

自适应风光互补智能照明系统的设计与实现

吴妍¹ 陶冶² 陶卓媛³

1. 浙江树人学院 经济与管理学院, 浙江 杭州 310000

2. 诺基亚通信系统技术(北京)有限公司, 北京 100000

3. 上海七宝德怀特高级中学, 上海 200000

摘要: 极端天气增加、气候变暖, 以及双碳目标的约束下, 我国照明用电的供给压力与环保压力并存。研究设计一套同时利用太阳能和风能两种新能源的智能照明系统, 以缓解此二种压力。该设计以89C52单片机为核心, 通过对光强度的对比、检测, 实现了太阳能板自动追光和智能照明等功能, 并通过样机制作和测试, 对本设计的合理性及可行性进行了论证。测试结果表明, 该系统能够降低单一能源供电受天气以及昼夜的影响, 提高系统供电的稳定性和连续性, 并且基本实现零排放。

关键词: 风光互补; 智能照明; 太阳能追光; 光电传感器; 节能减排

DOI:10.63887/jeti.2025.1.4.4

1 引言

刚刚过去的2022年, 我国天气高温和干旱气候特征明显, 全国平均高温日数达到1961年以来历史最多, 夏秋两季高温创历史之最; 长江流域中旱以上的干旱日数亦为1961年以来历史同期最多(中国气象局)。气候的异常, 使得当年夏秋两季用电量激增, 电力供应受到影响, 导致多地不同程度的限电, 甚至部分城市照明用电也受到一定程度的影响^[1]。

我国传统户外照明主要依赖国家供电系统, 存在两方面限制: 一是煤炭发电的比重较高, 污染严重; 二是智能化程度低, 有效照明时间短, 能耗高^[2]。在国家发展新能源的倡导和趋势下, 我们设计出一种新型

智能环保照明系统, 一方面利用太阳能和风能两种可再生能源进行优势互补; 另一方面通过单片机实现太阳能追踪及智能化照明, 在提高太阳能发电效率的同时降低能源的无效损耗, 一定程度上实现缓解用电压力, 降低化石能源与环境负担的目的^[3]。

2 系统设计

本设计是以89C52单片机为控制核心, 利用太阳能及风能作为发电能源的一种智能环保照明系统。整个系统分为风光互补电源管理子系统、太阳能追日子系统、智能照明子系统三部分, 各子系统的内部架构及连接关系如图1所示^[4]。

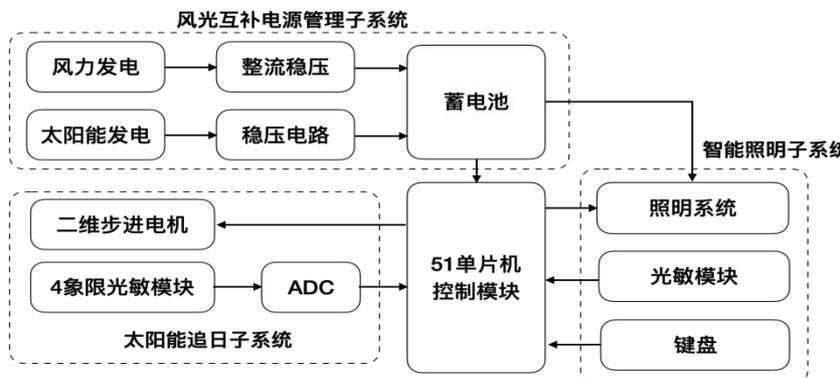


图1 系统方案图

2.1 风光互补电源管理子系统

风光互补电源管理子系统由太阳能发电模块、风

力发电模块、锂电池管理模块组成*，其中：太阳能发电是利用光电转换原理将太阳能转换成直流电^[5]。光伏板吸收太阳能输出直流电压，经稳压电路后给锂电模块供电。风力发电因受风力、风向的影响，风机输出的电压起伏较大，系统中先经过整流、稳压再给锂电模块供电。锂电池管理模块由锂电池充电管理电路、储能模块和升压电路组成。充电管理模块接收太阳光和风能产生的能量为锂电池充电，同时具备防过充、保护蓄电池等功能。锂电池模块用于储存风光发电系统中产生的能量，为控制系统和照明系统提供稳定的直流电压。锂电池容量可依据当地自然情况及照明强度科学估算，合理的锂电池容量不仅能控制成本，最大限度利用风能和太阳能，也保证了系统的供电续航能力。锂电池的最高输出电压为 4.2V，我们通过升压电路将锂电池输出电压提高至 5V/12V 供控制和照明系统使用^[6]。

2.2 太阳能追日子系统

本设计的太阳能追日系统由 89C52 单片机模块、四象限光电传感器模块、双轴步进电机模块等组成*，其中：四象限光电传感器模块由四个不同方向的光电传感器组成，其采集的光强信息通过模数转换器转换成数字信号，供单片机使用。双轴步进电机模块由水平电机和垂直电机组成，水平方向支持 0~270 度旋转，垂直方向支持 0~90 度调整。89C52 单片机为追日系统的核心，支持手动模式和自动模式。手动模式下，可通过按键控制两组电机的旋转，实现手动追光或电机调试的功能；自动模式下，单片机将四个光电传感器分为水平方向和垂直方向两组，读取每组传感器的光强信息。当同组传感器的光强差值超过了设定的范围，系统判断光伏板在该方向上偏离了太阳光，单片机会驱动步进电机，带动光伏板向光强较强的方向旋转，使光伏板始终正对阳光入射方向。太阳能追踪系统软件流程如图 2 所示。

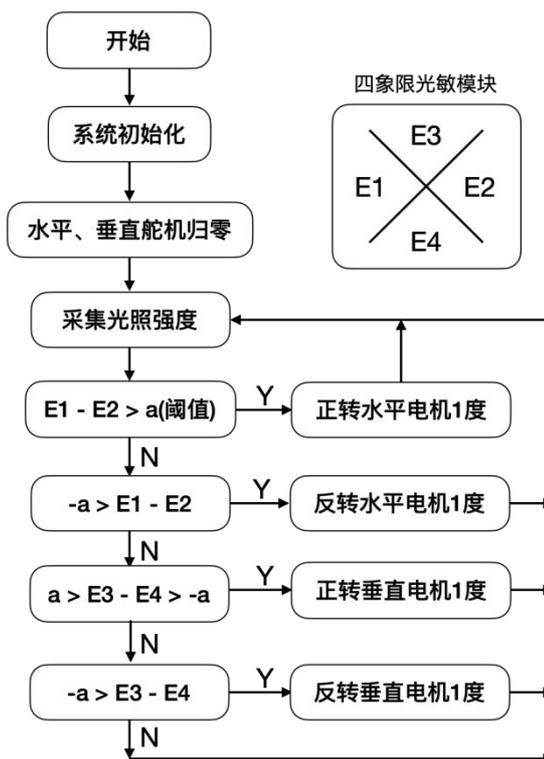


图 2 太阳能追踪软件流程图

2.3 智能照明子系统

本设计中，智能照明子系统支持手动模式和自动模式。手动模式下可以通过开关和按钮来控制照明系统。自动模式中，单片机读取光敏电阻模块传递的光强信息，当光线低于设定的范围时，打开照明系统，并且根据光线强弱自动调节照明亮度；当光线高于设定的门限时关闭照明*。

3 主要硬件电路设计

3.1 STC89C52 单片机模块设计

系统的核心控制选用 STC89C52 芯片。STC89C52 是 STC 公司生产的一种低功耗、高性能微控制器，其使用经典的 MCS-51 内核并做了很多的改进，使得芯片在完全兼容传统 51 单片机的情况下扩展了更丰富的硬件资源。

图 3 为单片机最小系统电路图，其电路由 STC89C52 主芯片、复位电路、时钟电路和电源电路这几部分组成。其中复位电路由按键 S1、电解电容 EC1 和电阻 R1 组成。时钟电路由 11.0592MHZ 的晶体 Y1、电容 C1 和 C2 组成，JD1 为单片机的下载接口，VCC 为 5V 供电管脚。

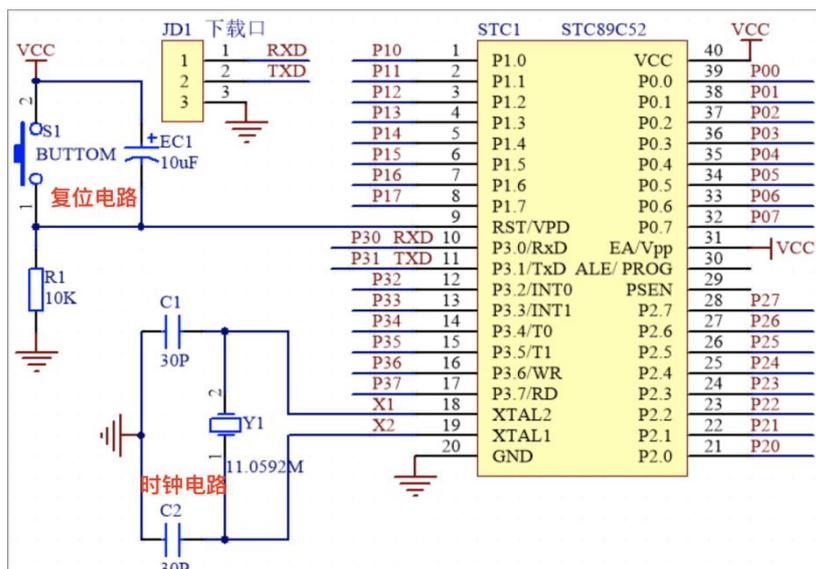


图 3 STC89C52 最小系统电路

3.2 光敏传感器模块设计

光敏模块是利用光敏电阻的光电效应来检测光线强弱的。在无光/弱光情况的下，光敏电阻的阻值约为 $1M\Omega$ 。随着光强度的升高，电阻值迅速降低。强光照射下，阻值约为 $1K\Omega$ 。利用光敏电阻这个特性，通过简单的分压电路即可将光强度变化转换成电压，再通过数模转换芯片 PCF8591 将光敏电压转化成数字信号，并通过 I2C 接口传输给 89C52 单片机，完成光线强度的精确采集*。

3.3 风光发电及电源管理模块设计

太阳能发电模块选用了 9V 的单晶硅光伏板。当阳光强烈时，光伏板输出经过 LM7805 模块稳压后，获得稳定的 5V 电压源源不断的给电池充电，夜间光伏板输出电压较低，稳压模块又可起到隔离保护的作用。风力发电选用 5V 微型风力发电机，其输出电压根据风力变化波动较大。因此，我在风机的输出端串联了一个 1N5819 二极管，起到了整流和单向导通的作用。风机输出与太阳能输出直接相接，以实现风光互补给蓄电池供电。

锂电池充电管理部分我们选用 TP4056 模块，其输入电压范围宽 (0-9V) 可兼容风光输入电压，输出为

恒压 (4.2V) 和恒流 (1000mA)，并具有涓流充电恒流、防过充等锂电池充电管理功能，足以满足本课题的需求^[7]。

锂电池我们选用 1000mAh 的 18650 电池，由于锂电池的输出电压范围为 3.3V-4.2V，而 89C52 单片机所需供电电压为 5V，因为我们选用了 HX3001 升压模块来获取稳定的 5V 输出电压*。

4 样机测试及实验结果

为采集实验数据，验证方案的正确性与可行性，我们搭建了一套简易的实验系统装置作为样机*。将样机放置于开放式无遮挡平台，每小时记录一次锂电池输出端电压，24 小时为一个循环。采用了三种模式进行测试，太阳能独立工作模式，风力发电机独立工作模式和风光互补模式。

实验数据如表 1 所示，可以看出系统于早 7 时开始工作，锂电池电压开始缓慢上升；中午 11 点至下午 15 点阳光最为强烈，锂电池的充电速度最快；下午 18 点后，光线变暗，照明 LED 灯自动打开。此时，光伏板停止输出，但风力发电机仍在持续工作。系统耗电量大于风力发电量，电池电压缓慢下降，直至早 7 点照明关闭，光伏板开始工作，又开始新一轮的充放电循环。

表 1 锂电池充放电实验数据

单位：伏特

	7点	8点	9点	10点	11点	12点	13点	14点	15点	16点	17点	18点	20点	22点	0点	2点	4点	6点
风光互补	3.5	3.6	3.7	3.84	3.96	4.07	4.19	4.2	4.2	4.2	4.2	4.19	4.16	4.12	4.08	4.04	3.99	3.95
太阳能-晴天	3.5	3.52	3.6	3.7	3.9	4	4.15	4.2	4.2	4.2	4.2	4.16	4.12	4.08	4	3.9	3.8	3.7
风能-不定向	3.5	3.55	3.59	3.62	3.65	3.69	3.73	3.77	3.8	3.85	3.88	3.86	3.83	3.78	3.74	3.69	3.62	3.53

从充电速度来看，风光互补模式>太阳能模式>风能模块，风光互补模式比其它模式更快的将锂电池充满电。以夜间锂电池电量消耗速度看速度看，风光互补模式=风能模式<太阳能模式，均符合预期。

综上所述，本系统通过环境模拟实验的验证达到了预期设计目标。

5 结论

a. 本文详细阐述了风光互补智能照明系统的设计原理、系统框架及运行流程。以 STC89C52 单片机为核

心完成了实验系统的硬件选型、电路设计和样机实现。经样机测试表明，本系统的能源转化效率、照明续航能力等核心指标均优于单一能源供电的传统照明系统。

b. 本研究结果有广泛的实用意义，除了应用于城市、偏远地区、山区的户外照明，本系统也可以扩展用于野外露营，房车自驾等应用场景。

*说明：文中所涉及的系统模块设计、电路图及实验装置，如需详情，可联系获取：wuyan.611@163.com。

参考文献

- [1] 曹亚亭,于营,王博等.基于自动追踪的智能风光发电感光照明系统设计[J].电子测试,2019(12):27-28,116.
- [2] 王琨,余志民,邱传凯.智能建筑中太阳能板智能追光系统研究[J].盐城工学院学报(自然科学版),2022,35(02):14-21.
- [3] 李晓诺,王鑫,周达志等.向日葵式追光智能太阳能路灯设计探讨[J].信息记录材料,2022,23(02):236-239.
- [4] 王青峰.创新型太阳能追光设备的研究[J].电子技术与软件工程,2022(04):87-91.
- [5] 朱成银,阎昌国,席豪等.一种低成本的风光互补路灯控制系统[J].科技创新与应用,2022,12(05):34-36.
- [6] 蒋伟,李玉秋,吕洪善.基于双输入 Boost 电路的风光互补发电系统研究[J].沈阳工程学院学报(自然科学版),2014,10(03):197-201,204.
- [7] 付贤松,桑若愚,牛萍娟等.风光互补型 LED 路灯驱动电路设计[J].电工技术学报,2014,29(S1):351-355.

作者简介：吴妍（1980-6），女，汉族，江西余干人，博士讲师，研究方向为能源科学、环境经济等。