

计算机噪声仿真的软硬件设计方法^{*}

杨 立 黄向宇

(武汉工业大学机电学院 武汉·430070)

本文结合具体科研项目,提出两种实用的计算机噪声仿真方法。方法之一是根据噪声分析程序提供的时域波形数据文件,通过格式处理形成 WAV 文件,然后在声卡上播放。另一种方法是在 PC 机的打印机接口处外接专门放音装置。这两种办法理论依据充分,方法切实可行,达到工程实用,对工业噪声的主观评价分析及噪声控制的研究提供了强有力的开发工具。

关键词: 噪声仿真, 采样间隔, 脉冲编码调制

Software and hardware design for computer noise simulation

YANG Li HUANG Xiangyu

(Wuhan Technology University Wuhan · 430070)

Two noise simulation methods have been proposed. One is sounding by using sound Blaster and programming WAV sound file. Another one is using special circuit interfaced to PC computers LPT port. These methods can simulate the actual effect on tread noise and meet the request of subjective assessment and noise analysis.

Key words: noise simulation, sampling interval, PCM (pulse code modulation)

1 仿真问题的提出

当车速大于 70km/h 时,汽车噪声主要取决于轮胎花纹的噪声。如果根据轮胎的花纹设计直接制造测试胎,再实测和主观评价显然是费时费钱的落后方法。现在国内外的先进方法是对轮胎花纹噪声的发声机理进行研究,建立发声模型,通过计算机仿真得到花纹噪声的时域波形和频域波形,对其作客观评价,同时对时域波形进行仿声、重放和主观评价,然后综合分析,评出优劣。噪声的烦恼程度是由人来感受评价的,因此计算机仿声装置对主观评价是不可缺少的。我们近年来对轮胎花纹噪声作了深入研究,从发声机理、

发声模型、频谱分析到仿声系统。本文就其中的两种仿声方法,即编制 WAV 文件和设计专用放音装置进行介绍。

2 编制 WAV 文件,利用声卡仿声

众所周知,通过计算机中声卡及外围放音设备,能将 WAV 文件变成声音放出来,要将噪声分析程序提供的时域波形数据文件编制成 WAV 文件,还需要对波形文件作处理和调整。

WAV 文件是对波形采用脉冲编码调制 (pulse code modulation 简称 PCM),文件格式如图 1 所示。

我们采取 16 位声卡,当声压幅度由最小

* 第一作者: 杨立,女,1942年1月生,副教授

收稿日期: 98-3-9

RIFF	"RIFF" 块数据域大小	WAVE	fmt	"fmt" 子块数据域大小	"fmt" 子块数据域	data	"data" 子块数据域大小	"data" 子块数据域
------	---------------	------	-----	---------------	-------------	------	----------------	--------------

图1 WAVE文件格式

分辨率到最大变化时,能很好地覆盖噪声声压的变化范围。相应的噪声动态范围为:

$$L_p = 20\lg \frac{P_{\max}}{P_{\text{ref}}} - 20\lg \frac{P_{\min}}{P_{\text{ref}}}$$

$$= 20\lg \frac{2^{15} - 1}{1} = 90 \text{ (dB)}$$

WAV 文件有 3 种标准速率: 11.025、22.05 和 44.1kHz, 由于噪声的频率范围为 0 ~ 5kHz, 因而选取 44.1kHz 速率, 为上限频率的 8 倍多, 足可满足采样定理的要求。

轮胎花纹噪声的室内测量是在一个隔音和消声都良好的实验室进行, 在专用的转鼓实验台上测试, 转鼓匀速转动, 拾音器相对轮胎是静止的。根据发声模型得到的波形文件是花纹噪声一个周期的声压信息, 在转换成 WAV 文件时, 必须进行重采样等处理, 以保证与标准文件的播放频率匹配, 同时能实现持续(如维持几秒钟)播放, 例如车速为 70km/h 时, 发声模型得到的 1 周期的 1024 个数字量对应于采样频率 37.1kHz。如果以 44.1kHz 标准速播放, 则相当于波形被压缩, 因而导致噪声失真。

在软件处理中, 我们将 N 个样本值循环起来, 即 $\text{DATA}(Nn+i) = \text{DATA}(i)$ (n 为正整数), 然后对应标准频率 44.1kHz 进行第 j 次采样, 根据第 j 次采样的时间轴位置可判断其波形值必在 $\text{DATA}(Nn+i)$ 和 $\text{DATA}(Nn+i+1)$ 样本值之间。因而利用梯形法求出 $\text{DATA}(i)$, 最后生成 WAV 文件。我们曾对由此产生的波形与原波形作过对比分析, 波形基本一致。

轮胎噪声在室外测量是把车外的拾音器置于 20m 跑道中心的两侧, 各距中心线 7.5m, 距地面高 1.2m, 拾音器受面朝向试验车, 图 2 为示意图。

软件编程中, 除了要考虑以上的重采样声学技术

外, 还需要考虑多普勒效应及音量随车距的变化, 才能模拟现场的感受。即轿车朝向听者时, 声音的音调在提高, 音量在增加, 而轿车驶离时, 音调在下降且音量在随之减弱。当轿车沿公路以恒定速度 s 行驶时, 其相对拾音器的速度 $v = s \cdot \cos\theta$, 其中 θ 为车辆和拾音器的连线与行驶方向之间的夹角, θ 在驶来时为正, 驶离时为负。若频率 f_0 的声源随车而来由于多普勒效应, 听者感受到的频率为:

$$f = f_0 \left(1 + \frac{s \cos\theta}{c} \right)$$

c 为声速。为了模拟多普勒效应, 需要通过对波形进行逐渐压缩(驶向拾音器)和逐渐加长(驶离拾音器)的处理来体现波形频率的变化。然而 WAV 文件播放时采样频率是不变的, 为此在生成 WAV 文件时, 对原离散波形作变采样间隔采样。即车辆行驶中的采样间隔由 $1/f$ 取代 $1/f_0$, 体现出波形的压缩和拉长。在频率变化的同时, 到达拾音器的声压幅度也是随距离而变。软件编程中, 处理声压与车辆到拾音器的距离成反比。

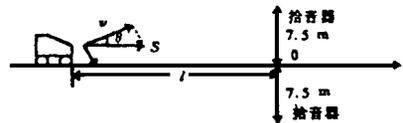


图2 室外测量示意图

3 在 PC 机打印机接口 (LPT) 处连接专用放音装置

若不使用声卡, 我们设计了使用 PC 机打印机接口的软硬件。硬件电路将 PCM 波形数字信号, 经过转换、滤波和功放, 最后驱动扬声器还原出声音。D/A 芯片采用 12 位的 DAC1210, 此时相应的噪声动态范围还有 66(dB), 这对于花纹噪声的主观评价是足够的。PC 机的打印机适配器是采用 Centronics 并行接口标准, 不仅提供 8 位并行数据线, 而

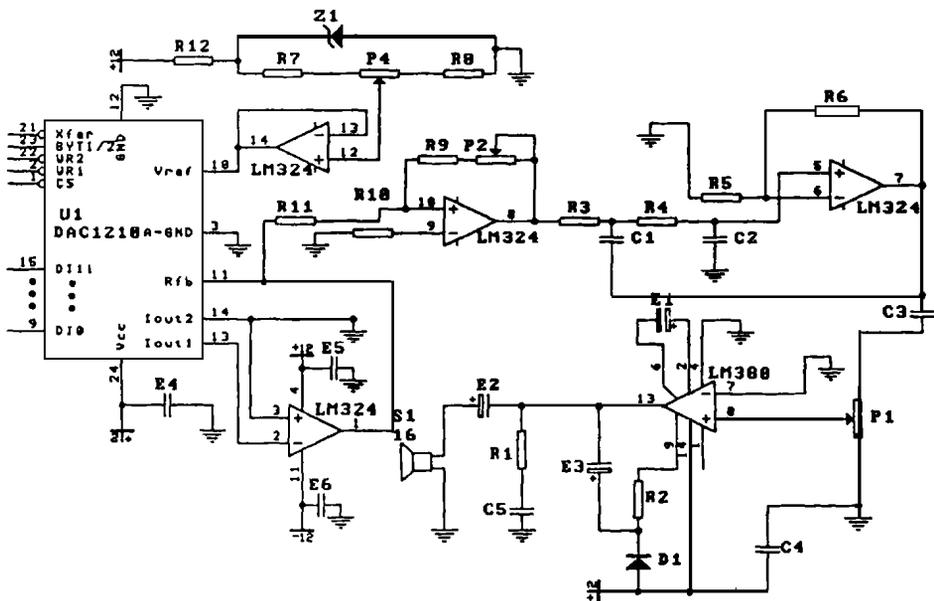


图3 与LPT接口的专用收音电路

且还有选通、回答和忙等联络信号,因此只需要换一个插头及连接线,即可用于其它的并行设备接口。当然要重新编制驱动程序,由于D/A芯片是12位的,因而数据要分2次传送,并要给出相应的控制信号。适配器与外接硬件的电路如图3所示。我们选用了SLCTIN(选择输入)、STROBE(数据选通)和INIT(初始化)3个输出信号。当SLCTIN和STROBE从01到00时,锁存高8位数据,开启低4位锁存器。最后INIT引脚由高变低,开始12位的D/A转换,转换后的模拟信号经低通滤波器,再经功放送入喇叭。

数据文件,测试文件长度,并能按需要的采样间隔向打印口输出数据,不同的采样间隔对应着轿车的不同时速。整个软件较多的使用了DOS系统功能调用,图4给出了声音播放主程序流程图。

由于PC机型的不同,工作主频有差异,这给软件中确定送数的间隔带来了困难。为此,专门编制了计算间隔的子程序。采用DOS定时中断,对PC机均有的计时脉冲数(18.2次/秒)进行测试,从而确定延时程序中所需要的延时常数。

4 实际效果

两种方法都能仿真轮胎花纹噪声,同时在此基础上进行了不同花纹噪声的主观评价,对轮胎花纹的优化提供了一种处理方法。同时对其它类似的噪声控制提供了有力的开发研究工具。

参考文献

- 1 杨立,金新航. 轮胎花纹噪声仿真系统工程. 轮胎工业,1998;18(2)
- 2 Parker et al. Method for improving tread noise by relative rotation of a rib and simulating the effect thereof. United States patent 4,788,651

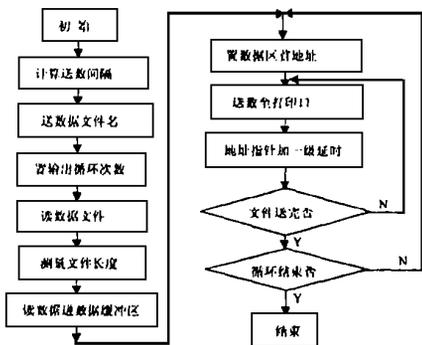


图4 主程序框图

软件程序应具有如下功能:能读取波形