

文章编号: 2095-2163(2020)07-0109-04

中图分类号: TN919

文献标志码: A

基于高速 DSP 的水下声探测系统设计

郭建松, 林涛

(中国人民解放军 91431 部队, 海口 570100)

摘要: 为了提高水下声探测能力, 提出基于高速 DSP 的水下声探测系统设计方案, 水下声探测系统包括信号采集模块、声回波检测模块、滤波模块、AD 模块、声信号处理模块以及输出接口模块等, 采用传感器进行水下声信号采集, 对采集的水下声信号进行检波处理, 采用 AD 电路进行声信号输出的数模转换处理, 在电平转换电路中进行探测系统的幅频响应特征分析, 采用 ADG3301 设计系统的时钟电路, 设计能谱测量程序进行水下声信号的输出谱分析, 采用高速 ADSP-BF537 作为水下声信号处理器件, 实现水下声探测系统设计的硬件集成设计。系统测试结果表明, 采用该系统进行水下声探测的信号检测能力较好, 抗干扰性较强, 提高了水下声探测和声信号处理能力。

关键词: 高速 DSP; 水下声探测; 声信号处理; 电路; 谱分析

Design of underwater acoustic detection system based on high speed DSP

GUO Jiansong, LIN Tao

(No.91431 Troops of PLA, Haikou 570100, China)

[Abstract] In order to improve the ability of underwater acoustic detection, a design method of underwater acoustic detection system based on high-speed DSP is proposed. The underwater acoustic detection system includes signal acquisition module, acoustic echo detection module, filtering module, AD module, acoustic signal processing module and output interface module, etc. Sensors are used to collect underwater acoustic signals, and the collected underwater acoustic signals are subjected to detection processing, and AD circuits are used to perform digital-to-analog conversion processing of acoustic signal output. The amplitude-frequency response characteristics of the detection system are analyzed in the level conversion circuit, the clock circuit of the system is designed by ADG3301, the energy spectrum measurement program is designed to analyze the output spectrum of the underwater acoustic signal, and the high-speed ADSP-BF537 is used as the underwater acoustic signal processing device to realize the hardware integration design of the underwater acoustic detection system. The system test results show that the system has good signal detection ability and strong anti-interference ability for underwater acoustic detection, and improves the underwater acoustic detection and acoustic signal processing ability.

[Key words] high speed DSP; underwater acoustic detection; acoustic signal processing; circuit; spectrum analysis

0 引言

对水下目标的准确定位和目标识别, 结合水声通信和水下信号处理技术, 建立水声信号处理系统, 通过声探测技术进行水下目标的主动定位和检测, 研究水下声探测系统的优化设计方法, 通过智能声信号处理和集成电路系统优化设计, 在水下航行器设计和水下声通信技术等方面具有重要的应用价值, 相关的水下声探测系统优化设计方法研究受到人们的极大关注^[1]。对水下声探测系统的设计是建立在水下信号的智能处理技术上, 结合高速 DSP 芯片进行水下声探测系统的信息处理和智能交换设计, 建立声探测系统的滤波检测模型, 结合无线通信技术和信号均衡控制技术, 实现水下声探测系统的优化设计, 本文提出基于高速 DSP 的水下声探测系统设计方法, 首先进行系统的总体设计构架和功能结构分析, 系统设计包括信号采集模块、声回波检测

模块、滤波模块、AD 模块和信息集成处理模块等, 然后进行系统的模块化设计和开发, 最后进行仿真测试分析, 得出有效性结论。

1 系统的总体设计和功能模块分析

1.1 系统总体设计构架

为了实现高速 DSP 控制下的水下声探测系统优化设计, 首先进行系统的硬件设计, 结合集成的 DSP 智能信息处理方法, 进行水下声探测系统的信息优化处理, 建立水下声探测系统的信息处理模块和 AD 控制模块, 在集成控制模块中进行水下声探测系统的集成信息处理和输出转换控制, 通过功率放大器进行水下声探测系统的输出功率放大处理, 在程序控制模块中进行水下声探测系统的程序加载和接口控制^[2-4], 采用 ADSP 作为主控芯片, 通过优化的声信号处理程序, 进行水下声探测系统的滤波检测处理, 在 FLAH 中进行水下声探测系统的程序

作者简介: 郭建松(1987-), 男, 大专, 主要研究方向: 水中兵器测试技术。

收稿日期: 2020-05-16

加载,通过中断复位程序进行水下声探测系统的输出中断控制,提高水下声探测系统的输出稳定性和智能信息处理能力。设计的水下声探测系统包括信

号采集模块、声回波检测模块、滤波模块、AD模块、声信号处理模块以及输出接口模块,根据上述分析,得到系统的总体设计构架如图1所示。

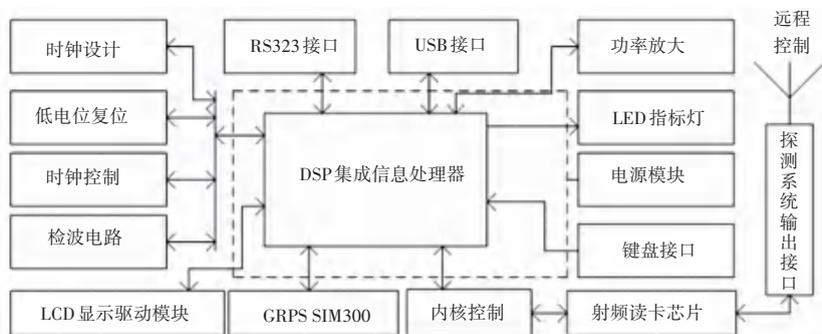


图1 系统的总体设计构架

Fig. 1 Overall design framework of the system

根据图1所示的总体结构构架,以SQLServer作为水下航行器的智能信息处理终端,通过水下声信号集成处理模块进行DSP输出控制,在高速DSP控制下进行水下声探测系统的组件开发,设计AD信息采集电路,进行水下声信号采集,采用传感器进行水下声信号采集,对采集的水下声信号进行检波处理^[5],得到声信号采集的结构图如图2所示。

设计^[6-8],得到系统的功能结构组成如图3所示。

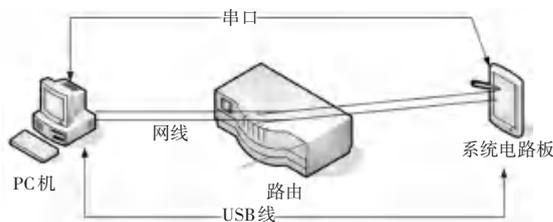


图2 水下声探测的信号采集结构图

Fig. 2 Structure diagram of signal acquisition for underwater acoustic detection

根据上述总体设计构架,进行水下声探测系统的硬件模块化分析和功能组件设计。

1.2 系统功能模块分析和设计技术指标

在上述进行了系统的总体设计基础上,进行系统的硬件开发和功能模块化设计,采用ARM Cortex-M0处理器进行水下声探测系统集成设计,结合ARM技术构建水下声探测系统的物理设备,根据智能水下航行器的输出性能进行信号调制和解调处理,采用ADSP-BF537BBC-5A作为智能水下航行器水下探测系统的主控模块,结合51单片机和高速DSP进行智能水下声探测系统的功能模块化设计,以嵌入式集成处理器作为控制核心芯片,构建水下声探测系统的主控模块,构建水下声探测系统的集成信息处理器,采用ARM作为核心控制单元,结合物联网技术进行水下声探测系统的传感阵列组网

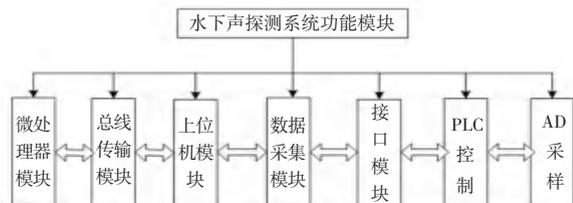


图3 水下声探测系统的功能组成

Fig. 3 Functional composition of underwater acoustic detection system

根据图3所示的水下声探测系统的功能模块构成,结合水下声探测系统的应用环境,进行水下声探测系统的技术指标分析和功能模块描述。水下声探测系统技术指标描述如下:

(1)水下声探测系统的水下声信号动态采集的范围: $-30\text{ dB} \sim +30\text{ dB}$,水下信混比为 -20 dB ,控制电压的输出 $\pm 10\text{ V}$;

(2)水下声探测系统控制指令采用周期加载的方式:8通道同步、异步输入输出控制,水下声信号的传输带宽为 24 KHz 。

(3)水下声探测系统的控制指令离散采样率: $\geq 120\text{ KHz}$;

(4)输出分辨率:12位(至少);

(5)水下声探测的D/A分辨率:20位(至少);

(6)数模转换速率: $\geq 140\text{ KHz}$ 。

根据上述功能模块分析和控制系统的技术指标描述,采用AD电路进行声信号输出的数模转换处理,在电平转换电路中进行探测系统的幅频响应特征分析,采用ADG3301设计系统的时钟电路,结合电路功能模块构造,进行水下声探测系统的硬件模块化开发设计^[9]。

2 系统硬件设计与实现

设计的水下声探测系统包括信号采集模块、声回波检测模块、滤波模块、AD 模块、声信号处理模块以及输出接口模块等,采用 DS18B20 作为水下声探测系统的外围器,结合 32 位嵌入式的交叉编译技术,进行水下声探测系统的硬件模块化设计。

(1)信号采集模块。信号采集模块实现水下声探测系统的声信号采集功能,采用 ADSP21160 作为核心处理器,进行水下声探测系统的集成信息处理,构建水下声探测系统的 AD 信息采样模块,采用 ADI 公司的 ADSP21160 处理器系统作为水下声探测系统的信息处理终端,实现水下声信号采集和信号放大,得到信号采集模块电路如图 4 所示。

(2)声回波检测模块。声回波检测模块采用 ARM Cortex-M0 处理器作为声回波检测模块的信

号处理内核,进行水下声探测系统的集成信息处理。采用低功耗的 S3C2440 作为逻辑处理器,进行水下声探测系统的输出信号滤波处理和声回波检测,结合嵌入式的 ARM 进行水下声探测系统的总线输出控制设计。在信息集成处理模块中实现水下声探测系统控制和数模转换控制,得到声回波检测模块如图 5 所示。

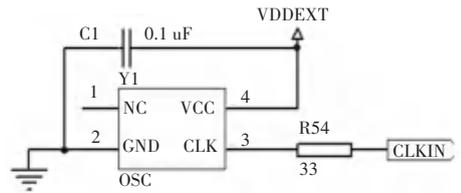


图 4 信号采集模块

Fig. 4 Signal acquisition module

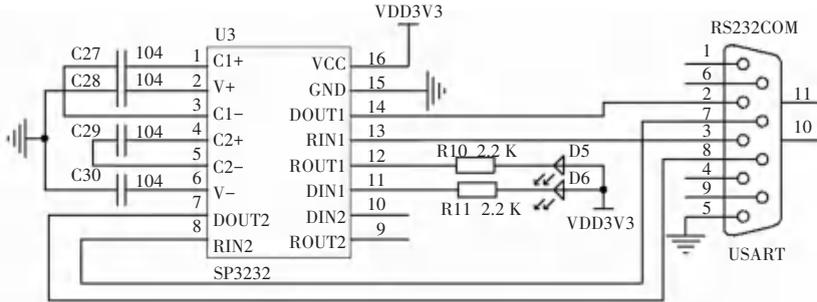


图 5 声回波检测模块

Fig. 5 Acoustic echo detection module

(3)滤波模块。滤波模块使用 ADM706S 设计,采用 8 个 32 位定时器/计数器进行智能水下航行器的水声探测和声信号滤波检测,采用 Revit 软件进行水下声探测系统的功率放大设计,结合 ARM 技术构建水下声探测系统的输出信号放大和增强处理^[10],得到滤波模块电路如图 6 所示。

结合 ARM 技术构建水下声探测系统的信号处理终端,采用 PPI_CONTROL 寄存控制实现水声探测和信号输出检测,得到 AD 模块电路如图 7 所示。

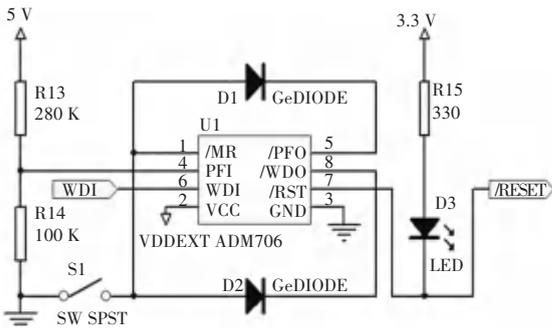


图 6 滤波电路

Fig. 6 Filter circuit

(3)AD 模块。AD 模块实现对水下声探测系统的声信号采集和数模转换功能。采用多功率调节方法,实现 16 位的水下声探测系统声信号输出控制,

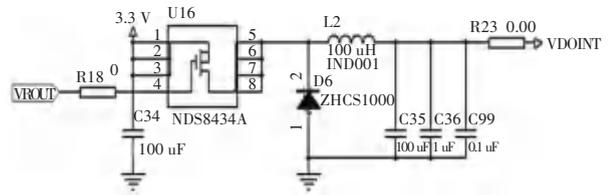


图 7 AD 模块电路设计

Fig. 7 AD module circuit design

(4)声信号处理模块。水下声探测系统的 DSP 信号处理模式有 CW、LFM、HFM 等多种形式,构建水下声探测系统的智能信息和信号处理平台,通过 ADSP-BF537BBC-5A 实现水下声探测系统控制总线传输,在 VIX 总线中进行水声探测和信号检测,得到声信号处理模块电路如图 8 所示。

(5)接口模块。在 DSP 的电源电路中进行接口设计,建立时钟控制电路进行水下声探测系统的时

钟 AD 采样,采用 ADG3301 设计系统的时钟电路,设计能谱测量程序进行水下声信号的输出谱分析,采用 FLASH 等器件进行水下声探测和信号检测,构建接口模块电路如图 9 所示。

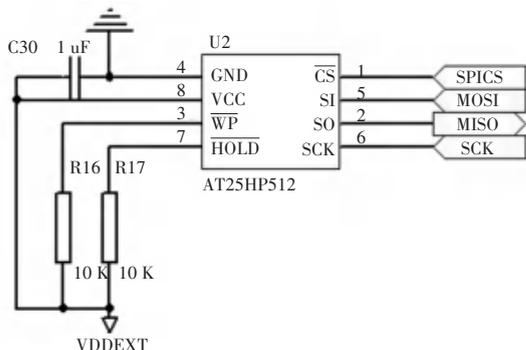


图 8 声信号处理模块电路

Fig. 8 Acoustic signal processing module circuit

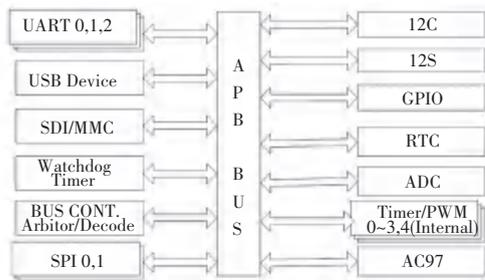


图 9 系统的接口设计

Fig. 9 Interface design of the system

综上所述,在高速 DSP 开发环境下实现系统的集成设计。

3 仿真实验与分析

为了验证本文设计系统在实现水下声探测中的应用性能,进行仿真测试,仿真输入的水下声回波信号为 1 KHZ 的三角波信号,信号采样的频率为 24 KHz,输出的占空比为 30%,水下声探测信号的传输范围-4 V~0 V,根据上述仿真参数设定,构建水下目标模拟器,进行水下声探测仿真,得到水下声信号探测结果如图 10 所示。



图 10 信号检测输出

Fig. 10 Signal detection output

分析图 10 得知,本文方法能有效实现水声信号探测,测试信号检测输出的稳定性,得到对比结果如图 11 所示,分析得知,采用该系统进行水下声探测的信号检测能力较好,抗干扰性较强,提高了水下声探测和声信号处理能力。

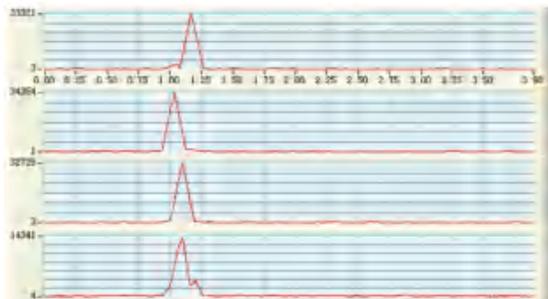


图 11 信号检测性能测试

Fig. 11 Signal detection performance test

4 结束语

本文设计基于高速 DSP 的水下声探测系统,结合高速 DSP 芯片进行水下声探测系统的信息处理和智能交换设计,建立声探测系统的滤波检测模型,在集成控制模块中进行水下声探测系统的集成信息处理和输出转换控制,通过 ADSP-BF537BBC-5A 实现水下声探测系统控制总线传输,在高速 DSP 环境下实现系统的硬件设计,测试得知,设计的水下声探测系统的稳定性较好,信号探测性能较为稳定。

参考文献

- [1] 张秋月,张林让,谷亚彬,等. 恒包络 OFDM 雷达通信一体化信号设计[J]. 西安交通大学学报,2019,53(6):77-84.
- [2] 冯径,熊鑫立,蒋磊. 软件通信适配器的调制模式识别算法[J]. 东南大学学报(自然科学版),2017,47(3):456-460.
- [3] 罗亚松,胡生亮,刘志坤,等. 正交频分复用声通信自适应调制算法[J]. 国防科技大学学报,2017,39(1):153-158.
- [4] 马爽,吴志勇,高世杰,等. 改进的大气激光通信 PPM 调制解调系统设计[J]. 哈尔滨工业大学学报,2016,48(5):105-109.
- [5] 石磊,朱广浩. 一种基于电-光强度调制的负反馈解调光纤通信方法[J]. 南京大学学报(自然科学),2015,51(4):659-664.
- [6] 何信旺,芮赞,王宗杰,等. 滤波器组 UMTS 系统的信道估计研究[J]. 计算机技术与发展,2015(9):57-60.
- [7] 文小方,张玲华,高婉贞. 基于小波去噪的自适应波束形成算法研究[J]. 计算机技术与发展,2017,27(6):169-172.
- [8] 胡苏,郭惠婷,武刚. 面向复杂电磁环境的多天线信道估计技术[J]. 电子与信息学报,2016,38(9):2221-2226.
- [9] 张敏,金龙旭,李国宁,等. 基于 TDICCD 空间相机图像模拟源系统设计[J]. 液晶与显示,2016,31(2):208-214.
- [10] 李艳婷,李祝博,张红伟,等. 离散多音调制可见光通信链路的极限速率[J]. 光子学报,2013,42(12):1414-1420.