

基于单片机的水质检测系统设计

田毅玮 吴晨安 张水利

延安大学 物理与电子信息学院, 中国·陕西 延安 716000

摘要: 论文针对因水质问题而引发的对于人体健康和环境保护的需求, 设计一款可以检测水源参数的系统。利用 TSW-20MK 浊度传感器、E201-BNC PH 复合电极的 pH 传感器以及 DS18B20 的温度传感器来检测水源浑浊度、pH 值和温度三个参数。根据浑浊度 pH 值与温度之间的关系, 选取同一温度下常用水源进行检测, 检测的结果通过 LCD1602 液晶显示屏实时显示, 同时通过 Wi-Fi 模块进行数据串口通信, 在用户手机 App 显示, 从而实现远程检测并记录的功能。实验结果表明: 该系统可以一定程度上检测日常生活用水以及自然水源的水质, 为保证消费者健康用水提供一定理论依据。

关键词: 水质检测; 单片机; 浊度传感器; pH 传感器; 温度传感器

Design of Water Quality Detection System Based on Single Chip Microcomputer

Yiwei Tian Chenan Wu Shuili Zhang

College of Physical and Electronic Information, Yan'an University, Yan'an, Shaanxi, 716000, China

Abstract: In view of the demand for human health and environmental protection caused by water quality problems, this paper designs a system that can detect water quality parameters. Tsw-20mk turbidity sensor, E201-BNC PH composite electrode pH sensor and DS18B20 temperature sensor were used to detect turbidity, pH value and temperature of water source. According to the relationship between turbidity, pH value and temperature, common water sources at the same temperature are selected for detection. The detection results are displayed in real time through LCD1602 LCD screen, and data serial communication through Wi-Fi module is displayed in the user's mobile phone App, so as to achieve remote detection and recording function. The experimental results show that the system can detect the water quality of daily living water and natural water sources, thus providing a theoretical basis for consumers to ensure healthy water consumption.

Keywords: water quality inspection; single chip microcomputer; turbidity sensor; pH sensor; temperature sensor

1 引言

水是地球上生物活动的物质基础。人类对于水质检测也由手工作业的方式逐渐转向自动化、智能化。2015 年, 加拿大的研究团队开发出的海王星智能在线水质检测和预警系统。该系统自 2015 至 2020 安装以来, 有效避免了数百次可能发生的水质安全事故^[1]。在 2021 年中国移动将 5G 遥感技术运用至水质检测的算法之中, 该算法可通过互联网实时的观察并分析水质的检测情况, 这样既优化操作步骤又确保数据更加精准, 具有广阔的发展前景^[2]。当前, 生活中检测水质的方法功能较为单一, 如用 pH 试纸或者浊度检测仪分别对水质进行检测, 并人工记录数据。检测方法不够集成化, 人工记录数据不够便捷, 可能会降低准确性和产生误差^[3]。针对以上问题, 本设计主要目标是实现对样本水源的温度、酸碱度 (pH)、浑浊度的一体化检测, 检测数据经单片机将 pH 值和水质参数显示在液晶屏上, 并且通过 Wi-Fi 网络将检测数据传至手机 App 中, 从而实现了对于水质的实时检测和远程监控功能。

2 系统整体结构设计

图 1 是水质检测整体系统框图。本系统设计以 STM32 单片机为主控制内核。pH 传感器、浊度传感器、温度传感器和 Wi-Fi 模块均与主控芯片相连, 从而实现对水源样本的多参数检测。用户可以使用手机 App 来登录绑定装置, 获取数据信号, 从而完成测量水质参数设计要求。

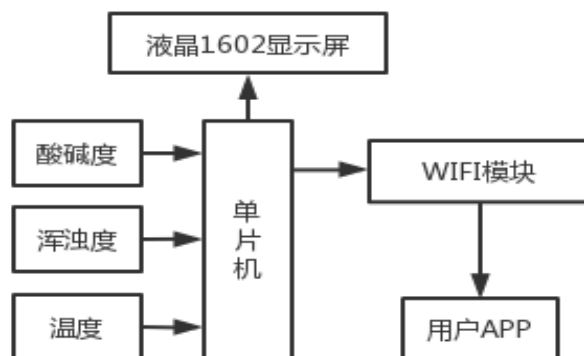


图 1 整体结构框图

3 硬件设计

3.1 主控模块

本系统选用 STM32F103C8T6 微处理器为主控模块。图 2 为 STM32F103C8T6 的引脚图,其拥有如 USART、I2C

等 9 个通信接口以及 37 个快速 I/O 端口。其中 TIM 为定时器,是整个 STM32 最常用、功能最多的外设,可以完成定时中断的任务工作^[4]。内置 12 位的 AD 转换器,可以直接读取 I/O 口的模拟电压值。

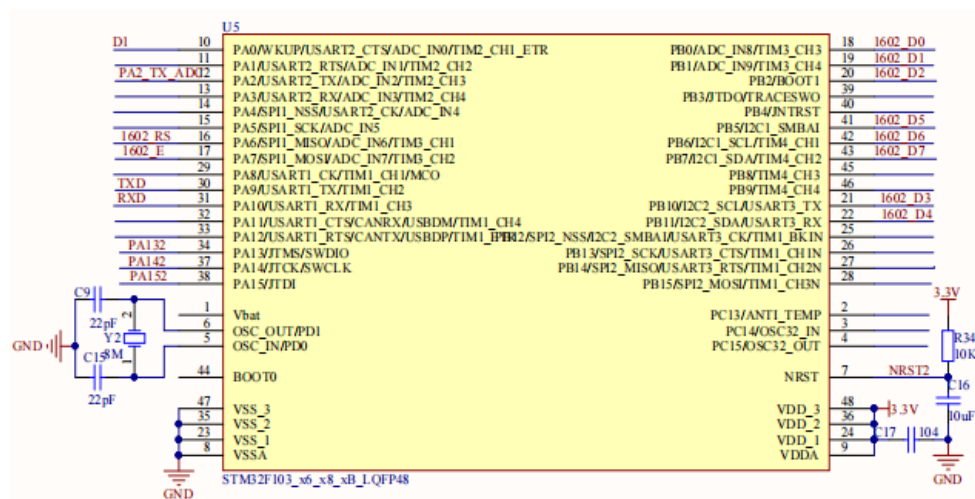


图 2 STM32F103C8T6 引脚图

3.2 浊度检测模块

浑浊度检测从本质来说其实是利用光学效应来完成检测功能。造成水体浑浊的悬浮颗粒物,其自身的材质可能会吸收或者反射光线,因此水质的浑浊度不仅仅与悬浮物的含量有关,也与悬浮物颗粒的大小、形状和自身对于光线的吸收能力有关。中国规定正常情况下,城乡生活供水检测可放宽标准但不得超过 3NTU,而农村不得超过 5NTU^[5]。由于 TSW-20MK 浊度传感器相比于工业级的浊度传感器具有成本低廉,容易操作的特点,因此本系统采用它实现对于水质浊度参数的检测。TSW-20MK 浑浊度传感器原理图如图 3 所示。

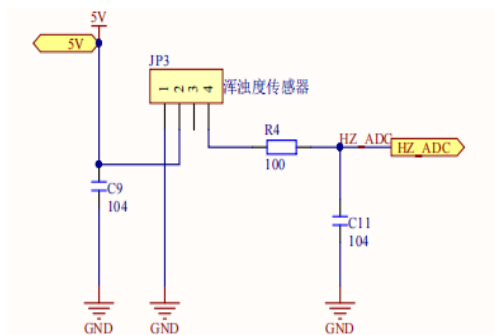


图 3 浑浊度传感器原理图

3.3 pH 检测模块

市面上检测 pH 值通常是使用 pH 检测笔,功能较为单一,并且 pH 复合电极输出 mV 级的电压信号,无法直接连接单片机进行分析处理^[6]。基于这些现状,选择使用 pH 传感器模块,该模块成本较低、使用便捷、测量准确,可以直接输出 0~5V 的模拟电压信号。pH 检测模块原理图如图 4 所示。

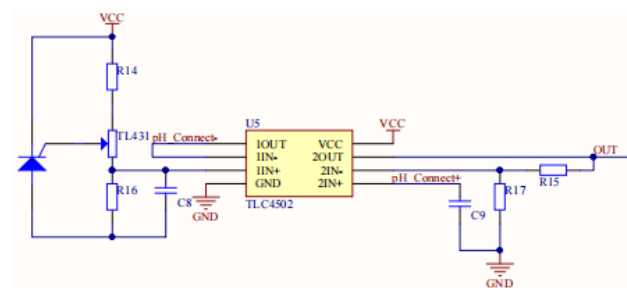


图 4 pH 模块原理图

3.4 温度检测模块

温度检测模块采用 DS18B20 温度传感器进行检测。DS18B20 温度传感器作为一个简易的测温系统电路,其特点为单总线器件,其优势在于为了提升工作效率可以在一根通信线上进行多模块测温。其精度的分辨率可以编程,在 12 位分辨率时,可在最多 750ms 内把精度的为 0.0625℃ 的温度转换为数字,可以实现高精度测温的需求。温度传感器原理图如图 5 所示。

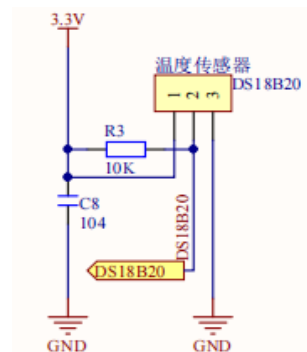


图 5 温度传感器原理图

3.5 液晶 LCD1602 显示模块

液晶 LCD1602 作为常用的显示屏是一种字符性液晶,它能同时显示两行,每行 16 个字符。内置 HD4480 芯片由单片机进行控制。本次系统设计需显示数字或字母表示 pH、浊度和温度, LCD1602 满足设计要求故可以使用。其原理如图 6 所示。

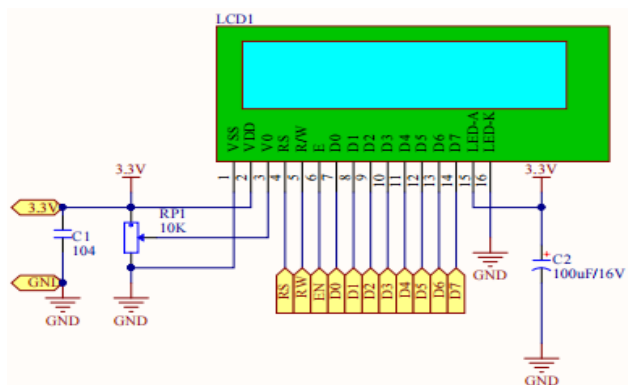


图 6 LCD1602 原理图

3.6 Wi-Fi 及串口通信模块

Esp8266 芯片性能高、适配性强并且成本低廉。它既可以作为核心单片机,独立完成带有 WIFI 功能的应用开发,也可以作为从机通过串口配合其他单片机完成 Wi-Fi 通信。该模块采用 Station 模式(客户端模式),相当于终端,连接其他的路由器将实现数据之间的连续发送。Wi-Fi 模块原理电路如图 7 所示。

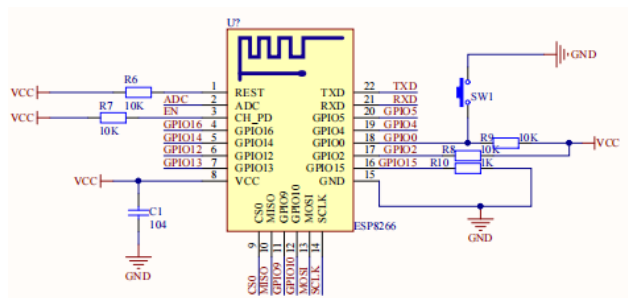


图 7 Wi-Fi 模块原理图

4 软件程序设计

系统主控模块软件部分使用以编程语言为 C 语言的 Keil μ Vision5 进行开发,主控模块软件主要有系统初始化程序、定时器中断程序、传感器信号采集程序、LCD1602 显示程序、Wi-Fi 传输程序。当系统通电后首先会对系统各个模块执行初始化操作,即进行硬件驱动初始化,待初始化完毕后再调用传感器模块采集水体数据,采集的数据经单片机处理后显示在 LCD1602 显示屏和上位机上。同时,若当前 Wi-Fi 连接正常,此时可通过登录手机 App 实时查看各项水质信息。系统软件整体流程如图 8 所示。

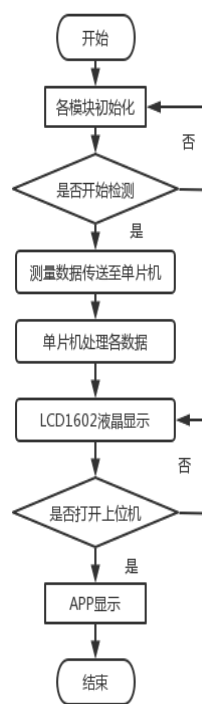


图 8 主程序流程图

5 仿真调试与分析

系统的软件调试首先分模块逐个进行,当每个模块的部分都调试完成后,再进行整体的调试。本次设计使用 Altium Designer 软件进行总系统原理图仿真。采用 Protues 软件进行仿真单片机及外围器件,并且进行测试。具体测试过程如下:

- ①测试各模块的初始化配置是否正常;
- ②检查程序中每个模块 I/O 口的配置与硬件部分引脚连接是否相同;
- ③检测各个模块之间的数据信息能否正常的接收和发送;
- ④测试数据收集部分 pH 传感器、浊度传感器、温度传感器能否采集到水质参数的有效信息;
- ⑤测试 LCD1602 的显示程序是否正确,能否正常进行水质参数的显示;
- ⑥测试 Wi-Fi 模块是否可以将水质信息参数传输至用户手机 App 中。

饮水机和自来水水源均来自延安大学宿舍楼,通过实验可知,日常饮用水符合 pH 值在 6.5~8.5 的国家标准,浑浊度 0 也映出水质很清澈。自来水呈现出弱酸性可能是空气中的二氧化碳微溶于水形成碳酸和在消毒过程中加入氯而形成的少量次氯酸所致。蜂蜜水作为对照参考很好的反映了浊度传感器在水质检测中的作用。对于延河的样本取样, pH 值呈弱酸性可能与近期降雨有关。各项数据指标也满足国家标准,适合河中各生物的生存和可持续发展。

6 总结与展望

论文设计了一款基于单片机的水质检测系统，E-201-C 型 PH 复合电极的 pH 传感器、TSW-20MK 浑浊度传感器、DS18B20 温度传感器对水源进行 pH 值、浑浊度以及温度这三个重要参数的测量，探究了 pH 值、浑浊度与温度之间的关系。并对周围水质进行了检测，测量数据通过 LCD1602 液晶显示屏进行实时显示并同时运用 Wi-Fi 模块将数据传输至用户手机 App 中实现无线远程检测功能。本设计在硬件测试和软件仿真中都取得了一定的成果，说明本系统在现实生活中的实用性，并具有一定的研究价值。

参考文献：

- [1] 陈晓君.试论国内外水质检测处理方法的现状及意义[J].化工管理,2020(8):50-51.
- [2] 徐江莉,康家林,姚传安.基于STM32单片机的水环境监测系统研究[J].成都航空职业技术学院学报,2022,38(1):61-63+66.
- [3] Shibata M, Kato M, Iwamoto Y, et al. Potentiometric determination of pH values of dilute sulfuric acid solutions with glass combination electrode equipped with ionic liquid salt bridge[J]. Journal of Electroanalytical Chemistry,2013(705):81-85.
- [4] Kim H, Lim H K, Cho S, et al. An anthracene appended guanidine derivative as water soluble fluorescence sensor for high pH values and water content measurements[J]. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry,2019(383):112023
- [5] 李跃鹏,刘一达,雷霖.基于水质监测的单片机课程设计与实践[J].内江科技,2021,42(10):47-49.
- [6] 刘嘉慧.简易水情检测系统设计[J].电子测试,2018(20):23-24+53.