

### TAREA 3: Diseño de Filtros Digitales

**Instrucciones:** La tarea deben desarrollarla en grupos de **tres personas** y entregar un archivo .rar o .zip en el TEC-Digital (en el lugar designado) que contenga los archivos .m desarrollados (cada ejercicio por separado) y un documento .pdf que contenga las explicaciones de cómo resolvieron cada ejercicio, los resultados obtenidos y cualquier nota que sea necesaria en cada solución o investigación. El código desarrollado en cada archivo .m debe estar debidamente comentado con el fin de su comprensión. Pueden utilizar la herramienta de Matlab u Octave en la solución.

La fecha de entrega de la tarea será a más tardar el **19/5/2019 a las 11:59pm**.

- **Ejercicio #1.** Determine y dibuje el módulo y la fase de la respuesta en frecuencia de los siguientes sistemas mostrados en la Figura 1.

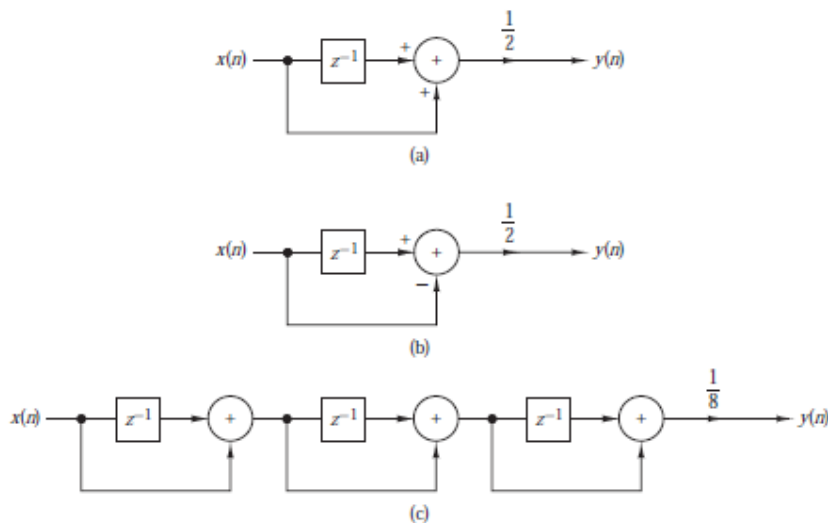


Figura 1. Diagramas de bloques de los sistemas del ejercicio 1

- **Ejercicio #2.** Considere un sistema en tiempo discreto definido por:

$$y(n) = (1 - a)x(n) - ay(n - 1)$$

Si  $a = 0.8$  y  $y(-1) = 0$ .

- Calcule la salida  $y_i(n)$  del sistema si la señal de entrada es  $x_i(n) = \sin(2\pi f_i n)$ , con  $f_i = \left[\frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{10}, \frac{1}{20}\right]$  para  $0 \leq n \leq 100$ .
- Calcule y dibuje el módulo y la fase de la respuesta en frecuencia del sistema y justifique los resultados obtenidos en el punto a.

- **Ejercicio #3.** Considere el filtro digital mostrado en la Figura 2.

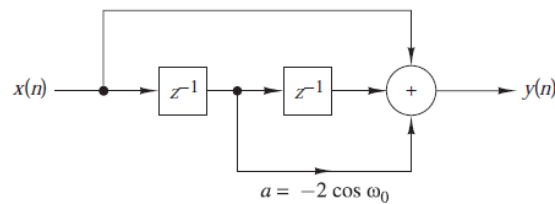


Figura 2. Filtro digital

- Determine la relación de entrada-salida y la respuesta al impulso  $h(n)$ .
- Determine y dibuje el módulo y la fase de la respuesta en frecuencia del filtro.
- Defina las frecuencias que son bloqueadas por el filtro.
- Para  $\omega_0 = \frac{\pi}{2}$ , determine la salida  $y(n)$  para la entrada  $x(n) = 2\sin\left(\frac{\pi}{5}n + 10^\circ\right)$ ,  $-\infty < n < \infty$ .

- **Ejercicio #4.** Diseñe un filtro digital de hendidura que permita bloquear la frecuencia de 60 Hz. El filtro debe operar a una frecuencia de muestreo de 300 Hz. El filtro debe ser capaz de permitir pasar señales de 50 Hz con atenuación mínima. Para ello, diseñe el filtro con la capacidad de cumplir las especificaciones propuestas. Así:
  - Defina la función de transferencia.
  - Dibuje el módulo y fase del filtro.
  - Establezca la ecuación de diferencias y el diagrama de bloques del sistema.
  - Implemente el sistema en Matlab/Octave y realice una prueba con la siguiente señal de entrada:  $x(t) = 2 + \cos(100\pi t + \pi) + \sin\left(120\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$ ,  $-\infty < t < \infty$ . Dibuje la entrada y la respuesta del sistema obtenida.

- **Ejercicio #5.** Convierta el filtro paso altos con la función de sistema  $H(z) = \frac{1-z^{-1}}{1+az^{-1}}$ ,  $|a| < 1$ , en un filtro peine que rechace la frecuencia  $\omega_0 = \pi/3$  y sus armónicos.
  - a. Determine la ecuación de diferencias.
  - b. Dibuje el patrón de polos y ceros.
  - c. Dibuje el módulo de la respuesta para ambos filtros.
- **Ejercicio #6.** Investigue, diseñe e implemente un sistema en tiempo discreto que permita generar dos señales sinusoidales acopladas de forma ortogonal, las cuales puedan ser utilizadas como portadoras para la modulación en cuadratura de fase. Esto implica poder generar dos señales como respuesta como  $y_1(n) = A \sin(\omega_0 n)$  y  $y_2(n) = A \cos(\omega_0 n)$  al mismo tiempo. La implementación debe realizarse en Matlab/Octave y debe mostrar como salida la imagen de ambas sinusoidales generadas. Además, la imagen debe tener el dato de la frecuencia de generación la cual se ingresará como parámetro de entrada a la función por implementar. En el informe de la tarea muestre el caso  $\omega_0 = \frac{2\pi}{10}$ .
- **Ejercicio #7.** Una señal de voz con un ancho de banda  $B = 10 \text{ kHz}$  se muestrea a  $F_s = 20 \text{ kHz}$ . Suponga que la señal se distorsiona mediante la adición de cuatro sinusoides de frecuencias:

$$F_1 = 10000 \text{ Hz}$$

$$F_2 = 7778 \text{ Hz}$$

$$F_3 = 8889 \text{ Hz}$$

$$F_4 = 6667 \text{ Hz}$$

Diseñe un filtro LTI que permita eliminar dichas componentes en frecuencias. Para este diseño debe valorar entre cumplir con las especificaciones propuestas y plantear el modelo más sencillo posible. Para ello debe justificar su propuesta.

Debe presentar:

- a. Diagrama de bloques del sistema.
- b. Función de transferencia.
- c. Ecuación de diferencias.
- d. Respuesta en frecuencia.
- e. Gráfico de respuesta de magnitud y fase.
- f. Ventajas y desventajas de su solución.

- **Ejercicio #8.** Una señal de audio con un ancho de banda  $B = 22\text{ kHz}$  se muestrea a  $F_s = 44,1\text{ kHz}$ . Diseñe un filtro paso bajos con frecuencia de corte de 5 kHz. El filtro debe presentar a la frecuencia de corte una ganancia de -3dB. Para este diseño, debe valorar entre cumplir con las especificaciones propuestas y plantear el modelo más sencillo posible. Recuerde que debe justificar su propuesta.

Su diseño debe presentar:

- a. Diagrama de bloques del sistema.
- b. Función de transferencia.
- c. Ecuación de diferencias.
- d. Respuesta en frecuencia.
- e. Gráfico de respuesta de magnitud y respuesta de fase.

Finalmente debe implementar el filtro y utilizarlo para filtrar un archivo de audio “Test.wav”. La idea es que diseñen una función llamada LowPassFilter(), la cual recibe el archivo de audio como parámetro de entrada y este debe filtrar la señal con el filtro diseñado y luego reproducir la función con alguna función de manejo de audio disponible en Matlab/Octave. El archivo “Test.wav” deben suministrarlo y no debe superar los 5MB de tamaño máximo (algún archivo de música, por ejemplo).