



## 水用检波器快速测试仪的设计与实现

李淑清, 刘兴华, 李建良

(天津科技大学电子信息与自动化学院, 天津 300222)

**摘要:** 为检测水用检波器在固定频率的灵敏度, 以便快速准确地确定检波器的好坏, 设计了水用检波器快速测试仪. 测试仪主要由信号源模块、功率放大模块、数据采集模块和显示模块等部分组成, 以 ATmega128 为主控芯片, 利用 A/D 转换芯片 AD7663 进行数据采集, 将检波器的灵敏度实时地显示在液晶屏上, 以便观察. 测试结果表明, 快速测试仪的最大偏差为  $0.5 \mu\text{V}/\text{Pa}$ , 测试结果与标称值的平均相对误差为  $0.93\%$ . 可见, 快速测试仪的测试结果准确, 且重复性较好.

**关键词:** 快速测试仪; 水用检波器; 灵敏度

中图分类号: TP216

文献标志码: A

文章编号: 1672-6510(2012)02-0053-04

## Design and Implementation of Hydrophone Quick Tester

LI Shuqing, LIU Xinghua, LI Jianliang

(College of Electronic Information and Automation, Tianjin University of Science & Technology,  
Tianjin 300222, China)

**Abstract:** A hydrophone quick tester was designed to detect the sensitivity of hydrophone at a certain frequency so as to ascertain its performance quickly. The quick tester mainly consists of a signal source module, a power amplifier module, a data acquisition module and a display module. ATmega128 was used as the main control chip of the quick tester, A/D converter chip AD7663 was used to design the data capture circuit, and the sensitivity can be displayed on the LCD real-time, so it is easy to observe. Test results show that the maximum deviation is  $0.5 \mu\text{V}/\text{Pa}$ , and the average relative error of the test results against the nominal value is  $0.93\%$ . The testing result is accurate and repeatable.

**Key words:** quick tester; hydrophone; sensitivity

随着石油勘探由陆地向浅海和沼泽地区勘探的发展, 水用检波器的应用日益增多, 生产水用检波器的厂家也随之增加, 水用检波器性能测试仪的需求量迅速增长, 国内外勘探施工单位对水用检波器的性能作定期测试分析的要求也越来越强烈<sup>[1]</sup>. 然而, 目前使用的水用检波器测试仪是进行全频测量, 测量时间长, 只能用于生产厂家的技术分析, 不能应用于施工现场的快速检测.

目前对水听传感器的测试一般采用耦合腔互易测量、压电补偿法、振动液柱法、密闭腔比较法等几种对比测量方法<sup>[2]</sup>. 其中密闭腔比较法装置简单, 校准速度快, 适用频率范围为  $1 \sim 3\,000 \text{ Hz}$ , 用于测试声

压灵敏度时, 测量精度比用现行国家标准中的振动液柱法高<sup>[3]</sup>. 水用检波器的实际测试频率范围在  $5 \sim 600 \text{ Hz}$ , 所以宜采用密闭腔比较法来测试水用检波器的灵敏度.

本文根据密闭腔比较法检测方案设计了混音箱, 研制了基于 ATmega128 单片机的高精度高速度的水用检波器性能测试仪, 并对系统性能进行测试.

### 1 结构原理

测试系统主要由信号源模块、功率放大模块、混音箱、水用检波器、数据采集模块和液晶显示模块等

收稿日期: 2011-08-28; 修回日期: 2011-11-10

基金项目: 天津市高等学校科技发展基金资助项目(20060622)

作者简介: 李淑清(1960—), 女, 黑龙江人, 教授, lshq@tust.edu.cn.

部分组成. 系统的结构原理如图 1 所示.

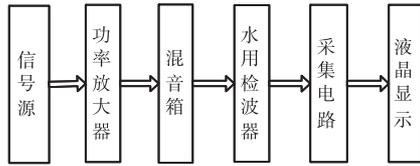


图 1 系统结构原理图

Fig.1 System architecture diagram

根据水用检波器的工作原理, 需要建立一个均匀压力场对其进行测试. 设计的混音箱是满足均匀场条件的声学压力场(以下简称为声场), 采用两端密闭的刚性圆桶模拟均匀场环境, 圆管的一端为电动式低频扬声器, 作为声场的驱动源; 另一端采用钢性材料密封.

## 2 硬件设计

### 2.1 信号源设计

信号源包括信号发生器和功率放大器两部分, 产生推动电-声换能器的功率激励信号<sup>[4]</sup>.

信号发生器部分采用 AD9850 芯片产生正弦波. AD9850 是最高时钟为 125 MHz、采用的 CMOS 技术的直接频率合成器, 可以产生一个频谱纯净、频率和相位都可以编程控制且稳定性很好的模拟正弦波.

系统中, AD9850 使用的时钟频率  $f_c = 40$  MHz,

要求 DDS 输出的频率  $f_{DDS} = 5 \sim 600$  MHz.  $f_c$  的选取基于以下方面:

(1)  $f_{DDS} \leq 0.1 f_c$ , 远远小于奈奎斯特采样定理  $f_{DDS} \leq 0.5 f_c$  的要求, 避开了整数分频点, 也避开了频率高端性能的失真.

(2) DDS 的频率分辨率可以达到  $\Delta f = f_c / 2^{32} \approx 0.01$  Hz, 10 倍频后  $\Delta f_0 = 10 \Delta f = 0.1$  Hz, 满足系统的要求.

功率放大器用于将信号发生电路输出的小功率信号放大到扬声器所需要的功率 (25 W), 从而测试仪的输出信号可以直接接到混响箱的扬声器上. 系统采用 1 片音频功率放大芯片 TDA7261.

### 2.2 数据采集模块

高速模数转换器采用 AD7663. AD7663 是一款 16 位的低功耗、逐次逼近型模数转换器芯片, 其采用 5 V 单电源供电, 并提供 8 位或 16 位并行口和一个串行口. AD7663 具有分辨率高、采样速率高、功耗小等优点, 在高速高精度的数据采集系统中得到了广泛的应用.

由于水用检波器输出的电压信号为毫伏级信号, 因此采用 AD620 进行电压放大后作为 AD7663 的输入, 放大倍数可以通过可调电阻进行调节. AD7663 输入信号的范围配置为  $\pm 2.5$  V, 其数据端口采用高速并行接口 D0 ~ D15, 包括一个基准电压、一个电压跟随器及供电电路等. 数据采集电路如图 2 所示.

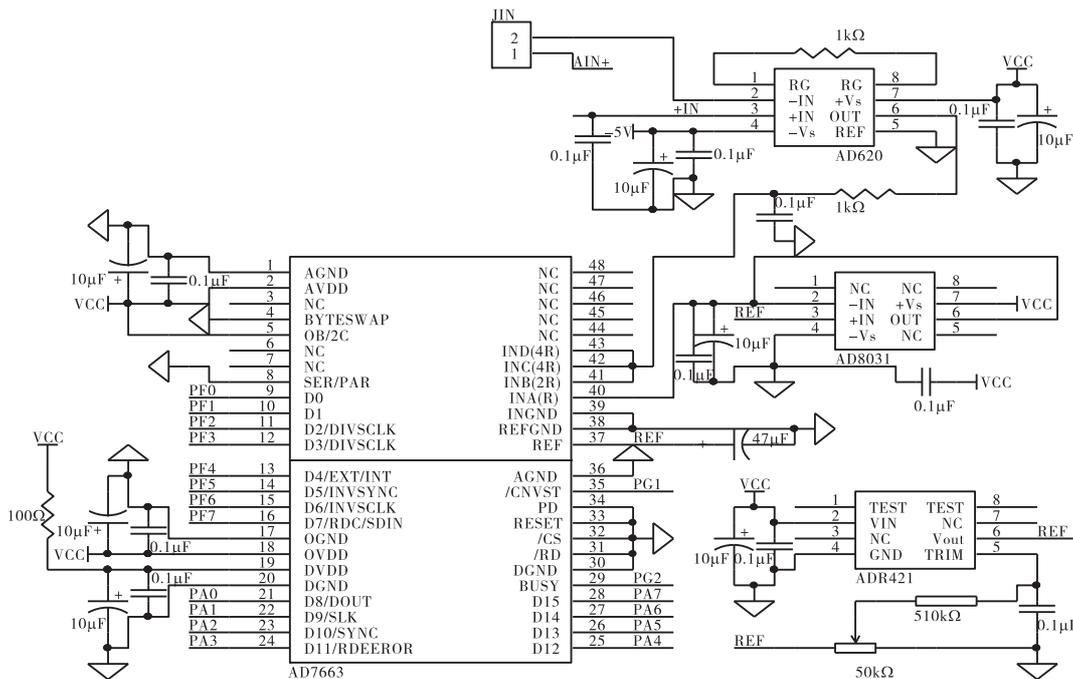


图 2 数据采集电路

Fig.2 Circuit of data acquisition

选择了高精度的 ADR421 基准电源为 AD7663 提供 2.5 V 的模拟电压基准, 并利用 AD8031 对基准电压进行跟随处理, 减少电压波动对采样信号的影响. 尽管 AD7663 是 +5 V 的单电源供电, 为了兼容不同器件的电平标准, 本测试系统还提供了 -5 V 的电源.

### 2.3 液晶显示模块

液晶模块选用 LCM128645ZK. 该模块内置控制芯片 ST7920 为中文图形控制芯片, 它是一种内置 128 × 64 点阵的汉字/图形的液晶显示控制模块. 该芯片共内置 8 192 个中文汉字 (16 × 16 点阵)、128 个字符的 ASCII 字符库 (8 × 16 点阵) 及 64 × 256 点阵显示 RAM (GDRAM) [5].

ATmega128 采用串行通信方式与液晶控制芯片 ST7920 连接, 连接电路如图 3 所示.

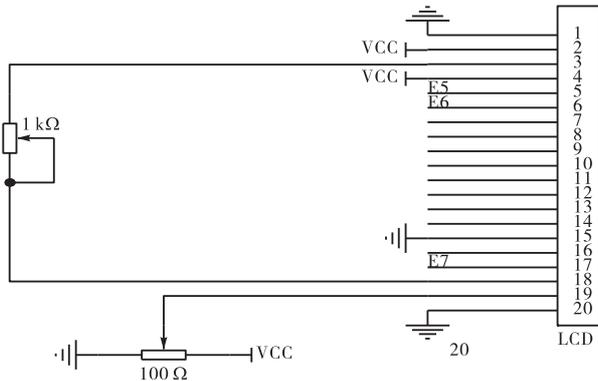


图 3 液晶显示电路

Fig.3 Display circuit of liquid crystal

### 3 软件设计

采用 ICCAVR<sup>[6]</sup>软件对单片机进行编程. 程序是整个检波器测试仪软件的一条主线, 上电复位后检波器测试仪首先执行主程序. 它的主要任务是识别命令、解释命令并获得转入相应服务程序的入口, 以便完成相应的功能. 主程序引导检波器测试仪进入正常运行, 协调各部分软、硬件有条不紊地工作, 单片机系统主程序流程图见图 4.

系统初始化完成硬件设备的初始化, 用来分配寄存器并初始化, 主要包括数据存储寄存器、工作状态寄存器等. 信号源模块的软件编程就是要将外部输入的数据转换成 AD9850 芯片所能接收的格式, 并送出相应的频率、相位控制字, 从而使 AD9850 能产生相位、频率可程序控制的正弦信号. 数据采集指对检

波器输出电压信号的采集. 通过 A/D 转换将采集到的模拟信号转换为相应的数字量, 以便单片机进行处理. 数据处理是指对采集的数据进行统计分析, 并根据分析结果设置工作状态寄存器及控制显示模块. 液晶显示是指根据数据处理的结果显示最终的灵敏度值.

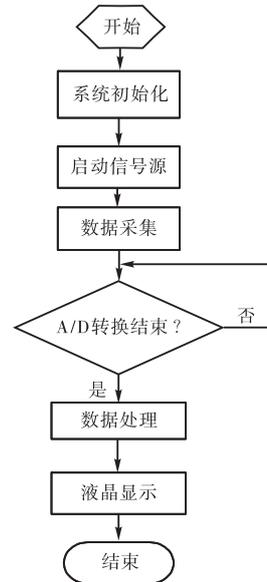


图 4 主程序流程图

Fig.4 Flow chart of main program

### 4 系统实现及结果分析

图 5 为快速测试仪的面板图. 左侧为液晶显示界面, 可以实时地显示检波器的灵敏度、测量频率及测试仪的型号. 右侧红色按钮为电源开关, 绿色和黄色按钮可以补偿灵敏度, 分别为 ± 0.5 μV/Pa.



图 5 面板实物图

Fig.5 Physical map of panel

选用固定频点进行测量, 用快速测试仪对水用检波器进行实际测试. 其中, 用快速测试仪对 15 台标定过灵敏度的检波器各进行 5 次实验的实验数据见表 1.

表 1 实验结果

Tab.1 Experiment results

检波器 编号	标称值/ ( $\mu\text{V} \cdot \text{Pa}^{-1}$ )	实测结果/ ( $\mu\text{V} \cdot \text{Pa}^{-1}$ )						重复性误差/ ( $\mu\text{V} \cdot \text{Pa}^{-1}$ )	相对误差/ %
		1	2	3	4	5	平均值		
1	120.0	118.7	118.3	118.5	118.8	118.6	118.58	0.5	1.18
2	115.6	114.6	114.5	114.6	114.7	114.8	114.64	0.3	0.83
3	118.6	118.2	118.0	118.3	118.1	118.2	118.16	0.3	0.37
4	123.5	123.9	123.8	124.0	123.9	123.7	123.86	0.3	0.29
5	121.2	123.1	123.0	123.2	123.3	123.4	123.20	0.4	1.65
6	127.4	126.9	126.8	127.0	127.1	127.2	127.00	0.4	0.31
7	120.2	119.5	119.3	119.6	119.4	119.5	119.46	0.3	0.62
8	121.2	122.6	122.8	123.0	122.7	122.9	122.80	0.4	1.32
9	118.7	120.4	120.5	120.7	120.6	120.5	120.54	0.3	1.55
10	122.4	122.5	122.4	122.6	122.7	122.6	122.56	0.3	0.13
11	123.1	121.4	121.1	121.5	121.6	121.3	121.38	0.5	1.40
12	118.6	118.0	117.7	117.9	117.8	118.0	117.88	0.3	0.61
13	120.4	121.5	121.3	121.6	121.3	121.4	121.42	0.3	0.85
14	117.3	118.1	118.5	118.4	118.1	118.2	118.26	0.4	0.82
15	119.8	122.2	122.4	122.3	122.0	122.2	122.22	0.4	2.02

由表 1 实验结果可以看出,本测试仪的重复性较好,最大重复性误差为  $0.5 \mu\text{V}/\text{Pa}$ . 测试结果的平均相对误差为  $0.93\%$ ,其中 15 号检波器测试结果的相对误差最大,为  $2.02\%$ .

### 5 结 语

本文设计了水用检波器快速测试仪,用来检测水用检波器在固定频率的灵敏度,以便快速准确地确定检波器的好坏. 给出了测试仪的硬件和软件设计,并进行了实验.

在检波器生产厂家实际考核近 60 天,并与现有测试设备进行同等条件的对比测试. 结果表明,本测试仪的平均相对误差为  $0.93\%$ ,最大重复性误差为  $0.5 \mu\text{V}/\text{Pa}$ ,符合设计要求.

### 参考文献:

- [1] 付小宁. 地震检波器参数测试的现状 & 动向[J]. 石油工业技术监督,2000,16(3):30-31.
- [2] 易碧金. 地震仪器中地震道检波器的测试原理和方法[J]. 物探装备,1998,8(2):6-9.
- [3] 孙宏军,郭宝龙,程霖. 基于 ARM 的检波器特性测量仪设计与实现[J]. 国外电子元器件,2007(10):6-9.
- [4] 李淑清,赵耀,沈时强,等. 海洋检波器性能测试仪信号源的设计[J]. 自动化与仪表,2009,24(1):9-12.
- [5] 李晶皎,刘天华,丁言镁. 液晶显示器的 C 语言程序设计[M]. 北京:科学出版社,2005:73.
- [6] 陈冬云,杜敬仓,任柯燕. ATmega128 单片机原理与开发指导[M]. 北京:机械工业出版社,2005:292-304.

责任编辑:常涛