

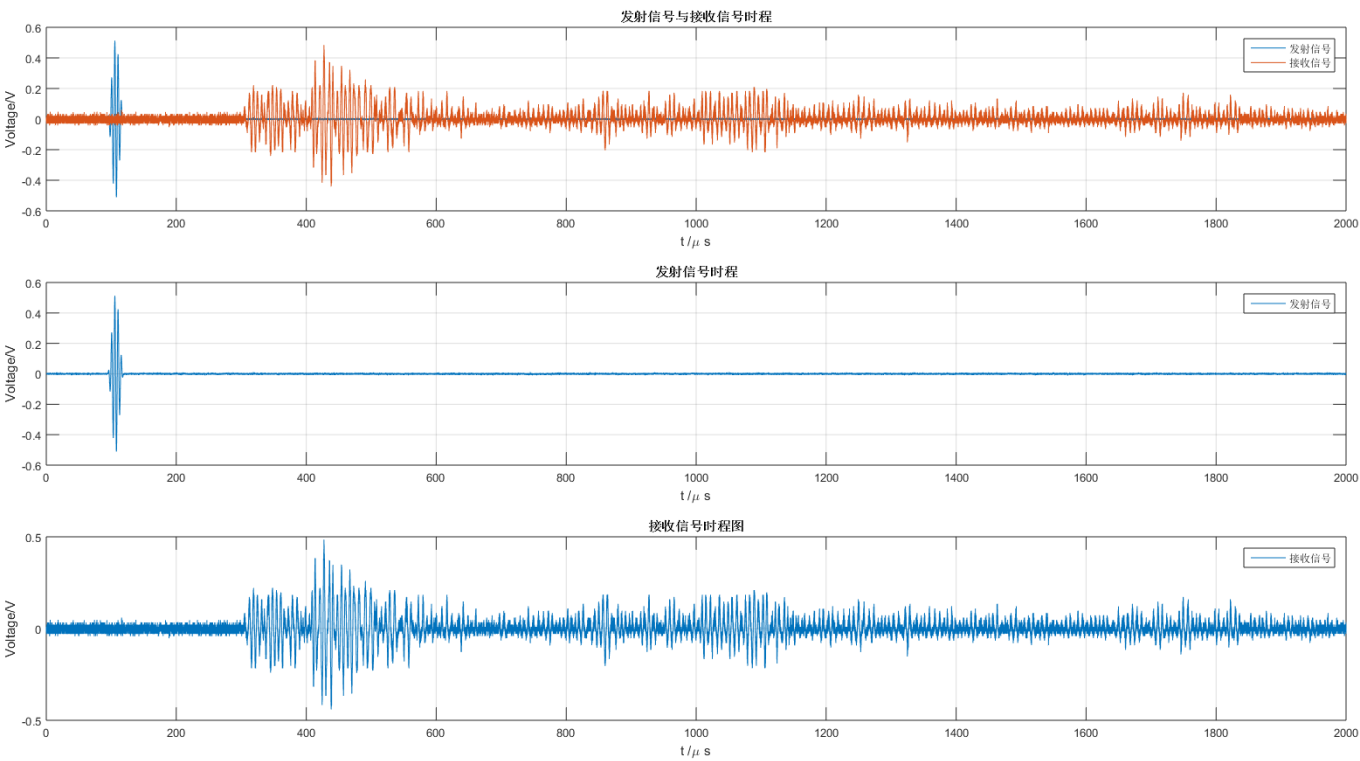
MATLAB | 切比雪夫低通滤波器设计与滤波实现

- 1. 问题描述
- 2. 技术背景
- 3. 解决方案
- 4. 实施示例
 - 4.1 数据读入
 - 4.2 滤波参数设置
 - 4.3 滤波器生成
 - 4.4 滤波效果
- 5. 常见问题

1. 问题描述

本人并非信号处理专业，仅在结构监测研究中遇到滤波问题，特总结常规的低通滤波技术，去除高频噪音。

由于环境的干扰因素，监测信号中总会包含噪音成分，影响信号处理过程，如下图：



接收信号中出现很多“毛刺”，即为高频噪音，预期通过低通滤波器过滤处理。

2. 技术背景

在MATLAB中有很多种滤波器可供选择，本文仅介绍一笔者实现的滤波方式：切比雪夫滤波器。

低通滤波的技术要点有：

- 滤波器参数设置

```
[n,Wp]=cheb1ord(Wp,Ws,Rp,Rs);  
[b,a]=cheby1(n,Rp,Wp);  
freqz(b,a,2048,fs);
```

% Cheby1

% 查看设计滤波器的曲线

- 信号滤波运算

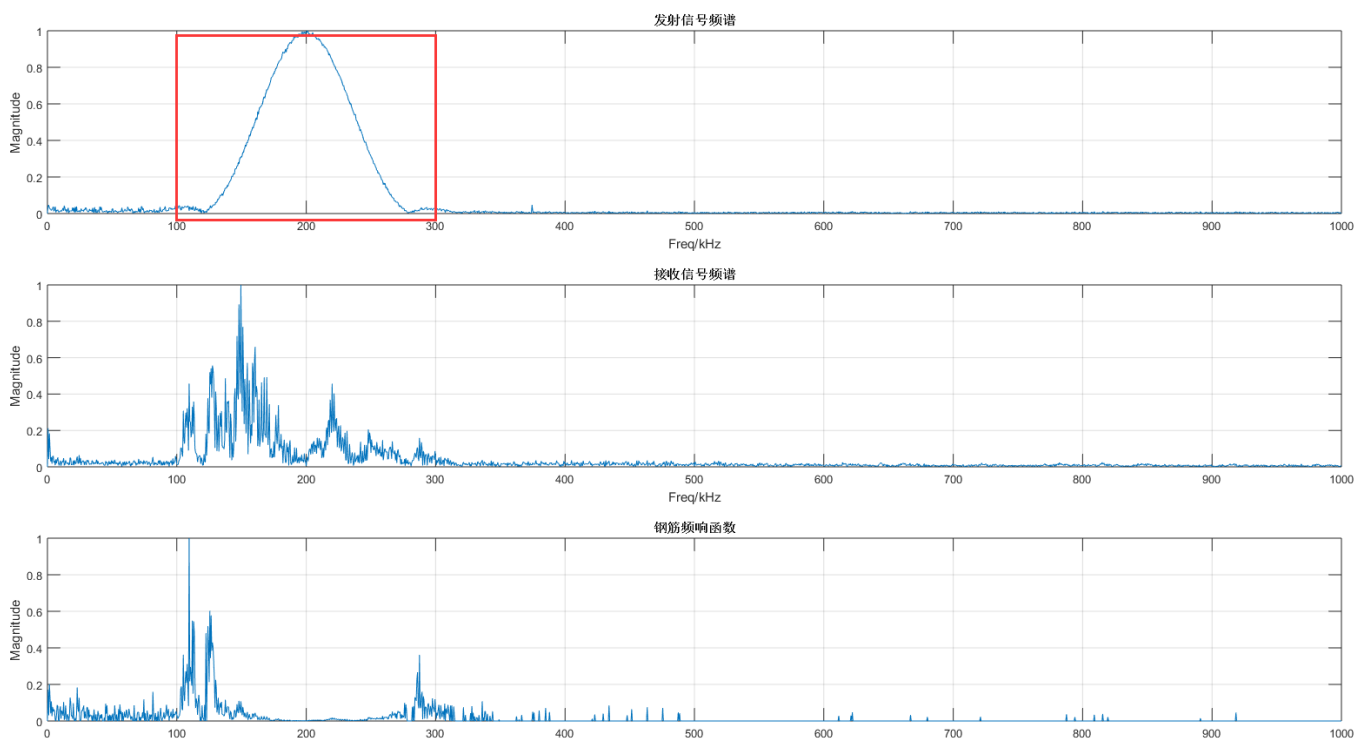
```
y = filter(b,a,x);
```

此处仅说明代码实现，理论问题不再说明。

3. 解决方案

滤波器参数的设置是有效滤波的关键，最重要的参数是确定滤波的范围：

- 通过频率 f_{pass}
- 截止频率 f_{stop}



上图可以看出，原信号的频域范围主要在100~300kHz。故可以设置：

- 通过频率 $f_{pass} = 300kHz$
- 截止频率 $f_{stop} = 500kHz$

即过滤掉500 kHz以上的高频噪音。

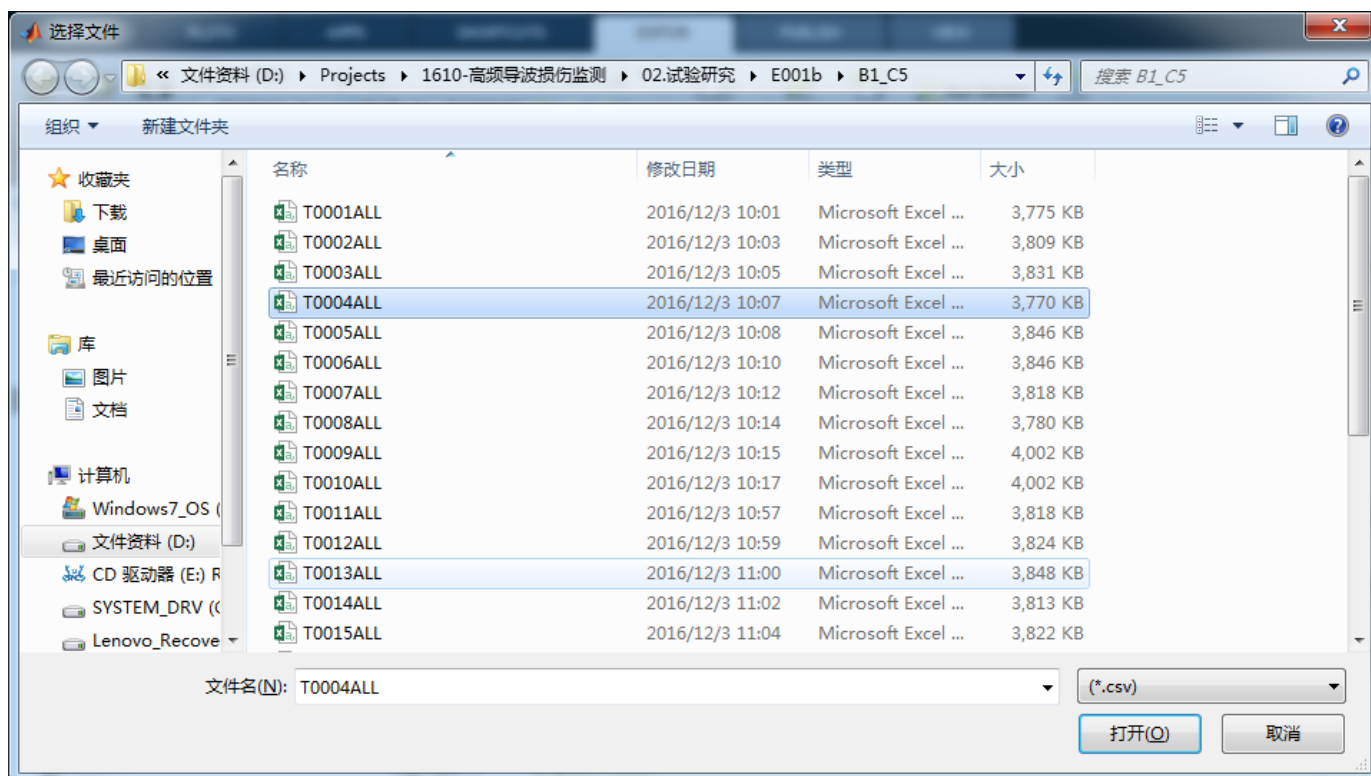
4. 实施示例

4.1 数据读入

```
%% 数据读入  
  
clc,clear,close all
```

```
[M,dt] = tools.getcsv(); % 读入csv信号和采样周期dt

fs = 1/dt; % 采样频率
t = M(:,1);
s = detrend(M(:,3)); % 去趋势的信号
```



4.2 滤波参数设置

```
%% 参数设置

prompt0 = { % 对话框参数
    '通过频率 f-pass(kHz)', 300
    '截止频率 f-stop(kHz)', 500
    'Passband ripple in decibels Rp', 0.1
    '衰减值Rs(Db)', 30
};

dlg0.title = '滤波参数输入-马骋';
dlg0.save = 'lp';

para_input = tools.paradlg(prompt0,dlg0);

para.f1 = para_input{1}*1e3;
para.f3 = para_input{2}*1e3;
para.rp = para_input{3};
para.rs = para_input{4};
para.fs = fs;
```

注：以上 `tools` 为笔者自定义函数工具箱。

滤波参数输入-马骋

通过频率 f-pass(kHz)
300

截止频率 f-stop(kHz)
500

Passband ripple in decibels Rp
0.1

衰减值Rs(Db)
30

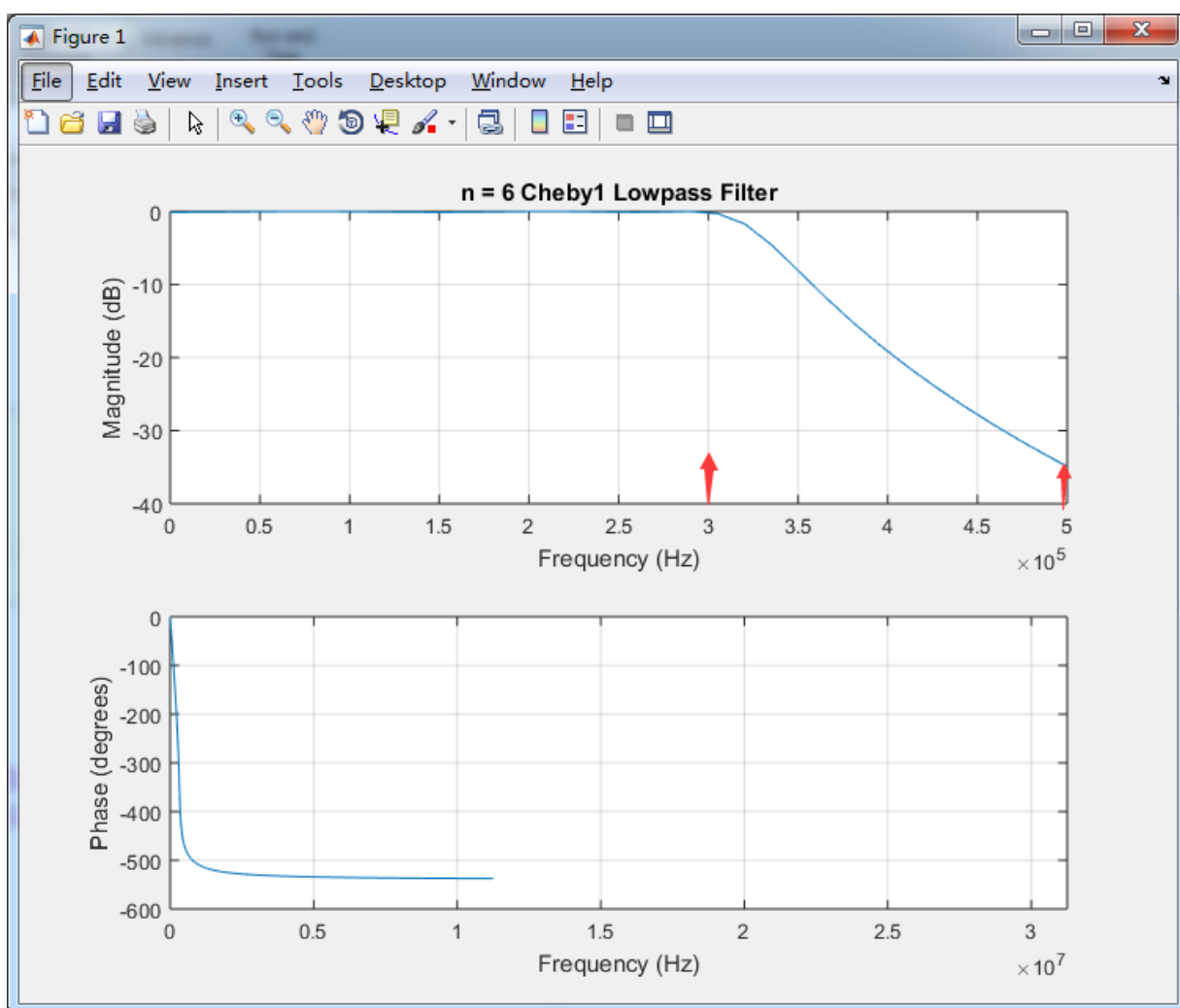
OK Cancel

4.3 滤波器生成

%% cheby1低通滤波图示

```
para.type = 1;  
s_lp = tools.lowp(s,para);
```

% 滤波器类型：切比雪夫-1
% 滤波



可以看出，滤波器在频域300–500 kHz范围内逐渐衰减。

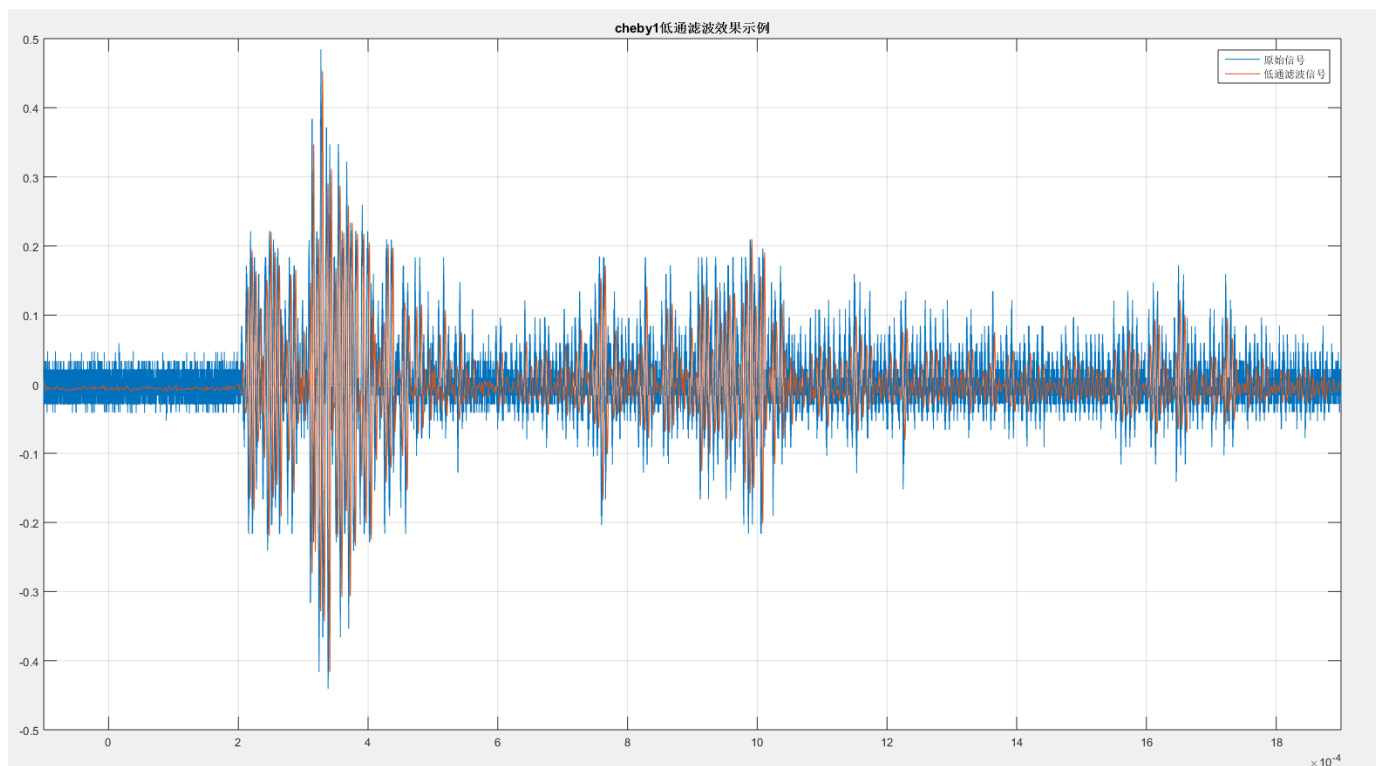
4.4 滤波效果

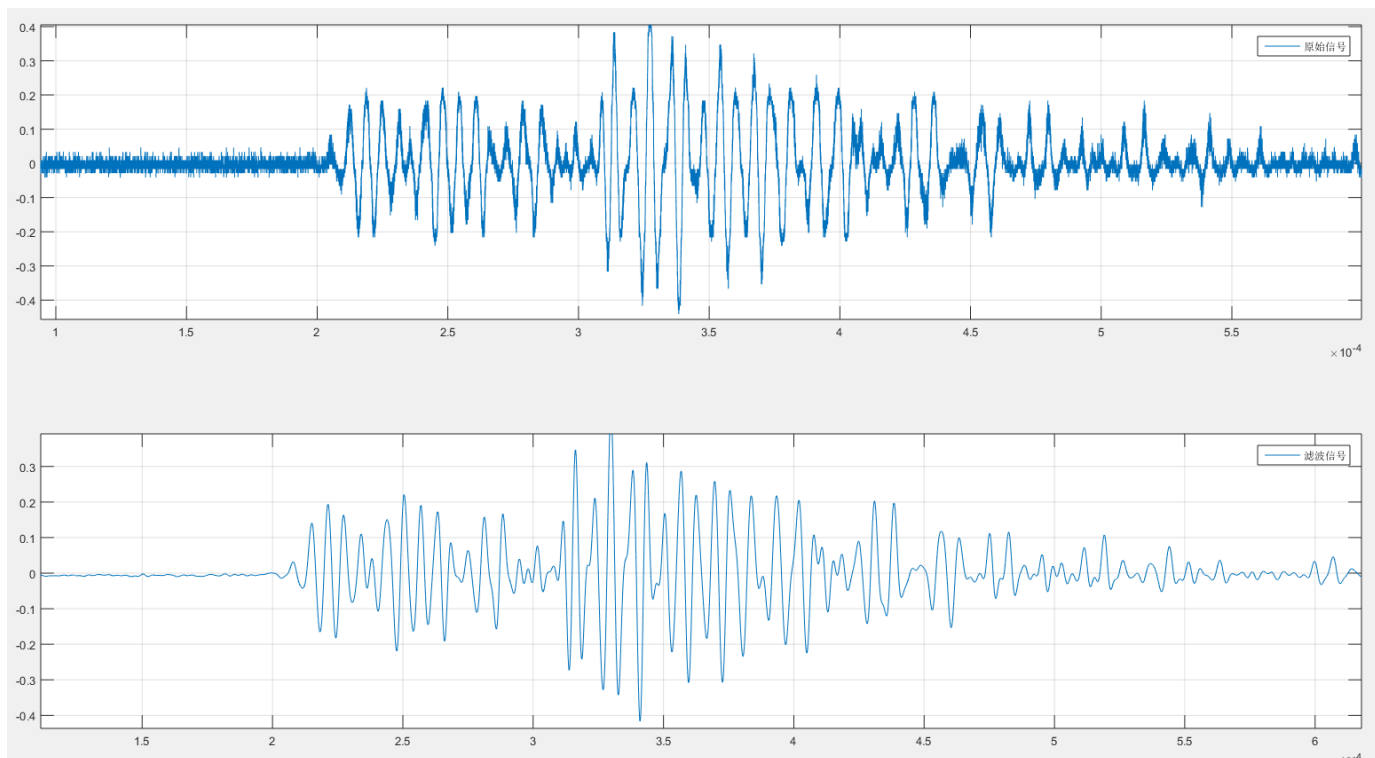
%% 处理信号绘图

```
figure
plot([t t],[s s_lp])
legend({'原始信号','低通滤波信号'})
title('cheby1低通滤波效果示例'),grid on
xlim([min(t) max(t)])
```

```
figure
subplot(211)
plot(t,s)
legend('原始信号'),grid on
xlim([min(t) max(t)])
```

```
subplot(212)
plot(t,s_lp)
legend('滤波信号'),grid on
xlim([min(t) max(t)])
```





显然，滤波后的信号平滑很多。

5. 常见问题

滤波核心函数如下：

```
function y=lowp(x,para)
% 题目：低通滤波器
% 输入：
%     x      -- 原始信号序列
%     para.
%         f1  -- 通带截止频率
%         f3  -- 阻带截止频率
%         rp  -- 边带区衰减DB数设置
%         rs  -- 截止区衰减DB数设置
%         fs  -- 序列x的采样频率
%         type-- 滤波器类型
% 输出：
%     y      -- 滤波后的信号
% 功能：
%     低通滤波，滤除高频噪音
%     Cheby1
%     Butterworth
% 注意：
%     通带或阻带的截止频率的选取范围是不能超过采样率的一半
%     f1,f3的值都要小于fs/2
%     rp=0.1;rs=30;%通带边衰减DB值和阻带边衰减DB值
% 作者：未知
% 修改：马骋
% 2016.04.21 @HIT

%% 参数输入

f1 = para.f1;
f3 = para.f3;
Rp = para.rp;
Rs = para.rs;
```

```

fs = para.fs;

%% 滤波器设计
Wp = f1/(fs/2); % 采用fs/2归一化,Nyquist
frequency.
Ws = f3/(fs/2);

if para.type==1
    [n,Wp]=cheb1ord(Wp,Ws,Rp,Rs); % Cheby1
    [b,a]=cheby1(n,Rp,Wp);
    freqz(b,a,2048,fs); % 查看设计滤波器的曲线
    title(sprintf('n = %d Cheby1 Lowpass Filter',n))
    xlim([0 f3])
else
    [n,Wn] = buttord(Wp,Ws,Rp,Rs,'s'); % Butterworth
    [b,a] = butter(n,Wn,'s'); % 计算滤波器系统函数分子分
母多项式

    [z,p,k] = butter(n,Wn);
    sos = zp2sos(z,p,k);
    freqz(sos,2048,fs)
    title(sprintf('n = %d Butterworth Lowpass Filter',n))
    xlim([0 f3])
end

%% 滤波
y = filter(b,a,x); % 对序列x滤波后得到的序列y

end % lowp

```

注：此函数中，仅切比雪夫-1滤波器测试成功，2型滤波器测试失败。

本文用时 25 m