

# 基于光敏电阻的简易照度计的设计与实现

翁健行<sup>1</sup> 刘卫玲<sup>2</sup> 常晓明<sup>2</sup>

(1. 太原理工大学电气与动力工程学院 太原 030024; 2. 太原理工大学计算机科学与技术学院 太原 030024)

**摘要:** 在某智能化家居、车间项目开发过程中,不少情况下需要对光照强度进行检测,而市售的照度计或光照传感模块成本及体积在许多场合下均难以适用。设计采用低廉的光敏电阻,由两只紧密结合的光敏电阻同点取光,输出的光照信号经仪表放大器 AD623 放大后进行采集,如此获得的光照强度再与照度计显示的值进行误差比对。实验证明,设计的简易照度计具有较好的系统线性度和准确度,做到了低成本、小体积,大大减小了电路构成的复杂度。

**关键词:** 光照强度;光敏电阻;线性度

**中图分类号:** TP212.9 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.4010

## Design and realization of simple illumination meter based on photosensitive resistance

Weng Jiankan<sup>1</sup> Liu Weiling<sup>2</sup> Chang Xiaoming<sup>2</sup>

(1. College of Electrical and Power Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;  
2. College of Computer Science and Technology, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** In the development process of intelligent household and workshop project, light intensity need to be detected in many cases. Considering the factors of cost and volume, both illuminometers and the light sensor modules sold on the market can hardly be applied to many occasions. In this paper two cheap photosensitive resistances are used for collecting light source at the same point, and the output after amplification of AD623 is acquired by MCU. By comparing measured values with the actual, the system has a good linearity and accuracy, and can achieve low cost and little volume. Moreover, the complexity of the circuit structure is reduced greatly through adopting a reasonable circuit design.

**Keywords:** light intensity; photosensitive resistance; linearity

## 0 引言

照度计是进行照度测量的专用仪器,在其设计与使用中,光检测器是十分关键的。目前市售的光检测器的敏感元件通常为硅光电池,为校正入射光在接收器表面因反射所产生的误差,需使用特殊的滤光片对入射光进行修正<sup>[1]</sup>,这就使得照度计的设计与构成复杂、体积较大且可靠性不高,出现问题后排查困难,故难以适用于某智能化的家居、车间项目开发过程中多点光照强度的准确检测<sup>[2]</sup>。而本文提出的电路设计方法,通过采用成本低廉的光敏电阻,可使其达到较好的系统线性度<sup>[3]</sup>,在低成本下获得了良好的精度。本文介绍对光敏电阻光照特性的测量,分析光敏电阻的光照特性,讨论其线性补偿方法,并运用 AD623 单电源仪表放大器<sup>[4]</sup>构建信号放大电路,实现了一种基于光敏电阻的简易照度计。

## 1 系统构建

### 1.1 系统设计

设计的照度计由光电传感器(光敏电阻)、仪表放大器、微处理器和显示单元组成,系统构成如图 1 所示。

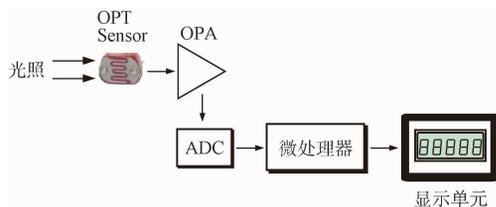


图 1 简易照度计系统构成

图 1 中,光照信号由传感器 OPT Sensor 获取之后通过仪表放大器 OPA 将其进行放大,然后再将其送入模数转换

器 ADC,最后由微处理器采集处理并由显示模块显示光照值。

### 1.2 传感部件的选定

常见的光敏元件有光敏二极管、光敏电阻等。光敏电阻属半导体光敏器件,除具有灵敏度高、所测光强范围宽和光谱响应范围广等优点外,还有偏置电压低,无极性之分等特点<sup>[5]</sup>。故本系统选用光敏电阻作为光传感器,其实物如图 2 所示。

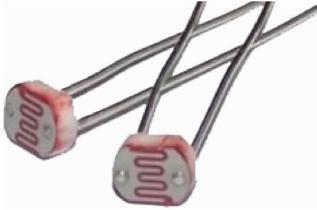


图 2 光敏电阻

## 2 光敏电阻的基础特性分析

### 2.1 测试环境构建

为测定光敏电阻的光照特性,构建一可调的平行光作为光源。测量系统如图 3 所示。

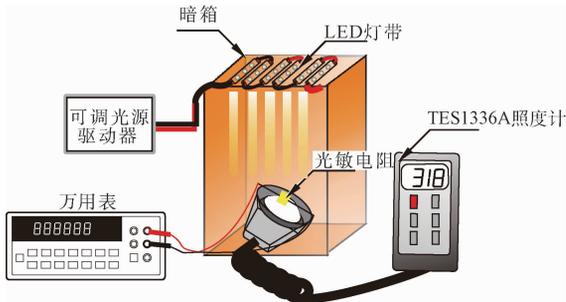


图 3 光照特性测量系统

图 3 中,暗箱为测试提供一个密闭不透光的环境,将光敏电阻与照度计的光检测器放置在暗箱中同一受光点,万用表和照度计分别测量光敏电阻的阻值和光照强度<sup>[6]</sup>。可调光源驱动器为 LED 灯带提供可调的直流电流,产生可变光源<sup>[7]</sup>。

### 2.2 光照特性实验

所构建的测试场景如图 4 所示。

在测试过程中,通过逐渐改变 LED 灯带的电流来调节光照强度,并分别测出光敏电阻的阻值和光照强度。测试结果如图 5 所示。

将图 5 予以拟合<sup>[8]</sup>,可得光敏电阻的阻值  $R_p$  与照度  $E$  的关系,如式(1)所示。

$$R_p = 28 \times E^{-0.459} \text{ k}\Omega \quad (1)$$

为得到与光照强度  $E$  成接近线性的电压输出,试构建电路,如图 6 所示。

若以图 6 的  $U_o$  作为输出,则有:

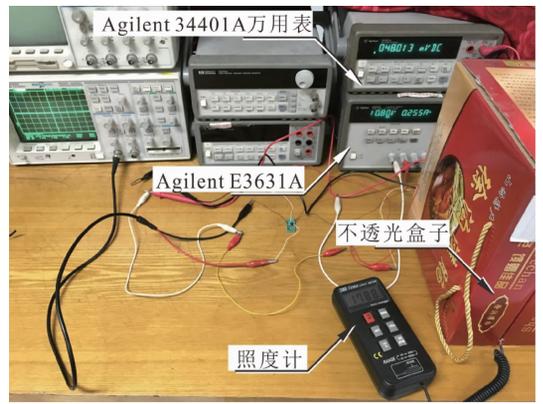


图 4 光照特性测试场景

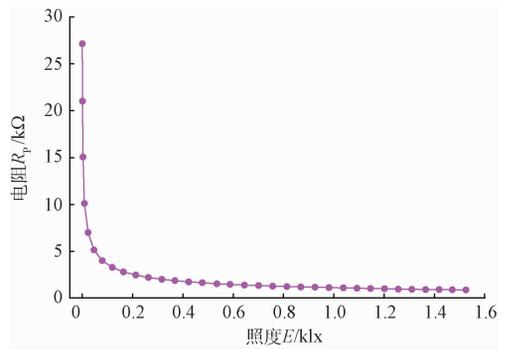


图 5 光敏电阻与光照强度的关系

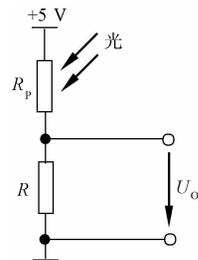


图 6 串联电路的等效电路

$$U_o = \frac{R \times 5}{R + R_p} \text{ V} \quad (2)$$

由式(2)可知,当满足  $R_p \gg R$  时,有:

$$U_o \approx \frac{5}{R_p} \times R \text{ V} \quad (3)$$

再将式(1)代入式(3),整理后有:

$$U_o \approx 178 \times R \times E^{0.459} \text{ mV} \quad (4)$$

由上述可知, $R$  取值越小,在一定范围内曲线的线性相关性会越好,从而线性度更理想<sup>[9]</sup>。经仿真与多次实验,取  $R=10 \Omega$ ,测得的曲线如图 7 所示。

用最小二乘法对实测曲线进行分段线性拟合<sup>[10-11]</sup>,如图 8 所示。

图中  $K$  为拟合曲线的斜率,拟合所得的关系如下:

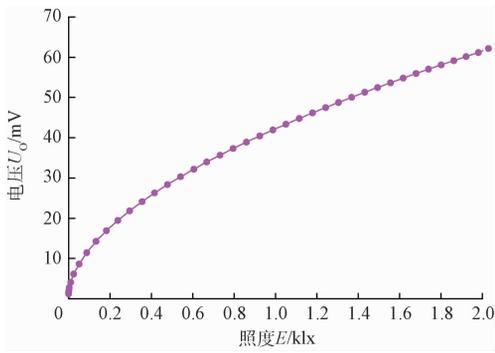


图 7  $U_O$ - $E$  实测曲线

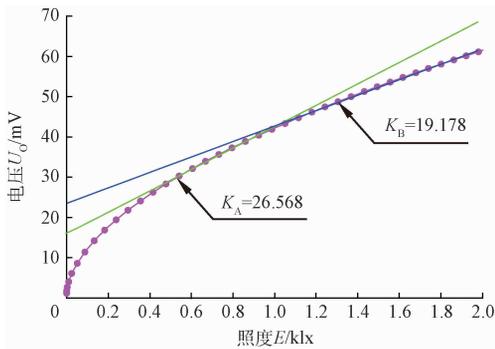


图 8  $U_O$ - $E$  相关系数分析

$$U_O = \begin{cases} 15.989 + 26.568 \times E, & (0.4 \leq E < 1.0) \\ 23.530 + 19.178 \times E, & (1.0 \leq E < 2.0) \end{cases} \quad (5)$$

其相关系数  $R_o$  的值如下:

$$R_o = \begin{cases} 0.998, & (0.4 \leq E < 1.0) \\ 0.999, & (1.0 \leq E < 2.0) \end{cases} \quad (6)$$

综上所述,通过  $R=10 \Omega$  的电阻与该光敏电阻串联,在大于 300 lx 的光照强度范围,可使输出电压  $U_O$  与照度  $E$  成较好的线性相关性,而在  $0 \sim 300$  lx,采用软件补偿的办法可得到一定的矫正。

### 3 小信号放大电路的设计

#### 3.1 问题分析

在图 6 的电路中,输出电压  $U_O$  仅为几十毫伏,因此必须进行放大。但是,如果用单电源供电的运放 AD623 予以放大,则必须满足 AD623 对电位的要求,如图 9 所示。

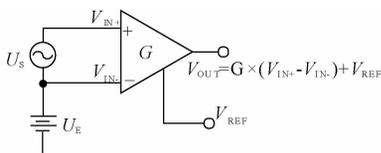


图 9 AD623 基本工作电路

图中 AD623 要正常工作,  $V_{IN+}$  与  $V_{IN-}$  对地必须有一个电压  $U_E$ ,  $U_E$  的取值约为供电电压的一半<sup>[12]</sup>。而图 6 的输出  $U_O$  显然不能直接与 AD623 相连,因此,需在设计方面采取措施。

#### 3.2 放大电路的设计与测试

经分析与仿真,设计电路<sup>[13-14]</sup>如图 10 所示。

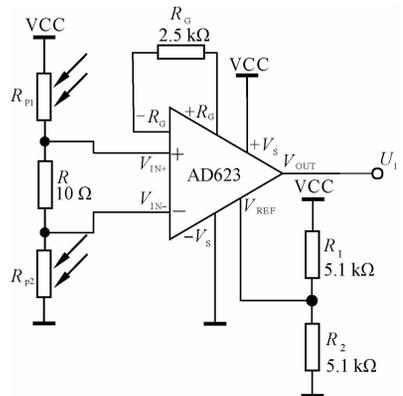


图 10 光敏电阻信号放大电路

图 10 中,两只光敏电阻在结构上紧凑地装配在一起,以保证接收光强相同;又由于输入电路的对称性,AD623 的输入端电位处于正常工作范围内,且  $R$  两端的电位差与光强成正相关。这样,就有效地解决了电位匹配问题。这种情况下实测曲线如图 11 所示。

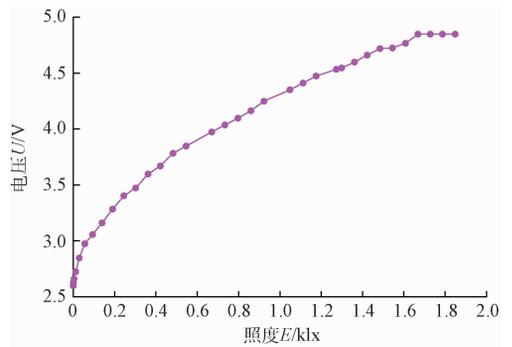


图 11  $U_1$  和光照强度  $E$  的关系曲线 ( $G=40$ )

根据电路原理可得,图 10 中电阻  $R$  两端的电压  $U_O$  与电阻  $R$  之间的关系为:

$$U_O = \frac{R \times 5}{R_{P1} + R_{P2} + R} V \quad (7)$$

由于  $R_{P1}$  和  $R_{P2}$  完全相同,结合式(1),进一步可得  $U_O$  与  $E$  之间的关系如下:

$$U_O \approx 89 \times R \times E^{0.459} \text{ mV} \quad (8)$$

由式(7)可知,此时电路中等效的光敏电阻阻值  $R_{PE}$  等于 2 倍的  $R_P$ ,从而,放大所得的信号  $U_1$  与  $E$  之间的线性相关性更为理想。

### 4 系统性能测试

简易照度计构建完成后,对系统整体性能进行测试。将光电传感器与照度计的光检测器置于室内的同一位置,

在一定的照度范围内,记录并比较显示单元的照度  $E_s$  与照度计的照度  $E$  如表1所示。

表1 系统测试数据 (lx)

$E_s$	$E$	$E_s$	$E$	$E_s$	$E$	$E_s$	$E$
2	2.47	134	138.9	446	446	788	784
4	4.37	160	163.3	479	477	821	816
7	4.46	188	188.8	508	507	855	846
11	12.24	216	215	540	538	886	877
18	19.27	241	242	570	568	918	908
27	28.9	269	270	604	600	950	938
41	41.3	298	298	633	630	979	968
55	56.3	327	327	669	661	1001	999
72	74.2	358	357	693	692	1046	1029
93	93.9	387	386	727	723	1072	1060
113	115.4	417	416	760	754	1107	1090

系统的绝对误差  $e$  和相对误差  $e_r$  如式(9)所示<sup>[15]</sup>:

$$e = ES - E$$

$$e_r = \frac{(ES - E)}{E} \times 100\% \quad (9)$$

将测量数据  $E_s$  和  $E$  代入式(9),可得  $e$ 、 $e_r$  与  $E$  的关系如图12所示。

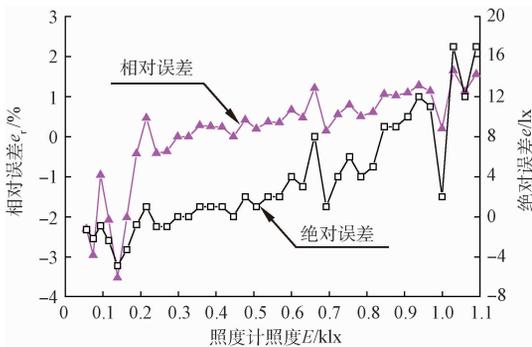


图12 误差曲线

由图12可知,在对0~1.1 lx照度的测量中,随着照度的增大,系统的绝对误差呈波动缓慢增加,最大相对误差为3.52%,满足精度要求。

## 5 结 论

本文讨论了光电信号放大电路的设计与搭建,将其与数据采集显示系统相结合,实现了一种基于光敏电阻的简易照度计,所得结论如下:

1)选择光敏电阻作为本照度计系统的光传感器,不但有效地缩小了系统体积,而且大大降低了系统成本;

2)根据对所测光照特性曲线的分析,采用对称输入电路串联小电阻的方法进行线性补偿,在一定照度范围内,光电信号输出曲线达到了良好的线性度,且相关系数  $R_0 \geq 0.998$ ;

3)本系统采用两只光敏电阻同点取光,有效地解决了

AD623放大电路的电位匹配,加之照度较小时的软件补偿,使系统最大相对误差控制在3.52%以内。

## 参考文献

- [1] 高英明,张环月,邹念育,等.一种多功能照度计的设计[J].计算机系统应用,2012,21(3):252-255.
- [2] 苏黎明,刘爱华.自制简易数字照度计[J].实验技术与管理,2010,27(3):57-60.
- [3] 王彦华,刘希璐.光敏电阻器原理及检测方法[J].装备制造技术,2012(12):101-102.
- [4] 赵珍祥.基于三轴各向异性传感器的无线车位检测系统[D].成都:电子科技大学,2016.
- [5] 张斌,李文启,易小月.光敏电阻的特性研究及应用[J].才智,2009(30):72-73.
- [6] 杨东,轩克辉,董雪峰.光敏电阻的特性及应用研究[J].齐鲁工业大学学报,2013(2):49-52.
- [7] 路秋生.LED照明与应用[J].灯与照明,2009,33(4):1-6.
- [8] 张志新.非线性方程的Excel拟合及在沉降评估中的应用[J].铁路计算机应用,2010,19(9):28-31.
- [9] 顾亚雄,胡庆,殷春浩.电导率双频测量法鉴别地沟油[J].中国油脂,2015,40(7):51-54.
- [10] 王辉,赵静,赵吉文,等.基于SVD的直线电机动子位置的高精度测量方法[J].仪器仪表学报,2016,37(9):2101-2107.
- [11] 吕东灿,袁帅,赵仲麟,等.Origin软件在实验数据拟合中的应用[J].农业网络信息,2016(2):38-40.
- [12] 陈红万,施继红,王威廉,等.基于ARM7的单电源心电信号采集系统设计及实现[J].电子测量技术,2009,32(3):139-142.
- [13] 屈保中,张继涛,刘艺柱.基于Multisim的电路仿真分析与设计[J].河南理工大学学报:自然科学版,2009,28(3):329-332.
- [14] 李萌萌,宁祎,王统.微型称重测力传感器信号调理电路设计[J].制造业自动化,2014(21):134-136.
- [15] 陶红波,方勇,许广宏,等.基于卡尔曼滤波的车内空气质量远程实时监测系统[J].电子测量技术,2016,39(11):126-130.

## 作者简介

翁健衍,1996年出生,在读本科生,主要研究方向为嵌入式系统。

刘卫玲,1987年出生,博士研究生,主要研究方向为测量技术与自动化装置。

常晓明(通讯作者),1954年出生,教授,博士生导师,主要研究方向为计算机监控系统、检测技术与自动化装置。E-mail:lab@xiaoming-lab.com