



Procesamiento Señales

Práctica



RESPUESTAS DEL SISTEMA

NO. DE PRACTICA:	8	Fecha de entrega:	8 de diciembre de 2023
INTEGRANTES DE EQUIPO:	19 NAVIL PINEDA RUGERIO	Practica:	Individual
			En equipo 2 personas
OBJETIVO:			
MATERIAL Y EQUIPO:	COMPUTADORA CON MATLAB		
INTRODUCCIÓN			

Una de las principales operaciones de procesamiento digital de señales es el filtrado. Entendemos por filtrado como la obtención de una señal deseada a partir de una señal mezclada. Cuando se trata de un filtro digital, éste se convierte en parte de una rutina programada en un procesador, con una estructura como la mostrada en la figura 1.

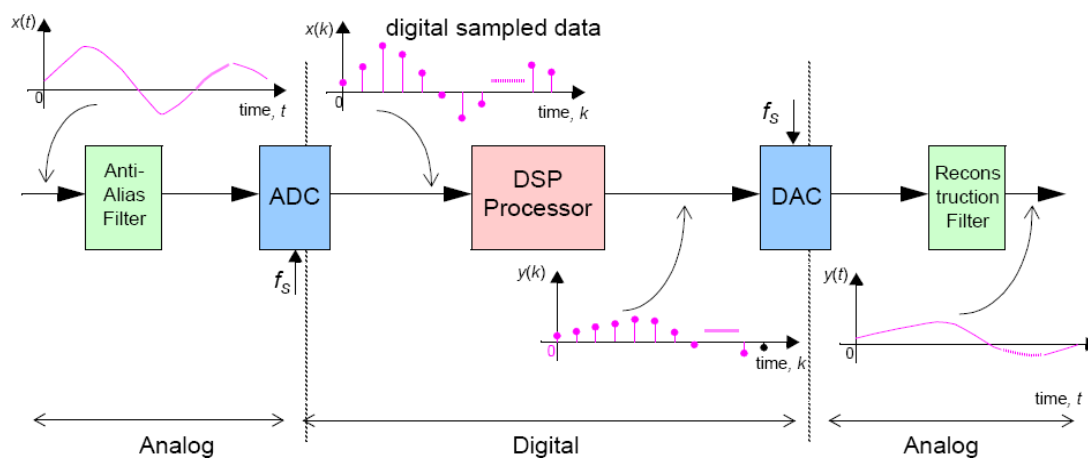


Figura 1. Etapas necesarias para realizar la operación de filtrado digital en la señal $x(t)$.

Podemos mencionar dos tipos de filtros digitales:

- Filtros de Respuesta Finita al Impulso (FIR)
- Filtros de Respuesta Infinita al Impulso (IIR)

Los filtros FIR forman su salida a partir de una suma ponderada de las N muestras anteriores, por lo que se pueden representar de por la siguiente ecuación

$$y(k) = w_0x(k) + w_1x(k-1) + w_2x(k-2) + w_3x(k-3) + \dots + w_{N-1}x(k-N+1)$$

$$= \sum_{n=0}^{N-1} w_nx(k-n)$$

donde $y(k)$ es la salida del filtro, w_i son los coeficientes del filtro y $x(k)$ la señal a filtrar.

La respuesta en el dominio de la frecuencia de un filtro paso bajo ideal es plana y sin atenuación (0 dB) en la banda de paso y además con una transición abrupta en la frecuencia de corte F_c . Sin embargo, esto requiere un filtro cuya respuesta al impulso sea:

$$h(i) = \frac{\sin(2\pi F_c(i))}{i}, \quad i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Lo cual como se aprecia en la figura siguiente nos da un filtro con respuesta al impulso infinita y no causal.

Para corregir este problema traslada en tiempo a la respuesta del filtro ideal de manera que empiece en cero y se multiplica por una función que trunque y atenúe sus extremos, llamada función ventana.

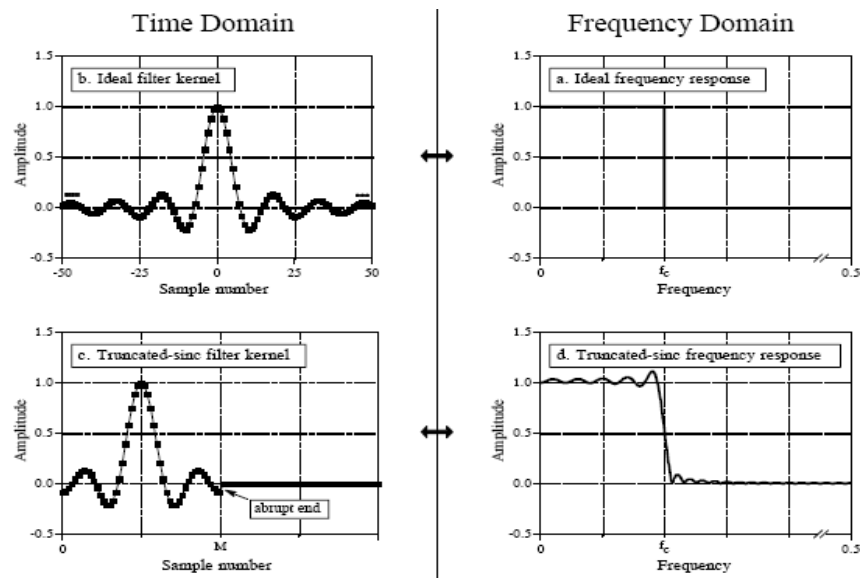


Figura 2. Respuesta del filtro ideal y respuesta truncada.



Este truncamiento produce dos efectos:

1. Tanto la banda de paso como la de paro dejan de ser planas y presentan una ondulación llamada *rizado* (ripple).
2. La transición de la banda de paso a la de paro tiene ahora un intervalo de indefinición, llamado *Banda de Transición*.

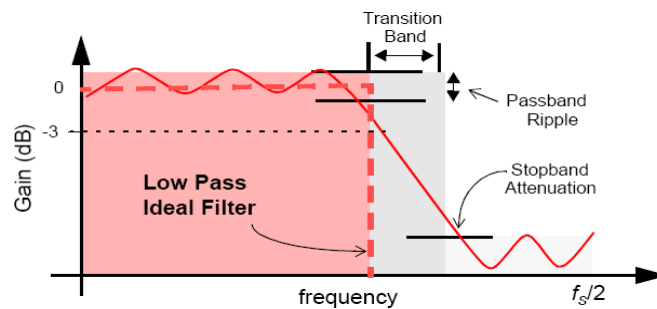


Figura 3. Especificaciones para un filtro digital.

Por lo tanto, las principales especificaciones de diseño de un filtro digital paso bajo son:

- La frecuencia de corte
- La máxima atenuación en la banda de paso (ripple)
- El ancho de la banda de transición
- La mínima atenuación en la banda de paro.

De manera que es deseable tener un rizado mínimo en la banda de paso, una banda de transición estrecha y una atenuación aceptable en la banda de paro. Estas características son determinadas por la forma de la función ventana utilizada y para esto se han propuesto diversas ventanas.

Rectangular	$w(n) = \begin{cases} 1 & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Hanning ¹	$w(n) = \begin{cases} 0.5 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Hamming	$w(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$
Blackman	$w(n) = \begin{cases} 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N}\right) & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{else} \end{cases}$

Figura 4. Algunas ventanas conocidas.

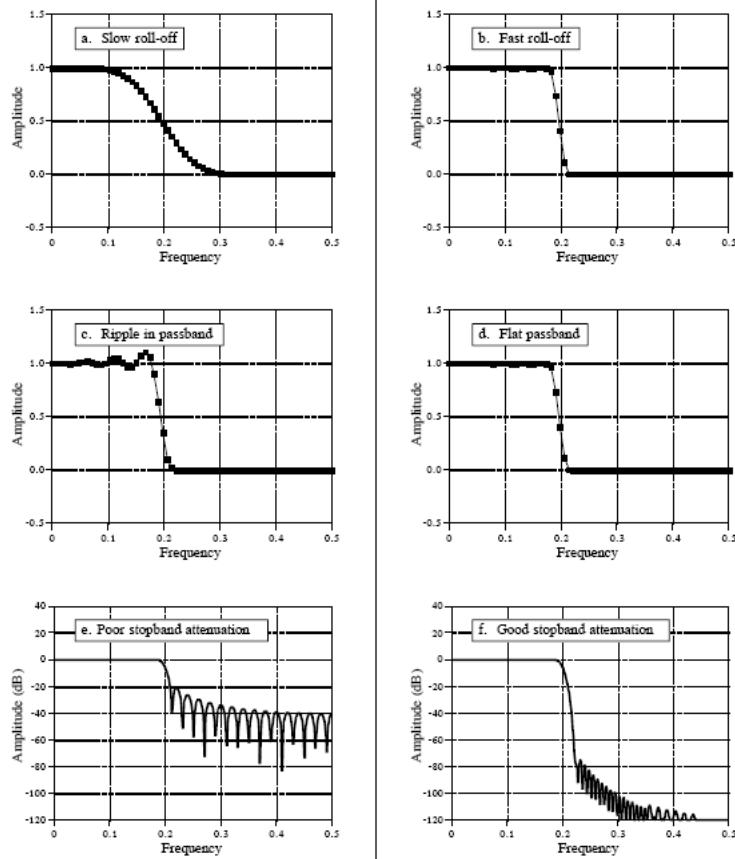


Figura 5. a. banda de transición grande, b. banda de transición adecuada, c. rizado grande, d. rizado adecuado, e. atenuación insuficiente en la banda de paro, f. atenuación adecuada

Window	Side-Lobe Amplitude (dB)	Transition Width (Δf)	Stopband Attenuation (dB)
Rectangular	-13	$0.9/N$	-21
Hanning	-31	$3.1/N$	-44
Hamming	-41	$3.3/N$	-53
Blackman	-57	$5.5/N$	-74

Figura 6. Amplitud del lóbulo lateral, ancho de la banda de transición y atenuación en la banda de paro para algunas ventanas comunes en filtros de orden N.

Así, si se utiliza una ventana Blackman, para un filtro paso bajo de longitud M, con una frecuencia de corte F_c (expresada en forma normalizada con la frecuencia de muestreo) los coeficientes del filtro serían:

$$h(i) = K \frac{\sin\left(2\pi F_c \left(i - \frac{M}{2}\right)\right)}{i - \frac{M}{2}} \left[0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi i}{M}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi i}{M}\right) \right], \quad i = 0, 1, \dots, M$$



Procesamiento Señales

Práctica

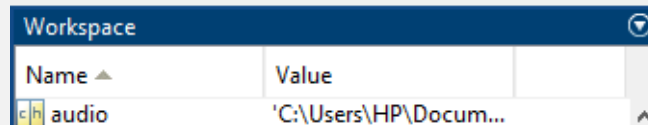


DESARROLLO:

UTILIZANDO UN ARCHIVO DE AUDIO CON EXTENSIÓN WAV Y DURACIÓN 20 SEGUNDOS, REALICE LAS SIGUIENTES TAREAS:

1. CARGUE EL ARCHIVO DE AUDIO EN EL WORKSPACE DE MATLAB, OBTENIENDO LAS MUESTRAS (Y) Y LA FRECUENCIA DE MUESTREO (FS) DEL MISMO.

PARA ESTE PASO SE CARGÓ EL ARCHIVO DE AUDIO DE DURACIÓN DE 20 SEGUNDOS EN EL WORKSPACE TAL COMO SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE IMAGEN:



Y SE OBTIENEN LAS MUESTRAS Y, Y LAS MUESTRAS FS, UTILIZANDO EL SIGUIENTE CÓDIGO.

% CARGAR AUDIO EN EL WORKSPACE

```
AUDIO = 'C:\USERS\HP\DOCUMENTS\5TO SEMESTRE\PS\AUDIO.WAV';
```

% OBTENER MUESTRAS

```
[Y,FS] = AUDIOREAD(AUDIO);
```

2. REPRODUZCA EL ARCHIVO DE AUDIO Y GRAFIQUE EN TIEMPO REAL CONSIDERANDO UN VECTOR DE TIEMPO DEL MISMO TAMAÑO QUE Y CONSIDERANDO LA FRECUENCIA DE MUESTREO FS.

PARA REPRODUCIR EL AUDIO DE UTILIZA LA FUNCIÓN SOUND DE MATLAB.

SOUND(Y, FS)

Y PARA PRIMERO SE PROMEDIAN LAS DOS SEÑALES DE AUDIO RECUPERADAS EN EL VECTOR Y, Y SE GRAFICA UTILIZANDO LA FUNCIÓN STEM.

```
D = LENGTH(Y)/FS;
```

```
A_M = 0.5*(Y(:,1) + Y(:,2)).';
```

```
T=Linspace(0,D,LENGTH(A_M));
```

```
FIGURE();
```

```
PLOT(T,A_M);
```

```
TITLE("SEÑAL DE AUDIO");
```

EL RESULTADO DE GRAFICARLO ES EL SIGUIENTE:

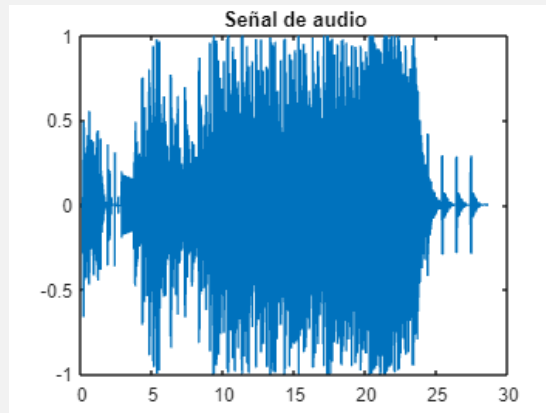


FIGURA 1. SEÑAL DE AUDIO.



3. CALCULE LOS COEFICIENTES DEL FILTRO DIGITAL FIR. SELECCIONE LA FRECUENCIA DE CORTE PARA SU FILTRO QUE SE A MENOR A $FS/2$ Y NORMALICE CON LA FRECUENCIA DE MUESTREO PARA OBTENER FC. TAMBIÉN SELECCIONE EL ANCHO DE BANDA DE TRANSICIÓN Y DE LA MISMA MANERA NORMALICE PARA OBTENER BW EMPLEANDO UNA VENTANA DE BLACKMAN.

PARA ESTE PASO SE ELIGE UNA FRECUENCIA DE CORTE (FC) DE 1000, Y UN ANCHO DE BANDA (BW) DE 2000, ESTOS VALORES SE NORMALIZAN CON RESPECTO A LA FRECUENCIA DE MUESTREO ACTUAL.

FC = 5000;

BW = 8000;

NORMALIZEDFC = FC / (FS/2);

NORMALIZEDBW = BW / (FS/2);

4. UTILICE LA FÓRMULA $M = \frac{5.5}{BW}$ PARA CALCULAR LA LONGITUD NECESARIA PARA EL FILTRO. UTILIZANDO LA FÓRMULA PROPORCIONADA SE CALCULA LA LONGITUD Y SE ALMACENA EN LA VARIABLE M.

M = 5.5/NORMALIZEDBW;

5. CALCULE LOS COEFICIENTES DEL FILTRO CON LA FÓRMULA.

SE GENERAN LOS COEFICIENTES DE FILTRO UTILIZANDO LA RESPUESTA DEL FILTRO PASABANDA MULTIPLICADA POR LA VENTANA DE BLACKMAN.

K = 1;

I = 0:M;

IDEAL = (SIN(K * 2 * PI * NORMALIZEDFC * (I - (M/2)))) / (I - (M/2));

BLACKMANWINDOW = 0.42 - 0.5 * COS(2*PI*I/M) + 0.08 * COS(4*PI*I/M);

MULT = IDEAL.*BLACKMANWINDOW;

UNA VEZ GENERADOS SE GRAFICAN LA RESPUESTA DE LA VENTANA BLACKMAN Y LA RESPUESTA DEL FILTRO RESULTANTE.

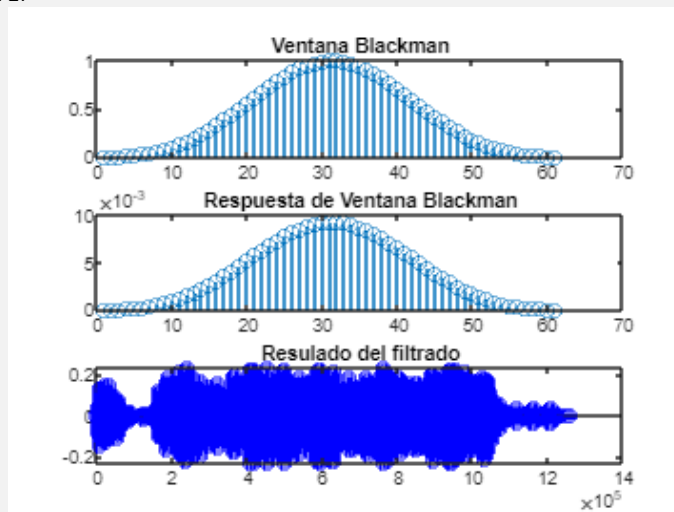


FIGURA 2. RESULTADOS DE FIR Y VENTANA BLACKMAN.

Y SE REPROCE EL AUDIO FINAL UTILIZANDO SOUND.

SOUND(YH, FS)



CONCLUSIÓN

LA PRESENTE PRÁCTICA MUESTRA LOS RESULTADOS DE APLICAR UN FILTRO FIR, DE RESPUESTA FINITA AL IMPULSO, A UN AUDIO DE DURACIÓN DE 20 SEGUNDOS UTILIZANDO LA TÉCNICA DE LA VENTANA DE BLACKMAN, Y COMO RESULTADO OBTENER UN FILTRO PASABANDA, CON UNA FRECUENCIA DE CORTE Y UN ANCHO DE BANDA PREDETERMINADOS. ESTO ES ÚTIL PARA REDUCCIÓN DE RUIDO, FRECUENCIAS NO DESEADAS, DOS ASPECTOS MUY UTILIZADOS EN EL PROCESAMIENTO DE AUDIO, O EN ANÁLISIS DE SISTEMAS FÍSICOS. EN ESTE CASO, EL AUDIO UTILIZADO FUE FILTRADO PARA REDUCIR ALGUNAS PARTES DEL AUDIO QUE ERAN ALGO MOLESTAS EN EL INTRO DEL AUDIO, PUES COMO TAL SON COMO SONIDOS EXTRAS, EFECTOS ESPECIALES, Y ASÍ REDUCIRLAS, DE MODO QUE SE OBTUVO UNA INTRO CON MENOS SONIDOS EXTRAÑOS Y CON UN VOLUMEN MÁS TENUE.