Electrical Engineering and Automation
September2015, Volume 4, Issue 3, PP.39-43

Study on the Simulation Verification Device of Echo Sounder Based on STM32

Xinzhen Yue#, Wenjun Ni, Keguo Li, Chunhui Dou

Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, M. O. T., Tianjin 300456, China

#Email: yuexinzhen@163.com

Abstract

In view of the calibration requirements of the echo sounder, this paper discusses the design theory and realization method based on the STM32 microcontroller core of simulation calibration device system. Taking full use of the functions likewise 72MHz dominant frequency and the multi timer owned by STM32, and going through the counting and time processing on the collected echo signal, finally the accurate delayed echo signal is received. This calibration system mainly consists of the pulse counts module, timing processing module, echoes generating and sending module, etc. Proven by experimentations, this system can be accurately simulated the echo sounder to measure the depth of the water, as well to meet our requirements for calibration of the echo sounder.

Keywords: Echo Sounder 1; Calibration 2; STM323

基于 STM32 的回声测深仪模拟检定装置研究 *

岳新震，倪文军，栗克国，窦春晖

交通运输部天津水运工程科学研究所检测设备开发中心，天津 300456

摘 要：针对回声测深仪校准的需求，设计了一种以 STM32 为核心处理器的模拟检定装置系统。充分利用 STM32 单片机具有 72MHz 主频及多定时器的功能，对采集到的回声测深仪信号进行计数和定时处理，最终得到精确的延时时间后的回波信号。该系统主要包括有脉冲计数单元，定时处理单元、回波发生及发送单元等。经试验验证，本系统可以精确的模拟测深仪所测水深，完全可以满足我们对测深仪校准的要求。

关键字：回声测深仪；校准；STM32

引言

回声测深仪是国内乃至国外水深测量最主要的水深测量仪器，它是船舶导航的必备仪器设备，由海事局负责检验，据悉负责检验的官员，在船舶靠岸后，登船只看看测深仪是否工作，有没有水深指示，至于指示的深度是否准确，从不过问也无法验证。随着水运行业的发展，回声测深仪对测量数据的准确可靠程度逐步加大，便携的回声测深仪校准装置就有了很大的应用空间。笔者以 STM32 单片机作为核心处理器，设计了一款回声测深仪校准装置系统。本设计特点具有精度高、实时性强、功耗低以及便于携带等优势。

1 系统功能和结构设计

1.1 系统总体设计

整个系统主要分为信号接收处理模块，显示及延时控制模块和回波信号发生模块三个主要模块，系统根据各模块状态的变化能做出及时反映从而确保系统保持良好的状态。

*基金资助：受中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目支持资助(TKS130207)。

中央采集及控制系统以 STM32 单片机为硬件平台，对外可以通过 RS485 与上位机通信，可实现仪器的远程访问及控制。内部搭建脉冲采集及处理模块，接收脉冲指示模块，实现了对回声测深仪脉冲的处理，接收到脉冲的提醒和指示，最后再把按既定深度延时后的脉冲返回到回声测深仪，最终完成水深模拟。系统的结构功能框图如图 l 所示。

(1)模拟深度脉冲信号的采集及回波信号的生成。回声测深仪发出的是正弦波激励信号脉冲簇，信号的峰值可以达到 100V 左右，这个信号需要通过电阻分压、及峰值保持电路的电压保持、最后通过跟随器送到单片机 I/O 口是近似直流电平信号，这样能便于单片机的 ADC 采集到电平信号的大小，再反算出回声测深仪所发出的正弦波的峰峰值。回波信号是通过 AD9850 内含可编程 DDS 系统和高速比较器，实现数字编程控制的频率合成。可编程 DDS 系统的核心是相位累加器，它由一个加法器和一个 N 位相位寄存器组成，N 一般为 24～32。每来一个外部参考时钟，相位寄存器便以步长 M 递加。输出的正弦波周期 To=Tc2N/M，频率 fout = Mfc/2N，Tc、fc 分别为外部参考时钟的周期和频率。AD9850 有并行和串行两种方式与单片机 I/O 口相连接，为了节省单片机资源，我们在此方案中采用串行的方式与单片机相连接。

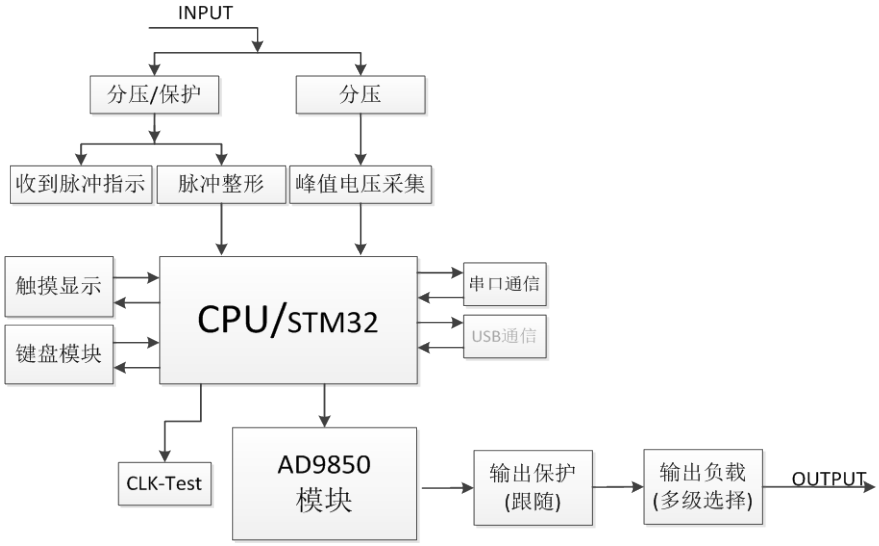


图 1 系统功能结构框图

(2)系统性能分析。由于理论分析、数学建模都存在不可避免的近似简化，系统控制算法和实际实验环境之间也有一定的差距。因此，我们需要在各次实验中通过多次实验、数据采集等方式对实验过程中系统各个状态量、消耗时间等信息进行综合统计分析，从而更好的实现控制需求。

1.2 系统硬件实现

控制系统采用嵌入式应用专门设计的高性能、低成本、低功耗的 ARM Cortex-M 内核的 STM32 中央主处理器，通过外部扩展内部系统接口电路、信号接收电路、回波发生及发送模块、深度调节电路、串口触摸屏等构建硬件平台，如图 2 所示。人机交互操作界面部分采用迪文科技的 DGUS 串口屏，用于实现仪器实时界面及数据显示。DGUS 触摸屏的数据处理功能和图形功能强大，在工业控制系统中有广泛的应用。通过标准串口，屏幕与 CPU 组成人机界面更加灵活。通过 TTL 串口电压屏幕与 CPU 直接连接，基于其自定协议通信，不需要其他驱动器。与传统的 LCM 通过时序或指令控制显示不同，DGUS 屏采用直接变量驱动显示方式，所有的显示和操作都是基于预先设置好的变量配置文件来工作的。

围绕 STM32 单片机的硬件电路部分包含三个核心模块信号接收处理模块、延时控制模块和信号发生输出模块，还需要扩展电源和接口两部分电路。信号接收处理模块主要是将回声测深仪发射出来的高电压电激励簇脉冲信号处理为单片机可以接收的低电平脉冲簇，在这里需要对接收进来的脉冲信号进行降压、整

形等处理。延时控制模块是通过利用单片机的定时器进行延时处理，定时时间分辨率 10us 在以上，主频 1MHz 以上即可。信号发生输出模块是采用市场上比较成熟的 AD9850 正弦波发射模块来搭建起来的，开发人员多次使用该模块，其稳定性早已得到验证。

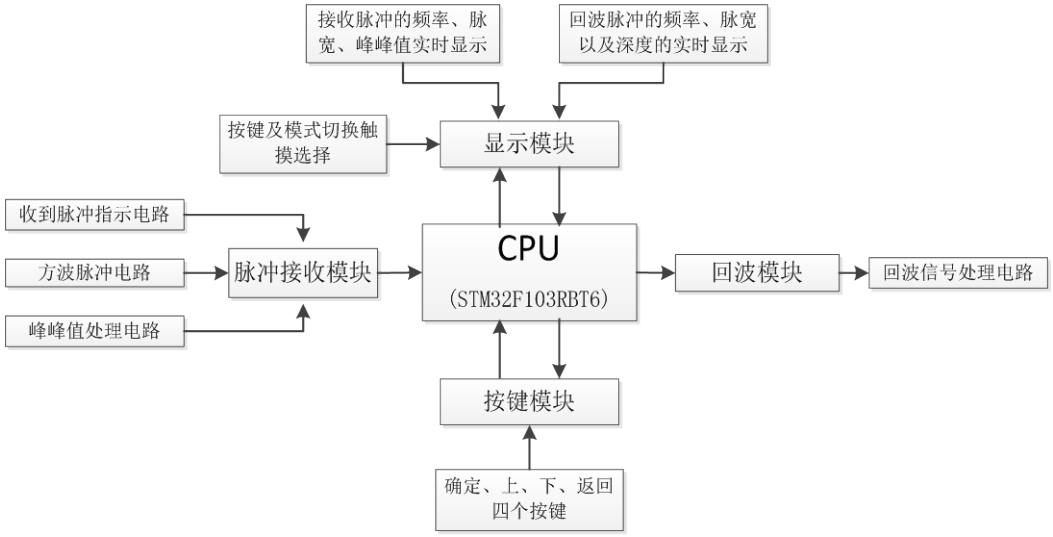


图 2 硬件模块电路

2 系统软件设计

2.1 系统软件的功能设计

系统软件主要实现以下功能：(1)、对采集到的脉冲信号的处理，对两个脉冲簇之间的时间间隔进行计算，对每个脉冲簇中的脉冲数进行计数；(2)、对正弦波发生模块 AD9850 脉冲输出电路上的模拟开关进行控制，以达到控制输出信号的目的；(3)、将计算得到两个脉冲簇之间的时间间隔设定为 AD9850 脉冲输出电路上的模拟开关的开关时间，将计到每个脉冲簇中的脉冲频率赋给 AD9850，使正弦波发生模块 AD9850 产生相同频率的正弦脉冲；(4)、单片机需要对 DGUS 串口屏进行控制，整个人机交互系统的显示最主要的部分，由于 DGUS 屏的特殊性，其需要单片机对其进行精准控制；(5)、工作参数的设定，包括模式选择、模拟深度设定、返回频率设定、返回脉宽的设定等；(6)、对外围电路信号的处理，主要是对外界数字旋钮开关信号的采集和处理控制；(7)、通过外接检定口对定时器的校准。

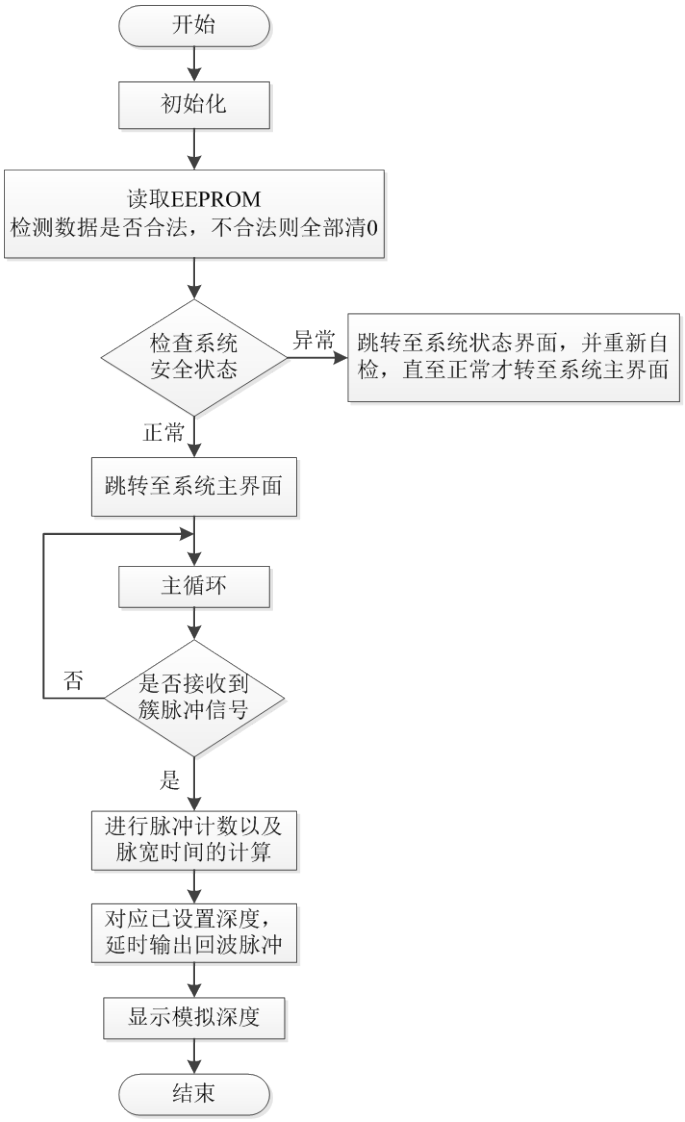
系统软件流程如图 3 所示，按系统要求，异常状态优先级最高，通过中断处理。为节省系统资源，对安全状态每 l s 扫描 1 次，若发现连接异常，系统重新自检，直到连接正常方可进入主循环、对其他触摸屏有效包、脉冲计数有效包依次处理。

2.2 深度算法实现方法

整个系统能够达到预期深度的精度就需要仪器定时准确，对脉冲进行定时计数是核心部分。使用单片机中的 Timer2 对采集到的脉冲信号脉冲进行定时计数，得到是结果即是回声测深仪发出脉冲的频率，将得到的频率赋值给正弦波发生模块 AD9850 即可使其产生与输入脉冲相同频率的正弦脉冲。将正弦脉冲的后端使用模拟开关控制，那么模拟开关的开关时间则是一个脉冲簇的脉宽，这个脉宽同样是由 Timer2 得到。当判断一个脉冲簇结束后，其累计得到脉冲间隔时间即是整个脉冲簇的脉宽。

设置一个准确的深度，那么就需要系统的延时系统的精确。回声测深仪是利用回声的原理来测量深度的，开发人员只需要在校准装置是接收到的信号做一个准确的延时即可以得到准确的校准作用。在实际的操作中，假设水深为 H，海水中声音的传播深度为 c，从声波发出到接收到回声的时间为 t，其原理图如图 4 所示。那么整个过程列成计算公式为：

$$H = \frac{1}{2}ct \tag{1}$$



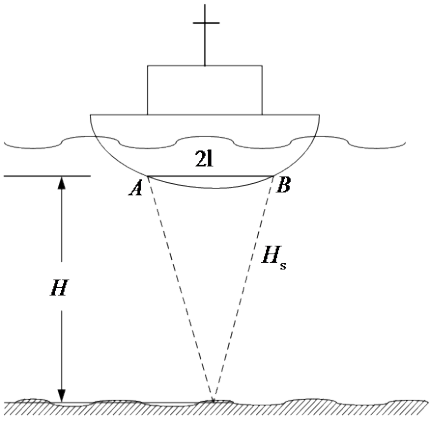


图 3 系统软件流程图图 4 单波束回声测深仪原理图

表 1 模拟深度值比对性测试

标准值	标准仪器		新开发仪器	
	示值(m)	误差(m)	示值(m)	误差(m)
5.00	5.00	0.00	5.00	0.00
10.00	10.00	0.00	9.99	0.01
20.00	19.99	0.01	19.99	0.01
30.00	29.99	0.01	30.00	0.00
50.00	49.99	0.01	50.00	0.00
80.00	79.99	0.01	80.00	0.00
100.00	99.99	0.01	100.00	0.00

3 系统测试及结果

本文设计了一种单波束回声测深仪模拟检定校准装置，以 STM32 为控制核心，完成了人性化的人机触控界面功能设计、深度模拟的控制及对系统定时器的校准。为了验证系统，开发设计人员对系统的深度模拟功能进行了针对性比对测试，其测试结果表 1 所示。

从测试结果来可以看出，新开发的回声测深仪模拟校准装置最大偏差仅为 0.01m，满足规程对回声测深

仪的最大允许误差不超过(0.4%±5 cm) FS 的要求。模拟校准装置作为水中实际比对的一种补充和完善的手段，是可以满足检定工作的但是使用模拟校准装置也有其不足之出，比如换能器不参与测试，其性能无法验证，盲区的测试也无法实测等。

4 结束语

作为模拟校准系统，该设备可用于测深仪的故障修理和调校测深仪的移相精度。另外，由于其精度高、稳定性好，所以可取代停泊稳定性试验，用于检定回声测深仪的精度和稳定性，达到了预期设计的目的。随着人们对海洋资源开发的加深，假以时日测深校准必将有着广阔的应用前景。

REFERENCES

[1] Wu Bingzhao. “The principle and application of echo sounder signal simulator.” Hydrographic Surveying and Charting, 1997, 2

[2] Zhao Hui, Li Keguo. “Study of echo sounder test device for measuring.” Journal of Waterway and Harbor, 2011, 32 (6)

[3] Li Yunwu, Lin Jianzhu. “SDH 13D Shallow depth sounding instrument.” Beijing: Ocean Press, 2001

[1] JJG032-2004. Water transport engineering Echo Sounder

[4] STM32 Reference Manual of Chinese. STMicroelectronics (China) Investment Co., Ltd

[5] The Basic Application DWIN DGUS and Modbus Protocol. Application of electronic Technique, 2013(01)

【作者简介】



[1] 岳新震（1984-），男，汉，硕士学位，助理工程师，水文水利自动化，2009-2012 在北京信息科技大学读硕士。
Email: yuexinzhen@163.com

[2] 倪文军（1971-），男，汉，学士学位，副高级工程师，水文水利自动化及检定技术研究。
Email: 308219904@qq.com

[3] 栗克国（1983-），男，汉，硕士学位，中级工程师，水文水利自动化。Email: lkgaaa@163.com

[4] 窦春晖（1983-），男，汉，学士学位，中级工程师，水文水利计量学研究。Email: douch83@163.com