

Experiment 2

IIR 数字滤波器设计





1. 实验目的

- (1) 熟悉用双线性变换法设计 IIR 数字滤波器的原理与方法。
- (2) 掌握数字滤波器的计算机仿真方法。
- (3) 通过观察对实际心电图信号的滤波作用，获得数字滤波的感性知识。



2. 实验内容

- 用双线性变换法设计一个低通 IIR 数字滤波器;
- 以 0.02π 为间隔, 画出数字滤波器在频率区间 $[0, \pi]$ 的幅频响应特性曲线;
- 用所设计的滤波器对心电图信号采样序列进行滤波处理, 并分别画出滤波前后的心电图信号波形图, 观察总结滤波作用与效果。
- 利用滤波器设计分析工具 FDATool 来设计 IIR 滤波器。



滤波器设计指标:

通带 $[0, 0.2\pi]$ 内, 最大衰减小于 1dB,

阻带 $[0.3\pi, \pi]$ 内, 最小衰减大于 15dB。

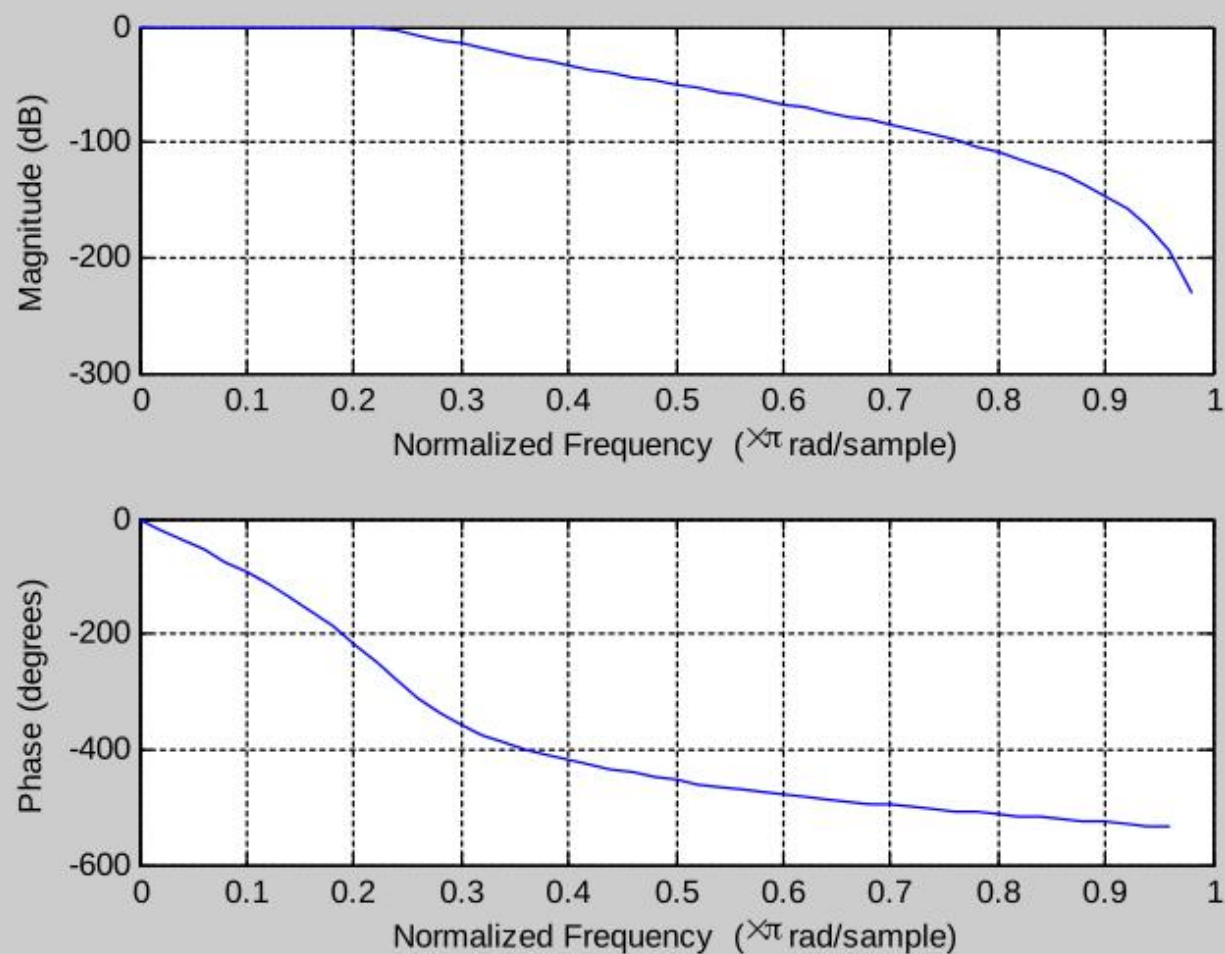
```
Wp=0.2*pi;  
Ws=0.3*pi;  
Rp=1;  
Rs=15;
```

巴特沃斯滤波器

```
[N,Wn]=butterd(Wp/pi,Ws/pi,Rp,Rs);  
[b,a]=butter(N,Wn);
```

画出滤波器的频率响应:

```
figure(1);  
freqz(b,a,50);
```



心电图信号采样序列 $x[n]$

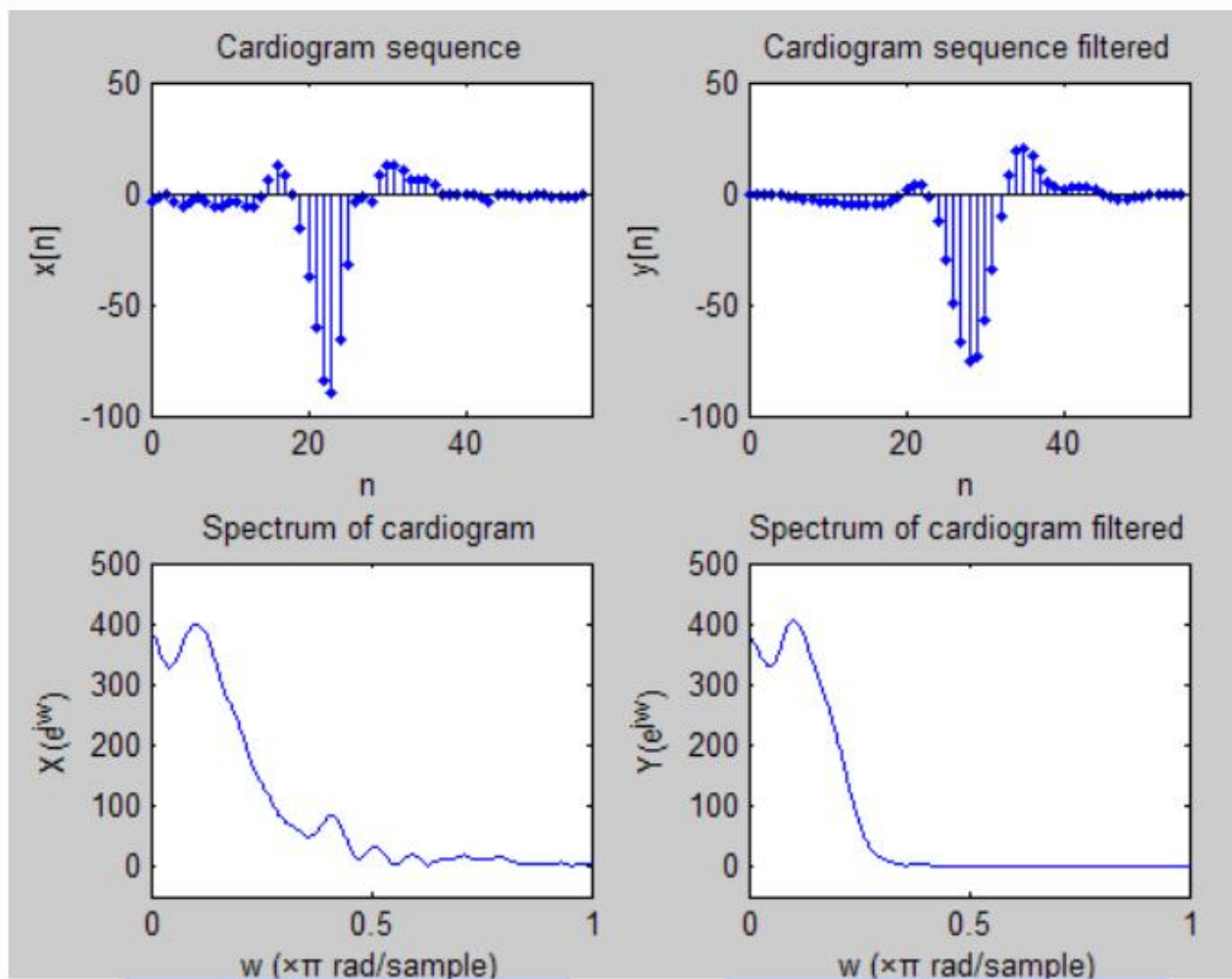


- 心电图信号在测量过程中往往受到高频干扰，所以必须经过低通滤波处理后，才能作为判断心脏功能的有用信息。
- 给出一实际心电图信号采样序列样本 $x[n]$ ，其中存在高频干扰。

$\{x[n]\} = \{-4, -2, 0, -4, -6, -4, -2, -4, -6, -6, -4, -4, -6, -6, -2, 6, 12, 8, 0, -16, -38, -60, -84, -90, -66, -32, -4, -2, -4, 8, 12, 12, 10, 6, 6, 6, 4, 0, 0, 0, 0, 0, -2, -4, 0, 0, 0, -2, -2, 0, 0, -2, -2, -2, -2, 0\}$

心电图信号采样序列 $x[n]$ 经过滤波器滤波

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



```
abs(fft(x,1024)
```

```
)
```

```
abs(fft(y,1024)
```

```
)
```





切比雪夫 型滤波器

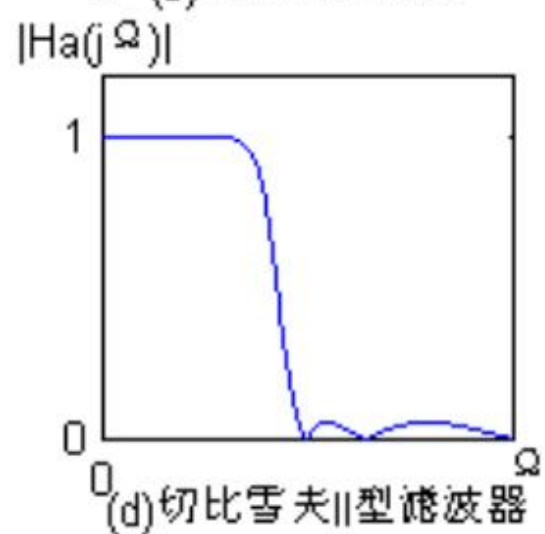
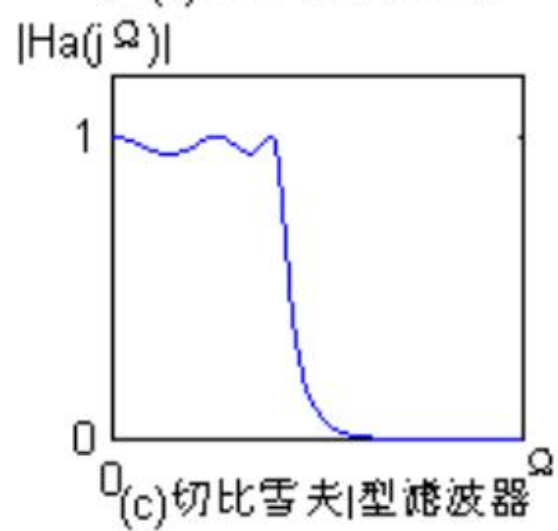
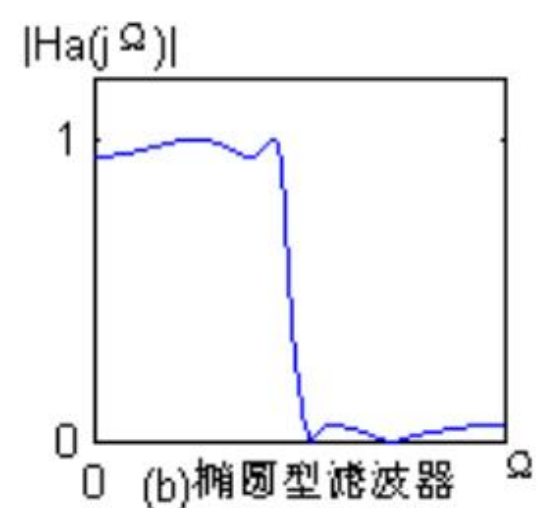
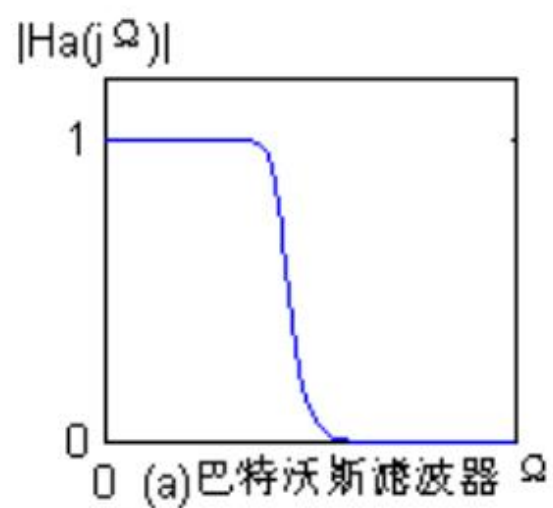
```
[N,Wn]=cheb1ord(Wp/pi,Ws/pi,Rp,Rs);  
[b,a]=cheby1(N,Rp,Wn);
```

切比雪夫 I型滤波器

```
[N,Wn]=cheb2ord(Wp/pi,Ws/pi,Rp,Rs);  
[b,a]=cheby2(N,Rs,Wn);
```

椭圆滤波器

```
[N,Wn]=ellipord(Wp/pi,Ws/pi,Rp,Rs);  
[b,a]=ellip(N,Rp,Rs,Wn);
```

利用 FDATool 来设计 IIR 滤波器



Filter Design & Analysis Tool - [untitled.fda *]

File Edit Analysis Targets View Window Help

Current Filter Information

Structure: Direct-Form FIR
Order: 50
Stable: Yes
Source: Designed

Store Filter ...
Filter Manager ...

Filter Specifications

Mag. (dB)

0

ω_{pass} ω_{stop} 1 ω (normalized)

Response Type

☒ Lowpass
☐ Highpass
☐ Bandpass
☐ Bandstop
☐ Differentiator

Design Method

☒ IIR Butterworth
☐ FIR Equipple

Filter Order

☐ Specify order: 10
☒ Minimum order

Options

Match exactly: stopband

Frequency Specifications

Units: Normalized (0 to 1)
Fs: 48000
 ω_{pass} : 0.2
 ω_{stop} : 0.3

Magnitude Specifications

Units: dB
 A_{pass} : 1
 A_{stop} : 15

Design Filter

Ready

滤波器结构



Current Filter Information

Structure: Direct-Form II
Transposed

Order: 6

Stable: Yes

Source: Converted

Store Filter ...

Filter Manager ...

Current Filter Information

Structure: Direct-Form II
Transposed,
Second-Order
Sections

Order: 6

Sections 3

Stable: Yes

Source: Converted

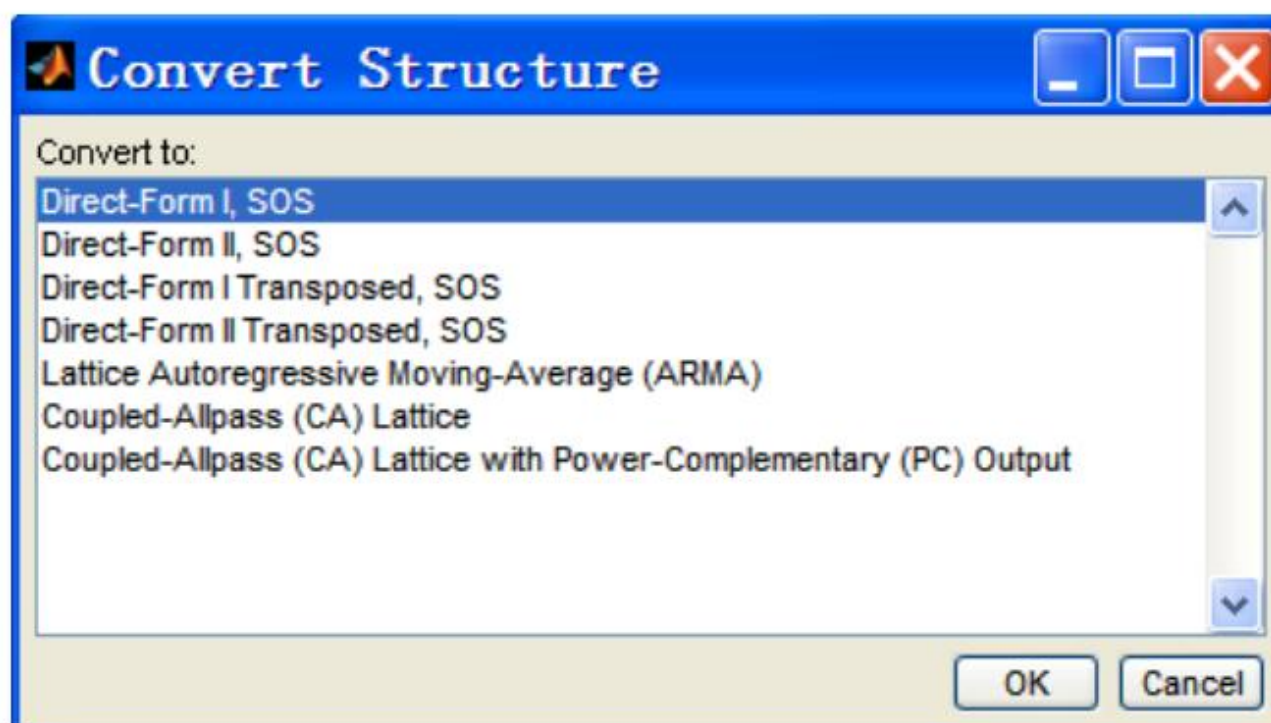
Store Filter ...

Filter Manager ...

转换滤波器结构



Edit-Convert Structure...





用设计好的滤波器对心电图数据进行处理

- File-Export...

把设计得到的滤波器系数导出到 **Matlab** 的工作空间（**Workspace**）或者存为文件。

- 使用设计得到的滤波器对心电图信号做滤波。

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

切比雪夫 型滤波器

切比雪夫 I 型滤波器

椭圆滤波器