

DISEÑO DE FILTROS DIGITALES

PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES

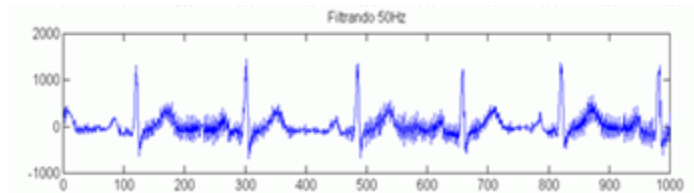


5. INTRODUCCIÓN

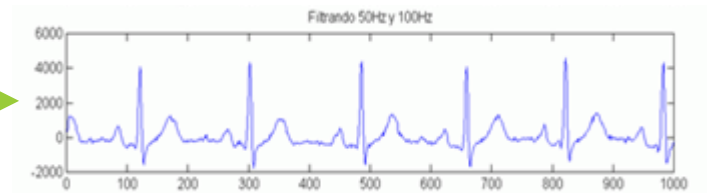
El estudio de filtros se enfoca mayormente en sistemas discretos en el tiempo lineales e invariantes en el tiempo. Su principal función es la separación y la restauración de señales. Además, se pueden usar en el dominio de la frecuencia (usando la FFT) o en el tiempo. De esta forma, los filtros en el dominio del tiempo pueden usarse en tiempo real por convolución (filtros de respuesta finita) y recursivos (respuesta infinita). No obstante, se pueden implementar gran variedad de filtros en forma de cascada (uno tras de otro).

5. INTRODUCCIÓN

Con esta unión entre el uso de señales análogas para ser procesadas dentro de un sistemas digital. El término filtro, hace relación para indicar que dichos sistemas modifican de alguna forma específica la señal para ser entendida de mejor manera. Un ejemplo de ellos es al suprimir algunos componentes de frecuencia considerados como ruido.



Acondicionamiento
De la señal
 $H(w)$



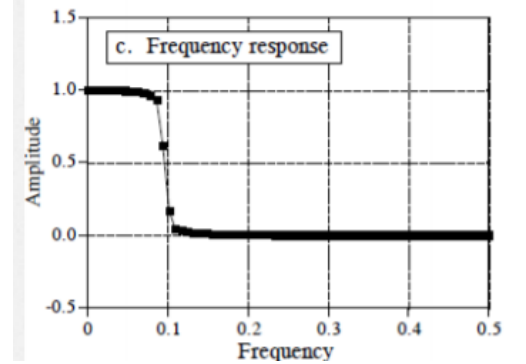
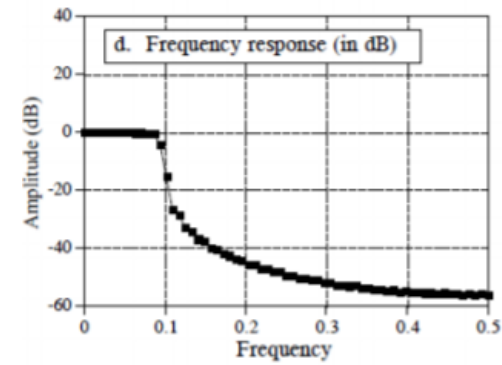
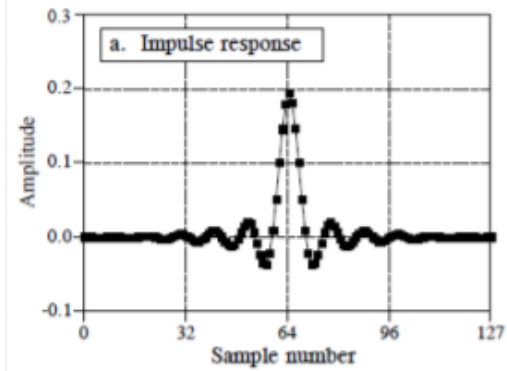
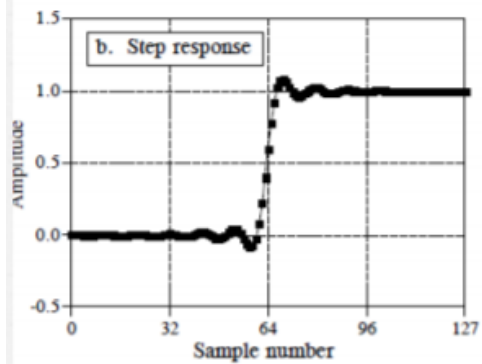
5. INTRODUCCIÓN

Los parámetros principales de un filtro lineal son:

- ❖ Respuesta al impulso (impulse response)
- ❖ Respuesta al escalón (step response)
- ❖ Respuesta a la frecuencia (Frequency response)

Estos parámetros caracterizan completamente al filtro. Si se conoce uno de ellos, pueden calcularse los demás.

La respuesta al impulso de filtros lineales se conoce como el “kernel” (núcleo del filtro)



5. INTRODUCCIÓN

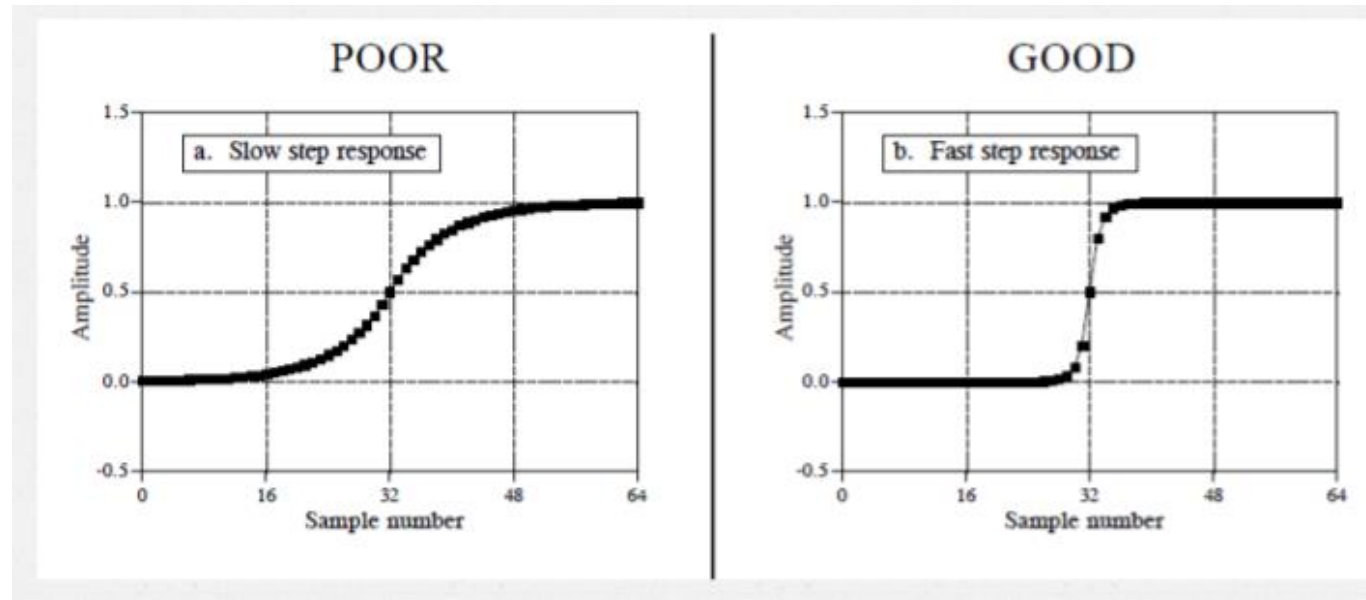
5.1 Parámetros en el dominio del tiempo

La respuesta al escalón en un filtro es importante, pues indica como se responde a cambios entre regiones no similares, por ejemplo, cuando un evento empieza o termina. Además, indica que tan bien se desempeña un filtro en el dominio del tiempo.

- ❖ Velocidad de transición (risetime)
- ❖ Cambio en la amplitud del escalón (Overshoot)
- ❖ Simetría entre las mitades superior e inferior del pulso (linealidad de fase)

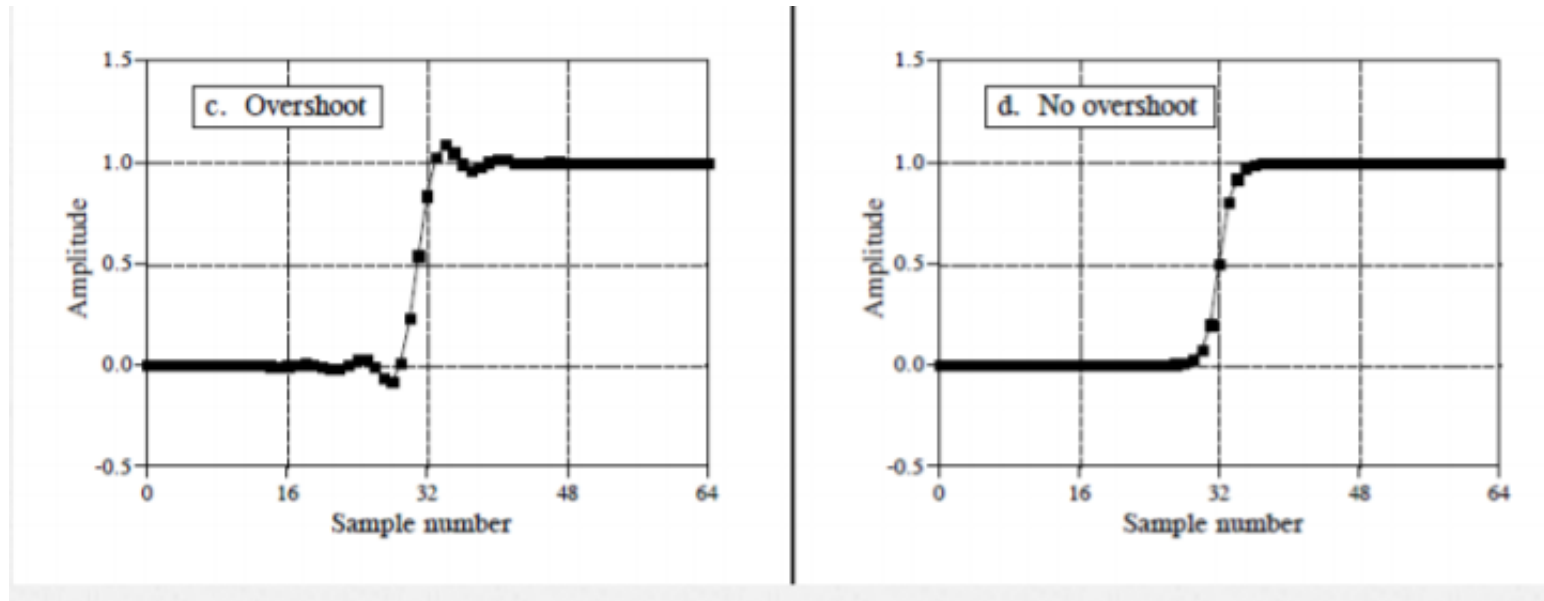
5.1 Parámetros en el dominio del tiempo

Velocidad de transición (risetime)



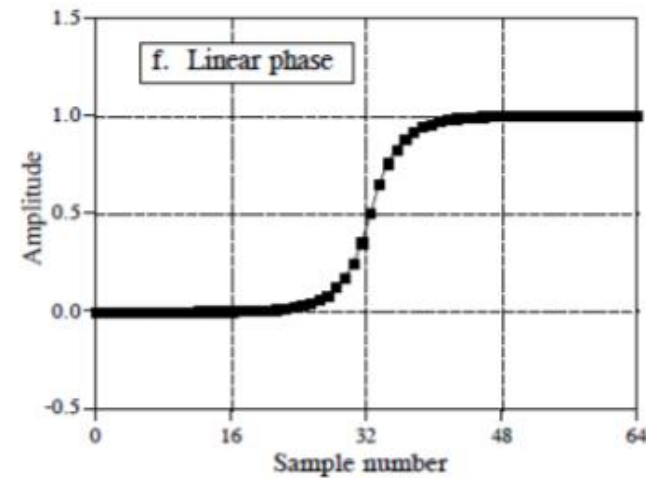
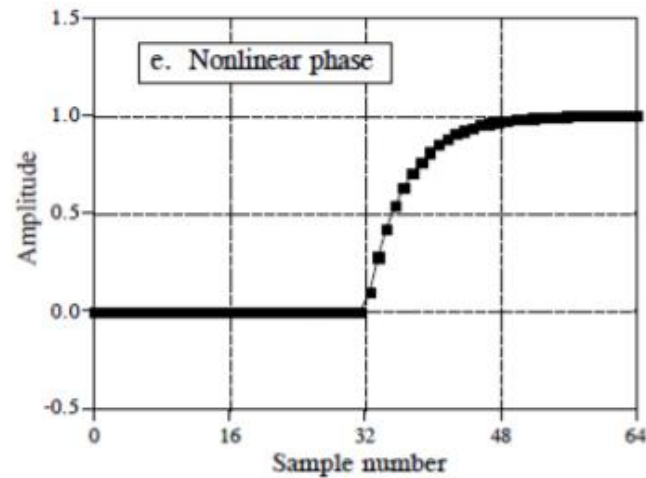
5.1 Parámetros en el dominio del tiempo

Cambio en la amplitud del escalón (Overshoot)



5.1 Parámetros en el dominio del tiempo

Simetría entre las mitades superior e inferior del pulso (linealidad de fase)



5.2 Parámetros en el dominio de la frecuencia

Ganancia: $K \frac{V_{out}}{V_{in}}$, $20 \log |k| = KdB$

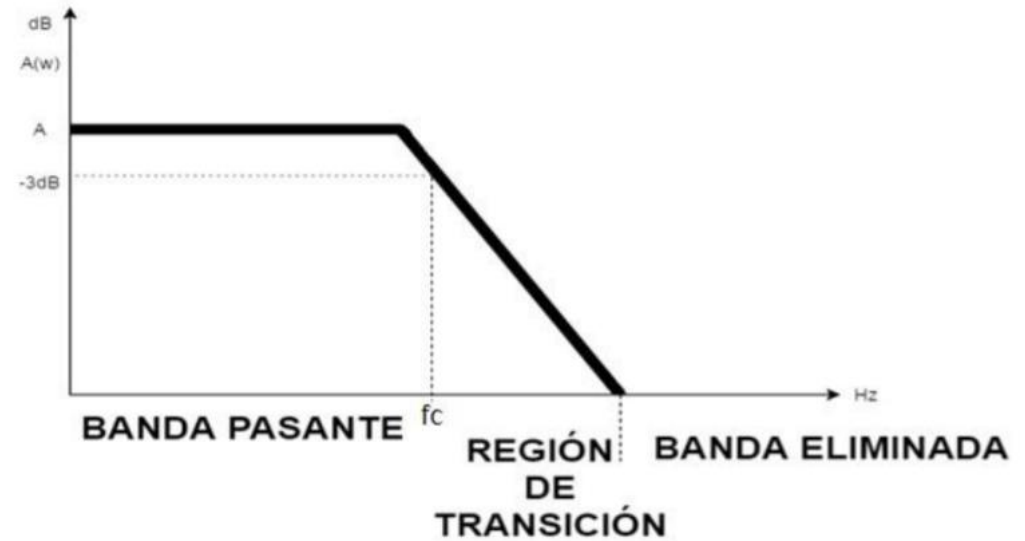
Frecuencia de corte: De forma real la frecuencia de corte tiene una atenuación de -3dB.

$$V_{fc} = V_i * 0.707$$

Banda Pasante: $V_o = K v_{in}$

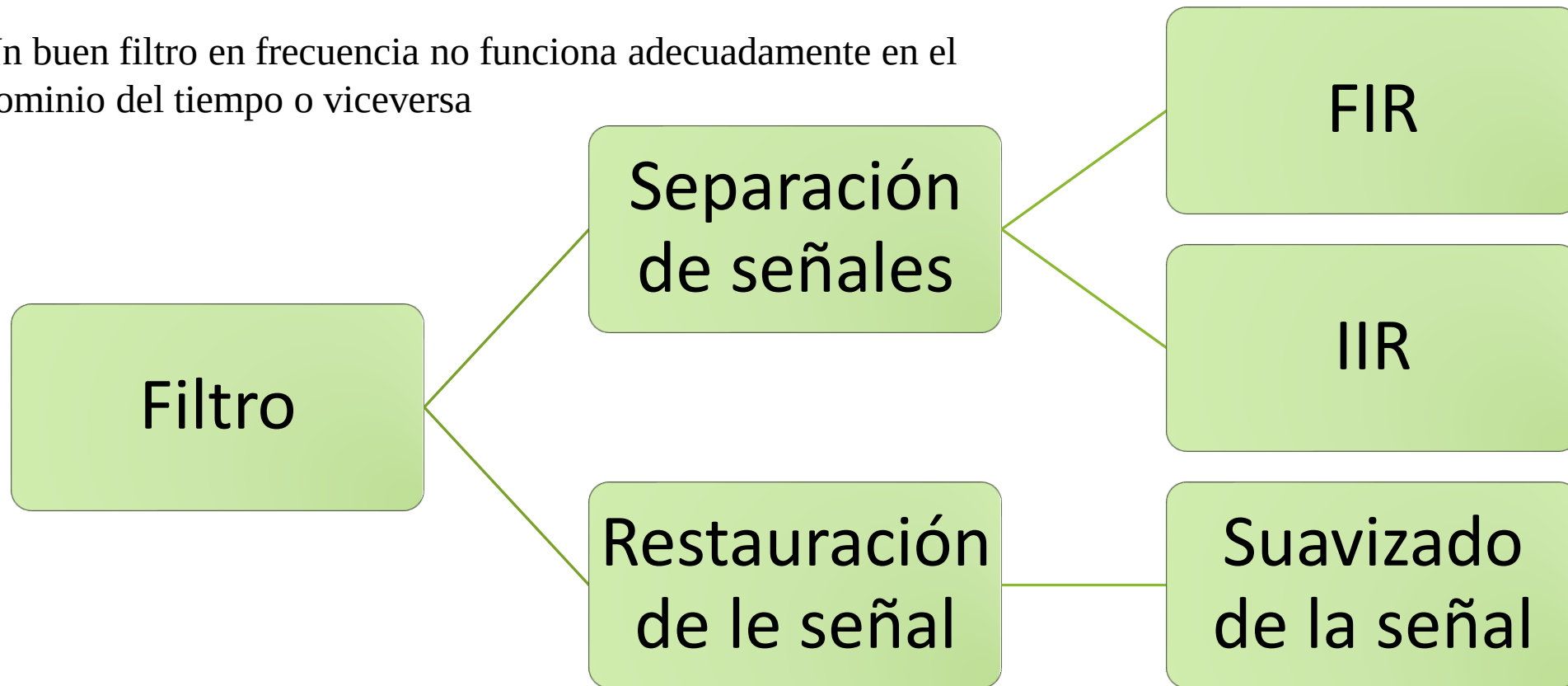
Región de transición: Es la zona donde se presenta la pendiente de caída de ganancia, que va desde la frecuencia de corte del filtro, hasta la banda eliminada. En esta zona, la pendiente del filtro puede variar, dependiendo del tipo de aproximación que se ocupe al momento de diseñar el filtro activo.

Banda eliminada: Es el rango de frecuencias que se encuentra después de la región de transición, donde la ganancia es mínima, por lo tanto, el voltaje a la salida tiende a cero.

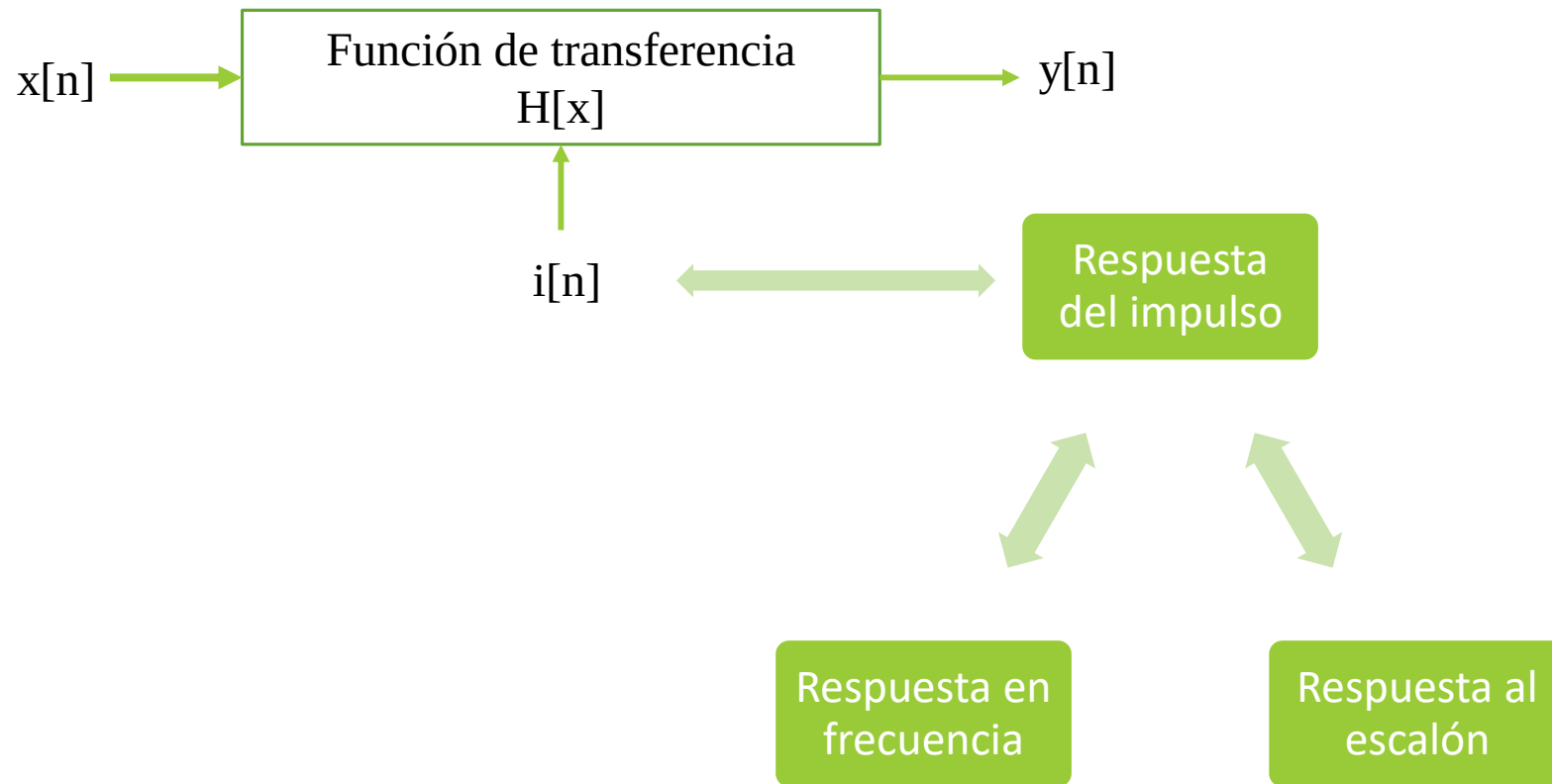


5.3 Tipos de filtro

Un buen filtro en frecuencia no funciona adecuadamente en el dominio del tiempo o viceversa

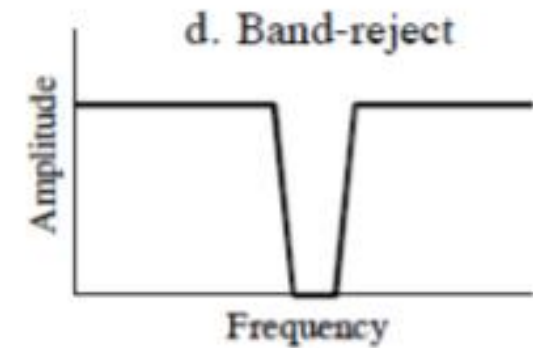
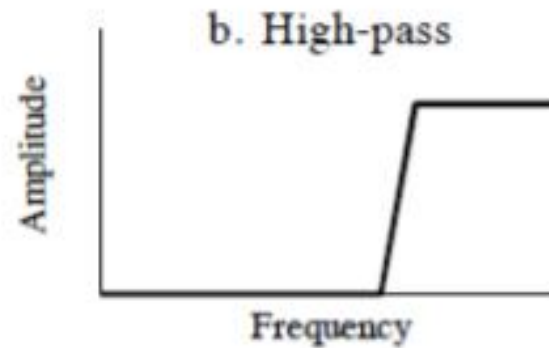
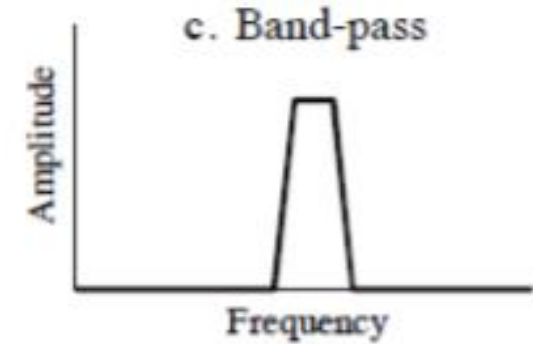
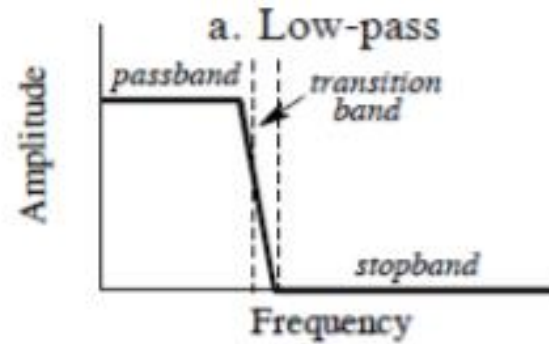


5.4 Métodos Kernel de filtros



5.4 Tipos de filtro

- ❖ Filtro pasa bajos
- ❖ Filtro pasa altos
- ❖ Filtro pasa banda
- ❖ Filtro rechaza banda



5.4.1 Filtros de Respuesta finita al impulso (FIR)

Generalmente se basan en el criterio de la convolución

$$y[n] = \sum_m b_m x(n - m)$$

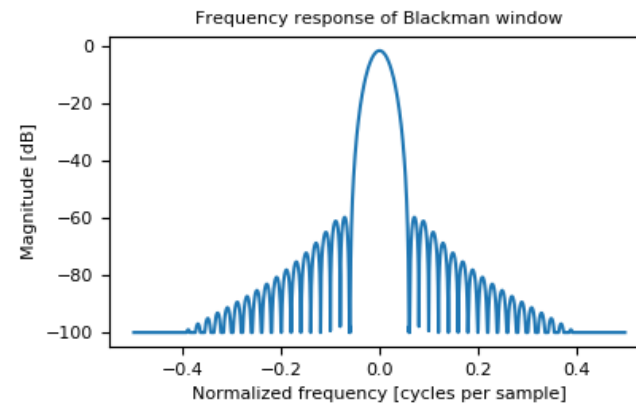
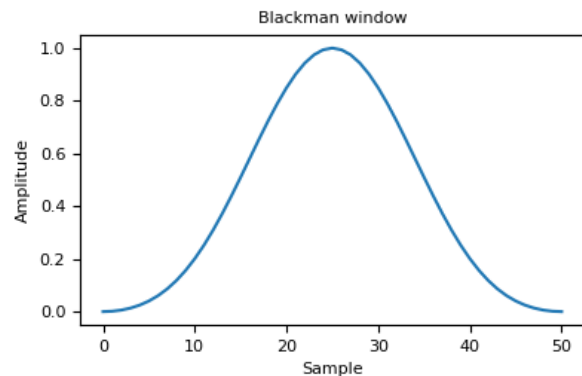
- Un filtro FIR puede ser diseñado para tener fase lineal.
- Siempre son estables porque son hechos únicamente con ceros en el plano complejo.
- Los errores por desbordamiento no son problemáticos porque la suma de productos en un filtro FIR es desempeñada por un conjunto finito de datos.
- Un filtro FIR es fácil de comprender e implementar.
- La salida siempre es una combinación lineal de los valores presentes y pasados de la señal de entrada.
- Tiene memoria finita

5.4.1 Filtros de Respuesta finita al impulso por ventanas

Ventana de Blackman

$$w(n) = 0.42 - 0.5 \cos(2\pi n/M) + 0.08 \cos(4\pi n/M)$$

La mayoría de las referencias a la ventana Blackman provienen de la literatura de procesamiento de señales, donde se utiliza como una de las muchas funciones de ventanas para suavizar los valores de entrada.

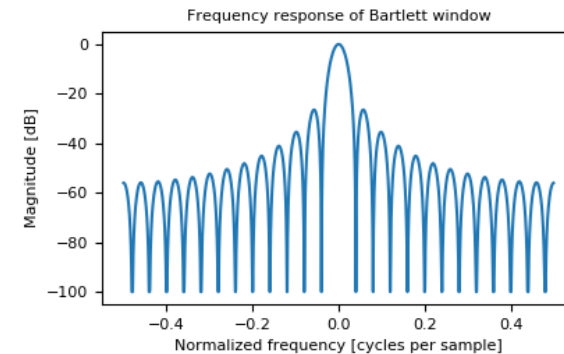
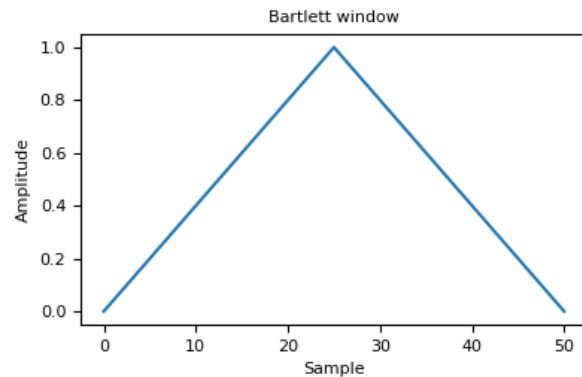


5.4.1 Filtros de Respuesta finita al impulso por ventanas

Ventana de Bartlett

$$w(n) = \frac{2}{M-1} \left(\frac{M-1}{2} - \left| n - \frac{M-1}{2} \right| \right)$$

La ventana de Bartlett es muy similar a una ventana triangular, excepto que los puntos finales están en cero. A menudo se usa en el procesamiento de señales para reducir una señal, sin generar demasiada ondulación en el dominio de la frecuencia.

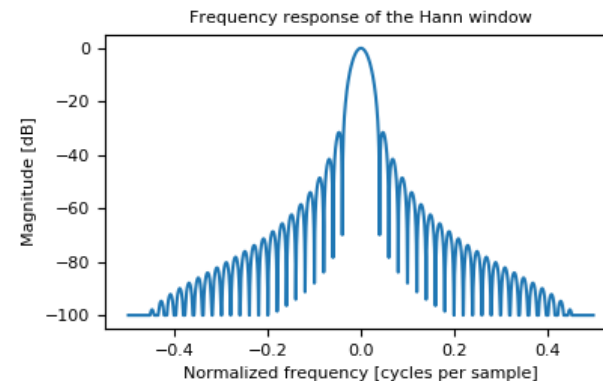
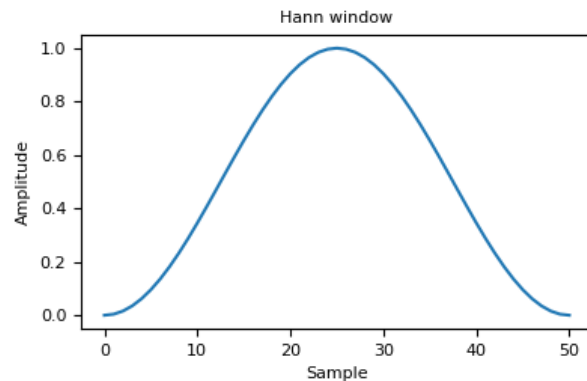


5.4.1 Filtros de Respuesta finita al impulso por ventanas

Ventana de Hanning

$$w(n) = 0.5 - 0.5\cos\left(\frac{2\pi n}{M-1}\right) \quad 0 \leq n \leq M-1$$

Algunos autores prefieren que se llame una ventana de Hann, para ayudar a evitar confusiones con la ventana de Hamming muy similar. La mayoría de las referencias a la ventana de Hanning provienen de la literatura de procesamiento de señales, donde se utiliza como una de las muchas funciones de ventanas para suavizar los valores.

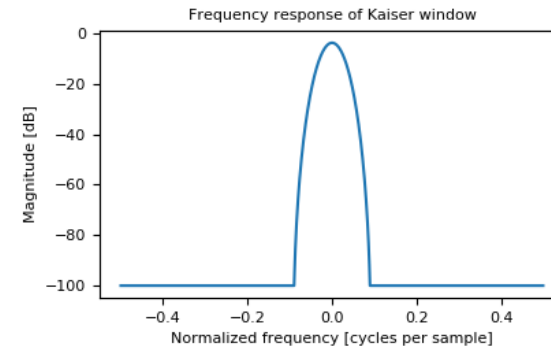
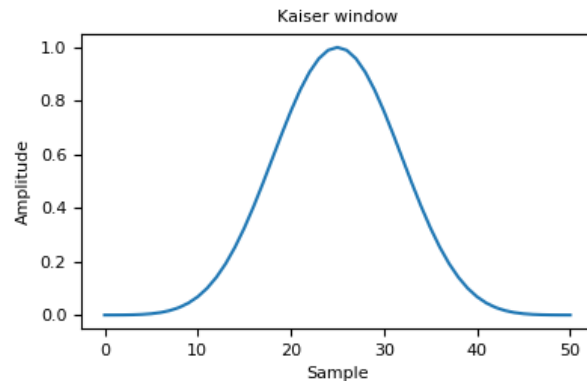


5.4.1 Filtros de Respuesta finita al impulso por ventanas

Ventana de Kaiser

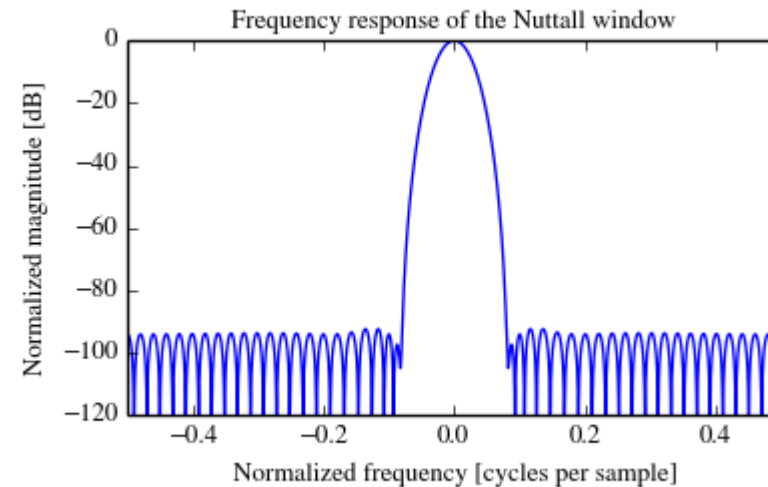
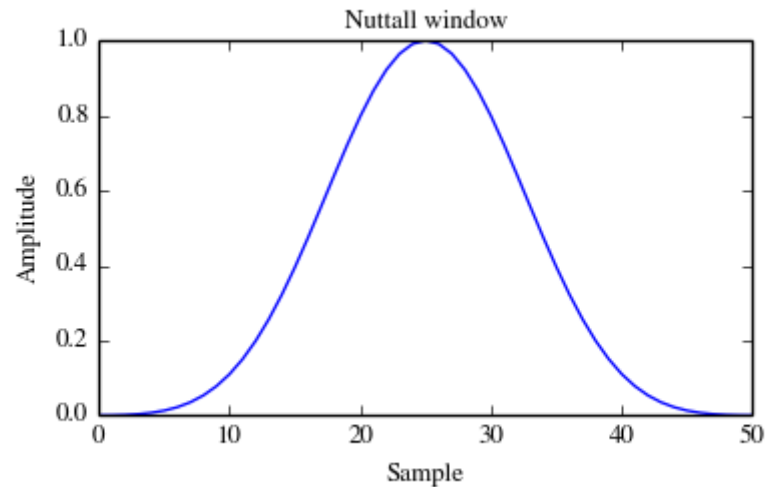
$$w(n) = I_0 \left(\beta \sqrt{1 - \frac{4n^2}{(M-1)^2}} \right) / I_0(\beta)$$

Algunos autores prefieren que se llame una ventana de Hann, para ayudar a evitar confusiones con la ventana de Hamming muy similar. La mayoría de las referencias a la ventana de Hanning provienen de la literatura de procesamiento de señales, donde se utiliza como una de las muchas funciones de ventanas para suavizar los valores.



5.4.1 Filtros de Respuesta finita al impulso por ventanas

Ventana de Nuttall



5.4.1 Filtros de Respuesta infinita al impulso (IIR)

$$y[n] = \sum_m b_m x(n - m) - \sum_m a_m y(n - m)$$

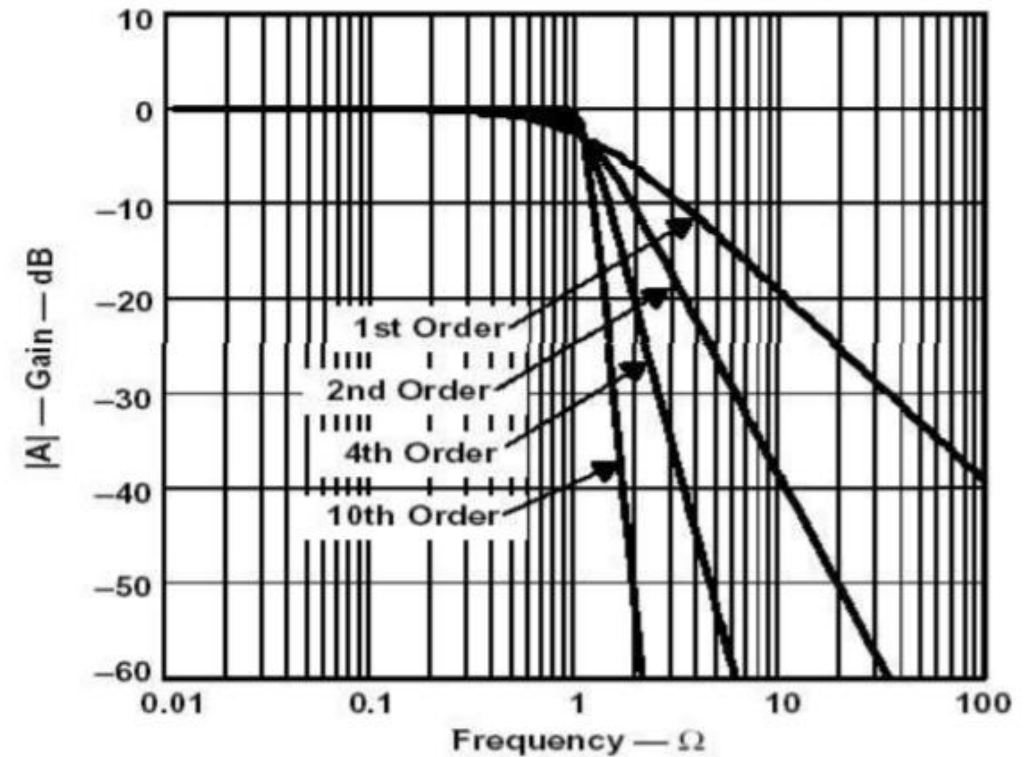
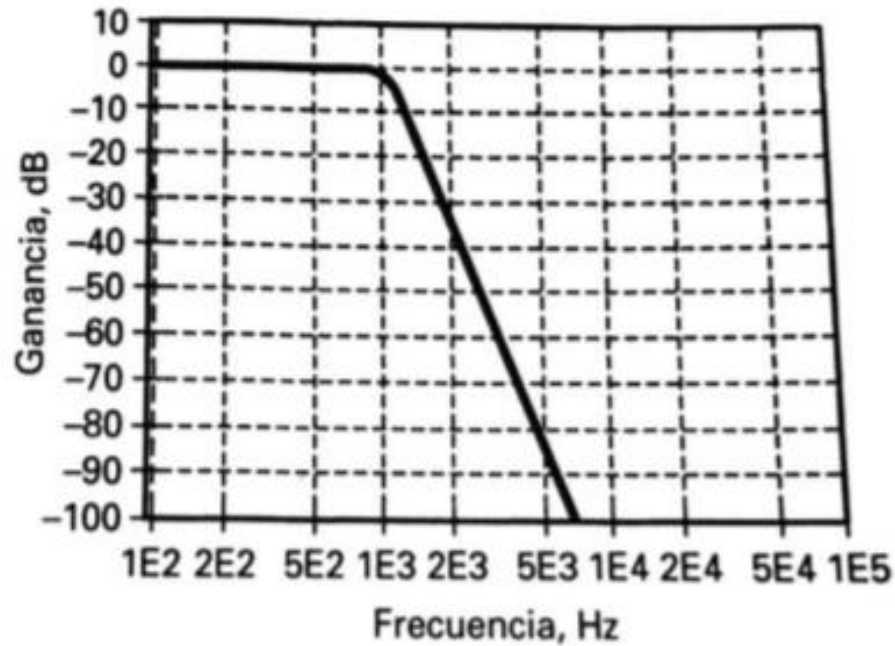
- Los filtros IIR requieren menos memoria y menos instrucciones para implementar su función de transferencia.
- Un filtro IIR se diseña mediante el cálculo de polos y ceros en el plano complejo.
- El uso de polos confieren a un filtro IIR la capacidad de implementar funciones de transferencia que es imposible de realizar mediante filtros FIR.

Es posible trasladar un filtro IIR a un modelo analítico. Sin embargo, algunas consideraciones que se deben tener en cuenta en la implementación de filtros IIR son las siguientes:

- Los filtros IIR no son necesariamente estables, es tarea del diseñador buscar la estabilidad del sistema.
- Los filtros IIR producen en general distorsión de fase.

5.4.1 Filtros de Respuesta infinita al impulso (IIR)

Butterworth



5.4.1 Filtros de Respuesta infinita al impulso (IIR)

Si se diseña usando aproximación Butterworth, se obtiene una respuesta plana en la banda pasante, esto se refleja en un voltaje de salida constante hasta la o las frecuencias de corte. Debido a su respuesta plana, se suele usar en los filtros anti-aliasing y en aplicaciones de conversión de datos; en general, donde sea necesario conseguir una buena precisión de medida en la banda de paso. Sin embargo en su respuesta temporal presenta un considerable sobreimpulso que aumenta con el orden del filtro.

Cabe destacar que mientras más alto sea el orden del filtro, más pronunciada será la pendiente, por lo tanto, el desempeño del filtro se asemejará más al comportamiento de un filtro ideal

5.4.1 Filtros de Respuesta infinita al impulso (IIR)

Chebyshev:

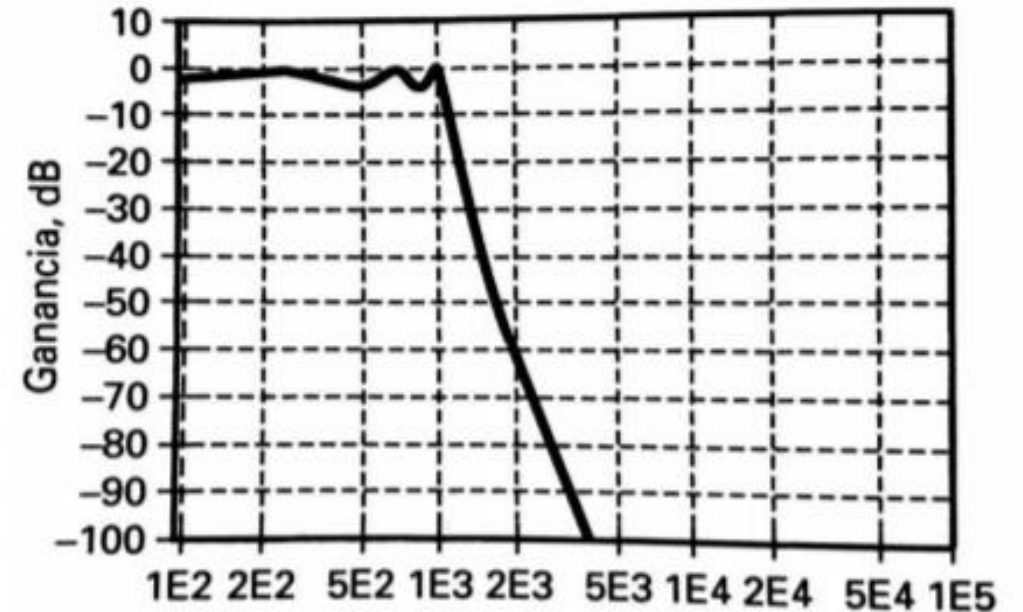
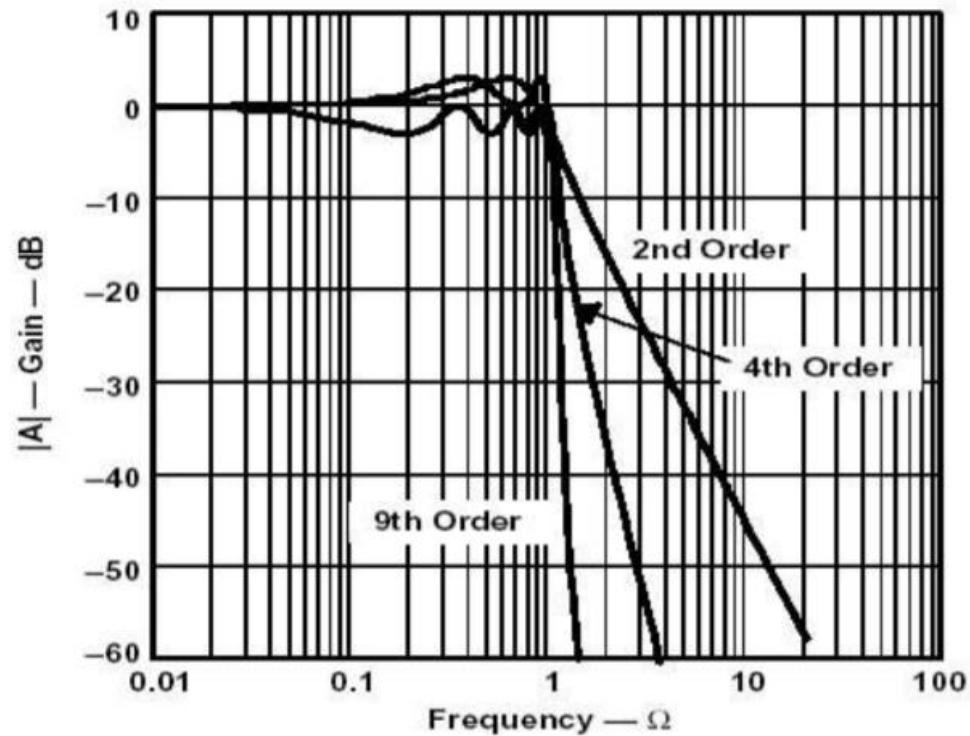
Se obtiene una pendiente más pronunciada que un Butterworth en la región de transición, sin embargo, su respuesta en la banda pasante no es plana, sino que se presentarán rizados. El número de rizados se obtiene a partir de:

$$N \text{ de rizados} = n / 2$$

Donde n es el número de rizados. Mientras más alto sea el orden del filtro, más pronunciada será la pendiente, pero a su vez habrán más rizados en la banda pasante.

La transición a partir de la frecuencia es muy abrupta, pero en la banda de paso tenemos un rizado. Su utilización se restringirá a aquellas aplicaciones en las que el contenido de frecuencias es más importante que la magnitud.

5.4.1 Filtros de Respuesta infinita al impulso (IIR)



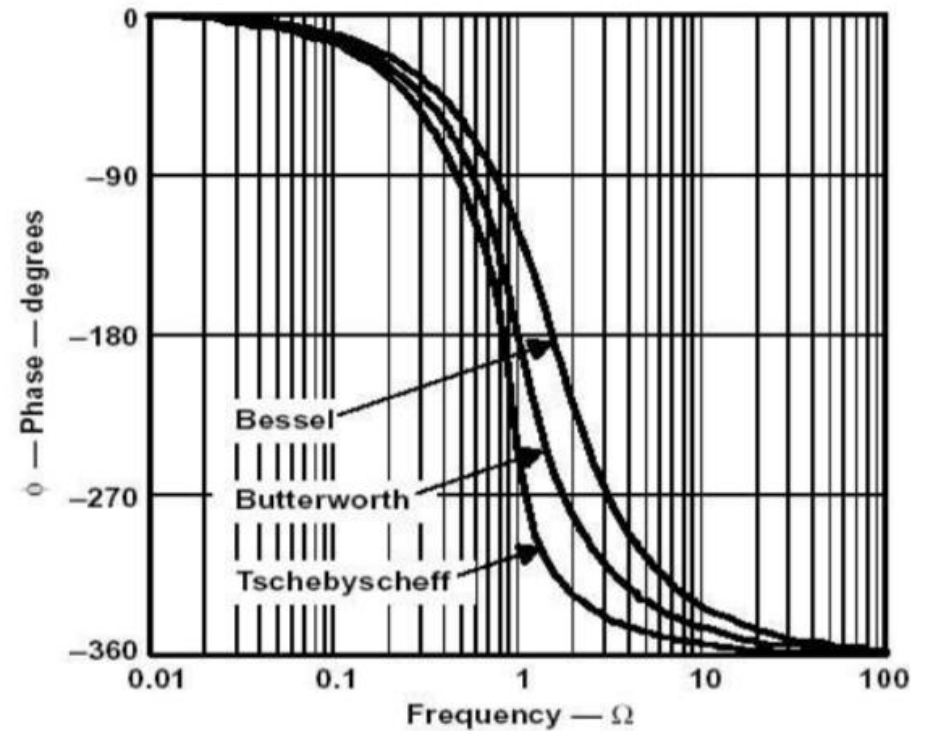
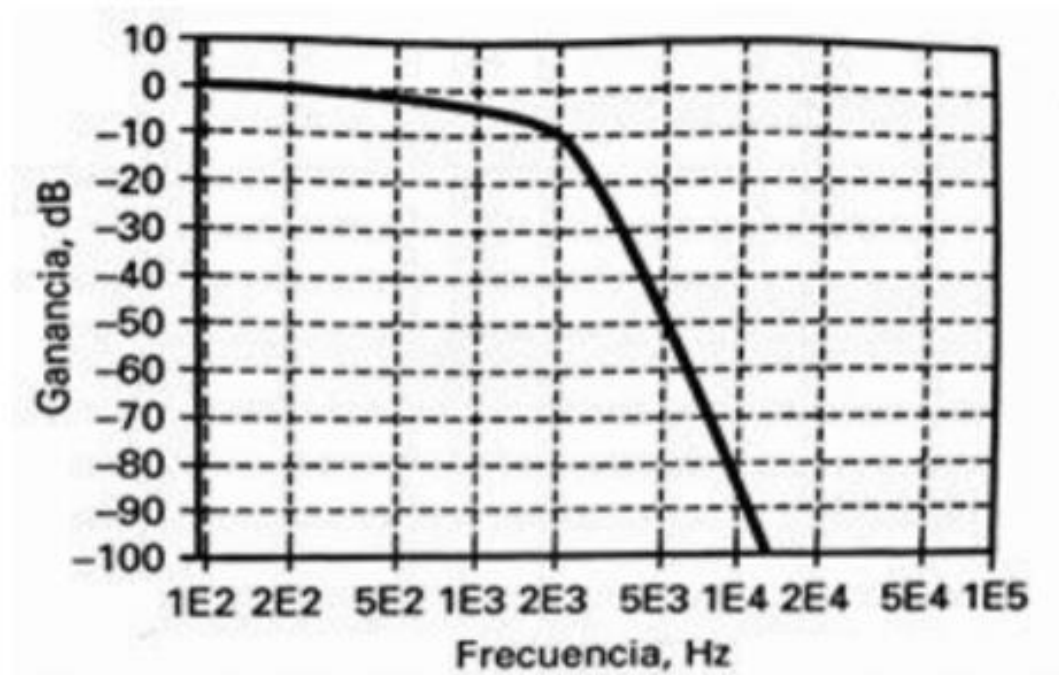
5.4.1 Filtros de Respuesta infinita al impulso (IIR)

Bessel:

Este tipo de aproximación posee la pendiente menos pronunciada de todas en la región de transición. Ofrece una respuesta plana en la banda pasante y en una respuesta monotónica en la banda eliminada.

Tiene una respuesta lineal con respecto a la fase, lo cual resulta en un retardo constante en todo el ancho de banda deseado.

5.4.1 Filtros de Respuesta infinita al impulso (IIR)



5.4.1 Filtros de Respuesta infinita al impulso (IIR)

