



## TECNICAS DIGITALES III

---

### **Guía N° 8: *Filtros IIR – Implementación y diseño***

#### **Objetivos:**

Comprender los detalles de implementación de un filtro FIR

#### **Bibliografía recomendada:**

Título: **The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing.**

Autor: Steven W. Smith.

Editorial: California Technical Publishing.

(Este libro puede ser obtenido en formato electrónico del sitio web: [www.dspguide.com](http://www.dspguide.com) )

Título: **Tratamiento de Señales en Tiempo Discreto.**

Autores: Oppenheim – Schafer – Buck.

Editorial: Prentice Hall.

Título: **Tratamiento Digital de Señales.**

Autores: Proakis - Manolakis.

Editorial: Prentice Hall.

Título: **The Student Edition of MATLAB.**

Autores: Hanselman – Littlefield.

Editorial: Prentice Hall

Referencias a terminología de filtros

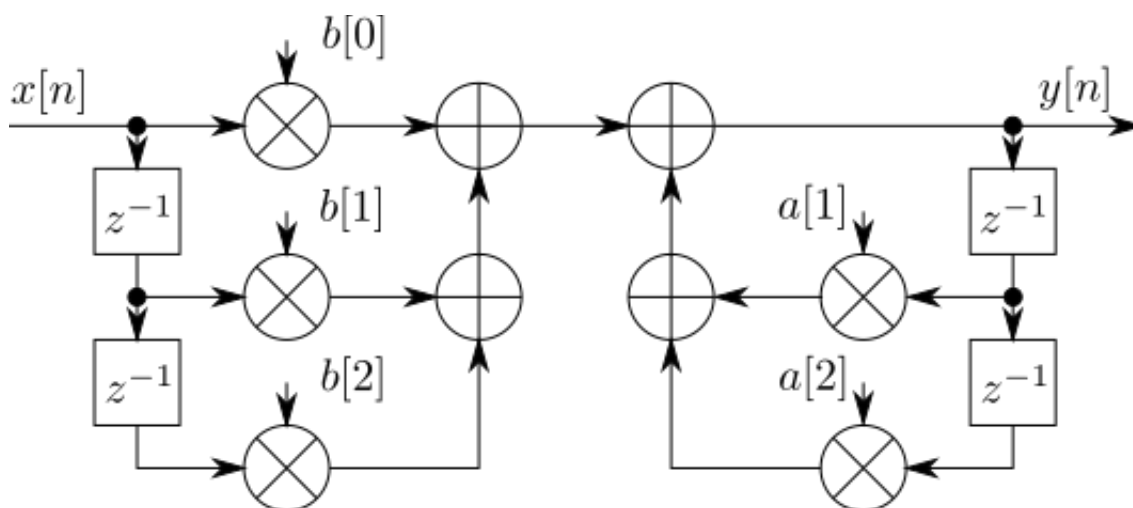
[dspguru.com/dsp/reference/filter-terminology](http://dspguru.com/dsp/reference/filter-terminology)

#### **Enunciado:**

## TECNICAS DIGITALES III

### 8 Estructura de un filtro IIR

La principal característica de un filtro IIR es la existencia de un lazo de realimentación que opera haciendo pasar las muestras de la salida del filtro a través de un conjunto de coeficientes para generar las salidas futuras.. Estructuralmente se puede considerar como la suma de dos filtros FIR, uno operando sobre la entrada y otro sobre la salida, como se observa en la siguiente figura:



De este diagrama se pueden apreciar dos subestructuras, la correspondiente a la suma de productos de entrada y la de la suma de productos de salida. La suma de productos de entrada es idéntica a un filtro FIR, mientras que la suma de productos de salida se parece a un filtro FIR, con la diferencia que toma como entrada la salida del filtro, y no se suma el producto de la muestra actual.

Matemáticamente

$$y[n] = \sum_{i=0}^{i=N} b[i]x[n-i] + \sum_{i=1}^{i=N} a[i]y[n-i]$$

$$y[n] = b[0]x[n] + b[1]x[n-1] + \dots + b[N]x[n-N] + a[1]y[n-1] + \dots + a[N]y[n-N]$$

Donde N es el orden del filtro.

Función de transferencia de un filtro IIR

$$Y[z] = \frac{B[0]X[z] + B[1]z^{-1}X[z] + \dots + B[N-1]z^{N-1}X[z]}{A[0] + A[1]z^{-1}Y[z] + \dots + A[N-1]z^{N-1}Y[z]}$$



## TECNICAS DIGITALES III

De aquí las siguientes relaciones

$$\begin{aligned}A[0] &= a[0] \\ A[1] \dots A[N] &= -a[1] \dots -a[N] \\ B[0] \dots B[N] &= b[0] \dots b[N]\end{aligned}$$

### 8.1 Implementación y respuesta en frecuencia de un filtro IIR

- 8.1.1 Crear un programa que calcule la salida de un filtro IIR de orden  $N$ , tomando como referencia el ejercicio 6.1, donde se debe agregar un segundo registro de desplazamiento para las muestras de salida a multiplicar por los coeficientes  $A$ . Luego se sumarán las sumas de productos de ambas estructuras (Coeficientes  $a$  y  $b$ ).
- 8.1.2 Asumiendo una frecuencia de muestreo de 256 Hz, crear una señal compuesta por la suma de dos tonos senoidales, de 50 y 100Hz, con una duración de 8 segundos. Filtrar la señal con el programa del punto 8.1.1 con los siguientes coeficientes:

$$\begin{aligned}\mathbf{B} &= [0.0528556 \quad 0.0017905 \quad 0.0017905 \quad 0.0528556] \\ \mathbf{A} &= [1.00000 \quad -2.12984 \quad 1.78256 \quad -0.54343]\end{aligned}$$

- y determinar a partir del espectro de la señal de salida la amplitud de ambos tonos.
- 8.1.3 Filtrar la misma señal utilizando la función **filter**. Graficar la salida sobre la salida del punto anterior y comprobar que ambas señales son iguales.
  - 8.1.4 Utilizando **[N,w]=freqz(B,A)** obtener la respuesta en frecuencia del filtro y graficar magnitud en dB y la frecuencia en Hz. Determinar valores de magnitud en 50Hz y 100Hz y exhibirlos sobre el gráfico usando la función **text**.

### 8.2 Respuesta al impulso de un filtro IIR y filtros en cascada

- 8.2.1 Utilizando la función **butter**, obtener los coeficientes de un filtro IIR pasa-altos, de orden 3, con frecuencia de corte en 50Hz.
- 8.2.2 Generar una función impulso con longitud total de 4 segundos y obtener la respuesta del filtro mediante la función **filter**. Convertir la respuesta a frecuencia y graficar la respuesta del filtro.
- 8.2.3 Determinar la cantidad de etapas mínimas necesarias para obtener una atenuación mayor o igual a 120dB a 20Hz.
- 8.2.4 Tomar la respuesta al impulso del punto 8.2.2 y filtrarlo sucesivamente hasta completar la cantidad de etapas del punto 8.2.3. Graficar en cada iteración la respuesta en frecuencia.
- 8.2.5 Repetir los puntos 8.2.1 a 8.2.4 para filtros de chebyshev de tipo 1 y 2 y filtro elíptico, generados mediante las funciones **cheby1**, **cheby2** y **ellip**. El ripple en banda de paso máximo en todos los casos será de 1 dB y el ripple en banda de stop queda a consideración del alumno.