

The Design of LED Control System in WiFi Environment

Yan Li, Yuanhong Tang, Wanlin Xie, Fuqiu Ye*, Jing Sun*

College of Physics and Mechanical Engineering, Jishou University, Jishou Hunan
Email: ly537468@163.com, *jsuphyfq@sina.com, *sunjingsd@aliyun.com

Received: Jan. 29th, 2016; accepted: Feb. 13th, 2016; published: Feb. 18th, 2016

Copyright © 2016 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

Abstract

Nowadays, dimmable LED (Light-emitting diode) products still occupy the main position in the domestic lighting market, where the LED intelligent lighting products which are systematized are relatively few. This paper focuses on the disadvantages of traditional lighting technologies such as poor flexibility and single control mode, and proposes a design of LED intelligent lighting control system which is based on WiFi environment. The system consists of smart phone devices, constant-voltage source module, ESP8266 intelligent WiFi module and tri-phosphor LED light. By using an intelligent control software which is developed on the Eclipse platform in Java, the self-running of light and switching setting of the hardware system, with the autonomic conditioning of color and luminance of the tri-phosphor LED light have been realized. The simplicity and flexibility of this system make it possible for both self-control and long-distance control of LED with acceptable stability and feasibility.

Keywords

LED, WiFi, ESP8266, Intelligent Lighting

基于WiFi环境下对LED照明控制的设计

李岩, 唐远鸿, 谢万林, 叶伏秋*, 孙晶*

吉首大学物理与机电工程学院, 湖南 吉首

Email: ly537468@163.com, *jsuphyfq@sina.com, *sunjingsd@aliyun.com

*通讯作者。

收稿日期：2016年1月29日；录用日期：2016年2月13日；发布日期：2016年2月18日

摘要

目前国内照明市场主要停留在LED(Light-emitting diode)可调光产品上，真正进行系统化LED智能照明的产品还比较少，本文针对传统照明技术灵活性差、控制方式单一等缺点，结合当前广泛使用的无线WiFi(Wireless Fidelity)技术和时下流行的LED照明技术，提出设计一种基于WiFi环境下对LED智能照明控制系统。本系统以智能手机终端、恒压电源模块、ESP8266智能WiFi模块和三基色LED灯四部分组成。采用Java语言在Eclipse平台上开发了一款智能控制软件，实现了硬件系统的灯光自启、切景设置和三基色LED灯的颜色和亮度的自主调节。该系统简单灵活，实现了LED灯的自主控制和远程控制，且具有良好的稳定性和可行性。

关键词

LED, WiFi, ESP8266, 智能照明

1. 引言

近年来，随着国内照明水平的不断提升，照明技术的不断进步，智能照明开始出现并逐渐进入人们的日常生活。同时，随着光电子技术、光电检测技术、控制工程信号处理元器件以及新型半导体发光材料的发展，人们对智能照明提出了更高的要求[1]。其中LED照明技术的发展和进步引起了国内外的广泛关注，特别是三基色LED灯的光效和品质等方面取得了重要的突破，加速了LED在智能照明领域的广泛应用。LED具有重量轻、体积小、方向性好、寿命长、节能、动态变幻、抗振、色彩丰富等优点，能够适用于各种复杂、恶劣照明环境，从而使用户感受到良好的舒适性、安全性、方便性和艺术性[2]-[4]。在当代新兴智能照明产业的推动下，社会各界，各个领域有不同的照明需求，智能照明也朝着更加人性化、智能化的趋势发展。如今市面上已经出现许多通过物联网控制LED照明的电子产品，其网络技术较先进，覆盖范围较宽，而WiFi手持终端必然成为潜在的应用模式[5][6]。随着现代光电子的飞速发展，智能照明越来越受到普通民众的广泛关注，将来会有越来越多的人选择智能照明代替传统的照明方式。WiFi技术目前已经趋于成熟，很多人都在使用无线WiFi设备，使得基于WiFi环境下对LED智能照明的实现变得更加方便。本文在物联网基础上对LED照明和WiFi技术做进一步研究拓展，将两者有机的结合在一起，使人们仅仅使用智能手机即可方便快捷的控制LED照明。

本系统的设计方案是：在无线WiFi网络环境下，协同LED灯具组，使用无线控制系统达到灯控节点的照明进行远程遥控、监测，完成各项照明信息的采集，并把收集的相关数据发送到智能手机终端，经过云计算对相关数据进行处理和分析，以实现智能照明系统的远程维护、主动控制、主动问询等功能，从而实现用户能够自主、方便地调节目标LED灯具组的颜色和亮度。

2. 系统总体设计

本文根据WiFi局域网控制的研究现状及相关的應用情况，结合无线WiFi网络、LED照明、通讯和自动化等多项技术，旨在实现LED照明的智能化控制。根据WiFi无线局域网的组网特点及运作方式，建立基于Java语言控制发射的基础WiFi模式局域网环境，并向目标空间进行信号发射并调试，使其发出稳定、良好的信号。基于Eclipse软件开发平台，运用Java语言进行程序编写，开发了一款操作简单、

功能齐全、界面友好的智能手机客户端应用软件，使之能准确、及时地向目标硬件系统发出指令信号。完成对无线通信三基色 LED 灯控节点进行设计，包括 LED 灯控节点的硬件设计、Java 语言控制下 ESP8266 无线 WiFi 模块的工作模式设计以及 LED 灯具组的整体布局合理设计，以确保 LED 照明系统能正常运行。最后对完成的接入点模块以及 LED 灯控节点模块进行功能测试。系统测试包括 LED 照明系统的稳定性以及 LED 灯具组在 WiFi 环境下的智能化调控能力，如亮度、色温的自主控制以及相关模块在系统中的稳定性。

设计系统的总体构架图如图 1 所示。系统采用 220 V 家用电源供电，经变压器变压后，输出 5 V 直流电压，再经过 AMS1117 模块进行降压，使输出 3.3 V 稳定直流电压。以上三个部分构成硬件系统的电源模块，输出的 3.3 V 直流电压不会随电网电压发生明显波动，为 ESP8266 模块和 LED 灯具组的供电提供了良好的保障。系统中的 ESP8266 无线 WiFi 模块是整个控制系统的核心，其作用包括：与智能手机终端进行通信，接受控制信号并返回相关状态信息，根据接受的控制指令，向三基色 LED 灯输出不同的 PWM 波信号，以实现 LED 灯具组的色温、亮度和颜色的控制。当对单个 LED 灯具组进行控制时，ESP8266 可直接与智能手机终端进行通信；当对多套 LED 灯具组进行控制时，需要借助路由器发挥中继作用。系统选用三基色 LED 作为照明的主要器件，可实现不同颜色的任意组合，从而根据用户需要改变亮度和颜色。系统的智能手机终端相当于远程遥控设备，应用软件基于 Android 条件下开发，用 Eclipse 软件进行程序编写，编译完成后生成 .apk 文件，下载至智能手机终端，安装好后即为控制软件。

系统的设计以 ESP8266 模块为灯控节点的主要控制芯片。乐鑫智能互联平台——ESP8266 拥有高性能无线 SOC，给移动平台设计功能嵌入其他系统提供了比较方便的开发平台，它以最低成本提供最大实用性，为 WiFi 的开发平台提供了比较全面的技术资料，并且其产品的稳定性十分优越。ESP8266 具有透传功能，即透明传输功能。Host 通过 art 将数据发给 ESP8266，ESP8266 再通过无线网络将数据传出去；ESP8266 通过无线网络接收到的数据，同理通过 uart 传到 Host，ESP8266 只负责将数据传到目标地址，不对数据进行处理，发送方和接收方的数据内容、长度完全一致，传输过程就好像透明一样；此功能为系统中的无线控制信号的传输提供了良好的保障。ESP8266 的 CPU 内核具有对信息处理的能力，可将接收的控制信号进行及时的翻译和响应，向三个输出端口输出相应的 PWM 波，以实现三基色 LED 灯的控制。同时，ESP8266 还具有监测的功能，通过不断检索当前 PWM 波输出端口的状态，经 CPU 内核处

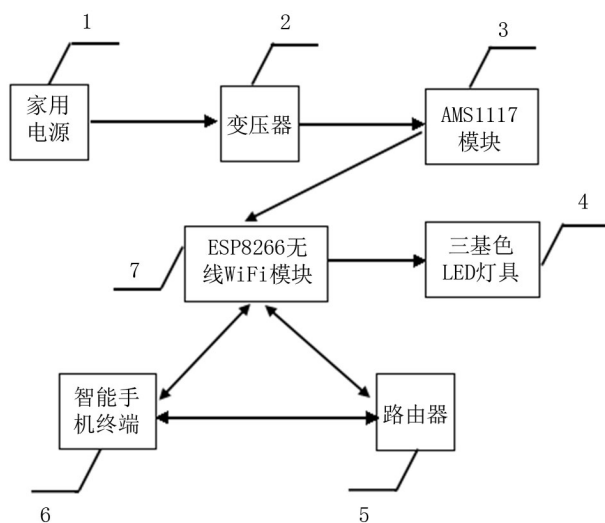


Figure 1. The general framework of the design system
图 1. 设计系统的总体构架图

理后，反向传输信号，向用户反馈当前照明信息，以达到实时监测的目的。

AMS1117 是一个高效线性正向低压降稳压器，用于交换式电源 5 V 至 3.3 V 线性稳压器。本设计系统的供电电源需要稳定的直流 3.3 V 电源，而 AMS1117 是目前较为合适的 5 V 转 3.3 V 的贴片元件。此芯片为本设计系统提供直接稳定电压，即给 ESP8266 模块和三基色 LED 灯提供稳定的电压。

3. 系统硬件设计

3.1. 恒压电源模块设计

在硬件系统所包含的电子电路和设备中，ESP8266 模块和三基色 LED 灯具组都需要稳定的直流电源供电。为了方便用户用家用电源直接给系统供电，所以系统需要一个变压设备，将 220 V 交流电压转为 3.3 V 直流电压。整个恒压电源模块由两部分组成，即变压器和 AMS1117 模块。其中变压器为一个小型 AC-DC 电源模块，即交流 220 V 转直流 5 V 小型开关电源变压器，它将有效值为 220 V、频率为 50 HZ 的单相交流电压转换成有效值为 5 V 的稳定直流输出电压。此款变压模块为高低压隔离型恒压电源，具有温度保护、过流保护及短路全保护，体积小，性能稳定的优点。系统需要稳定的 3.3 V 直流电源作为直接供电电源，而 AMS1117 是一个 5 V 至 3.3 V 高效线性正向低压降稳压器，即交换式电源，是比较合适的一款贴片元件。以上两个原件组成的恒压电源模块为设计系统提供直接稳定电压，即直接给 ESP8266 模块和三基色 LED 灯提供稳定的直流电压。

3.2. 灯控节点设计

本系统的灯控节点是以 ESP8266 为主要控制芯片，ESP8266 具有良好的稳定性，对控制信号的传输和处理都具有良好的时效性和准确性。ESP8266 无线 WiFi 模块是整个控制系统的核心，其作用包括：与智能手机终端进行通信，将由串口接收用户终端发来的指令信息，然后对具体指令内容进行解析并输出相应的 PWM 波为三基色 LED 恒流驱动器使用，以实现 LED 灯具组亮度和色温的自主调节，同时向智能手机终端返回相关状态信息。

为了满足用户对照明颜色、亮度和色温自主调节的要求，系统的照明灯具采用了 10 mm 全彩共阳红绿蓝三基色雾状 LED 发光二极管超亮七彩散光灯。其颜色为 RGB 红绿蓝三色可控多彩，控制参考电压分别为：R(红)：1.8~2.0 V，G(绿)：3.2~3.4 V，B(蓝)：3.2~3.4 V。对于 LED 红、绿、蓝三种小灯珠的发光强度的比例，一般选择为 3(红):6(绿):1(蓝)，可以组合得到白色，用户也可以利用这个特点来任意调节 LED 灯的亮度和色温。因此用户可以根据自己需要调节颜色和亮度，即通过改变封装好的三基色 LED 中的各种颜色小灯珠的电压，从而实现对 LED 光源的亮度和色温的调节[7]。因系统运用的 LED 灯光谱十分灵活，其显色性和辐射光受三颗单色的小灯珠共同影响，所以封装好的三基色 LED 灯，具有良好的稳定性，其发光的亮度和颜色的调节也十分方便。

PWM Dimming (脉宽调制)是三基色 LED 灯最佳的颜色调节方式。通俗地说 PWM 就是控制 LED 开和关的时间比例，将开和关的时间比例划分为若干等级，LED 就会显示出相应数量的灰阶。PWM 频率调节是通过调整打开和关闭 LED 的时间比例实现的，但是开关频率不能太低，最起码要欺骗过眼睛。简而言之，PWM 是对连续模拟信号进行数字编码。通过高分辨率计数器，实现对方波占空比的调制，从而实现对模拟信号的数字编码功能。此时只有两种重复脉冲输出，即高电平为通，低电平为止。当为高电平时，可以看到 LED 灯被点亮，即导通；当为低电平时，可以看到 LED 灯熄灭，即截止。LED 灯在不断交替的导通和截止状态切换，从而实现对单只 LED 灯亮度的调节。由于 PWM 调光负载电流只有满载、空载两种工作状态，所以不会对 LED 的色温、色偏等性能造成干扰。因此，PWM 调光为本设计系统的主要调光方式。

3.3. 硬件系统总体设计

本系统的硬件工作流程如图 2 所示。WiFi 发送模块自组成 WiFi 无线通信网络，智能手机客户端和 ESP8266 无线控制模块都分别加入预设 WiFi 网络，智能终端的相关控制信号经由 WiFi 网络，传送给系统中的所有节点，即每个硬件控制模块。当网络中包含多个硬件控制系统时，则无线控制信号需要通过路由器进行中继转发；当网络中仅包含单个硬件控制系统时，智能终端不需经过路由器便可直接与硬件系统进行通信。当 ESP8266 无线控制模块接收到相应的控制信号时，便会做出响应——灯光控制模块执行对应操作并向智能手机终端反馈状态信息，即向用户反映即时信息。

系统终端主控芯片选用 ESP8266，其主要作用是接受用户控制信号，对三基色 LED 灯具组进行灯光自启、切景设置、颜色和亮度的自主调节，以及向手机终端反馈信息。LED 灯调光方式有很多，如可控硅调光、PWM 调光、调解止向电流调光[8]。每种调光方式都有各自的优缺点，当前应用最广泛的是 PWM 调光，它的调光效果也是最好的，本设计系统的 LED 控制终端使用的便是 PWM 调光方式。不同的控制指令使 ESP8266 的三个 PWM 输出端口输出占空比互不相同的 PWM 波信号，以对三基色 LED 灯具组的三种不同颜色的小灯珠进行亮度调节，从而组合成用户要求颜色和亮度。WiFi 接受模块最终与 CPU 内核连接，实时传送用户控制信号到 CPU 内核，反馈内核信号到用户终端，使数据稳定传输和进行实时监测。控制指令经 CPU 内核处理后，LED 灯控节点便接收到准确的 PWM 信号，以实现三基色 LED 灯具组的色温、亮度和颜色的调节。

4. 系统软件设计

本系统是基于 Android 平台，运用 Eclipse 软件进行的软件设计。Android 是开放源代码的移动通信平台，它主要包括上层的 Java 应用程序、中间层的中间件和底层的 Linux 操作系统，是通过 Java 语言开发的。同时 Android 多样的功能支持以及完善的计算服务使其有能力扩展到手机市场以外，它可以运用于别的应用程序和开发平台，虽然各有差异，但它们之间的数据仍然能同步，而且不会影响到软件之间的兼容性[9]。Java 作为面向对象语言，开发简单并且周期相对较短，可用于开发操作系统、应用程序和用户界面——移动电话工作所需的全部软件，为移动产业的创新和发展提供了一个良好的平台[10]。同时 Java 语言有平台无关性的良好优点，其可植性很好，本系统用 Java 语言开发软件。Eclipse 最先由 IBM 公司投入开发，是基于 Java 的、开放源代码的可扩展集成开发平台。Eclipse 拥有免费、源代码开放、无限的可扩展性等特点，为本系统的软件编写提供了便利的条件。

本系统借助 Eclipse 软件，运用 Java 语言进行控制程序编写，编译完成后可生成一个 .apk 文件，将其下载至手机，可得到一个手机 APP 软件，借助这个软件便能对 ESP8266 模块进行控制。编译后的电脑模拟图如图 3 所示，编译得到的手机主界面，如左侧图所示；模拟解锁后，可看到模拟手机桌面，右图中的右下方红色图标即为所开发控制软件，点击进入后即可进入用户控制界面。

系统的软件设计部分主要是智能手机终端的应用软件设计，具体包括用户控制界面设计和相关控制指令与用户界面的对接。当用户点击相关图标时，手机终端响应相关指令并向外广播控制信号，从而使硬件系统接受的指令为用户目标指令。手机传来的信号可由 ESP8266 独立完成。

5. 系统测试

5.1. 智能手机客户端测试

进入用户控制软件，上电初始化后搜索当前运行硬件设备，发送入网申请信号并输入正确 SSID 和密码，加入成功后开始执行用户控制指令，完成对 LED 灯具色温和亮度的调节，并返回系统当前所处状态数据。用户第一次成功进入该系统后，先搜索目标运行设备，添加的信息将自动保存到数据库中，以后

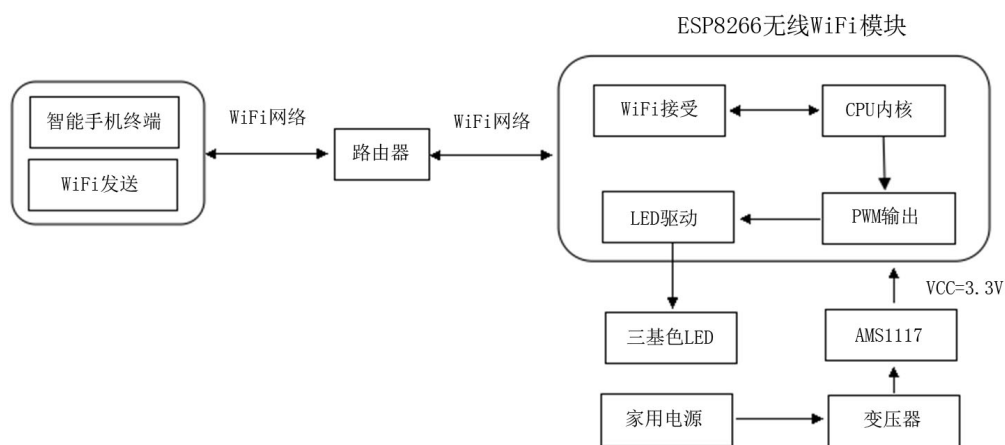


Figure 2. The functional block diagram of system's hardware
图 2. 系统硬件原理框图



Figure 3. The diagram of the computer simulation
图 3. 电脑模拟图

每次进入控制软件，都无需再次输入账号和密码，只要以前记录的硬件系统在线，均可直接进行控制。用户对不需要的单个照明可进行删除；若需添加其他设备，只要输入单个设备的密码即可。

具体软件测试图如图 4 所示。进入软件界面，刷新后看到两台设备正在运行，即最左端控制界面所示。点击进入其中一个设备，能实现对单个设备的控制，拖动频率调节条纹，可控制单个设备所有 LED 灯的亮度，拖动冷白，暖白条纹，可改变 LED 灯的色温；拖动红、绿、蓝条纹，可任意改变 LED 灯的颜色，即中间控制界面所示。单击右上方上田字按钮，可进入大范围颜色调节界面，触摸屏幕至任意位置，即用户所需颜色响应，即最左端控制界面所示。经过上述操作可实现对目标 LED 灯具组颜色、亮度和色温的调节。当用户在智能手机终端进行操作时，手机终端会向目标 WiFi 环境广播控制信号，控制信号在 WiFi 局域网的搭载下，传播到每个灯控节点，根据信号的不同，单个硬件系统会选择性的执行命令。

5.2. 系统整体测试

调试软件成功后接通电源，将 LED 灯具组接入预定 WiFi 网络，可实现对目标灯具组的实时控制，其测试结果如图 5 所示。根据用户的具体指令，ESP8266 模块会对控制信号进行处理，并通过三个端口分别向三种颜色的 LED 灯珠输出 PWM 波，三颗灯珠封装好后实现了混色，图 5 展示了在不同情况下，LED 灯具组的发光效果。



Figure 4. The diagram of software testing
图 4. 软件测试图

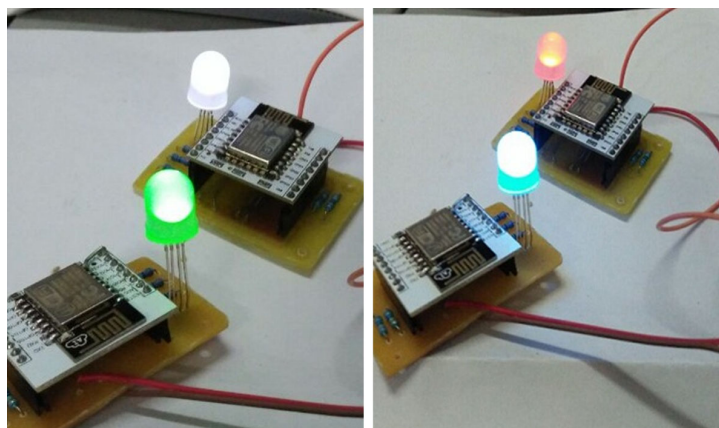


Figure 5. The result of system testing
图 5. 系统测试结果

6. 结论

随着科学技术的进步,越来越多的智能化、自动化和人性化的照明技术进入到人们的生活,智能照明将逐渐替代传统照明而成为一种行业发展新趋势。WiFi 环境下的智能 LED 照明系统作为智能家居系统的一个重要子系统,具有高效节能、管理简单、控制多样、成本较低和容易进入市场的优势。本文对基于 WiFi 环境下 LED 智能照明系统进行研究和设计,主要完成了以下工作:结合 LED 照明、无线 WiFi 网络、通讯和自动化等多项技术,实现 LED 照明的智能化控制,达到 LED 灯具组在 Android 手机客户端的控制下,实现了灯光自启、定时控制、切景设置和灯光亮度、色温的自主调节。

致 谢

感谢吉首大学物理与机电工程学院在项目研究过程提供实验环境和仪器设备,以及项目指导老师叶伏秋老师和孙晶老师在项目过程中的建议与指导,同时感谢陈善荣老师在项目过程中提供的技术支持与指导。

基金项目

2015 年国家级大学生创新创业训练计划项目(201510531005); 2015 年湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划项目(291); 吉首大学 2015 年大学生研究性学习与创新性实验计划项目(58); 2015 年吉首大学校级科研项目本科生专项(15JDX024); 2015 年吉首大学教改课题(2015JSUJGB02)。

参考文献 (References)

- [1] 中国科学技术协会, 主编. 照明科学与技术学科发展报告[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2014: 1-34.
- [2] 刘木清. LED 级其应用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013: 91-97.
- [3] 马卫星. 现代照明设计方法与应用[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2014: 70-100.
- [4] 毛兴武, 张艳雯, 周建军, 祝大卫. 新一代绿色光源 LED 及其应用技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008: 1-20.
- [5] 梁霄霄. 基于 WIFI 的 LED 照明控制系统的研究与实现[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2013: 10-13.
- [6] 柏成祥. 基于 WIFI 的室内 LED 照明系统终端的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2013: 1-10.
- [7] 路秋生. LED 调光的实现与有关问题[J]. 电子质量, 2011(3): 35-38.
- [8] 王永慧, 楼平, 罗友, 秦会斌, 柏成祥. 基于 Android 的室内智能照明系统的设计[J]. 硅谷, 2013(18): 21-23.
- [9] 欧阳零. Android 核心技术与实例详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013: 1-25.
- [10] 幸运伟, 饶一梅, 马素霞. Java 程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001: 1-17.