

## 基于 STM32 和 ZigBee 的智能节能路灯控制系统设计与研究

刘浩志, 李愿

南充职业技术学院 四川南充

**【摘要】**传统路灯按时段进行控制,在固定时间点亮和熄灭,智能化程度低,照明亮度恒定,容易造成能源的巨大浪费,且无法根据实时情况进行调节,容易造成照明效果不佳。本系统以 STM32 为控制核心,利用传感器实时检测环境参数,通过继电器控制路灯点亮的数量和盏数,结合 ZigBee 技术实现无线传输,组成路灯局域网络。从而实现路灯的智能控制,实现节约电能、故障自检等功能。

**【关键词】**STM32; ZigBee; 路灯控制

**【基金项目】**南充职业技术学院 2022 年院级课题项目:基于 STM32 和 ZigBee 的智能节能路灯控制系统设计与研究(项目编号:ZRB2209)

**【收稿日期】**2025 年 2 月 15 日

**【出刊日期】**2025 年 3 月 31 日

**【DOI】**10.12208/j.sdr.20250020

### Design and research of intelligent energy-saving street lamp control system based on STM32 and ZigBee

Haozhi Liu, Yuan Li

Nanchong Professional Technic College, Nanchong, Sichuan

**【Abstract】**The traditional street lamp is controlled in time, lit and extinguished at a fixed time, the degree of intelligence is low, the lighting brightness is constant, which is easy to cause a huge waste of energy, and can not be adjusted according to the real-time situation, which is easy to cause poor lighting effect. With STM32 as the control core, the system uses sensors to detect environmental parameters in real time, controls the number and number of lights lit by street lamps through relays, and combines ZigBee technology to realize wireless transmission to form a street lamp local area network. Thus, the intelligent control of the street lamp is realized, and the functions of energy saving and fault self-test are realized.

**【Keywords】**STM32; ZigBee; Street light control

由于传统路灯采用固定时间点亮和熄灭,智能化程度低,导致在不同季节、不同天气状况下无法及时调节照明的亮度,存在道路照明情况与实际需求不匹配的可能,可能导致在极端天气、冬季昼夜较长情况下照明情况不佳;同时固定时间照明,亮度无变化的情况下,无论道路是否有车辆行人经过的情况下,保持恒定亮度,会造成电能的巨大浪费。根据相关数据,2006 年-2015 年的 10 年间,我国城市道路灯数量由 1283.7 万盏增加到 2422.52 万盏,城市道路照明占我国照明用电的 20%-30%,电能利用有效率不到 65%(韦校飞&葛海建,2023)。随着近年来我国城市化进一步提速,新增道路与日俱增,路灯盏数成倍上涨。通过对路灯进行智能化控制,对节能环保和保障道路照明良好具有重要意义。

### 1 总体设计方案

#### 1.1 总体设计需求

白天时,光线比较强时,灯熄灭,晚上路灯自动开启,在夜深时自动开启低功耗模式,当有行人车辆经过时点亮,当车辆行人走后再次开启低功耗;自动检测雨雾天气,在雨雾天气时提高发光亮度;自动诊断系统,检测是否出现路灯故障,并提示检测结果。

#### 1.2 总体设计方案

如图所示,本文采用以 STM32 为控制核心,对传输层输入的信息进行运算和处理,并输出控制信号;采用 ZigBee 进行传输,组网协调器、路由器、无线终端三层网络,作为信号传输层;选用适配传感器采集照度、湿度、雷达反射值等参数,通过驱动

电路控制路灯的点亮和熄灭; 通过 STM32 将信号传

输到上位机, 或通过上位机发送控制命令。

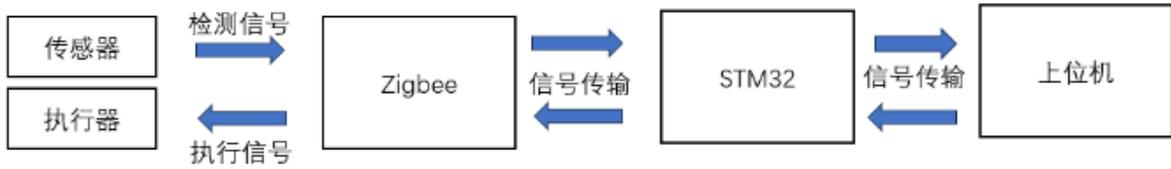


图1 总体设计方案

### 2 硬件设计

根据总体设计方案, 本文采用 STM32F103C8T6 为控制核心, 通过电源电路设计、Zigbee 组网设计、传感器电路设计等进行硬件设计。

#### 2.1 主控电路设计

本文主控制器采用 STM32F103C8T6 芯片, 该芯片由意法半导体 (ST) 集团生产制造, 基于 ARM Cortex-M 内核, 具有价格低廉、高性能、低功耗、接口丰富、使用简单等优点 (郭颖, 2023)。图二为主控芯片原理图, 通过 PA 串口与上位机进行连接, 实现与上位机进行通讯, 通过 PB 口与 Zigbee 协调器进行连接, 实现与 Zigbee 网络进行通讯, 同时添加 3.5 寸分辨率为 320×480 的触摸屏用来对实时环境参数、路灯点亮情况进行显示。

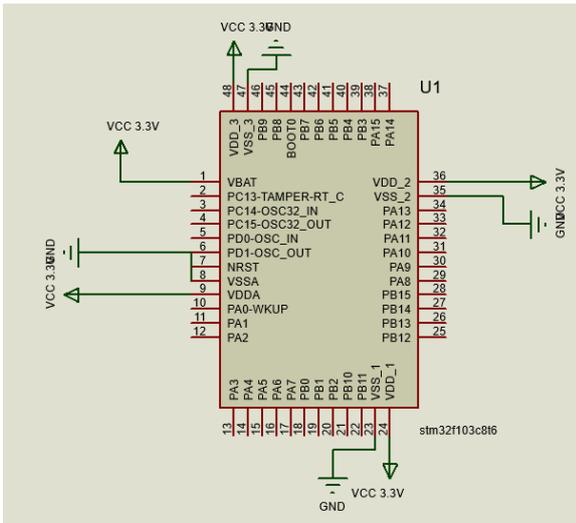


图2 主控芯片原理图

#### 2.2 电源电路设计

对主控芯片、Zigbee 芯片供电电压为 3.3V。使用 DC 5V2A 的电源适配器作为电源, 选用 AMS1117-3.3 作为降压芯片, 将电压从 5V 降到 3.3V,

同时预留 5V 电压稳压输出接口, 以备驱动电路使用 (郑瑶&吴泽森, 2022)。如图三所示, C1、C2、C3、C4 均为滤波电容。

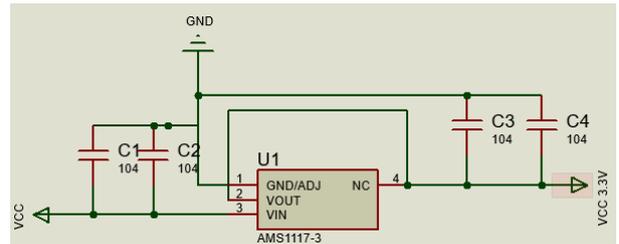


图3 电源电路设计图

#### 2.3 Zigbee 网络设计

一般情况下, 城市道路的路灯间距在 25 米到 50 米之间, 结合应用需求, 本设计通过 Zigbee 系统进行无线通信。Zigbee 通信具有通信距离远、抗干扰能力强、低功耗等优点。结合应用场景, 设置三层网络节点, 分别为终端节点、路由器节点、协调器节点。其中, 终端节点直接与传感器和执行器连接, 对传感器信号进行采集, 并输出执行信号; 路由器节点作为中转站, 将终端节点信号进行收集、整合, 并传输到上一层网络; 协调器节点接收路由器节点传输的信号, 并通过串口与 STM32 进行连接, 将收集到的信号传输到主控制器。反之, 主控制的控制信号也依次通过各个节点传输, 最终反馈到执行器上。图四为 Zigbee 组网示意图。

本文选用 CC2340R5 作为 Zigbee 组网芯片, 本芯片优势是具备多协议无线连接能力、丰富外设接口及高可靠性, 具备 48MHz ARM Cortex-M0+内核, 能进行数据运算和处理, 外设接口含 GPIO、USART、SPI 接口等, 便于连接主控芯片、传感器和执行器。

#### 2.4 传感器电路设计及选型

(1) 感光检测模块。本设计通过光敏电阻传感

器检测环境光线强度，由于 CC2340R5 芯片内置了 12 位 ADC 模数转换器，信号送入到 CC2340R5 芯片中将模拟量转换为数字量，并计算光线强度。光敏电阻传感器具有结构简单，使用方便，可靠性高优点（张伟&杨森林，2018）。电路如图 5 所示。

(2) 雨雾检测模块。本设计通过电容式雨滴传感器检测是否有雨水。当雨滴落在传感器表面时，

改变了电容板间的介电常数，从而导致电容值发生变化。通过电路转换，转换为电信号变化。其输出有数字量输出和模拟量输出两种形式（杨进，2021）。为简化数据处理流程，本设计选用其数字量信号输入到 CC2340R5 芯片中。

通过电容式湿度传感器来检测雾，其原理与电容式雨滴传感器类似。

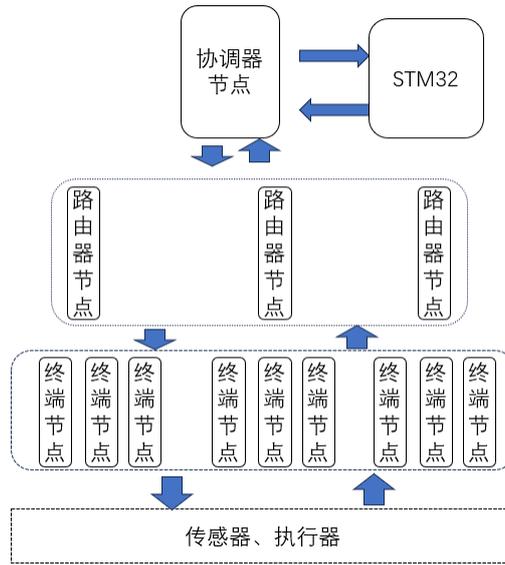


图 4 Zigbee 组网示意图

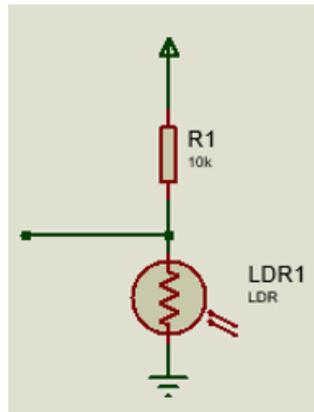


图 5 光敏电阻传感器

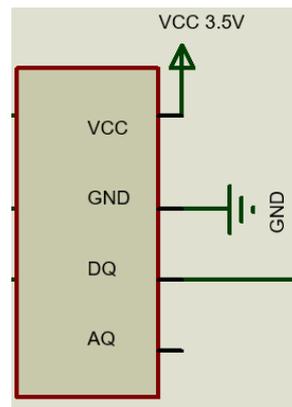


图 6 雨滴传感器示意图

(3) 行人车辆检测模块。行人车辆可用微波雷达、红外传感器、超声波传感器进行检测（胡煜，刘岳焱，陈越&陶铭，2021）。本设计选用超声波传感器对移动车辆和行人进行检测，并将检测信号送入到 CC2340R5 芯片中。

### 2.5 驱动电路设计

本设计通过终端节点 CC2340R5 芯片 GPIO 端

口输出控制路灯点亮的数量。GPIO 端口输出功率较小，需通过三极管将电流进行放大。用放大后的驱动信号控制继电器输出，从而使路灯点亮和熄灭。

### 3 软件设计

系统软件设计包含两部分内容，一是 Zigbee 网络系统软件设计，二是 STM32 软件设计。Zigbee 终端节点负责采集传感器的数据，并进行处理，处理

后发送到上一层网络,同时接受上一层网络的命令;路由器节点对下一层网络传输的数据进行融合后传到上一层网络,并接收上一层网络命令后进行下发(田国瑞,2021)。协调器节点将接收到的数据传输

到 STM32,并接收 STM32 的命令后向下传输信号(房蕴力,谭菊琴&王雪洁,2023)。STM32 软件设计采用结构化编程方式,将程序分为 8 大子程序模块进行编写。

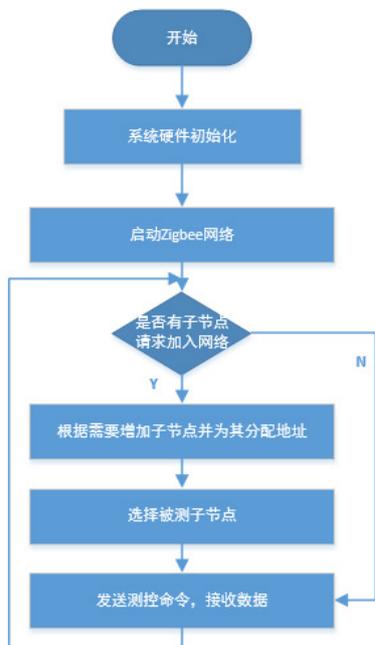


图 7 协调器软件流程

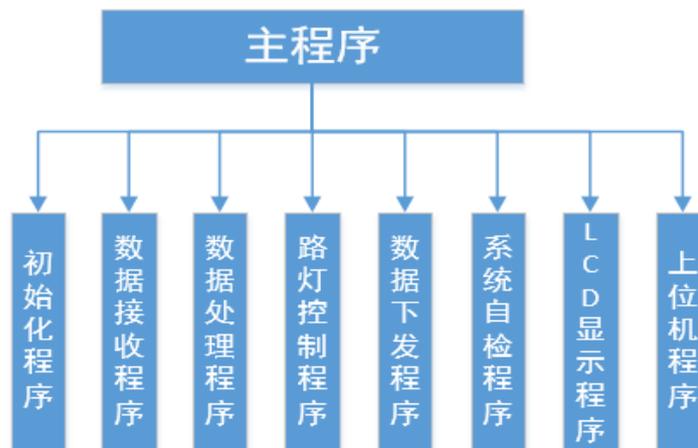


图 8 STM32 程序系统

#### 4 结语

本文结合 STM32F103C8T6 芯片和 CC2340R5 芯片优势,对智能节能路灯控制系统进行设计。CC2340R5 芯片能实现数据采集、处理、和 Zigbee 组网的功能,STM32F103C8T6 芯片实现控制决策、数据接收与下发和自检等功能。该设计方案切实有效,具有一定的应用价值。

#### 参考文献

- [1] 韦校飞,葛海建.智慧城市背景下的智慧路灯设计[J].城市道桥与防洪,2023,(03):285-287+33-34.
- [2] 郭颖.基于 STM32F103 的智慧大棚无线温度传感器节点设计[J].物联网技术,2023,13(02):30-32.
- [3] 郑瑶,吴泽森.基于 ZigBee 的智慧路灯控制系统的研究[J].电子制作,2022,30(22):33-36.
- [4] 张伟,杨森林.基于单片机控制的智能路灯控制系统设计[J].现代电子技术,2018,41(14):110-113.
- [5] 杨进.基于物联网的智慧路灯系统设计[J].集成电路应用,2021,38(03):176-177.
- [6] 胡煜,刘岳焱,陈越,陶铭.物联网路灯智能控制系统设计与实现[J].物联网技术,2021,11(01):82-84+87.
- [7] 田国瑞.基于 LoRa 技术的智能路灯控制系统的设计[D].北京石油化工学院,2021.
- [8] 房蕴力,谭菊琴,王雪洁.多功能节能路灯智能控制系统设计[J].中国新技术新产品,2023,(19):14-17+34.

版权声明:©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



OPEN ACCESS