

# 基于 ZigBee 的物联网智能 LED 路灯控制系统设计

唐燕妮

(河源职业技术学院 广东·河源 517000)

中图分类号: TP273.5

文献标识码: A

文章编号: 1672-7894(2015)04-0217-03

**摘要** 设计了一种基于 ZigBee 的物联网智能 LED 路灯控制系统。路灯节点采用 AVR 单片机作为核心处理芯片,通过光电传感器检测外部信号,可根据环境明暗、交通情况和定时开关等条件以不同方式控制 LED 灯照明;使用 MBI1802 驱动芯片恒流驱动 LED 灯,功率在 20%~100% 范围内可调,调节误差 <2%,恒流电流偏差 <±1.7%;以 ZigBee 无线网络与控制中心进行远程控制、故障报警等信号传输,实现了路灯智能化、远程化的节能控制。

**关键词** ZigBee 智能控制 LED 路灯恒流

**Intelligent Control System of LED Street Lamp Based on ZigBee // Tang Yanni**

**Abstract** The development of LED street lamp control system based on ZigBee network is presented in this paper. Using AVR microcontroller as the core processing chip, the lamp node detects the external signal by photoelectric sensor, controls LED lamp lighting in a different way according to the environment light, traffic conditions and timing; using the MBI1802 drive chip constantly drives LED lamp, power regulations are in the range of 20%~100%, adjustment error is less than 2%, constant current deviation is less than 1.7%; communication between nodes and center is realized with ZigBee wireless network, to carry messages of remote control and alarm signal. The results indicate that the system is intelligent, long-distance and energy conservation.

**Key words** ZigBee; intelligent control; LED street lamp; constant current

## 1 引言

随着经济的高速发展和汽车的逐渐普及,城市道路照明更加凸显重要。目前,我国大部分城市的路灯照明都采用全夜灯恒照度的方式,控制方式仍然是简单的光控和时控等传统方式,控制系统大多数采用有线方式布局,存在用电量、控制效率低、布线麻烦、维护困难等问题。针对旧有的路灯控制系统存在的各种缺点,本文提出了一种更加完善的基于物联网 LED 路灯智能控制系统方案。

## 2 系统总体设计

在本设计中,物联网智能路灯控制系统由 ZigBee 无线通信模块、LED 路灯终端、控制中心及以太网通信单元等构成。

控制中心负责内部网络与外部网络之间的相互通信,

还通过 ZigBee 无线通信网络对 LED 路灯终端进行实时监控和管理。多个 LED 路灯节点通过无线网络互相连接、交换信息。LED 路灯接收控制中心指令,启动外围各种传感器采集环境信息,AVR 控制器根据不同的信息做出相应的处理,如点亮路灯、调节亮度、故障报告等。借助于 Internet 网络,用户可以利用计算机对路灯实施远程操作或运行状态监控。

## 3 系统硬件设计

### 3.1 ZigBee 无线通信模块

ZigBee 技术是一种新兴的近距离、低速率、低成本的双向无线通讯技术,主要用于距离短、功耗低且传输速率不高的各种电子设备之间进行数据传输<sup>[1]</sup>。它是一个由可多到 65000 个无线数传模块组成的一个无线数传网络平台,十分类似现有的移动通信的 CDMA 网或 GSM 网,每一个 ZigBee 网络数传模块类似移动网络的一个基站,在整个网络范围内,它们之间可以进行相互通信;每个网络节点间的距离可以从标准的 75 米,到扩展后的几百米,甚至几公里;另外整个 ZigBee 网络还可以与现有的其他的各种网络连接,因此在控制领域应用日趋广泛。

本系统 ZigBee 网络采用 TI 公司的无线 SoC 集成芯片 CC2530 以及 TI2007 版 ZigBee 协议栈,包含 ZigBee 协调器和 ZigBee 信号收发模块。ZigBee 协调器位于控制中心,是整个 ZigBee 无线网络的创建者和协调者,同时还是网络内部与外部通信的枢纽,协调器由 CC2530 核心板和电源和开关模块、UART 串口模块及编程下载接口组成。ZigBee 信号节点位于 LED 路灯终端,它使用了与 ZigBee 协调器相同的核心板和电源电路,核心板作为 ZigBee 收发模块,负责将 LED 控制芯片 ATmega16L 单片机上的串口数据传输至 ZigBee 网络。

工作时,控制中心 PC 机通过串口向 ZigBee 协调器发送

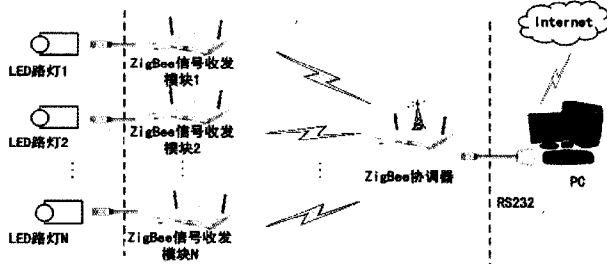


图 1 系统结构框图

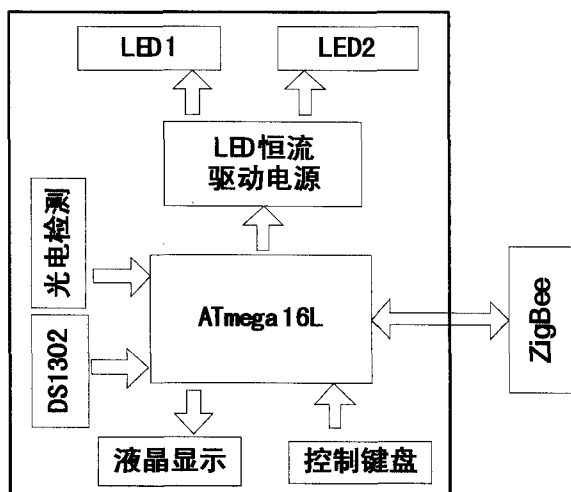


图2 LED路灯终端框图

控制指令, 协调器通过无线网络将控制信息发送给 LED 路灯节点的 ZigBee 收发模块。收发模块接收到信息后送往 AVR 控制器, 并将传感器采集的环境数据经 ZigBee 网络传送回上位机控制中心。

### 3.2 LED 路灯终端

LED 路灯终端由如下部分组成: AVR 控制器、LED 恒流驱动电源模块、时钟模块、光电检测模块、显示控制模块及 ZigBee 节点。如图 2 所示。

#### 3.2.1 AVR 控制器

AVR 单片机具有良好的集成性能<sup>[2]</sup>, 作为控制电路的核心在系统中起到了至关重要的作用。基于控制性能和成本的考虑, 在本设计中使用了性价比较高的 ATMEL 公司的 ATmega16L 单片机。此单片机是一种高性能、低功耗的 8 位 AVR 微处理器, 采用 Harvard 结构, 拥有 IMIPS/MHz 处理速度, 最高可以工作在 16MHz 的晶振频率下。ATmega16L 内部集成 ADC 电路, 方便处理输入的模拟信号量<sup>[3]</sup>。外部光照强度的检测采用光敏电阻, 使用内部模拟电压转换器不但节省了资源, 也简化了外围电路; 交通状态检测使用反射式红外光电传感器检测信号结合单片机处理, 使用简单方便, 功耗低。

#### 3.2.2 LED 驱动电源及保护电路

为实现节能与恒流控制, 选用了 LED 驱动芯片 MBI1802。通过调节 MBI1802R-EXT 端的外接电阻, 可设置恒流驱动通道的输出电流。电路如图 3 所示。

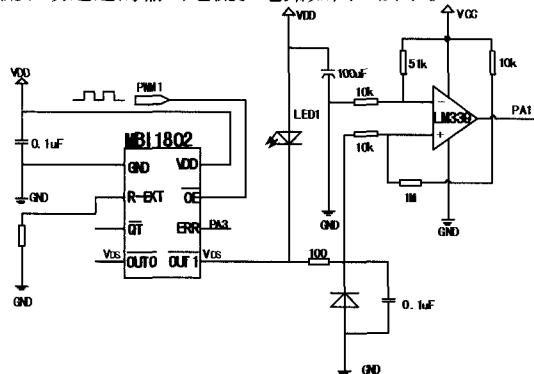


图3 LED灯恒流驱动与分压电路

选取单个 LED 灯额定功率为 1W, 功率值为  $P=U \cdot I$ , 恒流驱动电源的芯片 MBI1802 驱动电流取决于外接电阻输入端 R-EXT。下列公式可计算出输出电流值:



(1)

公式中  $V_{R-EXT}$  是指 R-EXT 端电压值, 取 1.24V。R-EXT 是指外接至 R-EXT 的电阻值, 系统选定 1.8K $\Omega$ ,  $V_{led}$  与单片机共用 5V 电源, 通过 PWM 脉宽调节, 使  $P_{led}=V_{led} \cdot I=3.1V \cdot 323mA=1001.3mW$ 。

电路工作时, /OE 端 PWM 脉宽越窄, 输出电流越大, 驱动功率越大。如图 3 所示, LED 灯与 MBI1802 共 5V 电压, 可直接与 ATmega16L 方便接口; LED 灯也可外接电源电压, 当 LED 两端电压 >8.5V 时, 稳压二极管起到了过压保护的作用。当 LED 灯出现开路时  $V_{ds} < 0.8V$ , 电压比较器 LM339 输出低电平, 送 ATmega16L 端口检测报错; MBI1802 内置过热错误标志, 当电流持续过大, 芯片温度超过 165 $^{\circ}C$  时, /ERR 变成低电位, 单片机检测 /ERR 信号关闭芯片, 起到了过流保护的作用。

#### 3.2.3 传感器检测电路

采用 1 个感光电阻和 1 个分压电阻连接至 5V 电源, 输出端口接 ATmega16L 的 I/O 口。采用 6 个反射式红外光电传感器装于道路一侧, 检测移动车辆或物体。

#### 3.2.4 时钟电路

ATmega16L 与 DS1302 的接口电路采用 3 线串行通信方式, 单片机作为主机通过控制 /RST、SCLK、IO 实现两芯片间的数据传送。

#### 3.2.5 键盘与显示电路

输入与显示系统采用 2 $\times$ 3 矩阵键盘接口及液晶显示器接口电路。该电路在 LED 路灯终端不接, 只是在 ATmega16L 上预留了接口, 方便电路检修使用。

### 3.3 控制中心及以太网通信单元

控制中心由工业 PC 机、ZigBee 协调器和服务器等组成, 负责内部网络与外部网络之间的相互通信, 以及 LED 路灯节点工作状态的实时控制、显示和数据存储。

## 4 系统软件设计

#### 4.1 ZigBee 通信程序

ZigBee 无线通信模块主要负责接收及转发。所有数据采集以无线的方式发送到控制中心的 ZigBee 协调器, 这个节点再将其通过串行口传给控制中心 PC 机。ZigBee 控制节点软件程序设计流程可以描述为上电初始化、CC2530 硬件初始化及 Zigbee 协议栈初始化; 然后, 建立网络, 执行协议转换任务; 最后, 发送数据<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 LED 路灯控制程序

软件流程设计如图 4 所示。当系统上电复位以后, 单片机 ATmega16L 串口接收来自 ZigBee 无线通信模块的指令, 启动电路工作。在没有指令的情况下, 光电传感器一直处于检测状态, 同时 LCD 显示时间和路灯的状态。可通过按键选择各参数的设定, 如支路定时、单元定时、单元调光和时钟设置。当达到规定的设置值时, 路灯节点就进入自动控制状态, 控制 LED 灯的开、关、亮度等。

#### 4.3 控制中心程序

控制中心的主要功能是通过 RS-232 串行中与中心控

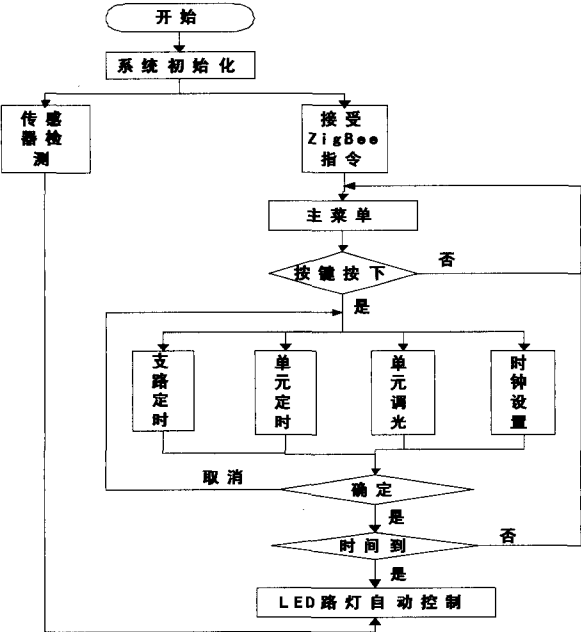


图 4 LED 路灯控制程序

制节点 ZigBee 协调器通信，从而接收路灯节点的信息。另外，控制中心 PC 机还要实现对接收的数据进行分析和处理，实现人机交互。

5 系统测试结果

5.1 ZigBee 通信测试

为了验证系统准确性，对其进行模拟试验。由控制中心 PC 机发送指令至串口，然后经过协调器转发至 ZigBee 终端节点，终端节点完成数据的接收工作之后，再经过串口将数据传到 AVR 单片机显示电路，将控制中心发送的数据与 ZigBee 终端节点接收到的数据进行比较。多次测试后，结果如表 1 所示。

表 1 ZigBee 通信测试结果

测试时间 /Min	发送数据 /B	接收正确数据 /B	接收错误数据 /B	准确率 %
60	7200	7110	90	98.75
120	14400	14276	124	99.14
240	28800	28642	158	99.45

由表 1 可知，ZigBee 各个节点之间的抗干扰较强，通信数据准确，系统运行稳定，达到了路灯控制的通信要求。

5.2 LED 路灯终端测试

5.2.1 环境亮度变化 LED 工作测试

模拟改变 LED 路灯环境的亮度，使感光电阻两端电压值经 ATmega16L 内部 ADC0 处理，通过判断变化电压值的大小控制路灯的通断。测试时，LED 灯处于灭状态，减弱感光电阻光照强度，LED 灯组亮；LED 灯处于亮状态，增大光照强度，LED 灯组灭。环境变化时 LED 工作状态良好，精度高。

5.2.2 LED 灯故障测试

将 LED1 或 LED2 开路，使得  $V_{ds} < 0.8V$ ，测量比较器输出电位为低，蜂鸣器发出报警声，单片机检测到路灯故障声光报警，并通过 ZigBee 网络将故障节点编号发送至控制中

心。故障测试准确，时效性高。

5.2.3 LED 灯功率调节测试

用单片机端口输出控制可调脉宽的 PWM 信号，接于 MBI1802 脉宽输入端口，按 25mW 为一个梯度，将 20% ~ 100% 功率值分为 33 个等份调节功率从 200mW 到 1000mW。使用万用表测试负载两端电压和电流，根据所测试的数据计算出实际功率。

表 2  $V_{CC}$  和  $V_{LED}$  共 5V 的调光测试结果

计划功率 (mW)	输出电流 (mA)	LED 电压 (mV)	测算功率 (mW)	误差值 (mW)	误差 (%)
200	90	2.2	198.0	-2.0	1.0
225	97	2.3	223.1	-1.9	0.8
600	219	2.75	602.25	2.25	0.3
875	292	3	876.0	1.0	0.1
625	225	2.78	625.5	0.5	0.08

由表 2 可知，在 200mW~1000mW 范围内，随机选择 5 个功率值，该驱动电源功率调节误差  $\leq 2\%$ ，调光效果好。

5.2.4 LED 灯恒流测试

单片机供电为 5V，电路过压保护为 8.5V，设定 LED 输出功率为 200mW 时， $V_{LED}$  外接电压从 4.0V 到 8.5V 随机取 5 点测量，根据测试数据求出偏差。

表 3  $V_{LED}$  独立供电的恒流测试数据表

外部供电电源 (V)	驱动电压 (V)	LED 电流 (mA)	最大偏差电流 (mA)	偏差率
4.0	1.5	89	0.7	$\pm 1.7\%$
5.0	1.99	89	0.7	
7.5	2.73	89	0.7	
7.9	2.77	90	0.3	
8.5	2.82	92.6	1.9	

由表 3 可知，LED 工作平均电流为 89.7mA，电流偏差小于芯片给定偏差  $\pm 3\%$ ，恒流驱动效果良好。

6 结论

本系统采用 ZigBee 无线通信技术进行 LED 路灯信号的无线传输，选用 ATmega16L 单片机与高功率 LED 驱动芯片 MBI1802 结合构成恒流驱动电路，实现了 LED 恒流电源输出功率在 20%~100% 范围内可调，大大提升了 LED 路灯的节能效益。系统运行稳定，远程化、智能化程度高，具有广泛的应用价值。

参考文献

[1] 张毅,张灵至,等.面向物联网的 ZigBee- 红外控制系统设计[J].电子技术应用,2013,39(5):82-85.  
[2] 周斌,陈伟海,等.基于 AVR 单片机的门禁控制器的设计与实现[J].计算机测量与控制,2007,15(12):1788-1790.  
[3] 马潮.AVR 单片机嵌入式系统原理与应用实践[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007:24-27.  
[4] 辛海亮,钟佩思,等.基于 ZigBee 的物联网智能家居控制系统[J].电子技术应用,2013,39(12):79-85.

编辑 李少华