

智能红外感应灯系统的设计与应用

郑娅启, 李欣, 张孔*, 张丽娟

晋中学院, 山西 晋中 030619

摘 要： 由于社会的飞速发展和城市化进程加快，能源损耗的问题逐渐显露。传统的照明系统往往存在能耗高，维护成本大，灵活性差等许多问题，难以满足现代化社会对低碳生活方式的要求。单片机具有体积小、重量轻、性价比较高、低功耗和实时性强等特点。因此将单片机与传统照明系统相结合是很有必要的。我们设计了一套用于节能的智能红外感应灯系统，该系统以红外传感器和光敏传感器为核心，通过单片机控制照明，当红外传感器监测到有人体接近时，LED灯被迅速点亮；当光敏传感器监测到外部充足的光照强度时，即使有人体经过红外传感器监测区域，LED灯也不会被点亮。通过红外传感器和光敏传感器协调工作，可以大幅度减少无效照明时间，从而提高能源利用率。

关 键 词： 智能红外感应灯系统；红外传感器；光敏传感器

Design and Application of Intelligent Infrared Induction Lamp System

Zheng Yaqi, Li Xin, Zhang Kong*, Zhang Lijuan

Jinzhong University, Jinzhong, Shanxi 030619

Abstract： Due to the rapid development of society and the acceleration of urbanization, the issue of energy consumption has gradually emerged. Traditional lighting systems often have many problems, such as high energy consumption, high maintenance costs, and poor flexibility, making it difficult to meet the requirements of a modern society for a low-carbon lifestyle. Microcontrollers are characterized by their small size, light weight, high cost-effectiveness, low power consumption, and strong real-time performance. Therefore, it is necessary to integrate microcontrollers with traditional lighting systems. We have designed an intelligent infrared induction lighting system for energy conservation. This system uses infrared sensors and photosensors as its core components, and controls lighting through a microcontroller. When the infrared sensor detects the approach of a human body, the LED lights are quickly turned on; when the photosensor detects sufficient external light intensity, even if a human body passes through the monitoring area of the infrared sensor, the LED lights will not be turned on. The coordinated operation of the infrared sensor and photosensor can significantly reduce ineffective lighting time, thereby improving energy utilization efficiency.

Keywords： intelligent infrared induction lamp system; infrared sensor; photosensor

引言

随着社会经济进步与科技革新步伐的加快，人民生活水平也在不断提高。相应地，能源方面的消耗也大幅度增加。近年来，不论是公共区域还是居家环境，照明需求日益增大。然而，由于疏忽对照明设备的管理，时常导致能源的无效损耗。例如学校教室依旧停留在传统人工监管阶段，效率较低且易造成不必要的能源消耗。人体红外感应和单片机^[1-4]作为伴随着新时代应运而生的产物，在智能照明方面有着独特的优势。凭借高度集成化的设计理念，能够快速处理来自红外感应器的数据，从而迅速作出判断，驱动LED灯的亮灭，实现能耗与智能化的完美结合。本文设计了一套智能红外感应灯系统，可以通过红外传感器来检测目标，当离开传感器检测范围时实现LED灯的延时关闭。并利用光敏传感器接收到的光线强度来判断外界环境，如果监测到的光照强度达到阈值时，即使红外传感器监测到信号时，LED灯也不会被点亮，从而达到智能控制。

一、模块及功能介绍

（一）红外传感器模块

红外传感器是一种能够检测并响应红外辐射的电子设备^[5,6]，

它在诸多领域中扮演着重要角色。红外传感器的主要功能是捕获来自物体的红外辐射，并将其转换为电信号以便进一步处理。红外线是电磁波谱中的一种，具有较长的波长。任何物体，只要其温度高于绝对零度，都会发射红外辐射，这使得红外传感器能够

基金项目：山西省高等学校教学改革创新项目（项目编号：J20231212），晋中学院大学生创新创业训练计划项目（项目编号：202310121022），晋中学院博士基金资助项目（项目编号：JUD2021024）。

作者简介：

郑娅启（2003—），男，本科，主要研究方向为智能系统设计。

张丽娟（1984—），女，硕士，副教授，主要研究方向为非线性光学中光学超晶格材料的应用。

通信作者：张孔（1992—），男，博士，讲师，主要研究方向为嵌入式系统开发及应用。E-mail: zhangkong@jzxy.edu.cn。

感知并区分不同温度的物体。红外传感器通常包含两个关键部分：红外探测元件和信号处理电路。探测元件负责捕捉红外辐射，并将其转化为电信号。信号处理电路则负责对这些电信号进行放大、过滤和解码，以确定是否发生了预期的事件，比如运动检测、温度读取等。

本文所选红外传感器模块展现出卓越的环境光适应特性，配备一对协同工作的红外发射与接收组件。发射单元持续辐射特定频率的红外波，一旦前方出现阻挡物体导致红外信号发生反弹，接收单元即刻捕捉返回信号。经由集成的比较器进行精细信号处理后，触发绿灯指示装置启动，同步在输出端口生成可辨识的数字信号——具体表现为低电平脉冲。该传感器模组以其独特的设计，实现了低干扰性、简易安装与操作便捷性的完美融合。

红外传感器作为数据采集与控制的核心元件，通过对传感器反馈信息的解析，判定是否存在人体活动。具体而言，当红外传感器未探测到任何移动或存在信号时，其向 STM32 微控制器发送的信号将表现为高电平（即数值 '1'），照明系统处于关闭状态。反之，一旦红外传感器捕捉到了人体热量变化或运动轨迹，它将立即向 STM32 微控制器发出低电平信号（即数值 '0'），系统随即识别有人在该区域内，继而激活相应的指令序列以开启照明设备。通过这种方式，我们能够准确获取所需的状态信息——即区域是否有人，并据此做出及时反应，实现智能化的照明控制。

（二）光敏传感器

光敏传感器是一种能够感知光线变化并将之转换为电信号输出的电子器件^[7,8]，其工作原理主要依赖于半导体材料的光电效应。光敏电阻由一种特殊的半导体材料制成，如硫化镉。这种材料的电阻率会随光照强度的变化而发生显著改变。在无光照条件下，光敏电阻表现为高阻抗状态；而当有光照时，光子能量激发半导体中电子跃迁至导带，形成电子-空穴对，从而增加材料的导电性，导致电阻下降。通过测量光敏电阻两端电压或流过它的电流变化，就可以间接得知光照强度。

该系统依据对外部光强环境的模拟量数据采集，通过内置的模数转换器（ADC）将其转换为数字信号，随后运用预先设定的数学模型进行量化分析。光照强度采集的模拟值为 0 至 4095，一共是 4096 个单位，在这一过程中，系统所捕获的模拟光强值从 0 至 4095 之间的可能取值，这使得系统能更精确分辨光线的变化，提供更为准确的环境光照强度信息，其中光照强度（十进制）= $(1 - \text{ADC 读数} / \text{ADC 最大读数}) * \text{最大光照强度}$ 。

二、系统及其电路设计

（一）硬件部分设计

针对系统硬件的验证环节涵盖了对开发平台供电模块的精细调试，单片机架构，人体红外和光敏传感器线路布局，以及显示界面的手工焊接与设计^[9,10]。在整个焊接过程中，需严谨参照电路原理图纸，确保每个电子组件的安装位置无误，特别留意电源供应区段及相关部件连接的准确性，同时仔细核查各电源插口的对接情况。完成初步组装后，需进行全面的功能性检验，确认不存

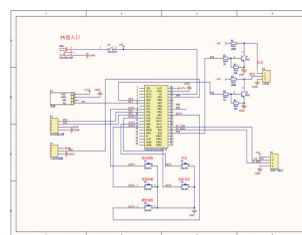
在任何明显的硬件故障。随后，启用具备蜂鸣报警功能的多用途仪表，详尽排查所有焊点，排除可能出现的短路或者断路隐患。经由数轮排查，确信硬件回路构造完整无缺，方能接入主系统电源，启动后续的集成测试程序。

（二）软件部分设计

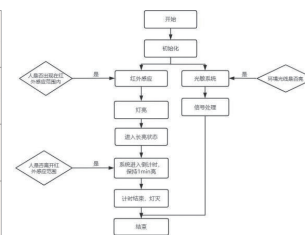
设计初始，我们将重点放在各独立模块的测试，逐一验证其功能完整性。随后，逐步推进至整体拼接测试。在此期间，串口通信技术^[11,12]将用于检测核心单片机芯片的参数获取功能，确认其数据收集方面如预期般流畅。最后，人体红外感应器和光敏传感器两个模块的响应和数据处理的准确度将是最重要的，需确保其输出信号精确无误，同时，显示屏刷新频率与信息展示的同步性也需紧密联系，确保界面上的各项指标实时更新。为达成上述目标，我们将对信息收集的精确度进行了特别处理，避免因数据偏差引发的潜在风险。直至全部子模块功能均通过独立验证，才可以进行系统调试，综合考察各项子系统的兼容性与协同作业能力。

（三）电路设计及系统流程

本文所设计的智能红外感应灯系统电路图如图 1 所示，系统首次工作时通过芯片对电路进行初始化，随后电路开始正常运作。首先光敏传感器监测外部的光线强度，接收到的信号转换为电信号传递给芯片进行信息处理，当接收到的光线强度达到设定阈值时，芯片将经过处理判断的信息输送给人体红外传感器模块，即使红外传感器检测到人体，灯光也不会被点亮；当接收到的光线强度小于设定阈值时，红外传感器检测到有目标出现在监测范围内时，灯光被点立即亮，并进入常量状态，在红外传感器检测到目标离开既定范围内的时候，系统接收到信息，然后设定 1min 倒计时，1min 后计时结束关闭灯光。设计流程如图 2 所示。在设计中，使用光敏传感器和红外传感器相互配合工作，可以更有效的减少能源损耗。



> 图 1 系统电路图



> 图 2 设计流程图

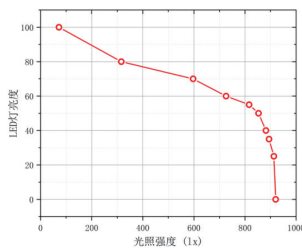
三、系统测试

本系统所涉及的测试主要集中于人体红外感应性能^[13]和光线强度响应^[14]两个方面，以评估感应灯系统在不同光照环境下的功能表现，测试均在室温下进行，以下是对测试流程及结果的详细阐述。

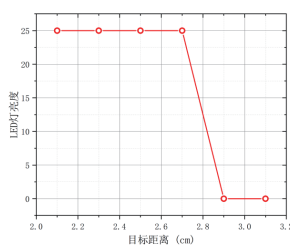
（一）光线强度对 LED 灯亮度的影响

实验设计中，通过改变外界环境光线强弱方式调节光敏传感器接收到的光线强度^[15]。实验观察到，随着光线强度的增强，LED 灯的亮度相应降低；相反，当光线强度减弱时，LED 灯亮度

升高。这一现象证实了系统设计的负反馈调节机制，即在环境光线充足时减少LED灯的亮度，以节约能源，而在光线不足时增加亮度，确保充足的照明。具体实验数据记录如图3所示。当目标与红外传感器之间的距离一定时，系统根据采集外界光照强度模拟量数据，通过ADC转换，ADC与外界光照强度成反比，外界光照强度越大，ADC读数越小，LED灯亮越弱；相反地，外界光照强度越小，ADC读数越大，LED灯越亮。实验虽然初步证实了LED灯亮度与光敏传感器所接收光线强度之间的关系，但是仍然存在一些可以改进的地方。由于所选光敏传感器存在一定的局限性，其灵敏度不够理想，这在一定程度上导致了实验数据存在误差。



> 图3 光照强度与LED亮度关系图



> 图4 目标距离与LED亮度关系图

（二）目标距离对LED灯响应的影响

本测试环节旨在验证感应灯系统在光线较暗条件下对人体红外辐射的检测能力及相应灯光控制的准确性。测试选择在具有正常光线条件的场所进行，通过模拟夜间或光照不足的环境条件的方式对光敏传感器进行预处理。测试结果如图4所示，当红外感应模块成功检测到人体存在后，LED灯能够迅速点亮，响应时间符合预期标准；当人体离开红外传感器监测范围时，LED灯根据预设程序延时关闭。由于所选用的人体红外传感器存在一定的局限性，精确度较低，测量得到的目标距离较近，后续可以选用更为灵敏的人体红外传感器。

为模拟日光充足的情况，本测试环节采用外部光源对光敏接

收器进行预干涉。结果显示，在光线充足的条件下，即便红外传感器检测到人体活动，LED灯也不会点亮。这一结果验证了感应灯系统能够智能地区分室内外光照条件，避免在不必要的情况下点亮LED灯，从而实现节能效果。正常室内光线强度下红外传感器检测到人体活动时LED灯点亮的情况与上述情形形成鲜明对比。

最后我们将该系统进行实地应用，将感应灯固定在合适位置，光敏传感器固定在LED灯旁，人体红外传感器通过一根长导线固定在墙壁，离人员流动较近的地方。当人经过红外传感器时，LED灯被迅速点亮；相反LED灯延时关闭。在白天光照强度充足条件下，即使有人经过红外传感器，LED灯也不会被点亮；随着白天渐渐转为黑夜，LED灯的亮度也随之逐渐增大。实地测试结果与预想的结果保持一致，从而达到节约能源的作用。

综上所述，此次通过一系列系统和实地测试，全面评估了感应灯系统在不同光照环境下的响应性能。实验结果表明，该系统能够准确感应人体活动，并根据环境光线强度智能调节LED灯的亮度，以实现能效优化。未来的工作将聚焦于系统的进一步优化，以及在不同实际应用场景中的性能测试。

四、结束语

本文通过红外传感器和光敏传感器等元件的协同作用，实现了当有人出现在红外传感器监测范围内时自动点亮，并且在人体离开红外传感器的监测范围时可以实现延时关闭；光敏传感器通过监测外界环境中的光照强度从而智能改变LED的亮度，并且在外界环境中光照强度充足条件下，LED灯不被点亮。由于该系统能有效节约能源、环保、便于维护等优势，可以广泛应用于高校中楼道、教室以及社区、写字楼等各大公共场所，在居家生活中该系统也可以应用在各个场景中。

参考文献

[1] 邹霄贝. STM32开发库介绍与比较 [J]. 电子世界. 2021, (11).
[2] 史磊, 娄勇. 基于STM32嵌入式的无线通信远程数据传输控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制. 2022, 30(11).
[3] 陈旭. 基于STM32单片机的智能楼宇控制系统设计 [J]. 信息记录材料. 2024, 25(09).
[4] 王钰敏. 基于STM32F103RBT6单片机的LED线阵显示系统 [J]. 山西电子技术. 2020, (05).
[5] 欧红娟, 李贞贞, 杨关奖等. 光感与红外感应结合的“人走灯灭”开关设计与研究 [J]. 通信电源技术. 2019, 36(06).
[6] 孙夕伟. 基于红外感应开关控制的建筑照明节能改造研究 [J]. 照明工程. 2024, (01).
[7] 傅良康, 苏威, 吴文秀. 基于STM32的室内环境远程监测系统设计 [J]. 科技资讯. 2020, 18(33).
[8] 秦红红, 龙敏. 光敏电阻传感器在照明节能设计中的应用 [J]. 电子技术. 2023, 52(08).
[9] 郭宇祥, 郭旭飞. 基于STM32的无线照明控制系统的设计 [J]. 电子制作. 2024, 32(17).
[10] 王健, 高靖, 武政, 张兆颖. 基于人体感应的智能台灯设计 [J]. 智能计算机与应用. 2020, 10(04).
[11] 贾伟, 左峰云, 谢明山, 等. 基于STM32F407ZGT6的串口通信综合实验教学系统设计 [J]. 中国现代教育装备, 2024, (21).
[12] 高松, 张博. 串口通信中使用指令控制灯亮灭的程序设计与应用 [J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(30).
[13] 蒋帅帅, 周志峰. 基于GD32智能人体感应灯的控制设计 [J]. 农业装备与车辆工程, 2023, 61(09).
[14] 王正龙, 张勇, 毛畅, 等. LED亮度智能调节方法研究 [J]. 电脑知识与技术, 2024, 20(35).
[15] 李昆. 智能技术在室内LED照明系统中的应用研究 [J]. 光源与照明, 2024, (10).