

# 基于NB-IOT的智慧路灯控制与故障报警系统设计

王建诚<sup>1</sup>, 生伟<sup>2</sup>

<sup>1</sup>盐城技师学院交通工程学院, 江苏 盐城

<sup>2</sup>盐城工学院电气工程学院, 江苏 盐城

收稿日期: 2023年12月12日; 录用日期: 2024年1月20日; 发布日期: 2024年1月30日

## 摘要

伴随着我国经济的快速发展, 路灯照明规模也不断扩大, 单调定时控制的照明模式不可避免地造成了更多的电能浪费及路灯的不合理控制。为实现路灯的自动调节亮度和故障报警功能, 本文提出基于NB-IoT的智慧路灯控制与故障报警系统设计。该系统由智能终端与管理平台构成, 智能终端采用STM32芯片作为主控制器, 通过多种传感器采集路灯信息采集及控制, 进而利用NB-IoT模块进行数据传输, 实时将采集到的光照强度和温湿度等数据上传, 实现路灯的远程智能控制。管理平台可实现对路灯的远程监控, 降低电耗和维护成本。通过对系统实物进行测试: 本文所提系统可实现光照强度、温湿度等多参数检测, 且具备故障报警及远程控制等功能, 在智慧路灯的控制及故障报警中具有一定的应用前景。

## 关键词

路灯, NB-IOT, 智能控制, STM32

# Design of Intelligent Street Lamp Control and Fault Alarm System Based on NB-IOT

Jiancheng Wang<sup>1</sup>, Wei Sheng<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Transportation Engineering, Yancheng Technician College, Yancheng Jiangsu

<sup>2</sup>School of Electrical Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu

Received: Dec. 12<sup>th</sup>, 2023; accepted: Jan. 20<sup>th</sup>, 2024; published: Jan. 30<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

With the rapid development of China's economy, the scale of street lighting is constantly expanding. The monotonous timing control lighting mode inevitably leads to more energy waste and unreasonable control of street lights. To achieve the automatic adjustment of brightness and fault alarm function of street lights, this paper proposes the design of a smart street light control and fault alarm system based on NB-IOT. The system consists of an intelligent terminal and a management platform. The intelligent terminal uses the STM32 chip as the main controller, collects and controls street light information through various sensors, and then uses the NB-IOT module for data transmission. The collected data such as light intensity and temperature and humidity are uploaded in real time to achieve remote intelligent control of street lights. The management platform can achieve remote monitoring of street lights, reducing power consumption and maintenance costs. Through physical testing of the system, it is found that the system proposed in this article can achieve multi parameter detection such as light intensity, temperature and humidity, and has functions such as fault alarm and remote control. This intelligent street light has certain application prospects in the control and fault alarm.

## Keywords

Street Lights, NB-IOT, Intelligent Control, STM32

Copyright © 2024 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

目前,大多数街道路灯都是人工或者定时控制,这种方法存在操作繁琐、浪费人力以及路灯开闭时间不能随着外界光照及时控制等问题,且容易受到人为因素的影响[1] [2] [3]。随着互联网技术的迅速发展,城市路灯智能化控制系统应运而生,成为现代互联网技术成功应用于城市市政建设的必然产物。这种系统通过手机电脑等移动端进行集中控制、监测和管理,根据不同的城市区域和路况设计方案,让操控人员可以通过互联网远程了解整个系统路灯的工作状态,并能够通过计算机进行人工或自动的远程监控[4] [5]。这不仅可以实现资源的合理利用,还能赋予路灯具备随着外界环境变化的智能化调节与自诊断报警等功能,从而对于促进城市智能化发展具有一定的意义。

基于上述分析:为实现路灯的智能化调节与自诊断报警等功能,本文提出一种基于 NB-IOT 的智慧路灯控制与故障报警系统设计。该系统主要分为智能终端与管理平台两部分,其中智能终端以 STM32 单片机为主控,辅以传感器模块、动力模块、通信模块和显示模块等。系统测试结果显示:本文所提系统实现了智慧路灯多参数自动检测及故障的实时报警,在智慧路灯的控制及故障报警中具有一定的应用前景。

## 2. 系统构成

基于 NB-IOT 的智慧路灯控制与故障报警系统分为智能终端与管理平台两部分。智能终端主要由控制器中心模块和传感器模块、动力模块、通信模块和显示模块组成。其中传感器模块主要包含温湿度传感器、光敏传感器;动力模块包含电源;显示模块则主要包含一块显示屏。管理平台分为下位机软件 and 上位机移动端客户端软件设计。系统构成框架图如下图 1 所示。

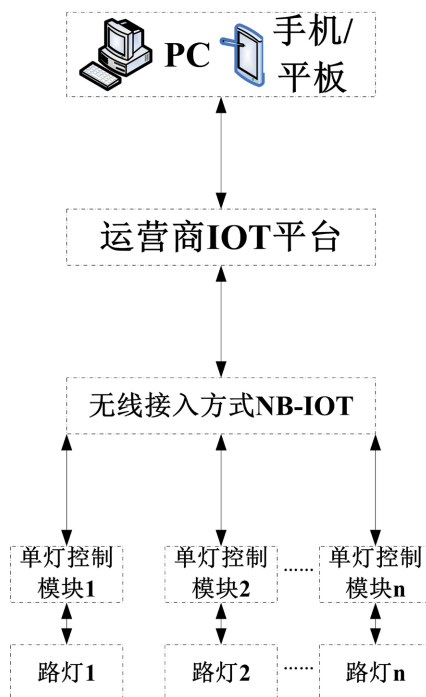


Figure 1. System composition framework diagram  
图 1. 系统构成框架图

### 3. 总体方案设计

智能终端设计在选好对应的硬件后, 根据硬件的选型大小设计合适的外壳用于器件的安装。传感器实现温湿度、光照强度参数的测量, 并将测量数据上传至控制中心模块。路灯根据收集到的光照强度, 从而实现对灯光亮度的自动控制。通信模块实现控制中心模块与移动客户端软件之间信息的互通。显示屏能实时显示测量数据和路灯状况信息, 实现远程监控。

管理平台中的下位机软件应实现传感器测量信息的显示, 移动客户端实现温湿度传感器、光敏传感器信息的显示, 当路灯设备出现故障, 发生短路或者断路的时候, 蜂鸣器发出报警声, 与此同时管理平台上位机云平台上路灯的工作状态变为异常, 用户根据路灯的编号精准定位到时那哪一盏灯需要维修, 如此便可节省了排查故障所需要的人力物力。

### 4. 系统智能终端设计与实现

智能终端的控制中心模块选用 STM32 芯片, 温湿度传感器选用 DHT11, 光敏传感器选用型号为 5506 的光敏电阻。通信模块选用 NB-IOT M5311 核心板, 选用的输入电压为直流电压 5 V。

#### 4.1. 控制中心模块

本系统采用 STM32 单片机作为核心控制器, 搭配其他模块组成基于 NB-IOT 的智能路灯系统[6] [7]。该系统包含中控、输入和输出三个部分。其中, 中控部分使用 STM32 单片机获取输入数据, 并经过内部处理, 控制输出部分。输入部分则是由供电电路、光照检测模块和温湿度检测模块组成。输出由三部分组成, 第一部分是 OLED 显示模块, 显示光照强度、温度和湿度; 第二部分是 NB-IOT 模块, 通过该模块收发数据, 用户可在平台上观测到路灯及其周围数据; 第三部分是 LED 灯, 用于模拟路灯, 可根据周围环境自动调节亮度, 当路灯电路发生短路或者断路时, 判定为发生故障, 蜂鸣器自动报警。

## 4.2. 传感器模块

智能终端中传感器模块包含多种传感器, 分别为温湿度传感器、光敏传感器。DHT11 温湿度模块的内部逻辑电路主要由微控制器、NTC 热敏电阻、湿度传感器和串行数据输出电路等组成。内部搭载了一个 8 位单片机, 用于处理 NTC 和湿度传感器采集的数据。NTC 热敏电阻被用于测量当前环境的温度。NTC 电阻的阻值随着温度的变化而变化, DHT11 将其电阻值转换为数字信号来表示环境温度。湿度测量方面, DHT11 使用一种专门的高精度模拟数字转换芯片, 通过对湿度传感器中吸湿盐水的两颗电极进行采样并计算湿度值。校验方式采用校验和, 数据传输的准确性得到有效保障。此外, DHT11 功耗非常低, 仅需 5 V 电源电压下工作, 平均最大电流仅为 0.5 mA。如图 2 所示是 DHT11 的电路原理图

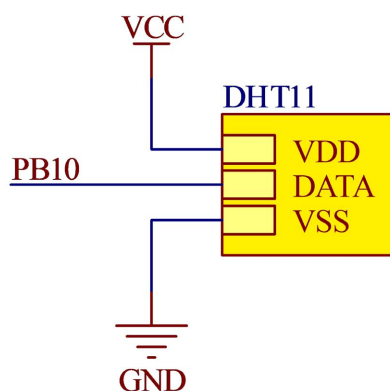


Figure 2. Sensor module circuit diagram

图 2. 传感器模块电路图

## 4.3. 电源模块

直流电源是一种可以提供稳定直流电压或电流输出的电力设备, 通过稳定化技术来保证输出电压或电流的稳定性。直流电源在现代电子技术中得到广泛应用, 它被用于电路设计、实验室研究、工业自动化控制以及各种电子设备的供电等方面。STM32 单片机系列产品使用 DC 5 V 电源, 稳压电路如下图 3 所示。

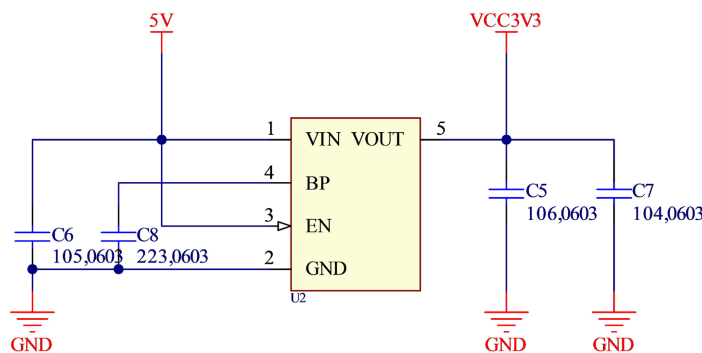


Figure 3. Voltage stabilizing circuit module

图 3. 稳压电路模块

## 4.4. 通信模块

通信模块使用 M5311 核心板模块, 其集超小尺寸、超高性能, 超低功耗等特点于一身, 非常适合对

成本、续航、可靠性有较高要求的物联网产品设计[8] [9]。将 NB-IOT 模块与 MCU 处理器通过串口线连接起来, 进而实现数据交互。NB-IOT 模块通过 IPEX 电缆口连接 PCB 天线, 进而收发射频信号, 有效地节省了空间。为了尽可能降低数据发送的损耗, 在接口处采用了 LC 阻抗网络, 同时增加了传输距离。NB-IOT 模块引脚如图 4 所示。

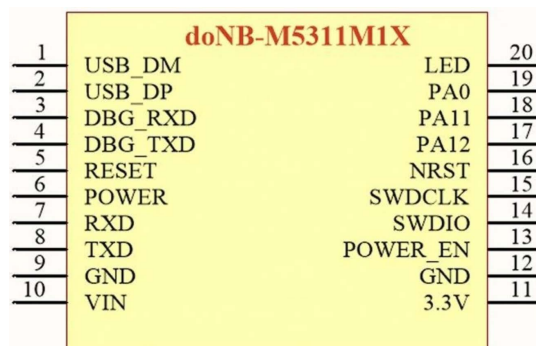


Figure 4. NB-IOT module pin diagram

图 4. NB-IOT 模块引脚图

## 5. 系统管理平台设计

系统管理平台设计分为下位机软件设计和移动客户端软件设计。下位机软件设计主要分为多个部分编写, 主要有: 系统初始化、传感器部分、通信部分、路灯灯光调节及故障报警。程序设计上首先对每个模块进行程序设计, 之后对各个模块设计的程序进行主程序的汇总, 最后利用调用函数的方法进行子程序的函数调用[10] [11]。以系统初始化为例对本文系统程序进行详细介绍:

```
volatile u8 alarm = 0;
volatile u16 adcvalue = 4000 ,guang;
uint8_t buf [5]; //温湿度缓冲区
u8 senddata [90] = {0}; //串口发送缓冲区
volatile uint8_t usart_data2 = 0; //串口
uint8_t rxdata2 [40] = {0}; //串口
volatile uint8 usart_datsign2 = 0;
volatile uint8 rxok2 = 0;
volatile u16 wifi_100ms_flag;
volatile u16 showthresho = 0;
volatile uint8_t usart_data = 0; //串口
uint8_t rxdata [20] = {0}; //串口
volatile uint8 usart_datsign = 0;
volatile uint8 rxok = 0;
u8 ledsw, Ledstatus, fanstatus, fanstatuslast;
volatile uint8_t usart_data3 = 0; //串口
u8 hh = 0, mm = 0;
#define LEDON HAL_GPIO_WritePin (GPIOB, GPIO_PIN_8, GPIO_PIN_SET); //控制 PB8 引脚的 led 亮
#define LEDOFF HAL_GPIO_WritePin (GPIOB, GPIO_PIN_8, GPIO_PIN_RESET); //控制 PB8 引脚的
```

led 灭

```
#define FANON HAL_GPIO_WritePin (GPIOB, GPIO_PIN_6, GPIO_PIN_SET);
```

```
#define FANOFF HAL_GPIO_WritePin (GPIOB, GPIO_PIN_6, GPIO_PIN_RESET);
```

#define BEEPON HAL\_GPIO\_WritePin (GPIOA, GPIO\_PIN\_15, GPIO\_PIN\_SET);//控制 PB8 引脚上的蜂鸣器响

#define BEEPOFF HAL\_GPIO\_WritePin (GPIOA, GPIO\_PIN\_15, GPIO\_PIN\_RESET);//控制 PB8 引脚的蜂鸣器不响

```
#define KEY1 HAL_GPIO_ReadPin (GPIOB, GPIO_PIN_4)
```

```
//读取 PB4 引脚上按键状态
```

```
#define KEY2 HAL_GPIO_ReadPin (GPIOB, GPIO_PIN_5)
```

```
//读取 PB5 引脚上按键状态
```

```
//#define KEY3 HAL_GPIO_ReadPin (GPIOB, GPIO_PIN_6)//读取 PB6 引脚上的按键状态。
```

```
#define KEY4 HAL_GPIO_ReadPin (GPIOB, GPIO_PIN_7)//读取 PB7 引脚上的按键状态。
```

移动客户端应能获取 NB-IOT 发送到物联网云服务器保存的数据[12], 通过 One NET 平台实时显示当前检测仪温湿度传感器、光敏传感器信息。本文所涉及系统以 One NET 作为智慧路灯数据信息的收发和存储中心, 终端设备再将收集到的数据实时上传到云平台上, 用户根据平台界面实时监测数据了解到当前区域路灯的工作状况以及周围的环境状况。这体现了智慧路灯的智能化及其潜在的环境监测应用前景。

## 6. 系统测试

在完成本文系统所涉及的智能终端与管理平台后, 对其系统进行测试。当周围环境亮度发生变化时, LED 灯自动调节亮度, 当周围光照度达到或超过 1000 lux 时, LED 完全不发光。当光线强度为 928 lux 时, 灯光明显变暗许多。然后用强光照射光敏传感器, 用来模拟白天的光照强度, 此时 LED 灯完全不发光。再观察 OLED 显示屏, 此时的光照强度已经达到了上限 1000 lux。也就是说, 哪怕是白天智慧路灯控制系统即使通电了, 路灯也不会亮, 这样便在节能的同时还能预防路灯白天也亮的情况。运行如图 5~图 7 所示。

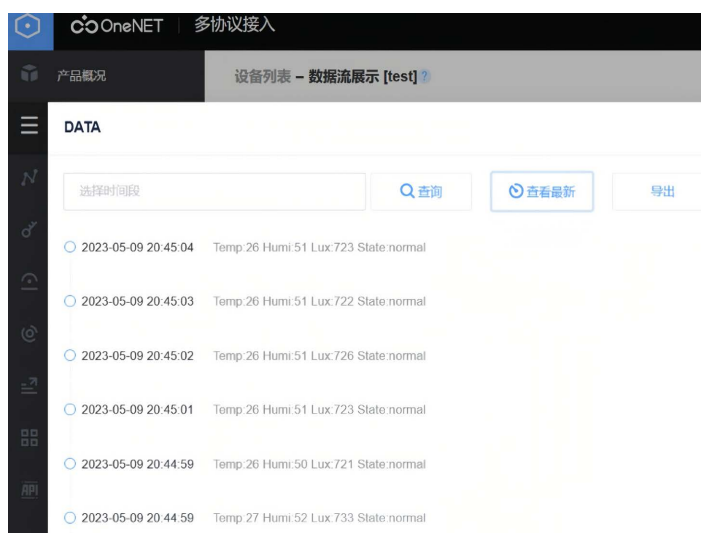
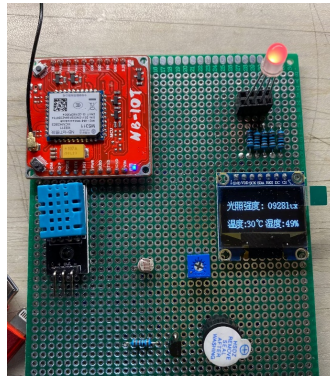
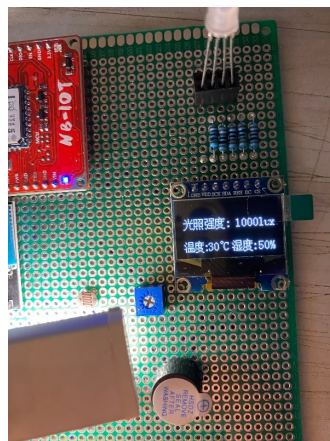


Figure 5. Display screen of One NET platform under normal state  
图 5. 正常状态下 One NET 平台显示画面图



**Figure 6.** OLED screen display image with slightly bright light  
**图 6.** 光线略亮时的 OLED 屏显示画面图



**Figure 7.** OLED screen display under strong light  
**图 7.** 强光时的 OLED 屏显示画面

为模拟路灯发生故障的情况,在通电后正常工作状态下拔下 LED 灯,相当于路灯发生短路或者断路,蜂鸣器发出报警声,与此同时,云平台上路灯工作状态为故障状态。如下图 8 所示。



**Figure 8.** Equipment diagram during malfunction  
**图 8.** 故障时设备图

通过对本文所述系统性能测试可得: 本文所述系统实现光照强度、温湿度等多参数检测, 且具备故障报警及远程控制等功能, 具有一定的实际应用价值。

## 7. 结语

为实现路灯的自动调节亮度和故障报警功能, 本文提出基于 NB-IOT 的智慧路灯控制与故障报警系统设计。该系统由智能终端与管理平台构成, 智能终端的控制中心模块选用 STM32 芯片, 温湿度传感器选用 DHT11, 光敏传感器选用型号为 5506 的光敏电阻。管理平台中的下位机软件应实现传感器测量信息的显示, 移动客户端实现温湿度传感器、光敏传感器信息的显示, 当路灯设备出现故障, 发生短路或者断路的时候, 蜂鸣器发出报警声, 与此同时管理平台上位机云平台上路灯的工作状态变为异常, 用户根据路灯的编号精准定位到具体路灯位置, 如此便可节省了排查故障所需要的人力物力。通过对系统实物进行测试: 本文所提系统可实现光照强度、温湿度等多参数检测, 且具备故障报警及远程控制等功能。这在智慧路灯的控制及故障报警中具有一定的应用前景。

## 参考文献

- [1] 张余明. 基于 NB-IoT 的智慧路灯控制系统研究与设计[J]. 桂林航天工业学院学报, 2022(2): 152-167.
- [2] 林柏宇, 何景峰, 陈文博. 基于 One NeT 平台的光伏智慧路灯设计[J]. 无线互联科技, 2022(11): 79-81.
- [3] 盘瑶, 张剑云, 朱颖, 江源, 朱金荣. 基于 NB-IoT 与 ZigBee 的智慧城市路灯管理系统设计[J]. 中国照明电器, 2022(11): 32-39.
- [4] 霍英, 赖煜, 卢阳光, 李珊, 丘志敏. 基于 NB-IoT 技术的智慧路灯管控系统应用研究[J]. 韶关学院学报, 2021(6): 12-17.
- [5] 贾春霞. 基于 NB-IoT 的物联网应用[J]. 电子技术与软件工程, 2021(9): 55-69.
- [6] 李中雷, 陈杨. NB-IoT 窄带物联网设备管理平台云原生多活研究与实践[J]. 广东通信技术, 2021(11): 64-69.
- [7] 周万禹, 桂永杰, 焦东海, 朱平平. 基于 NB-IoT 的智慧路灯控制系统[J]. 物联网技术, 2020, 10(7): 82-84.
- [8] 王成龙. 基于 NB-IoT 的智慧路灯网关设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆邮电大学, 2019.
- [9] 樊赢, 苏蓓蓓, 王志可. 一种基于光照度检测的路灯节能控制系统设计[J]. 数字技术与应用, 2020, 38(4): 170-171.
- [10] 金妍, 茅敏敏, 徐丘雨. 基于 NB-IoT 技术的智能 LED 灯杆监控系统的研制[J]. 应用科学学报, 2021, 39(2): 241-249.
- [11] 陈肖, 张佳伟. 基于深度学习的物联网入侵检测研究[J]. 河北软件职业技术学院学报, 2022, 24(4): 15-18.
- [12] 宋扬. 基于蜂窝窄带的物联网资源管理关键技术研究[J]. 绵阳师范学院学报, 2021, 40(8): 86-90+103.