

doi: 10.7690/bgzd.2015.10.019

## 基于声卡的噪声仿真系统设计与实现

尹禄高, 于航, 陈策  
(北京宇航系统工程研究所, 北京 100076)

**摘要:** 针对运载火箭地面综合试验中噪声参数测试精细化不足的问题, 提出一种基于声卡的低成本噪声仿真系统设计方法。基于声卡的工作原理及性能指标, 分析了利用声卡模拟噪声环境的可行性。采用虚拟仪器技术, 设计了系统的硬件架构, 并在 LabVIEW 平台下完成了噪声仿真软件的开发。测试结果表明: 噪声仿真系统模拟发出的噪声信号与传感器所敏感到的噪声信号一致, 工作性能稳定。该系统具有成本低、通用性强、操作简单等优点, 目前已成功应用于运载火箭遥测系统综合试验的噪声参数测试。

**关键词:** 声卡; 噪声仿真; LabVIEW

**中图分类号:** TP311.5 **文献标志码:** A

## Design and Implementation of Noise Simulation System Based on Audio Card

Yin Lugao, Yu Hang, Chen Ce  
(Beijing Institute of Astronautical Systems Engineering, Beijing 100076, China)

**Abstract:** In order to solve the problem that current launch vehicle noise parameter is short of testing refinement in the ground comprehensive experiment, a low-cost noise simulation system based on the audio card is proposed. On the basis of working principle and performance indicators of the audio card, the feasibility of using audio card to simulate noise environment is analyzed. Using the virtual instrument technology, the hardware structure is designed and software development is completed under LabVIEW platform. The test results show that the signal from the noise simulation system agrees well with the sensor which is sensitive to the noise signal, and the system performance is stable. With the advantages of low cost, strong commonality, and simple operation, the noise simulation system has been successfully applied in noise parameters experiment of launch vehicle telemetry system integrated test.

**Keywords:** audio card; noise simulation; LabVIEW

### 0 引言

环境因素是运载火箭飞行成功的关键因素之一, 其中噪声是环境因素的重要组成部分。在运载火箭飞行过程中, 主要的噪声环境来自于 2 个方面: 火箭起飞阶段各级发动机的喷流噪声和火箭跨音速飞行阶段的空气动力噪声<sup>[1]</sup>。运载火箭飞行试验中的噪声环境测试结果, 对试验条件的合理制定和载荷环境的有效设计都起着至关重要的作用。噪声参数的测量主要由运载火箭遥测系统负责, 然而目前在遥测系统地面集成测试中无法对噪声传感器进行定量的测试, 也就是说在噪声传感器出厂后无法保证能否正常响应, 而测试覆盖性不足给飞行试验数据的完整获取带来了一定的隐患。

基于声卡的噪声仿真系统可在遥测系统地面集成测试中提供一种可编辑的噪声源, 实现噪声参数的精细化测试; 因此, 笔者对基于声卡的噪声仿真系统设计与实现进行研究。

### 1 硬件设计

#### 1.1 硬件架构设计

从测试对象来看, 所需测试的噪声传感器的频

率响应范围在 0.06~8 kHz。声卡是多媒体技术中最基本的组成部分, 是实现声波与数字音频信号相互转换的一种硬件。目前, 市场上常用的多媒体声卡一般具有 0.04~16 kHz 的频率响应范围, 采样率最高可达到 44.1 kHz, 最低可达到 8 kHz, 可见即便对于普通声卡输出所需的低频声音信号也是完全没有困难的。在目前的试验测试中大量用到个人计算机, 而声卡已经是个人计算机中的标准配置了; 因此充分利用现有的资源来建立一套噪声仿真系统, 完成噪声传感器的精细化测试是系统方案设计的首选。该方案系统组成简单、成本低、开发周期短, 硬件框架如图 1 所示。

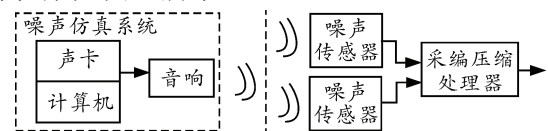


图 1 硬件框架示意图

噪声仿真系统主要由计算机和音响组成, 通过软件控制计算机中的声卡将噪声仿真信号输出, 经过音响的功率放大, 产生声波。噪声传感器可感受到所设定的声波, 经采编压缩处理后可与设定的噪声仿真信号模型比对, 实现噪声参数的精细化测试。

收稿日期: 2015-06-01; 修回日期: 2015-07-07

作者简介: 尹禄高(1985—), 男, 湖南人, 工程师, 硕士, 从事计算机测量与控制研究。

### 1.2 声卡工作原理

声音从本质上讲是一种波，主要表现为幅值、频率、相位等物理参数的连续变化。由于麦克风的输入信号和扬声器的输出信号都是模拟信号，而计算机所能识别和处理的信号都是数字信号；因此声卡主要有 2 个作用。当需要将外部来自话筒、光盘等设备的音频信号采集进计算机时，声卡作为数据采集卡来使用，实现 A/D 转换；当计算机需要输出音频信号到耳机、录音机等声响设备时，声卡作为信号输出卡来使用，实现 D/A 输出。声卡的工作原理示意图如图 2 所示。声卡的组成主要包括：多媒体数字信号编解码器，数字信号处理器，输入输出端口等，其中多媒体数字信号编解码器集成了声音信号的采样、调理、A/D、D/A 等电路，直接影响着声卡的工作性能<sup>[2]</sup>。

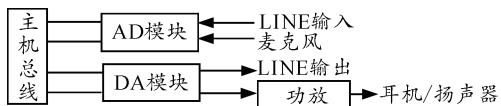


图 2 声卡工作原理示意图

### 1.3 声卡技术指标

声卡作为 PC 机与外部模拟信号匹配的重要部件，技术指标包括分辨率、采样率、频宽和频响。

分辨率指的是声卡对所需处理音频信号的分辨能力，目前这个分辨能力主要反映在声卡的采样位数上。声卡采样位数与分辨率成正相关关系，即采样位数越多，声卡的分辨能力越强，从而通过声卡录制和播放的声音也就越接近真实信号。与数据采集卡中采样位数的概念作类比，声卡的位数概念直接反映了计算机中数字音频信号对外部模拟声音信号描述的准确程度。

采样率指的是声卡对声音信号频率的处理能力。以民用声卡为例，其采样频率只有 4 档：44.1、22.05、11.025 和 8 kHz，不提供用户任意设定采样频率的功能，只能按照规定的 4 档频率设定，这样就无法控制整周期采样。对于非周期采样带来的问题，用户可以通过后续信号处理方法来弥补。声卡非周期采样的缺点给用户带来了一些不便，但是却从很大程度上降低了成本。

声卡的频宽和频响指的是对一定频率范围的信号的幅频特性。对于最高采样频率为 44.1 kHz 的声卡，理论上讲可以较好的复现 0~22.05 kHz 的音频信号；但在声卡工作过程中，根据其频率响应曲线分析，声卡在 0.05~10 kHz 的频率响应曲线较为平坦。为配合完成噪声的仿真，在声卡的输出端配置了音响，系统中选用了型号为 HiViM100MIKII 的有源扬声器系统，频响范围为 0.6~20 kHz，能较

好地与声卡配合完成声音信号的仿真。

## 2 软件设计

LabVIEW 是由美国国家仪器公司所开发的图形化程序编译平台。它是随着虚拟仪器技术的发展应运而生的。虚拟仪器(virtual instrument)是基于计算机的仪器，是一个按照仪器需求组织的数据采集系统。虚拟仪器的开发是测试领域的一个重要研究方向。而 LabVIEW 作为目前在虚拟仪器领域使用较为广泛的一种语言，利用图形化编程形式大大缩短了开发原型的速度，提高了日后软件维护的便利性。LabVIEW 与虚拟仪器技术的结合可以为大型复杂的系统提供了一个通用的测试平台，推动了测试技术的快速发展<sup>[3]</sup>；因此，基于声卡的噪声仿真系统软件选用 LabVIEW 开发平台，其主要软件设计工作包含软件流程设计、声卡配置模块设计和波形配置模块设计。

### 2.1 软件流程设计

在噪声仿真系统中，软件的流程控制较为明晰，流程框图如图 3 所示。通过配置声音输出模块，配置一个生成数据的声音输出设备；通过设置声音输出音量模块，设置声音输出设备的播放音量；通过写入声音输出模块将生成声音的波形数据写入声音输出设备；通过停止声音输出模块，停止设备从缓存播放声音；通过声音输出清零模块，使设备停止播放音频，清空缓存，将任务返回至默认的状态，并清空与任务相关的资源。

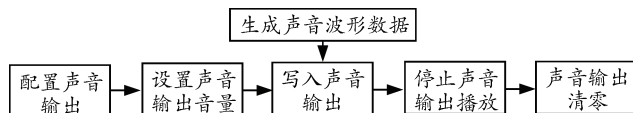


图 3 软件运行流程

### 2.2 声卡配置模块设计

在噪声仿真系统中，首先需要对声卡的相关参数进行配置，包含：每通道采样数，指定缓冲区中每通道的采样数量。如需连续采样则应使用较大的采样数量。采样数量越少，对内存的使用就越少。采样模式，指定写入仅为一次(有限采样)或连续写入(连续采样)。有限采样模式下，仅在写入每通道采样数所指定的采样个数后，才可调用写入声音输出。连续采样模式下，“写入声音输出”VI 可随时重复调用。设备 ID，声音操作时使用的输入或输出设备，对于由多块声卡组成的系统，通过设备 ID 的设置选择对应声卡。采样率，设置声音操作的采样率<sup>[4]</sup>。通道数，用于指定通道的个数。该输入可接受的通道数与声卡支持的通道数一致。每采样比

特数，用于指定每个采样的质量<sup>[5]</sup>，以比特为单位。其程序框图如图 4 所示。

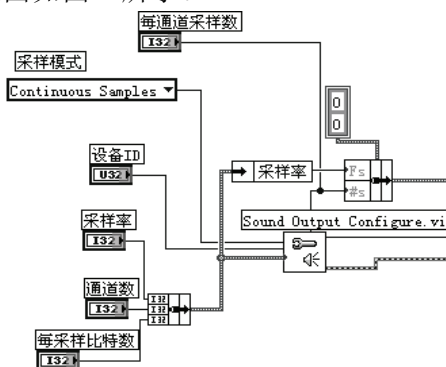


图 4 声卡配置程序框图

### 2.3 波形配置模块设计

波形配置模块用于设定需要产生的信号类型，设置的参数包括波形类型、频率、幅值、音量等信息，标准的波形类型有白噪声、正弦波、方波、锯齿波、三角波等。其程序框图如图 5 所示。除了产生标准的波形数据，还可以自行设计程序模块实现扫频信号，丰富了信号种类，同时也使其应用范围更加广泛。扫频信号的产生必须确定频率的间隔，最常采用的方法是等步长法，即在起止频率范围内均等份的产生中间各个频率点。但这种方法存在高频部分取点过多、扫描过慢的缺陷<sup>[6]</sup>。为解决这一问题，可采用的方法是按对数坐标中的频率轴取等间隔步长，这样可以较好的兼顾频段的曲线特性。

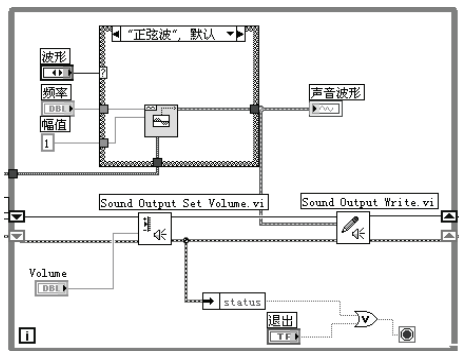


图 5 波形配置程序框图

## 3 系统应用

传统的噪声传感器的测试采用的是人对着噪声传感器呼喊完成，测试方法落后。在这种测试模式下仅仅能获知噪声传感器在有外部激励下是否有响应，由于其外部激励本身不可量化，所以其对外部响应是否正常无从确认，更也无法对噪声传感器后端采编压缩处理器功能及算法的优劣进行考核。

笔者基于计算机中标准声卡和普通音响，在 LabVIEW8.5 平台下开发了噪声仿真系统，噪声仿真软件运行界面如图 6 所示。在操作界面可以自由

的对声卡的参数及波形数据进行配置，并对产生的声音信号进行实时的监测。

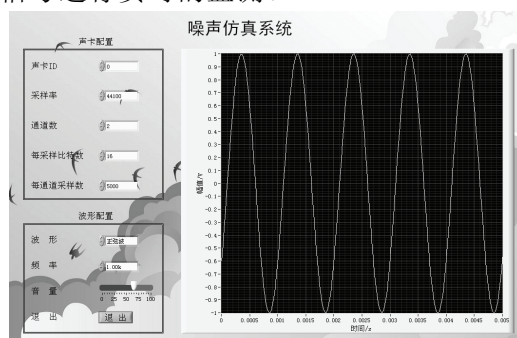


图 6 噪声仿真系统软件界面

图 7 为在噪声仿真系统 1 kHz 噪声的激励下，噪声传感器感受噪音激励经采编压缩处理后的 1 次试验结果，测试结果表明：噪声传感器准确敏感到 1 kHz 的噪声，与噪声仿真系统给定激励一致，验证了噪声传感器及噪声采编压缩处理器工作良好。

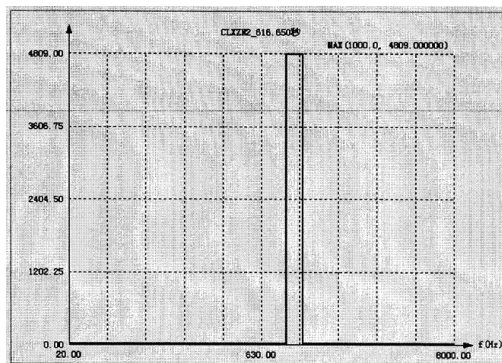


图 7 噪声参数测试结果

## 4 结束语

笔者基于声卡设计了一套低成本的噪声仿真系统，现已成功应用于运载火箭遥测系统噪声参数的综合测试，提升了噪声参数测试的精细化程度。同时，文中基于个人计算机声卡的开发模式，为低成本的测试系统的开发与应用探索了一种新模式。

### 参考文献：

- [1] 韦冰峰, 肖健. 火箭起飞噪声预示技术研究[C]. 第十二届全国空气弹性学术交流会, 2011: 604.
- [2] 王维喜. 基于声卡的多功能虚拟示波器和虚拟函数发生器设计[D]. 青岛: 青岛大学, 2009: 11-2.
- [3] 江建军. LabVIEW 程序设计教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006: 115-129.
- [4] National Instruments. LabVIEW User Manual[M]. Texas: National Instruments, 2007: 2-3.
- [5] 王沫. 室内助盲系统物体识别方法的研究[D]. 河北: 河北工业大学, 2010: 24.
- [6] 赵运基. 基于 LabVIEW 和声卡的低频信号发生器设计与实现[C]. 中国电子学会第十二届电路与系统学术年会, 2007: 31.