

基于 ESP8266WiFi 模块 和 MQTT 协议的游泳馆水质监测系统设计 *

沈晨航 周俊

(中国计量大学工程训练中心,浙江杭州 310018)

摘要:本文针对游泳馆的泳池,设计开发了一种基于STM32单片机、ESP8266无线模块和MQTT传输协议的实时水质监测系统。该方法构成简单,系统成本较低且使用便捷,可对游泳池水质进行实时监测,并通过了模拟验证实验,证实了其可行性。

关键词:STM32单片机;ESP8266;MQTT;水质监测

中图分类号:TP391.4

文献标识码:A

文章编号:1007-9416(2020)05-0148-04

0 引言

水常常应用在各个场合,是人类生产生活所必要的元素之一,人类在日常生活中几乎不能离开水。现如今夏天很多人喜欢去游泳馆游泳,但是很多游泳馆的水质实在令人堪忧,随着天气越来越热,越来越多人希望可以到游泳馆游泳,同时在游泳池内游泳的人数一旦增多,游泳池的水质很容易被污染,从而影响游泳馆用户的体验以及身体健康。特别是近年游泳馆水质尤为问题突出,多家游泳馆因水质不合格而被查处^[1]。因此,泳池应该时不时换水或者随时监测游泳馆水质来保证水质安全。但是即使定期换水也不能随时保证游泳馆内水质处于一个健康的状态,并且由于人工检测成本较高,检测频率低,不能及时发现水质的污染问题。所以迫切需要应用现代电子技术和物联网技术,研制开发一种实时有效的游泳馆水质监测系统,使监测人员可以通过互联网获取游泳馆水质的相应参数,从而

而节约游泳馆成本,保证游泳池水质安全,提高国内游泳馆的水质水平。

纵观国内游泳池水质监测设备,目前市场上主要以全自动和便携式的水质监测设备为主,但很少能够买到价格低廉,并且可以通过物联网连接手机移动端实现实时监控的水质监测系统。基于此,本文设计开发了一种游泳馆水质监测系统,硬件部分以STM32F103C8T6单片机作为核心控制器,通过ESP8266 Wi-Fi SoC芯片和MQTT传输协议,自行设计android手机APP作为接收客户端,来实现远程水质监测。

1 系统总体设计

游泳馆水质监测系统以STM32f103c8T6为硬件核心,利用传感器获取游泳水质相关参数,通过ESP826 Wi-Fi SoC芯片以及MQTT传输协议将检测数据实时同步到远程服务器,并通过移动客户端通知使用人员达到游泳池水质实时监测的作用。并且根据国内最新的游泳池水质标准CJ/T 244-2016《游泳池水质标准》^[2]设定各项标准的报警阈值(以下称为阈值),当安全指标超过阈值则通过软件对使用人员进行报警。参考2016-2018年江苏省江阴市游泳池水质监测分析^[3],完整的七项快检项目包括对水温、pH值、浑浊度、大肠菌群、细菌总数、尿素、游离性余氯,本系统作为简单低成本的监测预警系统,仅对其水温,PH值,浑浊度三个指标进行实时监控,

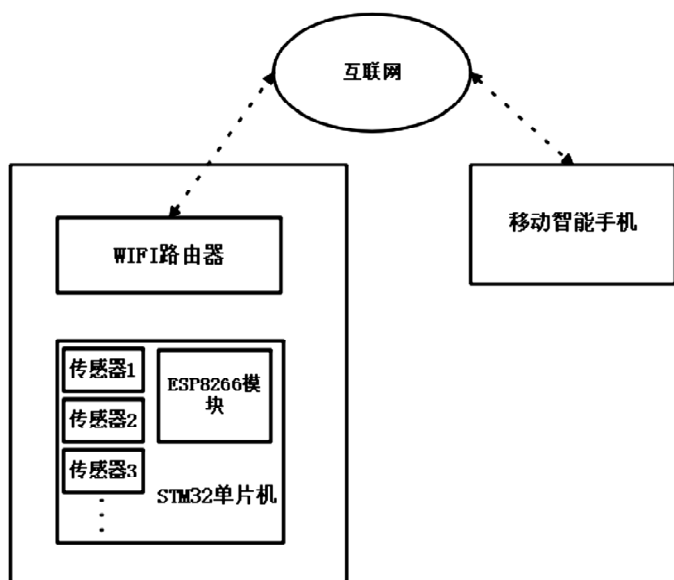


图1 系统总体框图

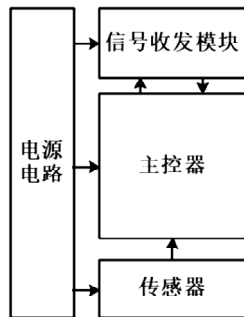


图2 系统硬件连接框图

收稿日期:2020-03-09

* 基金项目:本文系中国计量大学 2019 年校立开放实验项目《游泳馆水质监测 APP 设计开发》(XL2019130)研究成果。

作者简介:沈晨航,男,浙江湖州人,本科在读。

通讯作者:周俊(1987—),男,浙江杭州人,硕士,助理研究员,研究方向:光电子技术、光电传感器。

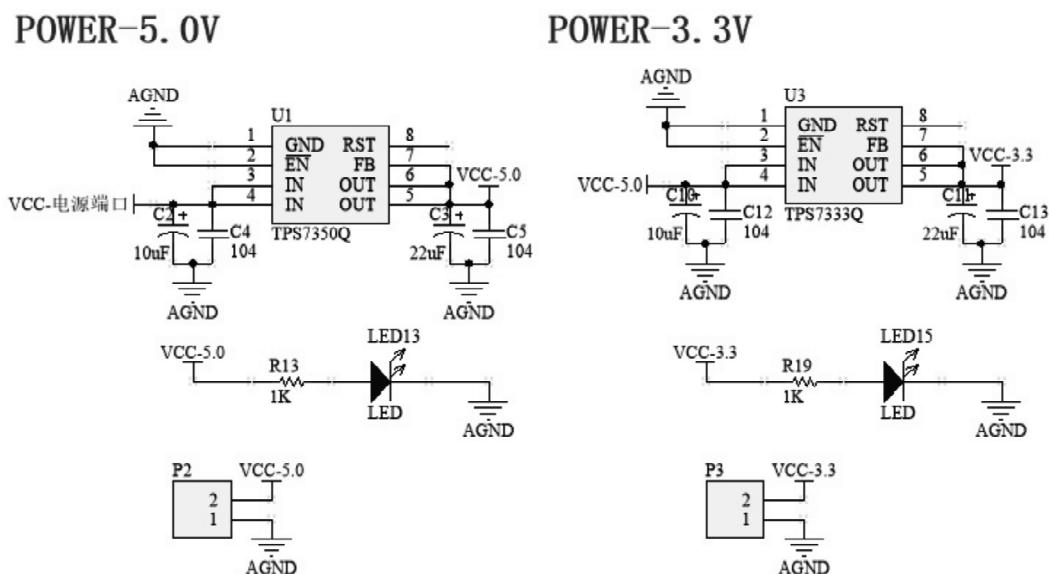


图3 电源电路系统原理图

表1 AT指令集

AT 指令	描述
AT	测试 AT 启动
AT+RST	重启模块
AT+GMR	查看版本信息
AT+GSLP	启动 deep sleep 功能
ATE	开关回显功能
AT+RESTORE	回复出厂设置
AT+UART	设置串口配置
AT+CWMODE=1/2/3	选择工作模式

其他参数检测可另外添加。系统总体框图如图1所示。

2 硬件组成及其工作原理

2.1 硬件组成及选型

系统硬件部分主要由主控器、电源电路、信号收发模块和传感器四部分组成,系统硬件连接框图如图2所示。

本系统使用的主处理器为STM32F103C8T6单片机,是一款基于ARM Cortex-M内核架构的32位微处理器,拥有64KB闪存,20KB SRAM和37个I/O接口,可将I/O接口配置为数字信号输入/输出端口。单片机的主频速度为72MHz,工作温度在-40℃至85℃,需要供电电压2V-3.6V,充分满足了系统设计需求。

ESP8266 Wi-Fi SoC是一款低功耗、高集成度的WiFi芯片,其工作温度范围在-40℃至125℃,性能稳定价格低廉。本系统选用ESP-01型ESP8266模块,可使用串口的无线AP(COM_AP)模式,串口的无线STATION(COM_STA)模式和串口的无线AP+STA(COM_AP&STA)模式,同时还具备一键配网(smartConfig)功能。

2.2 电源电路模块

在游泳馆水质监测系统中,单片机与ESP8266模块需要的供电电压为3.3V,传感器需要的供电电压为4.0-5.0V,所以需要选用稳定持续的供电系统来提供3.3V以及5V电压的电压源。系统最终采用TPS73XXQ系列的低压差稳压器,其在I_O=100mA时的最大极低电压差仅为35mV(TPS7350),符合系统要求。3.3V(TPS7330)与5.0V

(TPS7350)组成的电源系统模块原理图如图3所示。

2.3 ESP8266工作模式及AT指令简介

ESP8266具备COM-AP模式、COM-STATION模式和COM-STA+AP模式,每个模式都有各自的功能和应用场合。其中串口的无线AP(COM_AP)模式是将模块作为热点,使用其他的设备接入到ESP8266模块,通过串口来实现信息交互。串口无线STA(COM_STA)模式则是将模块作为客户端,用于将模块接入其他热点来构成WiFi网络。而串口无线AP+STA(COM_AP&STA)模式则是既能将模块作为热点供其他设备接入,又可以接入到其他WiFi网络,是前两种模式的整合。初始化时单片机通过串口通信的方式,使用AT指令进行对模块的最初配置和发送命令的操作,部分AT指令如表1所示。

2.4 WiFi传输与MQTT传输协议

MQTT是消息队列遥测传输的简称,英文全称为Message Queuing Telemetry Transport。是由IBM公司撰写的适用于物联网通信的传输协议。MQTT协议工作在TCP/IP协议族上,通过发布(Publish)/订阅(Subscribe)的范式工作,是一种为了硬件性能低的远程设备以及网络状态不良的情况下设计的信息协议^[4]。本系统通过硬件系统与路由器连接将信息传输至阿里云服务器,通过订阅/发布功能实现手机远程接收监测消息的功能。

2.5 游泳池参数获取

分别使用PH传感器检测游泳池水的PH值大小,使用水浊度传感器检测游泳池水的浑浊程度,使用温度传感器检测游泳池的水温并判断是否符合国家标准。具体检测过程如下:单片机会根据传感器的输出电压值,计算出检测的实际值。倘若传感器输出的模拟信号,A/D转换器会将其转化为实际检测值输出;倘若传感器输出的是数字信号,单片机会根据传感器手册给出的公式解析数据,同样返回实际检测值。

水质监测系统使用的PH传感器应用的是电位法测量原理。因为溶液的PH值是由溶液中存在的H⁺浓度所决定的,于是使用传感器的电极系统来构成一个原电池,在温度一定的情况下,待测液体的H⁺浓度与电极上的玻璃膜与被测溶液中H⁺进行离子交换过程中电极之间的电位差相关,所以只需检测其电压大小便

可测得被测液体的H⁺浓度,即PH值。传感器获得的电压信号与氢离子的活度应满足能斯特方程,能斯特方程计算的是电极反应中参与反应物质从反应前的状态转移到反应后的状态时,需要消耗的功^[5]:

$$E=E_0+(RT\ln\alpha)/nF \quad (1)$$

并且 $E=E_0+E_D+E_{内参}-E_{外参}-E_{外接}$,而 E_D (离子扩散电位)、 $E_{内参}$ 、 $E_{外参}$ 、 $E_{外接}$ 是关于溶液温度的函数,因此 E_0 也是关于溶液温度的函数,所以为了控制 E_0 为常数,要使温度不变,这时候 E 才是关于 a 的一元函数。设 $S=RT/nF$ 为常量,且 $pH=\ln a$,所以可以得到:

$$E=E_0-S \times pH \quad (2)$$

其中 $S=\frac{RT}{nF}=54.20+0.1984 \times t$ 为理论斜率项; α 表示氧化型和还原型化学物质的活度(活度=浓度×活度系数);气体常数 $R=8.314472J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$;法拉第常数 $F=96485C \cdot mol^{-1}$;n为半反应式的电子转移数,单位mol;温度 $T=273.15+t$;E为传感器电极在检测过程中输出电压值。

水浊度传感器则应用光学的相关原理,通过综合计算溶液中的透光率和散射率的方式来判断水的浑浊情况。传感器内部是一个恒

定输出功率的红外光电对管,当红外光穿过相同距离的液体时,接收端接收到的光透量取决于液体的浑浊程度,液体约浑浊,透过光的光通量越少。传感器在接收端将透过的光的光强转换为对应的电流大小,透过的光强越强,检测器半导体内生成的电流越大,反之透过光强越弱,检测器半导体内生成的电流越小。本系统所使用的水浊度传感器的测试温度范围-20℃至90℃,返回模拟信号,浑浊度值与模块输出电压满足计算公式:

$$TU=-865.68xU+K \quad (3)$$

其中,TU为当前的浑浊度值,U为当前温度条件下模块的输出端所检测到的电压值,K为截距值。

数字温度传感器利用低温系数晶振与高温系数晶振的振荡频率受温度变化的区别来反映出环境温度的大小。本系统采用的数字温度传感器,测量温度范围在-50℃至120℃之内,且至少在0℃至80℃范围内精度约为±0.5℃,满足系统需求。

3 系统软件设计

3.1 单片机软件设计

单片机需实现识别传感器上传的电压信息以及与互联网服务器实现信息交互的功能。系统启动后,单片机首先进入系统初始化及参数配置阶段,通过串口发送AT指令,启动ESP8266模块连接预设的路由器网络,确认服务器连接成功后,系统进入低消耗待机状态。当单片机接收到服务器查询数据的请求后,开启传感器,对游泳池各项指标进行检测,并将检测结果导入数组发送给远程服务器。初始化时若ESP8266模块没有响应,则重复配置ESP8266模块步骤,单片机的软件流程图如图4所示。

3.2 远程客户端软件设计

远程手机客户端主要实现接收单片机上传的信息并显示的功能,打开手机APP,在进入主界面输入服务器IP地址、服务器端口、账号和密码等信息,完成与服务器连接后,手机APP会在首页显示出单片机手机的参数信息。在此过程中,若客户端遇到连接中断、接收数据异常等问题,则会自动尝试重新连接并向用户推送错误信息,远程手机客户端软件流程图如图5所示。

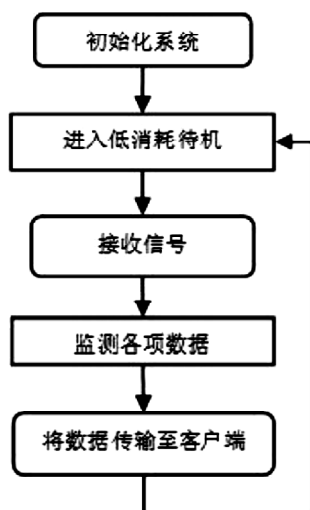


图4 单片机软件流程图

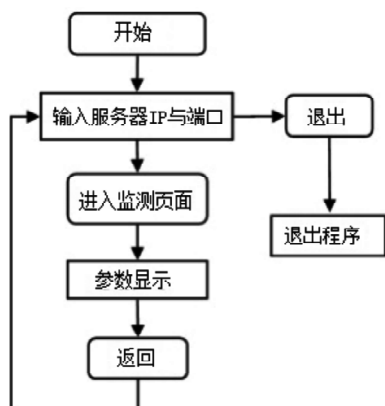


图5 远程手机客户端软件流程图

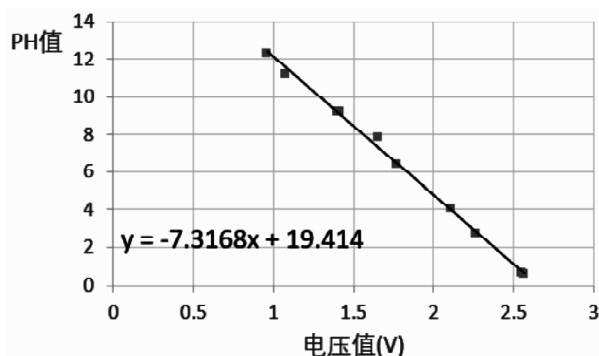


图6 PH值与电压值曲线图

表2 PH实际值与电压值实验数据

PH 值	4.01	0.55	0.65	2.70	6.39	7.80	9.20	11.19	11.65	12.30	9.18
电压值(V)	2.11	2.57	2.55	2.27	1.77	1.66	1.42	1.08	1.05	0.96	1.40

表3 温度实际值与实际温度测量值实验数据

实际值(℃)	80.0	75.0	70.0	65.0	60.0	55.0	50.0	45.0	40.0	35.0	29.9	24.0	20.1
测量值(℃)	81.1	77.6	71.5	65.9	60.8	55.4	50.3	45.3	40.2	35.0	30.0	25.0	20

表4 浑浊度与电压值实验数据

浑浊度	200	250	300	350	400	450	500	550	600
电压值(V)	3.57	3.51	3.46	3.40	3.34	3.28	3.22	3.17	3.11
浑浊度	650	700	750	800	850	900	950	1000	
电压值(V)	3.04	3.00	2.94	2.88	2.82	2.76	2.70	2.64	

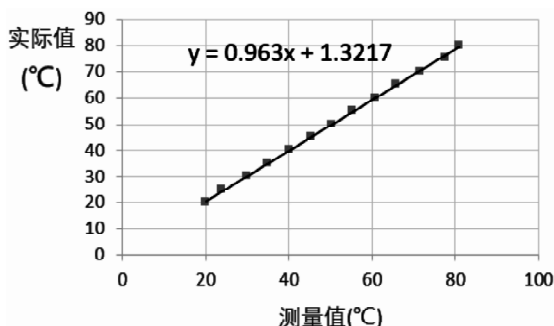


图7 温度实际值与实际温度测量值曲线

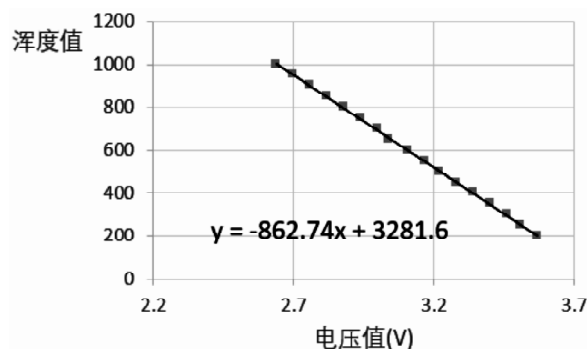


图8 浑浊度与电压值曲线图

基于以上监测系统,为了模拟对游泳池水质监测的可行性,实验使用20cm×10cm×10cm的容器模拟游泳池,设计三组实验来验证系统监测的可行性。

实验一:通过在容器中加入PH标准液,分别使用标准PH测量仪器测得PH标准液的PH值与移动端APP显示的数据进行比较,具体数据见表2,绘制数据曲线如图6所示;实验二:通过加热棒加热水温,通过温度计分别测量溶液温度并与移动端APP显示的数据进行比较,具体数据见表3,绘制数据曲线如图7所示;实验三:使用目视比浊法,向纯净水中不断加入NTU标准混悬液,得到浑浊度与移动端APP显示的数据进行比较,具体数据见表4,绘制数据曲线如图8所示。

实验主要证实检测器在监测系统检测精度是否达到标准以及系统在实际游泳池监测场合下,数据的传输是否稳定。

5 结语

本文设计开发了一种基于ESP8266与MQTT的游泳馆水质监测系统,从硬件和软件两方面,阐述了系统利用ESP8266无线串口模块

和MQTT协议将传感器数据传输到移动端实现了实时监测的过程,并利用实验模拟验证了系统在实际中的可行性。该系统除了对游泳馆水质进行监测外,还可以应用在污水处理厂、河水污染监测等其他场合。

参考文献

- [1] 吕也玫.游泳池水质不达标敲响安全监管警钟[N].中国商报,2018-08-30(P02).
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.CJ/T 244-2016游泳池水质标准[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [3] 陆红达,姚建香,何政,等.2016-2018年江苏省江阴市游泳池水质监测分析[J].医学动物防制,2020(4):333-335.
- [4] 张雪华,项雪琰.基于MQTT通信协议的智能家居系统研究与设计[J].电子制作,2020(Z1):37-38+5.
- [5] 董华.基于MSP430单片机的pH计的研制[D].长春:吉林大学,2008.

Design of Water Quality Monitoring System for Natatorium Based on Esp8266WiFi Module and MQTT Protocol

SHEN Chen-hang, ZHOU Jun

(China Jiliang University Engineering Training Center, Hangzhou Zhejiang 310018)

Abstract: This paper aims at the swimming pool of the natatorium, a real-time water quality monitoring system based on STM32 single chip microcomputer, esp8266 wireless module and mqtt transmission protocol is designed and developed. The method is simple, the system is low cost and easy to use, it can monitor the water quality of swimming pool in real time, and passed the simulation verification experiment, the feasibility is verified.

Key words: STM32 single chip microcomputer; esp8266; MQTT; water quality monitoring