

PROYECTO INTEGRADOR – GRUPO 2

MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN EN FRECUENCIA (DFM)  
APLICADO EN TELEFONÍA FIJA

Se implementará el sistema de multiplexado realizado en la Práctica de Laboratorio N°3, con las modificaciones que se indican.

El sistema se implementará en Matlab. Para que la estructura del sistema y las funciones desarrolladas puedan trasladarse a una implementación en tiempo real soportada por un microprocesador, las señales de entrada se procesarán en un bucle (lazo "for" o "while"), muestra a muestra; esto en el microprocesador se hace con interrupciones.

Las señales de entrada de banda base correspondientes a los canales de voz están limitadas entre 300 Hz a 3,4 kHz y están digitalizadas a una frecuencia de muestreo de 8 kHz, se utilizarán las señales obtenidas en la Práctica de Laboratorio N°2.

La señal de banda ancha de la señal multiplexada estará digitalizada a una frecuencia de muestreo de 328 kHz.

Las señales de salida de voz en banda base estarán digitalizadas a una frecuencia de muestreo de 8 kHz

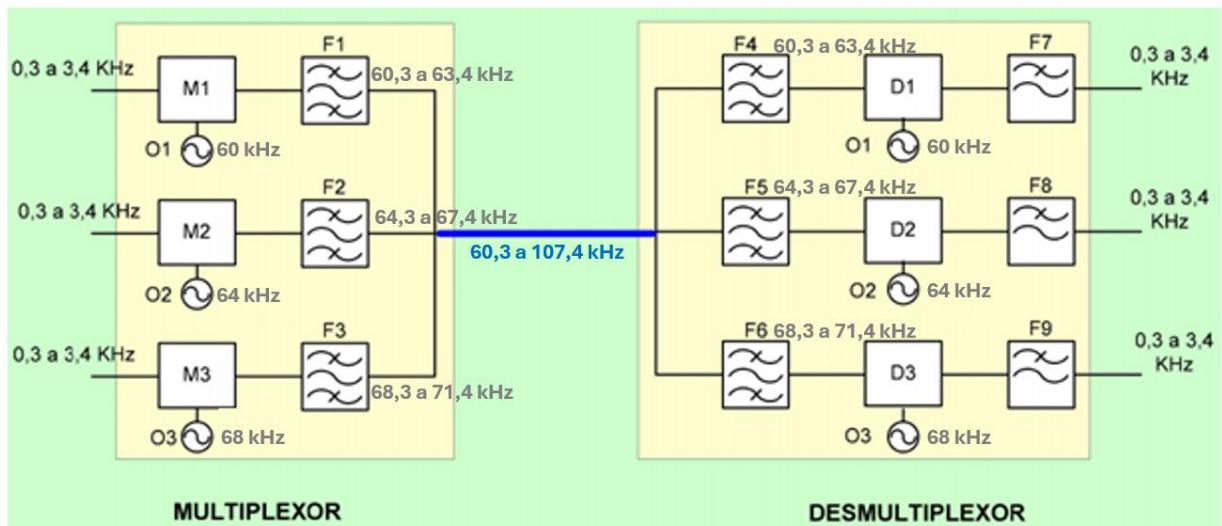


Figura 1: Sistema de multiplexado y demultiplexado por división en frecuencia.

Se utilizarán las frecuencias de portadoras correspondientes a las especificaciones CCITT/ITU para grupo que se presentan en la tabla 1:

Analog Carrier Systems			
# Voice Channels	Bandwidth	Spectrum	Terminology
12	48 KHz	60 – 108 KHz	Group

Tabla 1: especificaciones CCITT/ITU para el sistema portador analógico.

En el transmisor, en cada ciclo del bucle se tomará una señal de entrada de cada canal de audio (voz) y se generará cuarenta y una muestras de señales de la señal de banda ancha (señal multiplexada).

En el receptor, en cada ciclo del bucle se tomará una señal de entrada de la señal de banda ancha (señal multiplexada), cada cuarenta y una muestra de la señal de entrada se generará una muestra de cada canal de audio (voz).

## Actividades por desarrollar

### Implementación del multiplexado

En la figura 2 se presenta la implementación del multiplexado y en la figura 3 se presenta la modificación del espectro de la señal en el proceso de multiplexado.

En la Práctica de Laboratorio N°3 el sistema se implementó en cuatro etapas: primero se lleva la frecuencia de muestreo de las señales de entrada de 8 kHz a 328 kHz, después se realiza el desplazamiento en frecuencia correspondiente al canal (a cada canal corresponde un oscilador local con una frecuencia determinada), finalmente se aplica un filtro pasa banda para eliminar una de la banda lateral inferior y se suman las señales correspondientes a cada canal.

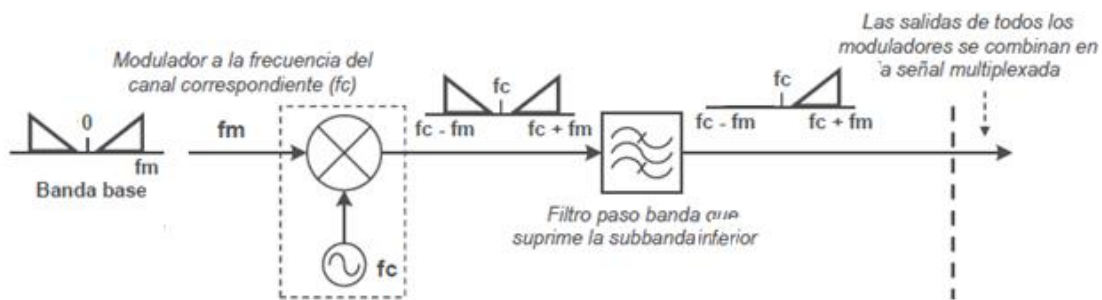


Figura 2: diagrama de la implementación del multiplexado.

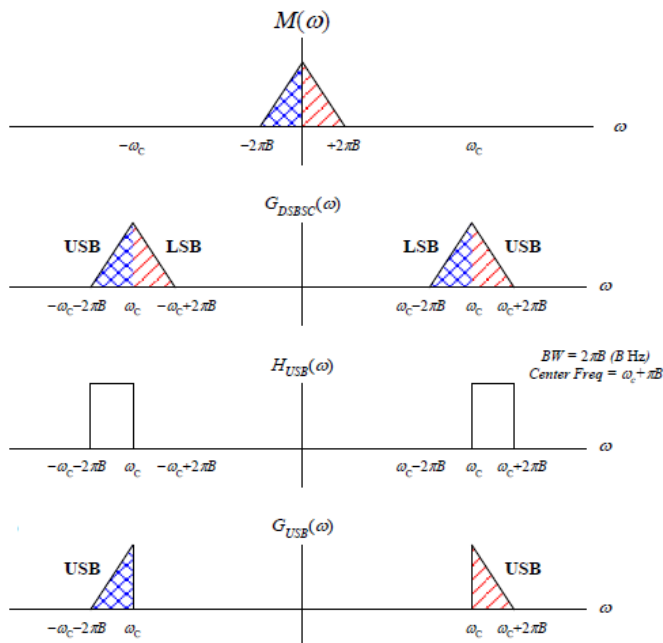


Figura 3: espectro de la señal en el multiplexado en frecuencia

En este proyecto el sistema se implementará utilizando un filtro FIR.

- Paso1: se llevará la frecuencia de muestreo de la señal de banda base de 8 kHz a 328 kHz, intercalando 40 valores nulos entre cada muestra de la señal original de 8 kHz de frecuencia de muestreo. En la figura 4 se presenta el espectro de la señal obtenida.
- Paso 2:
  - Para los canales pares (64 a 68 kHz, 72 a 76 kHz, ...) la señal se banda lateral única se obtiene directamente aplicando un filtro FIR pasa banda a la señal obtenida en el paso 1.
  - Para los canales impares (60 a 64 kHz, 68 a 72 kHz, ...) antes de aplicar la señal al filtro FIR se la debe desplazar 4 kHz en el dominio de la frecuencia, esto se realiza

## CATEDRA PROCESAMIENTO DE SEÑALES

### "PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES" (E7S)

#### Segundo Semestre

multiplicando la señal obtenida en el paso 1 por el fasor  $e^{j2\pi 4 \frac{n}{328}} = e^{j\frac{n\pi}{41}}$ , se hace notar que el efecto es que las muestras que no tienen valor nulo cambian de signo en forma alternada.

- Paso 3: Se hace la suma de la señal correspondiente a cada uno de los canales.

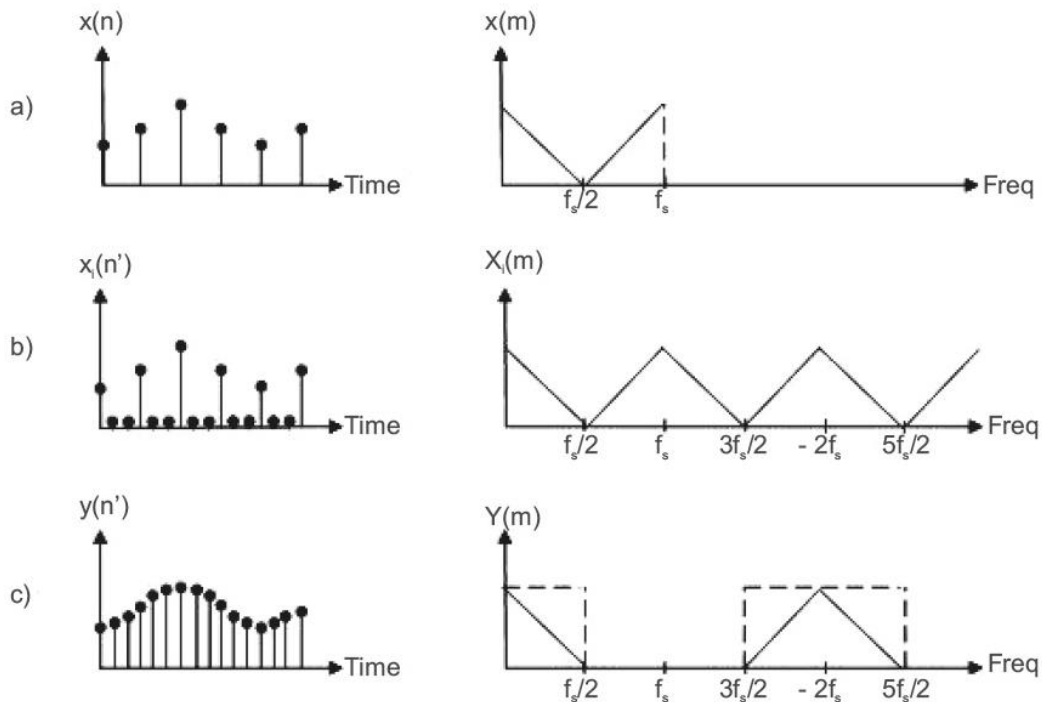


Figura 4: obtención de valores interpolados al aumentar la frecuencia de muestreo.

Se hace notar que al rellenar la señal con valores nulos se modifica la potencia de la señal.

El filtro FIR se implementará utilizando la Transformada Rápida de Fourier en el esquema de solapamiento y adición que se presenta en la figura 5.

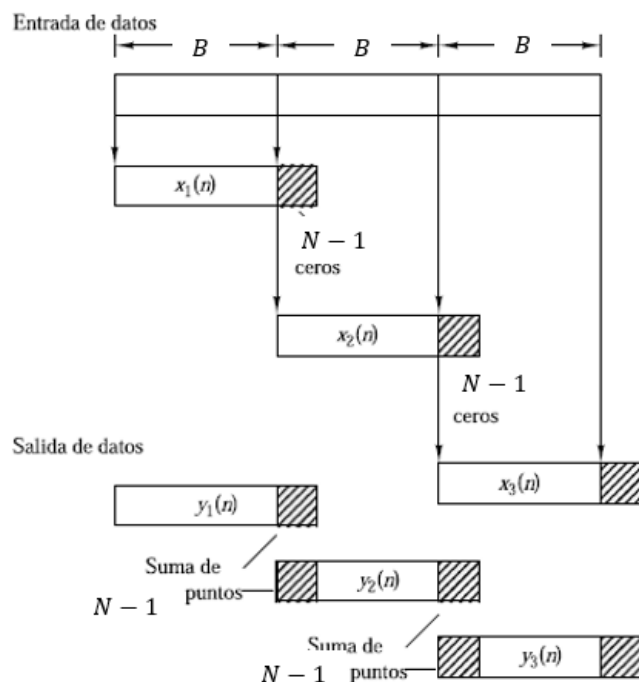


Figura 5: implementación del filtro FIR utilizando FFT en el esquema de solapamiento y adición.

### Implementación del demultiplexado

En la figura 6 se representa la implementación del demultiplexado. En la Práctica de Laboratorio N°3 el sistema se implementó en tres etapas: primero se aplica la señal de banda ancha (48 kHz en este caso) a un filtro pasa banda, esto se hace para cada canal, después a la salida del filtro pasa banda se hace el desplazamiento en frecuencia y finalmente se aplica un filtro pasa bajos.

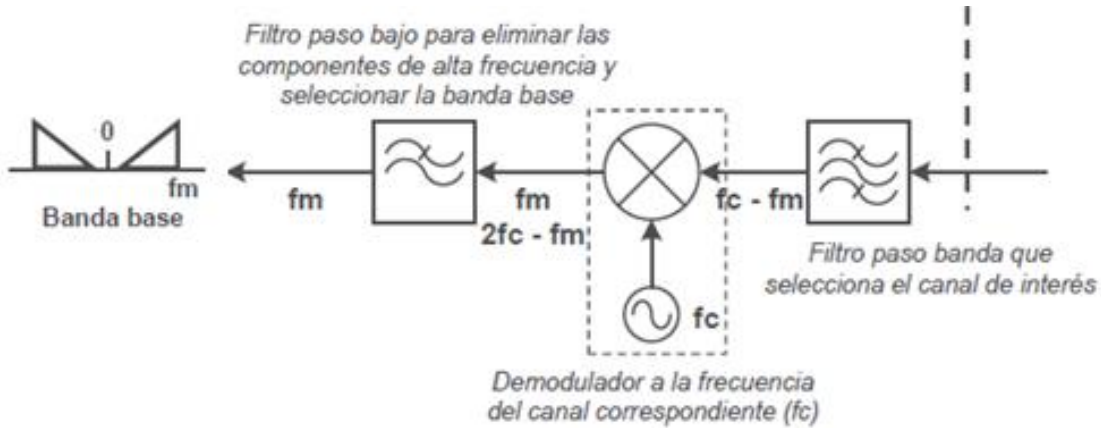


Figura 6: diagrama de la implementación del demultiplexado.

En este proyecto el filtrado se hará utilizando filtros IIR implementados utilizando celdas de segundo orden en realización directa transpuesta, conectadas en cascada, como se muestra en la figura 7.

Se debe programar en Matlab una función que realice el procesamiento de una celda de segundo orden. Se procesará muestra a muestra, la función recibirá como entradas la señal de entrada y un objeto dfilt (o una estructura de datos que represente al filtro) y devolverá la señal de salida y el objeto dfilt (o la estructura de datos pasada) con sus registros internos actualizados. El filtro IIR se implementará utilizando la función desarrollada.

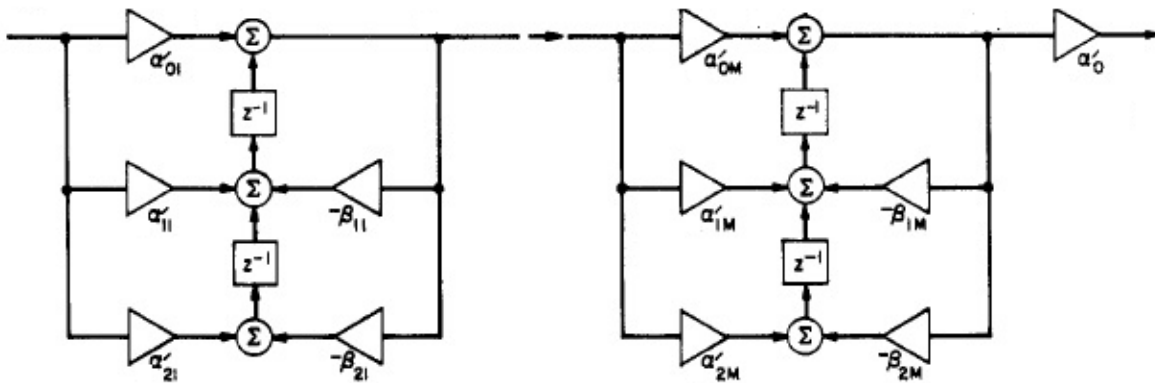


Figura 7: filtro IIR en cascada con celdas de segundo orden en realización directa transpuesta.

## **Reglamento para realizar el Informe y la Presentación Oral**

El Trabajo Integrador comprende un Informe Escrito y una Presentación Oral, debe ser realizado con la participación de todos los integrantes del grupo.

Para aprobar/promover la materia es obligatoria la participación del alumno en la presentación.

### **Informe Escrito:**

1. El informe debe ser escrito en formato A4. Incluir el enunciado.
2. Todos los puntos deben ser desarrollados en forma analítica para el caso general.
3. Utilizar Matlab para desarrollar los cálculos y las gráficas.
4. Antes de la presentación cada grupo deberá entregar un ejemplar del informe.
5. Contenido del informe:
  - Carátula (Carrera, Asignatura, Grupo y Nombre de los integrantes, Año de cursado)
  - Enunciado.
  - Resumen (Explicación del caso de estudio)
  - Desarrollo del tema. Detallar los procedimientos utilizados. Incluir sus apreciaciones y comentarios sobre los resultados obtenidos.
  - Conclusiones
  - Herramientas teóricas y prácticas utilizadas
  - Referencias
6. Junto al Informe entregar programas, pruebas desarrolladas, y la presentación.

### **Presentación Oral:**

7. Preparar una presentación para exponer el trabajo en forma grupal (preferentemente desarrollada en Power Point).