

[数理科学与信息科学研究]

太阳能电池板自动追光控制系统设计

樊战亭, 万欣, 王超

(咸阳师范学院 物理与电子工程学院, 陕西 咸阳 712000)

摘要:以STC89C52单片机为核心设计出了太阳能电池板自动追光系统,给出了太阳能板自动追光系统总体设计方案。比较详细地设计出了太阳能板自动追光系统的硬件电路,包括两对光敏电阻组成的光照检测电路、风速检测电路、模数转换电路、舵机驱动等主要电路部分,并给出了自动追光控制系统软件流程。控制系统在实现自动追光的基础上,可以实现大风时放平太阳能板,以减小风阻,保证控制装置的安全。制作出了自动追光控制系统实物,验证了所设计的自动追光控制系统可行性。

关键词:单片机;自动追光;控制系统;太阳能

中图分类号:TP23

文献标识码: A

文章编号:1672-2914(2024)06-0012-05

Design of Automatic Tracking Light Control System for Solar Panels

FAN Zhanting, WAN Xin, WANG Chao

(School of Physics and Electronic Engineering, Xianyang Normal University, Xianyang 712000, Shaanxi, China)

Abstract: The automatic tracking light system of solar panel is designed based on STC89C52 single-chip microcomputer. The overall design scheme of the system is given. The hardware circuits of the solar panel automatic light tracking system are designed in detail, including the light detection circuit with two pairs of photo-resistors, the wind speed detection circuit, the analog-to-digital conversion circuit, the steering gear drive and other main circuits. The software flow of the automatic tracking light control system is provided. On the basis of realizing automatic tracking light, the control system can be used to lay flat solar panel to reduce wind resistance and ensure the safety of the control device when the wind is strong. The object of the automatic tracking light control system is made, and the feasibility of the designed automatic light tracking control system is verified.

Key words: single-chip computer; automatic tracking light; control system; solar energy

太阳能是太阳内部的核聚变反应所产生的,是一种可持续利用的清洁能源。太阳能电池板能够把太阳能转换为电能供给人类社会使用,能有效降低燃煤发电对化石能源的消耗及产生的二氧化碳等气体的排放,达到节能减排的效果^[1-2]。太阳每天从东面升起经过南方最后在西面落下。一年四季中,太阳在夏季直射地球,其余三季斜射地球。为了更好追踪太阳光照射,提高太阳能电池板把太阳能转换为电能的效率,可以设计出能够同时左右转动追踪太阳由东向西的运动、上下转动适应太阳光在不同季节的倾斜照射的太阳能板自动追光控制系统。已

有研究表明,加入自动追光控制的太阳能转换电能与固定接收太阳能系统比较,转换效率最多可提高30%~40%^[3-4]。对太阳光的追踪包括视日运动轨迹跟踪和光电检测追踪,光电检测比视日运动轨迹跟踪精度更高^[5-6]。采用光电检测方法文献中,多采用51、STM类单片机作为主控芯片,通过检测太阳板上下、左右两组方向光照强度差,控制电动机自动向光照更强的方向转动,获取更多的太阳能^[7-9]。还有文献把光电检测和视日运动轨迹跟踪综合应用进行自动追光,但是没有提供实物^[10]。为了降低追光控制系统的敏感性,有的控制系统每十分钟进行一次追光

收稿日期:2024-08-25

基金项目:陕西省大学生创新创业训练计划项目(S202410722069)。

作者简介:樊战亭(1973—),男,咸阳师范学院物理与电子工程学院讲师,研究方向为电气控制技术。E-mail:xianyangfzt@163.com。

控制^[1]。本文也采用光电检测方法,应用STC89C52单片机为控制核心,在实现太阳能板对太阳光进行自动追踪的基础上,特别增加了风速检测模块。当单片机检测到风速大于设定风速时,能够放平太阳能电池板停止自动追光来减小风阻,有效保证在大风天气中整个自动追光控制装置的安全。整个自动追光电气控制系统硬件结构较为简单,通过软件编程实现主要功能,可靠性高。

1 自动追光控制系统总体设计

自动追光控制要能完成上下转动适应太阳光在不同季节的倾斜照射变化情况,左右旋转追踪太阳由东向西的运动,首先要把太阳能板上下、左右光照差异变换为电压送到单片机,单片机根据太阳能板上下、左右的光照差异,控制电机进行旋转追踪太阳能获得更强的照射。根据功能分析要求,太阳能电池板自动追光控制系统总体设计如图1所示。

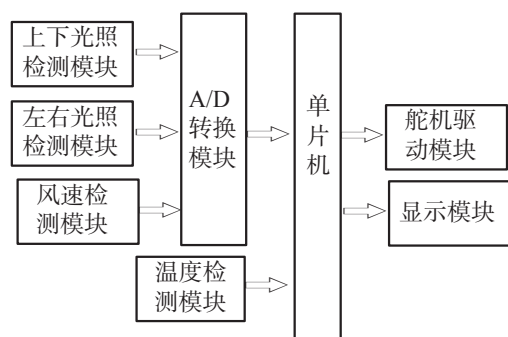


图1 太阳能电池板自动追光控制系统总体设计图

自动追光控制系统采用单片机作为主控芯片;上下、左右两对光敏电阻模块把太阳光照强度转换为模拟电压,再通过A/D模数转换模块输入到单片机中。同时在实际运行中,如果风速很大,为了装置安全性,自动追光控制系统就要把太阳能电池板平放,减小风阻并停止工作。因此在控制装置中加入风速检测模块,把风速转换为电压后经过A/D转换后也输入到单片机。温度越高,光照强度会更强,温度检测模块可以对温度进行检测并输入到单片机中。显示模块可以把输入到单片机中上下、左右四个方向光照强度转换后对应的数字量及风速和温度进行显示,方便设备调试和监控。单片机根据输入的上下、左右光照强度对应的大小,控制舵机进行上下、左右进行转动运动保证太阳能电池板向着光照更强的方向转动,自动追踪太阳照射更强的方位。

2 自动追光控制系统硬件设计

自动追光控制系统的单片机选用STC公司单片机STC89C52,STC89C52是增强型8051单片机^[12],

集成8K的Flash存储器,共有32位可编程并行I/O口、3个可编程的16位定时器/计数器,控制系统主要模块硬件电路设计如下:

2.1 光照检测模块电路

光照检测电路包括上、下、左、右四个方向的光照检测部分如图2所示。RG1、RG2、RG3和RG4分别表示上、下、左、右方向的四个光敏电阻,分别与R1、R2、R3、R4四个10 kΩ电阻相串联。CH1~CH4分别表示RG1~RG4各个光敏电阻对地的电压值,这四个电压值要经过AD转换模块后把模拟量转换为数字量再输送到单片机STC89C52进行处理。光敏电阻在光照变强时,电阻值会变小,这样光敏电阻上的分压会变小。反之,光敏电阻在光照弱时,电阻值会变大,光敏电阻上的分压会变大。通过RG1、RG2两个光敏电阻上的电压差值就可以区分上、下两个方向光照的差异。如果RG1上的电压小于RG2上的电压,表示上面的光照强度高于下面的光照强度,单片机最后要控制整个控制装置向上转动。同样的道理,通过RG3、RG4两个光敏电阻上电压差值,就可以判断左、右两个方向哪个光照更强,最后控制装置要转向光照更强的方向。

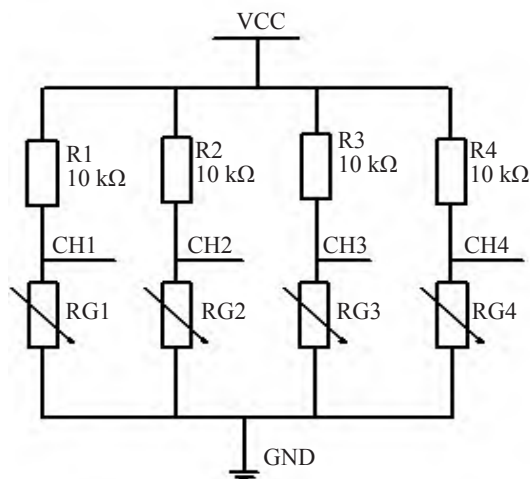


图2 光照检测模块电路图

2.2 风速检测模块

风速检测模块采用微型直流发电机与风扇风叶组装而成,有风时风扇风叶在风的作用下带动直流发电机转轴旋转,直流发电机电刷输出直流电压,产生的直流电压与转速成正比关系。如图3所示,直流发电机产生的直流电压信号低压端接地,高压端标记为CH5,经过AD模数转换后传送到单片机中,对环境风速大小进行检测。当单片机检测到风速大于设定风速时,会控制电机驱动模块放平太阳板停止自动追光。

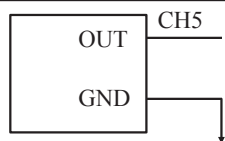


图3 风速检测模块图

2.3 温度检测模块

温度检测部分主要由美国DALLAS公司生产的单总线数字式温度传感器DS18B20构成,DS18B20仅有三条管脚,能够实现全数字温度转换及输出,如图4所示。DS18B20数字温度传感器中VDD、GND两个引脚分别接+5V及电源地,DQ单一数据总线接5 kΩ上拉电阻并与单片机P1.6口连接。单片机根据DS18B20单一总线的工作时序进行编程处理就能够读取到测量的温度值。

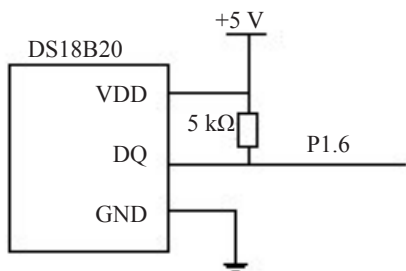


图4 温度速检测模块图

2.4 A/D模数转换模块

AD转换模块将上下、左右光照检测模块和风速检测块的电压模拟信号转换为数字信号输入到单片机中,电路图分别如图5、图6和图7所示。AD转换模块选用3片串行A/D转换芯片ADC0832芯片。图5中ADC0832芯片CH0、CH1引脚与图2中上下光

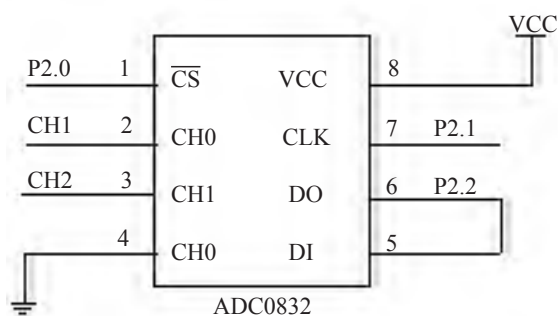


图5 上下光照强度模数转换图

敏电阻RG1、RG2电压信号CH1、CH2输出端相连接,ADC0832芯片的片选信号CS、时钟信号CLK分别与单片机P2.0、P2.1口相连;DO、DI引脚同时与单片机P2.2口相连。通过单片机软件编程控制可以分时把上、下光敏电阻RG1、RG2上的输出电压进行转换输入到单片机中。同样道理,图6中ADC0832芯片CH0、CH1引脚与图2中左右光敏电阻RG3、RG4

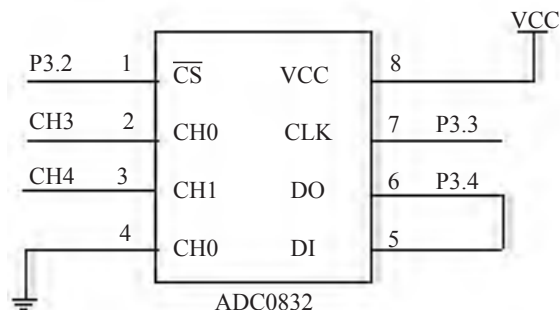


图6 左右光照强度模数转换图

电压信号CH3、CH4相连接,ADC0832片选信号CS、时钟信号CLK分别与单片机P3.2、P3.3口相连;DO、DI引脚同时与单片机P3.4相连。单片机通过软件编程分时把左、右光敏电阻RG3、RG4上的输出电压转换为数字量读入到单片机中。

图7风速模数转换图中,只有一个直流发电机电压CH5输入,ADC0832芯片CH0引脚与图3中直流发电机输出电压信号CH5相连接,CH1引脚信号悬空;ADC0832片选CS、时钟CLK分别与单片机P3.5、P3.6口相连;DO、DI引脚同时与单片机P3.7相连。单片机通过软件把直流电动机输出电压转换为数字量读入到单片机中。

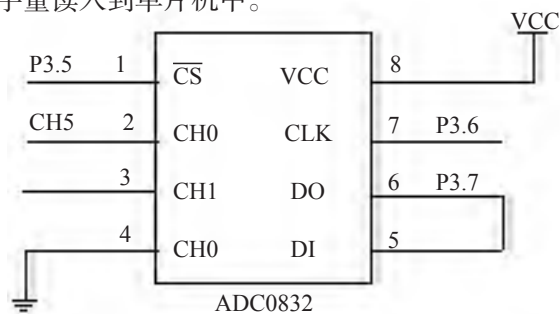


图7 风速模数转换图

2.5 显示模块

采用LCD1602液晶显示模块进行显示输出,如图8所示。单片机P0.0~P0.7引脚别与LCD1602的数据口DB0~DB7依次相连接,P2.5、P2.6和P2.7引脚分别与LCD1602的RS、RW和EN口连接。控制LCD1602分两行进行显示,第一行显示单片机处理过的上、下光照强度值、温度值;第二行显示左、右光照强度值、风速值。

2.6 舵机驱动模块

为了控制太阳能板在上下、左右两个方向旋转-90°~90°(0°~180°),太阳能板驱动模块选用两个SG90舵机。舵机实质是带有位置反馈环节的直流伺服电动机,用于位置精确控制或者输出较高的扭矩。图9、图10分别为上下、左右方向舵机驱动电

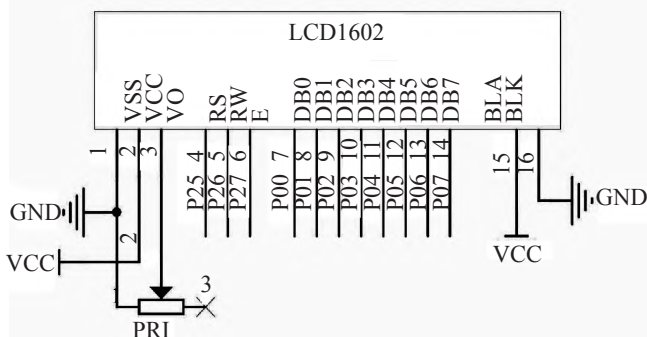


图8 显示模块图

路图,其中SG90舵机的GND、VCC接线端分别与+5V电源的正极和地相连接,上下舵机控制口与单片机P2.3口相接;左右舵机控制口与单片机P2.4口相连接。

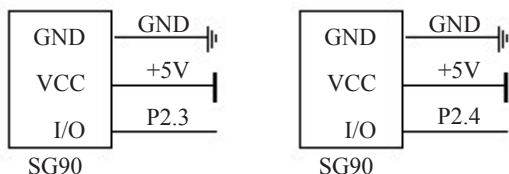


图9 上下方向舵机电路图

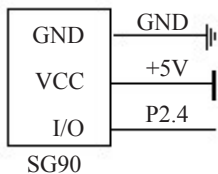


图10 左右方向舵机电路图

SG90舵机控制方法如图11所示,单片机通过与SG90舵机相连的I/O的端口(图9为P2.3)产生周期为20ms PWM控制信号,改变 t 长短就可以控制舵机的转动角度^[13]。当周期信号高电平 t 时间长度分别为0.5、1、1.5、2、2.5ms时,舵机分别旋转 -90° 、 -45° 、 0° 、 45° 和 90° 。在 t 为0.5~2.5ms范围内,输出角度和时间长短 t 为线性关系。如果舵机要输出 30° ,则 t 为

$$t = 1.5 + \frac{2 - 1.5}{45 - 0} \times (30 - 0) = 1.83 \text{ ms} \quad (1)$$

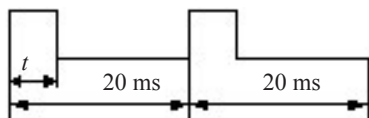


图11 SG90舵机控制信号图

3 控制系统软件设计

自动追光控制系统软件设计主要包括数字LCD显示初始化、温度传感器初始化、定时器初始化、光照检测、自动追光控制等部分,软件主要流程图如图12所示。

控制系统上电后,主程序首先对LCD1602、温度传感器、单片机T0、T1定时器等初始化,开机后默认为自动模式。如果有按键按下,进行手动模式下相应按键处理,通过按键可以方便地控制太阳能板在上、下、左、右四个方向的转动。如果没有按键按下,系统以自动模式运行,单片机先读取前图5、图6中两个ADC0832上经过模数转换的值,并将接收

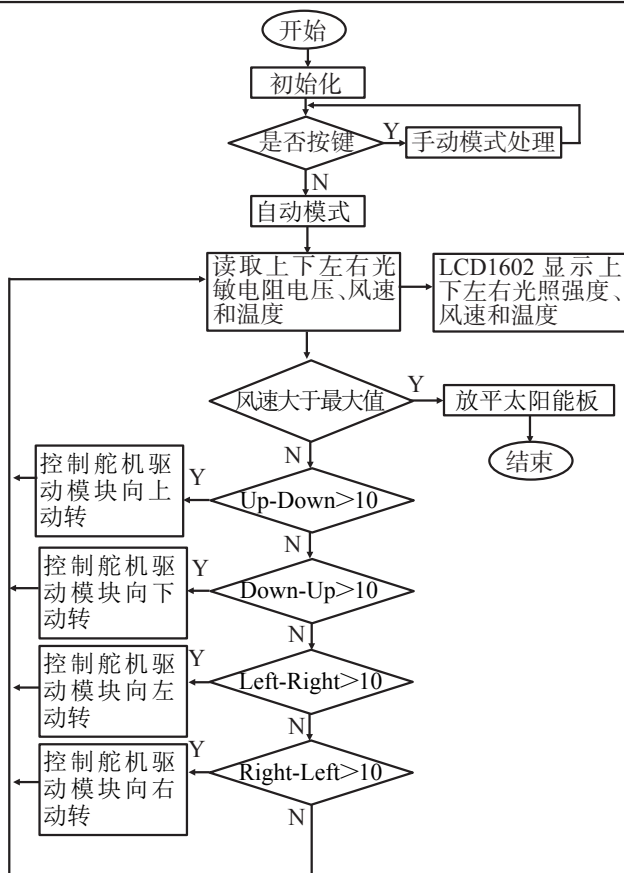


图12 软件流程图

的值处理后转换为上、下、左、右四个光敏电阻所受到照射的相对光强数值;再读取图7中ADC0832模数并转换为风速;读取温度传感器上的温度值,并把上、下、左、右四个方向光照强度值、温度和风速显示在LCD屏幕上。

光照强度处理时,定义四个变量AD_Up、AD_Down、AD_Left、AD_Right,用于存储单片机读取图5、图6中两个ADC0832转换模块中4个光敏电阻电压值的数字值。从前面分析可知光照强度越高,光敏电阻上分压越小,AD转换数值越小。为了与光照强度越高,对应数值越大的常识一致,在软件处理中实现光照强度越强,显示数值要越大。再引入四个变量Up、Down、Left、Right,并定义 $Up = 100 - (AD_Up) / 255 * 100$, $Down = 100 - (AD_Down) / 255 * 100$, $Left = 100 - (AD_Left) / 255 * 100$, $Right = 100 - (AD_Right) / 255 * 100$ 。这样100在软件处理中就是光照强度的最大值,因为ADC0832是8位ADC模数转换器,输出最大值为255,ADC模块输出数字量先除以255进行归一化处理,再乘以100,最后与100做差,最终作为四个方向的光照的强度。这样如果光照强度越高,则Up、Down、Left、Right四个值就越大,把这四个变量作为舵机控制的变量。

在自动控制方式中,先把读入的风速值与最大风速相比,如果实际风速大于设定最大风速,控制装置就放平太阳能板保证整个装置安全,自动控制方式结束。如果实际风速小于设定最大风速,Up、Down一组;Left、Right一组,两两做差值,根据差值控制舵机模块向光照更强的方向转动。上、下方向控制时,Up-Down>10时,则上面光照强度大于下面光照强度,单片机控制舵机向上转动;Down-Up>10时,则向下运转。同样道理,通过Left、Right两个变量就可以控制太阳能板左右转动到光照更强的方向。如果上下、左右均相差10以内就太阳能板位置保持不变,继续进行自动模式运行。差异值取10,主要考虑在光照较强时,Up、Down或者Left、Right两组变量因光敏电阻器件等原因最大会有5~7个差异,如果差值越小,会使整个装置过于灵敏,调节频率过高,反而不利于系统稳定。

4 自动追光系统测试

自动追光控制系统实物如图13所示。装置最上边是上、下、左、右四个光敏电阻,中间为太阳能板,最下面为单片机和LCD显示部分;最右边为风速检测模块。



图13 太阳能板自动追光控制系统实物图

进行系统测试时,首先给系统上电,在LCD屏幕第一行就可以显示上(U)、下(D)光照强度和温度;第二行就可以显示左(L)、右(R)光照强度和风速。手动按键控制模式下,电池板可在上、下、左、右按键的控制下灵活转动。没有按键情况下就是自动模式,单片机控制舵机相应转动太阳能电池板跟踪光源的移动方向,较好地完成了自动追光功能。

5 结论

本文以STC89C52单片机为核心设计了太阳能板自动追光控制系统,用于提高小型太阳能板获取更多、更强的太阳光照。通过上下、左右两对光敏电阻检测电路把光照强度转换为电压,通过ADC模数转换器输送到单片机。利用风速检测模块,把风速转换为电压进行模数转换。单片机进行处理后,如果风速大于设定值,则放平太阳能板结束自动追光过程。风速小于设定值,根据上下、左右光照强度的差值控制两个舵机把太阳能电池板转向光照更强的方向,使太阳能板获取更多太阳光照,提升电能转换效果。通过制作自动追光控制系统实物验证了设计的正确性,整个系统结构比较简单,操作方便。

参考文献:

- [1]关跃.太阳能利用技术发展及应用调研[J].应用能源技术,2018(9):53-56.
- [2]路绍琰,吴丹,马来波,等.中国太阳能利用技术发展概况及趋势[J].科技导报,2021,39(19):66-73.
- [3]朱涛,李强,宣益民,等.太阳能光伏/光热化学利用系统[J].工程热物理学报,2021,42(4):999-1003.
- [4]王鑫桐.具有自动追光功能的太阳能电动汽车能量管理系统研究[D].淄博:山东理工大学,2021:5-6.
- [5]赵轩.房车太阳能电池板折叠机构自动追光系统设计与研究[D].西安:西安理工大学,2021:3-7.
- [6]丁一婷,刘俊清.基于太阳能自动追光的智能路灯控制系统[J].沈阳工程学院学报(自然科学版),2023,19(3):58-62.
- [7]黄东宇.三自由度太阳能电池自动追光系统研究[J].光源与照明,2023(11):204-206.
- [8]苏双琴.基于SMT单片机的双轴太阳能智能追光系统的设计[J].现代信息科技,2024,8(13):181-185.
- [9]赵珉,甄丽娟.基于STC89C52的追光控制系统设计[J].电子元器件与信息技术,2022,6(5):45-47.
- [10]王青峰.创新型太阳能追光设备的研究[J].电子技术与软件工程,2022(4):87-91.
- [11]关龙飞,尹衍超,杨晓亮,等.一种基于单片机的太阳能电池板追光系统设计[J].中国科技信息,2022(16):128-129.
- [12]徐杰,崔艳.基于STC89C52的无线实时体温心率监测[J].电子元器件与信息技术,2021,5(7):43-44.
- [13]谢鑫焱,珠扎次仁,杨晨,等.太阳能自动追光及其充电系统的设计[J].现代工业经济和信息化,2023,13(4):87-89.

[编辑 杨衍婷]