

基于 Android 的便携式水质检测仪器的研制

李 官^{1,2} 郭 慧¹ 赵 辉¹ 赵建龙¹ 贾春平¹ 金庆辉^{1,*}

(1. 中国科学院上海微系统与信息技术研究所传感技术联合国家重点实验室, 上海 200050;
2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要 针对水质检测的发展以及水资源保护的需求,提出了基于 Android 设备的便携式水质检测仪器,仪器主要由传感器探头、下位数据采集、存储、处理设备和 Android 智能设备端组成。结果表明,该仪器对 COD 和 DO 的线性检测范围分别为 $0 \sim 60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $4.5 \sim 13 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,且重复性良好,CV 值分别为 2.20% 和 1.73%。仪器被成功应用于实际水样的检测中,检测结果基本准确,满足水质检测的技术要求,有一定的参考价值。

关键词 水质检测;Android;COD;DO;便携

中图分类号 X853 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2016)07-3973-04 DOI 10.12030/j.cjee.201502138

Development of Android platform based portable water quality detector

LI Gong^{1,2} GUO Hui¹ ZHAO Hui¹ ZHAO Jianlong¹ JIA Chunping¹ JIN Qinghui^{1,*}

(1. State Key Laboratory of Transducer Technology, Shanghai Institute of Microsystem and Information Technology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200050, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract This paper proposes a portable water quality detector, based on an Android platform, for detecting and protecting water resources. The instrument mainly comprises a sensor probe, slave computer, and an Android smart device. The experimental results showed that the linear detection ranges of COD and DO were $0 \text{ to } 60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and $4.5 \text{ to } 13 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, with good repeatability. The CV values of COD and DO were 2.20% and 1.73%, respectively. The instrument was successfully applied to detect an actual water sample and the detection ability largely met the technical requirements for water quality detection. Therefore, the instrument can be referred to detect the water quality.

Key words water quality; Android; COD; DO; portable

水资源是人类赖以生存和发展的基础,对水资源的保护已经成为世界各国共同关注和日益重视的一个全球化环境问题^[1]。而水资源环境的保护和治理的关键环节之一在于为相关部门提供科学管理和控制水污染的依据^[2]。但目前对水质指标的检测主要依赖于实验室的大型分析设备,这些设备体积较大、检测耗时较长、分析检测中会消耗大量化学试剂,且价格昂贵,不适用于目前水质检测广泛应用的迫切需要^[3-4]。

随着传感器技术的发展,现今出现了多种可以检测水质参数的传感器^[5],包括电极式传感器^[6-8]、生物水质传感器^[9-11]、光学水质检测传感器^[12-15],其

中光学传感器灵敏度高、检测速度快,作为便携式检测设备的传感器件能够提供较为准确且具有参考意义的检测数据。目前国内外都对便携式水质检测仪器进行了研究,但都存在检测功能单一、检测不够智能化、数据处理不便等方面的问题。

基于对水质参数检测的迫切需求,以及当前检测设备的种种不便,本研究利用光学水质检测传感器作为传感设备,结合广泛使用的 Android 设备,研制了一款便携式水质检测仪器。该仪器携带方便,操作简单,检测快速且不会对水质造成二次污染。使用本仪器对水质参数 COD 和 DO 进行了初步测试,取得了较为满意的结果。

基金项目:国家高技术研究发展计划(863)项目(2014AA06A506);上海市信息化发展专项项目(201101042,11CH-15)

收稿日期:2015-02-28; 修订日期:2015-03-28

作者简介:李官(1990—),男,硕士研究生,研究方向:生物传感器的研究与应用。E-mail:lee0220@mail.sim.ac.cn

* 通讯联系人,E-mail:jinqh@mail.sim.ac.cn

1 系统设计

1.1 系统结构

基于 Android 的便携式水质检测仪器主要由基于光电转换的传感器模块、数据采集与存储的下位机模块、与下位机交互的 Android 设备组成(图 1)。传感器探头模块是依据朗伯-比尔检测定律所设计的,其检测所需的水质参数并将光学信号转换为电学信号输出给下位机。下位机对传感器探头的输出数据进行 AD(analog to digital)采样,进行分析处理并存储到 SD(secure digital memory card)卡中。Android 设备通过蓝牙无线通信方式和下位机进行交互,控制下位机的采样开始、中止,修改下位机的采样间隔,接收下位机采集的数据并对数据进行处理和曲线绘制等操作。

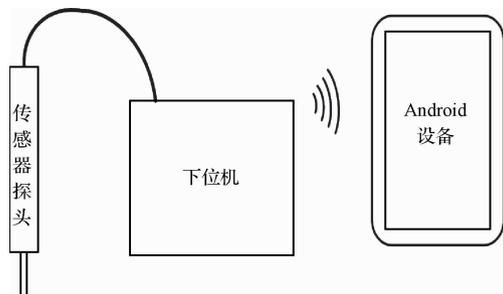


图 1 系统示意图

Fig. 1 System schematic diagram

1.2 传感器探头工作原理

传感器探头主要由发光二极管光源、信号调理与采集单元、光纤单元等组成。COD 传感器的检测模块接收经过水体吸收的光信号,根据朗伯比尔定律,溶液对光的吸收程度与溶液浓度呈正比,进而能够计算得出溶液中的 COD。DO 传感器基于氧的荧光猝灭效应,将氧传感膜置于传感器底部,与水体充分反应后,检测光信号的变化量,进而计算出水体中 DO。

1.3 下位机设计

下位机的系统框图如图 2 所示,以微控制器(microcontroller unit, MCU)为中心,搭载实时时钟(real time clock, RTC)模块,模数转换(analog to digital converter, ADC)模块,蓝牙(blueetooth)通信模块,极小存储卡模块。

MCU 采用了美国 STMicroelectronics 公司的 STM32 系列产品,型号为 STM32F103VGT7,此芯片

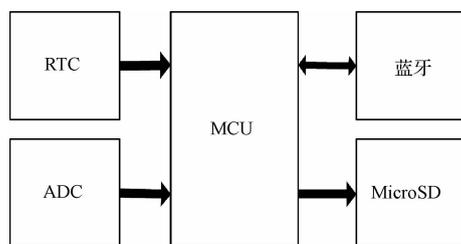


图 2 下位机系统框图

Fig. 2 Lower-machine system diagram

在保持低功耗的情况下,配备了丰富的片上外设,包括能够扫描多个 channels 的 12 位的逐次比较型 ADC, DMA 控制器(direct memory access controller)以及 SDIO(secure digital memory card input/output interface)接口。其中 12 位的 ADC 可以采样 0 ~ 3.3 V 的电压值,且具有 0.8 mV 的分辨率;DMA 控制器可以直接在外设与内存之间传递数据,进一步降低了 MCU 的功耗;SDIO 接口可以方便地与 MicroSD 卡连接,扩展系统的数据存储能力;RTC 模块能够在系统主电池掉电的情况下,通过纽扣电池的供电,继续保证系统的时钟准确,进而保证系统正常工作。蓝牙模块采用了 CSR 的 BC04 芯片,基于串口模式工作,能够达到 2 ~ 3 Mb · s⁻¹ 以上的数据传输能力,保证了检测数据的高速传输。

下位机的尺寸设计为 12.5 cm × 8 cm × 3.25 cm,通过严格控制下位机的尺寸,保证了下位机的便携。图 3 所示为系统的整体结构图。

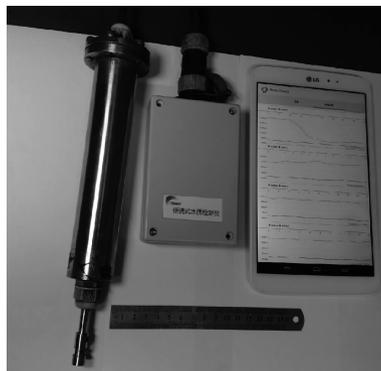


图 3 系统结构图

Fig. 3 System diagram

1.4 Android 应用程序设计

本仪器利用 Android 智能设备作为整个检测系统中的重要一部分,Android 设备具有强大的数据处理能力,完善的数据传输接口以及极强的便携性等特点。利用 Android 智能设备和下位机通过蓝牙进

行交互,能够控制下位机的不同工作状态,接收下位机传送来的数据以及对接收的数据进行分析处理。

Android 应用程序界面友好、操作简单,可以方便的进行测量,同时对测量的数据进行曲线绘制,对历史数据进行管理、分析。Android 应用的检测界面如图 4 所示。停止检测与继续检测能够控制下位机向上位机的数据发送停止与继续。保存图片能够将当前检测表格存储到 SD 卡中。保存数据能够将所检测的数据以 txt 文档的形式存储到 SD 卡中。设置采样间隔能够更改下位机采样的时间间隔,定制个性化的检测。

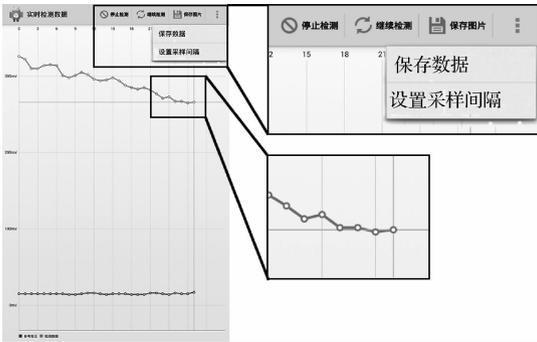


图 4 Android 应用检测界面

Fig. 4 Detection UI of Android application

2 系统测试

2.1 系统性能

通过连接不同的传感器探头,系统能够对 COD、DO、叶绿素和浊度等参数进行检测,系统能够配置为实时检测与离线检测两种工作模式。在实时检测模式下,可以在 Android 智能设备上直接查看所检测的数据,在离线检测模式下,可以将检测数据存储到 MicroSD 卡中,在配置为 10 min 检测间隔、配备 8G MicroSD 卡的情况下,能够存储连续 3 个月的检测数据。仪器对 COD 和 DO 的检测精度分别为 0.76 mg 和 0.01 mg,满足了水质检测的技术要求。

2.2 线性度测试

使用本仪器对水质参数 COD 和 DO 进行了测试,结果如图 5 所示,其线性拟合方程与相关系数如表 1 所示,可以看出,COD 在 0 ~ 60 mg · L⁻¹ 区间内线性度较好,DO 在 4.5 ~ 12 mg · L⁻¹ 区间有较好线性度,根据 GB 3838-2002 中所规定的地表水环境质量标准,此区间满足检测需要。

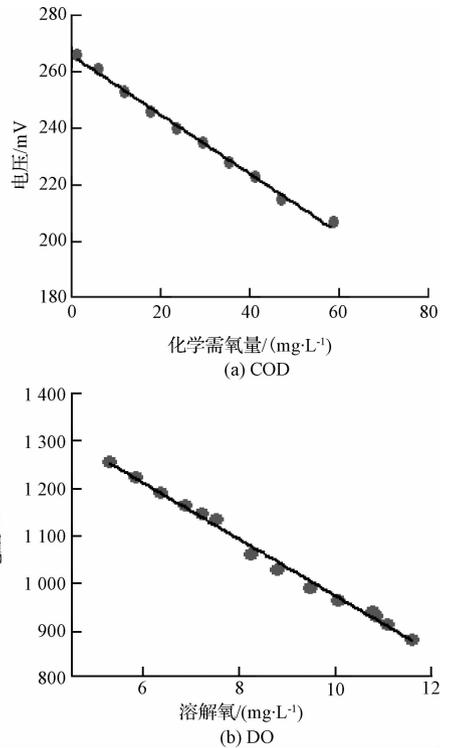


图 5 COD 和 DO 标准工作曲线

Fig. 5 Standard working curves for measuring COD and DO

表 1 COD 和 DO 拟合方程与相关系数
Table 1 Liner fitting function and correlation coefficient of COD and DO

水质参数	线性拟合方程	线性相关系数
COD	$C = -0.958V + 254.70$	0.994
DO	$C = -0.017V + 26.66$	0.984

2.3 重复性测试

分别对 COD 和 DO 给定的浓度值进行重复性测试,如图 6 所示,测试 COD 的 CV (coefficient of variation) 值为 2.20%, DO 的 CV 值为 1.73%,可以看出,两者的重复性较好。

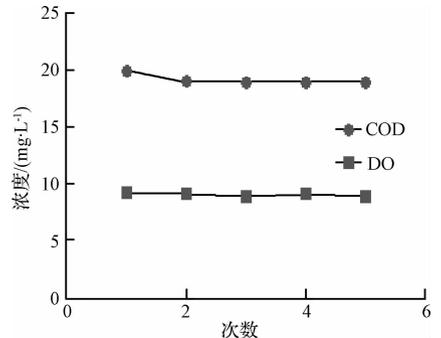


图 6 重复性测试

Fig. 6 Repeatability testion

2.4 实际水样检测

使用本仪器,同时用现有的商用设备 HACH 的 HQ30d 水质检测仪,对实际水样的 DO 进行检测,其检测值如表 2 所示,可以看出,检测结果基本准确,有一定的参考价值。

表 2 实际水样 DO 检测结果
Table 2 Results of DO detection

水样	HQ30d 测量值/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	样机测量值/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	误差
自来水	11.18	11.30	1.07
去氧自来水	9.50	9.48	-0.20
苏州河水	10.11	10.15	0.40
饮用水	13.64	13.49	-1.10
地表水	8.92	9.03	1.23

3 结 论

针对现代水质检测仪器的发展趋势和需求,设计了基于 Android 智能设备的便携式水质检测仪器。经测试样机的准确性与重复性等性能参数都较好,具有多参数水质检测的扩展性优势,同时该样机体积小、功耗低,操作简单,适用于多检测点的户外检测,同时具有长时间监测的能力,由于搭载了 Android 智能设备,因此,在数据的传输、处理上有较大的发展潜力。

参 考 文 献

- [1] 齐文启,陈光,孙宗光. 水质环境监测技术和仪器的发展. 现代科学仪器, **2003**(6):8-12
QI Wenqi, CHEN Guang, SUN Zongguang. Development of water environmental monitoring and instruments. Modern Scientific Instruments, **2003**(6):8-12 (in Chinese)
- [2] 卞贺明,夏善红. 用于水质检测的微传感器及微系统. 微纳电子技术, **2009**,46(6):350-357
BIAN Heming, XIA Shanhong. Microsensor and microsystem applied to water quality detection. Micronanoelectronic Technology, **2009**,46(6):350-357 (in Chinese)
- [3] MANOBIANCO J., EVANS R. J., PISTER K. S. J., et al. CEMS: A revolutionary system for environmental monitoring. NSTI-Nanotech, **2004**,1:422-425
- [4] 辛志东. 水处理过程中 DO 值控制的研究. 大连:大连理工大学硕士学位论文, **2006**
XIN Zhidong. Research on DO control in process of water treatment. Dalian: Master Dissertation of Dalian University

of Technology, **2006** (in Chinese)

- [5] 黎洪松,刘俊. 水质检测传感器研究的新进展. 传感器与微系统, **2012**,31(3):11-14
LI Hongsong, LIU Jun. New progress of study of water quality monitoring sensors. Transducer and Microsystem Technologies, **2012**,31(3):11-14 (in Chinese)
- [6] ZHUIYKOV S., KATS E., MARNEY D., et al. Improved antifouling resistance of electrochemical water quality sensors based on Cu_2O -doped RuO_2 sensing electrode. Progress in Organic Coatings, **2011**,70(1):67-73
- [7] ZHUIYKOV S., MARNEY D., KATS E., et al. Potentiometric solid-state sensor for DO measurement in water using sub-micron $\text{Cu}_{0.4}\text{Ru}_{3.4}\text{O}_7 + \text{RuO}_2$ sensing electrode. Sensors and Actuators B: Chemical, **2011**,153(2):312-320
- [8] JUNG W., JANG A., BISHOP P. L., et al. A polymer lab chip sensor with microfabricated planar silver electrode for continuous and on-site heavy metal measurement. Sensors and Actuators B: Chemical, **2011**,155(1):145-153
- [9] CHU W., ZHANG Yuanchao, LI Da, et al. A biomimetic sensor for the detection of lead in water. Biosensors and Bioelectronics, **2015**,67:621-624
- [10] ELTZOV E., MARKS R. S., VOOST S., et al. Flow-through real time bacterial biosensor for toxic compounds in water. Sensors and Actuators B: Chemical, **2009**,142(1):11-18
- [11] DEY D., BHATTACHARJEE D., CHAKRABORTY S., et al. Development of hard water sensor using fluorescence resonance energy transfer. Sensors and Actuators B: Chemical, **2013**,184:268-273
- [12] LEE D., LEE S., SEONG G. H., et al. Quantitative analysis of methyl parathion pesticides in a polydimethylsiloxane microfluidic channel using confocal surface-enhanced Raman spectroscopy. Applied Spectroscopy, **2006**,60(4):373-377
- [13] 赵辉,王勤,戚海燕,等. 基于光吸收原理的化学需氧量传感器设计与应用. 传感器与微系统, **2014**,33(12):73-75
ZHAO Hui, WANG Qin, QI Haiyan, et al. Design and application of sensor for COD based on light absorbance principle. Transducer and Microsystem Technologies, **2014**,33(12):73-75 (in Chinese)
- [14] GARCIA A., PEREZ M. A., ORTEGA G. J. G., et al. A new design of low-cost four-beam turbidimeter by using optical fibers. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, **2007**,56(3):907-912
- [15] XIONG F. B., ZHU W. Z., LIN H. F., et al. Fiber-optic sensor based on evanescent wave absorbance around 2.7 μm for determining water content in polar organic solvents. Applied Physics B, **2014**,115(1):129-135