

Wireless Lighting System Terminal Based on ZigBee

Jianguo Xu, Congshi Han

College of Computer Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology,
Qingdao Shandong
Email: 1046019613@qq.com

Received: Jun. 7th, 2018; accepted: Jun. 22nd, 2018; published: Jun. 29th, 2018

Abstract

In order to change the disadvantages of traditional indoor lighting system such as complex wiring difficult to control and unable to meet the requirements of environment acquisition and linear dimming the LED lamp is controlled by ZigBee technology. In this paper, the protocol, data transmission mode and network topology of ZigBee network are analyzed. According to the requirement of the system, the overall design scheme and the hardware frame of the system are put forward, and the power supply control circuit, the serial communication circuit, the LED lighting control circuit and the photosensitive circuit are completed. Based on the research of traditional intelligent lighting control system, ZigBee protocol is used as the platform. The light intensity and the ZigBee coordinator are used to control the LED. The whole system scheme based on the illumination induction technology and the coordinator determines that the ZigBee network is the communication basis of the system. That is to say, two ZigBee function boards are used, one is imported into Guang Min sensor for terminal, and the other is used as coordinator to set up the network, which is set up as the switch of LED lamp in manual mode. In automatic mode, the LED lights will automatically turn on when the light intensity is low. The brightness of the LED is changed in manual mode through the coordinator.

Keywords

ZigBee Technology, Wireless Lighting System, Coordinator

基于ZigBee的无线照明系统设计

徐建国, 韩琮师

山东科技大学, 计算机科学与工程学院, 山东 青岛
Email: 1046019613@qq.com

收稿日期: 2018年6月7日; 录用日期: 2018年6月22日; 发布日期: 2018年6月29日

摘要

为了改变传统室内照明系统布线复杂, 不易控制、无法满足环境采集和线性调光要求的缺点, 采用 ZigBee 技术来操控 LED 灯。本论文对 ZigBee 网络特点, ZigBee 中各层的协议, 数据传输方式及网络拓扑结构进行了分析, 根据系统需求提出了总体设计方案和系统硬件结构框架, 完成了电源控制电路、串口通信电路、LED 照明控制电路、光敏电路等硬件设计。在研究传统智能照明控制系统的基础上, 以 ZigBee 协议为平台通过光照强度和 ZigBee 协调器来控制 LED, 以光照感应技术和协调器为基础的整体系统方案, 确定将 ZigBee 网络作为系统的通信基础。即采用两块 ZigBee 功能板, 一块为终端导入光敏传感器, 用作信号发射, 另一个用作协调器建立网络, 设定为手动模式下 LED 灯的开关。在自动模式下当光照强度不足时, LED 灯将自动变亮。在手动模式下通过协调器改变 LED 的亮灭。

关键词

ZigBee 技术, 无线照明系统, 协调器

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

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



Open Access

1. 绪论

传统的有线照明系统布线复杂, 节能效率低, 安全性差, 已经满足不了信息技术飞速发展的生活的基本需求, 于是无线智能照明系统应运而生。无线照明系统灵活性高、部署方便、维护成本低。本文采用低功耗、低成本、低速率的短距离无线通信标准来组建无线照明网络。

本论文以 ZigBee 无线技术和 LED 灯控制系统为研究内容, 选用 ZigBee 通信方式, 主要论述 ZigBee 协议组成、ZigBee 组网及网络拓扑系统等相关 ZigBee 通信技术, 并且根据系统要求对 LED 灯的控制撰写了总体设计方案控制、系统设计的要求。运用 ZigBee 硬件系统的组成网络, 对 ZigBee 硬件的电路进行设计分析, 完成了电源控制电路、串口通信电路、LED 灯照明控制电路、光敏电路等硬件设计。

2. 设计关键技术介绍

2.1. ZigBee 协议组成

ZigBee 协议是遵循 IEEE802.15.4 协议, ZigBee 协议分为五层: 应用层、应用支持层、网络层、数据链路层和物理层。ZigBee 协议分工非常明确, 每层都分配指定的功能和作用。如图 1 所示。

2.1.1. 物理层(PHY)规范

物理层遵循 IEEE802.15.4 协议[1], 是协议的最低层, 承担的任务是与外界直接相互作用, 控制 RF 收发器的工作, 采用扩频通信。物理层通过物理层数据服务访问点(PD-SAP)提供物理层数据服务, 通过物理层管理实体服务访问点(PLME-SAP)提供物理层管理服务。

2.1.2. 数据传输控制层(MAC)规范

同样遵循 IEEE802.15.4 协议, 主要负责的是设备间的无线数据链路的建立、维护和结束, 确认模式的数据传输和接收[2]。MAC 子层提供两种服务: MAC 层数据服务和 MAC 层管理服务。前者保证 MAC

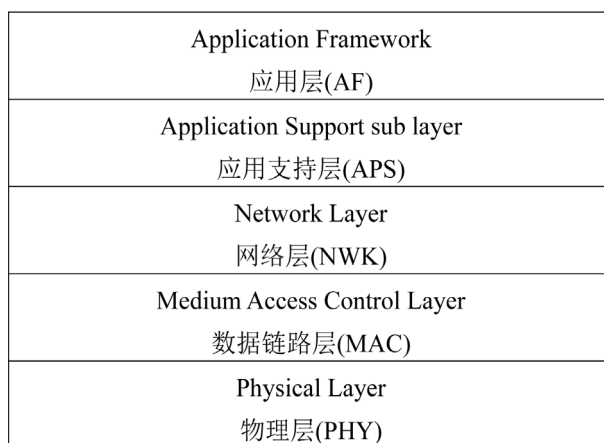


Figure 1. ZigBee protocol architecture
图 1. ZigBee 协议总体架构

协议数据单元在物理层数据服务中的正确收发, MAC 层管理服务维护一个存储 MAC 子层协议状态相关信息的数据库。

MAC 子层主要功能如下:

- 1) 协调器产生发出网络信标帧。
- 2) 其他设备与信标帧同步。
- 3) 支持 PAN 网络的关联(Association)和取消关联(Disassociation)操作。
- 4) 保证设备的安全。
- 5) 使用 CSMA-CA 机制访问信道。
- 6) 支持 GTS(Guaranteed Time Slot, 时间槽保障)机制。
- 7) 提供两个对等的 MAC 实体之间的可靠连接等。

2.1.3. 网络层(NWK)规范

网络层在 MAC 层之间提供一个合适的接口, 通过刺激 MAC 层动作执行寻址和路由功能。它的关键任务包括:

- 1) 启动网络和分配网络地址。
- 2) 移除网络中的设备或者添加网络中的设备。
- 3) 通过路由器设备, 将消息送往目的节点。
- 4) 加密已发送的数据。
- 5) 在网状网络中执行路由寻址并且储存路由表。

2.1.4. 应用层(APL)规范

应用层用于支持维持器件的功能属性[3], 发现该器件工作空间中其他器件的工作, 根据服务和需求使多个器件之间进行通信, ZigBee 应用层中包含有应用程序支持子层, 应用程序架构, 送往 ZigBee 装置管控对象和与各厂商定义的应用程序对象。

2.2. ZigBee 组网及网络拓扑

ZigBee 定义了 3 种类型的设备, 每种设备都有自己的功能要求:

- 1) ZigBee 协调器, 在 ZigBee 网络中是中心主节点, 所有其他 ZigBee 节点都是协调器的子节点, ZigBee

协调器不仅要建立 ZigBee 通信技术的网络,还要对 ZigBee 通信技术的网络进行管理维护,可以说 ZigBee 通信技术的网络的核心。

2) ZigBee 路由器, ZigBee 路由器和平时生活中的路由器的作用相差不打, 都是负责信息的传输, 将信息派送出去[4]。在 ZigBee 的星形拓扑结构中不能使用 ZigBee 路由器, 在 ZigBee 树状和网状的拓扑结构可以使用 ZigBee 路由器。

3) ZigBee 终端设备, 是负责实现 ZigBee 网络中最终功能的子节点。

依据 ZigBee 设备类型可分为两类设备, 一类是全功能设备(FFD), 可以接收和发送数据和路由功能; 另一类是半功能设备(RFD), 不具备路由功能, 只能收发数据。

星形拓扑结构是 ZigBee 三种拓扑结构中最简单的一种拓扑结构, 由一个协调器和若干个终端组成, 对接方式为点到点, 每个终端都会连接协调器[5], 终端与终端之间不能进行连接, 任何终端与终端的信息连接都必须经过协调器的转接发送。如图 2 所示。

树形拓扑结构在 ZigBee 三种拓扑结构中最复杂的。由一个协调器和若干个终端或路由器组成, 层次结构非常分明, 与协调器相连的每个终端和路由器都可以继续连接终端和路由, 形成自己的子节点, 以此类推形成树状。如图 3 所示。

网状拓扑结构是 ZigBee 三种拓扑结构中最复杂的一种拓扑结构, 由一个协调器和若干个终端或路由器组成[6]。这种网状拓扑结构不仅拥有树形拓扑结构的特点, 与协调器相连的每个终端和路由下面都可以继续连接终端和路由, 形成自己的子节点; 所有路由器之间可以直接进行通讯。如图 4 所示。

3. 硬件系统设计与实现

3.1. 硬件系统设计的要求

根据传统 LED 灯的缺陷与不足, 并结合 ZigBee 无线通信技术, 可以设计出智能人性化的照明系统

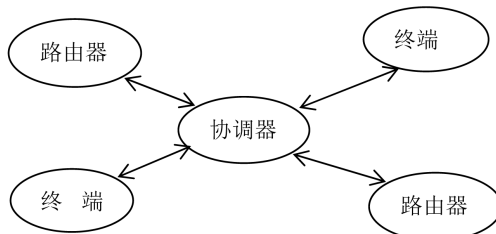


Figure 2. Star topology graph
图 2. 星形拓扑图

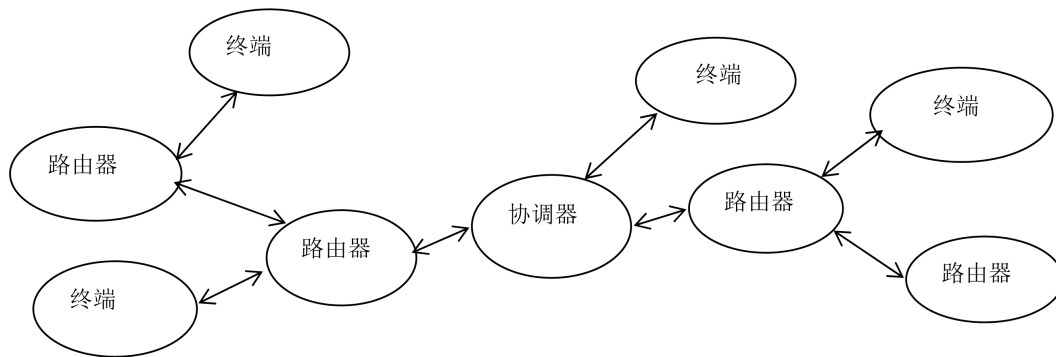


Figure 3. Tree topology diagram
图 3. 树形拓扑图

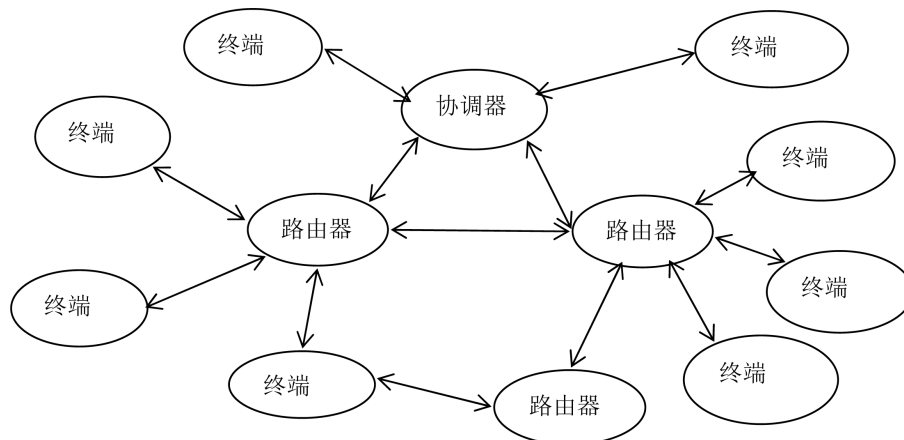


Figure 4. Network topology diagram
图 4. 网状拓扑图

设计, 具体要求如下:

- 1) 可用性: 整体设计必须以人为本, 整个系统必须按照要求完成它的作用, 在实际中必须体现以人为本的可用性。
- 2) 易于管理性: 方便使用者管理整个 ZigBee 的网络系统, 和灯光控制系统, 当出现任何问题时, 可以得知问题的来源, 方便维护修理。
- 3) 经济性: 整体成本价格必须符合社会实际情况, 且能融入到工作和生活的需求中, 有良好的成本效益。
- 4) 稳定性: 为了保证硬件的稳定和耐用, 长时间的使用不会出现异常, 还要从写入硬件的程序入手, 提高程序设计可靠性。

3.2. 硬件系统的组成

3.2.1. 协调器设计

协调器是由 ZigBee 无线模块、CC2530 控制模块、串口通信、通用 I/O 模块、电源模块、按键模块组成[7]。

协调器作用: 主要向终端发送需求指令和数据命令。如图 5 所示。

协调器各个模块的作用:

CC2530 内核: CC2530 内核是协调器的内核处理器[8], 用于处理传输过的各种数据, 包括按键命令, 网络中终端的加入和退出请求, ZigBee 网络的建立与维护。对相应的数据进行发送处理。

无线模块: 无线模块是在 CC2530 模块中, 是发送和接受终端节点的数据作用, 并将这些数据传输给 CC2530 内核。其中规定了发送和接受的数据都必须以 IEEE802.15.4 协议的格式, 运用 ZigBee 无线通信技术。

通用 I/O 模块: I/O 模块分为 I/O 设备和 I/O 接口两个部分, 分别代表单片机数据的进、出端口, 输入输出 I/O 流可以看成对字节或者包装后的字节的读取[9]; 强电进入系统的同时实现联动控制系统的弱电线路与被控设备的强电线路之间的转换。

电源模块: 给协调器供电。

按键模块: 按键模块由一个复位按钮, 一个对 LED 灯的亮灭手动控制和自动控制的切换按钮, 一个控制 LED 灯的亮灭按钮组成, 根据用户不同的需求, 对终端上的 LED 灯进行操作。

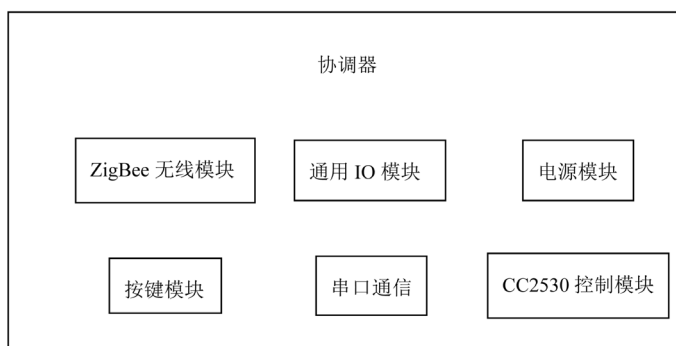


Figure 5. Coordinator structure diagram

图 5. 协调器结构图

3.2.2. 终端设计

终端由 ZigBee 无线模块、CC2530 控制模块、光敏模块、通用 I/O 模块、电源模块、按键模块组成。

终端的作用: 接收协调器发送过来的数据命令和需求指令, 根据不同的命令实现对 LED 灯的控制[10]。如图 6 所示。

终端各个模块的作用:

光敏模块: 光敏模块的作用是检测此时外界光照的强弱, 并将采集的光照强度信息即光信号转化为电信号, 再将数据发送给终端的 CC2530 进行处理[11]。

CC2530 内核: 用于处理传输过的各种数据, 并接受来自光敏模块对外界光照强度的检测结果, 最后控制 LED 灯是否亮灭。

无线模块: 用于发送和接受终端节点的数据, 与协调器的 ZigBee 无线模块的作用相同[12]。

通用 I/O 模块: 提供直流电源, 对调光信号进行输出。

电源模块: 给终端供电。

LED 灯: 用亮灭来实现对 CC2530 控制模块的命令。

3.3. 硬件电路设计

3.3.1. ZigBee 底板电路

ZigBee 底板用来插 ZigBee 的核心板。RST 复位引脚、DEBUG_DD 和 DEBUG_DC 下载程序的引脚[13]。如图 7 所示。

3.3.2. 光敏电路

光敏电路是通过光敏模块检测外界的光的强弱[14], 然后将光信号转化为电信号传送给终端, 整体的光敏电路是通过数模转化完成对光信号的转换, 通过高低电平来确定强光时为高电平 1, 弱光时为低电平 0。如图 8 所示。

3.3.3. 电源电路

电源开关电路, 因为 ZigBee 主控需要 3.3V 工作电压, 控制 ZigBee 板的开关。如图 9 所示。

电源指示灯电路, 当 ZigBee 不出现障碍时, 接通电源会保持常亮状态, LED 灯 0 为电源指示灯。如图 10 所示。

3.3.4. 组网指示灯电路

组网指示灯电路, 用来显示 ZigBee 网络建立状况, 当协调器建立 ZigBee 网络终端, 并且加入该网

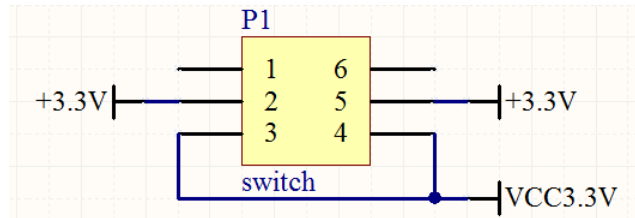


Figure 9. Power switch circuit diagram

图 9. 电源开关电路图

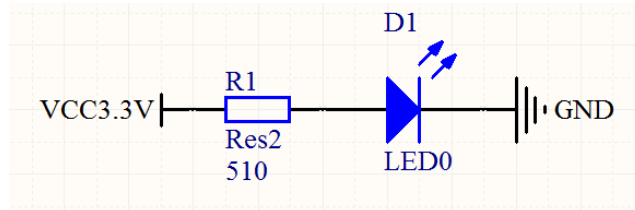


Figure 10. Power indicator lamp circuit diagram

图 10. 电源指示灯电路图

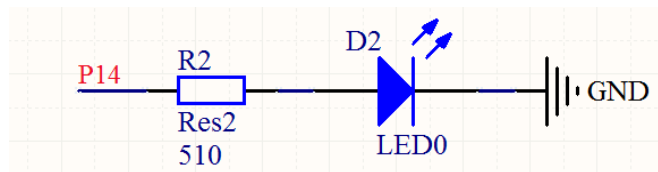


Figure 11. Network indicator lamp circuit diagram

图 11. 组网指示灯电路图

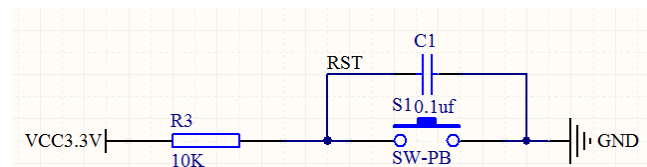


Figure 12. Reset key circuit diagram

图 12. 复位按键电路图

自动手动控制按键电路, LED 灯有两种控制方式, 一是通过光照强度检测控制, 二是通过协调器控制, 次按键用来切换手动控制和自动控制。如图 13 所示。

开关按键电路, 次按键是协调器上的按键, 在协调器切换到手动模式的情况下, 通过协调器上的开关按键控制 LED 灯的亮灭。如图 14 所示。

3.3.6. 程序下载电路

将从 IAR 开发平台开发好的程序, 通过 JTAG 接口写入 ZigBee 的核心板中, 对芯片的内部进行编程, DEBUG_DD 和 DEBUG_DC 是下载程序的引脚。如图 15 所示。

3.3.7. 电压转换电路

在 5 V 转 3.3 V 电路中, 因为 ZigBee 主控需要 3.3 V 工作电压, 由于外部都是 5 V 直流电源供电。此电源模块从外部电源的输出端取 5 V 直流电, 然后通过 AMS1117 线性稳压器, 转变为 ZigBee 主控所需要的 3.3 V 直流电源, 从而 ZigBee 主控正常工作。如图 16 所示。

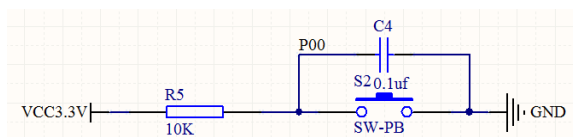


Figure 13. Automatic manual switch button circuit diagram

图 13. 自动手动切换按键电路图

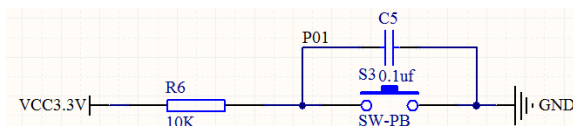


Figure 14. Switch key circuit diagram

图 14. 开关按键电路图

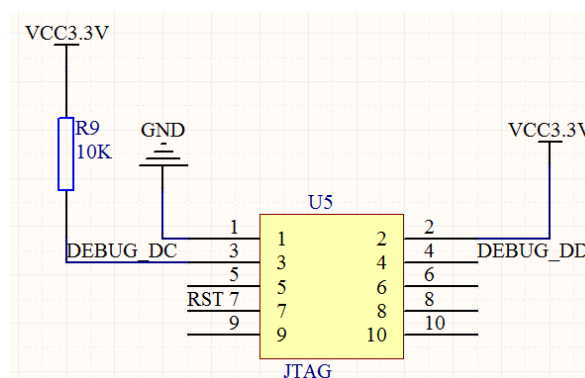


Figure 15. Program download circuit diagram

图 15. 程序下载电路图

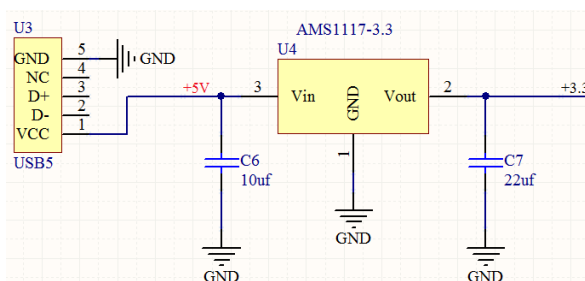


Figure 16. Voltage conversion circuit diagram

图 16. 电压转换电路图

4. 系统测试与结果分析

4.1. 自动模式

将协调器切换为自动模式，光敏模块对外界光照强度进行检测。实验效果如图 17 和图 18 所示。用手或者物体来挡住光照检测终端的光敏模块的光，可以看出 LED 灯泡处于常亮状态，实验效果与预期一致。在协调器上，此 LED 灯在实验中不受任何控制，保持常亮。

4.2. 手动模式

将协调器切换为手动模式，用协调器来控制灯的亮灭。实验效果如图 19 和图 20 所示切换开关实现



Figure 17. Adequate lighting in automatic mode
图 17. 自动模式光照充足

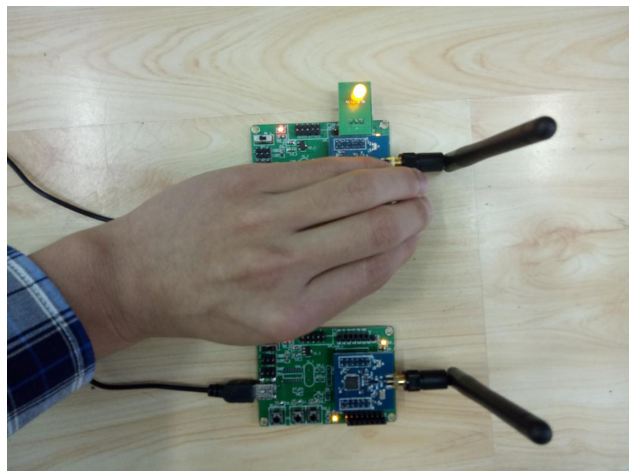


Figure 18. Insufficient lighting in automatic mode
图 18. 自动模式光照不足

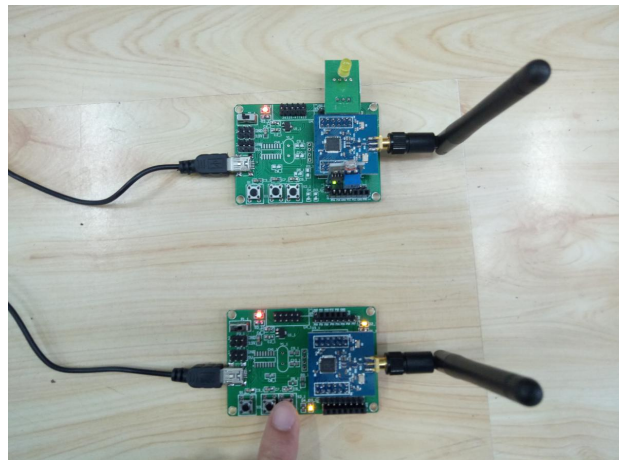


Figure 19. Manual mode switch
图 19. 手动模式关

LED 灯的亮灭, 当用协调器向终端发送开灯指令 LED 灯为常亮状态, 实验效果与预期效果一致。

当协调器向终端发送关灯指令 LED 灯熄灭, 此时用手指遮住光照检测终端的光敏传感器, 可以看出 LED 泡并没有亮, 继续保持熄灭状态, 实验效果与预期一致。如图 21 所示。

5. 小结

在本次基于 ZigBee 的无线照明系统终端控制设计中, 对 ZigBee 技术与 LED 灯的结合运用进行了分析, 将 C 语言程序烧入到 ZigBee 的核心板 CC2530 中。并完成自动和手动两种模式下对 LED 灯的控制。

本次基于 ZigBee 的无线照明系统终端控制设计的工作内容如下:

- 1) 了解当代 LED 灯的发展状况, 分析传统照明系统的缺点, 了解无线通信技术对 LED 灯的用途, 当前主流无线通信技术选用 ZigBee 技术的分析比较, 还有选用 ZigBee 技术作为当前 LED 灯智能化通信原因。
- 2) 学习 ZigBee 核心技术, 建立明确的 LED 灯的总体设计方案, 实现协调器与终端节点具体设计。
- 3) 学习 C 语言程序在 ZigBee 中的应用, 运用 IAR 平台, 写入 ZigBee 电路板软件程序设计和分析解释。

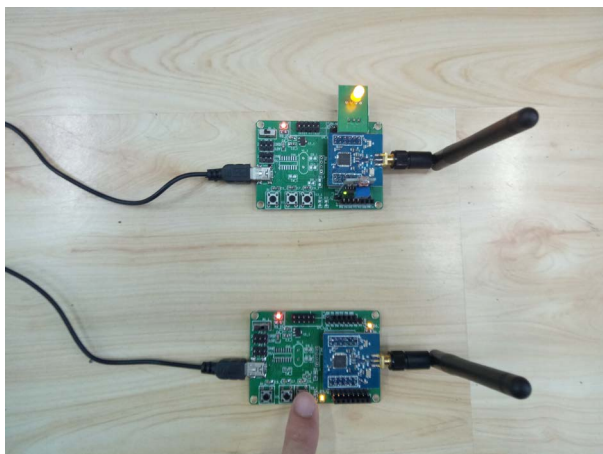


Figure 20. Manual mode open
图 20. 手动模式开

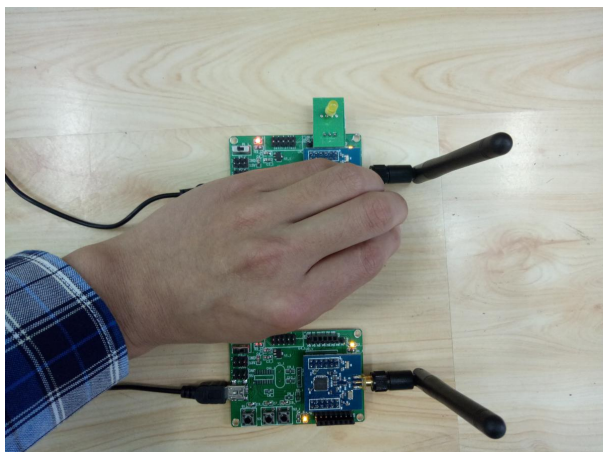


Figure 21. Manual mode
图 21. 手动模式

4) 设计并实现了模拟用于家居现场的智能照明控制的。

基金项目

国家重点研发计划(课题编号: 2017YFC0804406)。

参考文献

- [1] 李长征. 基于 ZigBee 技术的无线传感器网络设计研究[D]. 太原: 中山大学, 2008: 27-44.
- [2] 李鑫. 基于 ZigBee 的无线智能照明系统的研究[D]. 天津: 天津大学, 2010: 4-7.
- [3] 李群芳, 肖看. 单片机原理、接口及应用[M]. 清华大学出版社, 2005(9): 37-41.
- [4] QST 青软实训. ZigBee 技术开发——CC2530 单片机原理及应用[M]. 清华大学出版社, 2015(6).
- [5] 施旭燕. 智能家居自动化技术研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨工程大学, 2002.
- [6] 王建农. AT89C2051 单片机与 MT8880 接口设计[J]. 2005.
- [7] 刘和平. PIC18Fxxx 单片机程序设计及应用[M]. 北京航空航天大学出版社, 2005(2): 23-26.
- [8] 沈红卫. 基于单片机的智能系统设计与实现[M]. 电子工业出版社, 2005(1): 14-21.
- [9] 梁森. 自动检测技术及应用[M]. 机械工业出版社, 2006(1): 32-38.
- [10] 戴佳, 刘博文. 51 单片机 C 语言应用程序设计实例精讲[M]. 电子工业出版社, 2008.
- [11] 许嘉宏. 智能照明系统在现代建筑照明中的应用与研究[J]. 建筑论坛与建筑设计, 2007: 74-77.
- [12] 冼土明, 徐杜, 蒋永平, 等. 基于 ZigBee-GPRS 技术的无线传感网络[M].
- [13] Sahinoglu, Z., Ding, G., Bhargava, B., Orlik, P. and Zhang, J.Y. (2010) Reliable Broadcast in ZigBee Networks. 34-42.
- [14] Fullmer, C.L. and Garcia-Luna-Aceves, J.J. (1995) Floor Acquisition Multiple Access (FAMA) for Packet Radio Networks. *Proc. ACM SIGCOMM'95*, No. 3, 72-85.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8801, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: csa@hanspub.org