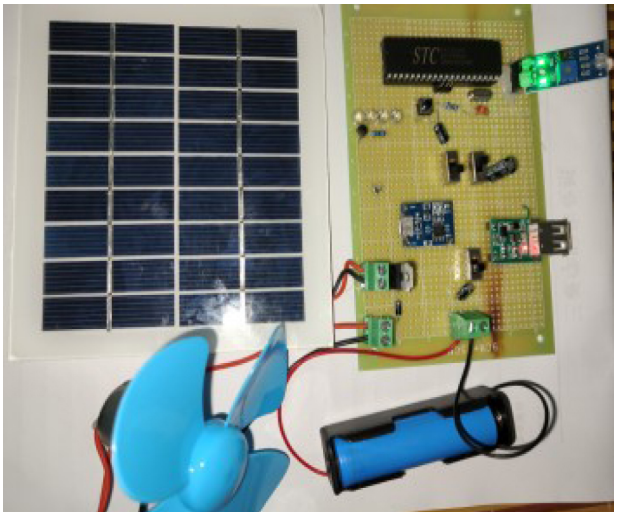

Figure 14. Physical image of illuminated automatic mode
图 14. 有光照自动模式实物图

在没有任何外部环境影响的情况下，实物图的功能正常，如图 13 和图 14 所示。在手动模式下时，需要先打开电源开关，给各个模块供电，使各个模块电路正常工作。当按下手动模式开关的按钮时，LED 灯会亮起，如图 11 所示；而当再次按下手动模式的开关按钮时，LED 灯会熄灭，如图 12 所示。同理，下拨自动模式开关时，光照检测电路工作，自动检测环境光强度是否达到了设定的阈值，如果达到阈值则模块 D0 输出低电平点亮 LED 灯如图 13 所示，如果没达到阈值则模块 D0 输出高电平使 LED 灯保持熄灭状态如图 13 所示[9]。风能充电和太阳能充电如图 15 和图 16 所示。

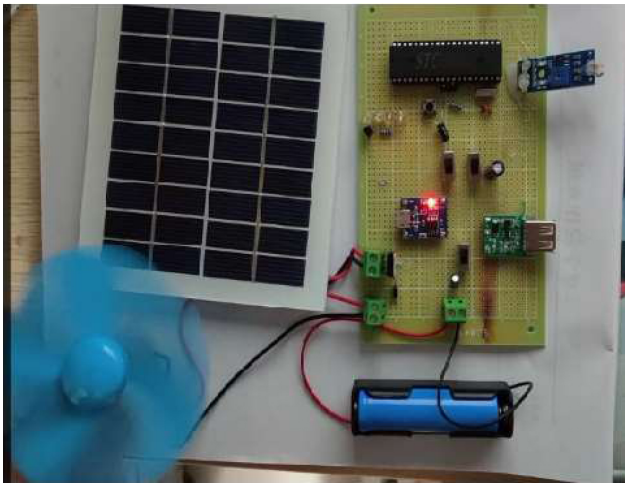

Figure 15. Physical diagram of wind energy charging
图 15. 风能充电实物图

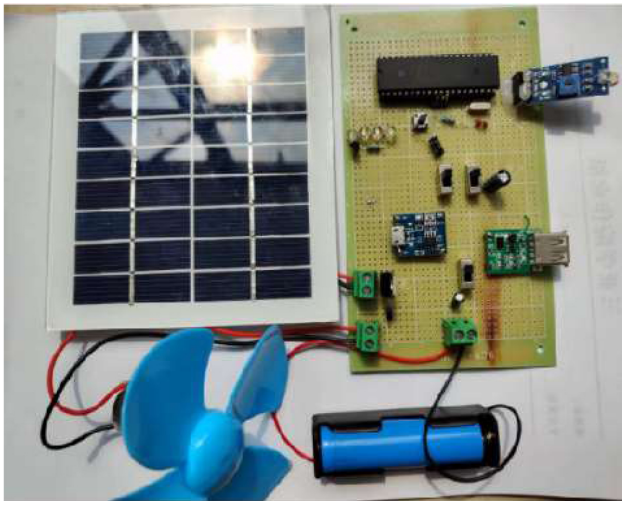

Figure 16. Physical image of solar charging
图 16. 太阳能充电实物图

在锂电池充电分别有两种方式，分别是风能发电和太阳能发电，以此来给锂电池进行充电。风能充电是自然风吹动风轮转动使电机在风轮轴的带动下旋转发电，这时可以看到充电指示灯点亮如图 15 所示[10]。太阳能充电通常使用太阳能板，它是一种能够感知太阳光强的充电设备，太阳能板常常与电池结合时应用，太阳能产生的电能给电池进行充电，同理，在太阳光的照射下可以看到充电指示灯点亮如图 16 所示。

5.3. 调试结论

论文设计风光互补控制器是对光伏电池板和风力发电机所发出的电能进行调节和控制，一方面把调整后的电能送往灯具，另一方面把多余的能量对蓄电池进行充电，当发出的电能不能满足负载需要时，控制器就会把蓄电池中存储的电能送往灯具，蓄电池存储的电能用完时，控制器可以控制蓄电池不被过放电，当蓄电池充满电后，控制器可以控制电池不被过充电。具有完善的保护功能，从而可以达到更长的使用时间。

6. 总结

论文系统芯片单片机是本次设计风光能互补型路灯控制器的核心部件，它具有完整的功能、良好的性能和低廉的价格，并且具有很强的可靠性。此外，它还非常容易携带。在调试的过程中，通过手动模式和自动模式的开关可以使本设计在白天和晚上点亮或熄灭 LED 灯，也可以在白天通过太阳能发电，或者风能发电，最终使用锂电池进行充电。让本设计进行一个充放电的循环。系统通过仿真及硬件调试测试符合预期要求，测试结果表明在本次风光能互补型路灯控制器的设计基本上满足了人们风光能互补路灯的要求，达到了预期的设计效果和结论。

基金项目

2019 海南省大学生创新创业训练计划项目安全智能电动车充电器的开发与研究，项目编号：S201913892066。

参考文献

[1] 朱伯明, 褚才良, 陈海军, 陈亮, 杨润光, 杨凯. 基于风光互补型的智能式 LED 太阳能路灯系统设计[J]. 数字技术与应用, 2015(4): 143-144.

[2] 孙素军. 风光互补路灯控制器的设计[J]. 韶关学院学报, 2019, 40(6): 42-46.

[3] 周宏春. 我国可再生能源的发展现状与展望[J]. 领导科学论坛, 2016(18): 51-64.

[4] 罗杰. 风光互补路灯系统以及电力电子技术在其中的应用[J]. 电子测试, 2021(15): 115-116.

[5] 梁松坚. 风光互补型 LED 路灯的应用分析[J]. 科技与企业, 2015(6): 251.

[6] 李刚, 王培良, 秦会斌. 一种小功率风光互补路灯控制器[J]. 照明工程学报, 2014, 25(2): 123-128.

[7] 李娣娜, 王海军, 马惠铖. 智能小型风光互补路灯控制系统设计[J]. 电子测试, 2020(19): 39-40+100.

[8] 付一杰, 孙彦武, 魏立明. 风光互补发电系统在路灯上的研究及应用[J]. 日用电器, 2022(3): 52-56.

[9] 章小庆. 风光互补路灯在城市景观道路照明中的应用[J]. 家庭科技, 2020(9): 19-20.

[10] 覃盛琼, 程朗, 何占启, 陈少罕. 风力发电系统研究与应用前景综述[J]. 机械设计, 2021, 38(8): 1-8.