

基于人体步态识别的热释电红外传感报警系统*

张 涛¹, 钟舜聪^{1,2*}

(1. 福州大学 机械工程及自动化学院, 福建 福州 350108;

2. 华东理工大学 承压系统安全科学教育部重点实验室, 上海 200237)

摘要:针对热释电红外传感器对运动后静止的人体无法感应的缺点,设计了一种基于人体步态识别的热释电红外报警系统,大大提高了系统感知智能度,减少了报警的误报率。该系统利用热释电红外传感器(PIR)作为探头,将检测到人体的红外信息转换成电压信号,通过滤波、放大等信号调理以及经过数据采集后,将信号传递给单片机处理,结合人体运动特征进行步态识别,从而实现智能报警,达到安全防护的目的。研究表明,基于人体步态识别的热释电红外报警系统具有性能稳定、灵敏度高、误报率低等优点,适合各种安全报警的场合,具有广泛的应用前景。

关键词:热释电红外传感器;人体运动特征;步态识别;报警系统

中图分类号: TH811; TP732. 2; O434. 3

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)10-1190-04

Pyroelectric infrared alarm system based on human gait recognition

ZHANG Tao¹, ZHONG Shun-cong^{1,2*}

(1. School of Mechanical Engineering and Automation, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China;

2. Key Laboratory of Safety Science of Pressurized System of Ministry of Education, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract: In order to solve the problem of difficult detecting the motionless human body using pyroelectric infrared (PIR) sensor, a passive PIR alarm system based on human gait recognition was investigated to enhance the intelligence of the system and to reduce the false alarm rate. As the detector, PIR sensor was employed in the system for non-contact monitoring the human body within a certain distance. The PIR signal was filtered, amplified, and then converted to a digital signal by an analog-to-digital converter. Consequently, the digital signal was sent to a microcomputer (MCU) for processing. The human body movement characteristics were analyzed to achieve accurate security alarm purpose. The experimental results demonstrate the stable performance, high sensitivity and low false alarm rate of the developed PIR alarm system, therefore, it can be recommended for the applications in security system of home, shopping center, and warehouse.

Key words: pyroelectric infrared (PIR) sensor; human movement characteristics; gait recognition; alarm system

0 引 言

随着时代的进步,人们对于所处环境的安全性提出了更高的要求,尤其是在人身以及财产安全方面。目前很多公司、住宅小区都安装了智能报警系统,有效地保证了居民的人身财产安全^[1]。

目前国内使用的各类防盗、保安报警器都是以超声波、主动式红外发射/接收以及微波等技术为基础^[2],但这些报警系统具有成本高、隐蔽性不好、误报率较高,且在普通家庭以及办公室不易普及等缺点^[3]。

被动式报警系统采用热释电红外传感器,它是基于热释电效应,能以非接触形式检测出人体特定波长

收稿日期: 2011-05-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51005077);福建省杰出青年基金资助项目(2011J06020);教育部回国留学人员启动基金资助项目(教外司留[2008]890号);福州大学人才基金资助项目(XRC-1024)

作者简介: 张 涛(1989-),男,湖北黄冈人,主要从事无损检测及仪器方面的研究。E-mail: taozhangfzu@163.com

通信联系人: 钟舜聪,男,研究员,博士生导师。E-mail: zhongshuncong@hotmail.com

的红外辐射,有很强的隐蔽性,能较好地实现报警功能,而且在自动控制、接近开关、遥控等领域也有较好的应用^[4]。

现在已有部分基于热释电红外传感器的报警系统,但它们对侵入侦测范围内的一切运动人体进行感应,无法智能识别,误报率较高^[5-6]。

由于热释电红外传感器是通过目标与背景的温差来检测目标,对运动后静止的人体无法感应^[7],且缺乏智能识别,无法判别人体是“误入”还是“强行侵入”检测区域^[8]。目前虽然已有学者利用热释电红外传感器对人体动作识别进行了一些研究^[9-13]。但是目前仍没有关于基于步态识别报警系统的报道。

本研究引入步态识别,对侵入检测区域的人体行为进行实时监控,以判断人体是“误入”还是“强行侵入”检测区域,从而智能报警,以减少误报率。

1 热释电红外传感报警系统

1.1 系统框图

热释电被动红外传感报警系统框图如图 1 所示,当人体进入检测区时,因人体温度与环境温度有差别,人体发出的 $10\ \mu\text{m}$ 左右的红外线通过光学菲涅尔透镜聚集到热释电红外传感器,将红外信号转换为电信号。通过信号调理电路将微弱输出信号进行滤波、放大,再经过 A/D 转换电路,将模拟输出信号转换为数字信号传至单片机系统。单片机系统接收到数字信号后,对人体行为进行监控。如有人体侵入检测区域,则立即启动报警系统,同时实时监测人体的步态行为,进行比对以判断人体是“误入”还是“强行闯入”检测区域,实现智能报警,以减少误报率。这种基于步态识别的热释电红外报警器系统,既充分利用了热释电传感器的隐蔽性好、稳定性高、适用领域广的特点,又克服了传统红外传感报警器对一切人体行为都予以报警的缺陷。

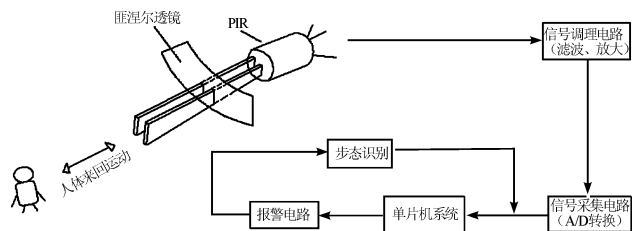


图 1 热释电被动红外传感报警系统框图

1.2 热释电红外传感器

热释电红外传感器是通过目标与背景的温差来探测目标,其工作原理是利用热释电效应,即在碳酸钡一

类晶体的上、下表面设置电极,在上表面覆以黑色膜,若有红外线间歇地照射,其表面温度上升 ΔT 。其晶体内部的原子排列将产生变化,引起自发极化电荷,在上、下电极之间产生电压 ΔU 。

热释电红外传感器由传感探测元、场效应管、光学滤镜、偏置电阻和 EMI 电容等元器件组成,其内部框图如图 2 所示。使用时 D 端接电源正极, G 端接电源负极, S 端为信号输出。该传感器将两个极性相反、特性一致的探测元串接在一起,目的是消除因环境和自身变化引起的干扰。光学滤镜的主要作用是只允许波长在 $10\ \mu\text{m}$ 左右的红外线(人体发出的红外线波长)通过,而将灯光、太阳光及其他辐射滤掉,以抑制外界的干扰。对于辐射至传感器的红外辐射,热释电传感器通过安装在传感器前面的菲涅尔透镜将其聚焦后加至两个探测元上,从而使传感器输出电压信号。

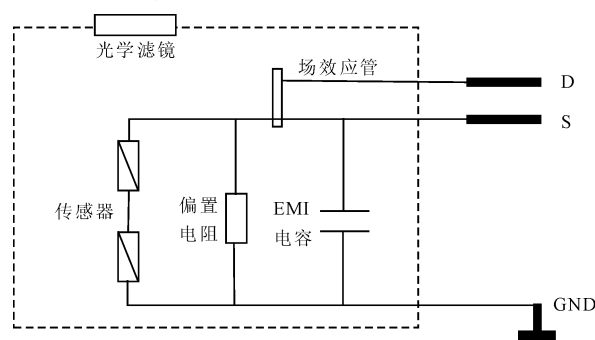


图 2 红外传感器内部框图

被动红外报警器主要是根据外界红外能量的变化来判断是否有人在移动。人体的红外能量与环境有差别,当人通过探测区域时,报警器收集到的这个不同的红外能量的位置变化,进而通过分析发出报警。若人体进入检测区后不动,则温度没有变化,传感器也没有信号输出,所以这种传感器适合检测人体或者动物的活动情况。

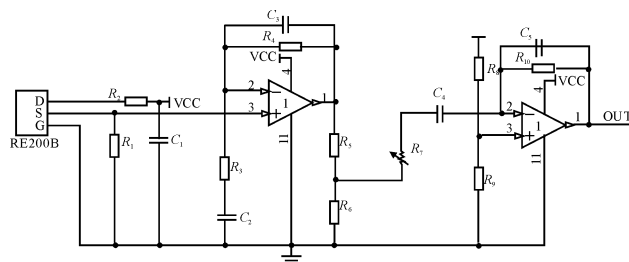


图 3 信号调理电路

1.3 信号调理和 A/D 电路

根据红外传感器输出信号特性可知,输出信号频率为 $0.3\ \text{Hz} \sim 3.0\ \text{Hz}$,输出电压为 $20\ \text{mV}$,因此信号调理电路需要设计一带通滤波器,以滤掉高频噪声信号,

同时由于输出电压信号极其微弱,还需要经过两级放大电路进行电压放大。信号调理电路要从多种噪声干扰中提取有用的微弱信号,故信号调理电路应具有低噪声、高增益、低频信号好、抗干扰能力强等特点。

信号调理电路如图 3 所示,传感器 D 端与 5 V 电源间串联一低通滤波器,用以降低射频干扰信号,信号从传感器 S 端输出后,经过带通滤波以及两级放大后,两级总增益为 64 dB。ADC0832 被选用来进行 A/D 转换。它为 8 位分辨率 A/D 转换芯片,其最高分辨可达 256 级,可以适应一般的模拟量转换要求。其内部电源输入与参考电压的复用,使得芯片的模拟电压输

入在 0 V ~ 5 V 之间。芯片转换时间仅为 32 μ s,具有双数据输出可作为数据校验,以减少数据误差,转换速度快且稳定性能强。独立的芯片使能输入,使多器件挂接和处理器控制变得更加方便。通过 DI 数据输入端,可以轻易地实现通道功能的选择。

1.4 单片机系统

STC89C52 是一种低功耗、高性能 CMOS 8 位微控制器,具有 8 KB 在系统可编程 Flash 存储器。使用高密度非易失性存储器技术制造,与工业 80C51 产品指令和引脚完全兼容。

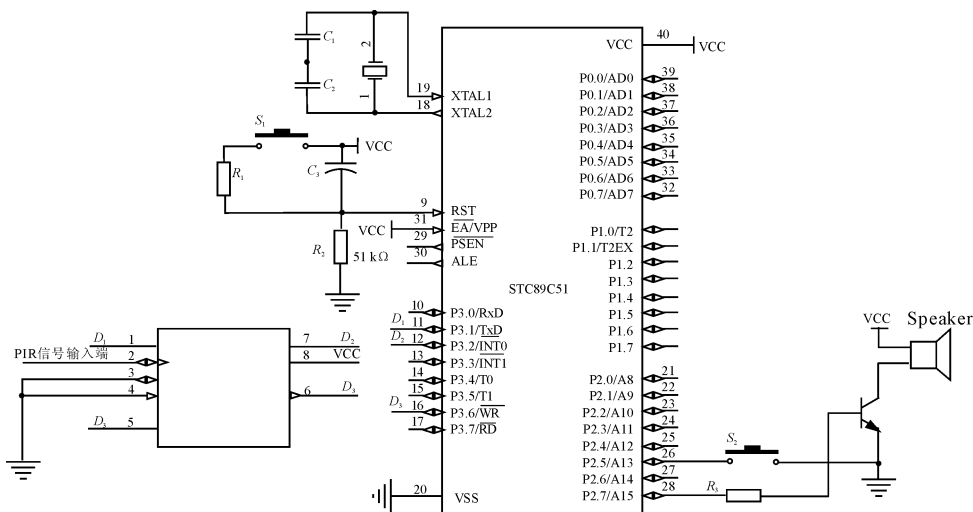


图 4 热释电被动红外传感报警系统中单片机外围电路图

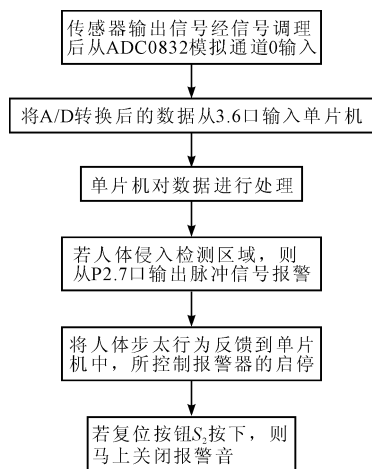


图 5 单片机系统工作流程图

STC89C52 具有以下标准功能: 8 KB Flash, 256 B RAM, 32 位 I/O 口线, 看门狗定时器, 2 个数据指针, 3 个 16 位 定时器/计数器, 1 个 6 向量 2 级中断结构, 全双工串行口, 片内晶振及时钟电路。STC89C52 中丰富的 I/O 端口以及中断系统, 能满足复杂的电路控制, 而且硬件电路简单, 成本低, 性能稳定, 能满足热释电红

外报警系统的要求。热释电被动红外传感报警系统中单片机外围电路图如图 4 所示, 单片机系统具体的工作流程图如图 5 所示。

2 步态识别

热释电红外传感器 RE200B 被使用到报警系统中。当人体靠近和离开红外传感器的时候, 其信号波形存在差异性, 如图 6 所示。这两张图是具有代表性的人体靠近和离开传感器的波形。如有人体靠近监测区域, 则波形先下降再上升, 最后趋于平缓; 如有人体离开监测区域, 则波形先上升再下降, 最后趋于平缓, 以此对步态进行识别。另外, 从图 6(a) 可以看出, 下降再上升的波形还有细微的波动波形, 此为人体站立不稳造成, 这表明该传感系统具有很高的灵敏度。因此, 从实验的结果可以看出, 热释电红外传感器具备识别人体运动状态的能力, 可进行步态识别。

人体步态识别流程图如图 7 所示, 具体人体步态识别过程如下:

运动人体进入检测区域后, 单片机控制报警器发

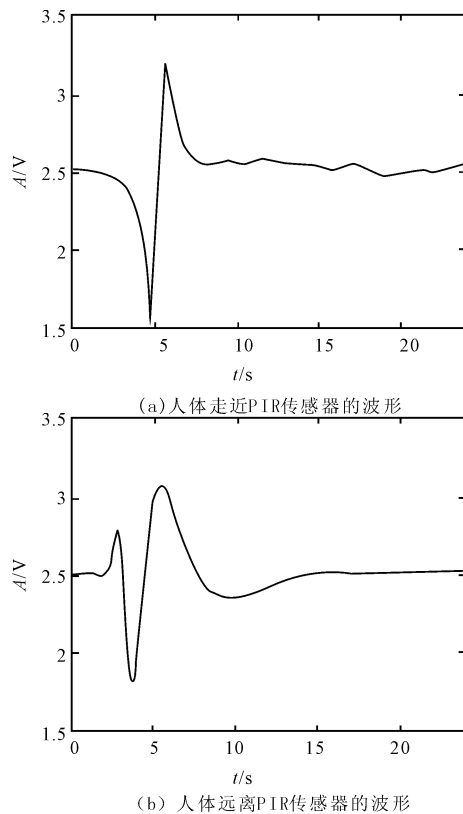


图6 人体靠近和离开PIR的波形

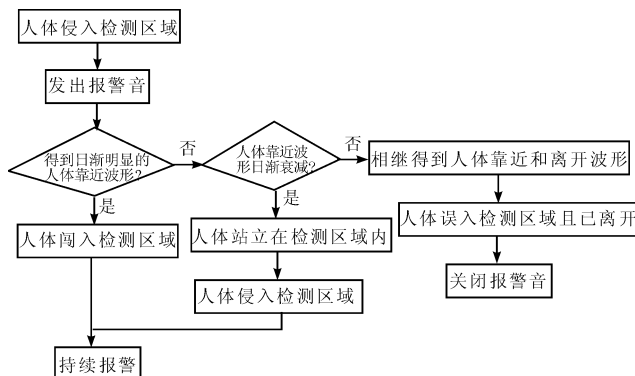


图7 人体步态识别流程图

出报警音,以提示运动人体已经侵入被检测区域。若单片机随即得到人体离开波形,则关闭报警器,表示有人体“误入”监测区域,而且已经离开检测区域,则马上停止报警,恢复系统常态。

若计算机得到日渐明显的人体靠近波形,表示有人体“非法闯入”监测区域,则应持续报警通知户主,让户主及时作出相应反应,以起到安全防护的作用。

若计算机得到的非上述两种波形,而是人体靠近波形逐渐衰减,表示有人体站在检测区域内不动,则应马上发出报警。

本研究通过设计上述基于人体的步态识别的报警系统,能克服传统热释电报警器对一切侵入人体都报警,且无法识别运动后静止人体的缺陷,提高了系统的

安全防护性能,减少了误报率。

3 结束语

针对热释电红外传感器对运动后静止的人体无法感应的缺点,本研究提出了一种基于人体步态识别的热释电红外报警系统。将人体步态识别引入红外报警系统中,既充分利用了热释电传感器的隐蔽性好、稳定性高的特点,克服了传统红外传感报警器对一切人体行为都予以报警的缺陷。研究结果表明,基于人体步态识别和单片机的热释电红外报警系统鲁棒性好、灵敏度高、误报率低等优点,该系统可以推广到各种安全报警的场合,具有广泛的应用前景。

参考文献(References):

- [1] 刘梅锋,钟国韵. 基于单片机 AT89C51 热释电红外报警系统的设计[J]. 安防科技,2007(2):27-28.
- [2] 卢鸣,王萍,郭艳. 多路热释电红外智能检测报警装置[J]. 微处理机,2006(6):107-113.
- [3] 吴英才,林华清. 热释电红外传感器在防盗系统中的应用[J]. 传感器技术,2002,21(7):47-48.
- [4] 刘舒淇,施国梁. 基于热释电红外传感器的报警系统[J]. 国外电子元器件,2005(3):18-20.
- [5] 徐克宝,曹建,元学广,等. 一种高灵敏度自主采样式热释电传感器的研究[J]. 仪器仪表学报,2006,27(12):1742-1745.
- [6] 陆尚炳,王海波,魏晋忠. 基于热释电红外检测技术的防盗报警器设计[J]. 企业技术开发,2009,28(3):47-50.
- [7] 孟凡勇. 热释电红外传感器[J]. 无线电,2005(9):58-60.
- [8] 王松德,赵艳. 红外探测无线遥控数显防盗报警系统[J]. 光谱学与光谱分析,2009(3):858-861.
- [9] 程卫东,董永贵. 利用热释电红外传感器探测人体运动特征[J]. 仪器仪表学报,2008,29(5):1020-1023.
- [10] 杨靖,动永贵,王东生. 利用热释电红外信号进行人体动作形态识别[J]. 仪表技术与传感器,2009(Z1):368-371.
- [11] LV X, LIU Y. Design of Human Motion Detection and Tracking Robot based on Pyroelectric Infrared Sensor[C]// Proceedings of the 8th world congress on intelligent control and automation, Jinan, China:[s. n.], 2010:3737-3740.
- [12] LEE S, HA K N. A pyroelectric infrared sensor-based indoor location-aware system for the smart home[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2006, 52(4):1311-1317.
- [13] 吴细煌,高智岗,陈丽娜,等. 基于51系列单片机及热释电人体红外线传感器的自动空气净化装置[J]. 机电工程技术,2009,38(9):111-112. [编辑:李辉]