

# 基于单片机的光伏发电自动跟踪系统设计\*

胡兴柳, 刘松, 刘昌元, 程俊

(安徽工业大学 电气信息学院, 安徽 马鞍山 243000)

**摘要:** 随着社会的进步发展, 可再生资源的日益减少, 加速开发利用以太阳光为主体的可再生能源已成为人们的共识。光伏发电自动跟踪装置是一种提高太阳能利用率、减少光伏发电成本的有效途径。提出了一种利用简单光敏元件和单片机控制的设计方案。

**关键词:** 光伏发电; 自动跟踪; 单片机

中图分类号: TP368

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)02-0066-03

## Design of photovoltaic automatic tracking system based on SCM

Hu Xingliu, Liu Song, Liu Changyuan, Cheng Jun

(School of Electrical Engineering & Information, Anhui University of Technology, Maanshan 243000, China)

**Abstract:** With the constant development of human society, renewable resources dwindling, accelerate development and utilization of solar energy as the main renewable energy has become the consensus. Photovoltaic automatic tracking device is a kind of improving the utilization ratio of solar energy, the effective ways to reduce the cost of PV power generation. This paper puts forward a design scheme of a simple light sensor and SCM control.

**Key words:** PV power generation; automatic tracking; SCM

太阳能自动跟踪系统的最主要部分通常由控制部件和转动调级部件组成。控制部件的作用是将太阳的位置坐标参数直接或间接输出给转动调级部件。转动调级部件的主要作用是将控制部件给出的信号经过调级处理或分解后用于驱动光线采集器的采集面始终保持与太阳光线垂直, 从而最大功率地接收光能。根据控制部件中控制信号产生的方式, 广义上可将跟踪技术分为主动式、被动式和混合式三类; 按照机械轴的数量, 一般分为单轴系统和双轴系统; 按照系统安装的形式又可分为固定式和跟踪式<sup>[1]</sup>。本文结合以上几种跟踪技术, 提出了一种基于单片机的混合式双轴跟踪系统的设计方案。

### 1 跟踪控制方案

#### 1.1 光电跟踪控制

在太阳能电池板的平面或者从其侧面延伸出的一个平面上按正东、正西、正南、正北 4 个方向对称布置 4 个光电传感器, 在 4 个传感器的正上方布置一块大小合适的遮挡板。

以东西方向的转角控制为例说明: 光照射到太阳能

电池板时, 遮挡板的投影会发生侧移, 那么由这两个传感器构成的电路会存在偏差电压, 此时就以这个偏差电压作为负反馈信号。采集的各路电压信号滤波后经过电压跟随器保持一下, 再由电压放大器放大后做出比较或者经过 A/D 转换后送进单片机, 由单片机发出控制信号给步进电机驱动模块再驱动步进电机由东向西拖动太阳能电池板转动。电压偏差信号小到误差带允许的范围内电机才停止动作。如此便构成了一个闭环自动跟踪系统。南北方向上的传感器工作原理类似, 做季度性光线偏移时的调节。

#### 1.2 日轨迹跟踪控制

根据天文学知识在进行太阳的高度角和方位角计算之前需要知道如下已知量<sup>[2]</sup>: (1) 当地的经度(longitude)和纬度(latitude); (2) 日期: 年(year)月(month)日(day); (3) 时间(北京时间): 时(hour)分(minute)秒(second)。

首先得到太阳赤纬角  $a$  的计算公式:

$$a = (0.3723 + 23.2567 \sin \theta + 0.1449 \sin 2\theta - 0.1712 \sin 3\theta - 0.758 \cos \theta + 0.3656 \cos 2\theta + 0.0201 \cos 3\theta) \times \pi / 180 \quad (1)$$

其中,  $\theta$  称为日角, 计算公式为:

$$\theta = 2\pi(N - N_0) / 365.2422 \quad (2)$$

欢迎网上投稿 [www.pcachina.com](http://www.pcachina.com) 69

\* 基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划项目(201210360092, 201210360093); 安徽省自然科学基金项目(KJ2012B184)

# 技术与方法 Technique and Method

式中  $N$  称为积日, 即某一日是一年当中的第几天, 因此  $1 \leq N \leq 366$ 。注意, 只有闰年的 12 月 31 日积日才为 366。而  $N_0$  可以通过如下公式来计算其积日:

$$N_0 = 79.6764 + 0.2422(\text{year} - 1985) - \text{INT}[(\text{year} - 1985)/4] \quad (3)$$

其中 INT 表示取整。

均时差  $E_t$  也可以通过相似的公式计算得到:

$$E_t = 0.0028 - 0.19857 \sin \theta + 9.9059 \sin 2\theta - 7.0924 \cos \theta - 0.6882 \cos 2\theta \quad (4)$$

再得到太阳时角  $b$  的计算公式如下:

$$b = \{(\text{Hour} - 12) + [\text{Min} - (2\pi/2 - \text{Lon}) \times 4 + E_t] / 60 + \text{Sec} / 3600\} \times \pi / 12 \quad (5)$$

综上所述可以由已知量得到太阳的赤纬角  $a$  和时角  $b$ , 接下来再换算得到地平坐标系中太阳的高度角  $H$  与方位角  $A$ 。

太阳高度角  $H$  的计算公式如下:

$$\sin H = \sin a \times \sin(\text{Lat}) + \cos a \times \cos(\text{Lat}) \times \cos b \quad (6)$$

太阳方位角  $A$  的计算公式如下:

$$\cos A = (\sin H \times \sin(\text{Lat}) - \sin a) / (\cos H \times \cos(\text{Lat})) \quad (7)$$

该控制策略可采用时钟芯片来提供系统计算太阳方位角和高度角所需要的各个时间参数, 时钟的准确性是控制系统正常工作的前提, 因此要求时钟模块具有较高的准确性。

## 1.3 混合式双轴跟踪控制

该控制系统以光电跟踪为主, 当太阳光线照射到太阳能聚光板后, 如果不是垂直照射势必会形成东西方位和南北方位的光照差, 此光照差会被光电传感器采集到, 经过信号处理电路后再进行 A/D 转换, 然后送入单片机, 由单片机发出是否需要调整太阳能板的姿态信息给电机驱动器, 以拖动步进电机调整太阳能板的姿态。另外附着在系统上的角度编码器可以实时记录系统的位置信息, 供单片机随时读取来做系统的选择性控制, 这一点可参照过程控制系统中选择性控制系统<sup>[3]</sup>的设计方法。

## 2 硬件设计

### 2.1 光信号检测和放大电路

图 1 所示为光信号检测和放大电路。由 5 V 电源给光敏三极管供电, 回路电流根据光敏三极管接收到的光照情况发生变化, 因而从光敏三极管中取出的电压值会发生变化, 将两路电压信号送入运放放大得到两路的压差信号。

### 2.2 信号处理电路

图 2 为信号处理电路图。电路的输入信号为放大以后的压差信号, 运放工作在开环比较状态, 上半部分设定阈值为 4 V, 下半部分设定阈值为 6 V (实际中阈值是可调的), 那么 4 V 到 6 V 之间这段作为压差 (光照差) 的误差带。比较压差, P15、P16 信号点会输送高低电平给单片机从而控制电机动作。

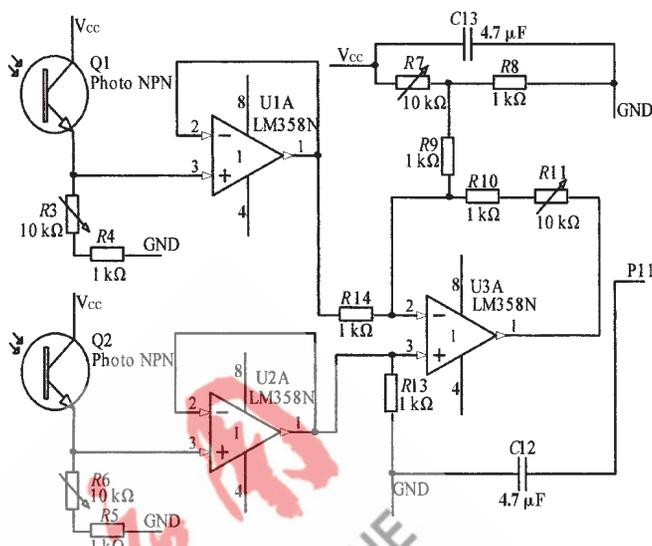


图 1 光信号检测和放大电路图

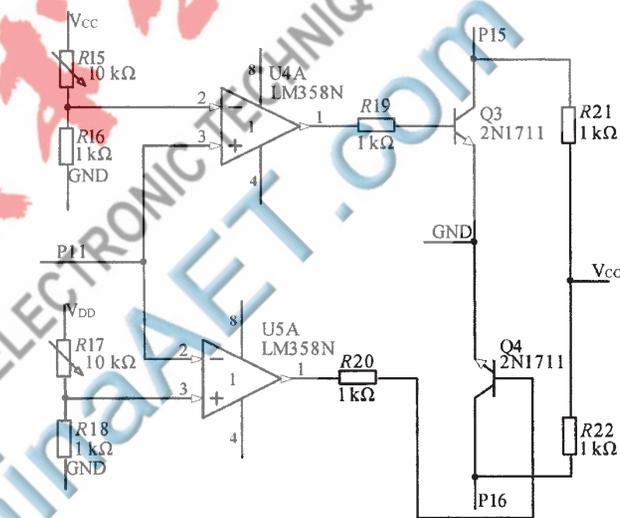


图 2 信号处理电路图

## 3 软件设计

### 3.1 光电跟踪流程图

图 3 所示为光电跟踪流程图。进入光电跟踪模式后, 先分别读取由东西南北 4 个方位的光敏三极管电路采集到的电压值, 然后东西方向的电压值比较作差, 南

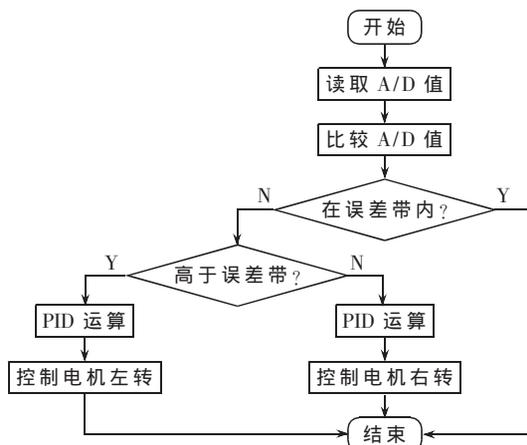


图 3 光电跟踪流程图

## 技术与方法 Technique and Method

北方向的电压值比较作差。如果在误差带内,系统无需调节,电机不动作,直接结束;如果电压差值不在设定的误差带内且高于正阈值,则由电压差值与正阈值的差值大小进行PID运算得到转动角度控制步进电机正转,反之则控制步进电机反转。

### 3.2 定时跟踪流程图

如图4所示,进入自动跟踪模式后立即启动定时器,开始定时,由于单独检测光照情况的光敏三极管电路输出的电压值被单片机每10min采集一次,此处定时跟踪的动作时间设置为30min,如果在30min内光照条件又恢复到较佳状态,则定时器复位,退出定时模式,继

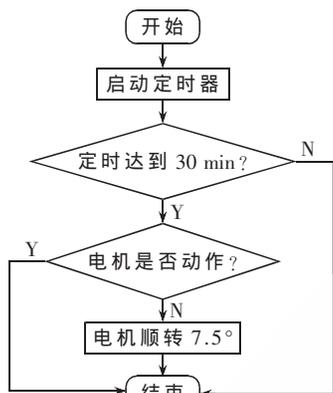


图4 定时跟踪流程图

续光电跟踪。如果30min内发现电机没有动作记录,则电机按照逻辑顺转的方向动作7.5°跟上太阳脚步。

该设计的优势是保证双轴跟踪系统可以在复杂多变的天气情况下稳定可靠地工作。方案中以单片机作为控制器,发挥其在系统设计中性价比高的优势。以步进电机作为执行机构拖动太阳能聚光板进行姿态调整,以光敏三极管组建检测电路,减少硬件设计和软件开销,从而可以在提高系统的可靠性和准确性的同时降低成本。

### 参考文献

- [1] 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):636-639.
- [2] 王炳忠.太阳能中天文参数的计算[J].太阳能,1999(2):8-10.
- [3] 方康玲.过程控制系统(第2版)[M].武汉:武汉理工大学出版社,2007.

(收稿日期:2013-09-19)

### 作者简介:

胡兴柳,女,1974年生,博士,教授,主要研究方向:嵌入式系统。

刘松,男,1988年生,在读研究生,主要研究方向:嵌入式系统。

刘昌元,男,1990年生,本科,主要研究方向:嵌入式系统。