

多参数水质检测系统的设计与实现

周志杨 吴超越 于 萍

浙江九安检测科技有限公司 浙江 杭州 310053

摘要: 本论文旨在设计与实现一种多参数水质检测系统,旨在克服传统水质监控方法中存在的耗时、费力、采样不精确以及数据处理复杂等挑战。该系统采用STM32微控制器作为核心,利用其内部ADC采集通道来监测水体的温度、浑浊度、pH值和TDS值。通过ESP8266模块实现与物联网服务器的数据交流,并使用串行接口与LabVIEW软件进行信息传输。此外,用户可通过OLED显示屏、智能手机应用程序或LabVIEW界面三种途径对水质状况进行实时监控和预警。实验结果显示,此系统不仅运行稳定且易于操作,同时提供了高精度的测量结果。

关键词: 多参数水质检测系统; STM32微处理器; 物联网; LabVIEW上位机

1 系统总体设计

1.1 系统结构

本设计旨在通过物联网技术实现高效、精确的水质参数监测。系统核心采用STM32微控制器,架构主要由传感器模块、显示单元、数据传输组件、云端服务器、移动应用程序及LabVIEW上位机构成。传感器模块包括温度、浊度、TDS和pH传感器,用于检测水体的关键指标^[1]。OLED显示屏现场实时展示这些参数,使用户能够直观了解水质情况。USB转串口组件作为数据传输的中介,将采集的数据从下位机发送到上位机。云服务器接收并存储来自WiFi模块的水质信息,并分发给授权的手机App和LabVIEW界面。手机应用让用户可以远程监控水质变化,无论何时何地。

1.2 运行机制

系统运行基于STM32F103C8T6微控制器的功能。内部ADC将pH、浊度和TDS传感器提供的模拟信号转换为数字格式,而温度传感器输出直接以数字形式提供。随后,MCU将这些数据存入内部缓冲区,并通过串行总线将其传送给OLED屏幕进行显示。同时,MCU经由USART3接口将数据传递给WiFi模块,后者使用TCP/IP协议将数据上传至智联云平台服务器。注册登录后,用户可通过手机应用访问服务器上的水质信息,实现远程监控。LabVIEW上位机则通过USB转串口连接与下位机通信,处理并呈现水质数据,同时提供报警服务。借助物联网技术,该系统实现了水质数据的远程分享和传输,极大地提升了监测效率和准确性。

2 系统硬件设计

2.1 STM32微控制器

本设计选用STM32F103C8T6作为主控单元,这款微控制器因其低功耗、经济实惠及功能丰富而成为众多嵌

入式解决方案的首选。它基于ARM架构的32位Cortex-M3处理器,不仅提供高效的运算能力,还支持高达72MHz的时钟频率,确保系统的迅速响应和高效运作。在存储方面,STM32F103C8T6配备有64KB闪存和20KB SRAM,为程序执行和数据处理提供了充裕的空间。此外,该微控制器集成了双12位ADC,拥有16个采集通道,可以精准地将模拟信号转换为数字信号,适应多种传感器的数据收集需求。通信接口上,STM32F103C8T6提供了包括UART、SPI、I2C在内的9种片上接口,便于与其它设备进行数据交互。其37个高速I/O端口也为外部设备的连接和控制提供了高度的灵活性,使其广泛应用于智能家居、工业自动化以及消费电子等领域。

2.2 传感器组件

传感器组件是水质监测系统的核心,负责获取水体的各种参数。本系统采用了多种传感器,如浊度传感器、pH值传感器及其温度补偿模块、TDS传感器等,以实现全面的水质监控。(1) 浊度传感器:使用TSW-30模块,供电电压5V,最大工作电流40mA,适用温度范围从-20℃到90℃。此模块输出的是模拟信号,需通过STM32内置的ADC转换成数字信号才能被MCU读取。我们选择了STM32F103C8T6的ADC1通道1(PA1引脚)来采集浊度数据,从而准确测量水体的浑浊程度,为水质评估提供依据。(2) pH值与温度传感器:采用E-201-C电极,供电电压5V,pH值测量范围0~14,工作温度0~60℃,精度±0.1(在20℃条件下),响应时间小于1分钟。由于pH值受温度影响较大,通常需要进行温度补偿以提高准确性。因此,该模块带有温度传感连接点T0用于实时监测水温。pH值信息通过PA0引脚(STM32单片机ADC1通道0)采集,同时,DS18B20温度传感器接3.3V电源,检测范围-55℃至125℃,精度±0.5℃,用

于提供温度补偿数据。(3) TDS传感器:使用SEN0244型号的模拟TDS传感器模块,供电电压5V,工作电流3~6mA,模拟信号输出电压范围0~2.3V,TDS测量范围0~1000ppm,精度±5%。TDS值通过PA2引脚(STM32单片机ADC1通道2)采集,以此实时监测水中溶解固体含量,为水质分析提供关键指标。

2.3 显示模块

在智能设备或嵌入式系统的开发进程中,用户交互界面的设计始终占据着举足轻重的地位,它是连接用户与设备之间的重要纽带。其中,显示模块作为人机交互的核心组件,其性能与易用性直接关系到用户体验的优劣。考虑到本系统不仅需要精准、简洁地展示数字信息,还需支持英文及汉字的多样化呈现,以满足不同用户群体的使用需求,经过全面而细致的综合评估与对比,我们最终选定了尺寸为2.4384厘米(在行业内常被理解为0.96英寸,此处以厘米为单位进行表述,以贴合原描述习惯)的OLED显示屏作为显示模块。这款显示屏凭借其独特的自发光特性,实现了高对比度与广视角的卓越显示效果,即便在强光环境下,用户也能清晰、无障碍地读取显示内容。尤为引人注目的是,该OLED显示屏采用了高效的IIC(Inter-Integrated Circuit,即集成电路间总线)通信协议,这一创新特性极大地简化了硬件连接设计,仅需通过4个引脚(VCC、GND、SCL、SDA)即可轻松完成与主控芯片的通信连接,无需复杂的布线与繁琐的调试过程,为系统的快速开发与高效部署提供了强有力的支持。

2.4 通信模块

通信模块作为系统内外信息交换的桥梁,其稳定性和灵活性是确保系统正常运行、高效运作的关键所在。本系统在设计之初,便充分考虑了多种通信需求,力求实现通信方式的多元化与灵活性^[2]。为此,我们分别集成了WiFi模块与串口通信模块,以适应不同的应用场景与需求。(1) WiFi模块。为了实现系统的无线联网功能,使设备能够轻松接入互联网,享受便捷的网络服务,本系统选用了安信可公司精心推出的ESP8266-12F WiFi模块。该模块以其高度的集成度、强大的处理能力以及广泛的兼容性,在物联网领域赢得了广泛的赞誉与应用。ESP8266-12F不仅支持3.3V与5V双电压输入,确保了与多种微控制器的无缝对接,还内置了完整的TCP/IP协议栈,使得开发者能够轻松实现网络通信功能,无需额外的网络硬件支持,即可快速上手并投入使用。在硬件连接上,我们严格遵循了模块的标准引脚定义,将VCC引脚接至3.3V电源,GND接地,GPIO0通过1kΩ上拉电阻

连接至高电平,以确保模块默认处于工作模式。同时,通过串口通信接口(TXD接单片机USART3的接收引脚PB10,RXD接单片机USART3的发送引脚PB11)实现了与主控芯片的数据交换。此外,RST复位引脚默认通过1kΩ上拉电阻连接,当检测到低电平时触发复位操作,确保了系统的稳定运行与高效维护。(2) 串口通信模块。考虑到上位机与STM32单片机之间可能存在的通信协议差异,本系统特别设计了USB转串口通信模块,以实现两者之间的无缝对接。该模块通过USB接口与上位机相连,将串行数据转换为USB数据格式,反之亦然。在硬件连接上,我们将模块的TXD与RXD引脚分别与STM32单片机USART1的RXD和TXD引脚相连,从而构建了一个稳定可靠的数据传输通道。通过这一设计,上位机可以方便地读取STM32单片机内部数据缓冲区中的数据,进行实时监控、数据分析或远程控制等操作,极大地拓展了系统的应用范围与灵活性。

3 系统软件设计

3.1 主控模块软件设计

系统主控模块软件作为整个水质检测仪测控系统的“大脑”,其开发过程至关重要。我们选用了功能强大且广泛应用的KeilμVision5作为开发工具,编程语言则采用了高效且易于移植的C语言。主控模块软件的设计涵盖了多个关键功能模块,包括系统初始化程序、定时器中断程序、传感器信号采集程序、OLED显示程序以及WiFi传输程序。当系统通电后,首先执行的是系统初始化程序。这一步骤如同为系统“启动引擎”,对各个硬件模块进行初始化操作,如配置GPIO口、初始化外设时钟、设置中断优先级等,确保系统硬件资源处于正确的初始状态,为后续程序的稳定运行提供坚实基础。随后,定时器中断程序开始发挥作用。它如同系统的“时间管家”,按照预设的时间间隔触发中断,执行定时任务。在本系统中,定时器中断主要用于周期性地触发传感器信号采集任务,以及控制OLED显示屏的刷新频率,确保数据的实时性和显示的流畅性。传感器信号采集程序是系统的“数据采集员”,负责与各类水质传感器进行通信,采集水体的各项参数数据。通过SPI、I2C或模拟输入等接口,程序与传感器紧密连接,按照传感器的通信协议发送采集指令,并接收返回的数据。采集到的数据经过初步处理后,被存储在MCU的内存中,供后续处理使用。OLED显示程序则如同系统的“视觉呈现者”,将采集到的水质数据以直观、清晰的方式显示在OLED显示屏上。程序根据OLED显示屏的驱动协议,将数据转换为显示屏能够识别的格式,并通过I2C或SPI接口发送给显

示屏进行显示^[3]。同时,程序还支持显示界面切换、数据刷新等功能,提升用户体验。WiFi传输程序则是系统的“无线使者”,负责将MCU处理并封装好的水质数据点协议报文发送到机智云平台服务器。当WiFi连接正常时,该程序将数据通过无线网络传输到云端,用户可以通过登录机智云手机App实时查看各项水质信息,实现远程监控和管理。

3.2 上位机软件设计

该系统的上位机软件利用LabVIEW这一图形化编程平台开发,提供了直观且用户友好的界面来展示所监测到的水质数据。其界面设计简洁清晰,使得用户无需经过复杂培训即可轻松操作。此软件通过串口通信与STM32微控制器进行数据交换,确保了实时的数据互动。整个上位机软件主要由两大部分组成:参数数值显示和预警设置。参数数值显示部分充当系统的“数据视窗”,用于呈现当前水体pH值、TDS含量、浑浊度及温度等关键水质参数的具体数值以及趋势图表。这种直观的数据显示方式让用户可以全面了解水质状况,有助于数据分析和决策制定过程。另一方面,预警设置部分则扮演着“安全卫士”的角色,允许用户设定各项水质参数的安全阈值以及指定数据存储位置。

4 系统测试与分析

4.1 测试环境与方法

为了验证系统的性能和稳定性,我们搭建了专门的实验平台,对系统各模块功能进行细致的调试。在调试过程中,我们采用了模块化测试的方法,逐一验证每个模块的功能是否正常。随后,进行了整机联调与应用实验测试研究,模拟实际使用场景对系统进行全面测试。通过采集不同水质样本,我们对系统的测量精度、稳定性和可靠性进行了严格测试。

4.2 测试结果与分析

实验结果显示,基于STM32的多参数水质检测系统已基本满足实际应用的需求。该系统表现出稳定可靠的运行特性,其用户界面直观易用,使得用户无需复杂培训即可快速掌握操作方法。此外,系统在测量精度方面表现优异,能够实时且准确地监测水体的温度、浊度、TDS(总溶解固体)以及pH值等关键参数。经由MCU处理的数据不仅能在OLED屏幕上显示,还能上传至LabVIEW上位机生成动态曲线图,便于用户进行数据分析和趋势预测。同时,通过WiFi模块将水质数据发送到智联云物联网平台服务器,实现了远程数据管理。用户可以通过OLED显示屏、手机应用程序或LabVIEW上位机三种途径查看具体的水质参数,从而实现了对水质信息的远程监控与管理。这表明,本系统有效提升了水质监测的效率和准确性。

结束语

本文设计并实现了一种基于STM32微处理器和物联网技术的多参数水质检测系统。该系统能够实时、准确地监测水体的多个参数,并通过多种方式将数据传输给用户,方便用户随时掌握水质情况。系统具有运行稳定可靠、人机交互界面简单方便、测量精度较高等优点,具有较高的应用价值。未来,可以进一步优化系统的硬件设计和软件算法,提高系统的性能和功能,拓展系统的应用范围。

参考文献

- [1]白荣.多参数监护仪检定中常见问题及处理方法[J].大众标准化,2022,(16):190-192.
- [2]唐武芳,李伟,杨鸿雁.基于我院多参数监护仪“质控月”活动的质控分析[J].中国医疗设备,2020,35(01):120-123.
- [3]刘洁,陈昊辉,张丰帆,等.基于改进遗传算法的河流水质模型多参数识别[J].东北农业大学学报,2020,51(1):73-82.