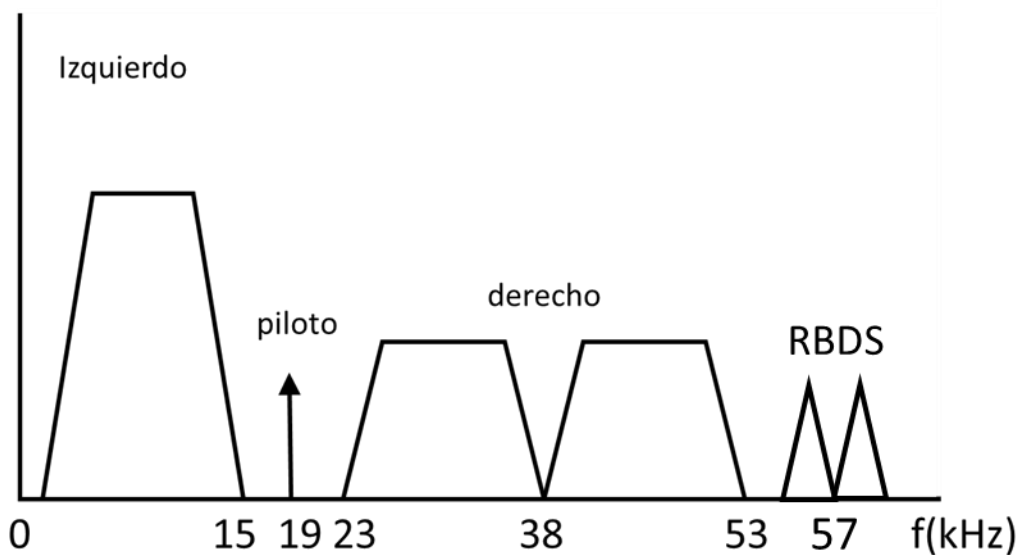


**Taller de Matlab**  
**Análisis de Fourier**  
**Señales y Sistemas I**  
**Segundo Semestre 2024**  
**Grupos 1 y 7**

**Multiplexor y Demultiplexor para Señales Estéreo**

Una señal de audio en estéreo está compuesta por dos componentes, normalmente registrados con dos micrófonos diferentes, uno hacia el lado derecho y otro hacia el lado izquierdo. Al ser reproducida, los dos componentes se reproducirán simultáneamente por parlantes ubicados al lado izquierdo y al lado derecho, para generar un efecto similar al generado por la señal en su momento de su captura.

Para transmitir esta señal, sus dos componentes se multiplexan en banda base, para generar una señal con un espectro como la de la figura:



*Figura 1. Espectro de una señal en estéreo multiplexada.*

Observamos dos componentes de señal, uno en banda base (0 a 15kHz) correspondiente a la señal izquierda y otro modulado en amplitud a 38kHz, correspondiente a la señal derecha. La señal también incluye un tono a 19kHz, que se usa para demodular la señal derecha y un componente llamado RBDS, que contiene información sobre la transmisión.

Para este taller se propone simular en Matlab el sistema de multiplexación y demultiplexación de una señal FM estéreo, obviando el componente RBDS, pues para este se requieren conceptos fuera del alcance del curso. Para generar la señal

multiplexada se utiliza el sistema cuyo diagrama de bloques se presenta en la siguiente figura (se ha omitido el componente RBDS):

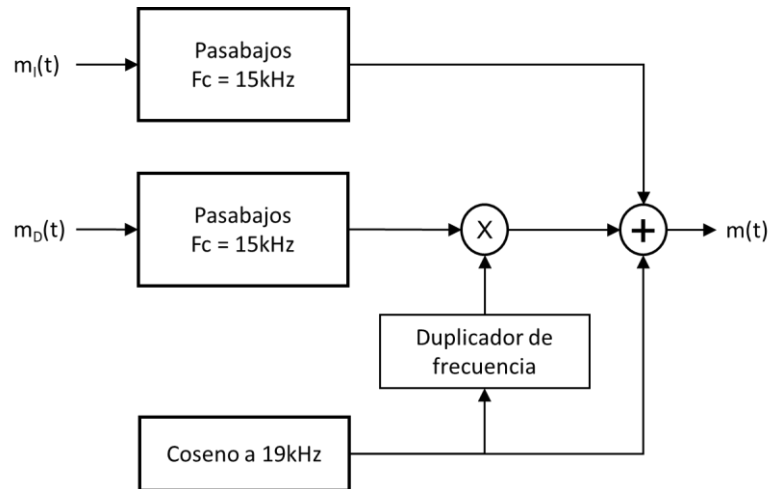


Figura 2. Diagrama en bloques, multiplexor estéreo (sin RBDS)

$m_I(t)$  representa la señal del canal izquierdo,  $m_D(t)$  la del canal derecho y  $m(t)$  la señal transmitida. Para demultiplexar esta señal y recuperar las señales izquierda y derecha se usa un sistema como el de la figura siguiente ( $m(t)$ ,  $m_I(t)$  y  $m_D(t)$  son las mismas señales del diagrama anterior).

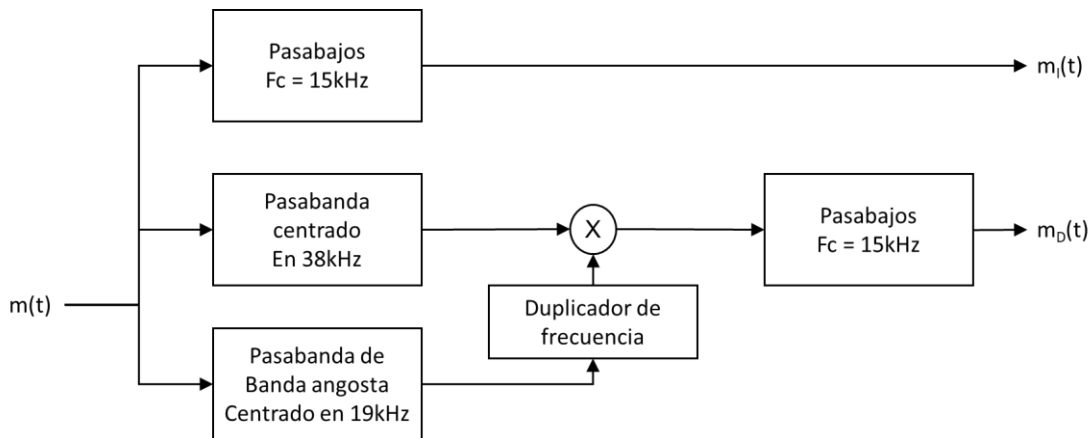


Figura 3. Diagrama en bloques, demultiplexor estéreo (sin RBDS)

Los duplicadores de frecuencia no se implementarán, cuando se necesite su salida se puede generar un coseno a  $38\text{kHz}$  localmente. Las multiplicaciones y sumas en los dos sistemas se llevarán a cabo en el dominio del tiempo, mientras que los filtros se implementarán en el dominio de la frecuencia. Los filtros serán ideales, con ganancia 1 en la banda de paso y una respuesta en fase igual a cero.

Al estar simulando en un medio digital un sistema analógico, se requiere que las señales estén muestreadas. Para que la señal multiplexada pueda contener toda la

información indicada se requiere que esta esté muestreada a una frecuencia de, al menos, el doble del ancho de banda de la señal (tasa de Nyquist). Para este caso, dado que las señales de audio originales tienen un ancho de banda de 15kHz (Ver canal izquierdo en la Figura 1), estas estarán muestreadas a 30kHz (se recomienda grabar las señales de prueba que vaya a utilizar ustedes con esa frecuencia de muestreo). Tomaremos una frecuencia de muestreo igual a 4 veces la frecuencia de muestreo de las señales de audio originales:

$$4 \times 30\text{kHz} = 120\text{kHz}$$

Todo el procesamiento de las señales, tanto en el modulador como en el demodulador se deberá hacer a 120kHz. Para subir la frecuencia de muestreo de las señales de audio se puede utilizar el comando:

```
MU = interp(M, 4);
```

La señal M será la señal muestreada a 30kHz y la señal MU quedará muestreada a 120kHz. Las salidas del demodulador deberán ser devueltas a 30kHz para poder ser escuchadas, para ello se recomienda usar el comando:

```
M = decimate(MU, 4);
```

Una vez remuestreadas a 30kHz, los dos canales se deben juntar en una matriz vertical, para que sean reproducidos como una señal estéreo. Estas se podrán reproducir utilizando el comando:

```
sound(YD, 30000);
```

Junto al enunciado encontrarán dos señales de prueba para el demultiplexor, la primera contiene una señal en estéreo y en la segunda se usaron dos señales diferentes en cada canal, para que los puedan probar individualmente. Se recomienda implementar el demultiplexor primero y verificar su funcionamiento usando estas señales de prueba. Después, para probar su multiplexor, pueden utilizar las señales que uds deseen, verificado la salida con la ayuda del demultiplexor.

Entrega: El taller se realizará en grupos de 2 o 3 personas, se entregará por Moodle en fecha a definir en clase. Se recuerda que los grupos de trabajo deben ser completamente diferentes a los del taller anterior. Se les solicita enviarme la lista de integrantes de su grupo tan pronto la tengan.

La entrega consistirá en el código utilizado para montar el multiplexor y demultiplexor un informe escrito en el que se explique el funcionamiento de los dos sistemas, los cálculos, consideraciones o características necesarias para la

simulación de los dos sistemas y las instrucciones de uso del código. El informe debe incluir gráficas de los espectros de magnitud de:

- Las entradas y salidas de los dos sistemas.
- Las salidas de cada filtro, multiplicador y sumador.

Tenga en cuenta las indicaciones que se dieron en clase para la aproximación de la transformada de Fourier de señales continuas usando Matlab.