

doi: 10.16576/j.ISSN.1007-4414.2025.05.020

基于 51 单片机的双轴光伏跟踪装置设计

李帅东, 李建军

(新疆政法学院, 新疆 图木舒克 844000)

摘要: 该文针对当前大型光伏电站多采用固定式发电模式而造成发电效率低的问题, 提出了一种以 STC89C52 单片机作为控制核心, 以光敏传感器为寻光元器件, 以步进电机为驱动部件的基于 51 单片机的双轴光伏跟踪装置设计方案, 并重点对软、硬件设计及重点技术原理部分进行分析介绍。该方案通过光敏传感器可感知太阳光的方向, 利用先进算法控制步进电机自动灵活地调整光伏板的方向, 进而有效提高跟踪精度, 最终实现提高光电转化效率的目的。

关键词: 单片机; 光伏发电; 光敏传感器; 步进电机

中图分类号: TM615; TP368.1

文献标识码: A

文章编号: 1007-4414(2025)05-0079-03

Design of Two-axis Solar Tracking System based on 51 MCU

LI Shuai-dong, LI Jianjun

(Xinjiang University of Political Science and Law, Tumushuke 844000, Xinjiang, China)

Abstract: This paper addresses the issue of low power generation efficiency caused by the widespread adoption of fixed-position generation modes in large-scale photovoltaic power stations, a design scheme of dual-axis photovoltaic tracking device based on 51 MCU is proposed, which takes STC89C52 as the control core, light-sensitive sensor as the light seeking component and stepper motor as the driving component. The software and hardware design and key technical principles are analyzed and introduced. According to the direction of sunlight sensed by the photosensitive sensor, the stepper motor is controlled by an advanced algorithm to automatically and flexibly adjust the direction of the photovoltaic panel, so as to effectively improve the tracking accuracy and finally achieve the purpose of improving the photoelectric conversion efficiency.

Key words: MCU; solar photovoltaic generation; light-sensitive sensor; stepper motor

0 引言

当前全球环境问题十分严峻, 温度效应、空气污染等环境问题正不断冲击着生态系统, 导致大量物种灭绝, 生物多样性遭到破坏, 因此开发新能源迫在眉睫。风能和水能虽清洁可再生但不稳定, 并且受季节影响较大; 核能虽可提供大量电力, 但核废弃物很难被处理。相比之下, 太阳能储量丰富、清洁无污染, 是较为理想的新能源^[1-5]。

根据权威实验测试显示, 单轴跟踪装置比固定装置的发电量高约 25%, 双轴跟踪装置比固定装置的发电量高约 35%^[6], 因此对双轴光伏跟踪装置进行研究很有必要。笔者以 51 单片机为核心, 设计了一款自动跟踪控制的双轴光伏跟踪系统。该系统运用高精度光敏传感器和算法对太阳位置方向进行实时跟踪分析, 通过控制系统驱动步进电机精确跟踪太阳的方向, 提高光伏跟踪精度, 有效解决传统固定式光伏发电因光伏板朝向固定而导致发电效率低下的问题, 为光伏发电产业带来更高效的能源利用方案。

1 总体设计思路

该装置由六部分组成: 一是液晶显示部分, 主要用于显示光伏板的发电状态、温度、位置等状态信息; 二是独立按键模块, 主要用于手动调整光伏板的位置; 三是温度传感器模块, 主要用于光伏板温度监测, 进而调整光伏板的温度, 提高发电效率; 四是光敏模块, 主要用于采集太阳光的朝向; 五是步进电机控制机械臂云台, 主要用于改变光伏板朝向, 使光伏板与太阳光朝向垂直; 六是太阳电池板充放电控制模块, 主要用于存储太阳能和为双轴步进电机控制机械臂云台供电。如图 1 所示为总体设计架构。

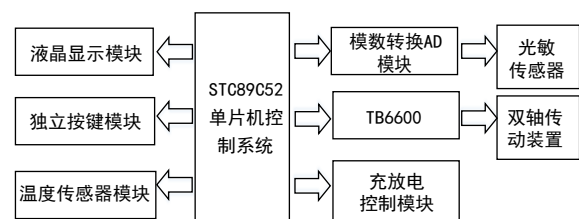


图 1 总体设计架构图

收稿日期: 2024-10-21

基金项目: 新疆政法学院校长基金项目: 基于智能控制的光伏 MPPT 控制研究(编号: XZZK2022003)。

作者简介: 李帅东(1988-), 男, 河南商丘人, 讲师, 硕士, 研究方向: 电子技术应用。

通信作者: 李建军(1972-), 男, 黑龙江肇东人, 教授, 博士, 研究方向: 电子技术应用。

2 硬件系统设计

2.1 液晶显示部分

该系统选用了LCD12864液晶显示屏,其具备高度的灵活性和实用性。该显示屏中特别设置了选择端口P6,当端口接低电平时,系统将以串行方式传输数据,这种传输方式在特定场景下能够有效减少线路连接的复杂性,提高系统的稳定性和可靠性;当选择端口P6接高电平时,则会切换为并行传输数据模式,并行传输能够实现高速的数据传输,满足对数据显示速度有较高要求的应用场景。通过这样的设计,使得该系统能够根据不同的实际需求,灵活地选择合适的数据传输方式,极大地提升了系统的适应性和性能表现。液晶显示屏通过数据接口与主控芯片连接,实时接收并显示光伏板的发电状态数据,如当前发电量、累计发电量等。同时,准确显示当前环境温度,可通过温度传感器的数据传输实现。对于光伏板的位置状态,可以用图形化的方式展示,让用户更直观地了解光伏板的角度和朝向。如图2所示为液晶显示电路。

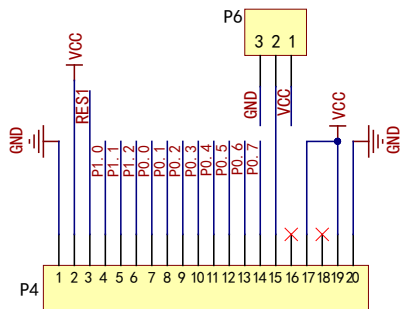


图2 液晶显示电路

2.2 独立按键模块

该装置主要分为两种模式。一是自动模式,在这种模式下,主要是根据太阳的朝向,通过内置的传感器和智能控制系统自动调整机械臂云台的方向,以确保光伏板始终能够高效地接收太阳能。二是手动模式,通过独立按键控制机械臂云台。手动控制中,S1按键主要负责控制步进电机的转动速度,可根据实际需求调整电机的运转快慢。S2按键则主要用于选择水平控制电机和竖直控制电机,以便精准地对不同方向的电机进行操作。S3用于控制电机进行正转,能够推动机械臂云台朝着特定方向运动。S4用于控制电机反转,在需要调整方向或进行反向操作时发挥重要作用。如图3所示为手动模式按键。

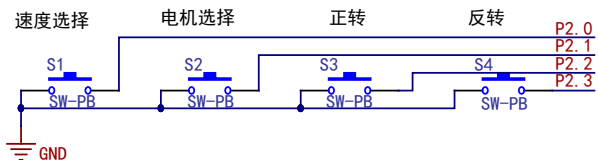


图3 手动模式按键

2.3 温度传感器模块

该装置采用了数字温度传感器DS18B20,安装在光伏板上,确保准确监测光伏板的温度。温度传感器通过数字信号接口与主控芯片连接,将实时温度数据传输给主控芯片。主控芯片根据预设的温度调整策略,当温度过高或过低时,发出控制信号调整光伏板的角度或采取其他散热或保温措施,以提高发电效率。如图4所示为温度传感器。

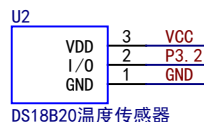
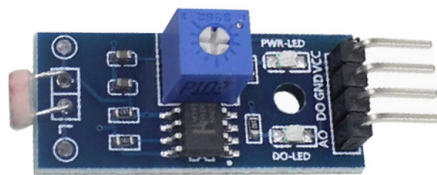


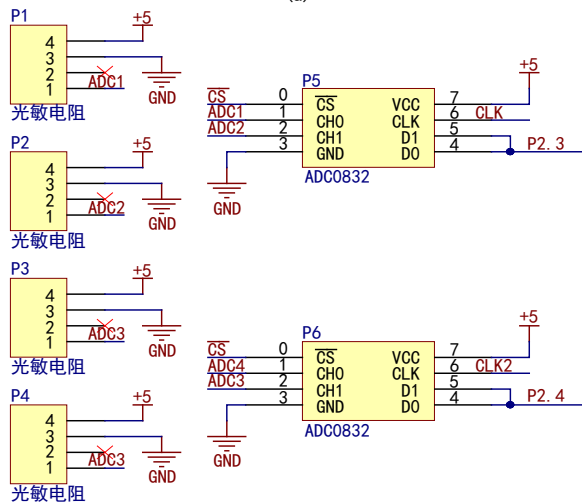
图4 温度传感器

2.4 寻光模块电路

该装置分为自动和手动两种模式。自动模式下,根据太阳朝向自动调整机械臂云台方向。此装置采用四个光敏传感器,分别安装于太阳能电池板四个边的中间位置,以确保全方位接收太阳光。光敏传感器将光信号转换为电信号,再经由信号处理电路ADC0832转化为数字信号传输至主控芯片。主控芯片依据光敏模块的数据判断太阳光朝向,为调整光伏板朝向提供依据。如图5所示为寻光电路。



(a)



(b)

图5 寻光电路

2.5 步进电机控制机械臂云台

机械臂云台巧妙地采用了两个四项步进电机,分别在水平和竖直方向上实现精确的控制,如图6所示为机械臂云台电路。步进电机通过高性能的TB6600驱动器与主控芯片连接,主控芯片根据光敏模块和其

他数据发出精确的控制信号, 控制步进电机的转动角度和速度, 从而调整机械臂云台的角度, 使光伏板始终与太阳光朝向垂直, 最大限度地提高发电效率。

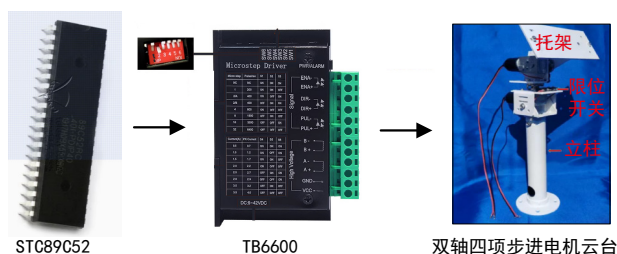


图 6 机械臂云台电路

2.6 太阳电池板充放电控制模块

该装置设计了太阳电池板充放电控制电路, 用于保证太阳能的高效存储与合理利用。该模块一方面连接太阳能电池板与储能装置(如电池), 另一方面为双轴步进电机控制的机械臂云台等设备供电。充放电控制模块具备过充保护、过放保护和短路保护等功能, 确保系统运行的安全与稳定。同时, 它还能根据系统功率需求和太阳能供给情况, 智能管理充放电过程, 从而提高能源利用效率。如图 7 所示为充放电控制电路。

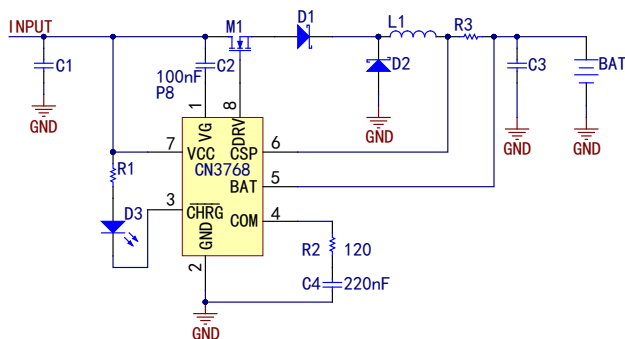


图 7 充放电控制电路

3 软件设计

3.1 主程序流程图

程序启动后, 首先进行一系列的初始化操作, 包括对单片机端口、定时器、中断等进行设置, 同时对电机初始位置进行设定。接着, 读取光伏板四个方位的光敏传感器的信息。如果四个传感器的值均小于设定的阈值, 那么可以判定此时为晚上或者阴天, 程序将回到初始位置, 并不进行任何操作。而当光敏传感器的值大于设定的阈值时, 则表明目前处于白天, 满足光伏发电的条件, 系统开始进入光伏跟踪过程。最后, 对跟踪模式进行判断, 若为手动模式, 则进入手动操作环节; 若为自动模式, 则进入视日运行轨迹跟踪模式, 实现对太阳位置的实时跟随和能量捕获。如图 8 所示为主程序流程图。

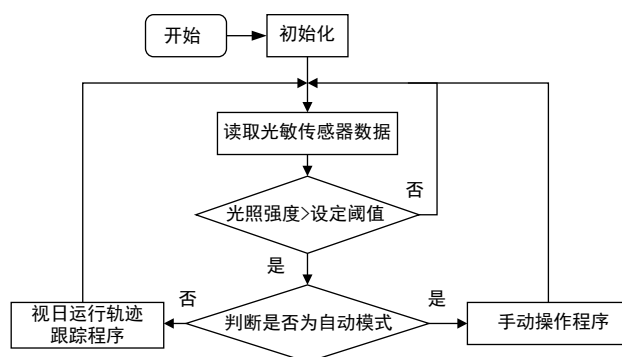


图 8 主程序流程图

3.2 视日运行轨迹跟踪程序流程图

视日运行轨迹跟踪程序流程如图 9 所示。程序运行后, 首先读取光敏传感器信息, 并通过信号处理电路 ADC0832 转化为数字信号。控制器 STC89C52 调用函数, 对左右光敏传感器数值作差, 结果记为水平角度; 对上下光敏传感器数值作差, 结果记为竖直角度。当水平角度大于零时, 水平电机正转; 反之反转。竖直角度大于零时, 竖直电机正转; 否则反转。当水平与竖直步进电机均转动到位后, 此次跟踪结束。

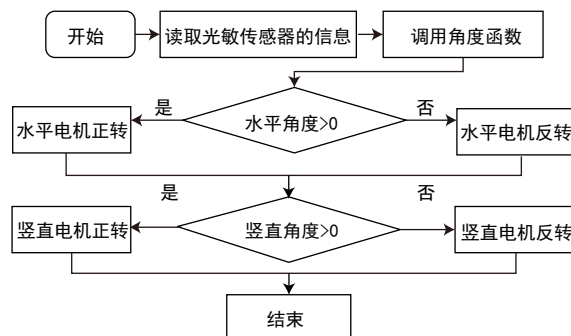


图 9 视日运行轨迹跟踪流程图

3.3 手动操作流程

手动模式下, 先检测电机选择按键, 若按下则选择水平电机, 否则默认竖直电机。随后检测控制按键: 若按下正转键, 所选电机按设定方向正转; 若按下反转键, 则反转运行。如图 10 所示为手动操作流程。

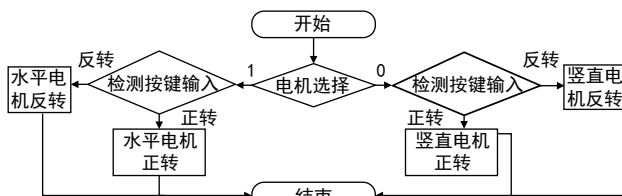


图 10 手动操作流程

4 实验测试

搭建实验平台, 对正南方向、倾角 50° 放置的固定式与跟踪式光伏板发电功率进行对比测试。每小时记录一次功率数据。如图 11 所示为两种光伏板的功率曲线, 其曲线下方面积之比即为对应发电量之比。

(下转第 84 页)


```

LINE P0027 v=15.000 0 tool=0 // 倒渣点
SET type="DO" name="O1008" data=1 // 捞渣夹
具打开
PAUSE t=2.00 // 延时 2s
End // 单次循环结束
LINE P0031 v=15.000 0 tool=0 // 过渡点
LINE P0032 v=15.000 0 tool=0 // 原点右
end

```

3.2 工作站控制系统的运行

机器人现场捞渣如图4所示。以2号中频炉为捞渣对象,工作站设置安全门锁、安全光栅、急停按钮进行安全防护。系统在自动运行时,机器人可以对2号中频炉内浮渣进行自动清理,整个清理过程中机器人工作迅速、运行稳定,在3 min内可捞渣6次,可将中频炉内90%的浮渣清理干净,满足现场生产的要求。

3.3 机器人捞渣前后中频炉内浮渣量对比

机器人捞渣前后对比如图5所示。捞渣效果较为明显。

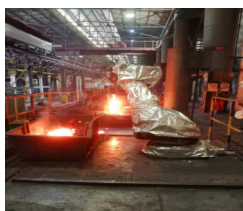


图4 机器人在现场捞渣



图5 机器人捞渣前后

机器人自动捞渣可以24 h连续不间断高速工作,不受任何外界因素的干扰,以设定的速度进行捞渣,大大提高中频炉的捞渣效率。中频炉内90%的浮渣都能得到及时清除,提高了铁水纯度,极大降低了工人的劳动强度,取得了不错的效果。

4 结语

随着科学技术的发展,机器人应用的领域越来越多^[2-3],机器人的应用必将惠及更多企业。文章针对中频炉内人员手动捞渣的问题,设计了机器人捞渣系统,该系统以长风工业机器人PRC1003控制器为核心,增加了I/O信号板卡等智能设备。通过机器人路径规划,该捞渣工作站能自动完成中频炉浮渣清理,代替人工作业,极大降低了工人的劳动强度;同时,捞渣夹具可以重复多次使用,降低了企业的生产成本。实际应用证明,捞渣工作站整体运行良好、工作速度稳定、捞渣效率高,3 min可清理中频炉内90%的浮渣,为小型中频炉内浮渣清理提供了方法和参考。

参考文献:

- [1] 赵雪. 我国工业机器人技术现状与产业化发展战略分析[J]. 科学技术创新, 2019(36): 72-73.
- [2] 陈墨. 机器人在冷轧厂锌锅自动捞渣设计中的应用[J]. 科学技术创新, 2017(4): 155.
- [3] 陈运军. 基于工业机器人的“智能制造”柔性生产线设计[J]. 制造业自动化, 2017, 39(8): 55-57+64.

(上接第81页)

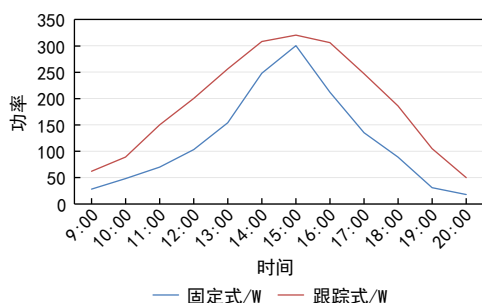


图11 固定式与跟踪式功率值曲线图

由图11可知,自动跟踪系统比固定式光伏发电系统输出功率提高了30.2%。实验数据表明,当光照条件、光伏电池板面积以及其他外部条件一致时,双轴自动跟踪式系统相比固定式光伏发电系统能够产生更多的电力,有效提高了光伏发电的效率和产能。

5 结语

文章设计了一种以STC89C52单片机作为控制核心,以光敏传感器为寻光元器件,以步进电机为驱动部件的基于51单片机的双轴光伏跟踪装置,重点对装置的软、硬件进行了设计,分析了重点技术原理

部分,并对装置进行了试验验证,验证结果说明了该装置凭借其卓越的性能,可根据太阳光朝向的动态变化,精准地跟踪太阳光的位置,从而显著提高光电转化效率。其核心技术采用了51单片机和光敏传感器,不仅体积小巧,便于安装和使用,而且价格低廉,极具性价比。

参考文献:

- [1] 房良睿,王磊,范丽君,等. 基于STM32单片机的光伏双轴跟踪系统设计[J]. 电子制作, 2024, 32(6): 6-8.
- [2] 赵文军. 光伏发电双轴逐日跟踪系统的设计与实现[J]. 光源与照明, 2022(5): 107-109.
- [3] 黄润德. 光伏发电双轴智能跟踪系统设计[J]. 电子世界, 2021(22): 164-165.
- [4] 边明茹. 一种双轴跟踪光伏支架的结构优化设计[J]. 机械研究与应用, 2019, 32(2): 143-144.
- [5] 徐志伟,晁硕,叶响,等. 光伏发电自动向日双轴跟踪系统设计[J]. 无线互联科技, 2018, 15(23): 44-45+66.
- [6] Snyder G J. Application of the compatibility factor to the design of segmented and cascaded thermoelectric generators[J]. Applied Physics Letters, 2004, 84(5): 2436-2438.