

基于 ZigBee 技术和 GPRS 网络的 智能路灯新型系统设计

邓琳星¹, 杨宇苑¹, 严祥安^{1*}, 王晨洁¹, 杨文龙¹, 刘 灿¹, 张设林¹, 吴 军²

(1. 西安工程大学 理学院, 陕西 西安 710048; 2. 武汉威士讯科技有限公司, 湖北 武汉 430000)

摘 要:为了解决传统路灯存在功耗大、缺乏自动预警功能以及巡检时投入的人力、物力和财力大的问题,提出了一种通用化底板+核心模块+扩展模块的硬件系统设计方案,重点介绍了基于 ZigBee 技术和 GPRS 网络的智能路灯控制系统的设计原理和运行模式。该系统利用 ZigBee 通信技术组建无线传感网络,智能路灯终端安装的传感器通过 ZigBee 无线网络将路灯的工作状态及时反馈给协调器,协调器通过 GPRS 网络上报给上位机进行信息处理与控制。结果表明:系统设计具有操作简单、资源利用率高、成本和维修费用低以及可靠性高等优势。

关键词:ZigBee 技术;GPRS 网络;智能路灯系统;无线传感网络

中图分类号:TP273;TP368.1 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-4824(2021)06-0067-04

多年以来,路灯的发展史映射着人们对光明的探索与追求。随着我国城乡规划建设的高速发展,普通照明化体系已经无法满足社会日趋增长的需求^[1]。同时传统路灯也暴露出高耗能、控制维修复杂、安全系数低等问题。相较于传统路灯系统而言,智能路灯系统在资源利用以及操作维护等方面做了极大程度的优化,现如今在越来越多的场合中得到广泛的应用。

相比较其他智能路灯实现方案^[2],本文设计的系统提出一种通用化底板+核心模块+扩展模块的节点实现模式,增加了系统平台的灵活性及可开发性,为后续升级扩展预留了充足的空间,节约了检修和维护的时间和成本。

1 系统整体设计

系统采用 ZigBee 技术来实现无线传感网络的组网^[3],采用 GPRS^[4]模块来实现网络控制和信号采集。两种无线通信技术都很成熟,成本低

廉而且可靠性高,可以有效节约时间成本。系统设计包含硬件节点模块和上位机控制软件两个部分。

硬件节点模块由若干个协调器节点和智能路灯终端节点组成。在节点模块的设计上,本系统摒弃了传统的单一模块设计模式,采用通用化底板+核心模块+扩展模块的方式来进行硬件开发,虽然结构上复杂了,但模板具有通用性,特别是核心模块的可拓展研发性高,可根据大数据的更新及信息化需求对核心模块进行拓展研发,达到提高资源利用率降低成本的目的。

上位机控制软件同时实现串口通信和 TCP 通信,在无线传感网内采用串口通信,需要连接到 Internet 时,用 GPRS 模块进行穿透,实现 TCP 通信。上位机控制软件通过串口连接协调器,协调器接收从智能路灯传感器模块采集的数据,进行信息处理后传递给路灯终端进行开关灯控制,命令执行结果返回协调器传递给上位机。智能路

收稿日期:2021-09-08

基金项目:国家级大学生创新创业项目(S20201070006);国家自然科学基金(61405151, 51802245)

作者简介:邓琳星(2000-),男,湖南常德人,西安工程大学理学院学生。

严祥安(1980-),女,湖北仙桃人,西安工程大学理学院教授,博士,本文通信作者。

灯系统通信设计如图 1 所示。

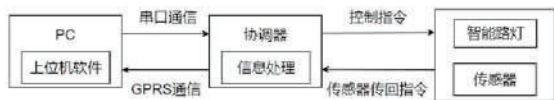


图 1 系统通信设计图

2 节点模块组成和设计

2.1 通用底板设计与功能

通用底板作为节点模块的组成模块之一,可以通过 USB 串口连接 PC,主要功能是为系统供电以及提供接口^[3]。通用底板设计了两对管脚定义完全相同的通用接口,用来连接核心模块和扩展模块。通用接口提供 5 V/1 A 和 3.3 V/1 A 两组电源,为核心模块和扩展模块供电;定义了通用 I/O、串口、SPI 接口、模拟输入接口等,方便连接不同类型的扩展模块。为了适应物联网^[5]终端的移动需求,通用底板上还配备了锂电池供电和充电保护电路,可以根据应用场合来选择外部供电或者锂电池供电。

2.1.1 USB 串口电路

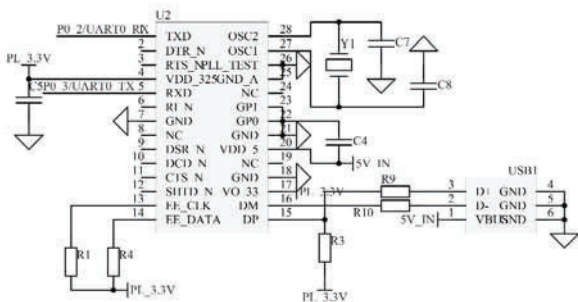


图 2 串口设计原理图

考虑到现在的计算机大多为 USB 接口,通用底板上采用接口转换器 PL2303 实现接口转换,做成 USB 串口。串口设计原理图如图 2 所示,它包括 USB 转串口主芯片 PL2303^[6]、USB 接头、晶体振荡电路以及由两个上拉电阻组成的串行器电路。

2.1.2 电源电路

通用底板设置了电源适配器供电、USB 供电和锂电池供电三种供电方式,为保护电源和板上器件,进行了相应的隔离和保护处理。Q3 和 D1 被用于在电源适配器和 USB 端口同时接入时防止电压反串,6.3 V TVS D8 被用于防止电源适配器接入电压过高时损坏充电管理^[7]芯片,R7、R8 和 Q2 则用来增大充电电流,以达到快速充电

的目的。

锂电池电路由充电电路与升压电路组成,如图 3 所示。NCP1450A 作为升压电路的主要部分,将锂电池提供的 3.7 V 升至 5 V,输出电流高达 1 A。NCP1450A 芯片有较高的转换效率,有利于延长锂电池续航时间。

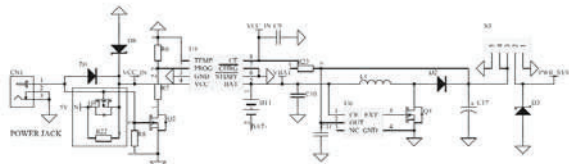


图 3 电源电路

锂电池充电电路采用 TP4056,通过一个外部电阻对充电电流进行调节^[8],当充电电流在达到最终浮充电压之后降至设定值 1/10 时,TP4056 将自动终止充电循环。芯片还具有电池温度检测等功能。

为有效保护锂电池使用寿命,通用底板上还设计了锂电池保护电路。DWO1A 与 8205A 构成锂电池保护电路,如图 4 所示。当电芯电压在 2.5 V 至 4.3 V 之间时,DW01 的第 1 脚、第 3 脚均输出高电平(等于供电电压),第 2 脚电压为 0 V。此时 DW01 的第 1 脚、第 3 脚电压将分别加到 8205A 的第 5、4 脚,8205A 内的两个电子开关因其 G 极接到来自 DW01 的电压,故均处于导通状态,即两个电子开关均处于开状态。当电池进行充放电时,随着电芯电压的变化,DWO1A 与 8205A 间的相应引脚的输出电压断开,引起充放电回路的断开即可进行充放电及短路保护。

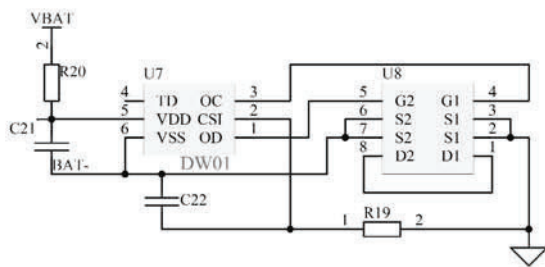


图 4 锂电池保护电路

2.2 ZigBee 核心模块

ZigBee 核心模块是协调器节点与智能路灯终端节点的重要组成部分,其功能是对板上资源和智能路灯模块的传感器数据进行采集和控制^[9],并组建无线传感网络,实现数据和指令的上传下达^[10]。

CC2530 是 ZigBee 核心模块的重要组成部分,集成 8051 内核与 ZigBee 技术,有 40 个引脚,其中有 21 个数字 I/O 端口。P1_4 口控制智能路灯终端路灯的开关, P0_1 口接收传感器反馈状态;RF 口连接差分转单端的射频链路实现射频信号的收发,在使用单端天线时单端负载 50Ω 以达到最佳收发效果。本系统所用到的 2 个 USB 转串口 USART0 和 USART1,均为串行通信接口且功能相同,能分别运行于异步 UART 模式或同步 SPI 模式,可以配置选择控制脚,所用到的 I/O 端口有 P0_2, P0_3, P0_5, P0_4, P1_5, P1_7, P1_6。CC2530 共有 5 个定时/计数器,实现定时或计数功能且在整个工作过程中将 CPU 从相关任务中解放出来,提高了 CPU 效率,在应用中优先选用功能最全的定时器 1。模块与通用底板通过通用接口进行连接,模块的原理图如图 5 所示。ZigBee 核心模块利用 CC2530 控制路灯^[11], ZigBee 的通讯方式主要有点播、组播、广播,本系统主要采用组播和点播。协调器接收上位机送出的指令,通过组播方式把指令传送给路灯终端,路灯终端判断指令进行对应的打开或关闭操作。终端通过传感器检测电压值即工作状态信息,并将命令执行结果通过点播方式回馈给协调器,协调器经 GPRS 网络或串口将信号处理后传给上位机^[12]。上位机可设置一定时间间隔接收信息^[13]。如光敏传感器连接到 ZigBee 模块上,每隔 1 h 采样传感器的电压值,将数据传送到上位机。

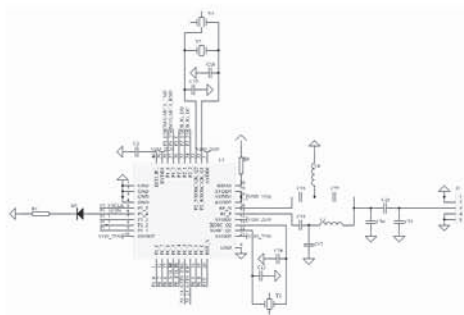


图 5 ZigBee 核心模块原理图

2.3 智能路灯扩展模块

智能路灯终端节点在底板模块与 ZigBee 核心模块的基础上增加了智能路灯模块。智能路灯模块包含一个执行器和一个传感器,由继电器控制的高亮 LED 和一个光敏传感器组成^[14]。其原理如图 6 所示。图中 R1、R3、R4 均为定值电阻, R2 是可调电阻; Q1 是 NPN 型三极管,作为开关使用; D1 是 1210 封装的高亮 LED,是本设计中的

执行器——路灯; D2 是光敏电阻,用来检测路灯 D1 的“亮灭”状态。当 P1_3 为高电平时,三极管 Q1 导通使继电器线圈通电,常开节点闭合,路灯 D1 被点亮;反之当 P1_3 为低电平时,路灯 D1 被熄灭。D1 的“亮灭”状态由光敏电阻 D2 检测,并通过检测端 P0_1 将结果上报给 CC2530。在光敏电阻支路中可调电阻 R2 除了限流,还可以调节检测的灵敏度。当 R2 减小时,电流增大,检测端的电压变化就会更加明显,灵敏度就会提高;反之适当增大 R2,灵敏度就会降低。

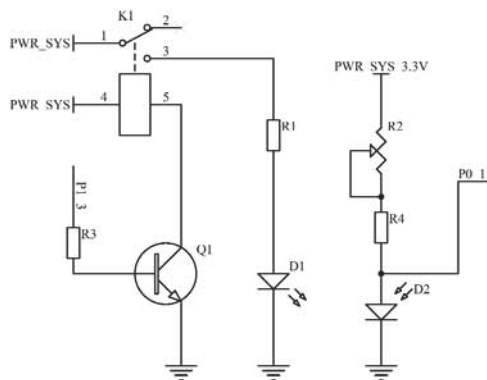


图 6 智能路灯模块原理图

3 上位机控制软件

上位机控制软件主要用来从协调器获取路灯工作状态信息和下达路灯控制指令,可手动控制路灯亮灭,也可以根据实际情况设置自动控制^[15]。针对通信协议,有串口通信和 TCP 两种方式。无论是选择“本地串口”还是“TCP 通信”通信方式,配置成功后都可直接进行智能路灯的网络控制,通信方式只是作为控制数据传输通路的选择。

上位机软件可以在电脑 Windows 系统和手机移动设备上运行,软件操作流程如图 7 所示。上位机软件可以对接受到的信息进行处理,主要功能如下:

- 1)实现串口通信和 TCP 通信(本系统主要实现服务器通信)。
- 2)实现路灯的开关控制。
- 3)接收终端传感器返回状态消息。
- 4)控制方式:时间区分白天和晚上。白天默认路灯关闭,光敏传感器应该检测到有光;晚上光敏传感器应该检测到无光,在此状态下应该打开对应路灯,发送打开路灯的指令。路灯开,对应光敏传感器检测到有光。

5)故障处理:如果晚上路灯开的状态下,对应的光敏传感器检测到无光,那么对应路灯状态应该显示故障。

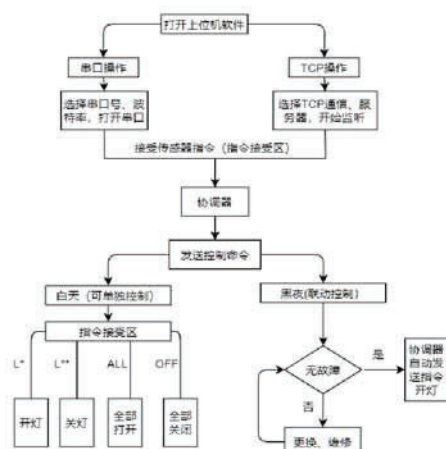


图7 主程序流程图

4 结语

系统设计主要完成了基于 ZigBee 技术及 GPRS 网络的智能路灯控制系统的组建,实现了终端控制和路灯自动检测工作状态信息,并通过上位机软件进行反馈信息的处理与控制。与传统路灯控制系统相比,本系统更节能,智能化程度高,模板通用性强,具有较好的适应研发性。

[参 考 文 献]

- [1] SAKAR S, BAGHERI A, RÖNNBERG S, et al. Susceptibility of LED street lamps to voltage dips [J]. Lighting Research & Technology, 2020, 52(8):147-152.
- [2] 王敏,武阳,王宁,等.基于物联网架构的智能照明系统的设计与实现[J].电工技术学报,2015(S1):119-123.
- [3] 牛萍娟,罗德智,刘雷,等.基于 ZigBee 组网的自适应道路照明系统[J].现代电子技术,2019,42(4):

121-124.

- [4] 金萍,田正其,彭宇菲.一种基于 ZigBee 无线传感网络的智能抄表系统[J].江苏电机工程,2016,35(4):36-39.
- [5] 何奉禄,陈佳琦,李钦豪,等.智能电网中的物联网技术应用与发展[J].电力系统保护与控制,2020,48(3):127-132.
- [6] 王晓.基于 Labview 的温度监测系统的设计[J].自动化技术与应用,2016,35(10):153-155.
- [7] 刘志明,张向文.四段式智能充电管理系统的设计与实现[J].电源技术,2020,44(4):553-556.
- [8] ZHANG C, GE X, WANG H. Design of energy self contained smart home system [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, 252(3):032197-032202.
- [9] 张燕,刘晓莎,汪晓红,等.基于 WSN 的水质自动监测系统硬件电路设计[J].机械与电子,2021,39(2):55-58.
- [10] 匡洪海,张曙云,曾丽琼,等.基于 GPRS 和 GPS 的农村智能配电网远程监控系统设计[J].电工电能新技术,2017(4):86-91.
- [11] 杨超,魏东,庄俊华.基于 ZigBee 无线网络技术的地下车库照明节能控制系统研发[J].电工技术学报,2015(S1):490-495.
- [12] 孙晓阳,苏新彦,姚金杰,等.一种分布式无线传感器节点监控系统设计[J].测试技术学报,2019,33(1):73-79.
- [13] 许加柱,李晓芳,黄际元,等.低压配电网智能监测与控制终端软硬件设计[J].电工电能新技术,2012,31(4):79-82.
- [14] 龚卫.智能节能台灯控制装置的设计[J].电子世界,2020(4):185-186.
- [15] 杨莹,贾磊.基于 GPS 的高速公路主动发光诱导与自动防撞预警系统[J].微型机与应用,2017,36(21):29-31.

(责任编辑:熊文涛)