**实验三：FIR数字滤波器设计**

**及其在音频降噪中的应用**

## 一、实验目的

（1）掌握频率取样法设计FIR数字滤波器的原理及具体方法。

（2）掌握窗函数法设计FIR数字滤波器的原理及具体方法。

（3）学会FIR数字滤波器在音频信号处理中的应用。

## 二、实验原理

### 1、频率取样法设计FIR数字滤波器基本原理

频率取样法从频域出发，把理想的滤波器等间隔采样得到,将作为实际设计滤波器的。



得到以后可以由来唯一确定滤波器的单位脉冲响应,可以由求得：



其中为内插函数



由求得的频率响应将逼近

如果我们设计的是线性相位FIR滤波器，则的幅度和相位满足线性相位滤波器的约束条件。

我们将表示为如下形式：



当为实数，则

由此得到



即为中心偶对称。再利用线性相位条件可知，对于1型和2型线性相位滤波器



对于3型和4型线性相位滤波器



其中，

**设计步骤**

（1）由给定的理想滤波器给出和。

（2）由求得

（3) 根据求得或

设计线性相位低通滤波器，其长度N=53，截止频率为1/3π

N=53;

H=[ones(1,9),zeros(1,35),ones(1,9)];

%H(1,10)=0.5;H(1,24)=0.5;

k=0:(N-1)/2;k1=(N+1)/2:(N-1);

A=[exp(-j\*pi\*k\*(N-1)/N),exp(j\*pi\*(N-k1)\*(N-1)/N)];

HK=H.\*A;

hn=ifft(HK);

freqz(hn,1,256);



### 2、窗函数法设计FIR数字滤波器的基本原理

窗函数实际法的基本思想为，首先选择一个适当的理想，然后用窗函数截取它的单位脉冲响应，得到线性相位和因果的FIR滤波器。这种方法的重点是选择一个合适的窗函数和理想滤波器，使设计的滤波器的单位脉冲响应逼近理想滤波器的单位脉冲响应。

**设计步骤：**

(1)给定理想滤波器的频率响应，在通带上具有单位增益和线性相位，在阻带上具有零响应。一个带宽为(的低通滤波器由下式给定

(2)确定这个滤波器的单位脉冲响应

为了得到一个h(n)长度为N的因果的线性相位FIR滤波器，我们令

(3)用窗函数截取得到所设计FIR滤波器h(n)

**窗函数的选择：**

常用的窗函数有矩形(Rectanngular)窗、汉宁(Hanning)窗、海明(Hamming)窗、布莱克曼(Blackman)窗、凯瑟(Kaiser)窗等。

MATLAB函数窗函数

Boxcar 矩形窗函数

blackman布莱克曼窗函数

Hanning汉宁窗函数

Kaiser 凯瑟窗函数

Hannming海明窗函数

例题： 设计线性相位低通滤波器，其长度N=53，截止频率为0.3π

Window=blackman(54);

b=fir1(53,0.3,Window);

freqz(b,1);



### 2、语音信号谱分析及去噪处理

语音信号滤波去噪设计流程如图



**注：可以用到的函数**

1. Audioread音频读取

[[y](file:///C:\Program%20Files\MATLAB\R2013b\help\matlab\ref\audioread.html?browser=F1help#outputarg_y?browser=F1help),[Fs](file:///C:\Program%20Files\MATLAB\R2013b\help\matlab\ref\audioread.html?browser=F1help#outputarg_Fs?browser=F1help)] = audioread([filename](file:///C:\Program%20Files\MATLAB\R2013b\help\matlab\ref\audioread.html?browser=F1help#inputarg_filename)) reads data from the file named filename, and returns sampled data,y, and a sample rate for that data, Fs.

[[y](file:///C:\Program%20Files\MATLAB\R2013b\help\matlab\ref\audioread.html?browser=F1help#outputarg_y?browser=F1help),[Fs](file:///C:\Program%20Files\MATLAB\R2013b\help\matlab\ref\audioread.html?browser=F1help#outputarg_Fs?browser=F1help)] = audioread([filename](file:///C:\Program%20Files\MATLAB\R2013b\help\matlab\ref\audioread.html?browser=F1help#inputarg_filename),[samples](file:///C:\Program%20Files\MATLAB\R2013b\help\matlab\ref\audioread.html?browser=F1help#inputarg_samples)) reads the selected range of audio samples in the file, where samples is a vector of the form [start,finish]。

[[y](file:///C:\Program%20Files\MATLAB\R2013b\help\matlab\ref\audioread.html?browser=F1help#outputarg_y),[Fs](file:///C:\Program%20Files\MATLAB\R2013b\help\matlab\ref\audioread.html?browser=F1help#outputarg_Fs?browser=F1help)] = audioread(\_\_\_,[dataType](file:///C:\Program%20Files\MATLAB\R2013b\help\matlab\ref\audioread.html?browser=F1help#inputarg_dataType?browser=F1help)) returns sampled data in the data range corresponding to the dataType of 'native' or 'double', and can include any of the input arguments in previous syntaxes.

(2)AWGN：在某一信号中加入高斯白噪声

y = awgn(x,SNR) 在信号x中加入高斯白噪声。信噪比SNR以dB为单位。x的强度假定为0dBW。如果x是复数，就加入复噪声。

y = awgn(x,SNR,SIGPOWER) 如果SIGPOWER是数值，则其代表以dBW为单位的信号强度；如果SIGPOWER为'measured'，则函数将在加入噪声之前测定信号强度。

y = awgn(x,SNR,SIGPOWER,STATE) 重置RANDN的状态。

(3)y=audioplayer(r)；play（r）音频播放

y = audioplayer(r) returns a handle to an audio player object from an audiorecorder object r.

y = audioplayer(x,Fs) returns a handle to an audio player object y using input audio signal x. The input signal x can be a vector or two-dimensional array containing single, double, int8, uint8, or int16 MATLAB data types. The input sample values for single and double data must be between -1 and 1. For int8, uint8, and int16 data, the ranges of sample values are -128 to 127, 0 to 255, and -32768 to 32767, respectively.

Fs is the sampling rate in Hz to use for playback. Valid values for Fs depend on the specific audio hardware installed. Typical values supported by most sound cards are **8000**, **11025**, **22050**, and **44100** Hz.

## 三、实验内容

**1、设计一个归一化频率的数字低通FIR滤波器，其技术指标如下**



1. 用**频率取样法**设计符合上述条件的FIR数字滤波器
2. 分别采用**矩形窗**、**汉宁窗**、**海明窗**、**布莱克曼窗**、**凯瑟窗**设计该滤波器。

结合实验结果，分别讨论采用上述方法设计的数字低通滤波器**是否都满足给定指标要求**，记录使用不同窗函数时的滤波器的阶数。

**注：**

设*N*为滤波器最小阶数，，为通带截止频率， 为阻带截止频率，**为通带波纹，**为阻带衰减

2、调用给定的一段语音信号，绘制波形并观察其频谱，添加一段随机噪声，根据信号带宽设计相应的滤波器指标，使用FIR滤波器对该语音信号进行滤波去噪处理并播放，比较滤波前后的波形和频谱并进行分析。（音频文件：winxp.wav）

**注：**

使用[[y](file:///C:\Program%20Files\MATLAB\R2013b\help\matlab\ref\audioread.html?browser=F1help#outputarg_y?browser=F1help),[Fs](file:///C:\Program%20Files\MATLAB\R2013b\help\matlab\ref\audioread.html?browser=F1help#outputarg_Fs?browser=F1help)] = wavread([filename](file:///C:\Program%20Files\MATLAB\R2013b\help\matlab\ref\audioread.html?browser=F1help#inputarg_filename))读取音频信号，音频信号处理要注意读取的音频信号是**单轨**还是**双轨**。如果是双轨的则只要提取一路，播放音频是 sound(y)。

然后通过fft观察其频谱，推算出信号低通滤波器的**通带频率**和**截止频率**。

根据估算的滤波器参数，利用FDA tools设计滤波器，对音频信号进行分析。