

文章编号:1674-2869(2015)10-0061-06

# 基于综合参数调控的LED智能照明系统

李奇

华中科技大学光学与电子信息学院,湖北 武汉 430074

**摘要:**为了实现照明系统调光的目的性与准确性,提出了一种基于照度检测的LED智能照明控制系统.系统由传感器、LED照明回路、控制面板及逻辑控制器件组成.通过分析实例场景的照明结构与需求,可编程门阵列利用串行I/O口读取照度传感器、人体红外传感器、控制面板、投影仪信号等数据,同时输出脉冲宽度调制调光信号对LED照明回路进行控制,实现以综合参数调控的智能系统功能.在不同的照明环境中,系统可根据具体要求进行灵活调整,实现了对各种LED智能照明场景的多区域准确控制.

**关键词:**LED智能照明;传感器;综合参数调控;多区域控制

**中图分类号:**TU113.6

**文献标识码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2015.10.012

## 0 引言

LED照明具有环保、节能等特性,是新一代绿色照明光源,已得到越来越广泛的应用,而LED智能照明系统已被应用于酒店、办公楼、学校等各种场所,智能照明系统需要根据环境变化进行自适应控制,在人群集中,且长时间工作场所,对视觉行为、视觉舒适、视觉环境有着较高的要求,不合理的照明设计可能会造成健康损伤<sup>[1]</sup>.

目前的智能照明在控制方面还存在独立性与盲目性的不足.在光强、色温、照度调节乃至照明颜色等方面不能根据实际需求实时合理地调控.为了弥补这一不足,本文设计了一种采用照度等多参数检测方案,实时反馈场景的相关联区域照明状态,作出及时判断并调整的新型智能照明系统.在实现各个场景模式智能切换的同时,灯光控制方面也实现了根据具体需求,有目的地准确控制,提高照明系统智能化程度.并以多媒体会议室为例,通过分析光源分布、照明需求,对场景进行照度检测与照明控制,验证了系统的合理性<sup>[2-3]</sup>.

## 1 多参数检测方案设计

根据照明功能要求,确定各区域照明具体参数,通过人体红外传感器以及投影仪信号进行照明模式智能切换,然后通过照度传感器反馈,系统调整控制信号,达到相应照明要求.

### 1.1 照明实例

以多媒体会议室照明为例,会议室长宽分别为9 m和4 m,层高为3.2 m,布置有6个50 W LED泛光灯,单光光源通量为4 000 lm,以及一个30 W LED射灯,安装高度均为3 m,桌面距离地面0.75 m,光源距离桌面2.25 m.多媒体会议室灯光分布如图1所示,照明功率密度为10 W/m<sup>2</sup>,平均照度300 lx,符合国家建筑照明设计标准<sup>[4]</sup>的要求.

多媒体会议室分为4个照明区域,区域I为靠近窗户会场区域,区域II为远离窗户会场区域,均采用泛光灯均匀照明,区域III为演示台区域,采用射灯进行局部照明,区域IV为投影仪区域,不需要照明,但会检测投影仪亮度.在控制的过程中,将对不同区域的照明要求进行区别控制,使各区域均达到各自预想的照明环境.

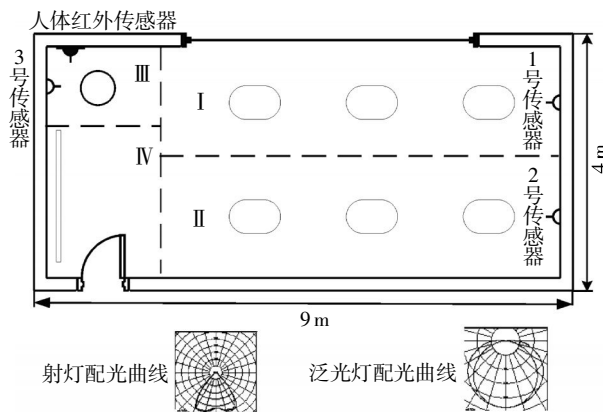


图1 会议室灯光分布图

Fig.1 Light distribution of meeting room

收稿日期:2015-08-25

作者简介:李奇(1991-),男,湖北武汉人,硕士研究生.研究方向:软件工程.

## 1.2 照度检测

照明需求可分为三类:(1)低照度照明. 在演示模式中,会议室应采取低照度照明方式以配合投影仪演示,为了同时满足会议桌上的阅读要求,可设置为最低阅读照度要求为 75 lx. (2)中等照度照明. 在讨论模式中,会议室的亮度应该提高至会议室照度标准值,即 200 lx,以满足讨论、记录等活动的照明需求. (3)高照度照明. 在进退场时,为了方便安排、签到,会议室照度应该尽可能达到最亮,根据照明条件设定为 300 lx<sup>[5]</sup>.

进行室内照明时,应同时计入照明器直射照度与墙面反射照度. 平面的闭合空间,光源 S 与墙面  $A_J$  与工作表面  $A_K$  上微元面  $dA_J$ 、 $dA_K$  所在位置关系如图 2 所示.

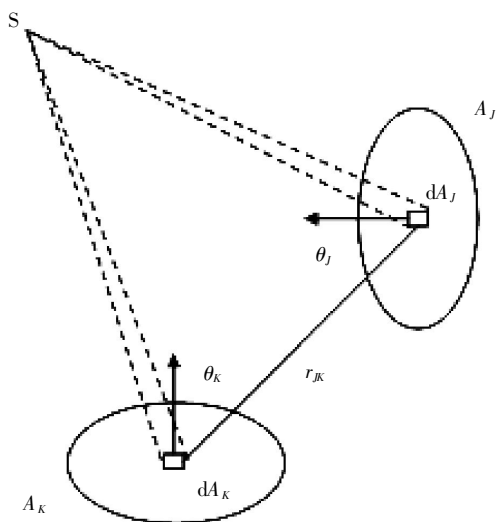


图 2 墙面与工作表面关系示意图

Fig.2 Diagram of metope and work surface

根据照度定义与光传递理论,可推导出当空间内存在人工照明,并且光源位置固定时,任意两点的照度均成比例关系, $A_J$  与  $A_K$  面上照度传递比  $K$  不会随着光源照度的变化而变化<sup>[6]</sup>. 根据这一模型,可以通过照度传感器测量墙面传感器照度变化量  $\Delta E_k$ ,对工作表面照度变化量  $\Delta E_J$  进行推算,然后对 LED 光源进行相应调整,使工作表面照度达到预期值,实现对照明的准确控制. 照度变化推算公式为:

$$K = \frac{E_k}{\eta E_J} = \frac{E_2(r_x^2 + r_y^2)}{\eta(h - 0.75m)^2 E_1} \quad (1)$$

式(1)中: $K$  为理想传递比; $E_k$  为墙壁表面照度, lx;

$E_J$  为工作表面照度, lx;  $\eta$  为误差范围;  $E_1$  为配光曲线  $dA_J$  方向照度, lx;  $E_2$  为配光曲线  $dA_K$  方向照度, lx;  $r_x$  为光源与传感器水平距离, m;  $r_y$  为光源与传感器垂直距离, m;  $h$  为光源安装高度, m.

影响  $K$  值的主要因素为:照度传感器设置高度与相对光源的水平距离.

如图 1 所示,三个照度传感器分别安装在墙上,检测区域 I、II、III 照度变化. 为防止人员对传感器进行干扰,应安装在墙上较高的位置,距离地面 2 m,根据会议室灯光分布图,距离最近光源水平距离 1.2 m. 可取传递比  $K=0.34$ . 根据计算,低照度照明、中等照度照明、高照度照明时照度传感器参考值分别为 25.5 lx、68 lx、102 lx. 因为 10 lx 的变化对人眼并不会明显影响,取误差范围为 10%,得到参考区间分别为 23~28 lx、62~74 lx、92 lx 以上. 在相应模式下,若照度传感器反馈值在参考区间内,便可认为已达到照度要求,无需进一步调控<sup>[7]</sup>.

## 1.3 系统流程

根据一般会议流程,可将照明分为以下几种模式:进退场模式、演示模式、讨论模式、休息模式、关灯模式. 随会议流程安排,操作模式流程如下:

(1)进退场时,通过控制面板开启进退场模式,会议室区域 I、II、III 均为高亮照度模式. 1、2、3 号传感器参考范围为 92 lx 以上.

(2)当投影仪开启并在人体红外传感器检测到人体时,系统通过控制面板自动启动演示模式. 演示模式除了调光模式之外,会有定时限制,时间快结束时会对演示者进行提醒. 区域 I、II 为低照度模式,光照条件可以实现基本阅读,1、2 号传感器参考范围为 23~28 lx,区域 III 为中照度模式,3 号传感器参考范围为 62~74 lx. 当 LED 控制信号为 0 依然达高于照度要求时,电动窗帘关闭. 演示结束后,可通过控制面板切换为讨论模式,也可以在定时结束时自动切换为讨论模式.

(3)讨论时,区域 I、II、III 均为中等照明模式. 1、2、3 号传感器参考范围为 62~74 lx.

(4)当投影仪关闭时,控制面板调整为休息模式. 休息完毕后可通过控制面板开始演示模式. 区域 III 低照度照明,区域 I、II 中等照度模式. 3 号传感器参考范围为 23~28 lx,1、2 号传感器的参考范围为 62~74 lx.

(5)手动切换关灯模式时,所有区域 LED 灯关闭.

系统控制流程图如图 3 所示.

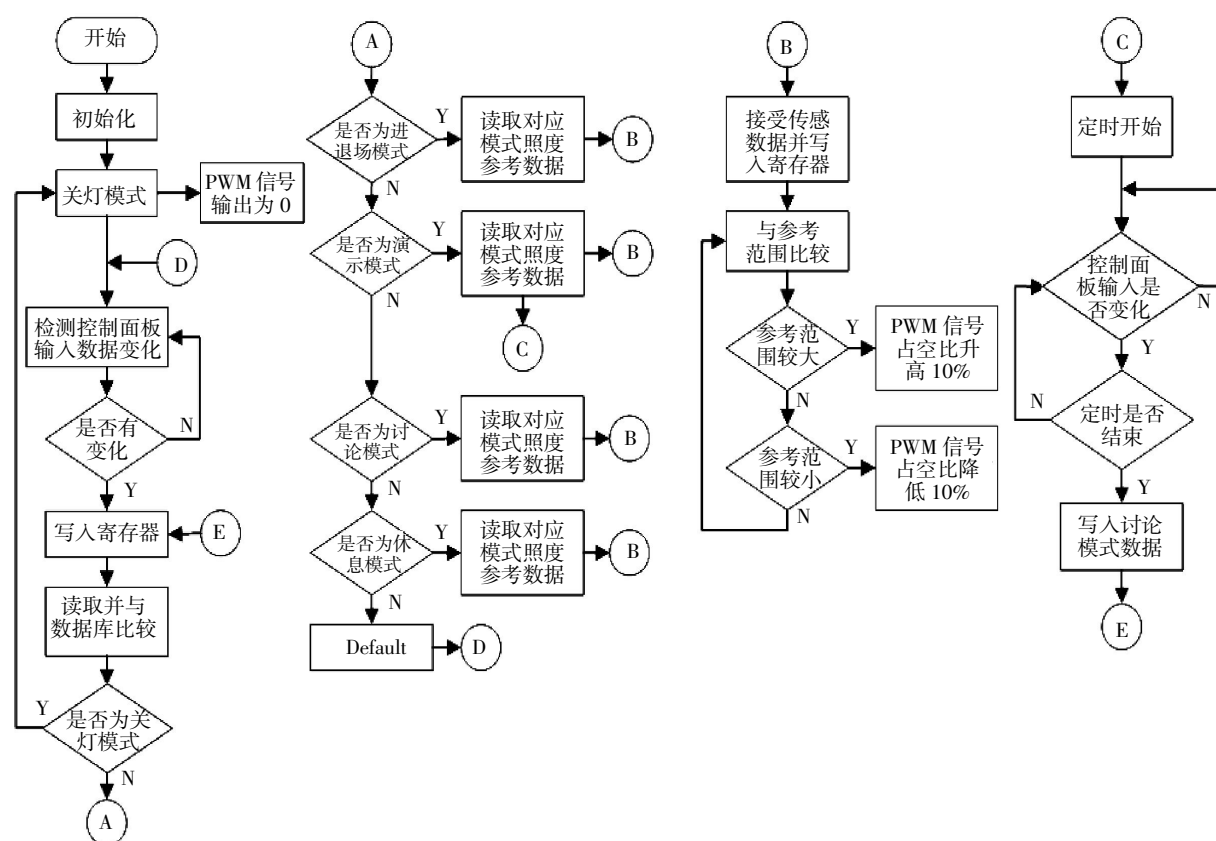


图 3 系统控制流程图

Fig.3 Flow chart of system control

#### 1.4 控制仿真结果

根据系统中各光源位置与亮度关系,利用 DI-ALux 仿真软件,对工作平面照度分布进行了仿真。根据灯具设计参数对照明功率密度与平均照度的推算,进退场时可以满足照度要求,同时关灯模式也不需要对照明进行仿真计算。所以,主要针对演示模式、讨论模式、休息模式进行建模仿真。仿真结果如图 4 所示。

演示模式中,各个工作区域照度如图 4 所示。横纵坐标代表场景长、宽尺寸,色阶深度代表对应照度范围。根据调控区域 I、II、III 的 LED 回路控制信号占空比分别为 20%、20%、70%,平均照度为 75.6 lx、70.2 lx、221.5 lx。讨论模式中,控区域 I、II、III 的 LED 回路控制信号占空比分别为 40%、40%、50%,平均照度为 210.7 lx、194.3 lx、312.3 lx。休息模式中,控区域 I、II、III 的 LED 回路控制信号占空比分别为 60%、60%、10%,平均照度为 256.9 lx、286.7 lx、142.1 lx。在各个模式下,区域 I、II、III 工作表面照度均在误差范围之内。根据仿真结果显示,在各模式下,智能照明控制系统到达了对照场内各区域的照明设计要求。

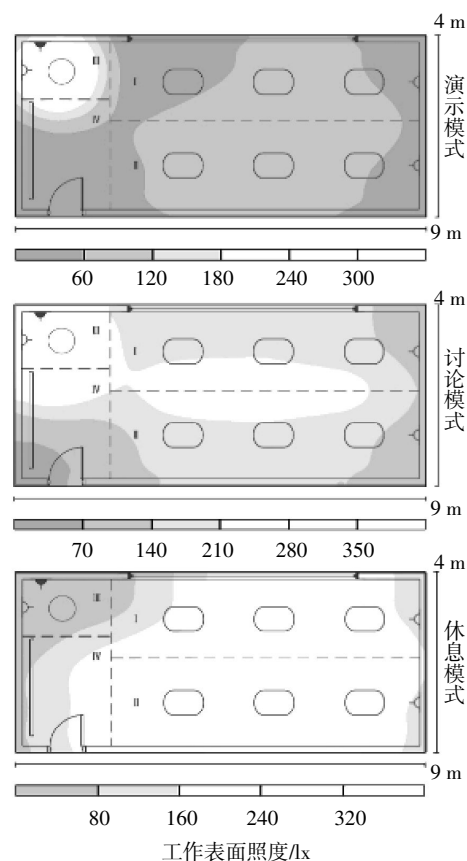


图 4 室内工作面灰阶等照度图

Fig.4 Gray-scale intensity of illumination on work surface

## 2 系统结构

根据多参数调控智能照明系统的要求,照明模式将通过智能方式进行切换,在不同模式下,各个区域的照明程度在照度传感器反馈后进行比较调整.

### 2.1 硬件结构

智能照明系统由逻辑编程器件(FPGA)、控制面板、照度传感器、LED 照明回路组成,系统结构如图 5 所示.

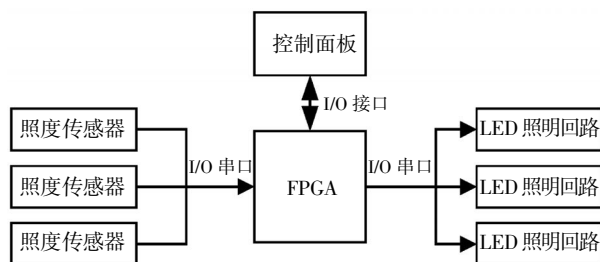


图 5 系统结构

Fig.5 System organization

控制面板主要功能为显示当前模式状态与模式手动切换控制. FPGA 作为系统控制核心部件,综合控制面板指令信号、传感器反馈信号、自身时钟信号对照明模式进行智能切换,并依照模式设定确定各个照明区域应该达到的照度参数范围,同时读取对应照度传感器数据,与期望参数范围进行对比,然后改变控制 LED 照明回路的 PWM 信号,使相应区域达到应有的照明要求.

### 2.2 控制模块

控制模块主要功能为接收控制面板以及传感器信号后,输出对应 PWM 信号对各个区域 LED 照明设备进行控制. FPGA 智能控制模块示意图如图 6 所示.

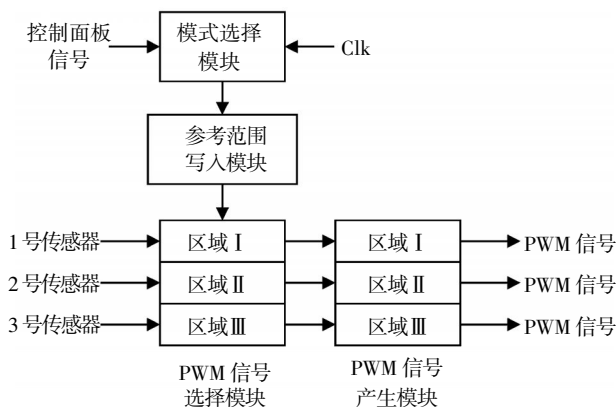


图 6 控制模块示意图

Fig.6 Diagram of control module

把模块封装成为硬件模块电路进行连接,连接方式如图 7 所示.

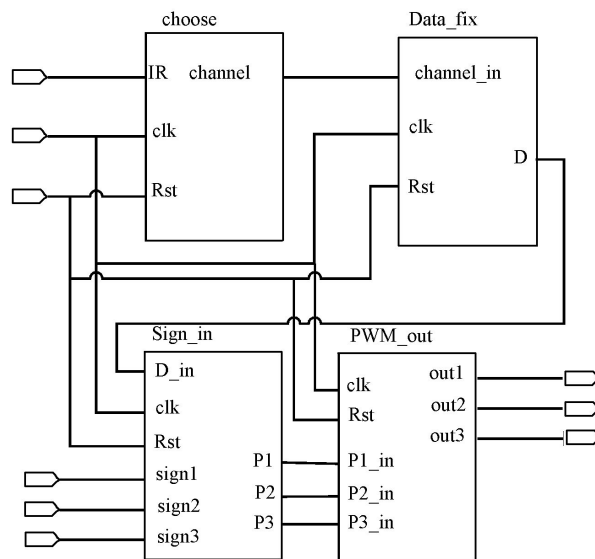


图 7 电路模块连接图

Fig.7 Diagram of circuit module connection

在接收到控制面板的控制信号后,选择调用相应的参考范围模块:

```
begin
  case(Data[23:16])//识别控制面板发出接收信号
    8'b01000101;channel<=2'b000;//选择不同模式
    .....
  default;;endcase
  case(channel)//根据选择模式调用参考范围写入模块
    2'b000;begin D1 <=1'b1;D2 <=1'b0;D3 <=1'b0;end
    .....
  default;;endcase end
```

在确定参考范围后,与照度传感器信号进行对比,如果高于传感器信号,则增加 PWM 占空比输出,如果低于则减少,如果在范围内则不做出调整.

always@ (negedge rst or posedge clk)//时钟上沿触发模块

if(sign>max) pwm<=pwm-1;//高于范围,PWM 占空比减小一档

else if (sign<min) pwm<=pwm+1;//低于范围,PWM 占空比增加一档

根据 PWM 输出指令来调用相对应占空比的 PWM 输出模块

```
PWMout LEDout1(. ...., .pwm(pwm1), .pw-
```

```

mout(ledout1));
    PWMout LEDout2 (. . . . . ,pwm (pwm2) ,.pw-
mout(ledout2));
    //调用 PWM 信号产生模块
    . . . . .

```

### 3 结 语

与原有的智能照明系统相比,设计的 LED 智能照明系统实现了基于照度检测的照明控制,仿真结果理想,并在实际的场景应用中实现了照明要求,得到了良好的照明效果. 对于不同环境的智能控制,该系统可以通过不同环境的 LED 光源分布与照明需求灵活地调整,达到所需的智能照明控制要求.

#### 参考文献:

- [1] 侯加全.智能照明控制系统发展趋势的探讨[J].现代建筑电气,2013(S1):263-266.  
HOU Jia-quan.The discussion of development trend of intelligent lighting control system[J]. Modern construction electrical,2013(S1):263-266.(in Chinese)
- [2] YAO H,LI Z. A smart lighting system in a demo classroom[C]//CIE Central Bureau/Conference Secretariat, China Illuminating Engineering Society.Proceedings of Lighting Quality & Energy Efficiency.CIE Central Bureau/Conference Secretariat,China Illuminating Engineering Society,2012:255-256.
- [3] 代丹, 陈寅生. LED 照明技术应用现状与发展趋势[J]. 建筑电气,2014(12):14-20.  
DAI Dan,CHEN Yan-sheng. LED lighting technology application situation and development trend[J]. Building Electricity,2014(12):14-20.(in Chinese)
- [4] 中华人民共和国建设部.GB5003422004 建筑照明设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2004.  
Promulgated by the PRC Ministry of Construction. GB5003422004 standard for lighting design of buildings [S].Beijing:China Architecture & Building Press,2004. (in Chinese)
- [5] Min -Wook.Lee,Hyun -Ji.Kim,Jang -Hyun.Lim,Hoon. Kim. A Study of Development of Lighting Control System Considering User's Needs in Residential Environment[C]//Planetary Scientific Research Center.Planetary Scientific Research Center Volume 48. Planetary Scientific Research Center,2014:87-90.
- [6] 袁樵. 国际照明委员会照明标准——室内工作场所照明[J]. 照明工程学报,2002(4):55-60.  
YUAN Qiao.The lighting standards of the international commission——illumination lighting of indoor workplaces[J].China Illuminating Engineering Journal,2002 (4):55-60.(in Chinese)
- [7] 周晓伟,蔡建平,郑增威,等. 新型室内照明智能控制系统的研究与实现 [J]. 计算机应用研究,2009(8): 2977-2981.  
ZHOU Xiao-wei,CAI Jian-ping,ZHENG Zen-wei,et al. Research and implementation of novel intelligent indoor light control system,2009(8):2977-2981. (in Chinese)

## Smart luminance system of LED based on comprehensive parameter control

*LI Qi*

School of Optical and Electronic Information, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China

**Abstract:** To improve the accurate and smart control of the luminance system, a smart luminance control system of LED based on luminance measurement was proposed. The system consists of sensors, LED circuits, a control interface and a logic control device. Through analyzing the lighting structure and requirements of scenarios, the logic control device reads inputs from light sensors, infrared sensors of the human body, control interface and projector signal by its serial I/O, and subsequently adjusts the LED power through pulse-width modulation signals to achieve the function of this smart system by comprehensive parameter control. The system can be adjusted flexibly according to the specific requirements in different lighting conditions, realizing the accurate control in the multi-areas

**Keywords:** smart luminance of LED; sensor; comprehensive parameter control; multi-area control

本文编辑:陈小平