

# 客观暗适应检查仪调光系统的设计

## The Light Adjusting System Design of Objective Dark-adapted Examining Instrument

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;

2.中国科学院研究生院;3.长春奥普光电技术股份有限公司) 刘冬梅<sup>1,2,3</sup> 李杰<sup>3</sup> 尹传历<sup>1,2</sup> 马志明<sup>3</sup> 张涛<sup>1,3</sup>

LIU Dong-mei LI Jie YIN Chuan-li MA Zhi-ming ZHANG Tao

**摘要:** 本文针对客观暗适应检查仪的具体指标要求,设计了客观暗适应检查仪的调光系统,设计了硬件电路和软件。该系统以 ATmega64 单片机作为整机监测和控制的核⼼,完成了光强度标定、自适应调光等功能,当光强超出允许范围时,系统将产生报警信号,并在显示器上显示“亮度不正常”,调光控制器通过 PWM 脉宽调制将光强自动调整至正常范围内,保证仪器正常运行。试验结果表明该系统具有稳定性好、抗干扰能力强等特点。

**关键词:** 暗适应; AVR 单片机; 光强标定; 自动调光; PWM 脉宽调制

**中图分类号:** TP272

**文献标识码:** B

**Abstract:** The light adjusting system of objective dark-adapted examining instrument is devised, and hardware circuit and software are put forward to achieve technique demands of the system. ATmega64 single chip computer is the kernel of the whole surveillance and control. It not only detects brightness, but also modulates brightness automatically. When the brightness is beyond permitted range, the instrument will sound the alarm and show “Brightness is abnormal”. To ensure the normal working of the instrument, the chip computer will regulate the brightness to the normal range by pulse width modulation technology. Experiment results prove that it has the characteristics of good stability and strong immunity and etc.

**Key words:** dark-adaptation; AVR Single chip computer; intensity demarcating of light; modulates brightness automatically; pulse width modulation

技术创新

## 1 引言

为满足飞机、轮船、火车、汽车等各类驾驶人员和各种夜间作业人员夜间视觉功能检查的需要,保障夜间作业的安全,设计了客观暗适应检查仪,它是集光、机、电于一体的新型仪器,适用于眼科疾病、维生素 A 缺乏等各种原因所致夜盲症检查诊断,是临床疾病检查与诊断、教学与科研不可缺少的检查设备。在系统整体设计中,调光系统的设计尤为重要,这是因为仪器照明强度的变化将对测试结果的准确性产生重大的影响。本文采用 ATmega64 单片机作为核⼼控制器,在监测照明强度同时,完成了光强标定、自动调光等功能。

## 2 客观暗适应原理

进入测试环境后,首先进行明适应,即被检测者接受明灯直接照射 2 分钟,待明灯熄灭后,使一个随机方向的箭头出现在人的视野范围内,此时暗适应开始,暗灯打开,调光后光线经滤光片将视标盘照亮,被检者观察箭头方向推杆作答,为了保证测试的准确性,对调光稳定性要求较高。

## 3 系统的硬件构成及功能设计

### 3.1 控制单元

本文利用 ATmega64 单片机作为控制单元的核心。ATmega64 是一款基于增强的 AVR RISC 结构的低功耗、高性能的 8 位 CMOS 微处理器,具有非易失程序、数据存储器和 10 位精度的 A/D。由于它具有先进的指令集以及单时钟周期指令执行时间,ATmega64 的数据吞吐率高达 1MIPS/MHz,是普通的 CISC 微控制器的 10 倍,从而可以缓解系统在功耗和处理速度之间

的矛盾。ATmega64 包含 2K 字节的 EEPROM 数据存储单元,它作为一个独立的数据空间,可以按字节读写。

ATmega64 单片机作为核⼼控制器,在监测照明强度同时,完成了光强标定、自动调光等功能。控制单元监测照明强度,并根据处理结果通过液晶显示器实时显示亮度状态,当亮度不正常时,仪器停止其他一切操作,进行自适应调光。调光系统的前端亮度检测由两个光电二极管承担,分别检测明适应灯和暗适应灯的亮度,并输出与亮度成正比的电信号,此信号放大后作为明灯和暗灯检光比较单元的输入,比较单元输出 0 或 1 数字信号给单片机,当单片机接收的数据为 0 时,表示亮度在正常范围内,单片机控制液晶显示器显示“亮度正常”,否则在液晶显示器上显示“亮度不正常”,单片机启动调光进程,对调光后得到的定时器常数进行非易失性存储。系统结构原理图如图 1 所示:

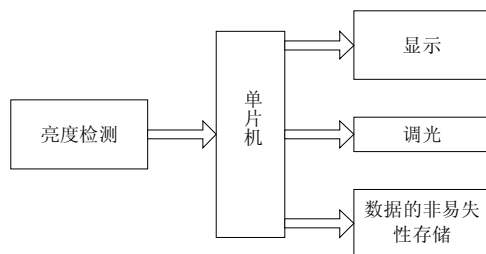


图 1 系统结构原理图

### 3.2 亮度检测单元

#### 3.2.1 亮度检测器件的选取

光电传感器是各种光电检测系统中实现光电转换的关键元件,其输出电信号大小与透过光的强度成正比,光电式传感

刘冬梅:博士研究生

器具具有非接触、响应快、性能可靠等特点。常用的光电传感器有光电池、光电二极管及光电倍增管等,它们都是基于光电效应原理制成的,对光电传感器要求是:光电转换有恒定的函数关系,响应灵敏度要高,速度要快,噪声低,稳定性高,产生的电信号易于检测放大等。

### 3.2.2 光电池和光敏二极管特性对比

光电池具有不需要外接电源,不需要放大装置而直接测量电流的优点,其不足之处是由于内阻小,不能用一般的直流放大器放大,因而不适于较微弱光的测量,光电池受光照持续时间太久或受强光照射会产生疲劳现象,失去正常的响应,因此一般不能连续使用2个小时以上;与光电池相比,光敏二极管具有灵敏度高、光敏范围广和不易疲劳的特点。光敏二极管在受到光照时,会产生一个与照度成正比的小电流,因此是很好的光电传感器,由于其短路电流在6~9个数量级的光强范围内呈理想线性变化,因此常被用作绝对光强的测量。本系统选用HPD711,它具有灵敏度高,响应时间快,暗电流低,线性度好,功耗小,可靠性高,性能稳定,使用寿命长等优点。

### 3.2.3 光敏二极管前置放大电路设计

调光系统中两个光敏二极管实现前端亮度检测功能,将光敏二极管电流转换为可用电压的简便方法,是用一个运算放大器作为电流-电压转换器(如图2所示)。许多常用传感器的输出阻抗超过几兆欧,因此,其相应的信号调理电路必须仔细设计,以满足低偏置电流、低噪声和高增益的要求。二极管偏置由运算放大器的虚地维持在零电压,短路电流即被转换为电压。在最高灵敏度时,放大器必须能检测30pA的二极管电流。这意味着反馈电阻必须非常大,而放大器偏置电流必须极小。因为无穷大的电阻是不切实际的,所以最高灵敏度情况使用1000MΩ的反馈电阻。对于更大的光强值,必须使用较小的反馈电阻来降低电路增益。实际调试过程中,在图2中电阻R两端并联了一个滤除电容,取得了满意的结果。

### 3.2.4 检光电路的设计

检光电路由放大环节和比较环节两部分组成,检光电路原理图如图2所示,要精确测量数10pA范围的光敏二极管电流,运算放大器的偏置电流不应大于数皮安,为使失调电压和失调电压漂移减至最小,选择AD795作为光敏二极管前置放大器,与传统放大电路相比,此方法具有转换准确、速度快、可靠性高等特点,整个电路应当用接地金属屏进行良好屏蔽,减小噪声干扰,增强电磁兼容性。

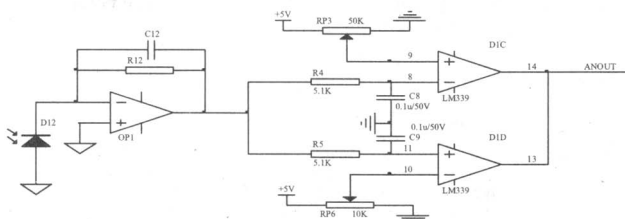


图2 检光电路原理图

## 3.3 PWM 控制信号输出模块

### 3.3.1 PWM 脉宽调制

脉冲宽度调制(PWM)技术是靠改变脉冲宽度来控制输出电压,通过改变周期来控制其输出频率。这样,使调压和调频两个作用配合一致,且与中间直流环节无关,因而加快了调节速度,改善了动态性能。PWM 脉宽调制抗噪声能力强,能有效抑制谐波的影响。

使用高分辨率计数器,调制方波的占空比,对一个具体模拟信号的电平进行编码。PWM 信号仍然是数字的,因为在给定的任何时刻,满幅值的直流供电要么完全有(ON),要么完全无(OFF)。电压或电流源是以一种通(ON)或断(OFF)的重复脉冲序列被加到模拟负载上去的。本文中主控制器有两路8位PWM输出,可同时对两个光源的亮度进行控制。

### 3.3.2 快速 PWM 模式

快速 PWM 模式可用来产生高频的 PWM 波形,它与其他 PWM 模式的不同之处是它采用单边斜坡工作方式。计数器从 BOTTOM 计到 MAX,然后立即回到 BOTTOM 重新开始。快速 PWM 模式的工作频率比使用双斜坡的相位修正 PWM 模式高一倍,这种高频率特性使得快速 PWM 模式十分适合于功率调节,整流和 DAC 的应用。高频可以减小外部元器件(电感,电容)的物理尺寸,从而降低系统成本。本文中采用反相比较输出模式,输出比较引脚 OC2 在 TCNT2 与 OCR2 匹配时置位,在 BOTTOM 时清零。输出的 PWM 频率可以通过下式计算得到:

$$f_{OCnPWM} = \frac{f_{clk\_I/O}}{N \cdot 256}$$

这里变量 N 代表分频因子,可取 1、8、64、256 或 1024。调光电路原理图如图3所示,为了防止电流突变,在灯与场效应管间串联一个电感,使灯免受冲击,延长灯的寿命。调节可控硅的导通角的传统调光方法,发热元件需加散热片,导致调光系统体积大,在工作电压变化时,灯的亮度不稳定,对于亮度要求较精的客观暗适应检查仪不适用。本文采用的方法体积小、效率高、使用方便,灯的亮度稳定,能够满足实际应用的要求。

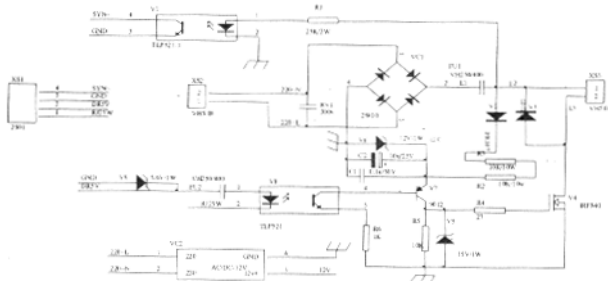


图3 调光电路原理图

## 4 软件设计

软件设计根据系统任务可分为如下几个部分:

1) 系统初始化:初始化堆栈,对缓冲区清零,初始化定时器 0 和定时器 2 的控制字,确定其工作方式和初始计数值,对显示器清零,确定读键码方式,初始化外部中断 INT0、INT1 和 EEPROM。

2) 亮度标定:调节检光单元中的电位器的阻值使亮度传感器的输出在一定范围内。

3) 光强调节:在接收到上位机的检光指令时,读取光电传感器值,亮度正常则进入下一进程,亮度不正常则提示“亮度不正常”,并启动调光进程。明灯调光由外部中断实现,首先将交流输入 220V 全波整流成直流 100Hz 信号,然后将过零检测信号作为调节亮度控制信号的同步信号,同步单片机本身 PWM 信号调节亮度。单片机的一个 I/O 口检测信号过零点产生外部中断,外部中断发生时计数器 T2 开始计数,采用快速 PWM 模式,比较匹配发生时 OC2 置位,计数到 TOP 时 OC2 清零,通过调节 OCR2 的值,使明灯亮度处于 640cd/m<sup>2</sup> ±64 亮度范围内。暗灯调光由上位机和下位机联合控制,上位机发出调光指令,

下位机即刻动作生成脉宽比变化的 PWM 波,当暗灯的光线经过减光片后的亮度从亮到暗或从暗到亮满足  $0.64 \pm 0.064 \text{cd/m}^2$  时,分别存储两次的调光结果,通过一定的算法对其加权取平均值作为实际应用的 OCR0 值。工作流程如图 4 所示:

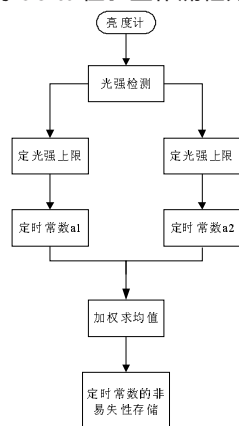


图4 调光工作流程图

4)数据存储:在 EEPROM 内存储机器号、调光结果,并将 3)中得到 OCR0 的加权平均值存储在 EEPROM 中,便于系统软件维护。注意在 CPU 写 Flash 存储器时不能对 EEPROM 进行编程,启动 EEPROM 写操作前必须检查 Flash 写操作是否完成。在使用 EEPROM 存储数据时应注意若电源电压过低,会造成 EEPROM 数据的损坏。

5)软件滤波:本文采用中位值平均滤波法对采集的光强数据进行处理,滤除随机信号的干扰。即连续采集  $N$  个数据,去掉一个最大值和一个最小值,然后计算  $N-2$  个数据的算术平均值,将此平均值作为调光的根本依据, $N$  值选择范围为 6~12。

## 5 结论

本系统在光强标定、检光和调光过程中具有良好的一致性,并且亮度稳定,较好的克服了外界干扰对系统的影响,在客观暗适应检查仪中已成功应用。

本文作者创新点:本文完成了光强标定、检光和调光三个重要过程,由于调光结果的好坏直接关系到测试结果的准确度,严重影响其在工程中的应用,所以本文采用中位值平均滤波算法对采集的光强数据进行处理,并采用 PWM 脉宽调制技术实施调光,保证仪器正常运行。

### 参考文献

- [1] 刘广莉,吴家龙,王桂清等.新型电脑暗适应客观检查仪的研制[J].医疗卫生装备.2004.1:60.
- [2] 张春峰,邹新杰等.基于 ATmega 16 的智能控制器的开发研制[J].微计算机信息.2007.3-2:124-126.
- [3] 张希林等.基于 AVR 单片机的 SPWM 变频调速控制策略[J].微计算机信息.2003.19-10:124-126.
- [4] 陈国呈.PWM 变频调速技术[M].机械工业出版社.1999.
- [5] 耿德根等.AVR 高速嵌入式单片机原理及应用[M].北京航空航天大学出版社.2001.
- [6] ATMEL 公司 ATmega64 芯片资料手册

作者简介:刘冬梅(1980.1-),女(汉族),吉林农安人,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所博士研究生,主要研究方向为自动控制、工业自动化等;张涛(1965-),男(汉族),吉林长春人,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所博士生导师,研究员,主要研究方向为激光主动成像技术。

**Biography:** LIU Dong-me (1980.1-), Female (han), Ji-lin

Province Nong-an country, Ph.D student of Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences. Research area is autocontrol and industry automatization.

(130031 长春中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)

刘冬梅 尹传历 张涛

(100039 北京 中国科学院研究生院) 刘冬梅 尹传历

(130031 长春 长春奥普光电技术股份有限公司) 刘冬梅 李杰

马志明 张涛

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130031) LIU Dong-me YIN Chuan-li ZHANG Tao

(Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039) LIU Dong-me YIN Chuan-li

(Changchun UP Optotech Co.,Ltd,Changchun 130031)

LIU Dong-me LI Jie MA Zhi-ming ZHANG Tao

通讯地址:(130031 长春市营口路 18 号长春奥普光电技术股份有限公司) 刘冬梅

(收稿日期:2008.12.23)(修稿日期:2009.01.25)

(上接第 75 页)

### 参考文献

- [1] 石博强等编.LabVIEW 6.1 编程技术实用教程[M].中国铁道出版社.2002.1:149-154
- [2] National Instruments Corporation. Using External Code in LabVIEW[M].2000.18-27
- [3] 肖金壮等.基于 LabVIEW 的单片机温度测控系统设计[J].微计算机信息.2007.10-2:71-73
- [4] 张新亮等.LabVIEW 驱动一般多功能接口卡的研究[J].仪器仪表学报.2000(3):290-292
- [5] 杨忠仁等.基于 LabVIEW 数据采集系统[J].重庆大学学报.2004(2):32-35
- [6] 戴琪华等.基于 LabVIEW 的通用图象采集系统[J].自动化仪表.2001(10):32-33

作者简介:刘春雨(1976-),男,讲师,硕士,主要从事核动力设备方面的研究工作。韩伟实(1949-),男,教授,博士生导师,主要从事核动力设备方面的研究工作。

**Biography:** LIU Chun-yu(1976-),Male, prelector, master, engaged in nuclear-powered equipment.

(150001 哈尔滨 哈尔滨工程大学核科学与技术学院) 刘春雨

(College of Nuclear Science and Technology, Harbin Engineering University, Harbin, 150001, China) LIU Chun-yu

通讯地址:(150001 哈尔滨市南通大街 145 号 哈尔滨工程大学核科学与技术学院) 刘春雨

(收稿日期:2008.12.23)(修稿日期:2009.01.25)

## 书 讯

《现场总线技术应用 200 例》  
55 元 / 本 (免邮资) 汇至

《PLC 应用 200 例》  
110 元 / 本 (免邮资) 汇至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室  
微计算机信息 邮编:100081  
电话:010-62132436 010-62192616(T/F)