

介绍 **dsp** 知识, 为大家提供最新的 **dsp** 资讯, 更多内容可以去南京研旭电气科技有限公司的官网 www.njyxdq.com www.f28335.com 或者官方论坛, 嵌嵌 **dsp** 论坛

www.armdsp.net 进行交流学习

dsp 论坛 www.armdsp.net

dsp 开发板 www.njyxdq.com

嵌入式开发板 www.f28335.com

实验六 用窗函数法设计 **FIR** 滤波器

一、实验目的

1. 掌握窗函数法设计 **FIR** 滤波器的原理和方法, 观察用几种常用窗函数设计的 **FIR** 数字滤波器技术指标;
2. 掌握 **FIR** 滤波器的线性相位特性;
3. 了解各种窗函数对滤波特性的影响。

二、实验原理与方法

如果所希望的滤波器的理想频率响应函数为 $H_d(e^{j\omega})$, 则其对应的单位脉冲响应为 $h_d(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} H_d(e^{j\omega}) e^{j\omega n} d\omega$, 用窗函数 $w_M(n)$ 将 $h_d(n)$ 截断, 并进行加权处理,

得到实际滤波器的单位脉冲响应 $h(n) = h_d(n)w_M(n)$, 其频率响应函数为

$H(e^{j\omega}) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n)e^{-j\omega n}$ 。如果要求线性相位特性, 则 $h(n)$ 还必须满足

$h(n) = \pm h(N-1-n)$ 。可根据具体情况选择 $h(n)$ 的长度及对称性。

三、实验步骤

1. 写出理想低通滤波器的传输函数和单位脉冲响应。
2. 写出用四种窗函数设计的滤波器的单位脉冲响应。
3. 用窗函数法设计一个线性相位 **FIR** 低通滤波器, 用理想低通滤波器作为逼近滤波器, 截止频率 $\omega_c = \pi/4$ rad, 选择窗函数的长度 $N=15, 33$ 两种情况。要求在两种窗口长度下, 分别求出 $h(n)$, 打印出相应的幅频特性和相频特性曲线, 观察 3dB 带宽和阻带衰减;
4. 用其它窗函数(汉宁窗(升余弦窗)、哈明窗(改进的升余弦窗)、布莱克曼窗) 设计该滤波器, 要求同 1; 比较四种窗函数对滤波器特性的影响。

四、实验用 **MATLAB** 函数

可以调用 **MATLAB** 工具箱函数 `fir1` 实现本实验所要求的线性相位 **FIR**-DF

的设计，调用一维快速傅立叶变换函数 `fft` 来计算滤波器的频率响应函数。

`fir1` 是用窗函数法设计线性相位 FIRDF 的工具箱函数，调用格式如下：

`hn=fir1(N,wc,'ftype',window)`

`fir1` 实现线性相位 FIR 滤波器的标准窗函数法设计。

`hn=fir1(N,wc)` 可得到 6 dB 截止频率为 `wc` 的 N 阶(单位脉冲响应 $h(n)$ 长度为 $N+1$) FIR 低通滤波器，默认(缺省参数 `windows`) 选用 `hamming` 窗。其单位脉冲响应 $h(n)$ 满足线性相位条件： $h(n)=h(N-1-n)$

其中 `wc` 为对 π 归一化的数字频率， $0 \leq wc \leq 1$ 。

当 `wc = [wc1, wc2]` 时，得到的是带通滤波器。

`hn=fir1(N,wc,'ftype')` 可设计高通和带阻滤波器。

当 `ftype=high` 时，设计高通 FIR 滤波器；

当 `ftype=stop` 时，设计带阻 FIR 滤波器。

应当注意，在设计高通和带阻滤波器时，阶数 N 只能取偶数($h(n)$ 长度 $N+1$ 为奇数)。不过，当用户将 N 设置为奇数时，`fir1` 会自动对 N 加 1。

`hn=fir1(N,wc>window)` 可以指定窗函数向量 `window`。如果缺省 `window` 参数，则 `fir1` 默认为 `hamming` 窗。可用的其他窗函数有 `Boxcar`, `Hanning`, `Bartlett`, `Blackman`, `Kaiser` 和 `Chebwin` 窗。例如：

`hn=fir1(N,wc,bartlett(N+1))` 使用 `Bartlett` 窗设计；

`hn=fir1(N,wc,chebwin(N+1,R))` 使用 `Chebyshev` 窗设计。

`hn=fir1(N,wc,'ftype',window)` 通过选择 `wc`、`ftype` 和 `window` 参数(含义同上)，可以设计各种加窗滤波器。

五、思考题

1. 如果给定通带截止频率和阻带截止频率以及阻带最小衰减，如何用窗函数法设计线性相位低通滤波器？写出设计步骤。
2. 如果要用窗函数法设计带通滤波器，且给定上、下边带截止频率为 ω_1 和 ω_2 ，试求理想带通的单位脉冲响应 $hd(n)$ 。

六、实验报告要求

1. 总结用窗函数法设计 FIR 滤波器的步骤。
2. 比较四种窗函数设计的滤波器的技术指标：阻带最小衰减和过渡带宽度。

3. 总结窗函数的形式和长度对设计滤波器的影响，及选择窗函数的依据。

附录：用窗函数法设计 FIR 低通滤波器程序

```
%用窗函数法设计 FIR 滤波器

clear all;
N=15;
Wc=pi/4;
%理想低通滤波器设计(怎样设计理想高通、带通、带阻滤波器?)
alpha=(N-1)/2;
n=[0:(N-1)];
m=n-alpha+eps;
hd=sin(Wc*m)/(pi*m);

B=boxcar(N);%矩形窗
string=['Boxcar ', 'N=', num2str(N)];
h=hd.*(B); %加窗截取
%以上过程可直接调用 FIR1 实现
%wc=Wc/pi;%频率归一化
%h=fir1(N-1,wc,boxcar(N));
[H,m]=freqz(h,[1],1024,'whole'); %频率响应
mag=abs(H);
db=20*log10((mag+eps)/max(mag));
pha=angle(H);
subplot(2,2,1)
n=0:N-1;
stem(n,h,'.')
axis([0 N-1 -0.1 0.3])
hold on
n=0:N-1;
x=zeros(N);
plot(n,x,'-')
hold off
xlabel('n')
```

```
ylabel('h(n)')  
title('实际低通滤波器的 h(n)')  
text(0.3*N,0.27,string)
```

```
subplot(2,2,2)  
plot(m/pi,db)  
axis([0 1 -100 0])  
xlabel('w/pi')  
ylabel('dB')  
title('副频衰减特性')  
grid on
```

```
subplot(2,2,3)  
plot(m,pha)  
hold on  
n=0:7;  
x=zeros(8);  
plot(n,x,'-')  
hold off  
axis([0 3.15 -4 4])  
xlabel('频率(rad)')  
ylabel('相位(rad)')  
title('相频特性')
```

```
subplot(2,2,4)  
plot(m,mag)  
axis([0 3.15 0 1.5])  
xlabel('频率 W(rad)')  
ylabel('幅值')  
title('幅频特性')  
text(0.9,1.2,string)
```

实验要求:

1. 修改理想低通程序为理想高通、带通、带阻的程序，重新进行实验，注意高通、带阻滤波器的情况下， N 的取值有何限制？
2. 直接调用 **FIR1** 函数，重新进行实验；
3. 观察不同窗函数对滤波特性即对阻带衰减的影响，另外观察窗函数的长度 N 对过渡带宽的影响。

相信对你有帮助的

[FIR 滤波器汇编代码](#)

[FIR 数字滤波器的 DSP 实现](#)

[基于 DSP/BIOS 的 FIR 数字滤波器设计与实现](#)

[在 CCS 下编写的 FIR 滤波器产生的源程序](#)

[用循环缓冲法实现的 FIR 滤波器\(附程序兼注释\)](#)

介绍 **dsp** 知识，为大家提供最新的 **dsp** 资讯，更多内容可以去南京研旭电气科技有限公司的官网 www.njyxdq.com www.f28335.com 或者官方论坛，嵌嵌 **dsp** 论坛 www.armdsp.net 进行交流学习
dsp 论坛 www.armdsp.net
dsp 开发板 www.njyxdq.com
嵌入式开发板 www.f28335.com