

基于物联网技术的水质远程监测系统

徐旭栋 陈伟利

(吉林建筑大学电气与计算机学院)

摘要：水资源是人类赖以生存和社会发展不可替代的资源。随着中国经济持续增长，工业化、城市化水平不断提高以及人为活动的影响，我国水体污染日益严重，解决水体污染问题刻不容缓。针对日益严重的水资源问题以及传统水质监测的费时费力等问题，本文提出基于现代物联网技术的水质远程监测系统。该系统主要以STM32单片机为主控芯片，利用各个传感器，实现pH值、溶解氧、电导率、浊度以及温度的水质数据采集和监测。通过对水质数据的对比研究可分析得出水体污染的情况，并及时做出相应的调整措施来更有效地保护水资源。

关键词：水体污染；水质远程监测；单片机；物联网；传感器

0 引言

水是生命之源，是所有生物的结构组成和生命活动的主要物质基础。同时，水资源是人类赖以生存和社会发展不可替代的资源。水资源的状况深刻影响着—一个地区的全面发展，包括该地区的经济、文化、社会等各个方面。随着全球经济的高速发展，各国家工业化、城市化程度不断提高，全球水资源短缺和污染问题日益严重。以我国为例，虽然我国水资源总量大，但人均占有量少，水资源分布不均，各地区总量差异大，造成水资源短缺问题严重。不仅如此，随着我国经济的飞速发展，工、农业污水排放量逐年增大，水体污染问题日趋严重。加强实时监测水质情况，增强对生态环境监测的精确度是重中之重。然而传统水质监测通常采用人工采样，通过工作人员到水边取水，带回实验室，再利用监测设备进行水质监测

分析。这种方式工作周期比较长，时效性较差，监测范围较小，并且很难及时有效地获取和更新水质数据。监测站自动监测水质，建设成本高，数量少，覆盖范围小，无法全面地获取水质数据。本文设计基于物联网技术的水质远程监测系统，具有方便、快捷、实时、覆盖范围广、数据精度高等优势^[1]。

1 系统总体设计方案

该系统设计主要以实现水质远程监测为目标，对区域水源进行水质安全管控设计。主要设计包括监测节点的设计与实现和云平台软件的设计与实现。系统结构图如图1所示。电源模块给主控芯片供电，主控芯片控制各个传感器采集水质数据包括pH值、TDS值、电导率、浊度以及温度，然后通过NB-IoT无线通信模块将数据传输到云平台^[2]。云平台接收数据，

并把接收的数据统一存储到数据库中，并在水质远程监控界面实时显示水质数据，完成平台水质数据可视化等功能。同时监测人员可以通过手机电脑等设备实时查看、处理相关数据^[3]。

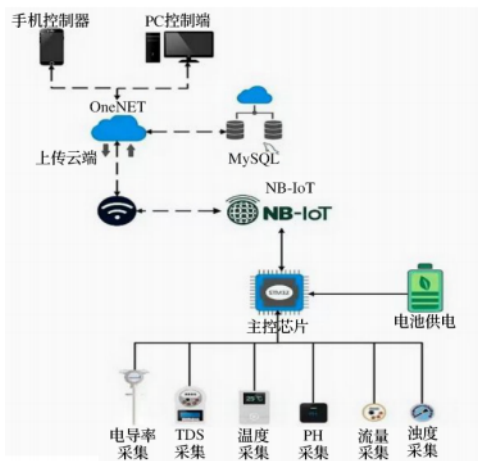


图1 系统总体架构图

2 水质监测节点的设计与实现

2.1 硬件电路

该系统的硬件电路设计由主控芯片、传感器模块、NB-IoT 通信模块、定位模块、电源模块等组成。硬件电路组成框图如图 2 所示。主控芯片选用 STM32F103C8T6 单片机。STM32F103C8T6 单片机基于 ARM Cortex-M3 内核，拥有 64kB 的闪存，工作需要电压为 2~3.6V 区间适用于低电压工作中，工作温度在 -40~85°C 区间，普遍适用于各种工业级应用^[4]。

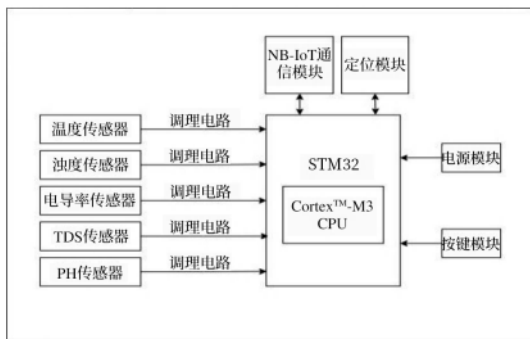


图2 水质远程监测系统硬件框图

温度传感器选用防水型DS18B20，能够在3.0~5.5V的电源下进行工作，温度显示范围为 -10~+85°C（误差±0.5°C），使用温度范围：-55~125°C（-67~+257°F），分辨率选择范围：9~12bit，使用单线接口：通信时只需要一个数字接口，芯片内嵌入一个 64 位的 ID，并联的传感器可共用一个接口，温度限制报警系统，查询时间少于 750ms。

本设计选用 TSW-30 浊度传感器。这款浊度传感器利用光散射的原理，通过评估溶液中的透光率和散射率来综合判断浊度情况^[4]。传感器内部是一个红外线对管，通过对光线的透过量来评估该水的污浊程度。通过的光越少，则表示该水越浑浊。接着，光线接收端把透过的光强度转换为对应的电流大小。浊度电流信号经过电阻 R_1 转换为 0~5V 电压信号，利用 A/D 转换器进行采样处理，单片机就可以获知当前水的污浊度^[5]。

电导率传感器进行电导率的测量。水样本的电导率是测量水的含盐成分、含离子成分、含杂质成分等的重要指标。水越纯净则电导率越低（电阻率越高）^[6]。因此水的电导是衡量水质的一个很重要的指标，它能反映出水中存在的电解质的浓度。为保证精度在进行电导率测量前需要采用 2 点校准方法，对其进行校准。

第一点校准，公式如下，将测量得到电压值 V_1 和 T_1 代入如下计算公式：

$$kValue_Low = \frac{164 \times 1.413 \times (1.0 + 0.0185 \times (T_1 - 25.0))}{V_1} \quad (1)$$

传感器供电， V_1 （测试 1）为电导率电极放入 1.413mS/cm 的标准溶液中 AO 口的输出电压，并测量当前测试溶液的值为 T_1 （测试 1）。

第二点校准，公式如下，将测量得到的电压值 V_2 和 T_2 代入如下计算公式：

$$kValue_High = \frac{164 \times 12.88 \times (1.0 + 0.0185 \times (T_2 - 25.0))}{V_2} \quad (2)$$

传感器供电， V_2 （测试 2）为电导率电极放入

12.88mS/cm 的标准溶液中传感器模块 AO 口的输出电压值，并测量当前测试溶液值为 T_2 （测试 2）。

接着对 K 值进行修改，将计算得到的 $kValue_High$ 值和 $kValue_Low$ 值在程序中进行修正。最后，编译修改后的程序进行烧录即可正常进行电导率测量。

TDS（Total Dissolved Solids）又称溶解性固体总量，是指总溶解性物质在水中的浓度，单位为 ml/g。TDS 值一般用于衡量纯净水的纯净度。同时 TDS 值的大小也可以反映绝大多数水中有害重金属离子浓度的大小。由于 TDS 探头的个体差异或者未进行温度补偿等原因，会导致测量值有较大的误差^[4]。因此，为获得更精确的 TDS 值，在测量之前必须进行校准。另外，建议与温度传感器进行连接，方便进行温度补偿，以提高测量精度。

首先连接 TDS 探针与温度传感器，记录标准 TDS 溶液或用 TDS 笔测量待测溶液的 TDS 的值，记录为 $TDS_{标准值}$ 。接着，给 TDS 传感器模块进行供电，将 TDS 探针和温度传感器放入 TDS 标准溶液或已知 TDS 值的待测溶液中，测试传感器模块 AO 口的输出电压值，记录为 $V_{测试}$ 。测量当前测试溶液值记录为 $T_{测试}$ ，再将测量得到电压值 $V_{测试}$ 和 $T_{测试}$ 代入 TDS 标准曲线公式和温度修正系数计算公式：

$$T_{修正} = 1 + 0.02 \times (T_{测试} - 25)$$

$$V_{修正} = T_{修正} \times V_{测试}$$

$$TDS_{测试值} = (66.71 \times V_{修正}^3 - 127.93 \times V_{修正}^2 + 428.7 \times V_{修正}) \quad (3)$$

计算 K 值，公式为：

$$K = TDS_{标准值} / TDS_{测试值} \quad (4)$$

最后，将计算得到的 K 值在程序中进行修改校正。最后烧录程序就可以测量精确的 TDS 值。

溶液的酸碱度（pH 值）是溶液的一个重要特性。选用一款进行二次设计开发的 pH 值传感器。该传感器模块不仅性价比高，测量精度高，同时还可以

直接输出 0~5V 或 0~3V 的模拟电压信号，更加方便测量 pH 值。

NB-IOT 是目前物联网传感器数据采集无线传输至监控服务器非常常用的通讯解决方案。NB-IoT 不仅可以灵活地部署在现有的移动网络基础设施上，无需单独建设网络，大大降低部署成本，并且它还支持低功耗设备在广域网的蜂窝数据传输上连接，能高效连接互联网网络。NB-IoT 相比传统的 GSM 网络，NB-IoT 具有更好的穿透力和覆盖范围，能够在地下、水下等信号难以到达的地方提供稳定的服务，这对于水质远程监控尤为重要。同时 NB-IoT 优化了通信协议，数据传输量相对减少，这样可以有效延长 NB-IoT 设备终端电池寿命，极大降低设备的维护和运营成本。同时提供全覆盖的蜂窝数据，具有覆盖区域广、连接设备多、传输速率快、建设成本低、功耗损耗小、系统架构优势性强等特点^[6]。

定位系统采用 GPS+ 北斗，开启定位至获取定位数据约 50s，定位误差 <50m。同时为保证监测节点的所在位置，定位的同时具有报警功能，一旦移动可以发出报警信息，也可以定位追踪。

电源模块采用电池供电，且可以 IP68 防水，工作时间不低于 3 个月。

2.2 软件程序

系统的主程序设计是通过 Keil uVision5 软件进行编写。Keil uVision5 是一款全面的集成开发环境（IDE），专为嵌入式系统的软件开发而设计。它提供许多工具和功能，以使嵌入式开发过程更简单、更快速且更高效。它是一个软件套件，包括源代码编辑器、项目经理、调试器以及微控制器开发、调试和编程所需的其他工具。Keil uVision5 IDE 主要用于对基于 ARM 架构的微控制器进行编程。Keil uVision5 IDE 支持业界常用的各种基于 ARM 的微控制器。它为软件开发提供了一个全面的环境，并允许开发人员

以高效的方式编写、编译和调试代码。程序主要包括各传感器精确采集水质数据，并通过 NB-IoT 通信模块，上传数据至数据库进行保存数据，并通过云平台显示水质数据情况，实现平台可视化功能^[6]。

3 云平台软件的设计与实现

云平台软件的设计与实现主要包括通信协议、数据库、上位机应用程序的开发与设计。通信协议采用 MQTT 协议传输。NB-IoT 无线通信模块连接 OneNET 云平台，将传感器采集到的水质数据传输至云平台，通过云平台的水质数据显示界面实现水质远程监测。

本设计采用 MySQL 数据库对水质参数等信息进行存储和管理。数据库中包含每个监测节点的监测时

间、监测设备信息、水质数据五参数、设备地理位置（经纬度）等所有监测信息。

本设计选用 OneNET 物联网开放平台。OneNET 提供多层网络协同，支持亿级海量接入、千万级并发。同时提供设备生命周期管理、业务监控、链路监控等能力，实时反映感知设备接入情况，实现平台业务自动化运维。提供丰富的可视化组件，搭建可视化大屏应用。网络部分采用 EC800M-CN，支持 5G 和定位，采用 MQTT 加密传输，实现一次推送全部数据，同时支持云端主动获取数据。实现工作人员可以在 OneNET 上登录账号，查看设备管理及设备详情。实时获取水质各参数数据以及设备地理位置。实现实时数据传输、监控和管理。云平台数据显示如图 3 所示。

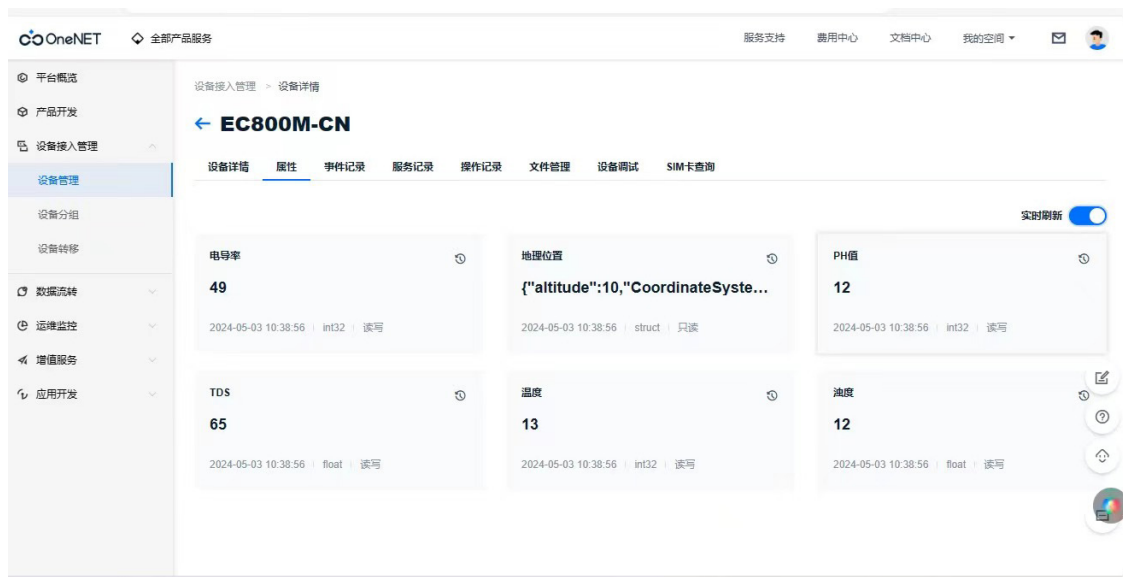


图 3 云平台数据显示

4 结束语

本文设计了一款基于物联网云平台的水质远程监测系统。该系统通过各个水质参数传感器，采集水质参数数据，包括温度、浊度、电导率、TDS 值、pH 值这五个参数。实时准确地为用户提供水质数据。本

系统通过 NB-IoT 无线通信模块将传感器采集到的水质数据传输至云平台，通过云平台的水质数据显示界面实现水质远程监测。利用 OneNET 物联网云平台对监测数据进行远程存储和分析，使监测工作人员可以随时随地、方便快捷地查看水质数据。同时在发现问

(下转第 81 页)

(上接第76页)

题时, 监测人员可以快速有效地得到发生水质问题的位置并做出相应的防护措施。相对于传统水质监测的费时费力, 监测准确度不高, 范围较小。本文设计的基于现代物联网技术的水质远程监测方便快捷、覆盖范围广、数据采集精度高, 在水质监测中具有广泛的应用前景和巨大的潜力。

参考文献

[1] 周治江. 基于STM32的赣江水质远程监测系统设计与实现[D]. 南昌: 南昌大学, 2022.

- [2] 洪一民. 基于NB-IoT技术的低功耗水污染监测系统的研究[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2021.
- [3] 马丽洁. 基于物联网的水质监测系统设计与实现[J]. 现代信息技术, 2024, 8(7): 179-183, 188.
- [4] 薛美玲, 徐进, 丁卫星, 等. 基于云平台的大型水域水质监测系统研制[J]. 仪表技术, 2024(2): 10-13.
- [5] 付佳怡, 王世鑫, 杨林波, 等. 基于NB-IoT的远程水质监测系统[J]. 智能城市, 2024, 10(1): 99-101.
- [6] 曾英勇. 基于NB-IoT的工业水质污染监测系统设计与实现[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2022.

(收稿日期: 2024-06-10)