

Filtrado Analógico y Digital

Práctica 3. Diseño de filtros con MATLAB

Juan José Guzmán Cruz.

Resumen

Se diseñaron filtros Butterworth y Chebyshev en matlab para aprender esta técnica. Posteriormente se diseñaron filtros específicos para filtrar dos señales, una electrocardiográfica y otra fonoelectrocardiográfica.

I. Objetivos de la práctica

- Analizar y filtrar señales fisiológicas
- Recordar y/o aprender a utilizar funciones básicas del procesamiento de señales en MATLAB.
- Diseñar filtros utilizando MATLAB.

II. Metodología

II. 1) Comandos para diseñar filtros analógicos en MATLAB.

Para implementar un filtro pasa-banda Butterworth, se utiliza el comando butter.

```
[z,p,k] = butter(N,[fcn1,fcn2], 'stop','s')
```

[z,p,k] se almacenan los polos, polos y ganancia

N = orden del filtro

fcn1 = frecuencia de corte normalizada 1

fcn2 = frecuencia de corte normalizada 2

'stop' = se utiliza para hacer un filtro pasa-banda

's' = se utiliza para hacer un filtro analógico

La frecuencia normalizada esta dada por:

$$f_{cn} = \frac{2\pi f_c}{f_m}$$

Donde f_c es la frecuencia de corte y f_m la frecuencia a la que se ha muestreado la señal.

Para obtener los coeficientes del numerador y denominador de la function de transferencia, se utiliza:

```
[n,d] = tfdata(zpk(z,p,k), 'v')
```

Para mostrar en la linea de comandos la function de transferencia:

```
H = tf(n,d)
```

El resultado será de la forma:

$$H(s) = \frac{N(s)}{D(s)} = \frac{b_M s^M + b_{M-1} s^{M-1} + \dots + b_1 s + b_0}{a_N s^N + a_{N-1} s^{N-1} + \dots + a_1 s + a_0}$$

Para implementar el filtro Chebyshev solo es necesario agregar el parámetro correspondiente al rizo permisible en la banda de paso (R).

```
[z,p,k] = cheby1(N,R,[fcn1,fcn2], 'stop','s')
```

El resto de las instrucciones se utilizan de la misma manera que en el filtro Butterworth.

Una vez que se tiene la función de transferencia, es posible graficar los polos y ceros con el siguiente comando.

```
pzmap(H)
```

Para obtener la respuesta en frecuencia

```
bode(H)
```

II.2) Comandos para cargar una señal guardada en un archivo.

Para cargar la señal muestreada de ECG y FCG

```
ecg=load('ubicación_del_archivo')
```

Para obtener el espectro de la señal

```
f_fcg=fftshift(abs(fft(fcg).^2));
```

Para graficar tanto la señal original como su espectro en frecuencia se utilizan los siguientes comandos:

```
m=length(f_fcg);  
t=1:m;  
frec=linspace(-pi,pi,m);  
plot(t,fcg)  
plot(frec, f_fcg)
```

II. 3) Filtrar una señal

Para filtrar una señal es necesario ver el espectro de esta y determinar con ello que frecuencias son las de interés.

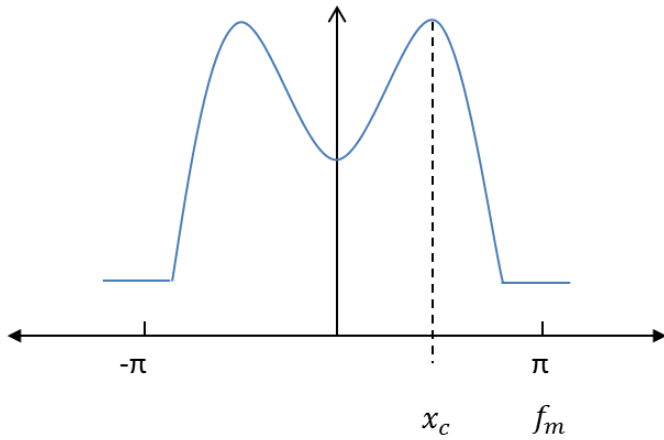


Figura 1. Señal periódica entre π y $-\pi$.

Una vez determinado el punto de interés en el espectro de frecuencia es necesario obtener la frecuencia de corte.

$$f_c = \frac{f_m(x_c)}{\pi}$$

Con este dato ya es posible implementar un filtro, como se hizo anteriormente, y filtrar una señal; la de ECG por ejemplo.

Isim(H, ecg,t);

III. Resultados

Para filtrar la señal ECG se utilizó un filtro Butterworth pasabajas con $f_m = 100$ Hz y $f_c = 21$ Hz.

Para filtrar la señal FCG se utilizó un fitro Butterworth pasa-banda con $f_m = 100$ Hz y $f_{c1} = 3.2$ Hz y $f_{c2} = 7.6$ Hz.

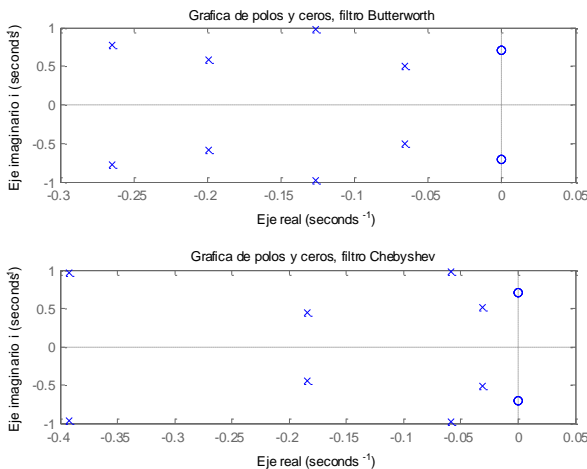


Figura 2. Gráfica de polos y ceros de filtros rechaza-banda Butterworth y Chebyshev de 4 orden.

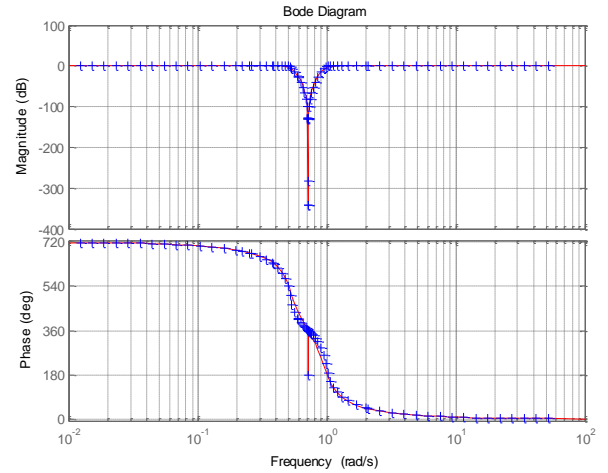


Figura 3. Gráfica comparativa entre los filtros rechaza-banda Butterworth y Chebyshev de 4 orden.

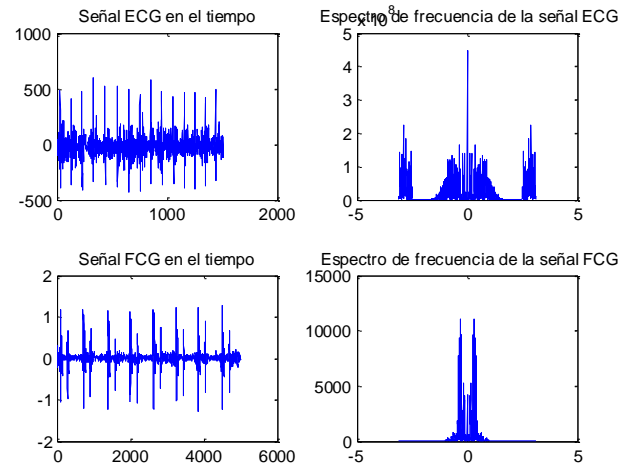


Figura 4. Arriba izquierda, señal de ECG en el tiempo. Arriba derecha, espectro de la señal de ECG. Abajo izquierda, señal de FCG en el tiempo. Abajo derecha, espectro de la señal de FCG .

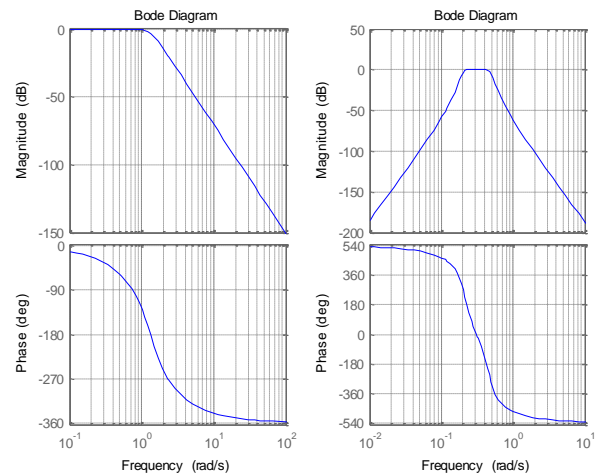


Figura 5. Izquierda, magnitud y fase del filtro diseñado para filtrar la señal de ECG. Derecha, magnitud y fase del filtro diseñado para filtrar la señal de FCG.

[3] <http://www.mathworks.com/help/>

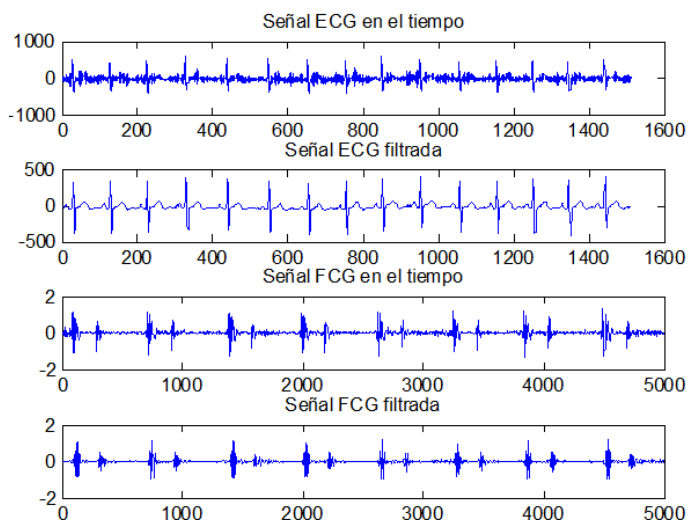


Figura 6. Señales ECG y FCG originales y filtradas.

IV. Discusión

El diseño de filtros en MATLAB resulta sencillo, sin embargo se debe tener especial cuidado en las escalas de graficación, ya que una mala interpretación en estas puede conducir a errores. En particular la escala del espectro de una señal debe ser seleccionada de una manera que resulte fácil de interpretar, es posible seleccionar una escala de $-\pi$ a π o de 0 a 2π o cualquier otra, siempre y cuando se normalice la frecuencia a la escala utilizada.

La selección de un filtro no resulta en un principio evidente, así que habrá que probar distintas configuraciones antes de obtener un resultado aceptable.

V. Conclusiones

Elegí de manera errónea la escala para graficar la señal filtrada, así que, aunque había calculado bien la frecuencia a la que debía de funcionar mi filtro, la señal simplemente desaparecía, después de varias revisiones pude corregir el error.

La señal que más trabajo me costó filtrar fue la de FCG, aún me falta verificar si el resultado obtenido es suficiente para hacer un análisis de la señal adecuado.

Bibliografía

[1] Proakis JC; "Tratamiento digital de señales"; 3ª edition, Prentice Hall, 1995.

[2] Kamen, E., Heck, B., "Fundamentos de señales y sistemas usando la Web y MATLAB", 3ª edición, Pearson, 2008.

