

# 公共场所人数检测统计系统的设计

张春华, 谢永军, 周政毅, 吴成达, 周振扬

(广东工业大学 物理与光电工程学院, 广东 广州 510006)

**摘要:** 以被动式红外热释电传感器及超声波传感器作为检测元件, STM8S105C4 单片机为控制核心, 从而检测和判断人体的移动方向和人数. 同时结合 NRF24L01 无线模块, 可实现各个出入口的数据通信, 最后实现公共场所人数检测.

**关键词:** 红外热释电传感器; 超声波传感器; STM8S105C4 单片机; 无线模块; 人数检测

中图分类号: TP216.2

文献标志码: A

文章编号: 1007-7162(2012)03-0063-05

## Design of People Counting Systems in Public Areas

Zhang Chun-hua, Xie Yong-jun, Zhou Zheng-yi, Wu Cheng-da, Zhou Zhen-yang

(School of Physics and Optoelectronic Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** With passive infrared pyroelectric sensors and ultrasonic sensors as the detecting element, and the STM8S105C4 microcontroller as the core controller, the direction and number of traffic foot are detected. The data communication at all entrances and exits and the counting of people in public areas are conducted through the NRF24L01 wireless module.

**Key words:** Pyroelectric infrared sensors; ultrasonic sensors; STM8S105C4 microcontroller; wireless module; number detection

公共场所人数检测统计具有重要意义. 通过对公共场所人数的统计, 方便实现各资源的合理分配. 例如管理部门可以依据公共场所人数的统计结果, 智能控制灯具的亮、灭, 风扇的转、停, 控制开启的数量及开启区域, 从而避免了能源的浪费.

目前人数检测统计方法主要有 3 种, 分别为红外对管、视频分析和热释电传感器探测. 红外对管探测的优势是电路简单、成本低廉, 但只适用于单人单通道<sup>[1]</sup>. 视频分析技术的优点是人数统计准确, 可用在比较重要的通道和场所, 但成本高昂, 软、硬件设计都比较复杂, 显然用于统计学校教室自习人数是浪费的, 用于大量人员进出的公共场所是不科学的<sup>[1-2]</sup>.

采用单一热释电传感器作为探测人数的元件, 则反应较慢、易受环境温度影响、统计精度较差. 而且这几种方法一般都会利用 RS485 或 RS232 总线实现统计系统间的通信, 这需要布置连接系统间通信的信号线, 安装较为麻烦<sup>[3-4]</sup>.

本设计基于红外热释电传感检测模块和超声波

检测模块的结合进行人数探测, 该系统对两人或三人同时通过门口也能进行统计, 利用无线模块进行通信, 无须室内布线, 安装方便, 既保证了检测的可靠性和稳定性, 也达到了简易可行、低成本的要求.

## 1 系统整体设计原理及设计方案

红外热释电传感器的输出与人体移动的速度、方向和人数多少都有很大的关系, 对传感器的输出波形进行分析, 便可总结出传感器的输出与人数、人体移动速度与方向的关系<sup>[5]</sup>. 但红外热释电传感器的响应时间较慢, 周期一般大于 1.5 s, 不适宜用于判断人体移动方向. 而超声波传感器因其响应时间快, 且受周围环境的影响不大, 方向性较好, 适宜用于判断人体移动方向<sup>[6]</sup>. 系统中利用红外热释电传感器判断人数的多少, 结合两对超声波发射接收头判断人体移动方向, 利用 ST 单片机 STM8S105C4 作为系统的总控制芯片, 传感器的输出信号经过前置放大电路的处理后, 连接到 STM8 内置的 10 位

收稿日期: 2011-12-22

基金项目: 广东省大学生创新实验项目(1184510159)

作者简介: 张春华(1965-), 女, 副教授, 主要研究方向为非线性光学.

AD 的引脚及信号捕获通道,通过对输出信号的采集,便可知道传感器的输出变化情况,同时本系统结合了无线通信模块,可统计各个出入口的人流情况,从而确定室内人数的多少。

## 2 人数统计系统的硬件设计

### 2.1 红外探测器的硬件设计

本系统采用的是被动式的红外热释电传感器 LHI778,被动式红外人体探测器利用红外传感器将人体发出的微弱红外线转换成相应的电信号,并进行放大、处理,对人体进行实时监控,因其在常温下具有工作稳定、制作工艺简单、成本低廉等优点,在安防系统、自动照明等方面得到广泛的应用<sup>[7]</sup>。由于热释电红外传感器输出的信号非常微弱,容易受到噪声的干扰,甚至有效信号被淹没在噪声中。研究表明,传感器输出信号的干扰源主要来自传感器固有噪声、探测区域空气流动引起的噪声等。要在多噪声干扰中提取有用的微弱信号,则要求红外探测器前置放大电路应具有低噪声、高增益、低频特性好、抗干扰能力强等特点<sup>[8]</sup>。因此,系统对传感器输出信号进行处理的滤波放大电路的性能决定了探测器工作的可靠性。根据热释电传感器的工作特性,本模块采用了一种基于差分放大的红外探测器放大电路,对输出信号进行放大处理,有效地抑制了混入信号中的共模噪声和环境温度的影响<sup>[9]</sup>。

如图 1 所示  $\mu 01$  或  $\mu 02$  只需接入单片机的 AD 采样引脚即可。当没人从传感器经过时,  $\mu 01$   $\mu 02$  的输出是直流信号,且幅度受到周围温度、灯光的影响比较小,当有人从传感器附近经过时,传感器的输出信号会有比较明显的波动,并且会随人体与传感器的距离、人体移动的速度和人数的多少成规律性变化。因此,只要掌握这种变化规律,测出  $\mu 01$  或  $\mu 02$  的输出信号的大小变化情况,便可知道进出人员的

数目,其输出信号的频率  $f = \frac{V_b \times f_b}{2\pi SL}$ ,  $V_b$  是人体

移动速度(m/s),频率与人体移动速度成正比。

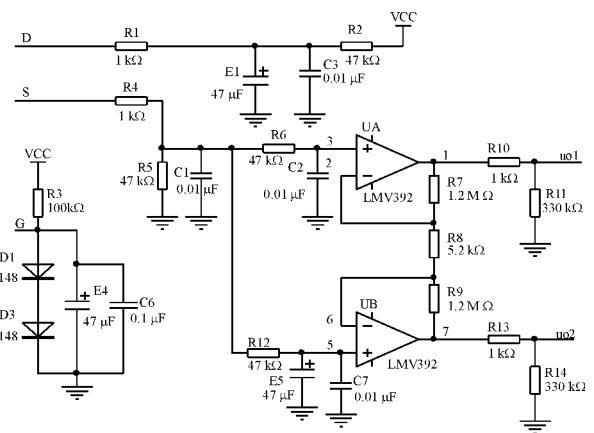


图 1 红外信号处理电路

Fig. 1 Infrared signal processing circuit

### 2.2 超声波发射接收电路的设计

超声波的发射电路如图 2 所示,它是一个由门电路、石英晶体、超声波发射传感器组成的超声波发射电路。该电路的振荡频率由石英晶体自身的谐振频率决定,本电路采用谐振频率为 40 kHz 的石英晶体,产生的 40 kHz 的脉冲电压经两级反相器驱动后加载在超声波发射头的两端。两级反相驱动的目的是提高超声波发射头的发射功率,以扩大探测器的探测范围。超声波接收电路如图 3 所示。

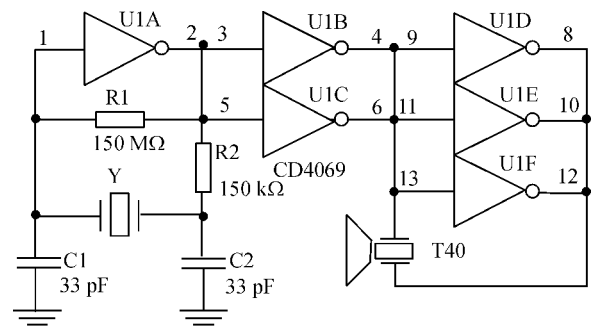


图 2 超声波发射电路

Fig. 2 Ultrasonic transmitter circuit

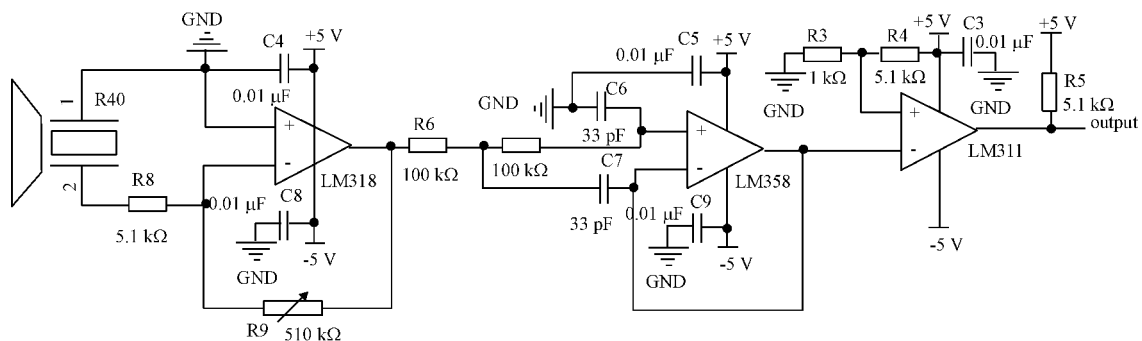


图 3 超声波接收电路

Fig. 3 Ultrasonic receiver circuit

分析图3, 超声波接收电路第一级由高频放大器 LM318 组成的前置放大电路, 可通过调节 R9 提高其放大倍数, 最大可将接收到的超声波信号放大到 100 倍, 可有效地提高超声波检测范围和灵敏度. 第二级为由 LM358 组成的正反馈型的 2 阶低通滤波器, 通过第二级后可有效地滤掉电路中的高频信号. 第三级为一个单限比较器, 其输出为数字信号, 直接连接到单片机捕获通道引脚, 可检测到是否接收到 40 kHz 的超声波信号.

系统中采用两对超声波发射接收头判断人体移动方向, 并把发射接收头放在一起, 两对间隔 10 cm 左右, 没人通过时, 输出信号均为高电平, 但有人经过时, 两对接头均接收到 40 kHz 的超声波信号, 且有一定的时间先后, 便可判断人是进来还是出去.

### 2.3 其他硬件电路设计的简要概述

#### 1) 主控制芯片的电路设计.

如图4所示, STM8S105C4 单片机采用 LQFP 封装, 单片机内共有 34 个 I/O 引脚( PA、PB、PC、PD、PE、PG), 每一条 I/O 引脚都能独立地作输出或输入, 除了 PG 口外, 其他引脚均可作为外部中断输入.

#### 2) 无线通信网络的设计.

本设计中采用 NRF24L01 无线模块来实现单片机间的无线通信, 该模块在 2.4 GHz 全球开放 ISM 频段可免许可证使用, 最高工作速率为 2 Mbps, 高效 GFSK 调制, 抗干扰能力强, 特别适合工业控制场合. 在空旷的地方, 该模块发射的距离大于 30 m<sup>[10]</sup>.

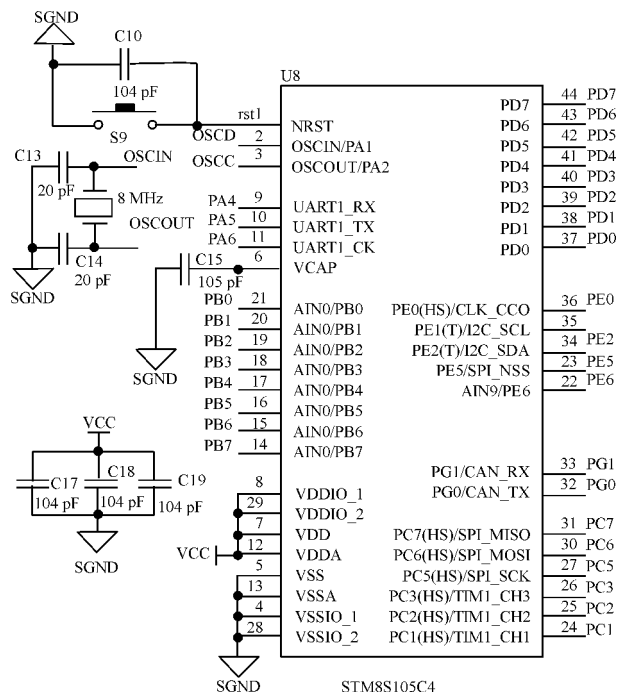


图4 STM8S105C4 最小系统

Fig.4 STM8S105C4 minimum system

## 3 人数统计系统的软件设计

图5为系统的软件设计, 程序中单片机一直对超声波的接收电路的输出信号进行捕获, AD 每隔 1 ms 取样一次, 为滤掉杂波干扰, 需要对数据多次采集. 程序中在 60 ms 内单片机采样 60 次, 对 60 次采样到的数据求平均值, 可将环境光照和环境温度变

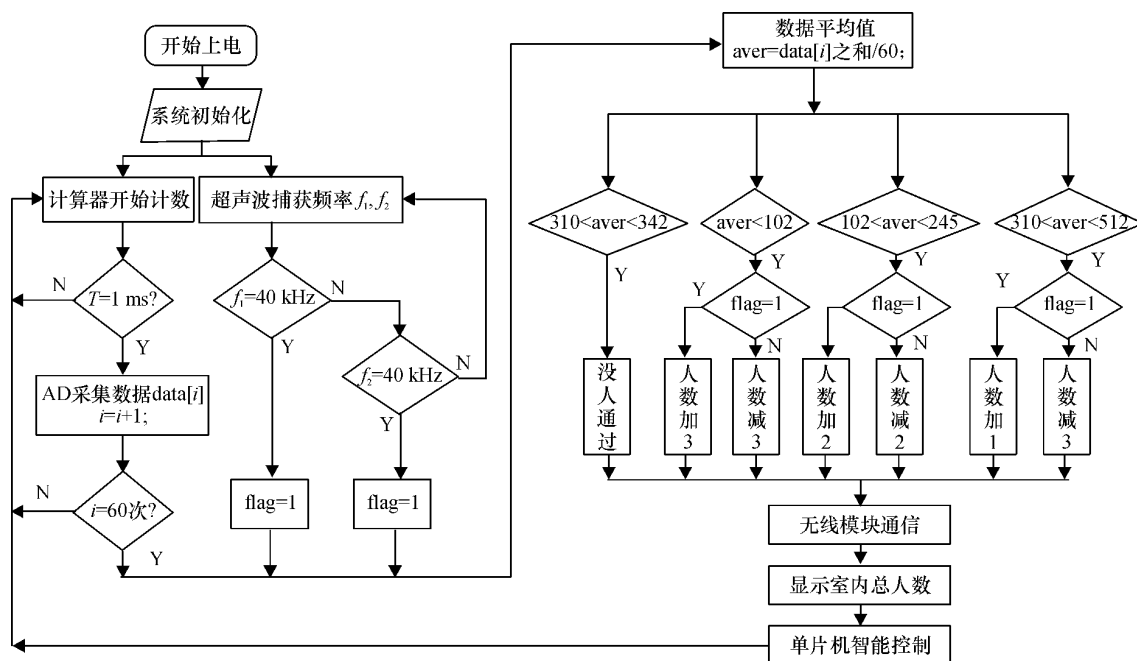


图5 人数统计系统软件设计流程图

Fig.5 Software design flow for people counting system

化产生的影响降至最小,通过对实际波形的观察,合理设置各域值,便可得出各出入口的人员进出情况,结合无线模块的通信,便可统计出室内人数。

#### 4 整体测试

图6各图为红外热释电传感器处理电路输出信号测试结果。从数字示波器测到的波形可以看出,当没人通过时,传感器的输出波形受周围环境光照和

温度变化的影响,输出会有所波动,但较为平缓,如图中所示,输出电压稳定在1.63 V左右,对测试结果不会造成影响。当有1人通过传感器时,输出波形出现较大的波动,图中的峰值已经达到了2.4 V,用单片机10位的AD采样便可得到比较明显的数字信号的变化。当2人或3人同时通过时,峰值都会增大,特别是谷值,变化更大。结合超声波传感器便可判断进来或出去的人数。

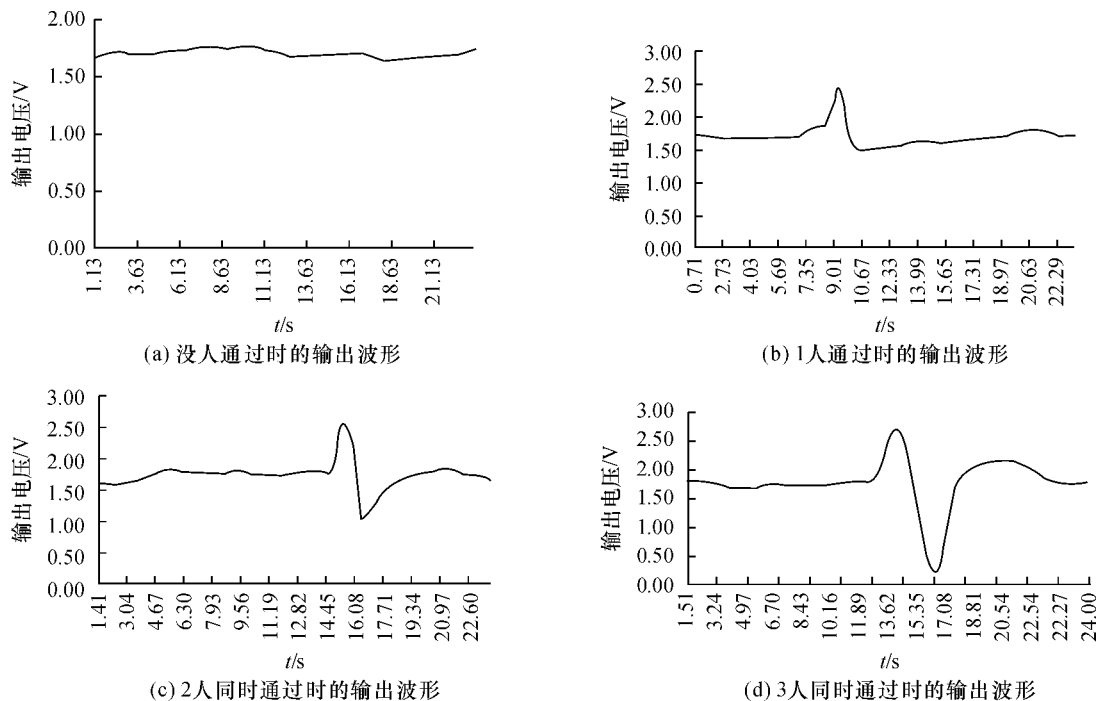


图6 红外热释电传感器处理电路输出信号测试结果

Fig. 6 Output signal test result of pyroelectric infrared sensor circuit

以上的测试条件都是人体移动速度在3 m/s以内。

测试中,各无线模块与单片机通信稳定,能准确地传达各出入口的人流信息,显示模块能对室内人数正常显示,各模块工作正常。

#### 5 结论与展望

实验表明,基于红外热释电传感器和超声波传感器,并和无线模块相结合的人数统计系统,不但价格低廉,安装简单,易于调试,且系统受环境干扰较小,测试稳定,适用于对人数统计要求不是特别准确的场所,如自习教室、图书馆以及一些小型公共场所,把室内的电器产品接入系统的控制电路,可根据人数对室内电器进行智能控制,必然会大大降低资源的浪费。

该装置对单人通道可以进行准确的统计,对多人通道,该装置对人数进行模糊判断,但不能达到完

全准确。另外,人体服饰不同对信号强弱也有一定影响。通过对测量区域布设多个测量点,同时进行测量对比,应该可以进一步提高测量准确率。

#### 参考文献:

- [1] 王君伟,范启富,白凌云. 基于DTW的红乘客计数系统[J]. 测控技术, 2008, 27(6): 32-36.  
Wang Jun-wei, Fan Qi-fu, Bai Ling-yun. DTW Based Automatic Passenger Counting System Using Infrared Sensors[J]. Measurement & Control Technology, 2008, 27(6): 32-36.
- [2] 樊秋月. 基于彩色视频图像处理的小区监视及人数统计[J]. 通信技术, 2010, 7(43): 187-189.  
Fan Qiu-yue. People count and community surveillance based on color video image processing[J]. Communications Technology, 2010, 7(43): 187-189.
- [3] 刘淑敏,张建青. 大学教室智能照明控制器及其系统的研究与开发[D]. 北京: 北京化工大学信息科学和技术

- 学院 2010.
- Liu Shu-min ,Zhang Jian-qing. The research and development of university classroom intelligent lighting controller and system [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology , College of information science and technology , 2010.
- [4] 郑国恒 周瑶 张柯. 高校教室灯光节能控制系统的设计 [J]. 照明工程学报 2010 21( 2) : 33-37.
- Zheng Guo-heng Zhou Yao Zhang Ke. Design of intelligent control system for electricity-saving in college classroom [J]. Zhaoming Congcheng Xuebao 2010 21( 2) : 33-37.
- [5] 沈惠平 范启富. 基于神经网络的红外自动乘客计数方法研究 [J]. 控制工程 2007 14( 1) : 63-65.
- Shen Hui-ping Fan Qi-fu. Neural network based automatic passenger counting system using infrared sensors [J]. Control Engineering of China 2007 14( 1) : 63-65.
- [6] 高振 陈戈珩. 基于 MSP430 超声波流体速度及方向测量 [J]. 长春工业大学学报 2011 32( 4) : 385-389.
- Gao Zhen , Chen Ge-heng. Ultrasonic fluid velocity & direction measurement based on MSP430 [J] , Journal of Chang-chun University of Technology 2011 32( 4) : 385-389.
- [7] 许果. 基于热释电红外的安防系统设计 [J]. 仪器仪表与检测技术 2010 29( 4) : 62-65.
- Xu Guo. A security system design based on pyroelectric infrared [J]. Techniques of Automation and Applications , 2010 29( 4) : 62-65.
- [8] 杜小伟 潘永雄 张清敏,等. 低噪声红外人体探测器前置放大电路的设计 [J]. 广东工业大学学报 2010 27( 4) : 62-84.
- Du Xiao-wei ,Pan Yong-xiong ,Zhang Qing-min ,et al. The design of preamplification circuit for low noise human body infrared detectors [J]. Journal of Guangdong University of Technology 2010 27( 4) : 62-84.
- [9] 李小伟. 高可靠性红外探测器的研制 [D]. 广东: 广东工业大学物理与光电工程学院 2010.
- Li Xiao-wei. High reliability and the development of Infrared detectors [D]. Guangdong: Guangdong University Of Technology school of physics & optoelectronic engineering , 2010.
- [10] 时志云 盖建平 王代华,等. 新型高速无线射频器件 nRF24L01 及其应用 [J]. 国外电子元器件 2007( 8) : 42-44.
- Shi Zhi-yun ,Gai Jian-ping ,Wang Dai-hua ,et al. A new kind of high speed wireless RF transceiver-nRF24L01 and its application [J]. International Electronic Elements , 2007( 8) : 42-44.

• 编读往来 •

## 欢迎订阅《广东工业大学学报》

《广东工业大学学报》(英文名: Journal of Guangdong University of Technology) 是由广东省教育厅主管、广东工业大学主办的综合性科技期刊,创刊于 1984 年 12 月,原名《广东工学院学报》。

《广东工业大学学报》是中国科技核心期刊、中国高校特色科技期刊、广东省优秀期刊。被中国核心期刊(遴选)数据库、美国《化学文摘》、俄罗斯《文摘杂志》及英国《科学文摘》等十多家国内外权威数据库或文摘杂志收录。

国际刊名代码 CODEN GDAXFR 国际标准刊号 ISSN 1007-7162

国内统一刊号 CN 44-1428/T

办刊宗旨: 立足校内,面向国内外,传播学术理论,重视工程实践

内容涵盖: 机械、材料、电气、电子、自动化、信息、计算机、化工、环境资源、建筑、管理、基础学科及有关交叉学科等方面的学术论文、研究报告,并选登具有新见解的学术争鸣文章。

读者对象: 从事工程技术理论与应用研究的科技人员,各级政府工业和经济管理部门的决策人员,各类企业管理人员,高校师生及其他有关人员。

本刊国内外公开发行,大 16 开,季刊。国内自办发行,可随时向编辑部订阅,定价每期 8 元,全年 32 元。国外总发行: 中国国际图书贸易集团有限公司(地址: 北京市车公庄西路 35 号 邮编: 100048)。

编辑部地址: 广州市东风东路 729 号广东工业大学学报编辑部

邮政编码: 510090

联系人: 赵少飞 电话/传真: 020-37626139 E-mail: xbzrb@gdut.edu.cn