

基于嵌入式的水产养殖在线监测系统^①

陈健倌¹, 乐仁昌¹, 高志滨², 何志杰¹, 李辉煌¹

¹(福建师范大学 物理与能源学院, 福州 350007)

²(福建师范大学 光电与信息工程学院, 福州 350007)

摘要: 针对传统的水产养殖向工厂化、集约化发展过程中监测手段薄弱等问题, 提出一种水产养殖在线监测系统的设计方案. 该系统基于嵌入式技术, 结合 GSM/GPRS 通信与射频无线传输技术, 主要实现对水产品生长的水环境因素(温度、PH 值和溶解氧含量)进行实时监测. 智能化的设计使监测人员根据异常数据及时采取有效措施. 实验证明: 系统结构简单, 功能易扩展, 实测数据误差小, 适用于工厂化的水产养殖领域.

关键词: 水产养殖; 嵌入式; GSM/GPRS 通信; 射频无线传输技术

Embedded Aquaculture Monitoring System

CHEN Jian-Di¹, LE Ren-Chang¹, GAO Zhi-Bin², HE Zhi-Jie¹, LI Hui-Huang¹

¹(College of Physics and Energy, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

²(College of Photonic and Electronic Engineering, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: In order to solve the problem of lack of monitoring tools in current aquaculture, a scheme for aquaculture monitoring system is proposed. The system based on embedded technology, GSM/GPRS communication technology and RF wireless transmission technology is mainly realizes the real-time monitoring of aquaculture environmental indicators, such as temperature, dissolved oxygen content, PH value, etc. The system has the advantages of simple structure, fast data transmission speed, easy expansion function, etc. The aquaculture monitoring system is suitable for many fields, such as industrial aquaculture, water environment, intelligent greenhouse and so on.

Keywords: aquaculture; embedded; GSM/GPRS communication; RF wireless transmission technology

随着时代的发展,我国水产养殖在养殖品种不断创新,产量不断增加,养殖生产和自动化管理技术的研究和应用也受到越来越多的关注.保持水产养殖场水体环境的稳定性,即对养殖环境水体溶解氧、水温和酸碱度等水质指标进行监管和控制,对水生物生长和养殖产业的发展有着重大的意义.传感技术^[1-2]、无线通信技术^[3]以及嵌入式技术^[4]在水产养殖生产和管理控制等方面的应用,增强了养殖环境水质的自动监测能力,提高了水产业的生产效率和经济效益.水质的在线监测需要完成数据的采集及传输,并提供界面,方便查询,同时还需要满足低成本、低能耗的要求.笔者根据水产养殖的需求现状,构建一个基于嵌入式技术、GSM/GPRS 技术和射频技术的智能化、网络化的

水产养殖在线监测系统.

1 系统方案设计

1.1 系统体系结构

根据水产养殖监测现场的环境,采用如图 1 所示的监测系统结构总框图.该监测系统采用嵌入式技术^[5,6],由一个主站和多个监测节点组成.主站和监测节点之间采用无线射频方式进行通信,射频采用 433MHz 的 ISM 载波频段.

主控制器选用 ARM^[7]公司推出的以高性能 Cortex-M3 为内核的增强型芯片 STM32F103C8^[8].通过射频模块轮流采集各监测节点的数据,将接收到的数据送到 LCD 上显示并定时存储采集的数据到 SD 卡,

① 基金项目:福建省教育厅 B 类项目(JB11025)

收稿时间:2013-11-09;收到修改稿时间:2013-12-09

以备用户以后查询。扩展模块 GSM/GPRS^[9]模块负责与养殖户主进行短信互动,当水温或含氧量等参数异常时,立即以短信的形式通知养殖户主,让其尽快消除不良因素。而用户也可以随时随地(只要在电信服务网络覆盖得到的地域)查询养殖场的水质情况。监控主站的结构框图如图2所示。

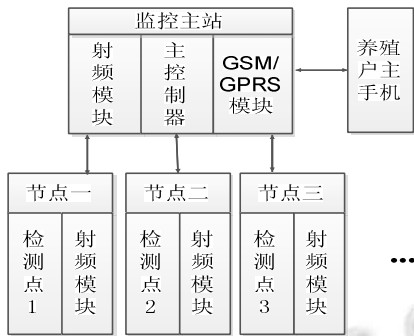


图1 系统框图

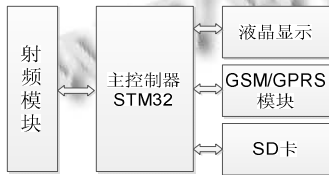


图2 监测主站框图

各监测节点通过传感器采集监控点的水质参数数据,并转变为相应的微弱电压信号,经调理电路调理为标准电压后,送到微控制器,经其内置的模/数转换器转换成相应的数字电压值,转换后的数字信号再经过计算处理,得到实际参数值,再通过射频模块将数据实时传输到监控主站进行处理。监测节点的结构框图如图3所示。

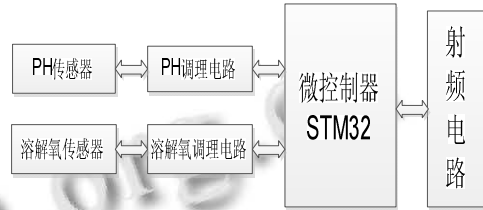


图3 监测节点框图

1.2 系统电路图

系统电路框图由溶解氧调理电路、酸碱度调理电路、STM32 处理器及主要接口电路三大模块组成,如图4所示。

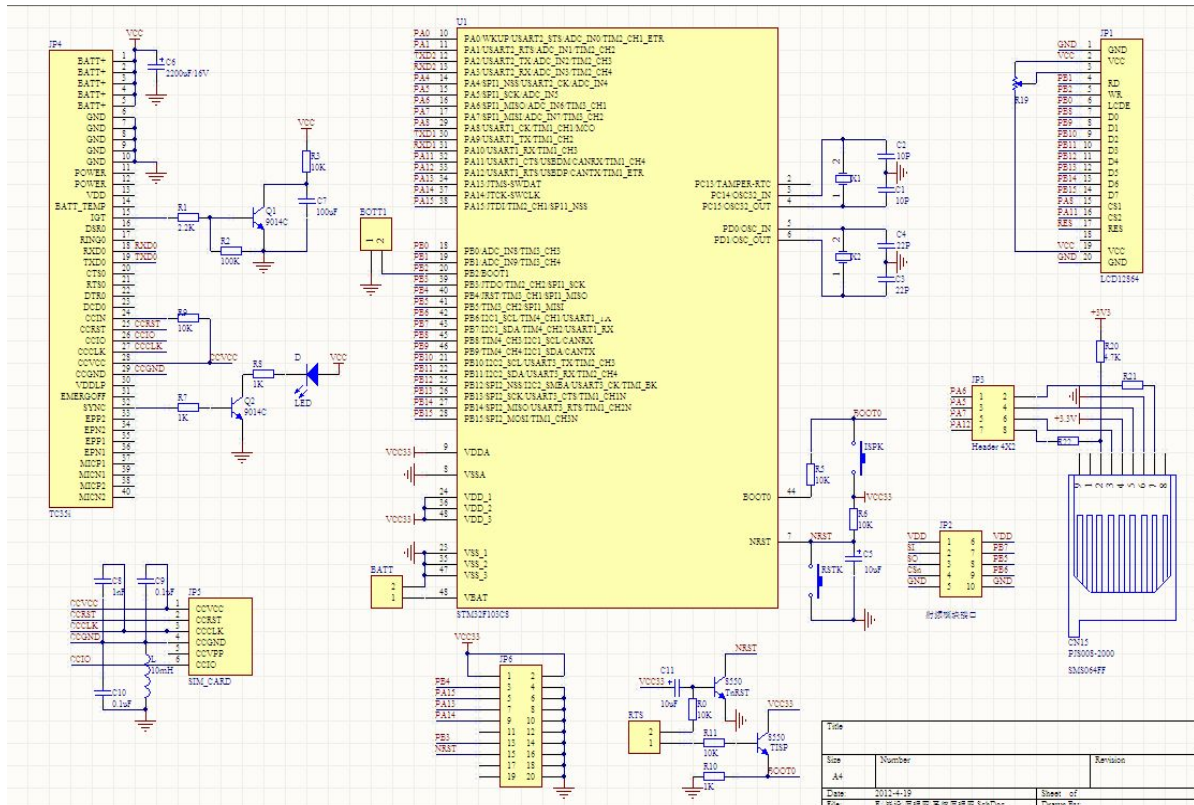


图4 系统电路原理图

2 系统硬件方案设计

2.1 溶解氧调理电路

溶解氧是水产养殖业最重要的水质指标之一。养殖的水产类的呼吸依赖于水中溶解氧的含量，假如水中的氧含量过低水产类将无法生长。水产类的正常生长需要的溶解氧含量在 4-5mg/L 以上，此时水产类摄食好、饲料利用率高、生长快；当溶解氧低于此含量时，水产类的摄食和生长都会受到影响；当溶解氧含量低于 2mg/L 时，水产类基本上停止摄食；当溶解氧含量低于 1mg/L 时，水产类就会浮头；当溶解氧含量低于 0.5mg/L 时，水产类即可窒息死亡；当溶解氧偏高时，深度过饱和溶解氧可能会引起气泡病，并且浪费资源。因此有必要对水产养殖的溶解氧含量进行实时监测，并根据监测的数据，采取对应的措施。

对溶解氧的测量使用极谱式薄膜电极法，采用 DO-952 型溶解氧传感器。由 4mm 黄金片组成电极的阴极，阳极为银片，两极间充以电解液，顶端覆盖聚四氟乙烯薄膜。在阴阳两极加 0.7V 的极化电压时，渗透到薄膜的氧在阴极上还原，电极上发生了氧化还原反应，产生正比于中氧分压的电流。溶解氧调理电路如图 5 所示。采用正 12V 供电，D1 为 2.5V 的稳压，调节 P1 可获得极谱式覆膜电极所需的 0.7V 电压。传感器信号使用两级放大调理电路，由于传感器的内阻大，需要前置放大器有较高的输入阻抗，因此第一级使用高输入阻抗的 CA3140 直流运算放大器，防止信号衰减，并且对电流的第一级进行放大。Au 极输入微安级的电流，A/D 转换的输入是电压信号，第二级使用 TL082 进行 I/V 转换和第一级程控可变倍数放大。

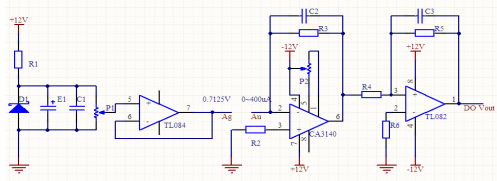


图 5 溶解氧调理电路

2.2 酸碱度调理电路

水产养殖中水环境的 PH 值是水质的主要指标，它影响水产类的生长、发育和繁殖等。例如鱼类最适宜生长的环境的 PH 值为 7.8~8.5。当 PH 值低于 6 或者高于 9 时，就会不利于鱼类的生长。水环境 PH 值的高低不仅会影响鱼类的生长和繁殖，还会影响光合作用，从而改变水中的溶氧浓度。所以，对水环境的

PH 值进行实时监测也必不可少。系统采用电位法对水质的 PH 值进行测量。PH 电极采用 E-201-C 型的 PH 复合电极。使用玻璃电极作为指示电极，其电极电位随着溶液中离子浓度的变化而变化，使用银-氯化银电极作为参比电极，其电极电位不受待测离子浓度的影响。25℃ 时，PH 值与电极的输出电压的关系为 59.16mV/PH。

由于 PH 测量传感器内阻比较大，前置放大器需要有较高的输入阻抗，运算放大器 CA3140 具有输入阻抗高、高增益、低偏置电流、低噪声等特点，用来完成降低测量噪声、阻抗匹配、提高系统的稳定性等。普通运放采用 LM741。硬件电路如图 6 所示。由于 PH 信号比较容易受到工频干扰，信号调理电路需要加入 50Hz 工频陷波电路。此外，电路板上 CA3140 的输入端还需要放一个金属环来减小电路板表面漏电流。

对 PH 值测量前调试调理电路进行：首先 CA3140 调零，然后调试 PH 信号调理电路（断开 PH 电极的输入，R10 居中，使接 PH 值信号输入的运放输入端接地，然后调节 R17，使电路的输出为 700mv，相当于此时输出的 PH 值为 7；然后使接 PH 输入的运放输入端接上 -414.1mv 输入电压，调节 R10，使电路输出为 1400mv，相对于此时输出的 PH 值为 14）。

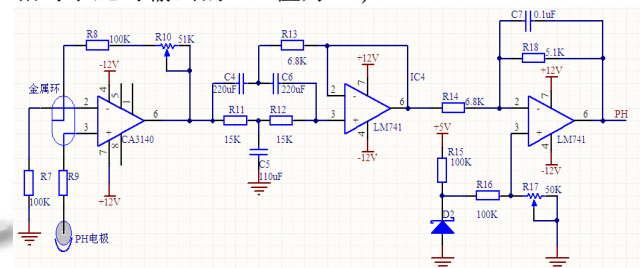


图 6 PH 检测电路

2.3 STM32 处理器及主要接口电路

2.3.1 芯片介绍

本设计选用 ARM 公司推出的 Cortex-M3 32 位的 RISC 为内核的 STM32F103C8 芯片。其性能参数为：工作频率 72MHz、内置高速存储器、增强 I/O 端口、联接到两条 APB 总线的外设、2 个 12 位的 ADC、3 个通用 16 位定时器、一个 PWM 定时器、2 个 I2C 和 SPI、3 个 USART、一个 CAN 和一个 USB。

2.3.2 最小系统原理图

以 STM32F103C8 芯片为核心的最小系统由电源电路、系统复位电路、系统时钟电路构成，其框图如

下 7 所示。

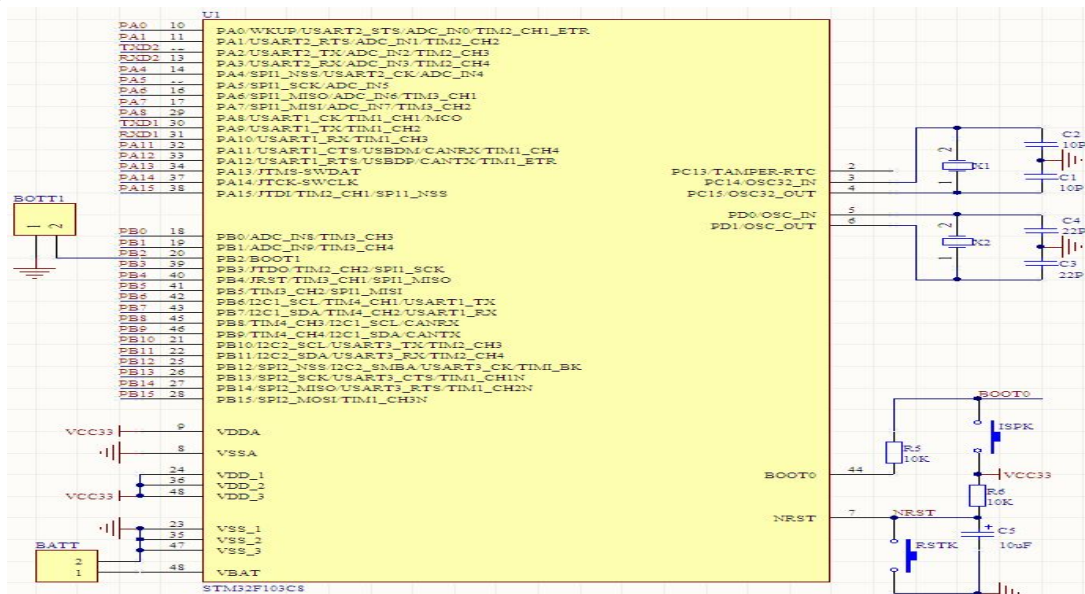


图 7 STM32F103C8 最小系统原理图

2.3.3 SD 卡模块

SD 卡有两种工作模式: SD 模式和 SPI 模式. 系统采用 SPI 模式. 其接口电路如图 8 所示.

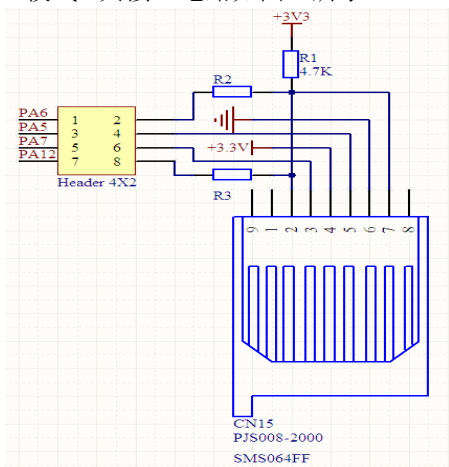


图 8 SD 卡接口电路

2.3.4 液晶 12864 模块

LCD12864 显示分辨率为 128*64,具有 4 位或 8 位并行、2 线或 3 线串行的接口方式, 带有国标一级、二级简体中文字库点阵图形的液晶显示模块. 低电压低功耗、价格便宜也是其显著特点. 其接口电路如图 9 所示.

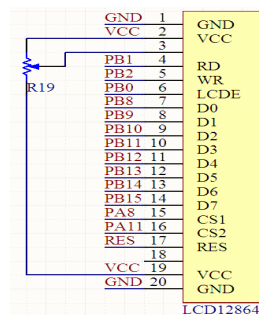


图 9 液晶 12864 接口电路

2.3.5 射频模块

射频模块采用长沙云宝电子科技有限公司生产的 CC1101 无线模块, 该模块在空旷地域有效传输距离在 300 到 500 米之间, 最高工作速率达 500kbps, 其有效频率可在 400-464Mhz 之间选择, 本系统采用 433MHz 的 ISM 载频频段, 无需申请频率使用许可证. 该模块支持低功率电磁波激活功能, 具有无线唤醒功能. CC1101 与 MCU 通过 SPI 方式相连, 其接口电路如图 10 所示.



图 10 射频模块接口电路

2.3.6 GSM/GPRS 模块

为了实时了解现场的水质情况，主控制器上采用西门子工业的 GSM 模块 TC35i。TC35i 是一个支持中文短信息 GSM 模块，工作频段为 EGSM900(功耗 2W)和 GSM1800(功耗 1W)，电源电压为直流+3.3~+4.8V，在发射状态、休眠状态和空闲状态的电流消耗分别为 300mA、25mA 和 3.5mA；该模块提供了 SIM 卡和天线接口，可传输数据和语音；TC35i 的数据接口可双向传输指令和数据，支持 Text 和 PDU 格式的短消息服务，可实现重启和故障恢复等功能。

TC35i 由供电、ZIF 连接器、闪存和天线等 6 个模块组成，涵盖了蜂窝射频设备中所有的模拟和数字功能。TC35i 模块具有 40 个引脚(包括电源、数据输入/输出、SIM 卡、音频接口和控制)，可通过零阻力插座 ZIF 引出。其电路框图和接口电路原理图分别如图 11、12 所示。

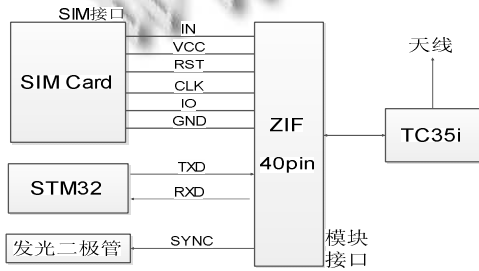


图 11 TC35i 电路框图

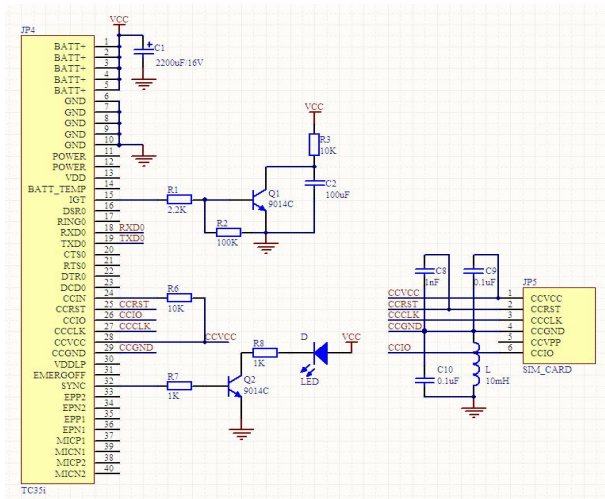


图 12 TC35i 接口电路原理图

3 系统软件方案设计

软件实现的功能是在监测点上对送入微处理器的

模拟信号进行采集，转换成数字信号后通过射频通讯传送给主站，主站定时存储并把输入的信号与给定值进行比较，如果低于限值，则报警且在规定时间内通过 GSM 发送短信消息通知养殖户主。在转换时还要对数字信号进行补偿处理，控制数据显示，存储和传输。其主站和监测节点流程图分别如图 13、图 14 所示。

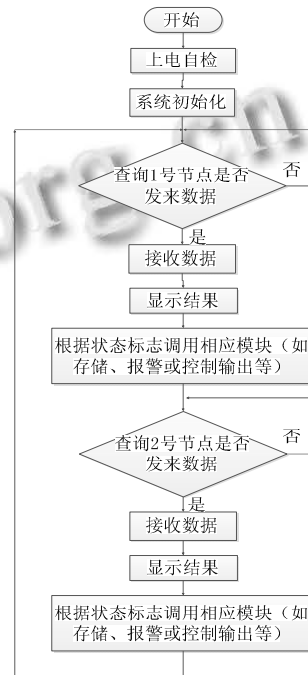


图 13 主站流程图



图 14 监测节点流程图

4 实验测试

表 1 列举了 PH 和溶解氧的标准值、监测节点和主站的实测数据，通过对比这三个数据来测试系统。通过对比标准数据证明，传感器节点的实测值误差控制在 5% 以内。该系统在数据通信过程中采用了射频和 GSM/GPRS 两种无线方式，有效地克服了有线通信的缺点，系统通信错误约等于零，满足实际需求。

表1 参数的测量值和实际值的比较

参数	标准值	监测节点数据		主站数据	
		实际值	误差	实际值	误差
PH	3.00	2.68	-0.32	2.68	-0.32
	6.86	7.12	+0.36	6.8	+0.06
	9.08	9.22	+0.14	9.22	+0.14
溶解氧	8.1	7.90	-1.2	7.90	-1.2
	8.0	7.88	-0.12	7.88	-0.12
	7.8	8.01	+0.21	8.01	+0.21
	7.0	7.21	+0.21	7.21	+0.21
	6.5	6.75	+0.20	6.75	+0.2

5 结语

大量的测试实验证明嵌入式水产养殖在线监测系统具有很强的网络自组织能力。系统实时性、可靠性满足现实需求,可以对养殖环境中的水的PH值、溶解氧等水质参数进行24小时的实时监测。将嵌入式技术应用在水产养殖过程中,改善了水产养殖监测系统的性能,且功能易扩展。GSM/GPRS技术的引入使监测人员在远离监测现场的情况下,也可了解水环境情况,并采取相应措施,提高了水产养殖的效率。系统克服了有线通信的缺点,实现了数据采集的不受地域、时域限制。对工厂化的水产养殖具有广阔的应用前景。

参考文献

- 1 潘天红,赵德安,全力,刘星桥.水产养殖多环境因子的计算机监控系统.工业控制计算机,2001,14(12):35-37.
- 2 刘星桥,赵德全,全力,等.水产养殖多环境因子控制系统的研究.农业工程学报,2003,19(3):205-208.
- 3 可敬,杨世凤,侯海岭.水产养殖环境的无线监控系统.天津科技大学学报,2007,22(4):56-59.
- 4 刘刚红,陈艺.水产养殖综合环境在线监测系统的研究与开发.现代农业装备,2012,(7):50-54.
- 5 周立功.ARM 嵌入式系统基础教程.北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- 6 田泽.嵌入式系统开发与应用.北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- 7 杜春雷.ARM 体系结构与编程.北京:清华大学出版,2003.
- 8 李宁.基于MDK的STM32处理器开发应用.北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- 9 万国光.中国移动通信网向第三代过度的探讨.电信快报,2000,2,5-8.
- 10 马忠梅,马广云,徐英慧.ARM 嵌入式处理器结构与应用基础.北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- 11 刘志华,徐红艳,李萍.射频和无线技术入门.第2版.北京:清华大学出版社,2005.