

基于单片机控制的太阳自动跟踪系统设计

仓思雨, 孙建明, 王忠军, 张兰红

(盐城工学院 电气工程学院, 江苏 盐城 224051)

摘要:运用欧几里得几何知识,分析研究了太阳自动跟踪系统的旋转原理,据此设计了太阳自动跟踪系统的机械结构和以单片机为控制核心的自动跟踪控制器。重点介绍了实现对太阳最强光实时跟踪的光检测电路与电机驱动电路的设计。实验表明所设计的系统中太阳能电池板可高精度自动跟踪太阳,太阳能发电系统的效率较高。

关键词:单片机;自动跟踪系统;太阳

中图分类号:TM346.2

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2014)02-0024-04

近年来,由于石油和煤炭等能源短缺及其对环境的污染问题,可再生能源发电技术广受各国政府和研究人员的重视。在所有可再生能源中,太阳能具有储量丰富、无污染、分布范围广等诸多显著优点,其发电技术正得到迅速的发展。太阳能的有效应用将大大缓解化石能源危机,解决环境污染问题。太阳能虽然环保、储量丰富,但也存在密度低、间歇性、空间分布不断变化的缺点,在太阳能电池板价格居高不下的情况下,研制具有实用价值的太阳自动跟踪系统,使太阳能电池板时刻跟踪太阳最强光,充分利用太阳能,是降低太阳能发电系统成本、提高太阳能发电系统效率的有效途径^[1-3]。

1 太阳自动跟踪系统旋转原理

太阳自动跟踪系统中太阳能电池板时刻保持与太阳最强光线垂直,跟踪系统原理用图1来说明。图1中平面 α 为太阳能电池板平面, n 为电池板法线方向, l 为太阳最强光方向, xoy 为水平面, $yozy$ 为垂直面。要使电池板平面 α 与太阳最强光 l 垂直,则应将 n 方向旋转到和 l 方向平行。

根据欧几里得几何知识,在三维空间中,假设有一条直线和一个平面,要使直线和平面垂直,可通过对平面的旋转实现。平面的旋转可由水平方向旋转和垂直方向旋转叠加而得。

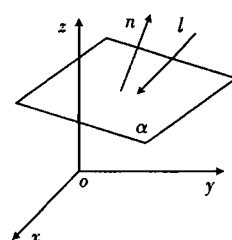


图1 太阳自动跟踪系统旋转原理图

Fig. 1 Rotation principle diagram of sun automatic tracking system

设直线 l 的方程为:

$$\frac{x-x_0}{a} = \frac{y-y_0}{b} = \frac{z-z_0}{c} \quad (1)$$

直线 l 的方向向量为: $\vec{m} = (a, b, c)$,该直线与水平面的夹角:

$$\theta_{11} = \arctan\left(\frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right) \quad (2)$$

设平面 α 方程为 $Ax + By + Cz + D = 0$,平面 α 的法线向量为:

$$\vec{n} = (A, B, C) \quad (3)$$

$\vec{n}$ 与水平面的夹角为:

$$\theta_{21} = \arctan\left(\frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2}}\right) \quad (4)$$

过直线 l 作垂直面 α_1 :

$$-\frac{b}{a}(x-x_0) + (y-y_0) = 0 \quad (5)$$

收稿日期:2014-01-15

基金项目:2012年全国大学生创新训练计划项目(20120305007)

作者简介:仓思雨(1994-),男,江苏盐城人,主要研究方向为单片机控制。

过 $\vec{n}$ 作垂直面 α_2 :

$$-\frac{B}{A}x + y = 0 \quad (6)$$

将平面 α 在 $yo z$ 垂直面方向上沿逆时针方向旋转一角度,其值为 θ_{11} 与 θ_{21} 的夹角角度,用 θ_1 表示;然后在 xoy 水平面方向上沿逆时针方向旋转一角度,其值为垂直面 α_1 和垂直面 α_2 的夹角,用 θ_2 表示, θ_1 和 θ_2 分别为:

$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right) - \arctan\left(\frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2}}\right) \quad (7)$$

$$\theta_2 = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) - \arctan\left(\frac{B}{A}\right) \quad (8)$$

这样,法线就和 l 方向平行,即平面 α 和 l 方向垂直。

根据上述分析,当检测到太阳最强光线时,调整太阳能电池板的水平方向朝向和垂直方向朝向,就可使太阳能电池板跟踪太阳最强光。

2 太阳自动跟踪系统设计

太阳自动跟踪系统由机械结构和基于单片机的太阳自动跟踪控制器组成。

2.1 机械结构设计

为了完成对太阳最强光的实时跟踪,太阳能电池板的支架必须使用两个电机,并且在两个平面内同时旋转。双平面太阳跟踪机械结构如图2所示,主要部件包括底座、支柱、水平面旋转支架、水平面旋转电机、垂直面旋转支架、垂直面旋转电机。太阳能电池板安装于垂直面旋转支架的上平面处。水平面旋转电机能够沿水平面作圆周运动,通过大齿轮带动安装于垂直面旋转支架的太阳能电池板在水平面旋转,改变电池板在水平面的方位角;垂直面旋转电机沿垂直面作圆周运动,通过大齿轮带动安装于垂直面旋转支架的太阳能电池板在垂直面旋转,改变电池板在垂直面的俯仰角,就可以达到实时跟踪太阳最强光的效果。

2.2 基于单片机的自动跟踪控制器设计

2.2.1 硬件结构组成

以单片机为控制核心的自动跟踪控制器硬件结构如图3所示。太阳能光伏发电系统在室外全天候持续运行,要实现对水平面与垂直面旋转的两台电机的控制,工作环境较差,普通的单片机无法胜任这种工作要求,选择飞思卡尔公司的16位单片机MC9S12XS128。该单片机包括最多可提供8通道8位或4通道16位的脉宽调制器及8

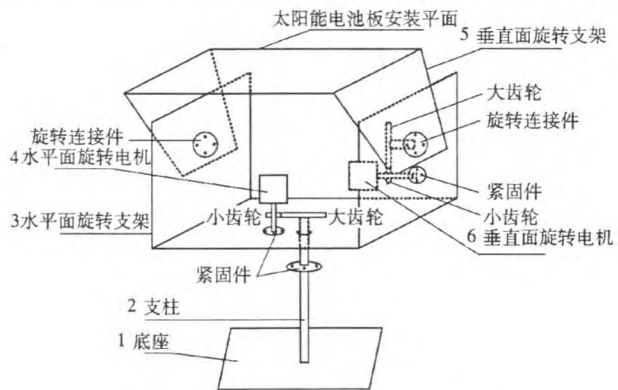


图2 双平面太阳跟踪机械结构图
Fig.2 Diagram of dual plane sun tracking machine structure

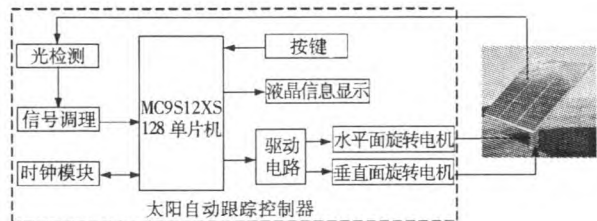


图3 自动跟踪控制器结构图
Fig.3 Diagram of automatic tracking controller structure

位/10位/12位分辨率可选的模数转换器,可实现低成本、低功耗、高性能、高可靠性要求的机电系统的控制^[4]。

图3中通过光检测电路对太阳最强光位置进行检测,检测信号经调理后送单片机内部的A/D模数模块,经CPU处理后,输出控制信号,经驱动电路放大后,驱动水平面与垂直面旋转电机,实现太阳能电池板的自动跟踪;时钟模块自动计算时间,以实现定时跟踪与太阳能电池板的复位。

2.2.2 光检测电路

太阳跟踪系统的关键在于太阳最强光位置的检测,因此光检测电路的设计至关重要,此处采用挡光容器与光敏电阻组成光检测器。

光检测器结构如图4所示,用挡光材料设计了一个直径6厘米、高度6厘米的圆桶形挡光容器,容器上方开一方口,6个光敏电阻置于圆桶形挡光容器的不同位置。挡光容器的作用是实现聚光保护,使光敏电阻免受环境散射光的影响,实现高精度跟踪。光敏电阻 R_1 、 R_2 置于圆桶形容器外侧顶部, $R_3 \sim R_6$ 置于圆桶形容器的内侧底部。安装时圆桶形挡光容器底部与太阳能电池板平面平行,安装于太阳能电池板上方即可。

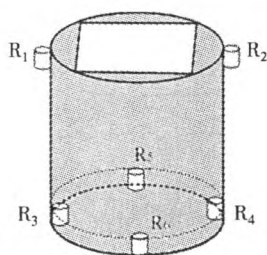


图 4 光检测器结构图

Fig. 4 Light detector structure diagram

光检测电路如图 5 所示,其中 $R_1 \sim R_6$ 为光敏电阻, $R_7 \sim R_{12}$ 为采样电阻。

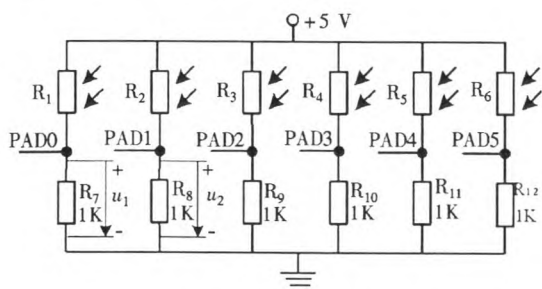


图 5 光检测电路

Fig. 5 Light detection circuit

光敏电阻 R_1, R_2 放在容器外侧互差 180° 位置处,用来粗调太阳能电池板的位置。设它们的采样电路输出电压信号分别为 u_1, u_2 ,当通过调整电机旋转,使 $u_1 \sim u_2$ 近似为零时,太阳最强光近似垂直照射在电池板上。

$R_3 \sim R_6$ 置于容器内部互差 90° 的 4 个方向上,当太阳最强光线方向与电池板法线方向有夹角时,光敏电阻反应出光照强度差,经单片机处理后驱动电机转动,当两两相对的两个光敏电阻上的光照强度相同时,两台电机停止转动,此时太阳最强光垂直于圆桶形容器上方的方孔面,即电池板与太阳最强光线垂直。光敏电阻位置向孔深方向增加,检测精度会提高。

2.2.3 电机驱动电路

电机驱动模块电路如图 6 所示。旋转电机采用两相 4 线步进电机,直流 12 V 供电,50 齿,8 拍工作方式,步距角 0.9° 。采用 ST 公司生产的高电压、大电流电机驱动芯片 L298N 驱动步进电机。单片机并口 PB0 ~ PB3 输出信号经 L298N 的放大,用于驱动垂直面电机,PB4 ~ PB7 输出信号用于驱动水平面电机,PA0 ~ PA1、PA2 ~ PA3 分别输出信号用于控制垂直面与水平面电机的运行或停止。二极管 $D_1 \sim D_8$ 及 $D_9 \sim D_{16}$ 用于续流。

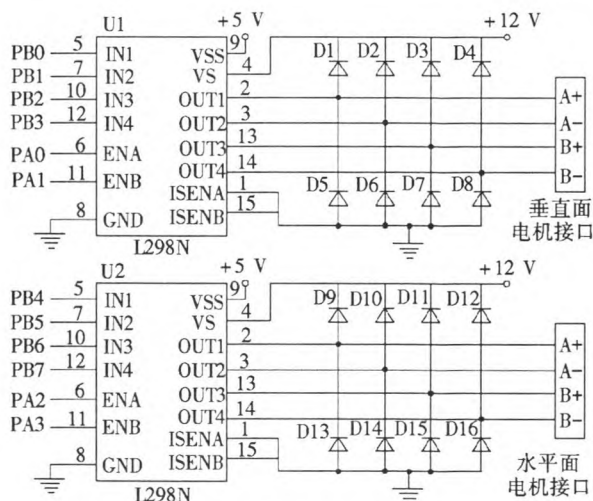


图 6 电机驱动模块电路图

Fig. 6 Circuit diagram of motor drive module

L298N 的内部结构图如图 7 所示,该芯片内部集成了两个 H 桥电路。VSS(9 脚)为芯片工作电源输入端,接 +5 V,VS(4 脚)为电机电源输入端,接 +12 V。IN1 ~ IN4(引脚 5、7、10、12)是输入端,OUT1 ~ OUT4(引脚 2、3、13、14)是输出端。ENA、ENB 分别为 IN1 和 IN2、IN3 和 IN4 的使能端,均为高电平有效。根据图 7,当 ENA 和 ENB 均为有效状态时,OUT1 ~ OUT4 输出电平与 IN1 ~ IN4 输入电平是一一对应的,电机转动状态编码如表 1 所示。每个 L298N 芯片可以驱动一个步进电机。

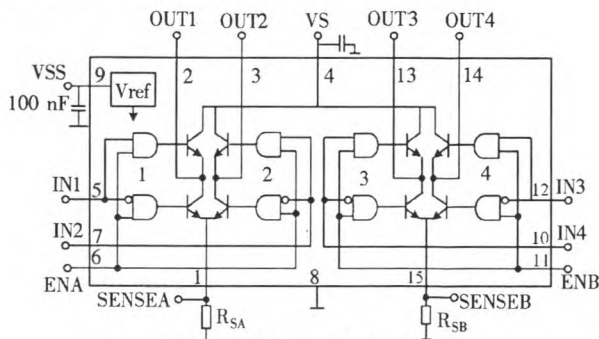


图 7 L298N 的内部结构图

Fig. 7 Circuit diagram of motor drive module

2.2.4 软件设计

软件流程如图 8 所示。系统初始化后,首先检测有无按键闭合,若有根据闭合键值进行时间设置或电机输出位置调整;对时钟芯片进行时间设置后,可为系统提供准确的时间,以便实现定时跟踪与复位。光检测信号经调理输入主控芯片,再经计算判断,获得电机需要调整的位置,并输出信号进行调整。但为了保护设备,同时为第 2 天

表 1 电机转动状态编码
Table 1 Encoding of motor rotation state

IN4(B+)	IN3(B-)	IN2(A+)	IN1(A-)	电机状态
1	1	1	0	电机正转 8 拍
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	0	0	1	
1	1	0	1	
0	1	0	1	
0	1	1	1	
0	1	1	0	
0	1	1	0	电机反转 8 拍
0	1	1	1	
0	1	0	1	
1	1	0	1	
1	0	0	1	
1	0	1	1	
1	0	1	0	
1	1	1	0	

跟踪做好准备,当机械设备转到极限位置时,限位开关向单片机系统发送脉冲,单片机响应此操作,使自动跟踪装置不再转动。步进电机转速的调整由程序调节每拍之间的延时来实现。

3 结束语

本文利用欧几里得几何知识分析研究了太阳自动跟踪系统的旋转原理,据此设计了太阳自动跟踪系统,包括机械结构和以飞思卡尔公司的 16 位单片机 MC9S12XS128 为控制核心的自动跟踪控制器的设计。

参考文献:

[1] 张丽丽,王建民. 太阳位置光电模拟信号检测跟踪的实现[J]. 自动化技术与应用,2010,29(9):40-43.
[2] 张河新,郎龙军,李建朝,等. 太阳能自动跟踪传感器的研究[J]. 农业工程技术(新能源产业),2010(3):27-29.
[3] 王尚文,高伟,黄树红. 混合双轴太阳自动跟踪装置的研究[J]. 可再生能源,2007,25(6):10-13.
[4] 张阳,吴晔,腾勤. MC9S12XS 单片机原理及嵌入式系统开发[M]. 北京:电子工业出版社,2011.

Design of Auto Sun Tracking System Based on Single Chip Computer

CANG Siyu, SUN Jianming, WANG Zhongjun, ZHANG Lanhong
(School of Electrical Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China)

Abstract:The rotating principle of auto sun tracking sysytem is analyzed by using Euclidean geometry knowledge. Mechanical structure and controller based on SCM(Single chip microcomputer) of auto sun tracking system is designed. Optical detection circuit and motor drive circuit, which can realize the real time tracking to the sun ,are introduced mainly. Experimental result shows that the system can make the solar panels follow the sun accurately . The efficiency of solar power generation system are improved.
Keywords:Single chip microcomputer; Auto tracking system; The sun

(责任编辑:张振华)