

基于STM32的综合式环境智能监测系统的设计与实现

陈伟杰 韩宇龙 于宪伟 彭凯达 李欣桐

北方工业大学信息学院

DOI:10.12238/acair.v2i2.7378

[摘要] 为实现对人居环境中温度、湿度、辐射当量、空气质量的检测与反馈,基于STM32单片机,控制相应传感器对环境中的各项指标进行实时采集处理,实现了多指标的环境监测及多方式交互。该系统可应用于家庭或工作场所中人居环境指标的监测与预警,集成式的检测体系为维护健康的人居环境提供长效支撑。

[关键词] STM32F103; 盖革计数管; 温湿度检测; 家庭环境监测; HC-05

中图分类号: P412.13 **文献标识码:** A

Design and Implementation of a Comprehensive Environmental Intelligent Monitoring System based on STM32

Weijie Chen Yulong Han Xianwei Yu Kaida Peng Xintong Li

School of Information Science and Technology, North China University of Technology

[Abstract] In order to realize the detection and feedback of temperature, humidity, radiation equivalent and air quality in the living environment, based on the STM32 single-chip microcomputer, the corresponding sensor is controlled to collect and process various indicators in the environment in real time, and realizes multi-index environmental monitoring and multi-mode interaction. The system can be applied to the monitoring and early warning of living environment indicators in the home or workplace. The integrated detection system provides long-term support for maintaining a healthy living environment.

[Key words] STM32F103; Geiger counting tube; Temperature and humidity detection; Home environment monitoring; HC-05

引言

当前,人居环境的优化成为社会广泛关注的问题,环境监测系统具有重要作用。一是能够帮助使用者科学地感知周围环境情况,二是能够根据设定的警戒值给提示、帮助使用者规避环境中的风险,三是多系统间的交互能够构成实时监测网络、形成更详细的区域性环境向导。因此,综合性环境监测系统将更好的帮助使用者享受健康、优质的生活环境。

已有学者针对温湿度、PM2.5浓度等各项指标进行传感器的研究,能够利用空气中各成分在不同条件下的电导特性准确地将环境值转化为电信号,选用模拟电路或集成电路芯片对电信号进行处理获取环境参数,再将各检测量转化为交互信息,构建基本的环境检测仪器。

本文在前人基础上,选择日常生活中影响显著的环境指标,设计了基于STM32的环境智能监测系统,能够检测温度、湿度、空气质量、辐射当量,并通过指标间的矫正计算提高数据精度。该系统通过按键和OLED与用户交互,对比检测值与设定值后给出判断,并使用了蓝牙模块实现多端互联。该系统能在多场景下工作,为构建舒适健康的人居环境保驾护航。

1 总体框架设计

系统使用STM32F103C8T6系统板作为主控,可分为检测部分和交互部分,检测部分使用DHT11检测温度和湿度,使用MQ135空气污染程度,使用盖革计数管及其电路检测辐射当量,交互部分由OLED显示屏、数字键盘、HC-05蓝牙模组三部分构成,其总体框架如图1所示。

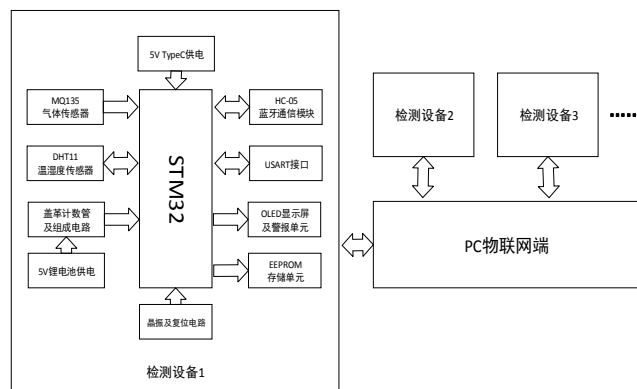


图1 总体结构

2 系统硬件设计

该系统能够实现如下功能：温湿度的采集与显示、有害气体的感应与警报、辐射当量的检测与判定、环境数据的整合及发送，下面结合各项功能介绍对应模块的硬件结构及设计。

2.1 主控模块

主控为意法半导体设计生产的STM32F103C8T6，其搭载了ARM公司的Cortex-M3内核，是功能丰富、用途广泛的32位微控制器。其内部嵌有64K的FLASH用于存储程序、20K的SRAM用于存储数据；主频可以达到72MHz；拥有48个功能不同的引脚，其GPIO功能复用可根据不同引脚支持IIC、USART、ADC等功能，该MCU功能可以满足前述需求。

2.2 温湿度采集模块

选用DHT11采集环境中的温湿度，该器件由NTC热敏电阻、电阻式湿度传感器和8位单片机构成，性价比高且抗干扰能力强，可测量温度范围在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}\pm 2$ 、湿度范围在 $20\sim 90\%\text{RH}\pm 5^{[1]}$ ，范围和精度能够满足人居环境条件。器件中的导体对不同的温湿度呈现不同的阻抗特性，8位单片机将检测到的结果转换成数字信号形式，以单总线的方式与主机交互，对时序要求严格，因此在硬件设计上需要外加上拉电阻确保信号的准确性和稳定性。

2.3 辐射检测模块

为对环境中出现的强辐射作预警，选用Geiger-Muller计数管(下称盖革管)进行辐射监测，盖革管是在金属管或玻璃管内充入稀有气体，管的轴线是一根金属丝，工作时在管壁与轴间加上气体临界击穿的电压，辐射高速粒子能够让气体电离发生击穿产生脉冲信号，一分钟检测到的击穿信号次数称作CPM，根据计数管型号对应的转换系数计算得到辐射当量，本文选用的SI3BG盖革计数管转换系数为151，因此检测到的辐射强度为CPM/151uSv/h。

SI3BG工作电压范围在380~460V，工作电流需求在0.015~0.02mA^[2]，因此对基本的5V供电使用反激变换器转换得到工作电压即可驱动盖革管，而后使用三极管处理击穿的脉冲，得到可供单片机处理的脉冲信号。

2.4 空气质量检测模块

MQ135气体传感器对氨气、硫化物、烟雾等有害气体灵敏度高，适用于检测人居环境中可能产生的燃气泄漏、空气污染等情况。MQ135的电导率随空气中污染气体浓度的增加而增大^[3]，因此对MQ135提供与单片机相同的参考电压，配置单片机ADC端口的浮空输出采集模块电压，就能计算得到相应的空气质量数据。

2.5 蓝牙通信模块

HC-05是一款高性能、集成化、主从一体的蓝牙串口通信模块，工作频段于2.4GHz，通过GFSK调制传输通信，能够帮助环境检测系统接入智能网络，形成对整体环境的区域级监测预警。通过指令集配置好工作模式，将模块的RX、TX与MCU对应配置TX、RX的GPIO引脚相连，上电共地后便可使用串口通信进行数据传输，实现设备之间的互联。

3 程序架构设计

3.1 主程序架构

结合图2所示的主程序流程图，说明该系统的工作流程。程序开始对相关配置进行初始化，包括清空显示屏、配置定时器及中断、初始化GPIO端口。然后，定时扫描判断是否有按键按下，若有则进入修改界面，依次选择模式、修改警戒值，直至按下退出键退出；若没有按下按键，则根据SysTick定时值及各模块检测间隔判断是否执行检测，检测完成后判断是否超过设定的警戒值，若超过了则启动警报程序，通过OLED屏、蜂鸣器、串口发送发出警报，若无异常则继续执行程序；显示屏刷新和蓝牙发送根据设定的时间间隔更新。

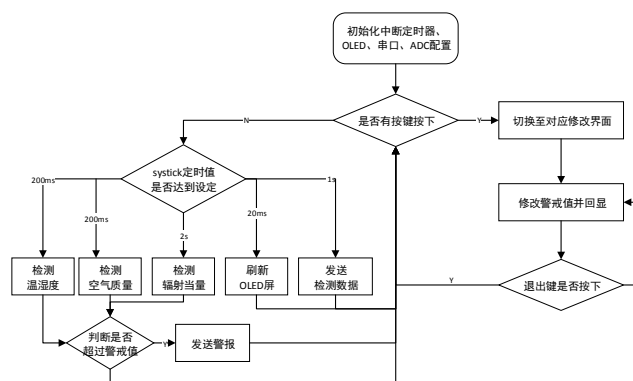


图2 主程序流程图

3.2 模块程序设计

为驱动各硬件模块，提高检测数据的准确度与有效性，下面阐述各模块的软件控制流程。

3.2.1 温湿度检测子程序

主控向DHT11发送复位信号后引脚切换至输入模式，模块从低功耗转至高速模式，接收到响应信号后开始准备接收数据，一次完整数据为40bit，依次为8bit湿度整数、8bit湿度小数、8bit温度整数、8bit温度小数和8bit校验和，数据“1”用70us的高电平表示、“0”用26~28us的高电平表示，每位数据间有50us的低电平。^[4]

根据上述时序逻辑，在接收数据判决时仅需间隔30us查看GPIO口电平，若接收到低电平则无数据，直到接收到的电平为高电平时，将数值左移一位，若再次检测到高电平则判定为“1”、否则默认为“0”，直到变回低电平后，准备接收下一位数据。依次接收完所有数据后，判断是否数值是否在测量范围内，并与校验位作比较，若均无误则返回数据；若期间发生异常情况则重新测量，并判断检测是否超时，若超时则退出子程序并返回错误警报。

3.2.2 空气质量检测子程序

主控向MQ135采集模拟电平时容易收到多种因素干扰，因此对端口多次采样，取平均值后得到相对稳定的电平，对比参考电平得到空气质量的相对值，该模块除了受不同空气环境条件影响，在不同温湿度条件下呈现的阻抗也会有细微差别，因此结合DHT11测得的温湿度对采集到的结果进行实时修正，得到可归一化的空气质量数据。整体流程如图3所示。

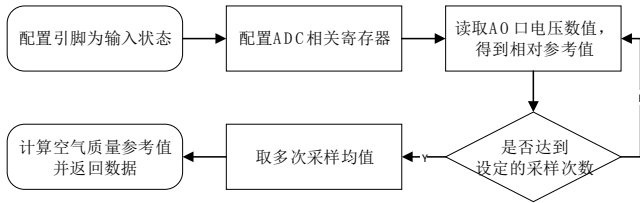


图3 MQ135程序流程图

3.2.3辐射检测子程序

该程序的基本流程为对输入的击穿脉冲在检测时间内进行上升沿的输入捕获, 根据计数值、盖革管的转换系数和检测时间计算辐射强度当量; 考虑到人居环境中一般出现的辐射量不大、击穿脉冲较少, 故先通过检测到的脉冲数CPM作出判断, 在判断程序未跑飞的条件下^[5], 适当延长检测时间以提高检测的精度, 如图4流程所示。

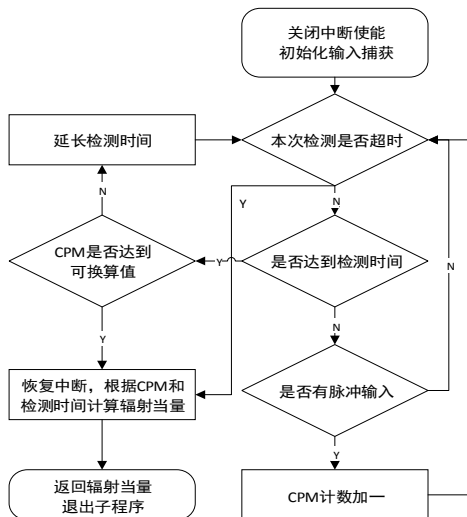


图4 辐射检测程序流程图

3.2.4显示与通信程序

OLED屏幕是由发光二极管构成像素阵列, 其一般内置SSD1306芯片用于驱动, 通过调用IIC时序进程写入对应的命令和显示数据, 对于特殊的中文字符通过取字模软件获取对应编码, 在人眼捕获时间范围内进行刷新数据, 实现显示界面。

HC-05蓝牙串口通信模块需要先在命令响应模式下, 使用AT指令集进行状态配置及设备配对^[6], 完成设置后切换至自动连接模式, 单片机将需要传输的信息通过串口通信发送给该模块, 该模块将串口数据转换为蓝牙协议并调制发送, 实现区域性通信, 提高智能化程度。

4 系统功能及测试

4.1实物模型设计

使用嘉立创EDA软件进行PCB设计, 可以有效避免各模块线路出现故障。在进行设计时应考虑各模块工作特性, MQ135模块工作时为确保检测准确会散发热量, 为避免对DHT11检测温湿度造成影响, 绘制线路时应提前留出间距。

4.2功能测试

4.2.1环境指标检测功能

对各项环境指标进行检测, 测试结果显示到LED屏界面, 如图5所示, 结果符合测试环境温湿度条件和空气质量状况, 环境辐射强度符合测试环境合理区间。



图5 温湿度检测结果

4.2.2蓝牙串口通信功能

图6所示为串口助手接收到蓝牙发送的信息, 调低警戒值并引入外部加热源, 出现环境值超标时出现对应的文字提示。

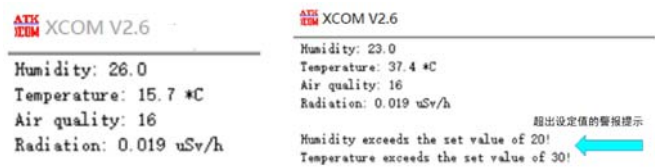


图6 串口接收检测端信息

5 结束语和展望

综上, 该系统实现人居环境中基本的指标检测和预警, 通过无线模块让多个环境检测系统交互能够实现关联度更高的监测网络, 为健康环境的高质量系统组建提供了基石, 当系统数量上升时, 需要处理的实时数据也随之增长, 更有序更完善的云平台组建方案将有助于监测网络的全局实现, 为居民创造更优的生活环境。

[基金项目]

2024年北京市大学生创新创业训练计划项目。

[参考文献]

- [1]杨欢欢.基于STM32的温室远程控制系统的的设计[D].杭州电子科技大学,2016.
- [2]Tube:SI-3BG(СИ-3БГ)SmallGeigerMuller - PocketMagic[EB/OL]./2024-03-23.<https://www.pocketmagic.net/tube-si-3bg-c%d0%b8-3%d0%b1%d0%b3-small-geiger-muller/>.
- [3]荆游.新型室内空气净化器的研制[D].哈尔滨工业大学,2015.
- [4]韩丹翱,王菲.DHT11数字式温湿度传感器的应用性研究[J].电子设计工程,2013,21(13):83-85+88.
- [5]张明虎,金良安,王孝通,等.一种新型低功耗便携式核辐射检测仪[J].核电子学与探测技术,2004,(2):196-198.
- [6]吴赓.蓝牙技术在单片机控制中的应用[J].机电信息,2021,(26):60-61+64.

作者简介:

陈伟杰(2003--),男,汉族,福建泉州人,本科在读,电子信息工程专业。