

基于 wifi 的远程水塔控制系统设计

李文喆 徐英昭

南阳理工学院 信息工程学院 19 通信 2 班

【摘要】 本设计是基于wifi的远程水塔控制系统，可以通过手机APP远程进行水位监测和控制水箱的水位。系统使用单片机完成对超声波传感器数据的采集，然后通过wifi模块将数据上传到云服务器，云服务器负责转发手机APP下发的控制指令和单片机监测的数据，最终实现了水塔的远程智能控制。测试后，系统按预期运行良好，能够提高用水便利性，减少安全隐患。

【关键词】 远程水塔控制；水位监测；超声波传感器；手机APP

Design of the remote water tower control system based on wifi

Li Wenzhe, Xu Yingzhao

Nanyang Institute of Technology, School of Information Engineering, 19 communication class 2

【Abstract】 This design is a remote water tower control system based on wifi, which can remotely monitor the water level and control the water level of the water tank through the mobile phone APP. The system uses microCM to complete the data collection of ultrasonic sensor data, and then uploads the data to the cloud server through wifi module. The cloud server is responsible for forwarding the control instructions issued by the mobile APP and the monitoring data, and finally realizes the remote intelligent control of the water tower. After the test, the system runs well as expected, which can improve water convenience and reduce safety risks.

【Key words】 remote water tower control; water level monitoring; ultrasonic sensor; mobile phone APP

1 引言

水位检测和控制工业生产 and 居民生活中应用十分广泛，传统水位监测是由人力来完成的，水位的变化由水厂的值班人员监测，然后手动打开或关闭水阀。在此过程中，工作人员需要时刻关注水位的具体情况。采用人工方式对水位进行监测，劳动强度大，工作效率低。并且人工的方式控制水塔的水位，不能够时时刻刻对水位进行精准的定位监测，具有非常大的主观性，因此水塔水位的检测和控制，需要一套更加完善的系统^[1]。

针对这些问题，设计一款可以通过手机 APP 查看和控制的远程水塔系统有非常重要的意义。水塔水位自动控制装置的研究对于提高供水系统的自动化水平和提高生产的效率具有很重要的作用。本设计的目的是用单片机设计一个控制系统，用来对水塔水位进行控制，以满足各个场景的用水需要。

2 系统方案设计

2.1 方案总体设计

本设计主要分为单片机及外设系统的设计和手机 APP

的开发，以及云服务器数据的对接。本设计主要由两大部分构成，包括水塔实物硬件部分和系统软件程序部分。其中，系统的硬件部分主要是水塔控制系统的单片机和各种传感器模块的电路设计，而软件程序包括单片机驱动各外设模块的程序、MQTT 通信协议程序、以及手机 APP 程序。系统方案总体框图如图 1 所示。



图 1 系统方案总体框图

2.2 单片机端设计方案

单片机端主要负责采集超声波测距模块的数据和控制电机驱动模块，并通过 wifi 模块实现与云服务器的通信，单片机将数据发送给云服务器，再由云服务器将系统运行的数据发送给手机 APP^[2]；单片机端使用 wifi 模块实现系统与服务器器的数据交互，使用超声波模块采集水位信息，单片机控制蜂鸣器报警、OLED 显示屏和控制电机驱动模块驱动电机，当系统可以连接互联网时，便可以将水塔控制系统的数据传输到云服务器。

2.3 物联网平台和应用层方案

很多物联网服务供应商和 MQTT 项目都提供了一些供学习使用的在线公用 MQTT 服务器，用户能够直接利用其

进行测试、学习、制作甚至是小规模使用，因而无需再自行部署，方便快捷，非常节省时间与精力成本。因此本设计采用公共的 MQTT 服务器。

本系统架构由手机 APP、云服务器和单片机端三个部分共同组成。系统启动时，会通过单片机端连接网络，连接成功之后向云服务器发送采集到的传感器数据，云服务器作为数据中转站将接收到的数据转发给手机 APP，用户在手机 APP 就可以查看采集到的传感器数据。同时，用户可以通过手机 APP 的可视化控件向云服务器发送控制命令，这些命令由云服务器发送给单片机端，收到后单片机端会进行处理，然后执行对应的控制指令。最终实现远程水塔控制系统以云服务器作为数据中转站，进行两端的数据传递。

3 系统软硬件设计

3.1 系统的硬件设计

系统的硬件设计包括主控芯片、水位探测模块、OLED 显示模块、wifi 模块和电机及驱动模块的选择，以及各模块的端口线路布局等。主控使用 STM32F103C8T6，通过串口与 WIFI 模块通信，为其提供联网功能，通过 SPI 协议与红 OLED 显示模块通信使其显示系统的运行信息，使用超声波模块进行水位信息的采集，控制电机驱动模块和报警模块。系统硬件整体连接框图如图 2 所示。

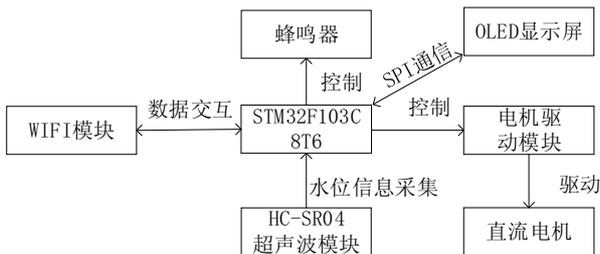


图 2 系统硬件整体连接框图

由于整个系统中需要单片机同时控制的模块很多，且需要进行一路串口通信和一路 SPI 通信，会占用大量的处理器资源，考虑到这些因素最终采用 STM32F103C8T6 最小系统作为主控模块。本设计使用 HC-SR04 超声波传感器对水塔进行远距离水位采集，监测水塔水位信息时，需要给主控芯片写程序，在超声波传感器的 Trig 引脚输入一个持续 10us 以上的高电平信号，传感器就会发出 8 个 40KHz 的超声波脉冲，然后通过检测回波信号即可测算出水塔的水位信息^[9]。本设计选用了 7 针款 0.96 寸 OLED 显示屏，采取 SPI 协议与系统进行通信。它的七个引脚分别是电源+5V 输入、接地端子 GND 和电压输出端子、时钟线 D0、数据线 D1、复位 RES、数据选择 DC 和片选 CS。通过 Keil 软件给单片机写入

代码，驱动 OLED 显示屏显示实时水位、水位预设值、系统加水信息和故障信息。本系统的数据云传输功能采用的是乐鑫公司的 ESP8266 Node MCU，它自成体系又有完整 wifi 网络解决方案。ESP8266 在 AP 模式下能够接入无线服务，例如路由器等，从而与服务器的云端互联。水泵部分的电机采取直流电机，无刷直流电机的生产已标准化，有专门的厂商专门生产，成本非常低、寿命很长，运行时噪音很低一般在 35dB 以下。在本水塔控制系统中，使用 L298N 电机驱动模块，主要由两个核心元件构成，即 78M05 稳压器和 L298N 驱动芯片。其中电机驱动芯片 L298N 是一种量产的意法半导体集团旗下的芯片，它具有工作电压范围大、驱动力强、输出电流大、抗干扰强和发热低等诸多优点，一般被用来驱动直流电机、继电器及步进电机等电子设备。

3.2 系统的软件设计

系统的软件设计主要分为单片机端的控制程序设计、wifi 模块配网并连接云服务器的程序设计和手机 APP 应用程序开发。

单片机端外设控制程序主要负责水位数据采集、OLED 显示模块控制、电机驱动模块控制；ESP8266 模块的程序主要包括 wifi 模块配网、连接云服务器、接收数据、发送数据和解析数据。云服务器作为数据的中转站，负责单片机端和客户端数据的接收和转发。手机 APP 开发使用的是 Android Studio，包括 APP 的界面开发和后台程序开发。系统软件设计中最重要的是 wifi 模块联网程序和 wifi 模块联网之后通过基于 TCP 协议的 MQTT 协议与云服务器连接通信。系统软件设计整体架构如图 3 所示。

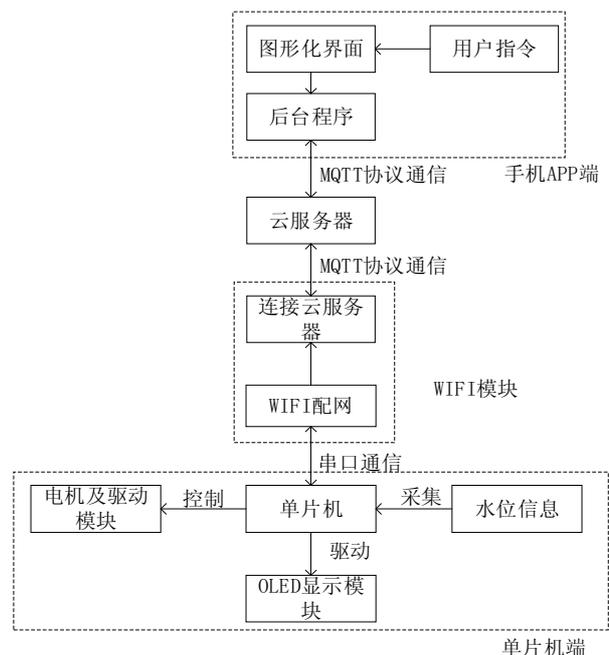


图 3 系统软件设计整体架构图

单片机端通过主控芯片 STM32F103C8T6 控制所有传感器和模块,是整个远程水塔控制系统的中央核心控制器,包括控制电机驱动模块驱动直流电机、驱动显示模块显示系统运行信息、水位异常时驱动蜂鸣器报警、对水塔的水位信息和故障信息的采集和控制 wifi 模块与云服务器通信。

为实现远程水塔控制系统与云服务器通信,单片机端先通过 wifi 模块把数据上传到网络上,然后云服务器接收到对应的信息完成数据互通。wifi 模块主要程序设计包括:单片机与 wifi 模块进行串口数据通信,发送给单片机端控制指令,并接收单片机端发送的水位信息等。其中连接 wifi 和 MQTT 服务器的过程为:首先初始化并连接 wifi,模块连接到路由器之后,自动去连接服务器,然后订阅主题。当 WIFI 模块无法连接到互联网或服务器时会等待 1 秒,然后重新尝试连接。

在 wifi 模块中,一是要通过 MQTT 协议向服务器上水塔的水位信息,二是要接收服务器发来的控制信息。涉及发布的主题 1 个,为“2472772001_ESP”,该主题向服务器上水塔的水位信息;涉及订阅的主题 3 个,分别为“2472772001”、“2472772001_2”和“2472772001_3”,分别用来接收控制指令、水位预设指令和系统模式设置。wifi 模块的 MQTT 主题设计表如表 1 所示。

表 1 WIFI 模块 MQTT 主题设计表

主题名称	主题类型	主题含义	内容举例	备注
2472772001_ESP	发布	水位信息	12	文本形式发送单位 cm
2472772001	订阅	电机运行指令	601	601 电机运行 602 停止
2472772001_2	订阅	水位预设信息	13	文本形式发送单位 cm
2472772001_3	订阅	模式设置	a	a 表示自动

4 手机 APP 软件设计和实现

4.1 手机 APP 界面开发

手机 APP 界面在设计过程中,既需要对不同使用者的需求进行考虑,也要分析 APP 设计需要实现的功能^[4]。在满意度上,感知易用性、有用性等是较大的影响因素。在 APP 的主界面使用线性布局,在该布局中添加两个文本框,第一个文本框用来显示水位信息,第二个文本框用来显示按钮单击信息。然后在界面中添加三个图片,排放整齐,图片可以根据自己喜好选择,稍后在 APP 后端的开发中,会给这三个图片添加图片单击动作,不过在此之前,需要给添加的每个组件设定 ID。ID 是 Android 中布局文件中的控件引用的一个“标签”,它是在.xml 文件中人为手动创建,在开发 APP 过程中如果想要引用布局文件中的控件,必须要为其增加 ID 属性。

开发 APP 的过程中,在保证 APP 功能实现的基础上也

要兼顾 APP 的流畅性和美观,所以接着在界面添加 Process Bar。Process Bar 是 UI 界面中一种非常实用的 UI 组件,它可以被用于显示一个耗时操作的进度百分比,能够动态地显示进度,防止使用户觉得系统长时间未反应,提高用户的体验。这里使用该组件显示水位百分比,使水位信息更加直观,增加数据可视性。最终的 APP 界面如图 4 所示。



图 4 最终的 APP 界面

4.2 手机 APP 后台开发

首先为 APP 手动添加网络权限,同时禁用 APP 的“Test Only”属性,保证 APP 的正常使用,同时提高 APP 的兼容性和稳定性。接下来,需要给 APP 界面中插入的图片增加图片单击事件,每个图片设置特定的单击指令,按下图片后,APP 在成功连接服务器的前提下会发送给服务器已经设置好的指令,这些指令最终会被服务器转发给 wifi 模块并解码,然后单机会执行相应的命令。还需要为 APP 增加数据接收功能,用于接收云服务器发送过来的数据,主要是单片机端传来的水位信息。要实现数据接收功能,需在该项目中导入 MQTT.jar 包,然后直接调用。当 MQTT 收到消息回传时,处理 message 传过来的字段,提取出其中包含的有效数据,该数据是水位信息,然后调用 APP 界面的文本框和 Process Bar 控件,将水位信息直观地显示出来。在此 APP 中,要通过 MQTT 协议向服务器上传单片机的控制信息,涉及发布的主题 3 个,分别为“2472772001”、“2472772001_2”和“2472772001_3”,分别为控制指令、水位预设信息和系统模式设置;涉及订阅的主题 1 个,为“2472772001_ESP”,主要是订阅服务器传来的水位信息。APP 端具体 MQTT 主题

设计表如表2所示。

表2 APP端具体MQTT主题设计表

主题名称	主题类型	主题含义	内容举例	备注
2472772001	发布	电机运行指令	601	601 电机运行 602 停止
2472772001_2	发布	水位预设信息	11	文本形式发送, 单位 cm
2472772001_3	发布	模式设置	a	a 表示自动
2472772001_ESP	订阅	水位信息	12	文本形式发送, 单位 cm

完成APP的整体设计后,点击右上角构建,选择Android构建,可以编译生成Android安装包,下载后导入到手机。点击确定等待三至五分钟即可构建成功,点击下载即可下载APP应用的安装包,安装到手机上。

5 系统测试及结果分析

基于wifi的远程水塔智能控制系统是由单片机控制端、云服务器、客户端这三大板块组成的。本设计需要对这三大板块分别进行调试,才能保障系统能够正常运行。其中,对于单片机控制端,wifi模块和单片机需要进行单独测试和组合测试。通过串口调试助手分别测试程序对各个传感器数据读取的准确性和wifi模块连接的可行性;云服务器需要用MQTT.fx软件测试在物联网平台创建的设备,使用创建设备生成的三元组生成所需信息来测试创建的设备是否可以连接上云服务器,两者能否订阅和发布主题,相互收发信息;而测试手机APP时,一方面可以用MQTT.fx软件测试,使用APP下达指令,观察订阅了手机Topic的云服务器是否收到对应消息;另一方面需要在设备控制界面查看数据和单片机端是否一致,点击开关控件,观察单片机端能否实现相应功能。

作为整个水塔控制系统通信的核心部分,单片机端的信

息与云服务器和客户端部分的数据进行交互时,都需要通过wifi模块来完成。在测试时,ESP8266wifi模块在上电后等待一段并自动连接设定的wifi,连接成功后自动连接MQTT服务器并订阅主题,每个连接步骤完成后都会在串口打印连接成功的消息,测试结果表明wifi模块已经成功连接到wifi,然后连接到了MQTT服务器并成功订阅了主题,实现预期目标。

APP下发指令至单片机测试:打开手机APP主界面,在水位距离显示区可以观察到水位数值实时显示,与单片机外挂的OLED显示模块上现实的实际水位数值一致。点击APP中的水位预设按钮并设置值然后点击加水按钮,电机正常加水并在达到预设水位后自动停止加水,测试达到了预期效果。

6 结束语

本设计基于wifi远程智能水塔系统的设计与实现展开研究,最后实现安卓手机APP实时监控和控制水塔系统。单片机作为主控部分完成对超声波的信息采集,通过ESP8266wifi模块连接云服务器进行数据通信,并在Android Studio开发安卓手机APP完成与单片机的双向数据交互。单片机端选用STM32作为主控芯片,负责采集超声波传感器的距离信息,通过串口通信控制ESP8266模块联网并与云服务器进行数据的交互,并可以通过手机APP查看传感器数据和控制监控系统。

参考文献

- [1]张弘扬.基于单片机的水塔水位控制系统的设计[J].内蒙古煤炭经济, 2021, 336(19): 150-151.
- [2]管嘉诚, 李晓烽, 黄志芳等.基于ESP8266与机智云的物联网智能家居[J].物联网技术, 2023, 13(03): 140-142.
- [3]王光祥, 王意修.超声波传感器对用户距离的探测分析[J].现代职业教育, 2017, No.70(04): 92-93.
- [4]曹静.面向用户体验的手机APP界面交互式设计探究[J].鞋类工艺与设计, 2022, 2(17): 111-113.