

基于热释电红外传感器的人体追踪电机控制的应用^{*}

李振兴¹, 谭洪¹, 李开成², 叶诗韵¹, 贾长杰²

(1. 三峡大学 电气与新能源学院, 湖北 宜昌 443002;

2. 华中科技大学 强电磁工程与新技术国家重点实验室, 武汉 430074)

摘要: 立足于当今物联网技术的发展以及智能家居的研究现状, 设计了一种基于热释电红外传感器的智能人体追踪电扇。该设计采用 MSP430F149 单片机作为控制器, 通过 5 个 HC-SR501 热释电红外传感器组对人体位置的实时检测, 实现左右和上下二维方向追踪人体。整个系统实用性强、集成度高、价格便宜、体积轻巧, 具有广阔的应用前景。

关键词: 智能家居; 人体追踪; MSP430F149; 热释电红外传感器

中图分类号: TM933

文献标识码: B

文章编号: 1001-4390(2017) 10-0108-05

Application of human body tracking motor control based on pyroelectric infrared sensor

Li Zhenxing¹, Tan Hong¹, Li Kaicheng², Ye Shiyun¹, Jia Changjie²

(1. College of Electrical Engineering & New Energy, China Three Gorges University, Yichang 443002, Hubei, China. 2. State Key Laboratory of Advanced Electromagnetic Engineering and Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Established in the development of the modern thing-of-network technology and research status of smart home, this paper designs an intelligent human tracking fan based on PIRs. The design adopts MSP430F149 microcontroller as the controller to achieve two-dimensional direction tracking the human body through the body position real-time detection by 5 PIRs. The whole system has strong practicability, high integration, low cost, light volume, and broad application prospects.

Keywords: smart home, human body tracking, MSP430F149, pyroelectric infrared sensor

0 引言

物联网(Internet of Things, IoT)作为一种新兴网络技术和产业模式受到广泛关注,被认为是继计算机、互联网之后,世界信息产业的第三次浪潮^[1-2]。物联网技术能够使物体变得更加智能化,基于物联网技术的智能家居、智能电网、智能医疗设备、智能农业设备等正在影响和改变着我们的生活^[3-5]。

随着基于物联网技术的智能家居的蓬勃发展,对人体目标的追踪成为目前很重要的一个研究方向。文献[6]很早就提出了基于图象的人体运动追踪,文献[7]将形态学应用于基于图象的人体追踪系

统中,可以对实时动态目标进行追踪,并具有一定的鲁棒性,但基于图像的方法实现复杂、成本高。文献[8]提出利用激光扫描追踪人体目标,精度较高,但不适用于智能家居领域。文献[9]综述了无线 PIR 的人体目标追踪方法,具有成本低、功耗低、针对性强等优点,但是主要采用的是无线传感器网络来实现,需要在人体活动空间分散安装多个传感器。本文提出利用多个无线 PIR 集中安装实现人体追踪,并应用于电扇上,具有实用性强、集成度高、体积轻巧等优点和广阔的应用前景。

1 系统结构及总体方案设计

该设计为一种具有自动追踪人体运动功能的立式电扇,由电扇主体和控制系统两部分组成。如图 1 所示为本系统的整体结构图,电扇主体由底座、立

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51507091); 强电磁工程与新技术国家重点实验室开放基金资助项目(2016KF003)

柱、电扇头以及水平方向和竖直方向的电机组成,控制系统以 MSP430 单片机为主控制器。在电扇头中间部分安装的人体运动检测模块,可检测人体的运动信息,控制系统根据人体运动检测模块的信号控制水平方向的电机和竖直方向的电机来调整电扇头的方向,使得电扇能在二维方向上自动追踪人体的运动。系统工作的示意图如图 2,电扇可以根据人体的运动在水平方向和竖直方向进行跟踪。

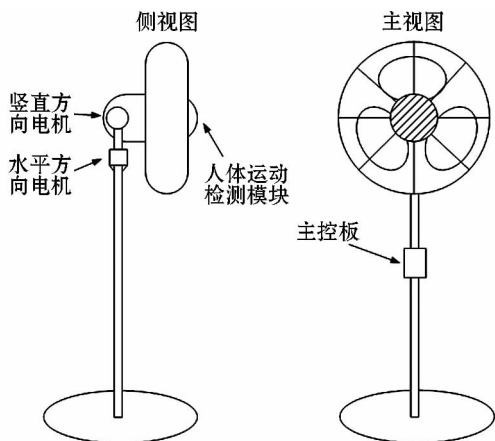


图1 系统结构图

Fig. 1 System structure diagram

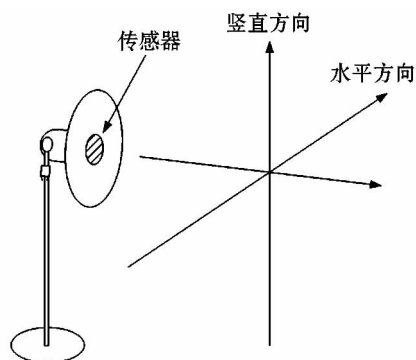


图2 系统工作示意图

Fig. 2 Schematic diagram of system work

如图 3 所示为系统总体控制原理框图,控制系统包括人体运动检测模块、按键输入模块、红外遥控模块、系统主控模块、LED 指示模块、电机驱动模块等。人体运动检测模块的传感器采用热释电红外传感器,按键模块采用独立按键,红外遥控模块采用 NEC 编码红外遥控器和 HX1838 接收头,系统主控模块的控制器采用 MSP430 单片机,LED 指示模块采用普通 LED 作为指示,电机驱动模块采用 L298N 电机驱动模块,水平方向和竖直方向的电机采用步进电机。

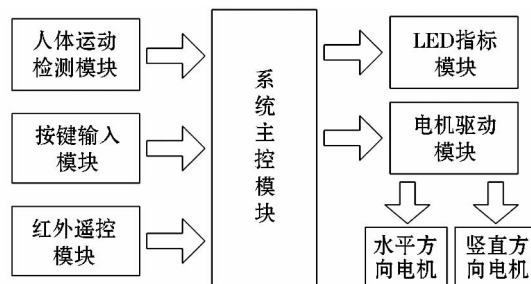


图3 系统总体控制框图

Fig. 3 System overall control block diagram

2 硬件设计

2.1 人体运动检测模块

热释电红外传感器以非接触形式检测环境中红外辐射的变化,对人体运动具有敏感度高、适用范围广、隐蔽性强和受环境光线干扰小等优点^[10-11]。人体运动检测模块是由 5 个 HC-SR501 热释电红外传感器组成,通过 5 个传感器检测到的信息来判断人体的运动及与电扇头的方位偏差。HC-SR501 热释电红外传感器的感应范围为 100° 以内的圆锥角,感应距离为 3 m ~ 10 m 可调节,当人进入其感应范围则输出高电平,人离开其感应范围则自动延时关闭高电平,输出低电平。

如图 4 所示为人体运动检测模块传感器安装图,正中间安装的传感器 5,传感器 1、2、3、4 安装在传感器 5 周围且分别与传感器 5 成 40° 夹角。其中传感器 1、2 在竖直方向安装,传感器 3、4 在水平方向安装。这样在水平和竖直方向 180° 范围内都有传感器可以检测到。

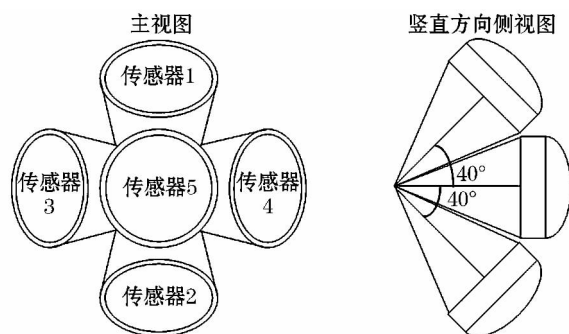


图4 人体运动检测模块传感器安装图

Fig. 4 Human detection sensor installation diagram

如图 5 所示为竖直方向传感器检测范围示意图, AOE 为传感器 1 检测的范围, COG 为传感器 2 所检测的范围, BOF 为传感器 5 所检测的范围, COE 为 3 个传感器共同检测的范围。这样就可以根据传感器检测到的

信息来判断人体所在的范围,同样在水平方向 3 个传感器检测的情况与此完全一致,由此就可以得到在 XY 截面上各传感器检测区域如图 6 所示,其中传感器 5 在 5 m 处截面上的圆形区域半径是 5.95 m。

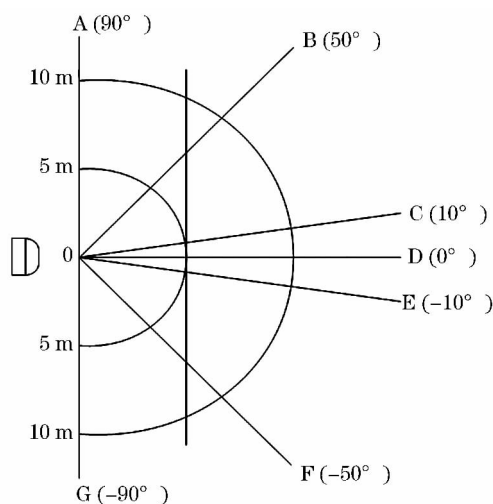


图 5 竖直方向传感器检测范围示意图

Fig. 5 Schematic diagram of the detection range of the vertical direction sensor

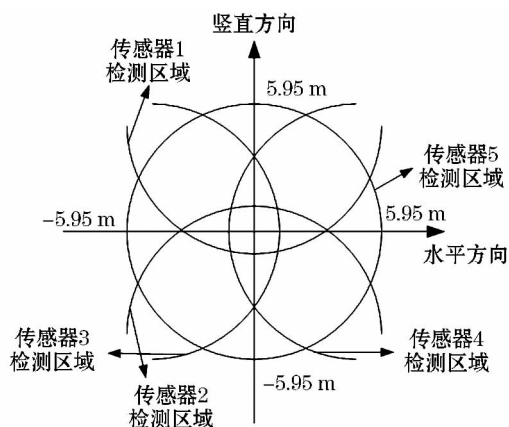


图 6 XY 截面传感器检测范围示意图

Fig. 6 Schematic diagram of XY section sensor detection range

如图 7 所示为传感器电路接线图,5 个 HC-SR501 热释电红外传感器组成人体运动检测模块。传感器信号为数字信号,直接经电阻接单片机 IO 口。

2.2 系统主控模块

系统主控模块由 MSP430F149 单片机及其最小系统等外围电路组成,该单片机是某公司的 16 位超低功耗微处理器,其电源电压采用 1.8 V ~ 3.6 V 低电压,具有功耗低、可靠性高、体积小、扩展灵活、价格低廉和使用方便等优点,广泛应用于仪器仪表、专

用设备智能化管理及过程控制等领域,具有很高的控制质量和良好的经济效益^[12]。如图 8 所示为 MSP430F49 单片机及其最小系统电路。

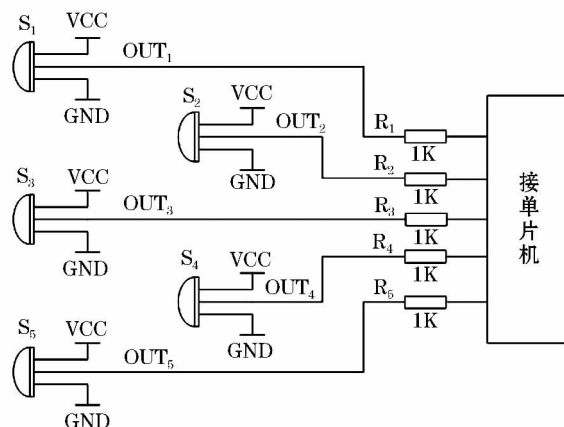


图 7 传感器电路接线图

Fig. 7 Sensors circuit wiring diagram

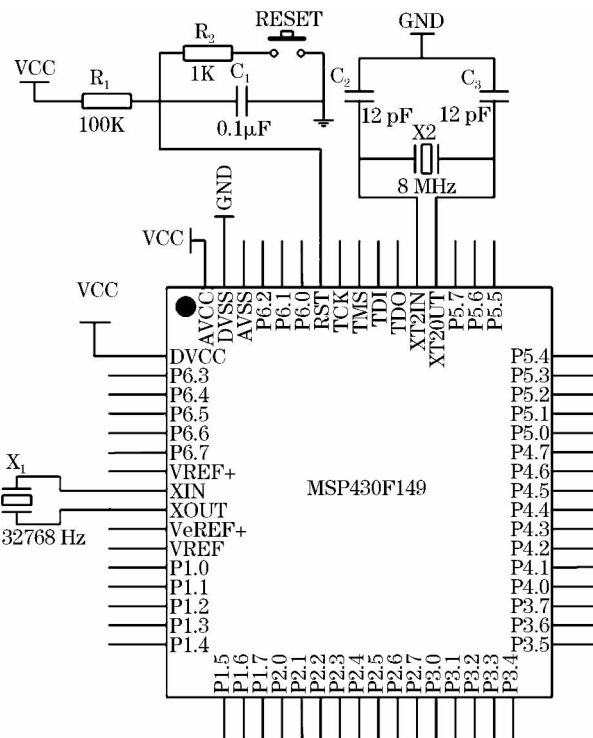


图 8 MSP430F49 单片机及其最小系统电路图

Fig. 8 Circuit diagram of MSP430F49 and its minimum system

2.3 电机驱动模块

为提高系统效率,降低功耗,电机驱动电路采用基于双极型 H 桥型脉宽调制方式 (PWM) 的集成电路 L298N。PWM 被称作“开关驱动装置”,在脉冲的作用下,只需改变 PWM 的占空比即可控制电机的转速^[13]。L298N 因其优良性能适合用于小型电机控制

芯片,本系统的电机驱动模块包含两个如图9所示的L298N电机驱动电路,分别驱动水平方向步进电机和竖直方向步进电机。

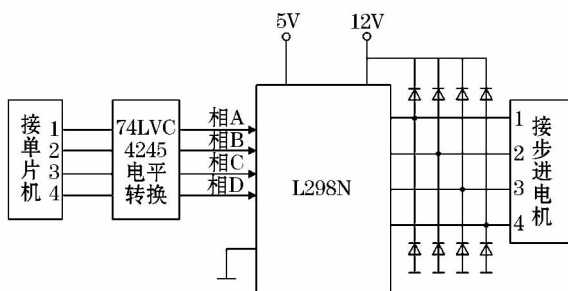


图9 L298N电机驱动电路

Fig. 9 L298N motor drive circuit

2.4 其他模块

在电扇控制方面电机具有重要作用,而步进电机具有步距值恒定、误差不积累、控制性能好的优点,因此本设计采用步进电机以快速准确追踪人体。本设计其他模块为按键模块采用独立按键,红外遥控模块采用NEC编码红外遥控器和HX1838接收头,LED指示模块采用普通LED作为指示。

3 软件设计

通过对单片机进行编程,利用人体运动检测模块定时检测的信息控制驱动二维方向的电机来调整电扇头的方向,从而追踪人体运动。本系统控制算法主要采用差速控制,以此保证系统对人体运动的快速准确跟踪。以竖直方向为例如图5所示,当人体处于AOB或者FOG区域时电机将以较快的速度旋转,而当人体处于BOC或者EOF区域时电机将以较慢的速度旋转,当人体处于EOF即满足系统的精度要求而停止。图10即为本系统主程序流程图。

4 实验数据分析

通过实验,分别测得人体处于与中间传感器5的中心线呈不同角度以及人体离人体检测模块不同距离情况下,人体运动检测模块各个传感器所检测到的信号如表1所示。表格中五位0或1分别代表传

表1 实验结果

Tab. 1 Experiment results

	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m
-70°	00100	00100	00100	00100	00000
-30°	11101	11101	11101	11101	00000
-5°	11111	11111	11111	11111	00000
5°	11111	11111	11111	11111	00000
30°	11011	11011	11011	11011	00000
70°	00010	00010	00010	00010	00000

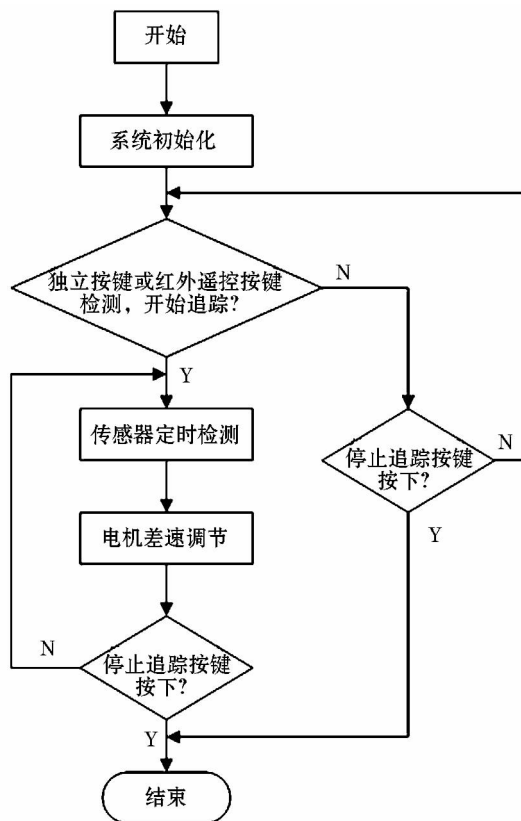


图10 系统主程序流程图

Fig. 10 System main program flow chart

感器1到传感器5所检测到的信号,0代表未检测到人体信号,1代表检测到人体信号。

由表1可以看出当人体在8 m以内的不同位置,人体检测模块可以正确地检测人体的位置,当人体离传感器的距离达到10 m以上时就超出了传感器的检测范围,因此该人体检测模块完全可以满足室内电扇追踪人体的功能。当人体处于传感器中心10°范围内时,所有传感器均可以检测到人体信号,表示电扇正对人体,因此可实现电扇追踪人体可以达到10°以内的精度。考虑到8 m以内10°范围的距离也只有不到1.5 m,且电扇的风具有较大范围,完全可以满足这个范围人体吹电扇的要求。若需利用该检测模块到其他精确定位要求更高的领域适当增加传感器的个数即可。

5 结束语

应用热释电红外传感技术,设计了一种智能人体追踪电扇。该电扇能够实时检测人体的位置,自动实现左右摆动电扇和上下调整电扇仰角的控制,使人体最大获得电扇风量。文章的关键技术体现在:基于HC-SR501热释电红外传感器的集中安装,设计了一种人体追踪技术;电扇能够在二维(左右与

上下)方向大范围自动调整追踪人体;整个产品实用性强、集成度高、价格便宜、体积轻巧,具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 钱志鸿,王义君. 物联网技术与应用研究[J]. 电子学报,2012,(5): 1023-1029.
Qian Zhihong, Wang Yijun. IoT Technology and Application [J]. Acta Electronica Sinica, 2012, (5): 1023-1029.
- [2] Huang Y H, Li G Y. Descriptive models for internet of things [A]. International Conference on Intelligent Control and Information Processing [C]. Harbin, China: IEEE Press, 2010: 483-486.
- [3] A. Zanella. Internet of Things for Smart Cites [J]. IEEE Internet of Things Journal, 2014, 1(1): 22-32.
- [4] 符长友,马刚,周苗苗. 基于物联网的高级量测体系的设计[J]. 电测与仪表,2012,49(7): 45-48.
Fu Changyou, Ma Gang, Zhou Miaomiao. Design of Advanced Metering Infrastructure Based on Internet of Things [J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2012, 49(7): 45-48.
- [5] 沈敏轩,孙毅,李彬. 基于物联网技术的自动需求响应系统架构与应用方案研究[J]. 电测与仪表,2014,51(24): 96-100.
Shen Minxuan, Sun Yi, Li Bin. Study on the architecture and application of the automatic demand response system based on the technology of IOT [J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2014, 51(24): 96-100.
- [6] 雷小永,戴树岭,孙耀辉. 基于图象的人体运动追踪系统研究[J]. 系统仿真学报,2001,(S2): 576-579.
Lei Xiaoyong, Dai Shuling, Sun Yaohui. The Study of Image-based Human Body Motion Tracking System [J]. Journal of System Simulation, 2001, (S2): 576-579.
- [7] 惠飞,赵祥模,杨澜. 形态学动态人体追踪方法[J]. 计算机工程与应用,2011,47(16): 16-18.
Hui Fei, Zhao Xiangmo, Yang Lan. Method of moving body tracking using morphology [J]. Computer Engineering and Applications, 2011, 47(16): 16-18.
- [8] 郭爱波,王宏,郑兴文,李木岩. 激光扫描追踪人体目标位姿的算法研究[J]. 机电工程,2014,31(9): 1122-1126.
Guo Aibo, Wang Hong, Zheng Xingwen, Li Muyan. Research on the algorithm of laser scanning in tracking the position of human targets [J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(9): 1122-1126.
- [9] 王子豪,田杰,魏玉宏. 无线 PIR 的人体目标追踪方法研究综述[J]. 传感器与微系统,2016,35(4): 8-10.
Wang Zihao, Tian Jie, Wei Yuhong. Review of human body target tracking methods based on wireless PIR [J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2016, 35(4): 8-10.
- [10] 杨卫,赵迪,刘前进. 针对运动目标感知的动静态双坐标探测系统[J]. 红外与激光工程,2014,43(1): 279-283.
Yang Wei, Zhao Di, Liu Qianjin. Moving targets' perception of static and dynamic double coordinate detection system [J]. Infrared and Laser Engineering, 2014, 43(1): 279-283.
- [11] 李方敏,姜娜,熊迹,等. 融合热释电红外传感器与视频监控器的多目标跟踪算法[J]. 电子学报,2014,(4): 672-678.
Li Fangmin, Jiang Na, Xiong Ji, et al. Multi-Object Tracking Scheme with Pyroelectric Infrared Sensor and Video Camera Coordination [J]. Acta Electronica Sinica, 2014, (4): 672-678.
- [12] 陶维青,王付军. 基于 GPRS 网络的 MSP430 单片机 Flash 远程更新方法[J]. 电测与仪表,2007,44(7): 33-36.
Tao Weiqing, Wang Fujun. The method of updating flash of MSP430 microchip remotely based on GPRS network [J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2007, 44(7): 33-36.
- [13] 张玉平. 基于以太网的发动机功率远程测试装置设计[J]. 电测与仪表,2013,50(5): 16-20.
Zhang Yuping. Design Based on Ethernet of the Remote Engine Power Test Apparatus [J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2013, 50(5): 16-20.

作者简介:



李振兴(1977—),男,博士,副教授,研究方向为电力系统保护与控制。Email: lzx2007001@163.com

谭洪(1991—),男,硕士研究生,从事电力系统继电保护和控制以及嵌入式系统的研究。Email: 1165825588@qq.com

李开成(1962—),男,教授,博士,博士生导师,主要从事电子式互感器、电能质量分析以及电磁测量方面的教学和科研工作。

Email: likaicheng@mail.hust.edu.cn

收稿日期:2016-04-08;修回日期:2016-11-20

(田春雨 编发)