

文章编号: 1005-0523(2004)02-0088-05

基于声卡的信号采集系统设计

梅秀庄, 宋京伟, 刘举平

(华东交通大学 机电工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:介绍了基于声卡的信号采集系统,对声卡采集过程中,采样频率、采样长度、采样位数、通道数等参数的设置及相应控制程序的实现等问题进行阐述,系统软件用 VC++ 编写,可实时显示信号波形,进行信号分析处理,还可将信号直接存储为数据文件。

关键词:声卡;信号采集;信号处理

中图分类号:TP274+.2

文献标识码:A

0 引言

信号采集是工程中信号分析和处理的前提,通常采用数据采集卡来完成。数据采集卡一般包括多路开关、放大及采样保持、A/D 转换、计算机 I/O 接口等部分,性能比较完善,但价格比较昂贵,硬件安装及软件驱动需占用一定的系统资源且操作烦琐。

计算机上都装有声卡,声卡具有对信号滤波、放大及采样保持、A/D 和 D/A 转换等功能,这些功能与数据采集卡相当。常用声卡可对音频信号实现双声道 16 位、高保真的数据采集,最高采样率可达 44.1kHz,具有较高的采样频率与精度。对于许多科学实验和工程测量来说,声卡对信号的量化精度和采样率都是足够高的,甚至优于一些低档的数据采集卡性能。利用声卡进行 A/D 转换、话筒输入插孔为信号输入端,可实现对信号的单通道、双通道采集。因此可用声卡配合相应软件构建信号采集系统。

1 声卡的基本工作原理

1.1 声卡的硬件结构

一般声卡都是由以下几部分组成:声音控制/

处理芯片,功放芯片,声音输入/输出端口等。声音控制/处理芯片是声卡的核心,集成了采样保持、A/D 转换、D/A 转换、音效处理等电路,它决定了声卡的性能和档次,基本功能包括对声波采样和回放的控制、处理 MIDI 指令等,有的厂家还加进了混响、合声、音场调整等功能。功放芯片完成信号的功率放大以推动喇叭发声工作。声音输入/输出端口是音频信号的输入和输出,它主要有外接端口和内接端口。外接端口有“SpeakerOut”喇叭输出端口,“Line-out”线性输出端口,“Linein”线性输入端口,“MICin”麦克风输入端口,还有 MIDI 端口,连接电子乐器以及连接游戏控制器。内接端口是内置的输入/输出端口,是 CD 音频接口,通过 3-4 针的音频线直接和光驱连接。

1.2 声卡的工作流程

声卡的工作流程如图 1 所示:

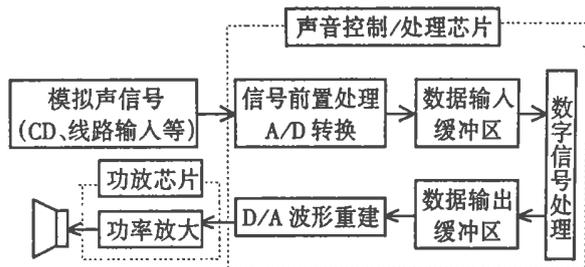


图 1 声卡工作流程图

收稿日期: 2003-12-08

中国期刊网 <http://www.cnki.net> 梅秀庄, 宋京伟, 刘举平, 硕士。

模拟声信号经过声卡前置处理及 A/D 转换后变成数字信号,送入输入缓冲区,然后通过各种数字信号处理的方法对波形输入缓冲区的数据进行处理,完成声音消噪、音效处理、声音合成等功能,最后把处理好的数据把保存到存储设备,这就是声音信号的录制过程。

相应的声音信号回放过程为:把处理好的数据送到输出缓冲区,再由声卡的 D/A 转换,将数字音频转换为模拟信号,经过功率放大,送到喇叭。

如果将工程中所需采集的信号仿照声音信号输入,即可实现对信号的采集和存储。

1.3 声卡的驱动软件结构

声卡软件即驱动程序,是实现对采样位数、采样频率、通道数等参数的设置及对数据缓冲区、音量的大小等进行控制,使声卡各组成部件协调工作,从而实现对声音的采集、存储和回放等功能。其软件结构分为两部分:高层音频服务部分和低层音频服务部分。

高层音频服务是通过调用 SndPlaySond、MessageBeep 等简单的函数,实现语音的播放和录制等功能,但不能实现对底层数据的直接控制。

低层音频服务让应用程序直接与驱动程序通讯,对声音播放和录制提供了更强控制,能更好的管理播放和录制过程。它可控制不同类型的音频设备,包括波形、MIDI 乐器指令数字化接口和辅助音频设备,分别用前缀 wave、midi 和 aux 作为函数名的开头来加以区分。

由于低层音频服务可直接与驱动程序通讯,实现对底层数据的直接控制,而且本系统是对信号波形输入设备的操作,因此采用以 wave 开头的一系列低层音频服务函数,实现对波形输入缓冲区数据的控制。基本的操作函数及功能如表 1:

表 1 以 wave 开头的基本低层音频服务函数

函数	功能
waveInGetDevCaps	实现声卡的性能测试
waveInOpen	打开波形输入设备
waveInPrepareHeader	为波形输入准备缓冲区
waveInAddBuffer	将数据缓存发送给波形输入设备驱动
waveInStart	启动向波形输入缓冲区存储数据
waveInUnprepareHeader	释放波形输入缓冲区
waveInStop	停止向波形输入缓冲区存储数据
waveInClose	关闭波形输入设备

具体的实现过程,可以参见文献^[1]。

2 信号采集的程序实现

作为工程上使用的信号采集系统,需要考虑信号的采样频率、采样长度、采样位数等。数据采集时,调用底层音频函数来完成。首先,利用 WAVEFORMATEX 数据结构对通道数、采样频率、采样位数(A/D 转换位数)、采样长度等参数进行设置,然后用 waveInStart 函数启动缓冲区存储来自话筒插口(其他端口不可以)的数据,波形输入缓冲区不断存储数据。

2.1 采样参数设置

声卡比较特殊,采样频率只有 11.025 kHz、22.05 kHz、44.1 kHz 等几个定值,支持的采样位数有 8 位、16 位、24 位等,输入声道(也就是采样通道)通常为单、双声道,输出声道有单声道、双声道、四声道等,不同类型声卡对应的各值也不同。因此,在进行参数设置之前,利用 waveInGetDevCaps 函数获取波形输入设备的性能,包括厂商标志、产品标志、波形输入设备的版本号,声道数,所支持的采样频率、采样位数等,并显示输出,然后根据设备的性能及实际的需要,对声卡的采样位数、输入声道(左、右、双声道)及信号采样频率、采样长度进行设置。

这些设置是对 WAVEFORMATEX 数据结构进行设置来实现的,该结构用于描述波形音频格式,定义^[2]如下(后面的文字为前面参数的注释):

```
typedef struct waveformat_extended_tag {
    WORD wFormatTag; 编码方式标志,如 PCM 格式等
    WORD nChannels; 声道数,值为 1 时,表示单声道;值为 2 时,表示立体声
    DWORD nSamplesPerSec; 采样频率
    DWORD nAvgBytesPerSec; 每秒钟的字节数
    WORD nBlockAlign; 块对齐方式
    WORD wBitsPerSample; 采样位数
    WORD cbSize; 若为标准 PCM 格式,此项必须为零
} WAVEFORMATEX;
```

2.1.1 单、双通道数据的处理

声卡一般都具有单、双声道输入,从而可实现单、双通道的采集。双通道采集时,声卡采用并行采集,并具有采样保持功能,两个通道的数据不存在时间差,第一通道和第二通道数据存储在同一个数据缓冲区中,且等间隔存储,奇数序列是一个通道数据,偶数序列为另一个通道数据。读取数据时,将缓冲区中的数据全部读入到一个数组中,然后对该数组数据,采用隔一点取一点的方法,将数据分开

并分别存到另外的两个数组中,即将两个通道的数据分开,从而实现了双通道的采集.单通道采集时,缓冲区中仅仅是一个通道的数据,直接保存到一个数组即可.

2.1.2 信号采样频率的设置

在工程测试中,需要根据不同的信号,采用不同的分析频率,本系统将其分为 5 Hz, 10 Hz, 20 Hz, 50 Hz, 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 5 kHz, 10 kHz 共 11 个档.工程上采用分析频率的 2.56 倍作为采样频率,因此对应的采样频率如表 2 所示.

然而,声卡采样频率通常只有几个定值,不同型号的声卡,采样频率不同.例如:大部分 AC97 标准的整合声卡采样频率为 11.025 kHz、22.05 kHz、44.1 kHz;Xwave-Q3000A 的采样频率为:8 kHz、11.025 kHz、22.05 kHz、44.1 kHz;黑金 II 代 5.1 声道声卡的采样频率为 32 kHz、44.1 kHz、48 kHz.

各档对应采样频率的实现,是根据其值与声卡各个定值比较,采用就高不就低的原则,具体做法是,在保存波形缓冲区数据时,采用隔几个点取一点的办法来逼近信号采样频率.若设置的声卡采样频率接近某档采样频率的 N 倍,保存波形缓冲区的数据时,每隔(N-1)个点取一点就可以逼近信号采样频率.

所谓“就高不就低”,是指声卡采样频率选择靠近且高于信号采样频率的值,而不选择靠近且低于信号采样频率的值.例如:对 AC97 标准的整合声卡,选 100 Hz 的档,对应采样频率为 256 Hz,那么设置声卡的采样频率为 11.025 kHz,每隔 42 个点取一点就可逼近信号采样频率 256 Hz.为减少误差,当频率误差大于 2%时,声卡的采样频率采用更高一级的频率,与其相关的其他参数也随之变化.按上述方法,信号分析频率各档产生的频率误差如表 2 所示:

表 2 各档产生的频率误差分析

信号分析频率 (Hz)	信号采样频率 (Hz)	声卡采样频率 (Hz)	间隔 点数	频率 误差
10 k	26 214.4	44.1 k	1	13.86%
5 k	13 107.2	44.1 k	3	13.86%
2 k	5 242.88	44.1 k	8	4.29%
1 k	2 621.44	44.1 k	16	1.33%
500	1 280	44.1 k	34	0.80%
200	512	11.025 k	21	0.23%
100	256	11.025 k	43	0.23%
50	28	11.025 k	87	0.23%
20	51.2	11.025 k	219	0.23%
10	25.6	11.025 k	440	0.00%
5	12.8	11.025 k	881	0.00%

从表 2 可见,当分析频率在 1kHz 及以下时,可以做到误差很小,2 kHz 时为 4.29%,而 5 kHz、10 kHz 时误差达到了 13.86%,由此可见,声卡适合分析频率 2 kHz 以下时使用.对 2 kHz 以上分析频率,可在对所采集到的信号进行信号分析、计算频谱时,用实际的采样频率代入计算,或者采用频谱细化方法,以减小误差.例如:用 10 kHz 分析频率采集信号 1024 个点,频谱分析时理论频率分辨每根谱线为 10 Hz,而代入实际值后应该是 8.61 Hz.

2.1.3 采样长度设置的程序实现

从采样频率考虑,需要隔 N-1 个点取一点,所以当进行单通道采集时,声卡采样长度为信号采样长度的 N 倍;双通道采集时,为信号采样长度的 2N 倍.采样长度的控制过程可用下面的例子加以说明(参见 2.2):若两个缓冲区分别用 A、B 表示,每个缓冲区的大小为 1 024 点,声卡采样长度为 3 000 点时,相当于两个缓冲区的大小 2 048 点加上 952 点,两个缓冲区交换存储,假设采集时先向 A 存储数据,则数据存到缓冲区的顺序为 A、B、A,先后读取 A、B 两个满的缓冲区数据,再从 A 中读取 952 点,全部存到一个数组当中,就可达到采样长度的要求.对于单、双通道采集数据的后续处理办法,参见 2.1.1.

2.1.4 采样数据单位的确定

由于声卡硬件的限制,输入信号幅值大小要求在一 1V 和 1V 之间,声卡采样数据是无量纲的,经过实际测试,采样数据除以 100 后为毫伏单位.例如:采样数据为 21 000,则其值为 210 毫伏.需采用相对应的工程单位对采样信号进行标定.声卡不能直接测量大电流、高电压的信号,对幅度比较大的信号首先要进行降压处理,如果测量不当有可能损坏计算机.

2.2 采样数据的读取

信号采集时,波形数据不断向输入缓冲区存储,当缓冲区的数据存满时,操作系统发出 MM_WIM_DATA 消息,这时候如果不对数据进行读取、保存,后面的数据将会把原有数据覆盖掉,造成信号丢失;而保存的同时,如数据继续输入并向缓冲区存储,信号也会丢失,因此采用为波形输入设备同时分配两个缓冲区的办法,来有效防止信号丢失.两个区交替使用,当一个缓冲区的数据满且发出 MM_WIM_DATA 消息时,开始保存数据,同时另一个缓冲区开始接受数据.两个缓冲区交换时,受程序运行时间影响,会丢失个别数据,程序运行

速度越快,丢失的越少.丢个别数据,对最后的结果影响近似可以忽略.

为在收到 MM_WIM_DATA 消息后,实现保存数据程序和缓冲区交换程序同时进行,主程序采用双线程进行,一个线程控制交换缓冲区,另一线程进行数据的保存.

3 信号的采集及分析实例

采用 Xwave-Q3000A 型的声卡,按照上述的方

法,对由信号发生器产生的频率为 500 Hz,最大幅值为 10 mv 正弦波信号进行单通道采集,分析频率为 1 kHz,采样长度为 1024 点.得到信号的时域波形图和幅值频谱图如图 2、图 3 所示.此外还可进行功率谱、自相关、倒频谱等分析.可见,采用声卡制作的采集系统采集的信号与实际信号一致,达到了预期的效果.另外,还对另外几种不同型号的声卡进行测试,采集信号与实际信号一致.

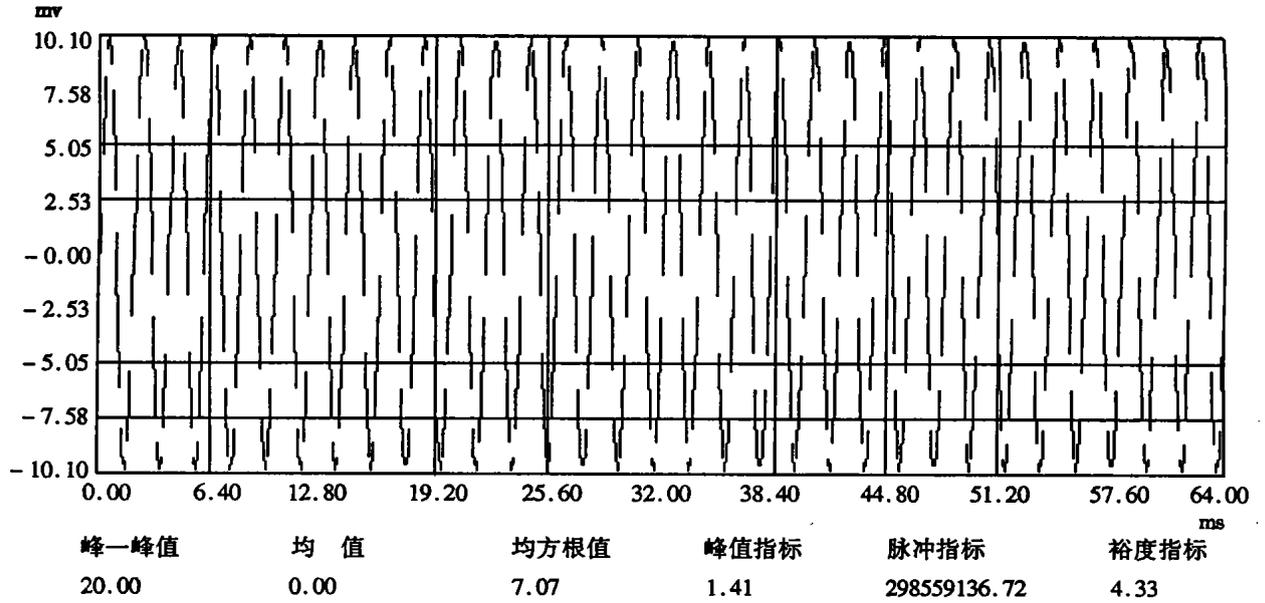


图 2 时域波形

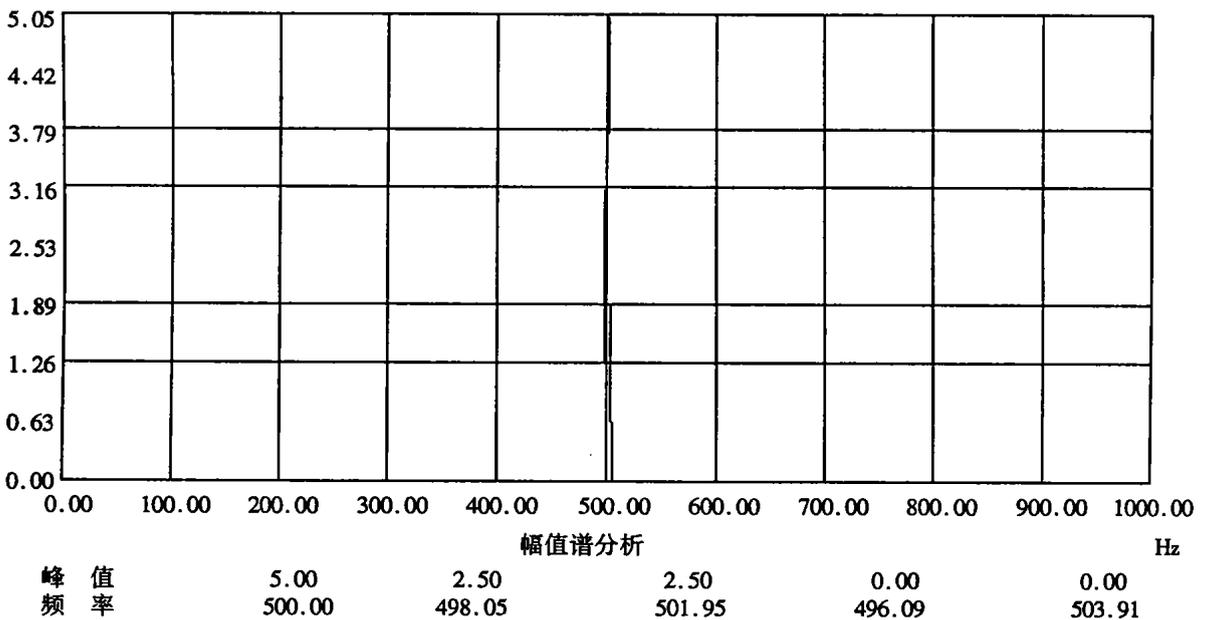


图 3 幅值谱图

4 结 论

采用声卡制作的采集信号系统,具有廉价、方便、精度高等优点,它可用于振动、噪声、位移、温度、压力等各种物理量的测试.对需要测试的物理量,采用相应的传感器,通过信号调理电路转换成

电压信号,经过声卡的喇叭输入插孔输入,便可进行采集、分析,实现对动态参数的测试及分析系统.

参考文献:

- [1] 云升,姚晓,夏志忠.VC+声卡低层音频服务的编程技术[J].计算机应用.2002,22(2):101-104.
- [2] 周敬利,余胜生,等.多媒体计算机声卡技术及应用[M].北京:电子工业出版社.1998.

Design of the Signal Collecting System Based on Sound Card

MEI Xiu-zhuang, SONG Jing-wei, LIU Ju-ping

(School of Mechanical and Electrical Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang, China)

Abstract: This paper introduces the signal collecting system based on sound card. It resolves some problems about parameters setting of sampling frequency, sampling length, sample bits, channel numbers etc and reality of corresponding control procedure during signal sampling. system software is programmed by VC++. It can realize the functions of signal waveform display, signal analysis and processing, and save it in form of data files.

Key words: sound card; signal collection; signal processing