

无线 PM2.5 测试仪的设计与实现^{*}

赵 鹏 荆红莉

(榆林学院能源工程学院 榆林 719000)

摘 要: PM2.5 是指大气中直径 $\leq 2.5 \mu\text{m}$ 的颗粒物,也称可入肺颗粒物。其体积小、富含大量的有毒、有害物质且在空气中停留时间长、输送距离远,对人体健康和环境质量影响巨大。本设计以单片机为控制器,结合粉尘传感器 GP2Y1010AU0F、A/D 转换器、无线收发模块、时钟模块及 LCD 等,实现主机对户外 PM2.5 的实时采集、传输,从机根据接收的数据通过标度变换将粉尘浓度、空气质量等级、时间、温度及提示人户外出行等信息在 LCD 实时显示。在系统调试过程中通过对采集数据的对比,证明本设计具有结构简单、成本低、显示直观等特点,对 PM2.5 的实时监测有一定的借鉴作用。

关键词: PM2.5;粉尘传感器;无线收发;空气质量

中图分类号: TB476 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1050

Design and realization of wireless PM2.5 monitor

Zhao Peng Jing Hongli

(School of Energy Engineering, Yulin University, Yulin 719000, China)

Abstract: PM2.5 refers to the particulate matter in a diameter smaller than or equal to 2.5 micron, also known as “fine particulate matter”. It has a lot of effects on human health and environmental quality due to its small volume, rich contents of toxic and harmful substances, long stay in air and long distance of transport. This design uses microcontroller as the controller, combined with the dust sensor GP2Y1010AU0F, A/D converter, wireless transceiver module, clock module and LCD, enables the host to collect and transport the outdoor PM2.5 in real-time, and enables the slave to display the dust concentrations, air quality standard, time, temperature using scale transformation and prompt the outdoor travel on LCD in real-time. Date comparison in the system debugging process shows that the design features simple structure, low cost, visual display and other, which can be somewhat referential for the real-time monitoring of PM2.5.

Keywords: PM2.5; dust sensor; wireless transceiver module; air quality

1 引 言

PM2.5 污染指的是根据标准规定的在大气层中能够吸入人体肺部的颗粒物,会对人体的健康造成极大的危害。因此了解其污染状况、污染类别、污染变化规律,辨别主要污染源并制定有效的防治措施,提高空气环境质量,改善居住环境,降低相关疾病的发病率,减轻社会和家庭的医疗负担,提高生活质量都具有一定的研究价值和指导意义^[1]。

近年来国内外的 PM2.5 监测技术有以下特点:1)以呼吸型粉尘为重点测试对象并进行长周期的检测;2)实行多点连续监测,尤其是对粉尘浓度排放超标的企业进行多次的多点监测;3)向着远距离大面积区域的连续监测方向发

展,其中大功率激光器的发展为远距离大面积区域的连续监测提供了有力保证;四是结合互联网技术,向着网络化方向发展^[2]。

本设计以 51 单片机为处理器,以 NRF24L01 为无线收发模块结合粉尘传感器实现对 PM2.5 的实时显示监测,为多点连续监测提供保障,实验证明本设计在开阔地带传输距离可达 1 000 m,且系统性能稳定。

2 系统结构分析

本设计由主机和从机两大部分组成,其微控制器都为 AT89S52,具体结构如图 1 所示。主机实现数据的采集、处理、显示及发送,从机实现数据的接收、分析及显示。粉尘

收稿日期:2015-10

^{*} 基金项目:陕西省教育厅专项科研计划(15JK1864)资助项目

传感器采用夏普光学粉尘传感器 GP2Y1010AU0F,该传感器具有极低的电流消耗,最大 20 mA,典型值 11 mA,输出的模拟电压正比于所测得的粉尘浓度;A/D 转换器将粉尘传感器输出的模拟电压转换为数字信号由单片机分析与处理;DS18B20 为单总线型数字温度传感器实现温度的采集;DS12C887 为具有掉电保持的时钟芯片,LCD12864 在显示空气质量的同时显示当前温度及时间;无线收发模块实现主从机间的交互^[3-4]。

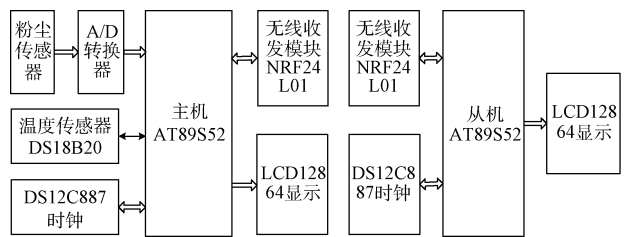


图 1 系统结构

3 系统性能指标

粉尘传感器 GP2Y1010AU0F 将采集到的数据经 A/D

转换后由单片机处理,单片机通过标度变换,显示具体的 PM2.5 浓度、空气质量及外出注意事项^[5-6]。具体显示指标如表 1 所示。

表 1 空气质量与信息表

PM2.5 浓度/($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	空气质量	注意事项
0~35	1 级优	外出呼吸清新空气
36~75	2 级良	正常进行户外活动
76~115	3 级轻度	敏感人群减少活动
116~150	4 级中度	敏感人群影响较大
151~250	5 级重度	所有人群减少活动
251~500	6 级严重	尽量不要留在室外

4 硬件设计

4.1 显示、时钟及无线收发电路设计

以 LCD12864 为显示器,DS12C887 为时钟芯片,NRF24L01 为无线收发模块,其具体电路如图 2 所示。

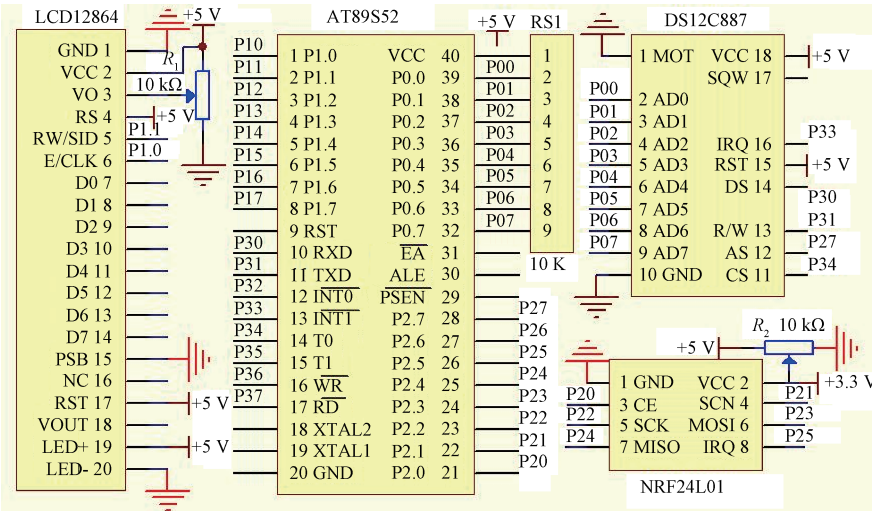


图 2 显示、时钟及无线收发电路

LCD12864 可以工作于串行工作方式,也可以工作于并行工作方式。为了节约单片机的 I/O 数量,选择串行工作方式。LCD12864 中引脚 PSB 为并/串行接口选择端,低电平为串行工作方式,因此接地;5 引脚为串行数据口 SID 与单片机 P1.1 连接;6 引脚为时钟输入端由单片机 P1.0 产生时钟脉冲用于同步数据传输^[7]。

DS12C887 为内置锂电池的掉电保持时钟芯片,由 AT89S52 控制显示具体的年、月、日、时、分、秒,其数据输入/输出 A0~A7 接至单片机 P0 口,由于单片机 P0 口不能输出高电平,因此需加 10 kΩ 的上拉电阻。

NRF24L01 是一款在 2.4~2.5 GHz 的 ISM 频段的单

片无线收发器芯片。它集成了所有与 RF 协议相关的高速信号处理部分,其 SPI 接口可以利用单片机的硬件 SPI 口连接或用单片机 I/O 口进行模拟,内部有 FIFO 便于使用低成本单片机^[8-9]。该收发器件的供电电压为 1.9~3.6 V,本设计利用滑动变阻器的分压获得 3.3 V 的供电电压;CE 为发送或接收模式选择由单片机 P2.0 控制;SCN 为 SPI 片选端连接至 P2.1;SCK 为 SPI 时钟与 P2.2 连接;MOSI、MISO 分别为 SPI 从机输入和从机输出由单片机的 P2.3 和 P2.4 控制;IRQ 为可屏蔽中断输出与单片机 P2.5 连接。

4.2 数据采集电路设计

粉尘传感器 GP2Y1010AU0F 是一款光学空气质量传

感器,设计用来感应空气中的尘埃粒子,其内部对角安放有红外线发光二极管和光电晶体管,使得其能够探测到空气中尘埃反射光,可测量 0.8 μm 以上的微小粒子。其引脚 1 接 150 Ω 的电阻和 220 μF 的电容;引脚 3 利用 PNP 晶体管驱动,单片机 P3.2 口输出周期为 10 ms,高电平时

间为 0.32 ms 的矩形波并在高电平持续时间的 0.28 ms 由 P1.6 口通过 ADC0832 的输出口读取数据^[10-11]。利用一总线型数字温度传感器 DS18B20 采集当前温度。具体电路如图 3 所示。

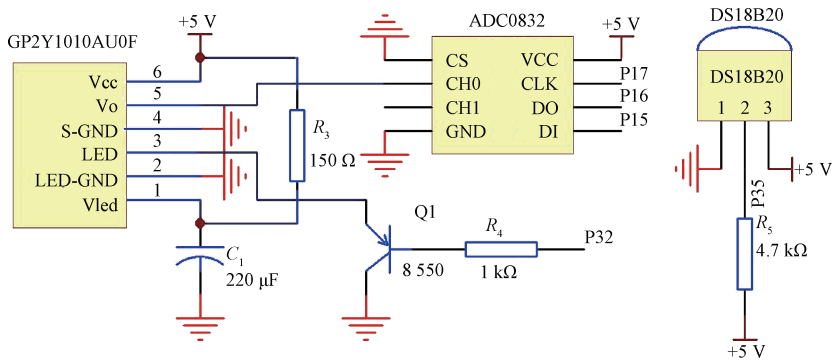


图 3 粉尘及温度采集电路

从机电路的设计与主机基本相同,其区别在于只是接收并显示采集后的数据,所以无需数据采集电路。

5 软件设计

5.1 主程序设计

主程序是控制单片机系统按预定操作方式运转的程序,它负责组织调用各子程序模块。其工作过程为:系统上电后单片机进入监控状态,同时完成对各个端口的初始化工作。在没有外部控制信息输入的情况下,系统分时、自动采集灰尘传感器的电压值,并通过 A/D 转换器将模拟信号转化成数字信号,经无线收发模块发送至从机,主从机经标度变换实时显示采集的当前信息。具体流程图如图 4 所示。

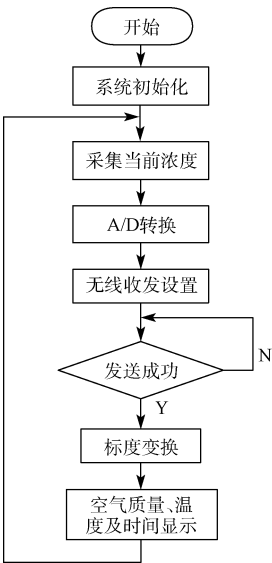


图 4 主程序流程图

5.2 标度变换

为了将采集的数字量在 LCD 上显示成带有被测单位的具体数值,即粉尘浓度,必须经过标度变换。其中传感器输出电压的公式为:

$$V_{out} = \text{Adc0832}() \cdot 5.0/255 \tag{1}$$

式中:Adc0832()为经过 A/D 转化处理后转化成二进制数的数值;5.0/255 为 Adc0832 的分辨率^[12-13]。

根据 GP2Y1010AU0F 的输出特性可将传感器输出电压转换为具体的 PM2.5 浓度,单位为 mg/m^3 ,其转换公式为:

$$\text{DustDensity} = 0.17 \cdot V_{out} - 0.1 \tag{2}$$

从机软件设计与主机相似,但从机简化了数据采集子程序,只是接收主机发送的数据。

6 系统调试

将粉尘传感器采集的数据经标度变换后通过 RS232 总线上传至上位机,上位机采用串口调试助手实时显示,采集过程中用浓度较高的粉尘进行干扰,其 PM2.5 的浓度急剧增加,可见该传感器非常灵敏^[14]。具体显示界面如图 5 所示。

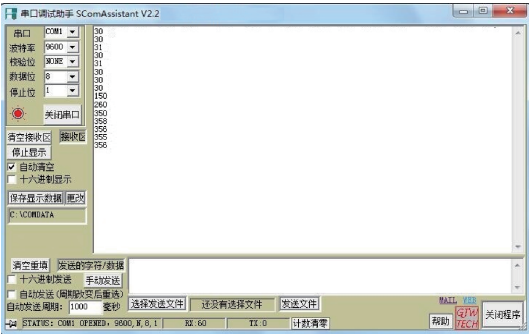


图 5 系统调试图

在同一时段内和相同地点利用市面上广泛应用的美国 Dylos 公司的 DC1100pro 型 PM2.5 监测仪和本设计利用的粉尘传感器 GP2Y1010AU0F 采集的数据进行对比, PM2.5 浓度单位为 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。具体数据如表 2 所示^[15]。

表 2 采集结果对比		
采样次数	DC1100pro 型	GP2Y1010AU0F 型
1	75	81
2	80	88
3	155	142
4	70	78
5	175	165

由以上数据分析,PM2.5 浓度监测结果相差不大,存在差距的原因在于粉尘传感器自身的精度有关。具体采集实物如图 6 所示。

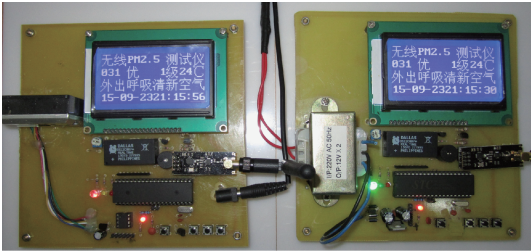


图 6 PM2.5 测试仪实物图

7 结 论

PM2.5 检测仪的设计与研究是一项符合时代要求、实用价值高的课题。本设计主要实现了 PM2.5 检测仪的基本功能的同时,具备温度及时间的显示功能,利用无线收发器件 NRF24L01 实现对 PM2.5 的远距离监控。但是还有很多有待完善的地方,如采用具备测量 PM2.5 和 PM10 功能的当前较为流行的粉尘激光传感器,利用高精度的 A/D 转换器结合无线传感网络扩大检测范围和精度等。

参考文献

[1] 兰冰芯, 谌海云, 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(11): 32-34.

[2] 郭全民, 马旋坤, 王健. 室内空气质量测量仪的设计与实现[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(1): 52-55.

[3] 王啸东. 一种新型 PM2.5 检测仪的设计[J]. 电气时代, 2014, (4): 82-84.

[4] 王欢, 黄晨. 高精度无线环境温湿度测量系统设计研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2013, 27(3): 211-216.

[5] 关长亮, 王贵成. 市政空气监视仪的研制及应用[J]. 交通节能与环保, 2014(1): 88-91.

[6] 杨雪. 北京市大气颗粒物中持久性有机污染物的污染特征[D]. 北京: 中国地质大学硕士论文, 2010: 25-38.

[7] 马昌媛, 袁圆, 张西良. 车内空气质量监测仪研制[J]. 电子测量技术, 2015, 38(4): 117-122.

[8] 杨运平, 吴成宾. 一种无线环境监测数据采集与推送系统[J]. 成都大学学报: 自然科学版, 2015, 34(1): 59-62.

[9] 姜进, 王鑫, 杨慧中. 基于 MSP430 单片机的无线环境监测系统的设计[J]. 江南大学学报: 自然科学版, 2011, 10(1): 45-48.

[10] 何强, 文卉. 基于单片机和 DSM501 测量 PM2.5[J]. 电子世界, 2014(16): 27-28.

[11] 赵鑫, 潘晋孝, 刘宾, 等. 基于 β 射线吸收法的 PM2.5 测量技术的研究[J]. 电子技术应用, 2013, 39(9): 74-77.

[12] 邹丽新, 季晶晶, 朱桂荣, 等. 空气悬浮颗粒物径分布及质量浓度一体化测量系统的研制[J]. 传感器技术学报, 2007, 20(8): 1789.

[13] 马浩, 刘亚侠. 病房 PM2.5 监测系统的研究[J]. 医疗装备, 2014, 27(2): 28-30.

[14] 蒋萍花, 张楠. 数据采集系统串口通信的设计与实现[J]. 电子测量技术, 2015, 38(6): 139-142.

[15] 郭瑞英, 沈振兴, 任文祥, 等. 陕西省榆林市冬季 PM10 和 PM2.5 的污染特征[J]. 中国粉体技术, 2015, 21(3): 84-89.

作者简介

赵鹏, 硕士, 讲师, 主要研究方向为故障诊断与数据采集。
E-mail: zhaopeng9500@126.com