

吊放声呐信号处理机测试设备系统设计

· 论文 ·

王成昆¹, 陶林伟²

(1. 中国人民解放军海军驻西安沈阳军事代表局, 陕西 西安 710054; 2. 西北工业大学 航海学院, 陕西 西安 710072)

【摘要】设计了一套实用的吊放声呐信号处理机测试设备。针对吊放声呐信号处理机实际中调试、检测、维修的需求,利用高性能数字信号处理芯片作为控制中心,结合一些必要的外设,充分考虑实际使用的特点,设计了一套稳定性高,集成度高的测试设备。从系统结构、硬件结构、存储数据结构、软件结构等几个方面入手,阐述了设计思路 and 实现方法。

【关键词】吊放声呐; TMS320VC5509A; McBSP; 大容量存储器

【中图分类号】 TB56

【文献标识码】 A

An Approach to Design Debug System for Signal Processor of Dipping Sonar

WANG Cheng-kun¹, TAO Lin-wei²

(1. The Chinese People's Liberation Army Naval Delegate Office in Shenyang, Xi'an 710054, China;

2. College of Marine Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

【Abstract】 A practical dipping sonar signal processor debugger is designed. To fulfill the practical demand of debugging, detecting and maintaining dipping sonar signal processor, a high stability and integrated debugger system is designed using high performance digital signal processor chip as control center and combining necessary peripherals as interface, meanwhile considering the characteristic of practical use. The design and implement method are illustrated in system structure, hardware, memory structure, software, etc.

【Key words】 dipping sonar; TMS320VC5509A; McBSP; mass memory

1 引言

吊放声呐是反潜系统的重要组成部分。它装载在旋转翼直飞机上,利用直升机机动灵活,能较快飞至潜艇出现海域的特点,可在短时间内搜索大面积海域,探潜攻潜。随着近几年潜艇性能的不提高,特别是出于探测在浅水区活动的安静潜艇的需要,各国海军十分重视吊放声呐的发展^[1]。

吊放声呐按工作环境可以简单地分为水上和水下2个部分。水下部分由直升机吊放到海面以下,主要完成水下声信号发射及回波接收与采集。水上部分针对接收到的声信号进行处理,利用各种算法,完成目标检测和参数估计。信号处理机是水上部分的核心部分,完成目标检测及参数估计算法。包括目标检测,测向预处理,目标声信号增强,自适应抗混响,FFT,匹配滤波等大量复杂的处理算法。其工作稳定性、性能、状态对吊放声呐系统的性能影响非常大。

鉴于信号处理机的重要及复杂性,目前信号处理

机上均留有测试接口。测试系统的主要功能包括:显示处理机工作状态;控制处理机工作方式;导出与存储处理机关键数据;实时分析处理机输出数据等。由于具有上述功能,测试接口在信号处理机前期开发调试阶段,后期地面监视、维修、检查阶段都可发挥巨大作用。它是信号处理机不可或缺的辅助系统。

笔者结合中国目前吊放声呐及信号处理机的发展情况,利用高速 DSP 芯片 TMS320VC5509 作为微处理器^[2],加上必要的外设,为信号处理机设计并制作了测试设备,完全具有测试设备需要的功能,在实际中发挥了很好的作用。

2 系统需求及结构设计

测试设备主要的4种功能为:显示处理机工作状态;控制处理机工作方式;导出与存储处理机关键数据;实时分析处理机输出数据。对功能进行分析,可知这些功能的核心为建立测试设备与信号处理机(以后简称处理机)的通信链路,完成数据与命令的交换。在

建立通信链路后,测试设备可以根据不同的功能进行相应的操作。在设计通信链路时,主要考虑处理机预设的通信方式。包括数据通信协议、电平协议、电气规格、驱动能力等。

测试系统具有显示处理机工作状态的功能,这就需要测试系统有人机交互功能,即键盘和显示。在本测试设备中,需要显示处理机状态、关键数据、实时数据等大量信息,显示设计采用 LCD。测试设备控制处理机的工作状态及其他一些必需的操作由键盘完成。通过不同的键盘操作,测试设备发送相应的命令给处理机,控制处理机的工作方式。

处理机的重要数据除了能在人机界面显示外,还需要存储和上传到计算机,以便进一步处理、分析。所以,测试设备需要考虑大容量数据存储器和与计算机接口。数据在存储过程中,需要存储实时时间,为数据恢复提供时间信息。

测试设备具有实时分析数据能力,要求设备具有足够快的处理速度和运算能力。同时,需要显示实时分析数据结果。

为了尽量减少测试设备对处理机的电气干扰,在通信接口电路上增加电气隔离电路。同时对外接口的所有线路增加瞬间脉冲吸收电路,即 ESD 保护。

一个完整微处理器系统还应包括:程序存储器;数据存储;看门狗;复位;时钟信号;电源等。

根据以上分析,设计系统结构如图 1 所示。

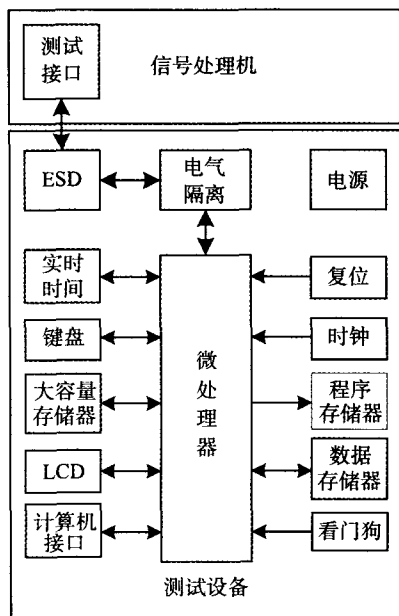


图 1 系统结构

3 硬件设计实现

系统结构确定后,下面对每一个关键部分如何实现进行分析。对带有微处理的系统来说,微处理器芯片选择最为关键。要从速度、接口、存储器、开发环境、指令等很多方面考虑。在充分查阅各类处理器资料后,并重点考虑了处理机预留测试接口通信方式为 McBSP,本设备设计采用 TI 公司的 16 bit 定点处理器 TMS320VC5509A^[2]。它的时钟最高速度可达 200 MHz,指令周期 5 ns,在采样周期内可执行 20 000 条指令,具有 3 路 McBSP 串口。除了高速度外,选择此芯片最主要的原因是其内部外设特别适合此系统。它具有 128 KB 内部 RAM;看门狗;8 个通用 IO;USB2.0 接口;实时时间;McBSP。可以看出,此芯片将测试设备相当部分功能都集成到内部,包含通信接口、计算机接口、看门狗、数据存储、实时时间、键盘接口等系统功能,大大提高了系统的集成度。同时此芯片还提供其他外设,包括:异步静态 RAM、异步 EPROM、同步 DRAM 接口;主机接口;2 个 MMC 接口;I²C 接口;4 通道 10 bit 精度的模数转换器。

测试设备与主机通信链路为 McBSP 串行总线。此总线连接方式如图 2 所示,共 6 根导线,双向全双工通信。链路中的 ESD 保护采用 Microsemi 公司的 SMDA05C,单片 4 路双向 ESD 保护,单路可以承受 300 W 的脉冲功率。光电隔离电路采用 ADI 公司的数字隔离芯片 ADuM2400,每片 4 通道隔离,3~5 V 工作电压,最高数据率 90 Mb/s,隔离电压 25 kV。选择隔离芯片关键指标是数据率,必须能够不失真地对信号进行隔离传输。

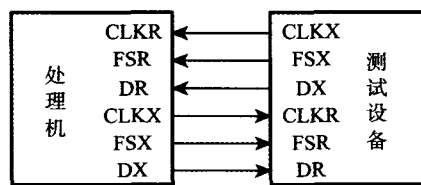


图 2 通信链路

图 2 所示的通信链路是最为基本的 McBSP 双设备连接。在一些强干扰环境情况下,可以使用更为先进的传输方式,如 LVDS(Low Voltage Difference Signal)。在发送端将传输信号通过 LVDS 调制器,转换为差分信号,在接收端使用 LVDS 解调器,将差分信号恢复为单极性信号。通过使用此传输方式,可以大大提高信号

抗干扰能力,提升传输速度,延长传输距离^[9]。

LCD 显示采用 LCM24064ZK 液晶显示屏。可以显示 15×4 个汉字,内嵌 7 602 个标准 GB2312 码汉字,使用方便。8 位数据总线接口,工作电压为 3~5 V。电压范围与此系统的微处理器 IO 电压相符,实行无缝连接^[4]。LCD 与微处理器连接逻辑如图 3 所示。

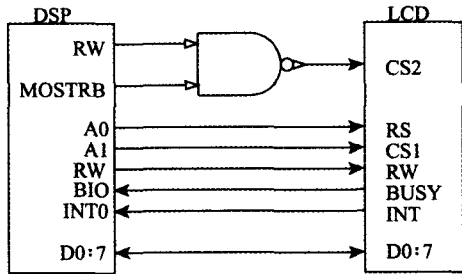


图 3 LCD 连接逻辑图

人机接口使用微处理器的 8 个通用 IO 完成。共计 6 个键盘,分别为链路测试、启动/停止数据传输、显示主机状态、实时分析主机数据、主机工作方式、存储数据。每次操作键盘时,在显示屏上均有提示。

实时时间直接使用微处理器的内部实时时间模块。由于实时时间需要不间断工作,所以使用纽扣电池给其专门供电。同时,外部连接一个 32.768 kHz 晶体作为时钟的振荡源。

与计算机通信,接口使用微处理器上的 USB2.0 接口。USB 技术现在十分成熟,使用方便、传输速度快,是较佳的传输方案。

大容量存储器采用 K9NBG08U5A^[5]芯片,容量 4 G×8 bit,3.3 V 工作电压,8 bit 并行接口,100 k 次擦写次数,10 年的数据存储期。与微处理器连接逻辑如图 4 所示。

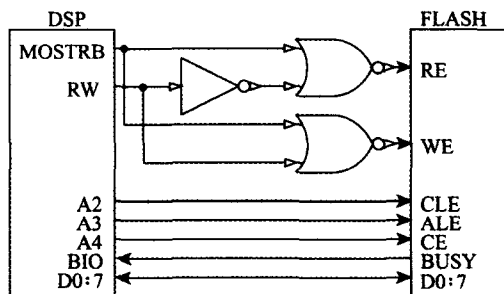


图 4 大容量存储器连接逻辑

数据存储器和看门狗使用微处理器内部的相应外设。电源使用 TI 公司针对此芯片推出的 TPS70445PWP,

同时具有复位功能。程序存储器选用 FLASH 存储器。微处理器的时钟使用有源晶振,选择 12 MHz 晶振,经过微处理器内部的 PLL 锁相环倍频,内部时钟可以非常高。

经过硬件选型,系统硬件结构如图 5 所示。可见,系统集成度十分高,相应提高了系统稳定性,降低功耗。

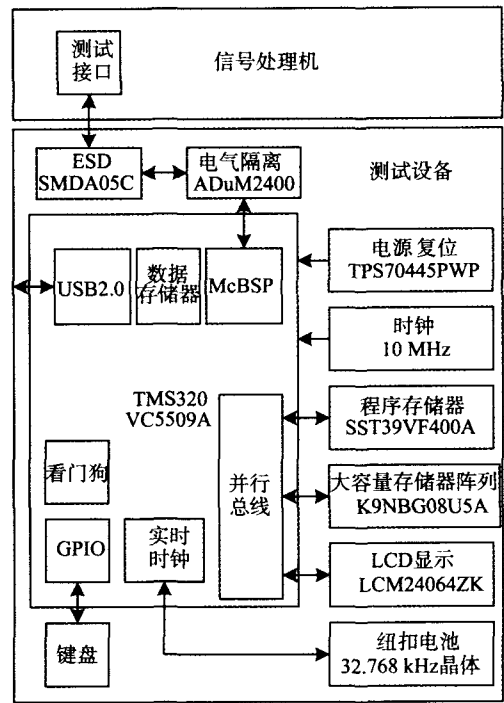


图 5 硬件结构图

4 通信数据结构

有了通信链路以后,规划通信协议及数据传输的格式是很关键的问题^[6]。

测试设备与主机数据通信数据结构设计如下(笔者给出了一个通用的数据结构形式,没有具体规定数据结构内部的一些细节,用户可以根据实际情况进行调整)。

```
typedef struct tag_RECETRAN
```

```
{
    uint size; // 本结构长度
    uint type; // 数据类型
    TIME time; // 实时时间
    uint dataHead; // 数据序列头标志
    uint dataSize; // 数据序列长度
    int dataArray[n]; // 数据序列
    int verify; // 数据序列校验
} RECETRAN, *PRECETRAN;
```

第一个元素 size 表示结构本身的大小,具有重要

意义,如结构版本的更迭,可以通过此元素判断,同时也是数据恢复时候的依据;type 表示了此帧数据的分类,如在本例中,不同的 type 区分数据是处理机状态、关键数据、实时数据或命令中的那一种;time 元素代表了此帧数据的实时时间;dataHead 和 type 元素共同确定数据分类,不同的数据分类有不同的数据头;dataSize 规定了此帧数据的长度;dataArray 是数据缓冲区;verify 是 dataArray 内数据的校验值,可以为奇偶校验、异或校验、和校验等任何一种。

为了保证数据传输的正确性,在接收端获取一帧数据结构后,需要进行正确性判断,包括结构长度、数据分类、数据头标志、长度、校验等,目的是确保数据传输正确。

5 软件设计

软件设计的整体思路为查询加中断方式,即所有待处理的操作均由主程序循环查询,满足条件后在主程序中执行。中断程序只是对需要处理的事件进行置位,等待主程序查询。主程序流程见图 6。

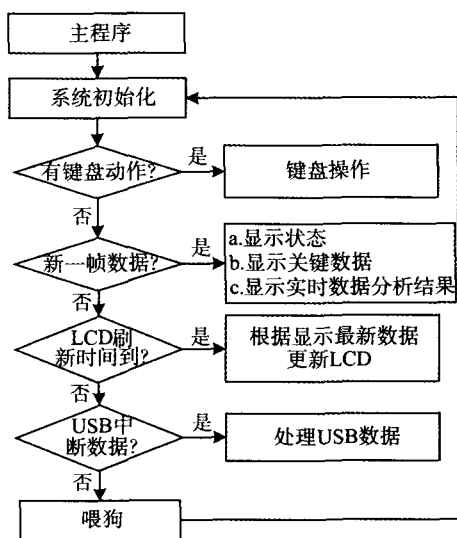


图 6 主程序流程

通信程序中,串口通信中断程序每次接收一帧完成数据,对数据进行正确性判断后,将数据放入预设的缓冲区,然后将对应的标志位置位。主程序查询到标志位置位后,对接收数据作进一步处理。这样的好处是使得中断程序尽量短,加快系统反应速度,将大量复杂处理放在主程序中,符合现代软件设计方法。

对于键盘操作,主程序定时查询每个键盘状态,若检测到有按键动作,则调用对应的按键程序。由于用户在键盘操作时,按键是随机的,所以在键盘程序上必须

考虑这一点。用户在使用时,必须遵循一定的操作顺序。首先,必须进行链路测试。测试设备首先发送一个设定的序列给处理机,若处理机在规定时间内正常接收序列并原样返回次序列,且测试设备能正常接收到,则可以判断链路正常。出现任何异常状态,判断链路建立失败,不能进行数据传输。当链路建立成功后,测试设备可给处理机发送各种命令,如传输状态、实时数据、关键数据等。处理机按照命令,进行对应的数据传输。对于状态查询,测试设备将处理机状态进行解析,并通过 LCD 显示屏显示;对于实时数据,测试设备按照特定算法进行实时处理,并将结果在 LCD 显示,用户可以根据处理结果来判断信号处理机是否工作正常;对于关键数据,测试设备将数据复制到大容量存储器,等待计算机端读取。当测试完毕,测试设备发送数据传输结束命令,处理机收到命令后,终止数据传输。

对于 LCD 显示操作,不是有了新数据后,立即更新 LCD,采取定时刷新显示区,定时时间略快于人眼反应时间,约 20 ms 刷新一次。由于 LCD 操作需要大量的操作,这样大大提高了软件效率。

在计算机端,需要设计专门的应用软件,在软件的控制下访问测试设备,读取存储的关键数据,进行进一步分析,获得信号处理机的运行信息。

6 结论

笔者从吊放声呐信号处理机的特点入手,设计了一套实用的吊放声呐信号处理机测试设备。并从系统结构、硬件结构、存储数据结构、软件结构等方面入手,阐述了设计思路和实现方法。系统采用了高速 DSP 加外围器件,并充分利用 DSP 的内部资源,极大地提高了系统集成度,从而使系统的稳定性、可靠性大大提高。在实际中发挥了巨大的作用。

参考文献

- [1] 蓉竹. 机载声纳浮标和吊放声呐[J]. 现代军事, 2006(1): 62-63.
- [2] Texas Instruments. TMS320VC5509A fixed-point digital signal processor data manual [EB/OL]. (2008-01-12)[2009-02-23]. <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/tms320vc5509a.html>.
- [3] Texas Instruments. DSP to DSP link using LVDS[EB/OL]. (2001-10-08)[2009-01-16]. <http://focus.ti.com/lit/an/slla105/slla105.pdf>.
- [4] 北京青云创新科技发展有限公司. LCM24064 zk 使用说明书 [EB/OL]. (2004-06-12)[2009-02-23]. <http://www.qingyun->

(下转第 37 页)

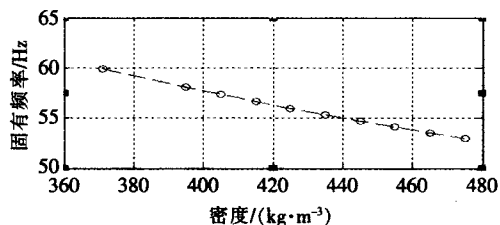


图 14 密度-频率变化曲线

3.4.2 音板厚度与音板有限元模型基频的关系

在保持钢琴弹性模量、密度和长宽等大小不变的情况下,通过改变钢琴音板的厚度,并对每次参数改变后的钢琴音板有限元模型做模态分析,得到厚度与音板基频的对应数值见表 4,并绘制厚度-频率变化曲线如图 15 所示。

表 4 音板厚度与音板基频的对应关系

厚度/m	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
基频/Hz	57.1	58.3	59.9	62.0	64.3
厚度/m	0.010	0.011	0.012	0.013	0.014
基频/Hz	66.9	69.8	72.8	76.0	79.3

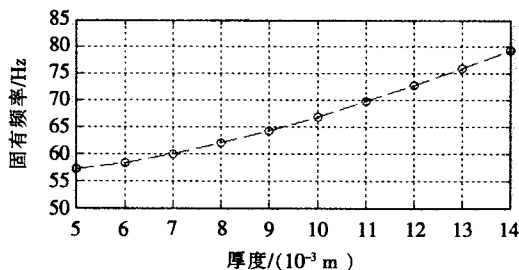


图 15 厚度-频率变化曲线

由图 15 可以看出,钢琴音板的基频随着其自身厚度的增加而不断地升高,当厚度从 5 mm 增至 14 mm 时,钢琴音板的基频相应升高了 22.2 Hz,变化幅度较大,并且在厚度较大的时候,钢琴音板对应的基频变化较快。

4 结论

笔者通过 ANSYS 数值计算与分析软件对钢琴音

板建立了有限元模型,同时运用模态分析技术分别分析了钢琴音板和光板的固有频率和模态振型,探讨了钢琴音板的模态特性。分析结果表明,钢琴音板的刚度和强度均大于几何尺寸与其等同的光板,并且附着在音板上面的肋木和马桥破坏了共振板原有的规则模态振型,使得音板的振型变得更加复杂和无序;音板模态振型图中对应的主振型位移均要小于光板相应的主振型位移。最后还讨论了密度、厚度对于钢琴音板模态基频的影响,得出了模态基频随密度的增大而降低,随厚度的增大而升高的结论。而肋木的排列方式、肋木的厚度和音板的弹性模量等参数对于音板模态的影响规律则有待于进一步的研究。

参考文献

- [1] SUZUKI H. Vibration and sound radiation of a piano soundboard [J]. Journal of Acoustical Society of America, 1986, 80(6):1573-1582.
- [2] GIORDANO N. Simple model of a piano soundboard[J]. Journal of Acoustical Society of America, 1997, 102(2): 1159-1168.
- [3] BERTHAUT J, ICHCHOU M N, JEZEQUEL L. Piano soundboard: structural behavior, numerical and experimental study in the modal range[J]. Applied Acoustics, 2003, 64: 1113-1136.
- [4] GIORDANO N. Mechanical impedance of a piano soundboard [J]. Journal of Acoustical Society of America, 1998, 103(4):2128-2133.
- [5] 傅志方. 振动模态分析与参数识别[M]. 北京:机械工业出版社, 1990.
- [6] 官迪华. 模态分析技术[M]. 北京:清华大学出版社, 1996.
- [7] 沃德·海伦, 斯蒂芬·拉门兹, 波尔·萨斯, 等. 模态分析理论与试验[M]. 白化同, 郭继忠, 译. 北京:北京理工大学出版社, 2001.
- [8] 邓平凡. ANSYS10.0 有限元分析自学手册[M]. 北京:人民邮电出版社, 2007:68-386.

作者简介

欧阳雁, 硕士研究生, 主要研究方向为多媒体与声信号处理。

[责任编辑] 闫雯雯

[收稿日期] 2009-04-07

(上接第 32 页)

it.com/products/yejing/readme/zk/LCM24064ZK.pdf.

- [5] Samsung Electronics. K9XXG08UXA [EB/OL]. (2005-11-09)[2009-02-23]. www.samsung.com.cn/datasheet-pdf/pdf/SAMSUNG/K9K2G08U0A.html.
- [6] 朱站立, 刘天时. 数据结构[M]. 西安:西安交通大学出版

社, 2006.

作者简介

王成昆, 高级工程师。

[责任编辑] 闫雯雯

[收稿日期] 2009-04-24