

太阳光入射方向的检测与太阳能电池板方位控制系统

陈多飞¹, 钟加杰¹, 陈 荣³

- (1. 甘肃立信信息技术有限公司, 甘肃 兰州 730050;
2. 中山市贝尔马卫浴集团有限公司, 广东 中山 528427;
3. 盐城工学院 信息工程学院, 江苏 盐城 224051)

摘要: 太阳能的利用率一直是需要研究且亟待解决的问题, 系统由光敏检测电路、单片机和步进电机等部件组成, 其中光敏检测电路采集入射光方向信息, 并将其转化成电信号。当入射光线与检测标杆形成角度差时, 标杆阴影遮挡光敏电阻受光面, 系统通过检测被遮挡的位置, 确定太阳能电池板的偏移方向。检测信号经过调理电路、单片机处理后, 输出控制信号控制步进电机在水平、仰角方向转动使太阳能电池板正对太阳光, 以获取最大光能。

关键词: 太阳光入射方向检测; 电池板方位控制; 光敏电阻; 单片机; 步进电机

中图分类号: TM 932, TP23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-5322(2014)04-00 -

虽然辐射到地球表面的太阳能能量非常巨大, 但由于太阳能的分散性, 能量密度较低, 且易受到昼夜和天气的影响, 因此, 提高太阳能利用率是亟待解决的问题。提高太阳能收集率的办法有聚焦和自动跟踪法。聚焦的主要措施是利用类似于放大镜聚焦的光学原理把数倍的太阳光聚焦到一小块面积上, 使太阳能电池板可在单位时间内接受到更多太阳能, 可以使系统成本大幅度下降。太阳光自动跟踪是在任意情况下, 保证太阳能电池板正对太阳光入射方向, 同等条件下电池板可以最大程度地采集到更多太阳能。本文采用太阳光入射方向的检测与控制系统, 保证太阳能电池板准确跟踪太阳光入射方向, 实现太阳能的效采集。理论研究表明, 太阳能自动跟踪比同等条件下非自动跟踪系统对太阳光能接受效率高 37% 左右。因此, 构成太阳能自动跟踪系统具有现实意义。

1 光线入射方向检测原理

系统设计了一个能比较精确地追踪太阳光入射角度的追日系统, 如图 1 所示。系统采用 8 个光敏电阻, 用于对太阳光入射角度的检测。检测标杆垂直于光敏电阻放置的平面(与太阳能电池

板平行), 当光线不垂直照射到光敏电阻所安置的表面时, 光线与标杆之间形成角度差, 在检测平面上产生阴影, 光敏电阻手光面会被标杆的阴影所遮挡。每一个光敏电阻都是一个位置的标志, 入射光线的角度不同, 不同位置光敏电阻表面会被标杆阴影所遮挡。根据被遮挡位置, 可以检测出太阳光入射的方向。根据所检测的信号调节水平及仰角电机的转动, 使太阳能电池板与太阳光线垂直, 电池板可以接受到最大光能。

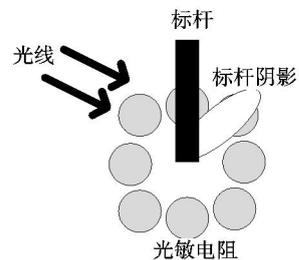


图 1 光线检测示意图

Fig. 1 Detection k etch map of sunlight incidence direction

2 检测与控制电路

检测与控制系统主要由二部分组成, 一是信

号检测与调理电路,负责将光信号转换成电信号,并对检测信号进行处理;二是动作执行机构,把单片机发出的控制信号进行功率放大,驱动相应的电机运转,实施电池板的方位调整。

2.1 光信号检测与调理电路

光敏电阻被阴影遮挡,光敏电阻值会增加,反之,光敏电阻被光线照射时,光敏电阻值会减小,因此会造成检测分压电路输出电压变化,通过电压比较器,输出高、低电平,比较电路如图2所示。光敏电阻阻值增加,光敏电阻与普通电阻分压,输出电压会随光敏阻值增大而减小,当分压电压值小于设定电压时,比较器输出高电平;反之,光敏电阻接收到光线照射,阻值减小,分压检测值上升,检测电路输出低电平。

系统中设置了8个光敏电阻,一共组成8路比较电路,可以输出8路比较结果,这8个状态值分别送到单片机8个引脚,当单片机检测到相关引脚有高电平输入时,电机的转动方向会依据被置高电平引脚的位置而定。经过测试,根据正常光照情况下光敏电阻在有遮挡与无遮挡情况下的阻值,设定定值电阻阻值,所构成检测与处理电路如图2所示。

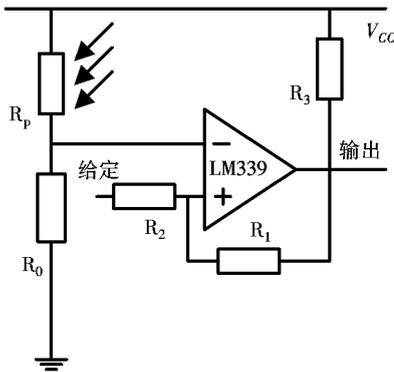


图2 检测与滞环处理电路

Fig.2 The detecting and hysteresis-band handling circuit

图中,光敏电阻 R_p 和定值电阻 R_0 检测环境光照情况,后接比较电路实施检测信号的处理。考虑环境因素干扰,为防止比较器误翻转,需要在信号处理过程中,对输出信号的高低电平转换电路设置滞环,如图中 R_1 、 R_2 所示。

设计中,选用能采用单、双电源供电方式的LM339比较器,其差动输入电压范围较大,可达到

电源电压,可很好地满足设计要求。图2中,电阻 R_3 为上拉电阻, R_1 和 R_2 参数设计分析如下:

$$V_{T+} = \frac{R_1 V_{Ref}}{R_1 + R_2} + \frac{R_2 V_{OH}}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$V_{T-} = \frac{R_1 V_{Ref}}{R_1 + R_2} + \frac{R_2 V_{OL}}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

式中, V_{T+} 、 V_{T-} 分别为滞环处理电路输入门限电压, V_{Ref} 为给定电压, V_{OH} 、 V_{OL} 分别为输出高电平、低电平电压。

当电源电压设置为5V时,输入门限电压 V_{T+} 和 V_{T-} 分别为1.8V和1.4V,给定电压 V_{Ref} 为1.6V,输出电压 V_{OH} 和 V_{OL} 分别为4.5V和0V。根据所给设计条件,可以计算出 R_1 、 R_2 的电阻值,再综合实际应用中的要求,电路设计中 R_1 取值为10k Ω , R_2 取值1k Ω 。

根据分析,当输入电压小于1.4V时,滞环比较器会输出高电平,当输入电压大于1.8V时,输出电平会置低。虽然带滞环电路的加入会使检测电路的灵敏度降低,但系统抗干扰能力可得到大大提升。

系统调试首先是针对滞环处理电路,理论上,把滞环电路中各参数设置好,输出结果就可以达到理想效果。但由于光敏电阻的非线性,其各个元件阻值变化都不一致,要对电路进行调试,依据8个光敏电阻的感光特性分别进行。滞环电路中的定值电阻阻值已经固定,在测试出光敏电阻因光线变化阻值发生变化的条件下,调节设定电压值,使输出达到预期目标。

在相同光照情况下,某光敏阻值变化是350 Ω ~180 Ω ,这时,比较电路输出电压值是1.11V~1.78V,最高电压值未能达到1.8,引脚信号一旦被置高,将不能被拉低。为解决这个问题,通过调节给定电压,经过计算将给定电压由1.6V调至1.45V,滞环比较器的门限电压 $V_{T+} = 1.72V$,可以满足测试要求。

22 电机驱动电路

检测、处理所得的信息需要电机运动装置实现太阳能电池板的方位调整,设计中选用的电机为四相八拍步进电机,驱动电压为12V,驱动电路采用专门的电机驱动芯片L298N。其电源电压为12V,四输入和四输出端可输出四相八拍脉冲信号,满足步进电机驱动要求。L298N电机驱动电路如图3所示。

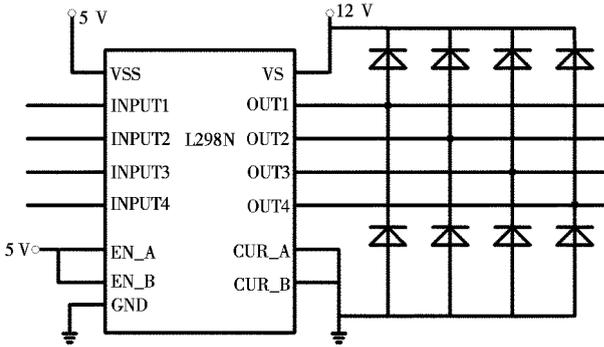


图3 L298N 驱动电路

Fig. 3 The driving circuit

图中,L298N 电机驱动电路输出端外接 8 个二极管,其目的是防止电机电流倒流到芯片中,使芯片损坏。输入端接单片机的 I/O 口。单片机将驱动信号通过 I/O 口送至 L298N 输入端,信号在芯片内经过功率放大,输出端输出,驱动电机正常运转。

3 系统的运行控制与软件实现

系统中需要控制的步进电机有两个,分别位于水平方向和仰角方向上,单片机会根据光敏电阻被遮挡情况,发出控制信号,驱动电机运转。光敏电阻分布如图 4 所示,电机的转动方向由这 8 个光敏电阻的位置确定,例如:光敏电阻 2 被遮挡时,先是水平位置电机反转 这时阴影遮挡位置会由 2 移到 1 的位置,再由仰角位置电机作反转,最终将太阳能板调节到与光线方向垂直。各点光敏电阻被遮挡时其对应的电机转动关系如表 1 所示。

经分析设计,设计系统软件流程如图 5 所示。

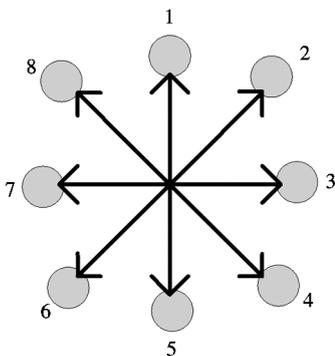


图4 光敏电阻分布图

Fig. 4 The distributing mode of photosensitive resistance

表 1 被遮挡点与电机转动关系
Table 1 The blocked point and motor rotation relationship

被遮挡位置 转动方向	1	2	3	4	5	6	7	8
水平正转			1	1				1
水平反转		1				1	1	
竖直正转			1	1	1	1	1	
竖直反转	1	1						1

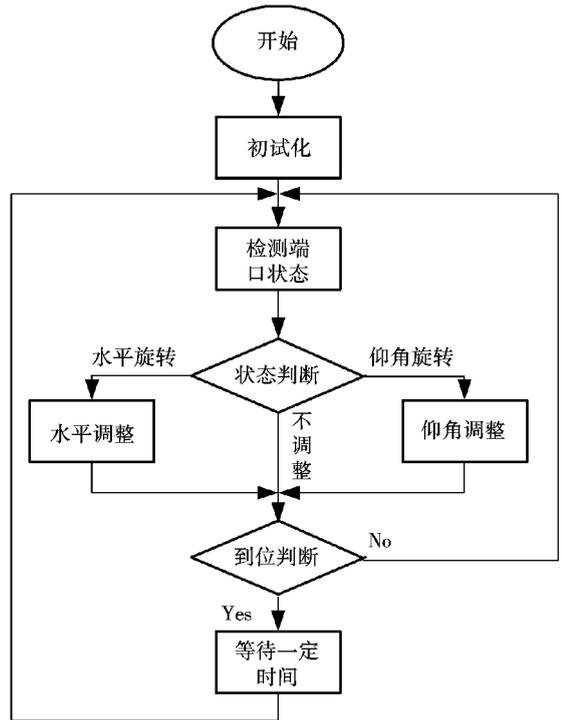


图5 控制软件流程图

Fig. 5 The flow chart of control software

系统软件调试。电机控制程序主要分四个部分,分别是:水平正转、水平反转、竖直正转、竖直反转。系统运行时会检测各点的情况,使用检测语句 $result1 = P1 \& 0xf0$ 和 $result2 = P1 \& 0x0f$,根据 $result1$ 和 $result2$ 的值选择电机控制程序。系统在调试初期,出现光敏电阻被阴影挡住但不转动的情况,通过查看程序,发现只有一个点被挡住的情况,程序才能判断出结果,而当相邻两个点同时被挡的情况没有进行判断,所以在相邻两点同时被挡的情况底下,程序不能输出控制信号。通过把 $result1$ 和 $result2$ 在两点被挡时的检测结果加入到程序中进行判断,电机正常运转,达到预期的检测效果。

本程序设计采用将水平、仰角方向控制分开的控制模式,即只要有太阳能电池板有水平、仰角方向控制需求的情况下,使电池板在水平或者仰角方向单一旋转,待该方向旋转到位后实施另一方向的旋转,直至到位。其实,实际控制过程中,水平仰角方向控制在本系统中可以同时进行,同时让水平、仰角方向电机根据控制要求实施移动,直至到位,这样可以减少系统对光控制时间,提高系统响应速度及跟随性能。

4 结语

系统由开始的设计到后续的调试运行涉及到很多情况,先是设计方案选择与设计,再是调理电

路参数选择与确定,然后是检测元件非线性与光敏电阻对光线变化灵敏度的不一致,测量结果还受到环境的影响等。因此,选用检测精度高的光敏器件,对系统的设计十分有利,检测效果也比较理想。

根据课题需要,提出一种新型的检测原理,简便的比较和驱动电路,为太阳光检测与电池板方位控制系统的小型化设计提供了便利。经过测试,系统能比较精确地检测出太阳光的入射方向,通过调整步进电机的运转,调节太阳能电池板方位,保持光线垂直入射到太阳能电池板上。系统检测与控制效果良好,最大偏角 $<5^\circ$,可以满足实际使用要求。

参考文献:

- [1] 阎石. 数字电子技术基础[M]. 北京:高等教育出版社,2005.
- [2] 康华光. 电子技术基础[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2001.
- [3] 王志超,韩东,徐贵力,等. 一种新型太阳跟踪器的设计[J]. 传感器与微系统,2009,28(2):91-93.
- [4] 孙茵茵,鲍剑斌,王凡. 太阳自动跟踪器的研究[J]. 机械设计与制造,2005(7):157-159.
- [5] 陆仲达,田群宏,张金龙. 一种太阳方位跟踪器控制系统的设计[J]. 鲁东大学学报:自然科学版,2012,18(1):18-22.
- [6] 戴训江,晁勤基于 PLC 的太阳能跟踪控制系统的设计[J]. 能源工程,2007(6):30-33.
- [7] 高绪昊. 太阳能跟随系统设计[J]. 硅谷,2013(2):260-261.
- [8] 许启明,冯俊伟,宫明太阳能利用跟踪技术的研究进展[J]. 安徽农业科学,2011,39(10):6294-6297.
- [9] 戴仙金. 51 单片机及其 C 语言程序开发实例[M]. 北京:清华大学出版社,2008.

The Control System of Detecting Sunlight Incidence Direction and Adjusting Solar Panel Orientation

CHEN Duofei¹, ZHONG Jiajie², CHEN Rong³

1. Gansu Lixin Information Technology Co., Ltd. Lanzhou Gansu 730050, China;
2. Zhongshan Belmar Bathroom Group Limited, Zhongshan Guangdong 528427, China;
3. Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China

Abstract: Wide application of sun energy will bring endless benefits to human society, but its efficiency has been an urgent problems needed to study and solve, and how to more effectively get solar energy per unit time has practical significance. The sunlight incidence direction detection and control system is composed of photosensitive resistance, MCU and stepper motor etc, in which the photoresistor detecting circuit acquires incident light direction information, and the optical signal was changed into electrical signal. When the detection benchmark has angle difference with incident ray in detection system, benchmarking can produce shadows on photosensitive resistance, and the detection circuit can detect the blanch position, the direction of solar panels can be determined. After the signal goes through handling circuit, MCU, the control signals was formed to control stepper motor actuator running in horizontal, or elevation direction, to make solar panels facing the sunlight incident direction, so as to ultimately get the most sun energy.

Keywords: detection incidence direction of sunlight; control orientation of solar panel; the photosensitive resistance; SCM; stepper motor

(责任编辑:李华云)

太阳光入射方向的检测与太阳能电池板方位控制系统



作者: [陈多飞](#), [钟加杰](#), [陈荣](#), [CHEN Duofei](#), [ZHONG Jiajie](#), [CHEN Rong](#)
作者单位: [陈多飞, CHEN Duofei\(甘肃立信信息技术有限公司, 甘肃兰州, 730050\)](#), [钟加杰, ZHONG Jiajie\(中山市贝尔马卫浴集团有限公司, 广东中山, 528427\)](#), [陈荣, CHEN Rong\(盐城工学院信息工程学院, 江苏盐城, 224051\)](#)
刊名: [盐城工学院学报\(自然科学版\)](#)
英文刊名: [Journal of Yancheng Institute of Technology \(Natural Science Edition\)](#)
年, 卷(期): 2015(1)

引用本文格式: [陈多飞. 钟加杰. 陈荣. CHEN Duofei. ZHONG Jiajie. CHEN Rong 太阳光入射方向的检测与太阳能电池板方位控制系统\[期刊论文\]-盐城工学院学报\(自然科学版\) 2015\(1\)](#)