PRACTICA 2. ANÁLISIS DE SEÑAL Y RUIDO

Se generan dos sinusoides, `x1` y `x2`, y se suman, constituyendo el vector `x`. A continuación se añade ruido blanco gaussiano, `n`, de densidad espectral de ruido n_0 (W/Hz). El vector resultante, que es suma de las sinusoides y del ruido, se denomina `xn`.

Se visualizan todas estas señales con `time_spectrum` y se miden potencias con `powmeter`.

Anote los valores proporcionados por el profesor e introdúzcalos en el script de Matlab `LTC_P2.m`:

- Amplitud de pico y frecuencia de la sinusoide 1, A_1 = 0.5 V, f_1 = 271 Hz
- Amplitud de pico y frecuencia de la sinusoide 2, A_2 = 0.2 V, f_2 = 410 Hz
- Densidad espectral de potencia de ruido, n_0 = 5e-8 W/Hz.
- Ancho de banda para la medida del ruido, B = 2400 Hz.
- Frecuencia central para la medida del ruido, f_0 = 1600 Hz.
- Frecuencia de muestreo, f_s = 8192 Hz.
- Impedancia, R = 50 Ω.

Cuestiones

1. Antes de ejecutar el script calcule la **potencia** de ambas señales sinusoidales, así como del conjunto de ambas, ignorando el ruido. Escriba las fórmulas utilizadas e indique en la tabla el valor resultante (en dBm, con un único decimal).

Px1(t)=[A^2/2*R] = (0,5)^2/2*50 = 2.5*10^{-3} W

Px1 [dBW] = 10 log10 (px(t)) = 10 log10 (2.5*10^{-3} W) = -26 dBW

Px1 [dBm] = Px [dBW] + 30 = 3.9 dBm

Px2(t)=[A^2/2*R] = (0,2)^2/2*50 = 400*10^{-6} W

Px2 [dBW] = 10 log10 (px(t)) = 10 log10 (400*10^{-6} W) = -33.9 dBW

Px2 [dBm] = Px [dBW] + 30 = -3.9 dBm

Px = 2.5*10^{-3} W + 400*10^{-6} W = 2.9*10^{-3} W

Px [dBW] = 10 log10 (px(t)) = 10 log10 (2.9*10^{-3} W) = -25.37 dBW

Px [dBm] = Px [dBW] + 30 = 4.6 dBm

Ejecute el script y rellene la tabla. Compruebe que los valores de potencia proporcionados por el mismo coinciden con los calculados.

	Valor teórico	Valor proporcionado por el script
Sinusoide 1, P_{x1} (dBm)	3.9 dBm	4 dBm
Sinusoide 2, P_{x2} (dBm)	-3.9 dBm	-4 dBm
Ambas sinusoides, sin ruido, P_x (dBm)	4.6 dBm	4.6 dBm

2. A partir del vector ruido generado por el script, `n`, calcule en Matlab:

- Valor medio del ruido (V). Debería salir un valor próximo, pero no igual, a cero.
- Varianza del ruido (V^2).
- Potencia total de ruido (W y dBm). Compruebe que es similar al valor proporcionado por el script.

Indique en cada caso el código empleado para hacer los cálculos.

Nota. Utilice comandos de Matlab similares a los utilizados en la práctica 1, p.ej. `mean(n)`, `std(n)`…

-Valor medio del ruido: mean(n) = 1e-3 V
-Varianza del ruido: var(n) = 10e-3 V^2
-Potencia total del ruido:
var(n)/R = 2.0027e-04 W
P = 10log10(var(n)/R)) = -36.9839dBW + 30 = -6.9839dBm

3. A partir del valor de la densidad espectral de ruido, n_0, determine **teóricamente** la potencia total de ruido (dBm), en toda la banda, desde 0 a $f_s/2$ Hz (ver sección 2.2 de los Fundamentos). **Compare** este valor con el obtenido en el apartado 2.

De forma teórica se hace:
n= n0*B = n0 *fs/2 = 2.0480e-04W
P [dBW] = 10 log10 (n) = 10*log10 (2.0480e-04) = -36.8867 dBW
P [dBm] = P [dBW] + 30 = -6.8867 dBm

Comparándolo con el calculado en el apartado dos el cual daba -6.9839dBm hay un diferencia pero es mínima

4. Calcule de manera **teórica** la potencia total de la señal `xn`. Basta con sumar la potencia de ambas sinusoides y la potencia de ruido. Exprese el resultado en W y en dBm. **Compárelo** con el valor proporcionado por el script, que se ha determinado con la función `powmeter`.

Potencia de ambas sinusoides:

Px1(t)=[A^2/2*R] = (0,5)^2/2*50 = 2.5*10^{-3} W

Px2(t)=[A^2/2*R] = (0,2)^2/2*50 = 400*10^{-6} W

Potencia de ruido:

n= n0*B = n0 *fs/2 = 2.0480e-04W

Suman de ambas potencias:

Px = 2.5*10^{-3} W + 400*10^{-6} W + 2.0027e-04 W = 0.0031 W

Px [dBW] = 10 log10 (px(t)) = 10 log10 (0.0031 W) = -25.0864 dBW

Px [dBm] = Px [dBW] + 30 = 4.63 dBm

En dBm esta potencia teorica es de 4.63 dBm, mientras que la potencia de la señal ruidosa: señales + ruido (desde 0 a fs/2 Hz) en Matlab es de +4.9 dBm.

5. Calcule **teóricamente** la potencia de ruido (dBm) en un ancho de banda *B* (ver sección 2.3 de los Fundamentos). **Compare** ese valor con el proporcionado por el script.

Nota. En el script se ha tomado un rango de frecuencias que excluye las sinusoides, de esta manera se está midiendo exclusivamente el ruido.

n = n0 * B = 1.2000e-04 W
P = 10*log10 (1.2000e-04) = -39.2082 dBW

P[dBm] = P [dBW] + 30 = -9.2082 dBm

La potencia de ruido en un ancho de banda B = 2400 Hz en Matlab es de -9.2 dBm

6. Al promediar bastantes espectros el ruido presentará una densidad espectral de potencia razonablemente plana, mientras que los tonos no se ven afectado. Anote el valor **aproximado** del *suelo de ruido* (dBm) que se visualiza en la figura ‘Promedio de espectros’. Compruebe que coincide aproximadamente con el valor previsto: $n = n_0 \cdot RBW$, siendo $RBW = 1$ Hz.

En la ultima figura que genera el script llamada ‘Promedio de espectro’ el valor aproximado del suelo del ruido es de -43 dBm, que coincide exactamente con el valor previsto n=10*log10(n0*1) + 30 = -43.0103 dBm