

基于无线通信的家用 PM2.5 检测器

梁 艳, 吉庭松, 孙亚奇, 鲍真伟, 李松良, 阚加荣

(盐城工学院 电气工程学院, 江苏 盐城 224051)

摘要:针对目前 PM2.5 检测器检测过于复杂、成本高、精度难以保证的缺点,提出一种基于无线通信模块的家用 PM2.5 检测器。该检测器由室内机与室外机 2 部分构成,通过 RF1100SE 模块实现室内外的通信。室内机与室外机均采用成本极低的 STC 单片机作为主控芯片,工作时室外机通过光敏粉尘传感器实现对户外 PM2.5 的检测,并将检测数据由无线模块发送到室内的接收模块,经单片机处理后由 LED 液晶显示屏显示实时数据和 24 小时的数据变化曲线,保证人们在室内能够准确获知室外的 PM2.5 数值,从而为人们对户外空气质量作短时预测,进而为指导人们的出行提供了方便。

关键词:PM2.5 检测器;无线通信;室内机;室外机

中图分类号:TP273.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2015)03-0029-04

PM2.5 又称细颗粒物,是指环境空气中空气动力学当量直径小于等于 2.5 μm 的颗粒物。它能较长时间悬浮于空气中,其在空气中含量(浓度)越高,说明空气污染越严重,对人体健康和大气环境质量的影响也就越大,因为直径小于等于 2.5 μm 的颗粒物可直接进入人的肺部,对人体生理机能造成永久伤害。2012 年联合国环境规划署公布的《全球环境展望 5:我们未来想要的环境》^[1]指出,每年有近 200 万的过早死亡病例与颗粒物污染有关。因此,PM2.5 粉尘颗粒的即时检测和趋势预测,是有效防治 PM2.5 污染的前提和重要保障。

目前,PM2.5 检测方法基本可以分为 3 种^[2]:重量法、 β 射线吸收法和微量振荡天平法。其中重量法要求人工操作,自动化程度低、不能得到空气质量的实时情况; β 射线吸收法相对成本较高;而微量振荡天平法不能分离直径超过 2.5 μm 的颗粒物,造成检测精度降低。

家用 PM2.5 检测器要求成本低,检测精度相对较高,可以简单方便的使用^[3],而以上方法都不适用于家用 PM2.5 检测器的要求,因此寻找适合于家庭使用的简单、精确的 PM2.5 检测器,用

来指导人们的出行,已成为社会发展的需要。

经过大量研究,本文提出一种基于无线通信的家用 PM2.5 检测器。该检测器分为室内机与室外机 2 部分,采用 RF1100SE^[4] 无线通信模块作为室内机与室外机的通信载体。室内机与室外机均采用成本极低的 STC 单片机^[5]作为主控芯片,室外机采用夏普公司生产的专门检测直径小于 2.5 μm 烟尘的传感器 GP2Y1010AU0F 进行 PM2.5 的检测^[6]。PM2.5 经检测并经单片机处理后由 LED 液晶显示屏显示实时数据和 24 h 的数据变化曲线,为人们出行采取相关防雾霾措施提供了方便。

1 PM2.5 检测器整体方案

基于无线通信模块的家用 PM2.5 检测器元件间信号传递如图 1 所示,室内机与室外机使用的各种器件型号见表 1。该检测器工作原理如下:

图 1 为检测器室外机与室内机元件之间的信号传递示意图。室外机每隔固定时间启动 PM2.5 检测模块 1 次,检测模块输出与空气质量对应的模拟型号,室外机中的单片机将该模拟信号转换

收稿日期:2015-04-06

基金项目:江苏省大学生实践创新训练重点项目

作者简介:梁艳(1974-),女,江苏盐城人,讲师,硕士,主要研究方向为电力电子技术。

为数字信号,单片机与无线通信模块 1 进行 SPI 通信,无线通信模块 1 将接收到的信号进行射频信号发送;室内机中,无线通信模块 2 射频接收芯片接收来自室外机的射频信号,经 SPI 通信由单片机 2 接收。与单片机 2 相关的外设有:液晶屏

(显示 PM2.5 检测的数据,包括实时数据与 24 h 数据变化曲线)、时钟模块(保证显示精确的时间)、E²PROM(断电后储存重要数据)、按键(用来切换液晶显示器界面和进行时钟显示设置)。

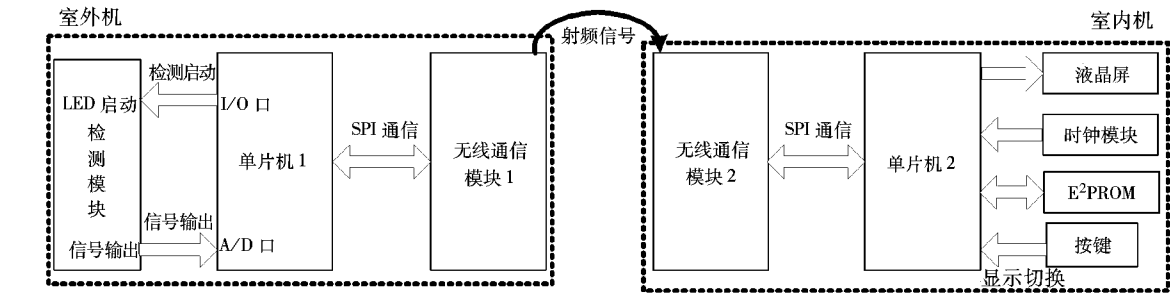


图 1 检测器室外机与室内机元件信号传递示意图

Fig. 1 Sketch for information transmission of indoor part and outdoor part

表 1 检测器所用器件型号

Table 1 The model of elements used in the detector	
器件	型号
光敏粉尘传感器	SHARP//GP2Y1010AU0F
内置 A/D 单片机	STC12C5A60S2
无线通信模块 1/2	RF1100SE
普通单片机	STC89C52
液晶屏	LCD12864

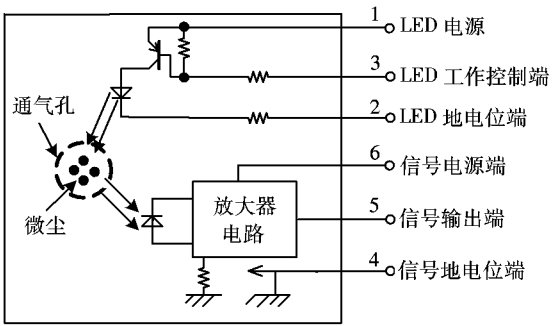


图 2 粉尘光敏传感器结构示意图

Fig. 2 The structure sketch of the dust light - sensor

2 粉尘光敏传感器工作原理

检测器采用 SHARP 公司生产的 GP2Y1010AU0F 型传感器,该传感器内部结构如图 2 所示。GP2Y1010AU0F 传感器一共有 6 个端子,第 1、2 端子为光敏二极管电路的电源端与地电位端;第 6、4 端子为信号输出电路的电源端与地电位端;第 3 端子为光敏二极管工作控制端。当第 3 端子为高电平时,光敏二极管不工作;当第 3 端子为低电平时,光敏二极管开始工作,检测通气孔中的微尘,信号电路接收来自微尘的反射光线信号,经放大电路放大,由第 5 端子输出与微尘浓度相当的模拟信号。

传感器的第 3 端信号即光敏二极管工作控制信号 U_{LED} 与第 5 端传感器输出信号 U_o 之间的相位关系如图 3 所示。GP2Y1010AU0F 传感器的输入信号与输出信号都为脉冲信号,典型的脉冲周期为 10 ms。根据光敏粉尘传感器的要求,光

敏二极管信号放大电路必须在 0.28 ms 后输出信号才进入稳定状态,因此信号 U_{LED} 低电平的时间必须大于 0.28 ms,本系统选取 0.32 ms,即在 U_{LED} 信号由高电平变为低电平 0.28 ms 后,开始进行 A/D 转换,得到的数据量与微尘浓度相当。

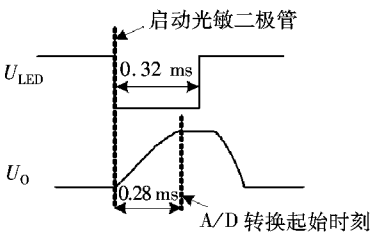


图 3 粉尘光敏传感器输入、输出信号关系图

Fig. 3 The input and output signal waveforms of the sensor

3 无线通信模块工作原理

无线通信模块 RF1100SE 使用 TI - Chipcon 公司的 CC1101 芯片开发而成。RF1100SE 单片无线收发器工作在 433/868/915 MHz 的 ISM(Industrial Scientific Medical) 频段,由 1 个完全集成的频率调制器、1 个带解调器的接收器、1 个功率放大器、1 个晶体振荡器和 1 个调节器组成。其工作特点是自动产生前导码 和 CRC(Cyclical Redundancy Check),可以很容易通过 SPI(Serial Peripheral Interface)接口进行编程配置,电流消耗低。

RF1100SE 模块共有 10 个引脚,其引脚的功能说明如表 2 所示。

表 2 RF1100SE 引脚说明		
Table 2 The Pinout of the RF1100SE module		
引脚名	类型	描述
1/2/Vcc	电源输入	1.9 - 3.6V 之间
3/SI	数字输入	连续配置接口,数据输入
4/SCLK	数字输入	连续配置接口,时钟输入
5/GD01	数字输出	连续配置接口,数据输出 CSn 高时可为一般引脚
6/GD02	数字输出	测试信号 FIFO 状态信号时钟输出,从 XOSC 向下分割连续输入的 TX 数据
7/CSn	数字输入	连续配置接口,芯片选择
8/GD00		测试信号 FIFO 状态信号时钟输出,从 XOSC 向下分割连续输入的 TX 数据,也用作原型/产品测试的模拟测试 I/O
9/10/GND	电源地	模拟信号地电位

4 软件设计与实验结果

检测器室外机与室内机的程序流程如图 4 所示。室外机的主要任务是单片机 A/D 端口将来自检测传感器的模拟信号,转换成数字信号后经 SPI 通信传递至无线模块 1 中的数字芯片,经射频芯片进行无线传送(根据 PM2.5 检测传感器的特性,单片机的普通 I/O 接口每隔 2 s 启动 1 次检测)。室内机的主要功能包括由无线通信模块 2 接收无线通信模块 1 每隔 2 s 发送 1 次的数据,经 SPI 通信传送给单片机,单片机将数据解码后通过 LED 液晶屏显示该数据,即实时的 PM2.5 值。为了显示过去 24 h PM2.5 的变化曲线,在单片机上设一个 24 个数据的数组,依次存储过去

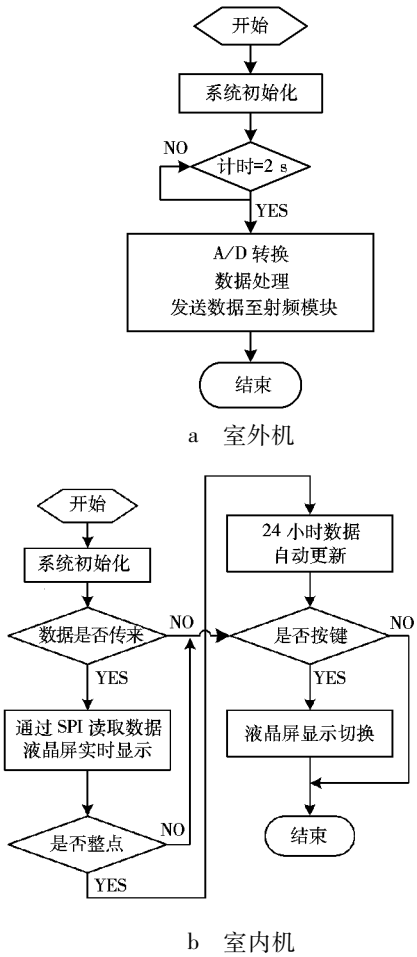


图 4 室内机与室外机程序流程图
Fig. 4 Program flow chart for indoor part and outdoor part

24 h 整点时刻的 PM2.5 数值。在时钟整点时刻,将数组中 24 h 前的数据舍弃,后面 23 个数据依次后移一位,即 23 h 前的数据放置到数组的第 24 个储存空间,1 h 前的数据放置到数组的第 2 个储存空间,并将最新数据加入该数组的第 1 个储存空间,这 24 个数据在液晶屏上形成了过去 24 h 的 PM2.5 变化曲线,为人们对短时间内空气质量的预测提供了方便。

表 3 所示为液晶屏显示 2015 年 6 月 1 日盐城工学院新校区 8 点至 16 点共计 8 小时的 PM2.5 数据,根据气象台的当日数据,可以看出本文设计的 PM2.5 检测器数据基本符合网报数据变化趋势,其精度也较高。

图 5 给出了 PM2.5 检测器的样机照片。从图 5 和表 3 可以看出,PM2.5 的检测数据较为准确,采用较低的成本实现较高的检测精度。

表 3 PM2.5 监测数据

Table 3 The monitoring data of the proposed detector

时间	实验值/ ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	网报数据/($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) www. pm25china. net
6:00	37	32
7:00	45	38
8:00	60	54
9:00	60	55
10:00	54	49
11:00	13	15
12:00	13	15
13:00	13	15
14:00	13	15

5 结论

本文提出了一种基于无线通信的户用 PM2.5 检测器。检测器采用室外机检测、室内机显示的方案保证了室外 PM2.5 检测的准确性。PM2.5 检测传感器采用粉尘光敏传感器,极大地降低了传统检测方法的复杂性与高成本;无线发送、接收

模块采用简单的 SPI 通信即可实现与单片机之间的信息互通,控制方案简单。样机结果表明,本文所提方案简单、可靠,所选元件成本低,精度高,具有较大的应用价值。

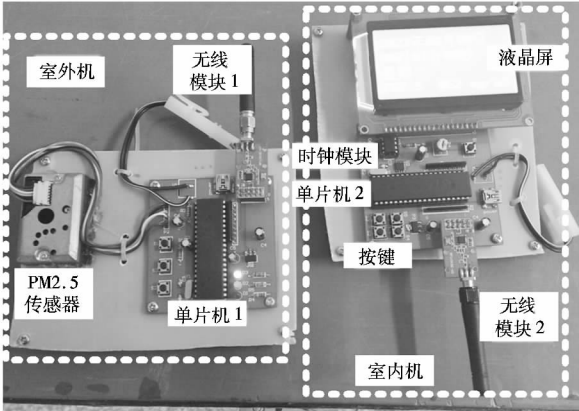


图 5 基于无线通信模块的 PM2.5 检测器

Fig. 5 PM 2.5 detector based on wireless communication module

参考文献:

[1] 联合国环境规划署. 全球环境展望 5: 我们未来想要的环境[R]. 内罗毕, 2012.
[2] 毛朔南, 马宇明, 蔡冶强, 等. PM2.5 检测标准及量值溯源方法现状及进展[J]. 江苏现代计量, 2013, 11(5): 32-35.
[3] 朱祝何. 家用 PM2.5 检测仪“仅供参考”[J]. 质量探索, 2014(6): 35-36.
[4] 张霄, 宋文妙. 一种配电变压器及配电箱无线监测系统[J]. 电力系统通信, 2011, 32(11): 41-43.
[5] 张坤, 周凤星, 柯晓娟. 基于 STC 单片机的半导体材料特性测量仪的设计[J]. 科学技术与工程, 2014, 14(6): 31-35.
[6] 兰冰芯, 湛海云, 陈东, 等. 基于单片机的 PM2.5 测试仪的设计与实现[J]. 物联网技术, 2014, 5(11): 32-34.

PM 2.5 Household Detector Based on Wireless Communication Module

LIANG Yan, JI Tingsong, SUN Yaqi, BAO Zhenwei, LI Songliang, KAN Jiarong
(School of Electrical Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China)

Abstract: This paper presents a PM2.5 detector based on wireless communication to overcome the shortcomings in the conventional PM2.5 detector, such as complicated control process, high cost and low detection precision. The proposed detector includes the indoor part and the outdoor part, and the communication is realized by the RF1100SE module. The low cost STC singlechip is used in both indoor and outdoor parts as core chip. The detection of outdoor PM2.5 is realized by the photosensitive dust sensor in work. And the detection data is transmitted from the wireless module to the receiving module in the laboratory. The LED LCD can realize real-time data display and data changes curve in the past 24 hours after the single chip microcomputer is processed, to ensure that people in the interior can accurately know the outdoor PM2.5 value, so as to make short-term forecast for the outdoor air quality. It is convenient for people's outdoor activities.

Keywords: PM2.5 detector; wireless communication; indoor part; outdoor part

(责任编辑:李华云)