

Práctica 3: Modulación FM

1. Objetivos:

- Estudiar diversas características de la modulación FM.
- Analizar el efecto del ruido blanco gaussiano en el sistema de transmisión.

2. Preparación:

Responda los siguientes puntos por escrito y preséntelos al inicio de la sesión de laboratorio:

1. Genere un tono con frecuencia f_m y amplitud A_m . Utilice en toda la práctica una frecuencia de muestreo $f_s = 110.250$ Hz y un número de muestras $N = 825.000$. Tome en cuenta que la mayor frecuencia utilizada en la simulación debe ser menor a $\frac{f_s}{2}$.
2. Haga un resumen del principio de funcionamiento del receptor superheterodino y cuál es su utilidad. El diagrama básico del receptor superheterodino puede observarse en la Figura 1.

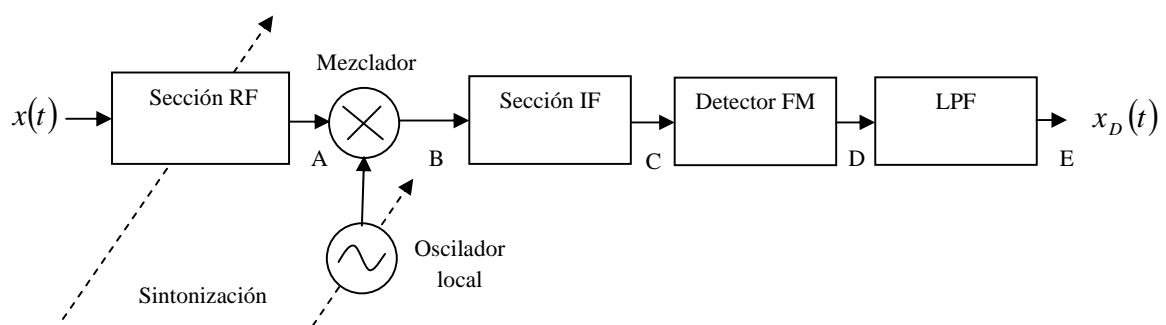


Figura 1.

3. Para una frecuencia intermedia $f_{IF} = 14$ KHz, determine las frecuencias de corte de los filtros a utilizar y la frecuencia del oscilador local, f_{LO} para recuperar los mensajes contenidos en el archivo *arch2*, que es una señal

compuesta por dos estaciones FM. Analice espectralmente esta señal compuesta para determinar la frecuencia central de cada emisora y el ancho de banda de transmisión.

4. Haga un script (archivo .m) con la programación de las Actividades de la sección 3, utilizando las funciones allí especificadas para la simulación del receptor superheterodino.

3. Actividades

Realice las siguientes actividades, generando y guardando las gráficas de interés. Utilice, entre otras, las funciones *plot*, *subplot*, *title*, *axis*, para presentar adecuadamente sus resultados. Las gráficas deben estar identificadas, y debe verificar en todo caso que los ejes de tiempo y frecuencia se ajustan a los valores utilizados en su simulación.

3.1 Ancho de banda de transmisión, índice de modulación y contenido frecuencial del mensaje.

- a) Escriba una función que le permita seleccionar el mensaje a utilizar. La sintaxis es **function [msg] = mensaje(selector)**, donde *selector* es la variable que permite seleccionar el mensaje. Los mensajes a considerar son el correspondiente al punto 1, el archivo de sonido *arch1* y la señal compuesta suministrada en el archivo *arch2*, la cual está compuesta por varias señales FM generadas con distintas portadoras.
- b) Grafique el espectro del mensaje para el caso del tono (módulo de la transformada de Fourier) usando la función suministrada *fftplot*.. Grafique la señal en el dominio temporal.
- c) Utilice la función *fmod* de Matlab para realizar la modulación FM. Escriba un script que le permita graficar el espectro del mensaje modulado para los casos en los que los índices de modulación son $\beta = 1$, $\beta = 2$ y $\beta = 5$, respectivamente, manteniendo constante la frecuencia del tono usado como mensaje. Calcule el ancho de banda y el número de líneas significativas para cada caso.
- d) Escriba un script que le permita graficar el espectro del mensaje modulado para los casos en los que los índices de modulación son $\beta = 1$, $\beta = 2$ y $\beta = 5$, respectivamente, manteniendo constante la amplitud del tono usado como mensaje. Calcule el ancho de banda y el número de líneas significativas para cada caso.
- e) Analice y compare los resultados obtenidos en los puntos c) y d) y concluya.
- f) Escriba un script que le permita graficar el espectro de la modulación FM del mensaje suministrado en el archivo *arch1* para los casos de un cociente de desviación $\Delta = 1$, $\Delta = 5$ y $\Delta = 10$, respectivamente. El cociente de desviación Δ tiene

el mismo rol que el índice de modulación β en el caso de modulación no sinusoidal. Observe y concluya.

3.2 Receptor superheterodino.

- g) Escriba una función que le permita simular un receptor superheterodino, como el de la Figura 1. Para realizar el proceso de demodulación utilice la función *fndemod* de Matlab. La sintaxis de la función es **function [y_A y_B y_C y_D y_E] = receptor(msg_RF, f_{LO} , freqdev, W_IF, W)**, donde y_A, y_B, y_C, y_D, y y_E son las señales en los puntos A, B, C, D y E de la Figura 1; *msg_RF* es el mensaje compuesto por varias señales FM, f_{LO} es la frecuencia del oscilador local que permite sintonizar una emisora, *freqdev* es la desviación frecuencial utilizada en el modulador, *W_IF* es el ancho de banda del filtro pasabanda de la sección IF y *W* es el ancho de banda del mensaje original. Para el caso de la señal de interés, la desviación frecuencial es de 1 KHz y el ancho de banda de cada mensaje es 5.5 KHz.
- h) Escriba un script que basado en las funciones diseñadas previamente le permita graficar el espectro de las señales en los puntos A, B, C D y E, para cada señal detectada.
- i) Verifique que el mensaje correspondiente a cada emisora está siendo correctamente detectado. Demodule todos los mensajes contenidos en la señal suministrada, sintonizando cada emisora por separado.
- j) Reproduzca el mensaje detectado para cada emisora.
- k) Haga una función que le permita añadir ruido blanco gaussiano a la señal suministrada. Calcule el cociente potencia de señal a potencia de ruido a la salida del receptor $\frac{S_D}{N_D}$, y de la señal recibida $\frac{S_R}{N_R}$. Repita la medición para cinco valores de $\frac{S_R}{N_R}$ y realice una gráfica de $\frac{S_D}{N_D}$ vs. $\frac{S_R}{N_R}$.
- l) Analice el efecto que se produce al variar ligeramente la frecuencia del oscilador local, f_{LO} , en torno a los valores seleccionados como apropiados para detectar cada una de las emisoras.