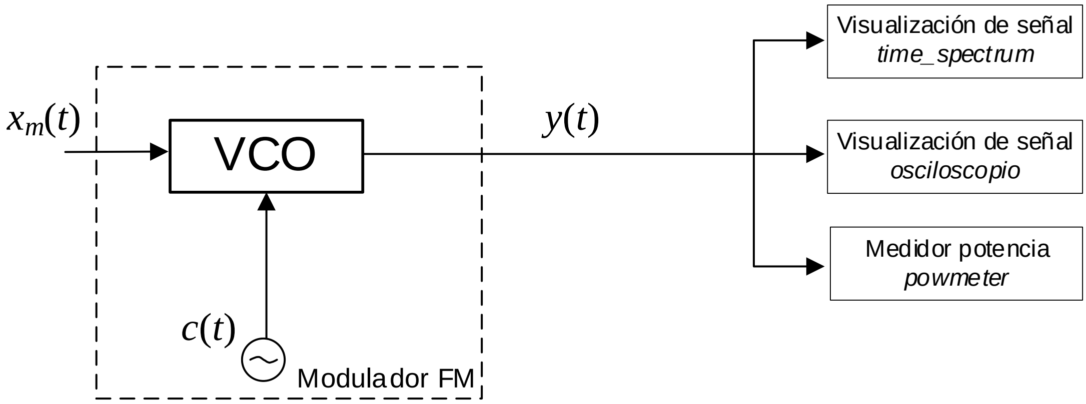
PRACTICA 4. MODULACIÓN FM

Se genera una señal modulada FM, $y(t)$, utilizando como moduladora un tono de frecuencia f_m. La señal se visualiza con la función `time_spectrum` y en una nueva función que simula un osciloscopio. Asimismo, se realizan diversas medidas de potencia con `powmeter`. En la primera parte de la práctica se trabajará con una modulación FM de banda ancha, y en la segunda parte con una FM de banda estrecha.



Anote los valores proporcionados por el profesor e introdúzcalos en el script de Matlab `LTC_P4.m`:

- Potencia equivalente de pico, *PEP* = -42 dBm.
- Frecuencia del oscilador local, f_c = 330 Hz.
- Frecuencia de la moduladora, f_m = 49 Hz.
- Desviación de frecuencia, Δf = 44 Hz.
- Índice de modulación para FM banda estrecha (apartados 6-8), β_2 = 0.08 .
- Impedancia, R = 50 Ω.

Compruebe que las funciones `oscilador_VCO` y `osciloscopio` están en el directorio de trabajo.

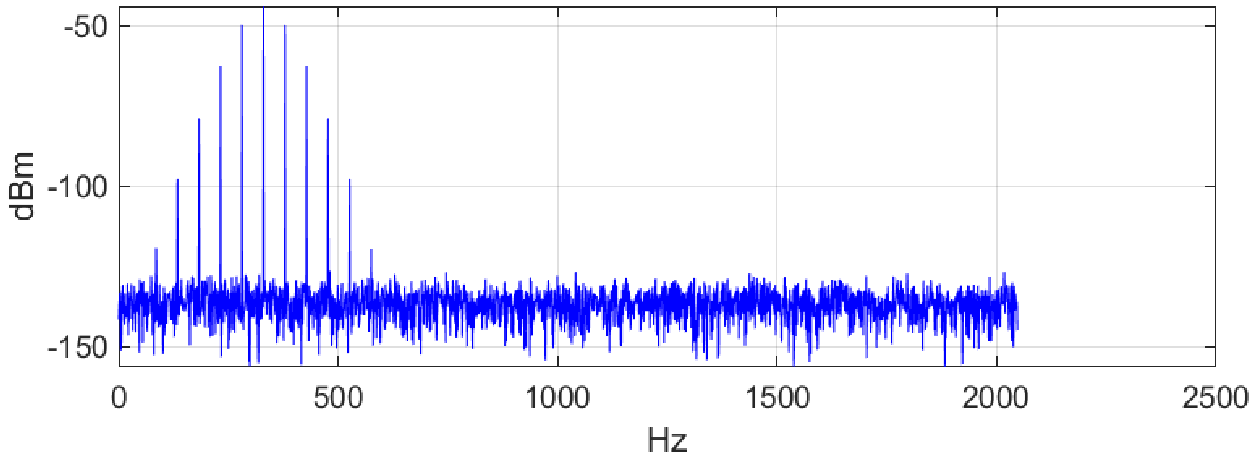
Cuestiones

Parte I. FM de banda ancha

1. Antes de ejecutar el script, calcule – con las fórmulas vistas en teoría – los valores de:

- Potencia media de la señal FM, P_y (dBm) = *PEP* = -42 dBm = -72 dBw = 63.096 *10^(-9) W
- Amplitud de la señal modulada, $A = \sqrt{py(w) * 2R}$ = 2.51*10^(-3) V
- Índice de modulación, β = Δf / fm= 44/ 49 = 0.897
- Ancho de banda según regla de Carson, B_c = 2*($\Delta f + f_m$) = 2*(44+49) = 186 Hz.

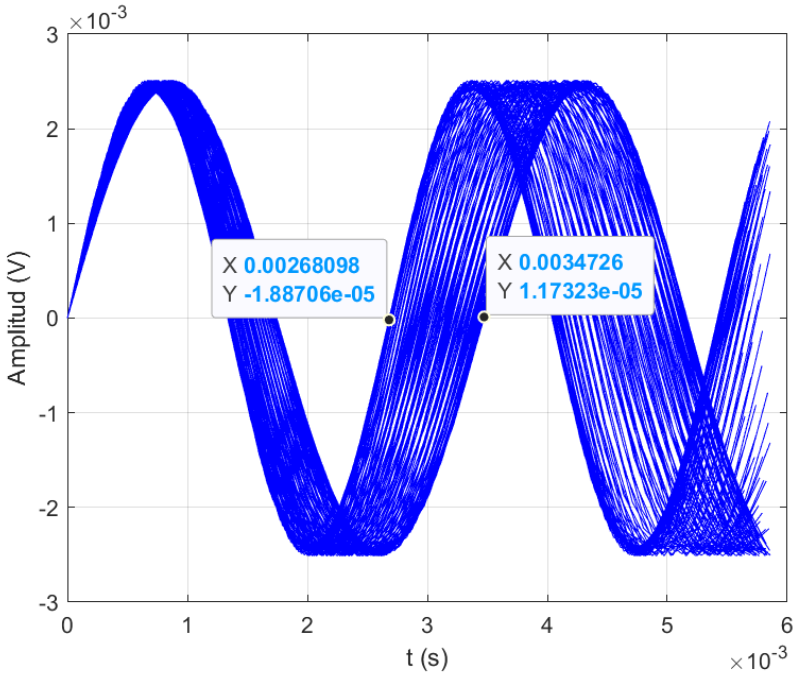
2. Visualice la densidad espectral de potencia de la señal FM (figura: 'FM Banda Ancha. Señal modulada'). Indique el número de deltas significativas (por encima del suelo de ruido) así como su separación en frecuencia.



Número de deltas significativas = 11

Separación = 330 Hz – 281 Hz = 49 Hz

3. A partir de la representación temporal de la señal FM (figura: 'FM Banda Ancha. Señal modulada en osciloscopio') obtenga el valor del periodo mínimo y máximo de la sinusoide, y calcule aproximadamente el valor de la desviación de frecuencia máxima, Δ*f*. Ver nota al final del documento sobre lectura de datos en la figura.



Periodo máximo = = 0.0034726 s   Periodo mínimo = 0.00268098 s

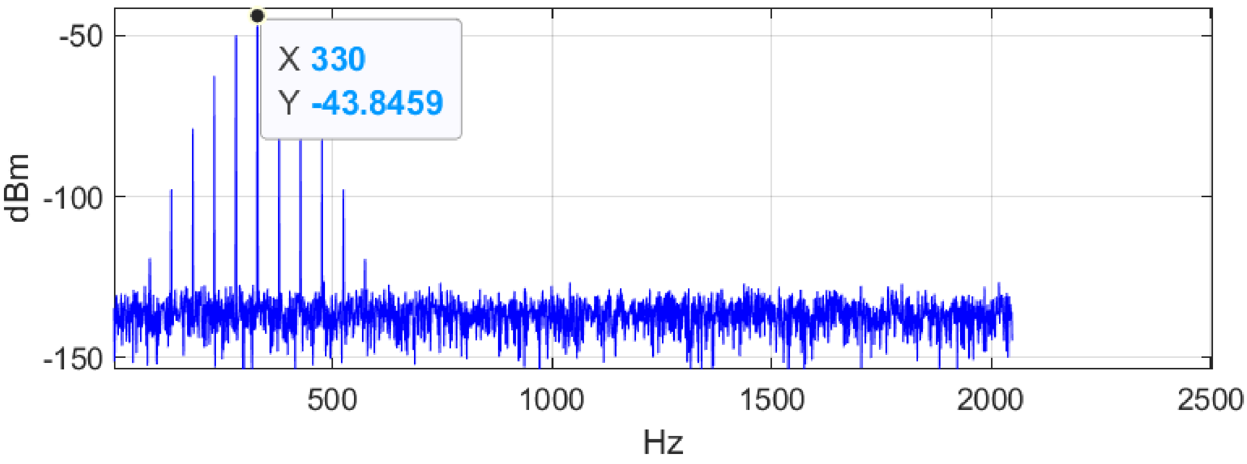
Frec máxima = 1/Tmin = 372.997 Hz   Frec mínima = 1/Tmax = 287.97 Hz

Δ*f*= (Frec máxima – Frec mínima)/2 = (372.997 - 287.97) / 2 = 42.5 Hz

4. Compruebe en la figura que la potencia de la delta situada en f_c (que denominamos p_0) coincide con la fórmula teórica: $p_0 = \left(A^2/2R\right)\cdot J_0^2(\beta)$, siendo $J_0(\beta)$ la función de Bessel de orden 0 y argumento β. Puede consultar el valor de la función de Bessel en la gráfica del pdf de fundamentos o en Matlab: `besselj(0,beta)`.

Besselj(0, 0.897) = 0.8087

po= ((2.51*10^(-3) ^2/2*50)*(0.8087)^2 = 41.2*10^-9 W
Po=10log(po) = -73.85 dBw = -43.85 dBm



5. ¿Cuál es la potencia contenida dentro del ancho de banda de Carson? ¿Qué porcentaje representa esta medida respecto a la potencia total de la señal FM, es decir, $\frac{p_{CARSON}(W)}{p_y(W)}\cdot 100\ [\%]$? ¿Es consistente?

Bc =186 Hz

Potencia en ancho de banda de Carson = p_BC = 6.1952e-08 W
Potencia total de la señal = p_FM = 6.3096e-08 W

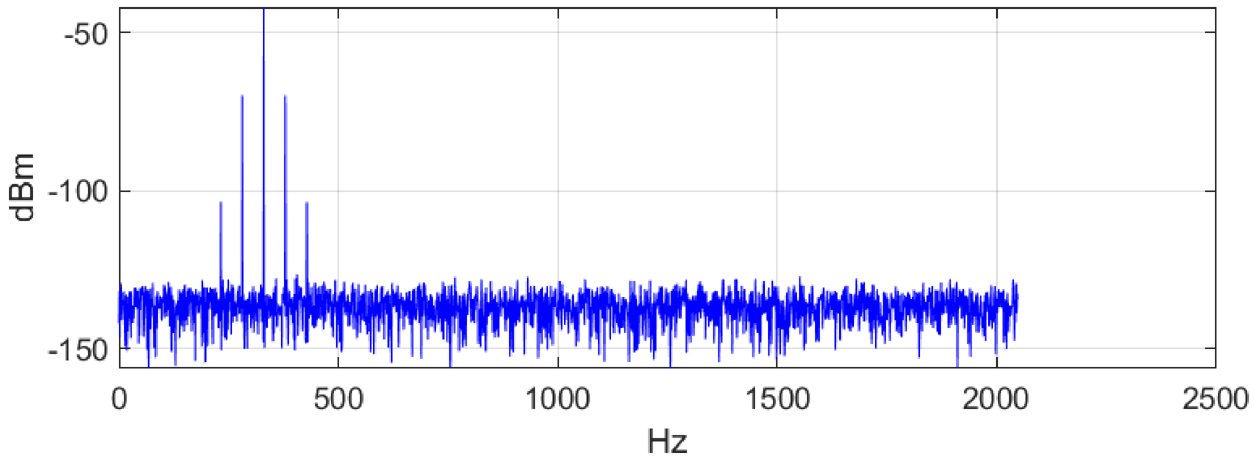
$$\frac{p_{CARSON}(W)}{p_y(W)}\cdot 100\ [\%] = \frac{6.1952e{-}08}{6.3096e{-}08} \cdot 100 = 98.186\ \%$$

Sí es consistente, es un porcentaje muy elevado.

Parte II. FM de banda estrecha

Para esta sección mantenemos la potencia total de FM y la frecuencia de la señal moduladora, f_m. Únicamente varía la desviación de frecuencia.

6. Visualice el espectro de la señal modulada FM de banda estrecha. Indique el número de deltas significativas (por encima del suelo de ruido) así como su separación.



Número de deltas significativas = 5

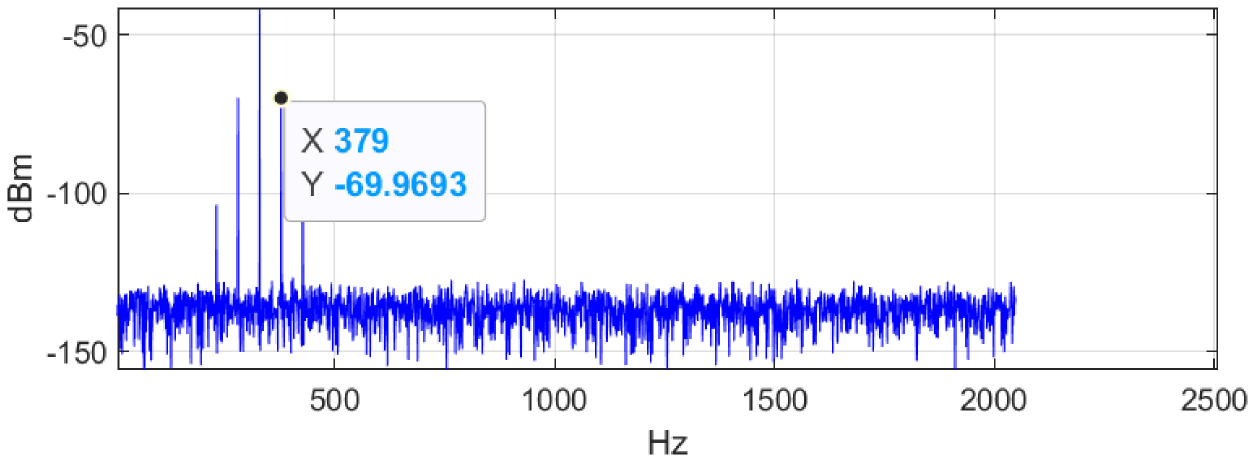
Separación = 330 Hz – 281 Hz = 49 Hz

7. Compruebe que la potencia de la delta situada en f_c+f_m (que denominamos p_1) coincide con la fórmula teórica; utilice para ello las aproximaciones de las funciones de Bessel para valores de β muy pequeños: $J_1(\beta) \approx \beta/2$, o bien la función `besselj` de Matlab: `besselj(1,beta)`.

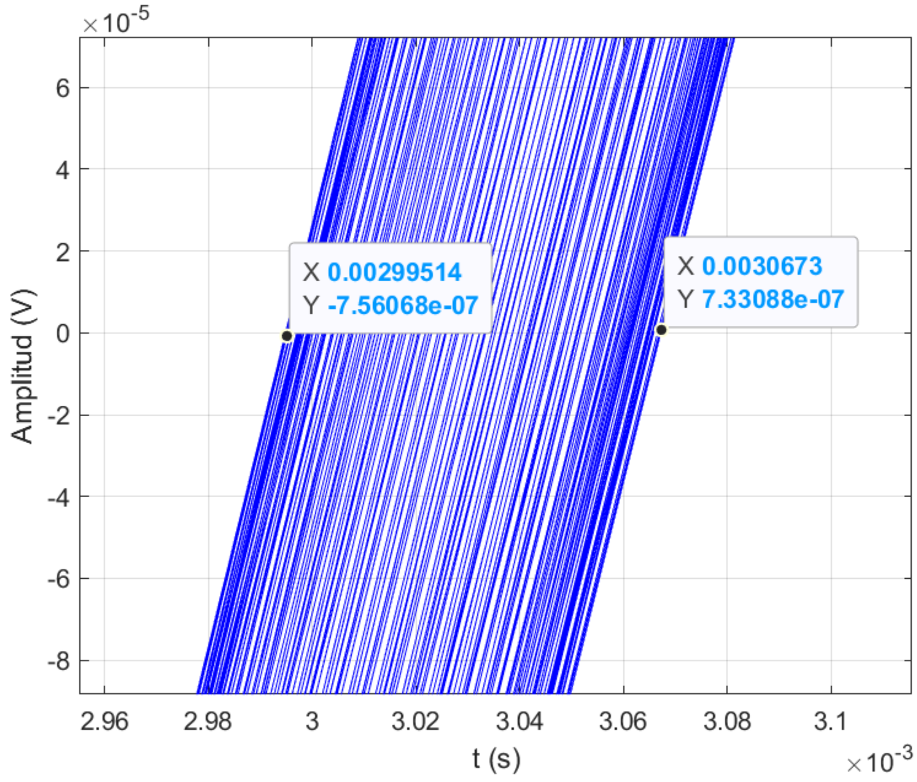
f_c+f_m = 330 + 49 = 379 Hz

Besselj(1, 0.08) = 0.0400

p1= ((2.51*10^(-3) ^2/2*50)*(0.0400)^2 = 10.08*10^-9 W
P1=10log(p1) = -99.96 dBw = -69.965 dBm



8. Calcule la nueva desviación de frecuencia. Determine el valor del ancho de banda de Carson y anote la potencia contenida dentro de él (esta potencia, así como la potencia total, se muestran en la ventana de comandos de Matlab). ¿Qué porcentaje representa respecto a la potencia total de la señal FM?



Periodo máximo = 0.0030673 s   Periodo mínimo = 0.00299514 s

Fmin=1/Tmax = 333.87 Hz   Fmax= 1/Tmin = 326.01 Hz

Δf = (Fmax-Fmin)/2 = (333.87 - 326.01) / 2 = 3.93 Hz

(nuevo) Ancho de banda de Carson = 2(Δf +fm) = 2*(3.93+49) = 105.86 Hz

Potencia en ancho de banda de Carson = p_BC2= 6.3096e-08W
Potencia total de la señal = p_FM2 = 6.3096e-08W

$$\frac{p_{CARSON}(W)}{p_y(W)} \cdot 100 \ [\%] = = \frac{6.3096e-08}{6.3096e-08} \ . \ 100 = 100 \ \%$$

-Representa un 100% respecto a la potencia total