

单片机多参数环境监测程序设计与应用

柯瑞焜

温州大荣纺织仪器有限公司, 浙江 温州 325016

DOI:10.61369/EPTSM.2026010022

摘 要 : 随着生态环境监测信息化进程的加快, 传统监测设备响应滞后、数据集成度低、功耗偏高等问题越来越明显, 不能满足电子信息工程领域环境监测智能化、实时化需求。基于单片机的多参数环境监测系统, 由于具有低成本、高集成度优势, 成为解决上述问题的重要方案。本文主要对监测程序设计流程进行研究, 确定各个阶段的技术要点, 将温湿度、气体浓度等多参数采集处理逻辑整合起来, 利用模块化设计和优化实现系统的高效运行。研究成果为环境监测和电子信息工程深度融合提供技术支持, 促进低成本、高精度环境监测设备的大规模应用, 推进生态环境监测物联网体系的建设。

关 键 词 : 单片机; 多参数; 环境监测程序; 设计应用

Design and Application of Multi-parameter Environmental Monitoring Program for Single-chip Microcomputer

Ke Ruikun

Wenzhou Darong Textile Instrument Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang 325016

Abstract : With the accelerated informatization of ecological environment monitoring, traditional monitoring equipment has increasingly revealed issues such as delayed response, low data integration, and high power consumption, failing to meet the intelligent and real-time demands of environmental monitoring in electronic information engineering. The single-chip microcomputer-based multi-parameter environmental monitoring system, with its advantages of low cost and high integration, has become a key solution to these challenges. This paper focuses on researching the monitoring program design process, identifying technical key points at each stage, integrating the logic for collecting and processing multiple parameters (e.g., temperature, humidity, and gas concentration), and achieving efficient system operation through modular design and optimization. The research findings provide technical support for the deep integration of environmental monitoring and electronic information engineering, promote the large-scale application of low-cost, high-precision environmental monitoring equipment, and advance the construction of an IoT-based ecological environment monitoring system.

Keywords : microcontroller; multi-parameter; environmental monitoring program; design and application

引言

单片机多参数环境监测是对温度、湿度、气体浓度、颗粒物含量等多类环境指标同时进行测量的过程, 属于生态环境管理与保护中的基本检测技术手段。程序设计是系统功能实现的关键, 在物联网技术和生态环境监测深度交融的大环境之下, 依靠电子信息工程技术改善监测程序的集成化和智能化水平, 可以打破传统监测模式的束缚, 加强环境数据的实时获取与分析能力, 对推进生态环境监测体系现代化创建有着重大意义。

一、单片机概述

单片机 (Single-Chip Microcomputer) 是一种集成电路芯片, 是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、多种 I/O 口和

中断系统、定时器 / 计数器等功能 (可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等电路) 集成到一块硅片上构成的一个小而完善的微型计算机系统, 在工业控制领域广泛应用。

作者简介: 柯瑞焜 (1982-), 男, 浙江永嘉人, 本科, 研究方向: 机电制造 (设计开发)。

二、单片机多参数环境监测程序设计流程

（一）前期准备与需求分析阶段

前期准备与需求分析属于程序设计的前置环节，依照电子信息工程技术标准以及环境监测实际状况，确定系统功能、性能指标和技术约束。该阶段的主要任务包括确定监测参数、选择传感器、量化系统性能指标、搭建开发环境等。监测参数的选取要基于《物联网生态环境监测物联网系统概述和通用要求》（等同采用 ISO/IEC 30179:2023）标准，结合室内外监测场景的不同来确定主要参数^[1]。系统性能指标要根据电子信息工程的实时性和可靠性要求来量化，数据采集周期不大于1s，数据传输延迟不大于500ms，系统连续运行稳定性不小于720h，待机功耗不大于2W。开发环境的搭建需围绕电子信息工程嵌入式开发规范，以STM32F407为主控芯片，使用Keil MDK-ARM V5开发工具，编译器版本为ARM Compiler 6，调试工具使用J-Link，同时搭建传感器标定和数据验证平台，保证采集数据的准确性。需求分析阶段要形成完整的需要规格说明书，确定各个模块接口定义、数据格式和交互逻辑，为后续的程序设计提供依据。

（二）模块化程序设计阶段

基于电子信息工程模块化开发的思想，模块化程序设计是将功能拆解成独立模块，接口标准化协作来提高程序的可维护性和可扩展性。根据多参数环境监测要求，系统被分成初始化、数据采集、处理、通信传输和异常预警这五个主要模块^[2]。系统初始化模块由STM32F407主控芯片外设及传感器配置组成，设置RCC寄存器使系统主频达到168MHz，TIM3定时器1ms中断触发采集，GPIO用推挽输出，I2C为开漏输出加上拉电阻，UART的波特率为115200bps（8N1）；传感器SHT30发送指令0x2400完成连续采样模式初始化。

数据采集模块采用中断驱动、查询结合的方式对各个传感器数据进行定时器中断触发^[3]。数据处理模块为主要环节，需要完成的工作有数据滤波、校准和融合。利用滑动平均滤波算法来消除传感器噪声干扰，公式为：

$$y_n = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_{n-i}$$

式中：

N —— 滤波窗口长度（取5）

y_n —— 滤波后数据

x_{n-i} —— 第 $n-i$ 次采集数据

使用该算法可以将PM2.5采集数据的波动幅度减少30%以上。数据校准以标准环境舱标定数据为基础，建立线性校准模型：

$$C_{cal} = k \cdot C_{raw} + b$$

其中 C_{cal} 为校准后数据， C_{raw} 为原始采集数据， k 为校准系数， b 为偏移量（如甲醛传感器 $k=1.02$ ， $b=-0.01$ ）。

通信传输模块支持Wi-Fi和串口两种传输方式，使用ESP8266模块实现Wi-Fi通信，通过MQTT协议把数据上传到

OneNet云平台，数据采用JSON格式封装。异常预警模块对采集到的数据进行比较，如果参数超出了设定的阈值就触发GPIO口控制蜂鸣器报警，并将预警信息发送至云平台^[4]。各个模块用函数调用来完成协同工作，接口用函数指针数组来管理，提高程序的可扩展性。

（三）系统集成与调试阶段

基于电子信息工程系统测试规范完成软硬件集成验证、分模块调试和整体联调，排查问题，确保系统达标^[5]。调试过程中，修复滤波窗口长度、中断优先级等程序逻辑错误，最后得出带有测试方法、结果和改进措施的调试报告^[6]。具体测试内容及结果如下表所示：

表1：电子信息工程系统测试内容及结果表

测试类别	测试方式	测试内容 / 指标	测试结果 / 要求
模块调试	白盒测试与黑盒测试结合；标准环境舱测试、模拟噪声注入测试、云平台测试	1. 数据采集模块：温度、湿度、甲醛采集误差；2. 数据处理模块：模拟噪声注入下滤波效果；3. 通信模块：1000次云平台通信，测试丢包率、传输延迟	1. 温度误差 $\leq 0.3^{\circ}\text{C}$ 、湿度误差 $\leq 2\%\text{RH}$ 、甲醛误差 $\leq 0.03\text{mg}/\text{m}^3$ ；2. 滤波后数据波动幅度从10%降至2.5%；3. 丢包率 $\leq 0.5\%$ ，平均传输延迟320ms，均达到要求
接口联调	针对模块间数据交互准确性测试；I2C、UART接口时序参数调整；UART接口启用DMA接收模式	验证I2C、UART接口数据交互准确性，解决接口时序问题	UART接口启用DMA接收模式后，数据接收成功率由92%提升至99.9%
性能测试	程序运行资源占用测试	测试程序运行时CPU占用率、RAM占用量	CPU占用率 $\leq 30\%$ ，RAM占用 $\leq 64\text{KB}$ ，满足资源要求
可靠性测试	高低温连续运行测试、常温连续运行测试	1. $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 高低温环境72h连续运行；2. 常温环境720h连续运行；3. 验证系统稳定性及平均无故障时间	系统运行稳定，平均无故障时间 $>2000\text{h}$ ，满足可靠性要求

（四）程序优化与固化阶段

程序优化与固化阶段针对电子信息工程低功耗、高效率的要求，将资源占用最小化、运行效率最大化为核心目标，从代码、运行效率、低功耗三个方面进行优化，用专业固化流程保证系统稳定。使用的是Keil C51 9级优化方案，经死码消除、循环优化等一系列方法之后，将原来的代码从85KB减小至62KB（缩小了27%）。运行效率优化利用ARM Cortex-M4内核的DSP指令集对核心算法进行优化，数据处理时间从原来的8ms降低到现在的3ms（提高了62.5%），使用内存池管理消除碎片化，碎片率由35%降到5%。低功耗优化用DVFS技术将CPU主频降低到42MHz，电压降到2.8V，电流降到30mA；使非必要的外设处于休眠模式；待机功耗小于等于2W，适合于电池供电的应用场

景^[7]。利用 J-Link 工具按照擦除、编程、校验的步骤将程序固化到 STM32F407 Flash 中，通过启动测试、Flash 读写保护设置和最终性能测试，保证各项指标都符合设计要求且运行稳定可靠。

三、单片机多参数环境监测程序设计的应用

（一）工业物联网环境监测系统

在工业电子信息工程领域，本程序设计方案被广泛地应用在工业物联网环境监测系统当中，可以对生产车间、智能粮仓等场合的多种参数进行实时的监测（如图1所示）。系统采用 STM32F407 单片机，集温湿度、粉尘、有害气体（CO、VOC）等传感器于一身，采用程序模块化的方式实现数据采集、处理、远程传输。程序支持 Modbus 通信协议，能够与工业监控系统对接，当监测到粉尘浓度大于 10mg/m³ 或者有害气体浓度超标时，立即触发报警并联动通风设备启动^[8]。

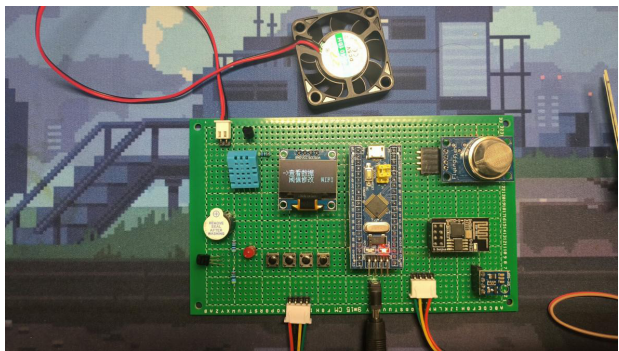


图 1：基于 stm32 单片机阿里云智能粮仓环境监测系统设计

（二）智能建筑环境调控系统

智能建筑电子信息工程应用中，程序设计方案是保证智能建筑环境调控系统主要功能实现的支撑，以室内舒适度、节能需求为主，监测参数为温度、湿度、CO₂ 浓度、光照强度等^[9]。程序通

过精准的数据分析给空调、新风、照明系统提供决策依据，CO₂ 浓度超过 1000ppm 的时候开启新风系统并调节风量，光照强度小于 300lux 时，联动照明系统打开。该系统用 Wi-Fi 模块把数据上传到建筑智能管理平台，可以远程监控、设置参数。系统投入运转后室内环境参数达标率由原来的 95% 提高到现在的 100%，空调系统的能耗降低 22%，提高了建筑环境的智能化管理水平。

（三）农业物联网精准监测系统

在农业电子信息工程的精准农业领域，程序设计方案被应用到农业物联网精准监测系统中，对温室大棚、农田等场景下的温湿度、土壤湿度、光照强度、土壤 pH 值等参数进行协同监测。程序支持低功耗广域网（LoRa）通信，能满足农田远距离数据传输需求，采集到的数据经由物联网平台展开可视化展示与趋势分析。程序中包含作物生长环境参数阈值库，监测参数超出适宜范围的时候会自动发出滴灌、遮阳网等设备控制指令^[10]。某温室大棚种植基地应用该系统后，通过程序对环境参数的精准调控，番茄产量提升 15%，水资源利用率提高 25%，程序的历史数据追溯功能，还能够为作物生长规律的研究提供可靠数据支持，推动传统农业向智能化、精准化转型。

四、结论

单片机多参数环境监测程序设计，是电子信息工程和环境监测技术融合的关键载体，采用规范的设计流程和技术优化，可以达成监测系统低成本、高精度、高可靠性运行的目的。该技术在建筑、农业等各个领域的应用，说明电子信息工程技术为生态环境监测带来了广阔的发展空间，提高环境监测的智能化程度，为生态环境治理和保护提供更强的技术支持，促进绿色低碳和生态文明建设的协同发展。

参考文献

- [1] 郭铠铭, 姚易彤, 朱春辉, 等. 基于单片机的环境监测小卫士的设计与研究 [J]. 物联网技术, 2025, 15(18): 22-26+30.
- [2] 杨云翔, 林行. 基于 ESP32 单片机的简易室内环境监测系统设计 [J]. 自动化应用, 2025, 66(17): 145-150.
- [3] 刘嘉昱. 基于 stm32 和 WiFi 技术的厨房环境监测系统 [J]. 中国品牌与防伪, 2025, (08): 238-240.
- [4] 赵徐挺, 来凯悦, 黄晓立. 基于单片机的智能办公室环境检测系统设计 [J]. 质量与认证, 2025, (S1): 91-98.
- [5] 孙浩扬. 基于 STM32 的室内环境监测系统设计 [J]. 电子制作, 2025, 33(09): 77-80.
- [6] 付杰. 单片机技术在大气环境监测系统中的应用探讨 [J]. 生态与资源, 2025, (02): 99-101.
- [7] 马海梅. 基于单片机及传感器技术的大气环境污染监测系统的设计 [J]. 电子元器件与信息技术, 2025, 9(02): 33-36.
- [8] 李景阳, 周善旻, 张宇, 等. 基于 STM32 单片机的养殖场环境监测系统设计 [J]. 电工技术, 2024, (24): 22-24.
- [9] 曹佳圆, 王军敏. 基于 STM32 单片机的基站机房环境监测系统设计 [J]. 电子产品世界, 2024, 31(08): 32-35.
- [10] 孙浩文. 基于单片机的智能浇水控制系统设计 [J]. 电子技术, 2024, 53(07): 254-255.