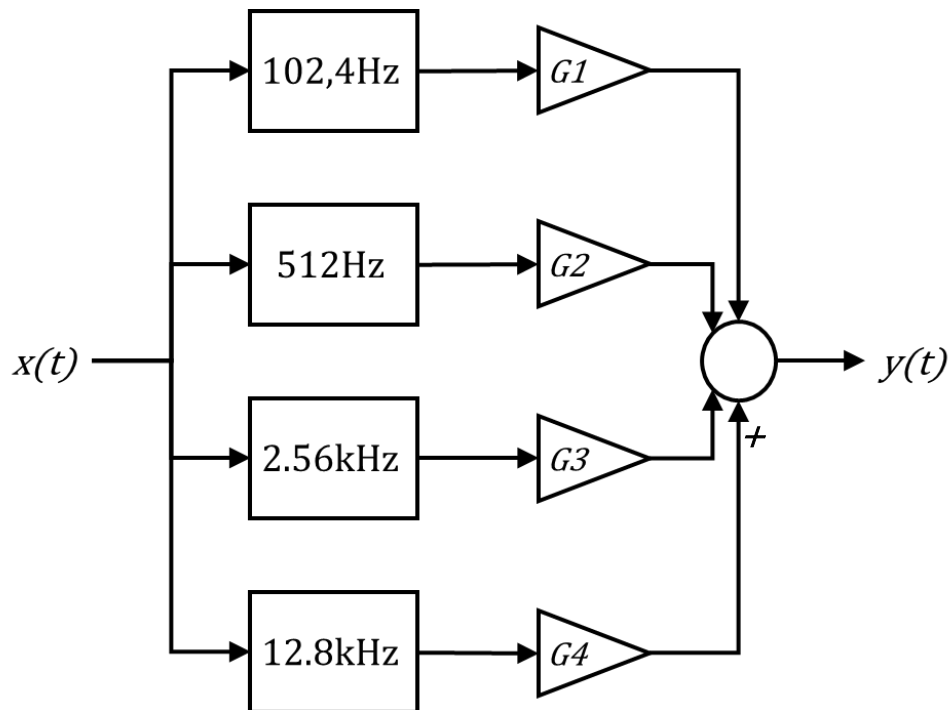


**Segundo Parcial Señales y Sistemas II**  
**Segundo Semestre 2025**  
**Grupo 3**

**Ecualizador de Audio de 4 bandas**

Un ecualizador es un dispositivo que permite ajustar el balance entre los componentes de frecuencia de una señal electrónica. Su aplicación más conocida es en señales de audio. Algunos reproductores de audio cuentan con una consola que permite controlar la ganancia de diferentes bandas de frecuencia del sonido, cambiando efectivamente el sonido que percibimos.

Se propone diseñar y simular tres versiones de un ecualizador de audio de 4 bandas, uno basados en filtros analógicos, otro en filtros digitales IIR y otro en filtros digitales FIR en Matlab. El sistema deberá filtrar la señal correspondiente con filtros que separen cada una de las 4 bandas, apliquen a cada banda la ganancia escogida, combinen (sumen) las señales de salida de los filtros y reproduzcan la señal ecualizada. Un diagrama de bloques del sistema sería:



Cada bloque rectangular representa un filtro. El valor de frecuencia indicado es el valor de la frecuencia central de cada filtro (ganancia 0dB a esta frecuencia). Observamos que la secuencia es logarítmica, pues cada frecuencia central es 5 veces la anterior. Se escogen de esta manera pues la respuesta del oído es logarítmica. La entrada del sistema será una señal monofónica, muestreada a 64kHz y de 16 bits almacenada en un vector y las ganancias  $G1$  a  $G4$  aplicadas a cada banda de

frecuencia. La salida será la señal de audio ecualizada. Para encontrar los límites de la banda de paso de cada filtro, calculamos la media geométrica de las frecuencias centrales. La atenuación de cada filtro en estas frecuencias será de 3dB. La atenuación de los filtros será 15dB en la frecuencia central del filtro anterior y/o posterior. Para la banda de 102,4Hz se implementarán filtros pasabajos y para la de 12.8kHz, pasaaltos. Los otros serán pasabanda. Finalmente, las ganancias a la salida de los filtros podrán tomar valores entre 0 y 2.

1. Diseñe filtros analógicos de Butterworth para simular el sistema con las características indicadas arriba. Calcule el orden para todos los filtros y use el orden mayor para diseñarlos todos.
2. Diseñe filtros IIR usando invariancia del impulso y transformación bilineal. Al igual que en el sistema analógico, escoja el orden mayor para todos los filtros. Reemplace el filtro pasaaltos por un tercer pasabanda para el diseño por invariancia del impulso. Compare las respuestas en frecuencia de los filtros obtenidos con los dos métodos para cada banda. Indique las diferencias entre ellos, si las hay, y escoja los filtros para simular una sola versión del sistema con filtros IIR.
3. Para el sistema digital FIR, diseñe los filtros requeridos utilizando ventanas. Escoja la ventana adecuada y el orden de acuerdo con las especificaciones generales indicadas anteriormente. Recuerden que, para los filtros FIR en Matlab, la atenuación límite en la banda de paso es 6dB. Para este caso los filtros pueden tener órdenes diferentes.
4. Monte tres versiones del sistema, una analógica, una usando filtros IIR y otra usando filtros FIR.
5. Escojan uno de los filtros pasabanda e indiquen como lo implementarían en funciones de transferencia de orden menor (1, 2 o 4). Hacer el ejercicio para el mismo filtro en las versiones analógica e IIR del sistema. Realice el mismo procedimiento para el filtro pasaaltos FIR.

Entrega: El taller se realizará en grupos de 2 o 3 personas, se entregará por Moodle en fecha definida en clase.

La entrega consistirá en un informe escrito en el que se indiquen:

- Procedimientos
- Cálculos
- Resultados intermedios,

involucrados en el proceso de diseño de todos los filtros.

Incluir en el informe gráficas de:

- Respuestas en magnitud y fase de todos los filtros.
- Espectros de magnitud de las señales de entrada y salida de cada filtro.
- Espectros de magnitud de la entrada y la salida del sistema para un vector de ganancias [0.25, 0.5, 1, 2].

También deberán entregar el código (archivos \*.m) donde se implementa el sistema con instrucciones para su utilización.

Evaluación:

- Funcionamiento correcto de las tres versiones: 1.25
- Diseño de los filtros analógicos: 1.25
- Diseño de los filtros IIR: 1.25.
- Diseño de los filtros FIR: 1.25