

基于物联网的智能路灯控制系统研究与设计

许 爽

(深圳市西伦土木结构有限公司, 广东 深圳 518000)

摘 要 智能照明系统是智能城市建设中提升城市管理效率和节能减排的重要组成部分。本研究设计并实现了一种基于物联网 (IoT) 的智能路灯控制系统。该系统采用光敏电阻 (LDR)、红外传感器 (IR)、PIC16F877A 微控制器、WiFi 模块和继电器等硬件组件, 通过无线网络远程控制道路照明的开关。光敏电阻用于检测环境光强度, 红外传感器则用来探测路面上的障碍物或行驶车辆, 系统能够根据实时情况自动调节灯光状态, 从而有效实现节能管理。实验结果表明, 系统在不同的环境下均能稳定运行, 且具有较高的可靠性与实用性, 能够显著降低能源消耗并提高路灯管理的智能化水平。

关键词 物联网; 智能照明系统; 智能路灯; 控制系统; 远程控制

中图分类号: TP273

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.03.004

0 引言

在城市基础设施中, 道路照明是能源消耗的重要组成部分, 传统的路灯系统多采用定时控制和三遥控制, 无法根据实际需求进行灵活调整, 造成了大量能源的浪费。为了应对这一挑战, 智能路灯系统应运而生。基于物联网的智能路灯系统利用现代传感技术、无线通信技术以及嵌入式控制技术, 通过对环境光、交通流量以及障碍物的实时监测, 实现了对路灯的自动控制和智能调节, 从而有效节省能源并提高系统的可维护性。

1 研究方法

1.1 MPLAB IDE

MPLAB IDE 是一个免费的集成工具集, 用于在 Microchip 的 PIC 和 dsPIC 微控制器上开发嵌入式应用程序, 它被称为集成开发环境 (IDE), 因为它提供了一个统一的环境来开发嵌入式微控制器的代码。MPLAB IDE 作为一个 32 位应用程序运行于 MS Windows 操作系统上, 易于使用, 并包括大量免费的软件组件, 支持快速的应用程序开发和强大的调试功能。MPLAB IDE 还作为一个统一的图形用户界面, 支持 Microchip 及第三方的其他软件和硬件开发工具。工具之间的切换非常方便, 而且从免费软件模拟器升级到硬件调试和编程工具也非常迅速, 因为 MPLAB IDE 为所有工具提供了相同的用户界面^[1]。

1.2 Arduino IDE

Arduino IDE 是一个开源软件, 简化了代码编写和上传到板上的过程。它可以在 Windows、MAC OS 和

Linux 等不同平台上运行。该环境是用 Java 编写的, 在运行 IDE 之前, 机器上需要安装 Java 软件。该软件可以与任何 Arduino 板兼容使用^[2]。

1.3 OrCAD

OrCAD 是 PCB 设计及后续制造过程中的一项宝贵工具。它从设计原理图到实施电气连接的布线, 再到组件的装配图, 都能提供帮助。总体而言, 它为核心设计原理图和 PCB 布局提供了完整的解决方案。Capture 程序包括一个项目向导, 提供了一个简单的方法来创建项目, 并带有库和仿真资源。创建一个项目并不直接创建设计, 而是一个新设计会继承来自设计模板对话框中的设置特征, 因此, 在创建设计之前应该始终检查这些设置。在创建了一个原理图文件夹后, 可以将现有页面移动到该文件夹中, 也可以在其中创建新的页面^[3]。

2 智能路灯控制系统设备配置

2.1 PIC16F877A 微控制器

PIC16F877A 是一款高性能的 RISC CPU, 具有 35 条单字指令, 所有指令都是单周期执行 (1 μ s), 程序跳转除外, 其工作速度为 DC-20 MHz 时钟输入。该微控制器拥有 8 KB Flash 程序存储器, 368 字节 RAM 数据存储器, 以及 256 字节 EEPROM 数据存储器, 具有两个 8 位定时器 / 计数器 (TMR0、TMR2) 和一个 16 位定时器 / 计数器 (TMR1), 并配有 8 位可编程预分频器^[4]。

2.2 Intel Galileo Gen2

英特尔致力于为其社区提供最先进的处理器、开发板和工具。英特尔推出的第一款开发板是 Intel Galileo

和 Intel Galileo Gen2, 这些开发板兼容 Arduino 标头和参考 API。Intel Galileo 开发板是开源的, 硬件和源代码均可在线下载、使用和修改。Intel GalileoGen2 采用 Intel Quark X1000 SoC, 并继承了与上一代相同的内存容量和时钟频率, 同时改进了数字接口, 允许将 UART1 重定向到 I02 和 I03 引脚。尽管硬件配置保持不变, 但提供了显著的改进, 包括增强的 PWM 功能^[5]。

2.3 光敏电阻 (LDR)

光敏电阻 (LDR) 是一种电阻值随入射电磁辐射变化的设备, 因此它是光敏的设备, 也称为光电元件、光电导体或光电池。它们由具有高电阻的半导体材料制成。光敏电阻基于光电原理工作, 光电是一个光学现象, 当光被材料吸收时, 材料的导电性 (即电阻) 会降低^[6]。

2.4 红外传感器 (IR)

红外传感器 (IR) 是一种电子仪器, 用于通过发射和 / 或接收红外辐射来感知周围环境的特定特征。它还能够测量物体的热量并检测运动。红外波长对于人眼是不可见的。在电磁波谱中, 红外辐射的波长比可见光长, 但比微波短。红外区域大约划定在 0.75 ~ 1 000 μm 之间。红外传感器能够探测红外光, 并将其转化为电流, 这个电流通过电压或电流检测器进行检测^[7]。

2.5 电流传感器

电流传感器是一种用于检测电流 (AC 或 DC) 的设备, 能够生成与电流成正比的信号。生成的信号可以是模拟电压、电流, 甚至是数字输出。该信号可以用于显示测量的电流, 如在安培计中, 或者可以存储在数据采集系统中进行进一步分析, 也可以用于控制目的^[8]。

2.6 继电器

继电器通常是一个由电流激活的机电装置, 流经一个电路的电流引起另一个电路的开关。继电器类似于远程控制开关, 因其简单性、长寿命和高可靠性而被广泛应用。尽管继电器通常与电气电路相关, 但也有其他类型的继电器, 如气动和液压继电器。继电器的输入通常是电气信号, 而输出则可以是机械信号, 或反之。继电器主要用于两个基本操作: 低电压应用和高电压应用。在低电压应用中, 更注重减少整个电路的噪声; 而在高电压应用中, 继电器主要设计用于减少电弧现象。

2.7 WiFi 模块

Espressif Systems 的智能连接平台 (ESCP) 提供了高性能的无线 SOC, 适用于移动平台设计师, 能够以最低成本将 Wi-Fi 功能嵌入其他系统中, 并提供最强

大的功能。ESP8266 提供了一整套 Wi-Fi 网络解决方案, 允许其作为应用主机或将所有 Wi-Fi 网络功能从其他应用处理器中卸载。它作为 Wi-Fi 适配器, 可以通过 UART 接口或 CPU AHB 桥接接口简单地为任何基于微控制器的设计提供无线互联网访问。

3 智能路灯控制系统工作原理

智能道路照明系统的系统架构包括光敏电阻 (LDR)、红外传感器 (IR)、PIC16F877A 微控制器、继电器、UART 和 WiFi 模块。光敏电阻 (LDR) 是光依赖设备, 当光线照射到它们时, 其电阻值会下降, 而在黑暗中其电阻值会增加。当光敏电阻处于黑暗中时, 其电阻值非常高。路灯旁的车辆通过红外传感器进行检测。继电器作为开关用于控制路灯光源的开关。通用异步收发传输器 (UART) 是控制计算机与连接的道路照明系统的接口的微芯片, 负责相关的编程操作。

4 研究结果

本项目的目标是减少当前道路照明系统的副作用, 并寻找节能的解决方案。在本项目中, 首先需要准备系统的输入输出, 以控制路灯的开关。原型系统如图 1 所示, 已成功实施并按预期工作。如果在大规模应用中实施, 它能够满足所有现有的约束条件。

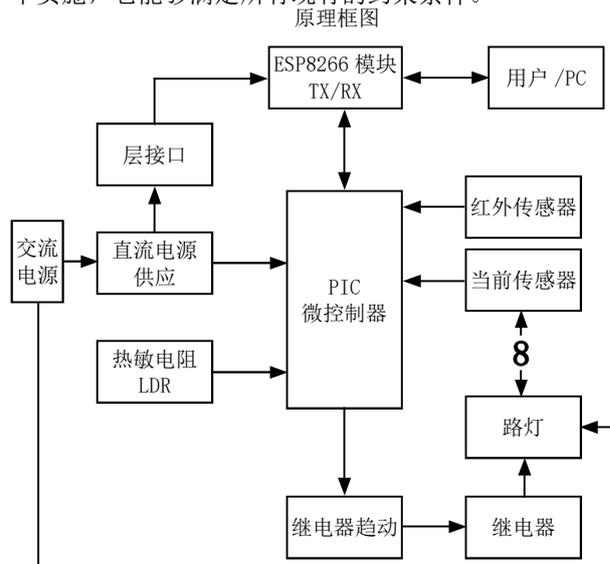


图 1 基于物联网的智能路灯控制系统

该智能照明系统通过集成光敏电阻 (LDR)、红外传感器 (IR)、传感器模块、微控制器等硬件, 能够实时感知环境的变化并做出相应的控制。例如, 当系统检测到道路上有行人或其他障碍物时, 照明系统会自动开启, 同时通过检测环境光照强度 (由 LDR 传感器完成), 确保只有在必要时才会启用照明。此设计能够有效减少能源浪费, 并提升道路照明的智能化管

理。此外，系统通过 WiFi 模块与互联网连接，允许在任何地方通过网页访问和控制路灯的状态，确保实时监控和管理。用户可以在网页上查看灯光的当前状态（开或关），并根据需要进行远程控制。这一功能尤其适用于智能城市建设，使得城市照明更加高效、智能，能够根据实际需求动态调整灯光状态。

通过集成红外传感器和光敏电阻，系统能够在夜间或光线较暗的环境下自动开启灯光，并在不再需要照明时关闭，从而实现更为精准的能源使用。同时，传感器的智能检测可以实时识别障碍物或行人的存在，及时调整照明亮度和状态，提升公共安全性和舒适性。

4.1 系统优化与节能效果

在智能照明系统的实施过程中，通过集成光敏电阻（LDR）、红外传感器（IR）、无线网络等多种传感器和控制模块，成功实现了道路照明的动态调节，显著提高了能源效率。表 1 展示了不同时间段和不同状态下的能耗和节能效果。

4.2 总结与节能效果

根据数据表格分析，智能照明系统能够在不同环境条件下动态调整路灯的开启时间和亮度，充分利用

环境光照，达到显著的节能效果。这些节能措施不仅显著降低了能源消耗，还为城市的照明系统管理提供了更高的灵活性和高效性。智能控制系统的实时监控与管理功能，可以随时根据需要调整路灯的状态，减少人工干预，降低管理成本。

4.3 实施效果

原型系统的测试表明，智能路灯控制系统不仅能够满足道路照明的基本需求，还能通过精确控制实现节能减排。通过安装传感器，路灯能够根据实际交通流量和环境变化自动调整亮度，不仅节省了大量电力，还提高了路灯的使用寿命，减少了维护成本。系统的实时监控和数据分析功能为日常管理提供了有力的支持，未来可以推广至更多的城市 and 地区。

5 结束语

本研究成功设计并实现了基于物联网的智能路灯控制系统，系统通过集成光敏电阻（LDR）、红外传感器（IR）、PIC16F877A 微控制器及 WiFi 模块，实现了对路灯的自动化控制。实验结果表明，该系统能够根据环境光强度及交通情况自动调整路灯的开关状态，有效降低了能源消耗，并提高了系统的管理效率。尽

表 1 智能路灯系统节能效果数据

时间段	路灯开启时间 (小时)	环境光照强度 (Lux)	电能消耗 (千瓦时/天)	节能率	注释
晴天 (白天)	0	500	0.5	100%	白天自动关闭路灯
晴天 (夜间)	12	10	6.0	20%	环境光强度低，照明需求高
阴天 (白天)	2	200	1.0	50%	自动调节为低亮度运行
阴天 (夜间)	12	50	4.5	25%	增加光照以满足需求
雨天 (白天)	1	100	1.2	70%	低光强情况下调节亮度
雨天 (夜间)	12	20	5.5	15%	增加照明亮度

管该系统在硬件成本和维护上存在一定的挑战，但考虑到其长期节能和环保效益，投资回收期较短，具有较大的推广应用前景。未来研究可在现有基础上进一步优化系统的硬件配置，并加强数据分析和远程监控功能，以提升系统的智能化水平和用户体验。

参考文献:

- [1] 于军政, 邓鹏, 陈凯鹏, 等. 基于华为鸿蒙的智能路灯控制系统设计 [J]. 长江信息通信, 2024, 37(05): 130-132.
- [2] 丁一婷, 刘俊清. 基于太阳能自动追光的智能路灯控制系统 [J]. 沈阳工程学院学报: 自然科学版, 2023, 19(03):

58-62, 68.

- [3] 孟介民. 智能路灯控制系统缺失数据流关联修复仿真 [J]. 计算技术与自动化, 2023, 42(02): 71-74.
- [4] 陈春燕. 智能路灯控制系统设计与仿真实现 [J]. 科技与创新, 2023(07): 71-74.
- [5] 王国松. 智能路灯控制系统能耗统计建模研究 [D]. 南昌: 南昌大学, 2022.
- [6] 赵晓梅. 智能路灯控制系统的研究与设计 [J]. 灯与照明, 2022, 46(03): 15-18.
- [7] 刘勃妮, 肖军, 刘洲洲, 等. 智能太阳能 LED 路灯控制系统的研究 [J]. 自动化技术与应用, 2022, 41(01): 27-29.
- [8] 雷娟. 融合气象信息的智能路灯控制系统设计 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2022, 22(01): 88-91.