

基于 ARM + FPGA 的多参数水质监测仪的设计

黄智勇, 张孝强, 严丽, 王启志

(华侨大学 机电及自动化学院, 福建 厦门 361021)

摘要:针对现有水质监测仪测量参数相对单一、实时性差、测量准确度低等问题,设计了一种基于 ARM + FPGA 的多参数测量的水质实时监测仪.该设计采用 ARM 与 FPGA 相结合的方法、利用FPGA 的并行工作方式,同时对水质进行多路信号采集及存储,然后通过 ARM 处理器进行处理分析.测试结果表明,该设计测量精度高,实时性好,性能稳定可靠,各项测量指标均能够达到设计要求.

关键词:多参数水质监测仪;ARM;FPGA

中图分类号:TP391 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2014.04.015

Design of multi-parameter water quality monitoring instrument based on ARM + FPGA

HUANG Zhi-yong, ZHANG Xiao-qiang, YAN Li, WANG Qi-zhi

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Aiming at the problems that the existing water quality monitoring instrument measurement parameters are relatively single, poor real-time, low accuracy of measurement degree, a multi-parameter water quality real-time monitor instrument was designed based on ARM + FPGA. Adopting the method of multiplexed signal acquisition and storage on water quality. This instrument used the parallel working mode of FPGA to conduct, and processed by the ARM processor. The experimental results showed that: the water quality monitor parameters had high measurement accuracy, good real-time, stable and reliable performance, the measurement indexes could meet the design requirements.

Key words: multi-parameter water quality monitor; ARM; FPGA

0 引言

随着我国经济社会的高速发展,城镇化、工业化进程不断加速,城市产生的大量生活污水和工业废水排入江河、湖泊和水库中,造成地下水的严重污染^[1-2].日益严重的水污染问题,对水质监测工作提出更高的要求.然而,目前国内市场普遍使用的水质监测仪虽有较高的测量精度,但测量参数单一,不利于快速分析多参数的综合水质问题;少数具备若干参数监测能力的设备,其数据显示实时性

也较差、测量准确度也较低^[3-5].针对上述问题,本文拟设计一种基于 ARM + FPGA 的多参数实时水质监测仪,以满足系统对多参数实时并行数据采集的要求,提高系统的实时性.

1 总体设计思路

1.1 需求分析

为了简化系统设计,本设计以水温、pH 值、DO (水中溶解氧)值、电导率等参数为检测对象,在实际应用中可以进一步扩展.该多参数监测仪应具有

测量精度高、能够同时对多参数进行采集、实时性高、可对数据进行分析处理等特征和功能。

1.2 整体结构

根据需求分析,本设计的多参数水质实时监测仪的总体结构如图 1 所示。

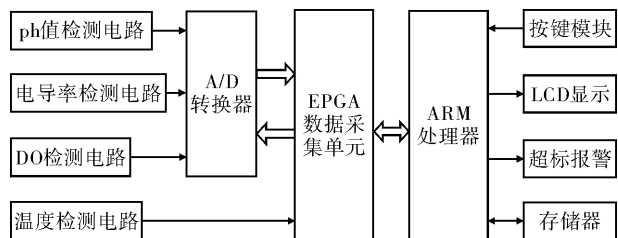


图 1 多参数水质实时监测仪总体结构

本设计将 ARM 与 FPGA 相结合^[6],采集主控制逻辑由 FPGA 来实现,ARM 用来实现采集数据的分析处理。其基本工作原理是:首先通过传感器来采集数据,通过调整电路将信号送入 A/D 转换器进行模数转换,FPGA 对数据并行采集并缓存,ARM 处理器对数据进行处理、存储、显示,当某参数指标超标时,系统自动报警。

2 硬件设计

2.1 传感器检测单元

本监测系统只对水质参数中较为重要的温度、pH 值、DO 值、电导率 4 个参数进行检测,因此需采用能把其信号转换为电信号的传感器。

温度检测采用 DS18B20 数字温度传感器^[7],DS18B20 是一款单总线可编程智能温度传感器,测量温度范围为 $-55 \sim +125\text{ }^{\circ}\text{C}$,精度为 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,其输出为数字信号,可直接与 FPGA 相连接。

pH 值检测选用美国 Globalwater 公司的 WQ201 型 pH 值传感器,它采用玻璃复合电极原理制造,pH 测量范围 $0 \sim 14$,精度可达 ± 0.1 ,且具有温度补偿功能。其中,信号调节采用双运放差分电路,其检测电路原理如图 2 所示。

DO 值检测选用美国 Globalwater 公司的 WQ401 型溶解氧传感器,其测量范围为 $0 \sim 15\text{ mg}$,精度为 $\pm 0.1\text{ mg}$,工作温度为 $-40 \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$,具有温度补偿等功能。其信号调理电路与 pH 值检测电路基本一致。

电导率采用比值法测量方式,无极式电导率传感器等效为一个纯电阻 R_{15} ,被测信号通过一个由电导率传感器和已知电阻 R_{16} 构成的反相放大电路

后输出,其检测电路原理如图 3 所示。

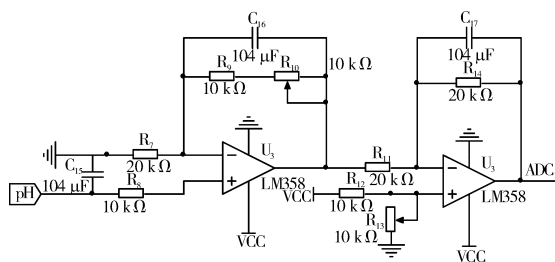


图 2 pH 值检测电路原理图

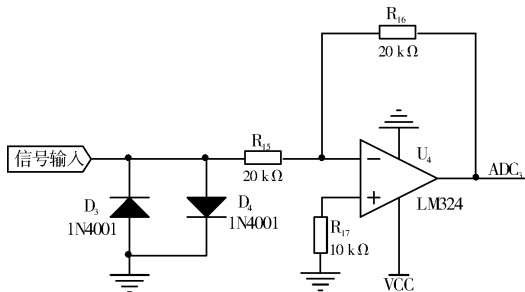


图 3 电导率检测电路原理图

2.2 A/D 转换单元

A/D 转换单元需要在 FPGA 的逻辑控制下进行高速的多通道数据转换,因此采用 AD7492 作为 A/D 转换单元。AD7492 是 AD 公司推出的 12 位高速、低功耗、逐次逼近式 AD 转换器,其工作电压为 $2.7 \sim 5.25\text{ V}$,数据通过率高达 1 MS/s ,且内部集成了一个低噪声、宽频带的跟踪/保持放大器,可以处理高达 10 MHz 的宽频信号,同时带有高速并行输出接口,可满足系统并行采集的要求。

2.3 FPGA 数据采集单元

各检测电路的信号直接或经 A/D 转换后被 FPGA 采集、存储。FPGA 的主要作用是一方面对 A/D 转换时序进行控制,另一方面把转换好的数据进行缓存,供 ARM 处理分析调用。因此,利用 FPGA 的并行采集特性,可以方便地将监测仪的检测单元进行扩展。本设计选用 Altera 公司的 Cyclone II 系列 EP2C5 器件作为数据采集单元。EP2C5 器件提供 4 608 个逻辑单元(LES),26 个 M4K RAM 模块,2 个锁相环以及多达 142 个 I/O 口,而且稳定性很高,可以满足系统采集逻辑的控制需求。

2.4 ARM 数据处理单元

数据处理单元以 ARM 处理器为核心,并配备了外围应用电路,主要有人机交互界面模块、超标报警模块、存储器模块等。本设计选用 ST 公司的 STM32 系列 STM32F103VBT6 芯片。该芯片最高工

作频率可达到 72 MHz,片内 Flash 为 512 KB,片内 SRAM 为 64 KB,具备 26 位地址线和 16 位数据宽度.同时芯片还集成了许多常用的外围设备及接口电路,包含丰富的增强 I/O 端口、IIC 接口、SPI 接口等,丰富的片上资源可有效简化系统硬件设计,而且具有高性能、低成本、低功耗和开发简易等优点^[8].

3 软件设计

本监测仪要求 FPGA 能够按顺序依次采集 A/D 转换器的 3 个转换通道和温度检测电路,同时将采集到的数据暂存在片内双口 RAM 中,ARM 通过并行总线读取双口 RAM 中的数据,并进行数据分析处理.因此,系统软件设计主要包括 FPGA 的逻辑设计和 ARM 的程序设计.

3.1 FPGA 的逻辑设计

FPGA 的逻辑设计是基于 QUARTUS_II 9.0 软件开发的,采用 VERILOG HDL 硬件描述语言进行编程,其编程语言与 C 语言类似,容易掌握.主程序采用原理图顶层设计方案,各子程序采用模块化设计,便于调试和后期的移植^[9].主程序主要包括时钟模块、采集模块、存储模块,其结构原理如图 4 所示.

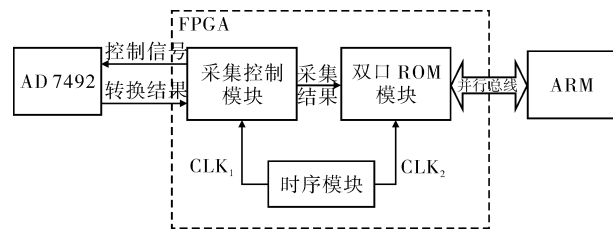


图 4 FPGA 逻辑结构原理图

时钟模块主要负责为各模块提供工作时钟.本设计 FPGA 芯片的外部输入时钟为 16.384 MHz,由于各个模块工作时钟不同,所以对时钟的占空比、周期、延时和抖动提出了较高的要求.为此本设计采用 Altera 公司自带的 PLL IP 实现时钟模块的功能,可以通过 QUARTUS_II 软件对 IP 核进行参数配置,满足各个模块对时钟的需求.

采集模块主要根据 A/D 芯片的转换时序图对其芯片引脚作出相应的时序控制,完成 A/D 转换器的启动、参数配置、数据读取等操作.本设计将 A/D 芯片的 12 位数据总线和所有 A/D 控制信号汇总成相应的 A/D 数据总线和 A/D 控制总线,然后与

FPGA 相连.

存储模块主要负责对采集数据的缓存.本设计采用双口 RAM 进行数据缓存,一方面存储 A/D 芯片转换的数据,另一方面供 ARM 读取数据做进一步的分析处理.该双口 RAM 模块是通过调用 Altera 公司自带的 IP 核实现的,它可以同时对其进行数据存、取操作,并且 2 个端口具有相互独立的控制线、地址线和数据线,实现了真正的双端口操作.

3.2 ARM 的程序设计

ARM 的程序设计基于 C 语言,软件开发工具为 KEIL4. ARM 处理器程序流程图如图 5 所示,完成系统软硬件的初始化后,ARM 每隔 0.01 s 读取 RAM 中的数据,判断数据是否超标,若超标进行报警,最后对数据进行分析处理.

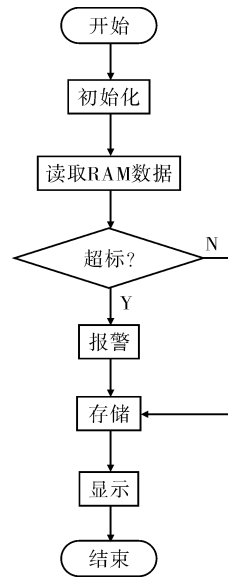


图 5 ARM 处理器程序流程图

4 测试结果与分析

为了验证多参数水质监测仪的信号实时采集和测量精度,采用单参数的水质检测仪与本系统对同一水样进行测试,并对测试结果进行对比分析.

1) 温度的测试:选取了 3 种不同温度的水进行测试,与标准水银温度计测量比较结果见表 1.

2) pH 值的测试:选取了矿泉水、绿茶、可乐进行采样测试,与笔式 pH 计 SX-620 的测量比较结果见表 2.

3) DO 值的测试:使溶液保持一定的流速,分别对其进行 3 次测量,与笔式 DO 仪 SX716 测量比较结果见表 3.

4)电导率的测试:采用对同一样品进行测量的方法,通过添加食用盐来改变样品的电导率,与笔式电导仪 SX650 测量比较结果见表 4.

表 1 水温测量比较 ℃

杯号	监测仪测量值	水温计测量值	误差
杯 1	14.5	14.3	0.2
杯 2	22.2	22.0	0.2
杯 3	30.6	30.5	0.1

表 2 pH 值测量比较

溶液	监测仪测量值	pH 计测量值	误差
矿泉水	5.8	6.0	0.2
绿茶	6.0	6.2	0.2
可乐	2.5	2.6	0.1

表 3 DO 值测量比较 mg/L

测试点	监测仪测量值	DO 计测量值	误差
测试 1	9.55	9.60	0.05
测试 2	9.64	9.66	0.02
测试 3	9.60	9.62	0.02

表 4 电导率测量比较

样品	监测仪测量值	TDS 计测量值	误差
样品 1	0.130 2	0.130 0	0.000 2
样品 2	0.140 6	0.140 4	0.000 2
样品 3	0.160 5	0.160 4	0.000 1

由表 1—4 可知,多参数水质监测仪的测试结果与单参数水质检测仪的检测结果在某些参数上有一定差异,但均在允许范围内,符合监测仪的设计需求.

5 结论

本文针对现有水质监测仪测量参数相对单一、

实时性差、测量准确度低等问题,设计了一种基于 ARM + FPGA 架构的多参数测量的水质实时监测仪.设计采用 FPGA 与 ARM 相结合的方法(其中 FPGA 用来实现采集的逻辑控制逻辑和数据存储,ARM 处理器作为系统的处理核心),采用高精度的 16 位 AD 转换芯片,并利用 FPGA 的并行工作方式同时对多项指标进行多路信号采集.测试结果表明:该多参数水质监测仪测量精度高,实时性好,性能稳定可靠,各项测量指标均能够达到设计要求.

参考文献:

- [1] 易继坤.便携式多参数水质检测仪的信号采集及传输系统设计与实验[D].重庆:重庆大学,2009:1-3.
- [2] 吴宇.小型移动水质监测系统的设计[D].杭州:浙江大学,2013:1-6.
- [3] 刘园园.智能化便携式水质检测仪的设计[J].电子科技,2013,26(11):135.
- [4] 熊田忠,孙承志,杨正理,等.基于 LPC2378 的 pH 水质分析仪的研制[J].仪表技术与传感器,2012(12):26.
- [5] 李振刚.多功能、多参数水质监测仪研究及应用[D].青岛:青岛大学,2007:5-22.
- [6] 马宗骥,李佩玥,章明朝,等.基于 FPGA + ARM 的数据采集系统设计[J].化工自动化及仪表,2012(9):1187.
- [7] 王俊杰,曹卫锋.DS18B20 在粮仓测温系统上的应用[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2007,22(5):83.
- [8] 丁红斌,秦会斌.基于 STM32 的虚拟示波器的设计与实现[J].电子器件,2009,32(6):1007.
- [9] 程燕胜,宗群,吴宏硕.基于 ARM + FPGA 的微陀螺仪数据采集处理系统设计[J].传感器与微系统,2013,32(8):75.