

文章编号:1005-4642(2022)11-0037-05

基于光敏电阻的太阳能板光源自动跟踪演示装置

李加定, 万若楠, 曾庆瑞

(广州城市理工学院 电子信息工程学院, 广东 广州 510800)

摘 要:从大学物理传感器类实验出发,以光敏电阻的应用为例,设计研究光敏电阻在亮光和暗光下的特性实验,利用光敏电阻模拟控制路灯“晚上亮灯、白天不亮”的效果,并制作了太阳能板光源自动跟踪演示装置.在太阳能板 4 个方位对称地安装光敏电阻,并置于二维转动云台上,实现在手动模式下,通过按键调节太阳能板转动;在自动模式且弱光环境下,自动跟踪手机点光源位置变化.

关键词:光敏电阻;光源跟踪;传感器

中图分类号:TN361

文献标识码:A

DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2022.11.006

在新工科建设背景下,加强课程知识融合,创新工程教育方式和手段已成为共识^[1-2].大学物理实验在工程教育中具有不可或缺的基础性作用.同时由于工科各专业学生将来从事工程设计、研发、制作等工作,其知识结构从专业诉求上偏向于应用,而当前大学物理实验教学存在内容与专业知识脱节,导致学生的学习兴致不高^[2].为了破解这一矛盾,需要加强大学物理实验课程与其他学科的专业知识融合,针对电子、通信、自动化等专业开设的大学物理实验课程作出积极尝试,将单一的基础实验改成基础实验+综合创新实验的方式,与单片机、传感器技术等课程设计结合起来培养学生的综合实践能力^[3-6].

“典型传感器输出特性研究与应用”是大学物理实验课程常开设的实验之一^[7],该实验与工程类专业知识联系紧密,是创新实验常见的突破口与出发点.本文从传统的光敏电阻实验出发,先设计了解光敏电阻的基本特性的实验并介绍接入电路的方法,再设计并制作基于光敏电阻的太阳能板光源自动跟踪演示装置.

1 光敏电阻传感器的基本特性和应用

基于电阻类传感器设计出的方案和成果丰富

多样^[8-9],例如基于温度传感器的温控加热装置,基于位移传感器的液面控制装置,基于红外光检测的自动门装置,等等.本文以光敏电阻传感器的设计方案为例.

1.1 光敏电阻传感器的基本特性

了解光敏电阻的物理原理和基本参量,设计实验方案测量光敏电阻在亮光、暗光等不同光照强度下的电阻值,测量电路如图 1 所示.其中,电源 V_0 为 12 V, R_p 为滑动变阻器,待测光敏电阻 R_T 与标准电阻 R_0 串联,电压表 V 通过单刀双键开关 K 选择测量 R_T 或 R_0 两端的电压,从而测量光敏电阻在不同电压和光照情况下的阻值,结果如表 1 所示.

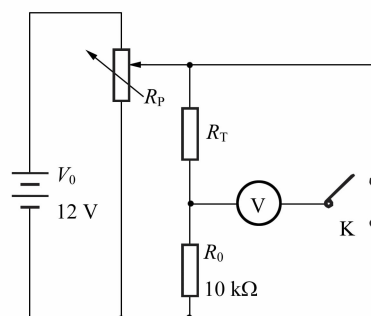


图 1 光敏电阻特性实验电路

收稿日期:2022-06-13; **修改日期:**2022-09-19

基金项目:广东省实验教学示范中心建设项目(No. 53SC190901);广州城市理工学院在线开放课程《大学物理》线上课程建设项目(No. 53JY210201)

作者简介:李加定(1982—),男,湖南衡阳人,广州城市理工学院电子信息工程学院讲师,硕士,主要从事大学物理实验教学与管理工. E-mail: lijid@gcu.edu.cn

表 1 光敏电阻伏安特性实验数据

V_{R_T}/V	V_{R_0}/V		$R_T/k\Omega$		$\Delta R/k\Omega$
	亮光	暗光	亮光	暗光	
1	0.78	0.04	2.82	228	225
3	2.33	0.13	2.88	221	218
5	3.87	0.19	2.92	253	250
8	6.15	0.34	3.00	225	222

1.2 光敏电阻接入电路的常见方法

图 2 是光敏电阻接入电路的常见方法,输出电压经过数模转换后进入单片机,与电阻值成正比。在接入前学生应先了解光敏电阻的初态电阻值,以及在受外界影响时电阻的变化范围。

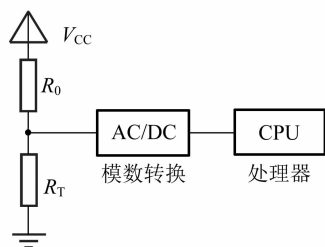


图 2 光敏电阻转换电路

1.3 光敏电阻传感器的简单应用

利用光敏电阻模拟控制路灯“晚上亮灯、白天不亮”^[10]。实验采用的光敏电阻 T5528 在亮光和暗光下的电阻为 $1\text{ k}\Omega \sim 1\text{ M}\Omega$, 采用 LED 发光二极管模拟路灯, 光敏电阻 R_T 使用最大值为 $1\text{ M}\Omega$ 的可调电阻。光照下, R_T 接近 $1\text{ k}\Omega$, LED 不亮。光照减弱时, R_T 电阻增加, 当阻值增加到 10% 暗电阻大小时, 三极管 Q_1 的 $V_{be} = 0.675\text{ V}$, 集电极-发射极导通, LED 灯亮(见图 3)。为实现此效果, 需确定 R_1 , R_2 和 R_4 的阻值, 利用 Multisim 软件调试, 结合市面常见的电阻器件阻值, 并与 R_T , LED 和 Q_1 相匹配, 当 $R_1 = 47\text{ }\Omega$, $R_2 = 47\text{ k}\Omega$ 时可实现目标。

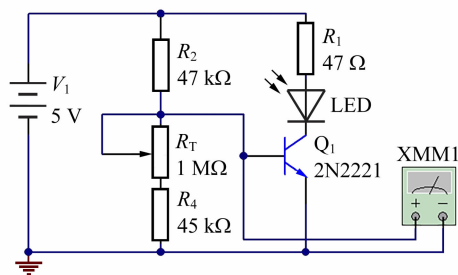


图 3 暗光自动亮灯实验仿真电路图

2 太阳能板光源自动跟踪装置的设计

2.1 设计思路与预期效果

在太阳能板 4 个方位安装 4 个相同的光敏电阻, 如图 4 所示。

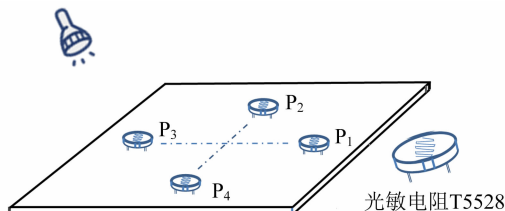


图 4 光敏电阻在太阳能板上的分布示意图

当点光源置于正上方时, 4 个光敏电阻接收的光照强度一致, 电阻相同, 电机不工作。当点光源以一定的角度斜入射到太阳能板, 例如水平方向 P_1 和 P_3 接收光照强度不等, 单片机采集到的电压不同, 驱使步进电机向电阻值减少的方向转动, 直到阻值相等, 电机才停止转动, 随后另一方位也执行相同操作。这样, 不论光线由哪个方向入射, 步进电机都会驱动云台转动, 使太阳能板正对着光源, 实现自动跟踪效果。

2.2 硬件设计

包括光敏电阻、单片机、步进电机、太阳能板(配套充电与储电装置)和二维云台等核心部件。

2.2.1 光敏电阻的选择与接入电路设计

结合性价比和设计要求, 选择 T5528 型光敏电阻, 转换电路如图 5 所示。光敏电阻 $D_1 \sim D_4$ 与 4 个 $10\text{ k}\Omega$ 电阻串联, $D_1 \sim D_4$ 的电平通过 PCF8591 模数/数模转换芯片的 4 个模拟输入口转换成数字电压后, 传给单片机处理。

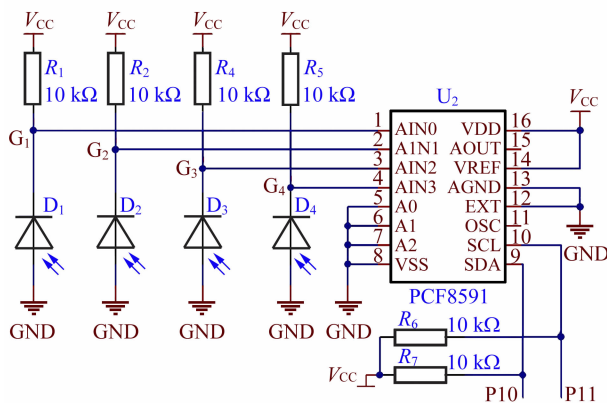


图 5 光电转换电路

2.2.2 步进电机的选择与驱动电路的构建

步进电机是将电脉冲转化为角位移的执行机构,电机驱动电路接收到周期脉冲信号后,驱动电机正转或反转固定角度。调节脉冲数量可调节角位移量,从而实现精准定位。由于演示装置的质量不大,5 V DC 步进电机即可胜任,故选择性价比较高的 28BYJ-48 型步进电机。

单片机 P1.0~P1.3 端口通过 ULN2003 驱动控制电机的蓝粉黄橙 4 根接入导线,与其内部 ABCD 4 个线圈绕组连接(见图 6),线圈采用 1 组与 2 组线圈交替励磁,即为 4-1-2 相驱动。单片机 P1 端口输出表 2 中 0x08→0x09 的 1 组脉冲信

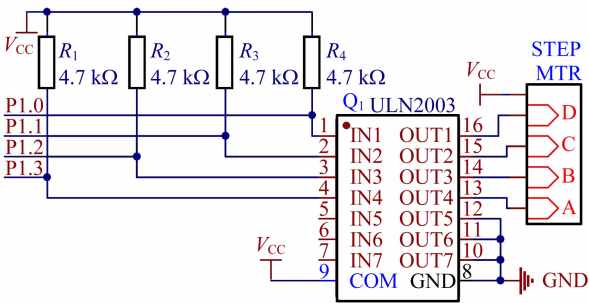


图 6 步进电机接线电路图

号,表示电机正转;反之,输出 0x09→0x08 的脉冲信号,表示电机反转。

表 2 步进电机驱动方式(4-1-2 相驱动)

导线	脉冲信号						
颜色	0x08	0x0c	0x04	0x06	0x02	0x03	0x01 0x09
D 橙	有	有	无	无	无	无	有
C 黄	无	有	有	有	无	无	无
B 粉	无	无	无	有	有	有	无
A 蓝	无	无	无	无	无	有	有

2.2.3 太阳能板充电与供电模块

根据演示装置需求,采用大小为 110 mm×80 mm 的太阳能板,由于太阳能输出电量不稳定,需要先将电能经 TP4056 充电模块存入到蓄电池,如图 7 所示。蓄电池的输出电压为 3.7 V,若直接对外供电则不足以驱动步进电机,先经过 TP4056 供电输出,加载 DC-DC 升压模块,将电压提升到 5 V。其中,TP4056 芯片在充电和供电过程中具有防止过充和温度过高的保护措施,是太阳能板常见的必备器件^[11]。

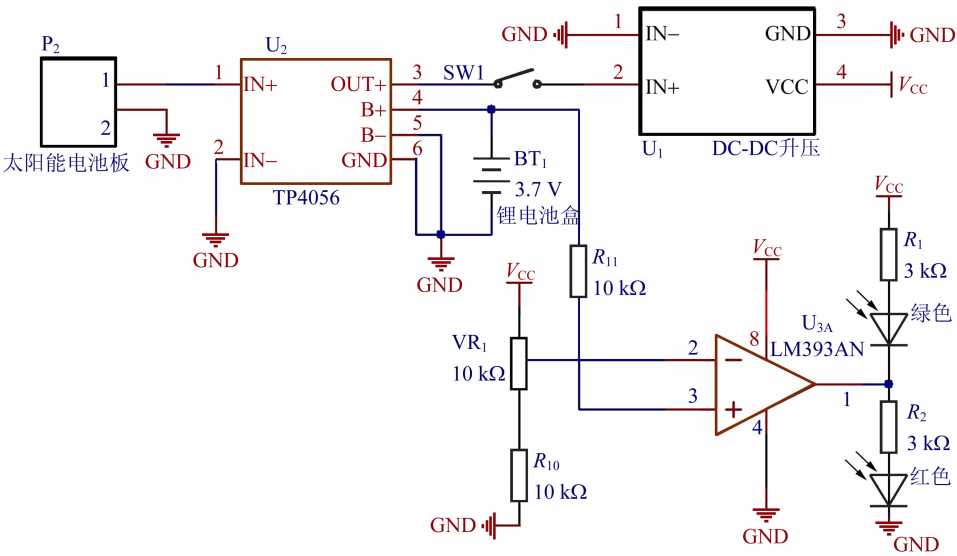


图 7 太阳能板充电与供电电路

LM393 芯片将蓄电池输出电压与参考电压(本装置设定 4.0 V)进行比较,其中参考电压由可调电阻设定,接入 LM393 的输入“—”端。当蓄电池输出电压低于参考电压时,LM393 输出低电平,绿灯亮,表示可正常充电;过充时,蓄电池的电压高于参考电压,红灯亮,绿灯熄,从而达到提示

效果。

2.2.4 单片机主控电路

控制芯片采用 STC89C52RC 单片机。其中,单片机 P0.0~P0.1 端口接光敏电阻,用于采集信号;P1.0~P1.7 接步进电机,驱动 ULN2003;P0.2~P0.6 接按键电路输入(1 个为主控开关,4

个为方位开关),可供手动模式调节电机转动. 另外,还有显示工作状态的 LED,以及其他必要的电路,如下载接口、时钟电路和复位电路.

2.3 软件设计

据前面分析,太阳能板有手动与自动 2 种模式,其中自动模式流程如图 8 所示. 电阻比较由 2 个电阻上对应的电压比较而来,电机转动 1 周期即为单片机 P1 口输出的脉冲信号控制电机转动一定的角度.

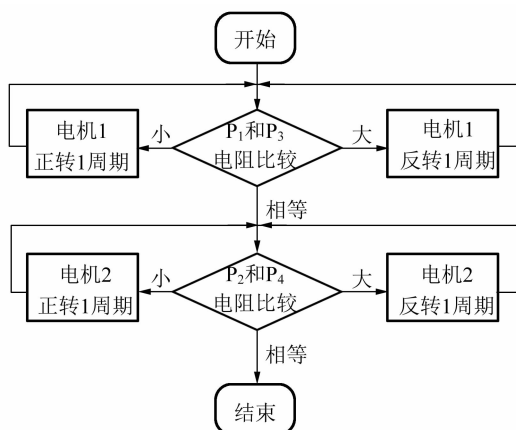


图 8 自动模式的软件流程图

2.4 实物制作

太阳能板光源自动跟踪演示装置的云台 3D 模型如图 9 所示,实物如图 10 所示. 整个装置由太阳能板、二维电动云台(又称舵机云台)和电路板主要部件构成. 其中二维电动云台自行制作完成,包括:垫板、左右压板、侧板、同向扣、夹板(各 2 块)、电机左右支架板(3 块)、电机带动板、电机固定板、底部和控制板固定支架(各 4 个)、底板(面积为 $220\text{ mm} \times 170\text{ mm}$)和电机(2 台),整个模型的质量约 700 g.

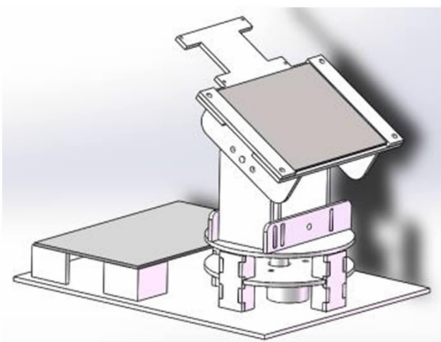


图 9 二维自由旋转平台的 3D 模型图

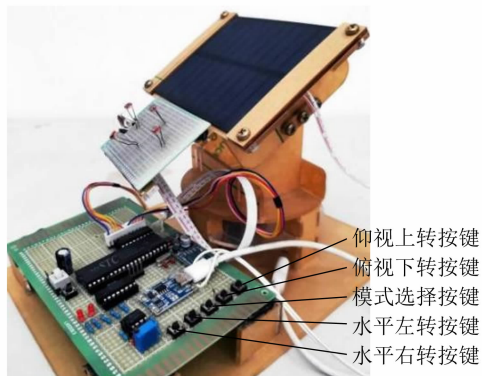


图 10 太阳能板光源跟踪演示装置实物图

3 调试效果

设计本装置的目标是太阳能板跟踪光源转动,时刻对准光源方向,接收最大光照. 分别测试了手动与自动模式下的调节效果. 手动模式下,通过 4 个方位按键控制步进电机转动,根据调试结果,其中最大俯仰转角为 175° ,水平转角为 360° . 自动调节模式下,通过主控开关按键开启,使用手机光源或手电筒光源照射太阳能板,均能实现太阳能板自动对准光源,达到设计要求.

若要光源跟踪装置演示效果明显,装置从初始状态转动到对准光源状态所需时间间隔(响应完成时间)非常重要. 为此,进行了实验测试,在自动模式下暗光环境中,手机光源距离太阳能板约 30 cm 处,从 5 个不同位置照射太阳能板,采用秒表计时,测得响应完成时间如表 3 所示.

表 3 光源跟踪装置不同位置的响应完成时间

位置	t/s	位置	t/s
1	4.56	4	5.51
2	3.52	5	4.23
3	4.45		

可见,该装置能在 6 s 内完成转向对准光源,先水平角方位转动,后俯仰角方位转动,中间停顿约 1 s. 在白天室内环境,遮窗关灯,排除强光源干扰,手机光源照射时本装置也能响应转动并对准手机光源,满足演示需求.

4 结束语

在现有大学物理实验的基础上,打破学科界

限,强调综合创新运用^[12]. 在此背景下,设计并制作了太阳能板光源自动跟踪装置,作为教学演示装置,其物理原理清晰,演示效果明显. 作为由基础物理实验向电子电工实践过渡的实验课程设计案例,有积极的教学参考价值. 其循序渐进的实验过程能帮助学生克服从理论到实践的心理障碍,交叉融合知识,提高学生的学习兴趣.

参考文献:

- [1] 教育部,工业和信息化部,中国工程院. 关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见[EB/OL]. (2018-10-08) [2021-09-01]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_742/s3860/201810/t20181017_351890.html.
- [2] 张映辉. 适应新工科的大学物理、物理实验课程改革方向与路径初探[J]. 物理与工程, 2018,28(5): 101-105.
- [3] 吴小平,朱晖文,李超荣,等. 基于新工科理念的物理实验教学资源建设新途径的探索[J]. 实验室研究与探索,2021,40(4):155-158.
- [4] 盖磊,牟冰,王峰. 新能源综合设计实验的信息化改造[J]. 物理实验,2018,38(S1):19-21,25.
- [5] 罗志高. 传感器原理与应用实验设计与实现[J]. 大学物理实验,2020,33(6):39-42.
- [6] 唐自豪,李鹏,钱耀,等. 两级式太阳跟踪数字光电传感器设计[J]. 仪表技术与传感器,2017(10):1-6.
- [7] 万若楠,吴实. 大学物理实验[M]. 武汉:武汉大学出版社,2018:128-135.
- [8] 代如成,张宪峰,邱正明,等. 传感器系列实验的设计[J]. 物理实验,2017,37(1):23-28.
- [9] 李昂,王天会,汪亮,等. 工科物理实验教学中传感器应用实验综述[J]. 实验室研究与探索,2017,36(3):217-220.
- [10] 张佳,蔡涛,王高原. 基于光敏电阻的传感器实验设计与实现[J]. 实验技术与管理,2020,37(11): 42-47.
- [11] 赵强松,梁芬. 基于 AVRmegall6 的二维太阳光自动跟踪系统设计[J]. 实验技术与管理,2015,32(8):91-93,96.
- [12] 李智,张朝晖. 以“科研引领实验教学”理念,推动物理实验教学的改革和团队建设[J]. 物理实验, 2018,38(3):24-27.

Automatic tracking demonstrator of light source using solar panel and photoresistor

LI Jia-ding, WAN Ruo-nan, ZENG Qing-rui

(School of Electronic and Information Engineering,
Guangzhou City University of Technology, Guangzhou 510800, China)

Abstract: Starting from the university physical sensor experiments and taking the application of photoresistor as an example, the characteristics of photoresistor under bright and dark light was designed and studied. The effect of “lighting on at night, not bright during the day” for street lamps was simulated. A demonstration device for automatic tracking of light sources was made. The solar panel symmetrically installed with four photoresistors was placed on the two-dimensional rotating pan/tilt. In manual mode, the rotation of the solar panel could be adjusted by pressing the buttons. In automatic mode and low light environment, the position change of mobile phone point light source could be automatically tracked.

Key words: photoresistor; light source tracking; sensors

[责任编辑:任德香]