

LED 智能调光与调光控制

LED Smart Dimming and Dimming Control

路秋生

北京信息职业技术学院 (北京, 100070)

Lu Qiusheng

Beijing Information Technology College (Beijing, 100070)

简介: LED 易于调光控制, 调光控制特性较白炽灯、荧光灯和 HID 灯的调光控制特性好, 调光控制范围宽, 调光工作特性稳定, 调光控制速度快, 节能、易于满足不同照明应用场合要求和易于实现数控调光控制等。而无线调光控制具有使用方便的优点, 受到了用户的欢迎, 得到了很好的应用。

关键词: LED 调光 智能调光 总线技术 通信协议

Abstract: LED has easy dimming control, dimming properties are better than incandescent lamp, the fluorescent lamp and HID lamp. LED's dimming control range wide, dimming properties stable, dimming speed fast, energy saving, can be easy used in varies lighting application place, and easy to realize in digital control etc. The wireless dimming control has easy to use and using simple etc advantages, so the wireless dimming control has got well received by users, got good using results.

Key Words: LED, Dimming, Smart dimming, Bus technology, Communication protocol

中图分类号: TM923 **文献标识码:** A **文章编号:** 1561-0349 (2014) 11-0039-04

1 概述

LED 是继白炽灯、荧光灯和 HID 灯后的一代新型电光源, LED 发光效率高, 易于调光控制, 调光控制范围较白炽灯、荧光灯和 HID 等都要宽, 使用灵活方便, 重要的是调光可以使照明环境更适于人的照明需求, 节能效果明显。而智能调光, 利用现有的网络技术和通信技术, 可以方便地实现调光控制。例如: 利用当今人们广泛使用的 Wi-Fi、蓝牙和 ZigBee 技术, 可以方便地实现 LED 无线调光控制。利用蓝牙技术, 人们可以通过自己的手机实现对 LED 灯具的调光控制, 而 Wi-Fi 也是得到广泛应用的无线通信技术, 在笔记本电脑、手机等通用设备上都有 Wi-Fi 通信控制功能。利用 Wi-Fi、蓝牙和 ZigBee 可以方便的组网, 实现对 LED 照明的智能调光控制。如果要求调光控制范围更宽, 也可以采用如 KNX、CAN 和 LONWORKS 等相关现场总线技术, 来实现对 LED 照明的智能调光控制。

LED 按调光控制方式不同, 可以分为模拟 LED 调光、PWM 调光和数控 LED 调光等多种调光控制方式。LED 数控调光, 利用现有的一些总线控制技术和现有的通信技术 (例如 ZLL、ZigBee、WiFi 和 Bluetooth 等), 可以很方便的实现

LED 调光控制, 世界上一些大照明厂商也推出了有关 LED 无线调光控制产品, 使用方便, 节能效果明显。

在照明领域引入智能控制技术, 可以极大地改善照明调光控制效果。LED 采用智能调光控制技术, 可以很方便地对照明的有关控制效果进行照明效果的预先设定, 可以实现定时开关灯和对一些特殊照明效果的控制。例如, 通过智能照明控制, 可以使照明效果随音乐的变化而变化, 营造特殊的照明效果。

LED 照明调光, 按调光控制信号的连接方式可以分为以下 2 种^[9]:

(1) 调光控制信号和交流电源供电线合用的两线式或三线式 (例如 LED 相控调光) 调光;

(2) 调光控制信号和交流电源供电线分离调光 (例如 0V-10V、DALI、DMX512、KNX 等)。

影响 LED 调光控制特性的因素主要有以下几方面:

(1) LED 驱动控制电路的工作特性;

(2) 调光控制实现方式 (例如相控 LED 调光、线性调光或 PWM 调光等);

(3) 连接在照明电路中的光源数量与光源类型等^{[6][7]}。

在调光控制过程中可能会遇到以下有关问题:

- (1) 音频噪声;
- (2) LED 瞬间发光;
- (3) LED 发光回动;
- (4) 调光器早期失效;
- (5) 调光不灵敏控制区间;
- (6) LED 发光闪烁、鬼影现象;
- (7) 调光性能不能满足要求;
- (8) 调光控制范围不能满足要求;
- (9) 不可预见的调光控制特性曲线等^[8]。

2 常用无线 LED 调光控制方法与特点

2.1 ZigBee

“Zig”的英文含义表示“之字形”，“Zag”的含义表示“急转，急变”，“ZigZag”的含义表示“之字形跳变”，“Bee”表示“蜜蜂”，“ZigBee”一词源自蜜蜂群在发现花粉位置时，通过跳“ZigZag”形舞蹈来相互告知，达到交换信息的目的，即蜜蜂依靠这样的方式构成了群体中的通信网络。ZigBee 早期也被称之为“Home RF Lite”、“PR-Easy Link”或“FireFly”^[5]。

ZigBee 联盟是一个由约 400 家成员企业组成的非营利性开放式协会，共同推动开发创新、可靠、易用的 ZigBee 标准。该联盟致力于在世界各地推广 ZigBee，使其成为用于消费产品、商业和工业领域的领先无线联网、传感和控制标准。

ZigBee 技术相对 Wi-Fi 的优点是功耗低，功耗只有 Wi-Fi 的 1/10，并且 ZigBee 采用的是网状网络 (mesh network)，ZigBee 不只是单点传递信息，而是每一个灯泡都能互相沟通。因此，这样能够靠灯泡来扩大网络范围，减少环境局限与中控的压力。节能与稳定的 ZigBee，是智能家电非常好的解决方案。

2.2 ZigBee Light Link

2007 年年底，ZigBee 联盟发布 ZigBee Pro，2012 年 4 月，ZigBee Light Link 公共应用子集诞生。ZigBee Light Link (ZLL) 是基于 ZigBee Pro 协议的一个专用于支持消费照明的公共应用子集，ZLL 为照明产业提供了一个全球统一的通信标准，以保证互操作性和消费照明产品的易操作性。

由 ZLL 构成的智能照明系统，如图 1 所示。



图 1 由 ZLL (ZigBee Light Link) 构成的智能照明系统

ZLL 是透过单一网路控制不同品牌厂商的照明产品，并

且同时能与多元频段的电脑、智慧型手机和平板电脑连结。

这项标准是由奇异、Greenwave Reality、欧司朗和飞利浦等大厂商共同推出的无线通讯连结标准，以确保所有 ZLL 的灯具都能够互相连结。ZLL 是为下一代照明应用提供易于使用且直觉性的操作介面连结标准。

ZLL 协议灯控制技术具有以下特点：

(1) 易安装：可以集成到现有的产品中，无线布线直接安装；

(2) 支持设备：灯具、灯泡、灯开关 / 调光器、定时装置、遥控器及所有灯光投备；

(3) 易用直观：智能手机、平板电脑现场和互联网远程控制；

(4) 互操作性：ZLL 标准软件规范，标准认证测试，确保所有产品互操作性；

(5) ZigBee 技术：由 ZigBee 联盟提供开放、自由的网络，完全兼容 ZigBee Pro 协议规范，2.4GHz 频段。

2.3 采用 ZigBee Light Link 技术的 LED 智能调光灯

在 LED 智能照明中，采用的无线传输标准有 ZigBee、Wi-Fi 以及蓝牙等，蓝牙 4.0 已经成为目前市面上智能手机的标配，只需在灯具添加低功耗蓝牙调光方式，通过应用软件，终端消费者就可以简单地控制灯光的开关、强弱，实现节能省电的目标。

但是，蓝牙的传输距离较短，且传输通道少，Wi-Fi 的功耗大，并且成本较高，因此对家居照明而言，ZigBee 更具有技术和成本两方面的综合优势。

采用 ZLL 智能调光控制技术的 LED 灯结构，如图 2 所示。可见，需在 LED 驱动电路中再加一个 ZigBee 控制模块，就可以实现 ZLL 智能调光控制功能。采用 ZLL 智能调光控制技术的 LED 智能调光控制系统，工作原理图如图 3 所示^[2]。

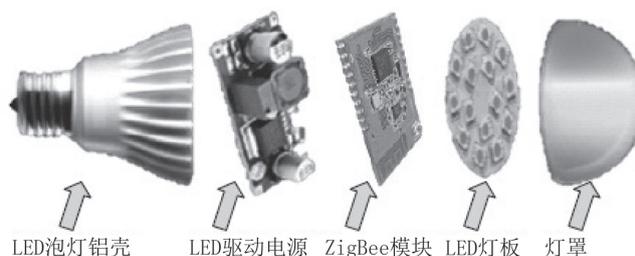


图 2 采用 ZLL 智能调光控制技术的 LED 灯结构

3 采用 Wi-Fi 技术的 LED 智能调光控制

Wi-Fi 技术由于研发门槛低，产品成本低，同时具备相对快的速度，再加上无需网桥直接接入互联网，以及与手机无缝通信的先天优势。但是，Wi-Fi 芯片的尺寸偏大、功耗偏高。

另外，受限於 Wi-Fi 自身的特性，接入方式的接入上限主

要限制于 Wi-Fi 路由器的节点数量（典型值为数 10 个节点），这对那些照明设备众多的用户来说，是个需要认真考虑的因素。

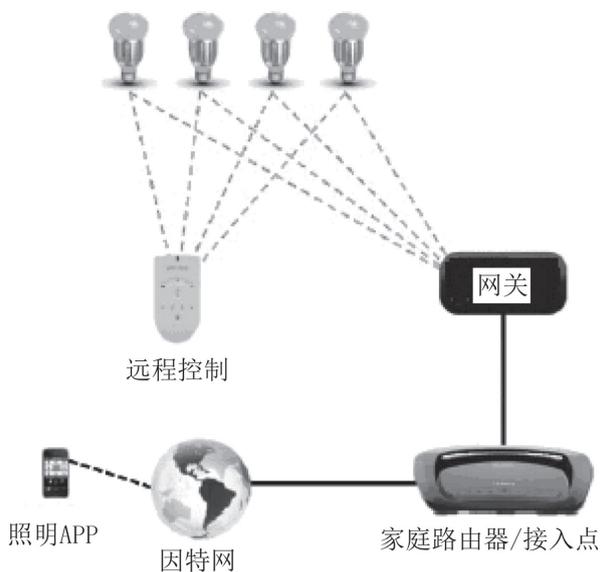


图 3 ZigBee Light Link 灯控方案系统图

例如 LIFX 灯泡，可以通过 Wi-Fi 和智能手机相连并远程控制 LED 灯，LIFX 灯泡可以发出多种颜色，并且节能效果明显。LIFX 安装起来相当方便，像其他灯泡一样转进去就可以了。在 Google Play 或者 App Store 上下载 LIFX 的应用之后，就可以实现在手机上对房间里所有 LIFX 灯泡进行亮度、开关和颜色的控制。还可以让 LIFX 随着音乐的节奏变换，在上下班或者不在家时实现自动开关灯泡。

再如 Philips 推出的智能灯泡 Hue，Hue 的字面意思是“色彩”。Hue 是 Philips 在 2012 年推出的一款智能灯泡。用户通过配套的软件，可以开关灯和调节灯光颜色。每颗 Hue 灯泡内都有红、蓝、黑 3 种颜色的 LED 芯，理论上共可调配出 1600 万种颜色。Philips 预置了多种不同的颜色、亮度方案，用户可以直接选择阅读模式、沙滩模式、日落模式。

使用 Hue 灯泡，用户可以根据不同的场景设置不同的灯光提醒。比如来电时，让 Hue 变个颜色，再也不用担心静音时接不到电话了。另外，Hue 还是一个开放源代码的平台，开发者能够根据自己的需求开发出不同的应用。

据报道，2014 年 4 月 LG 宣布推出一款可以连接 iOS 及 Android 设备的智能灯泡 Smart Bulb。智能灯泡 Smart Bulb 支持蓝牙连接，有相应的 iOS 及 Android app，用户可以通过智能手机来调节智能灯泡 Smart Bulb 的照明效果，还可以根据音乐调整自身的照明效果，或在来电时发出不同颜色的光作为提示信号。

4 采用 Marvell 88EM8189 的 LED 智能调光

驱动控制

4.1 Marvell 88EM8189 的特点

Marvell 88EM8189 是一款采用混合信号驱动架构的单级 AC/DC 恒流、智能 LED 驱动控制器，含一个集成的 I²C 接口。I²C 接口连接到网络微控制器，通过 ZigBee、Wi-Fi、蓝牙、PLC 和其他技术联网提供数字调光控制功能。另外，Marvell 88EM8189 的片上交直流转换器为网络单片机供电，满足能源之星在待机状态下功耗 <500mW（当光线处于关闭状态）的技术要求。

Marvell 88EM8189 调光范围从 1%-100% 完全覆盖，可以提供高效、高功率因数、低谐波 LED 照明应用，先进的调光技术确保深度调光，并兼容现有照明设备。高密度集成电路（ICs）降低了材料清单（BOM）成本，做出的印刷电路板（PCB）小，是一款面向智能无线灯泡的调光控制驱动 IC^[4]。

Marvell 88EM8189 与 Marvell 的 88MZ100 ZigBee 无限个域网单片机配合使用，可以实现二芯片智能调光解决方案。另外，88EM8189 允许向后兼容的壁式相控调光器，实现无发光闪烁的相控调光控制^[3]。

88EM8189 采用创新的相控调光控制算法、初级侧电流检测和控制算法、PWM 控制算法、故障检测控制算法及热管理算法。可用于降压 - 升压（非隔离）或反激（隔离）设计拓扑应用场合。用于反激（隔离）变换的智能调光 Marvell 88EM8189 典型应用电路工作原理图，如图 4 所示。

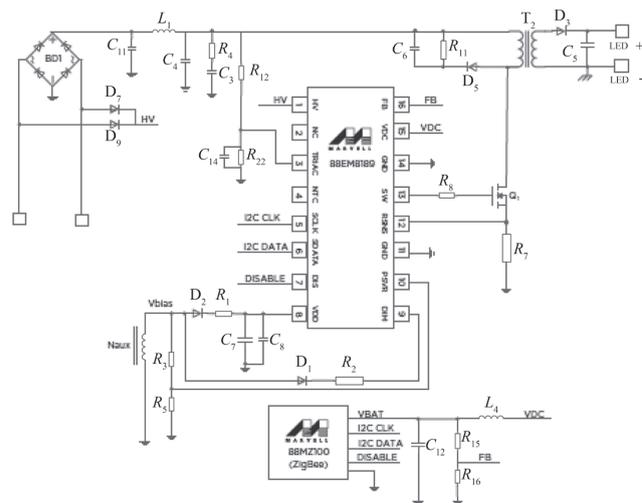


图 4 Marvell 88EM8189 用于反激变换典型应用电路工作原理图

4.2 采用 Marvell 88EM8189 芯片实现 LED 智能调光控制的主要优点

采用 Marvell 88EM8189 芯片实现 LED 智能调光控制的主要优点如下^[1]：

- (1) 单级原边控制的反激式或降压 - 升压型拓扑；

(2) 连接至网络微控制器, 提供集成的 I²C 数字接口, 可以通过 ZigBee、Wi-Fi、蓝牙、电力线通信 (PLC) 以及其他技术提供数字调光控制;

(3) 偏置电源连接至网络微控制器, 提供集成的 AC-DC 转换器;

(4) 关灯时, 满足能源之星功耗要求 (待机时 <500mW);

(5) 与世界各地使用的相控壁式调光器向后兼容;

(6) 采用 88EM8189 加 88MZ100 的双芯片解决方案, 降低了系统用料成本;

(7) 有源功率因数校正, 高功率因数 (> 0.95);

(8) 内置开路保护、短路保护和过热保护控制功能;

(9) 跳脉冲工作模式, 可以降低待机功耗;

(10) 提高了热折返工作可靠性;

(11) 没有调光器阻尼和泄放电路;

(12) 芯片上的高压启动电路省掉了启动电源电路, 使用电路元器件数量少;

(13) 无需使用光电耦合器和二次反馈电路。

5 结束语

由于 LED 智能调光可以充分发挥 LED 照明易于控制和使用方便等优点, 而且 LED 照明易于联网控制, LED 调光不仅可以营造舒适的照明环境, 并且节能。随着物联网技术 (IOT) 的不断完善, LED 智能调光控制的应用范围会不断扩展, 对照明节能、改善照明控制效果有很重要的意义。国外许多厂商都很看好 LED 智能调光技术的推广, 利用现有的蓝牙技术、ZigBee 和 WiFi 技术就能实现 LED 的智能调光控制, 国外厂商也推出了相关解决方案, 值得关注。

参考文献

[1] Marvell 88EM8189 Intelligent LED Controller

for Smart Wireless Light Bulbs-Integrated I2C Interface and Standby Power Supply for Networking Circuit, 2014.03.01

[2] 深圳市信驰达科技有限公司, ZigBee Light Link 智能灯光控制方案, PPT

[3] Marvell 88MZ100 Zigbee SoC Solution for Home Automation and More

[4] Marvell Smart LED Lighting Solutions, Marvell Smart Energy, Smart-LED-Lighting-Solutions-02 1/13

[5] 吴为敬, 照明总线技术发展历程及未来趋势, 华南理工大学, 新世纪 LED 网, PPT

[6] Flicker, U.S. Department of Energy, Energy efficiency & Renewable Energy, Building Technologies Office SOLID-STATE LIGHTING TECHNOLOGY FACT SHEET

[7] Kelly Gordon, PNNL, USA, Lightfair 2014, June 3, 2014, SSL: Early Lessons Learned on the Way to Market, P5

[8] Brian Chemel, Founder & CTO, DoE SSL R&D Workshop, 28 January 2014, PPT, P64

[9] Michael Poplawski and Naomi Miller, Pacific Northwest National Laboratory, Steps for Successful Phase-Cut Dimming of LEDs, Lightfair, 06.03-05, 2014, PPT P4-5

作者简介

路秋生, 1956.08 生, 教授, 主要从事电子技术和电力电子技术的教学和科研工作。

(上接第 26 页)

wave Inverter Family. IEEE PESC' 05 Rec., Brazil, 2005: 650-655

[2] 汤兵勇, 路林吉, 王文杰. 模糊控制理论与应用技术. 北京: 清华大学出版社, 2002(9): 1-54

[3] Ya Lei Sun. Meng Joo Er. Hybrid Fuzzy Control of Robotics systems. Fuzzy Systems, IEEE Transactions. Dec, 2004, 12(6): 755-765

[4] 薛定语, 陈泉阳. 基于 MATLAB / Simulink 的系统仿真技术与应用. 北京: 清华大学出版社, 2002(4): 192-322

[5] 徐昕, 李涛, 伯晓晨等. Matlab 工具箱应用指南——控

制工程篇. 北京: 电子工业出版社, 2000(5)年: 276-312

作者简介

何艳凯 (通讯作者), 1975 年, 男, 学士, 任职于河北汇能欣源电子科技有限公司, 主要研究方向: 开关电源功率变换技术。

孙宏宇, 1980 年, 男, 硕士研究生, 任职于河北汇能欣源电子科技有限公司, 研发工程师, 主要研究方向: 功率变换数字控制技术。