

# 面向水质参数的便携式检测仪研究

张厚博\*, 崔璐, 李晓红, 张港

(中国电子科技集团公司第十三研究所, 石家庄 050000)

**摘要:** 随着对目前河流污染程度检测需求的日益增加, 针对目前水质检测仪器体积偏大且检测参数不全的现状, 本文研制了一款面向水质参数的新型便携式检测仪, 实现对 pH 值、悬浊度、溶解氧度和氧化还原反应电位这四种水质参数的检测和记录。该仪器以 LPC2148 为核心, 通过仪器内部 GPS 功能模块实现了对被测水域的坐标信息和检测时间的提取, 同时通过 USB 接口将传感器采集的数据上传至上位机中, 利用便携式水质参数检测仪软件对上传的传感器数据进行实时的曲线绘制及数据分析。基于上述研究实现的检测仪具有体积小、操作简单、易于携带的优点, 更加适用于目前对于水质现场检测的需求。

**关键词:** LPC2148; 便携式检测仪; 水质参数检测

## 0 引言

随着当前工业的迅速发展, 河流的污染程度越来越严重, 这种污染已受到社会的广泛关注。水质参数检测的必要性主要体现在保障饮用水安全、维护生态平衡、支持水源资源管理、预防和控制污染、促进环境保护等方面。基于上述水质现状及水质检测必要性, 对于水质检测仪器的需求也变得急为迫切。水质检测仪是一种用于测量和分析水中各化学、物理和生物参数的设备, 已广泛应用于环境保护、水资源保护、工业生产、农业灌溉以及饮用水安全等领域。

我国目前已研制出多种水质检测仪, 但大多体积较大, 成本较高, 检测参数覆盖不全且不易于进行移动式现场检测<sup>[1]</sup>。

针对移动式现场水质参数检测仪的特点主要为: 快速测量能力、免试剂或少试剂技术、抗干扰能力强、运维成本低、多功能和便携性、高精度和灵敏度, 可以满足在线快速检测需求。

本文研制出了一种新型的便携式水质参数检测仪。该检测仪以 LPC2148 型 ARM7 微处理器为主控核心, 采用嵌入式系统设计, 将 4 种水质传感器(pH 值、悬浊度、溶解氧度、氧化还原电位)同 GPS 坐标数据提取、Flash 数据存储和 TFT 触摸屏人机交互融为一体, 实现对水体环境的参数检测。同时, 该仪器易于携带, 并且配备计算机应用软件对所采集的数据进行后期提取分析, 适用于水质的移

动式现场检测领域。

## 1 系统硬件部分

该检测仪硬件由 pH 值传感器、悬浊度传感器、溶解氧度传感器、氧化还原传感器、主控器、信号调理采集及 AD 电路、LPC2148 主控器、数据存储模块、触摸屏人机交互模块、USB 数据通讯模块、GPS 坐标提取模块构成, 并具有可视化操作界面软件, 可以对采集的数据进行存储以及对历史数据进行删减。

该检测仪工作原理为: 对检测的水域水质进行采样, 采样后进入 pH 值、悬浊度、溶解氧度、氧化还原电位这 4 种水质传感器, 水质传感器将所检测的信号输入到信号调理单元, 通过信号调理单元的归一化处理, 经过 A/D 转换单元进行数据数模转换, 其转换结果通过串行外设接口传输到主控单元。

本仪器的主控单元以单片机 LPC2148 为核心<sup>[2]</sup>, 由触摸屏、GPS 模块、数据存储和 USB 通讯模块组成。仪器通过真彩触摸屏完成对水质信息的显示及各项功能的操控, 利用 GPS 模块得到所采集水域的当前地理位置信息和当前的时间信息, 通过数据存储模块将以上所获得的各项信息进行存储, 所存储的信息可以经由 USB 数据通讯模块传送给计算机上位机软件, 对采集的数据进行分析处理。系统整体硬件结构框图如图 1 所示。

### 1.1 传感器检测原理及选择

实现对水质 pH 值、悬浊度、溶解氧、氧化还原电位

\* 通信作者: 张厚博, 硕士, 高级工程师, 研究方向为光电器件。E-mail: zhanghoubo@ctec13.cn

检测, 需要分析各水质参数的检测原理, 确定水质各参数的检测方法, 进而确定传感器选型。传感器的选择直接决定了测量结果的可靠与否, 因此必须选择适合检测目的、检测环境和检测对象的传感器。

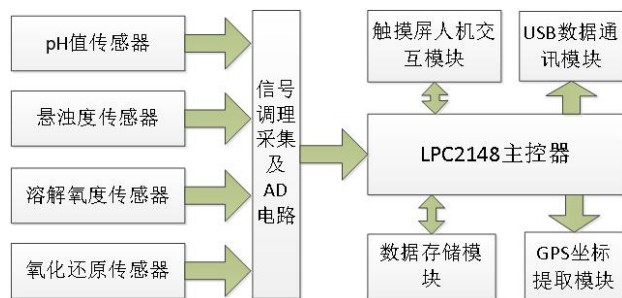


图1 系统硬件结构框图

对水质 pH 值的检测方法一般为试纸比色法和玻璃电极法<sup>[3-4]</sup>。pH 试纸比色法是一种简单的粗略测定方法, 该方法虽然使用方便, 但是其在测量时因颜色转变点通常与使用者的主观判断有关, 所以这种方法不够准确, 而玻璃电极法测量 pH 会更加准确、快速且受水体色度、浊度、胶体物质、氧化剂、还原剂及盐度等因素的干扰较少。

pH 值的电位测定法是根据玻璃电极或非玻璃电极的电位差进行测定, 其检测原理是用氢离子玻璃电极与参比电极组成原电池, 在玻璃膜与被测溶液中氢离子进行离子交换, 通过测量电极之间的电位差, 来检测溶液中的氢离子浓度, 测得被测液体的 pH 值。因此本文对 pH 值的测定选用玻璃电极, 其输出电压是 pH 值的函数, 两者成线性关系, 在该检测仪中, 选用深圳长利来科技有限公司生产的 OPS41 型 pH 值传感器, 其可实现 0~14 全范围的 pH 值检测。

对悬浊度参数的检测方法一般为比色法、透射法和光散射法。其中比色法是通过比较水样和标准浊度液体的颜色深浅来测定浊度, 该方法需要视觉评估或使用光电比色计来读取数据。透射法是通过测量光线透过水样时的衰减来评估浊度, 该方法也适用于测定低浊度水样, 操作时, 需要将水样放置于光源和光电探测器之间, 通过检测光电强度的减少来计算浊度值。光散射法是通过测量水中悬浮颗粒对光的散射程度来评估浊度, 在具体操作时, 需使用一束稳定的光源通过水样, 检测散射光的强度, 并根据预设的校准曲线转换为浊度值。散射测浊法的检测原理是当 650 nm 激光<sup>[5-6]</sup>经过被测液体时, 一部分被悬浮物所散射, 悬浮物的数量增加, 散射光的数量也增加, 通过光电传感器测量出的浊度也相应增加。因此本仪器设计中选用自制的 650 nm 光电传感器对水质的悬浊度进行检测, 其测量范围是 0~9999 NTU。

对溶解氧参数的检测方法一般为电化学法和荧光法<sup>[7-8]</sup>。电化学法检测原理是根据法拉第第二定律, 氧气与还原物质的反应速率与两者之间的浓度成正比。电流通过工作电极和参比电极之间, 触发氧化和还原反应, 通过测量电流的大小, 可以确定溶解氧的浓度。当水样中溶解氧浓度较高时, 氧离子的生成速率也较高, 电流也就较大, 反之, 溶解氧浓度较低时, 电流较小。荧光法检测原理是利用红色光源、蓝色光源、光电探测器, 其涂层通过吸收蓝光而被激发, 它通过发射红光来发出荧光, 红光由电极内部的光电探测器测量, 当氧分子存在于膜的外表面上时, 它们可以吸收激发态涂层的多余能量, 这样就减少到达光电探测器的荧光量。

电化学法的优点是可测 ppb 痕量级和 ppm 量级, 但其缺点是会消耗氧气, 对测量介质有最小流速要求, 维护成本高。荧光法的优点是对测量介质无最小流速要求, 不消耗氧气, 抗干扰性好, 但其缺点是氧敏感膜制作工艺复杂, 成本高及价格贵, 且不耐高温。

基于上述综合考虑, 因此本仪器设计的溶解氧传感器采用三电极结构, 该检测仪选用深圳纬拓工控有限公司生产的 499ADO 型溶解氧传感器, 其测量范围是 0~20 ppm。

氧化还原电位是衡量溶液中氧化剂和还原剂之间平衡情况的物理量<sup>[9-10]</sup>, 它反映了溶液中电子转移能力的指标。氧化还原电位检测原理是通过测量电极与参比电极之间的电位差来计算得出。

氧化还原反应在水质检测中是一个重要的指标, 因此本设计中选用上海江凤光学仪器有限公司生产的 ORP-BTA 型氧化还原反应传感器, 其测量范围是 -400~1100 mV。

由于以上所选取的传感器的输出信号各不相同, 为了便于进行信号处理, 将这 4 种传感器的输出信号输入到系统的信号调理单元中, 通过对这 4 路信号的分别调整, 将其归一化为 4 路输出电压范围都在 1.0~4.0 V 的电压信号, 用以满足下一级 AD 模数转换对输入电压范围的要求<sup>[4]</sup>。

## 1.2 LPC2148 主控器及外围模块

本设计中所采用的 LPC2148 是一款 NXP 公司生产的 32 位 ARM7 微控制器, 其较小的封装和较低的功耗使得 LPC2148 非常适用于各种小型便携式检测系统当中<sup>[11-14]</sup>。

LPC2148 主控单元由 LPC2148 控制器及晶振时钟电路构成, 其电路原理图如下图 2 所示。

在人机交互方面, 本系统设计采用触摸屏进行仪器交互操作。

触摸屏采用控制器为 ILI9320 的 3.2 寸 TFT 触摸屏, ILI9320 具有统一的时序逻辑和非常丰富的指令编码, 支

持多种 CPU 控制器, 可以根据控制器中不同的指令编码和 CPU 中的数据端口定义, 还可以自行设计对屏幕的控制指令和编程方式, 实现对屏上显示位置、显示内容以及色彩的组合控制, 并且以 ADS7843 触摸控制芯片进行坐标读取。ADS7843 是一个内置 12 位模数转换、低导通电

阻模拟开关的串行接口芯片。供电电压为 2.7~5 V, 参考电压 VREF 为 1~5 V, 转换电压的输入范围为 0~VREF, 最高转换速率为 125 kHz。ADS7843 之所以能实现对触摸屏的控制, 是因为其内部结构很容易实现电极电压的切换, 并且能进行快速 A/D 转换。

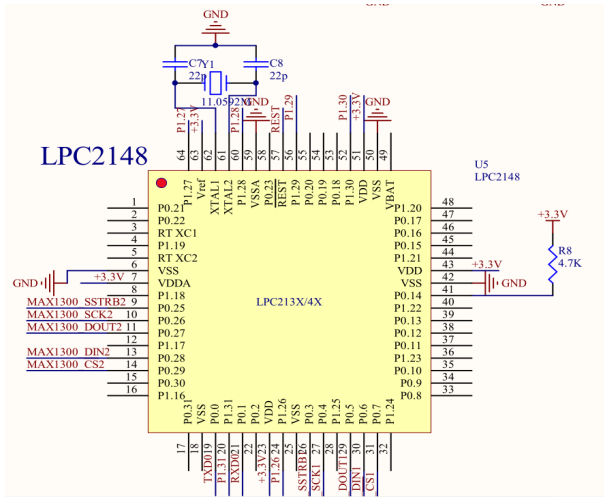


图 2 LPC2148 主控单元原理图

基于上述参数分析, 该触摸屏用以实现对当前采集数据等信息的显示和各种输入操作的响应。并且通过触摸屏可以控制检测仪器的数据采集状态, 以及将采集到的数据进行本地存储或对历史存储的数据进行删减, 以及通过 USB 接口将数据上传到计算机当中, 今后后续的曲线绘制以及分析处理。

后, 系统将进入模式选择界面, 共有 3 种界面模式, 其分别是数据采集模式、数据管理模式、数据传输模式。

为了获得当前采集水域的位置和时间信息, 本仪器采用 GR-87 型 GPS 模块通过串行接口来获取被检测水域的经度、纬度、高度和采集时间。这些信息同水质传感器所检测到的信息作为一个数据包存储到本地存储模块当中。存储模块采用大容量串行闪存芯片 AT45DB161D, 其具有 16M 的数据存储空间和标准的 SPI 接口, 写入和读取操作简单, 可以和 LPC2148 实现很好的互联。

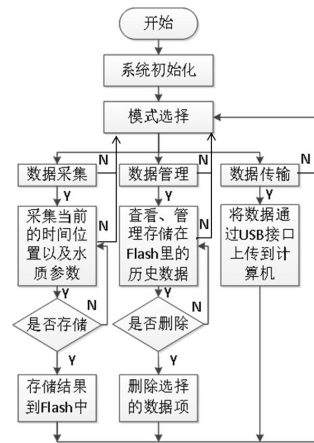


图 3 检测软件程序流程图

该仪器通过 USB 接口方式进行数据上传操作<sup>[15]</sup>, 同时通过 USB 接口将传感器采集的数据上传至上位机中, 利用便携式水质参数检测仪软件对上传的传感器数据进行实时的曲线绘制及数据分析<sup>[16]</sup>。

## 2 软件部分

整体系统软件设计包括以下两部分<sup>[17]</sup>。包括下位机检测软件 and 上位机应用软件, 其设计思路、流程及软件界面如下所示。

### 2.1 下位机检测软件部分

下位机检测软件程序流程图如图 3 所示。

仪器在上电后首先进行初始化操作, 当初始化完毕

(1) 当选择数据采集模式时, 检测仪将对位置、时间和 4 种水质参数信息进行采集并显示, 当选择存储时, 所采集到的数据存储到仪器的 Flash 中, 当选择否时, 所采集到的数据将不存储。

(2) 当选择数据管理模式时, 仪器的触摸屏上可以显示存储在 Flash 中的历史数据, 并可以通过选择操作进行整理数据记录, 当选择删除时, 将删除所选择的数据, 当选择否时, 返回上一界面。

(3) 当选择数据传输模式时, 检测仪将通过 USB 接口与上位机建立连接<sup>[18-20]</sup>, 将存储在 Flash 中的数据信息上传到计算机中, 通过上位机便携式水质参数检测仪软

件, 可以对采集的数据进行后期记录分析。

## 2.2 上位机应用软件部分

该检测仪的上位机软件采用可视化集成编程系统编写<sup>[21-22]</sup>, 本程序主要采用串行通讯接口与检测仪的 USB 数据通讯模块进行通信, 并利用图标端口进行曲线的绘制, 通过对下位机数据包的读取及校验, 获得仪器中 Flash 所存储的采集时间、经度、纬度、pH 值、悬浊度、溶解氧度和氧化还原电位值信息, 并且可以数据实现实时保存、描绘曲线和结果打印功能。其上位机界面如图 4 所示。

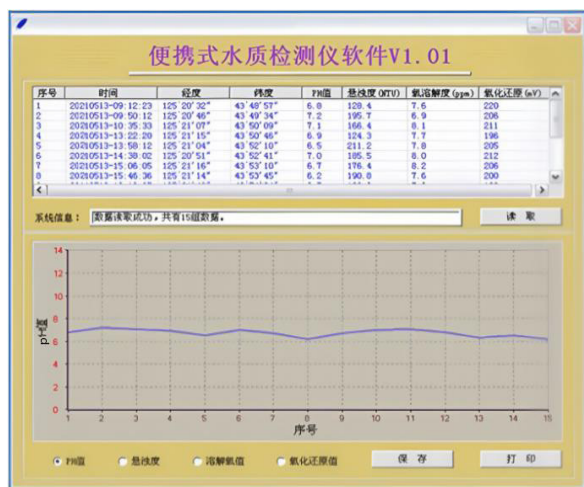


图 4 上位机应用软件运行界面

## 3 结论

本文通过研究 4 种水质传感器的检测原理, 确定了便携式检测仪的具体方案, 该检测仪采用 LPC2148 为核心控制器, 同 GPS 模块和 4 种水质传感器相结合, 实现了对 pH 值、悬浊度、溶解氧度和氧化还原反应电位这 4 种水质参数的检测和记录, 并可同时记录所采集水域的坐标和时间信息。通过 USB 通讯和上位机应用软件, 实现了对水质信息的后期数据分析处理。该仪器具有体积小、操作简单、易于携带的优点, 可以进行移动式的现场测量, 特别适用于对水质现场检测的应用场景。

## 参考文献

- [1] 顾晓明, 陆家骝, 陈正英, 等. 便携式水质检测仪性能综合评价方法研究[J]. 环境监控与预警, 2024, 16(2): 73-79.
- [2] 周攀明, 李然, 唐杰, 等. 基于 LPC2148 的太阳能控制器设计[J]. 仪表技术, 2014, (2): 18-20.
- [3] 卢佳慧, 罗进. 应用标准液自动校准水质 pH 值传感器的装

置设计[J]. 机电技术, 2023, 46(4): 8-10.

- [4] 张群英, 闫磊, 江雪, 等. 锚索内嵌光纤布喇格光栅 pH 值传感器制作与性能分析[J]. 光通信技术, 2021, 45(5): 40-43.
- [5] 罗勇钢, 吴建, 刘冠军, 等. 地下水原位监测浊度传感器设计[J]. 自动化仪表, 2023, 44(12): 12-15.
- [6] 刘力宁. 单管半导体激光器光纤耦合模块结构设计研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2018.
- [7] 陈翔, 尚宇, 许根源, 等. 基于 CKS32F030 的智能浊度传感器设计与实现[J]. 自动化仪表, 2023, 44(11): 20-25+31.
- [8] 王富罗, 陈龙, 王勇, 等. 优选水环境监测传感器系统设计[J]. 电子世界, 2017, (8): 123.
- [9] 禹萍, 袁晓娟. 巧用溶解氧传感器探究“光强对光合作用强度的影响”[J]. 中学生物学, 2020, 36(S1): 94-95.
- [10] 刘冠军, 丁新, 罗勇钢, 等. 一种地下水原位监测多参数水质传感器设计[J]. 工业仪表与自动化装置, 2023, (3): 48-51.
- [11] 赵娟. 传感器接口电路的抗干扰技术应用[J]. 电子技术, 2024, 53(11): 22-23.
- [12] 汤燕. 单片机控制系统在阀门定位器中的应用[J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(9): 10-12.
- [13] 王显军. 基于 SOC 单片机的高集成度光电编码器电路设计[J]. 光学精密工程, 2011, 19(5): 1082-1087.
- [14] 安平, 杨秋菊, 刘卓雨, 等. 便携式车辆轴载谱动态采集系统研究[J]. 山东交通科技, 2020, (3): 93-94, 101.
- [15] 洪波. 基于单片机的数据采集系统设计[J]. 信息与电脑(理论版), 2023, 35(8): 85-87+91.
- [16] 李建荣, 高慧斌, 王志乾, 等. 光电测量设备的实时调平补偿方案[J]. 光学精密工程, 2010, 18(7): 1543.
- [17] 姬云龙. 新型卫星地面集成测试系统研究与设计[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2016.
- [18] 叶有时, 赵保军, 唐林波, 等. 多目标实时跟踪可编程片上系统的软件优化[J]. 光学精密工程, 2011, 19(3): 681-689.
- [19] 李迎博, 谭黎立, 王凯旋, 等. 一种基于构件重要度的软件可靠性评估方法[J]. 现代防御技术, 2022, 50(6): 103-109.
- [20] 郭艳. USB2.0 接口多通道数据采集系统的设计[D]. 西安: 西安理工大学, 2018.
- [21] 王东, 杨杰. 温室大棚监控系统上位机软件设计[J]. 无线互联科技, 2023, 20(9): 69-73.
- [22] 主福洋, 郭坤. 加强数据库开发管理的有效方法[J]. 科技创新与应用, 2017, 7(25): 79+81.