

TRATAMIENTO Y TRANSMISIÓN DE SEÑALES

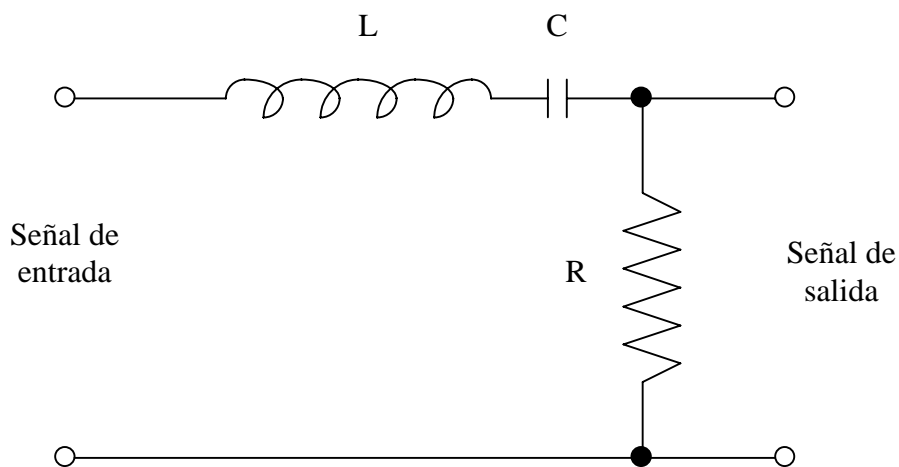
PROBLEMAS TEMA 5

RUIDO EN MODULACIONES ANALÓGICAS

1.- La función muestra:

$$x(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) + w(t)$$

formada por una componente sinusoidal de amplitud A_c y frecuencia f_c y una componente de ruido blanco, gaussiano, de media cero y densidad espectral de potencia $N_0/2$ se aplica al siguiente filtro paso banda RLC:



Se supone que este filtro está sintonizado a la frecuencia de la componente sinusoidal f_c y que el factor de calidad del filtro Q es grande comparado con la unidad. Encontrar una expresión para la SNR a la salida, considerando la componente sinusoidal de $x(t)$ como la señal de interés.

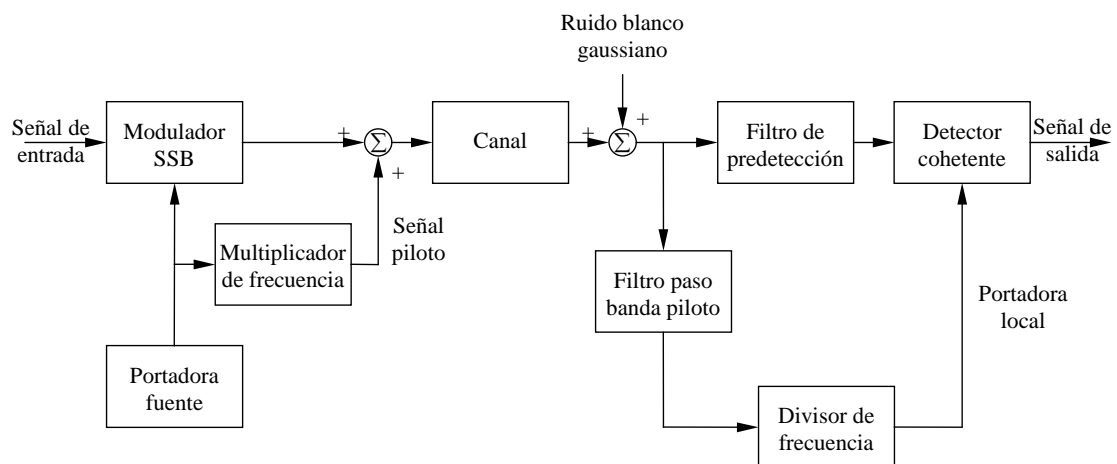
2.- En un receptor que utiliza detección coherente, la señal sinusoidal generada por el oscilador local tiene un error de fase $\theta(t)$ con respecto a la portadora $\cos(2\pi f_c t)$. Supóngase que $\theta(t)$ es una función muestra de un proceso gaussiano de media cero y varianza σ_θ^2 , y que la mayor parte del tiempo el valor máximo de $\theta(t)$ es pequeño comparado con la unidad. Encontrar el error cuadrático medio de la salida del receptor para:

a) modulación DSBSC

b) modulación SSB

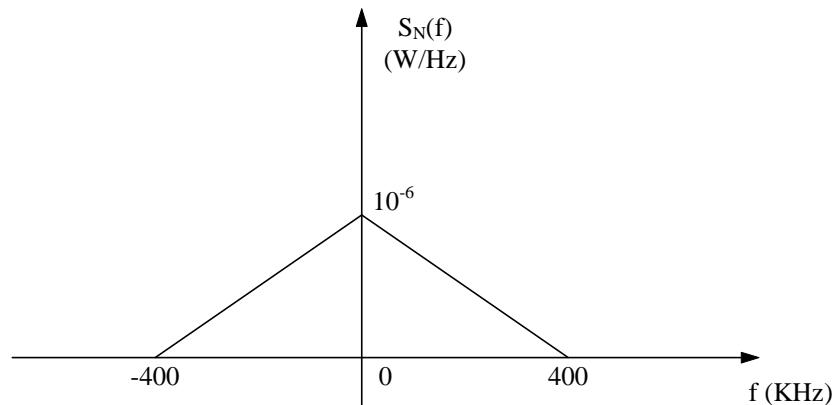
El error cuadrático medio está definido como el valor esperado del cuadrado de la diferencia entre la salida del receptor y la componente moduladora de la salida del receptor.

3.- El siguiente diagrama de bloques muestra un sistema de modulación SSB con una señal piloto que está armónicamente relacionada con la portadora:



En el receptor se utiliza un filtro paso banda de ancho Δf para extraer la señal piloto de la señal recibida ruidosa. A continuación se divide en frecuencia dicha señal piloto para obtener la portadora local para demodulación. Se incluye un filtro de predetección para limitar el espectro a la entrada del detector coherente a la mínima banda posible de frecuencias. El ruido blanco aditivo a la entrada del receptor tiene media cero y densidad espectral de potencia $N_0/2$. Suponiendo que la SNR es grande, determinar la varianza del error de fase de la portadora local aplicada al detector coherente.

4.- Una señal modulada SSB se transmite por un canal ruidoso, cuya densidad espectral de potencia es:



El ancho de banda de la señal moduladora es 4 KHz y la frecuencia portadora es 200 KHz. Suponiendo que únicamente se transmite la banda lateral superior, y que la potencia media de la señal modulada es de 10 W, determinar la SNR a la salida del receptor suponiendo que el filtro de predetección es ideal.

5.- La potencia media de ruido por unidad de ancho de banda medida a la entrada de un receptor de AM es de 10^{-3} W/Hz. La señal modulada tiene una potencia de portadora de 80 KW y una potencia de banda lateral de 10 KW por banda lateral. El ancho de banda de la señal moduladora es de 4 KHz. Si se utiliza un detector de envolvente como receptor, determinar el valor de SNR a la salida del sistema. ¿En cuántos decibelios es menor el valor de SNR de este sistema respecto a DSBSC con detección coherente?

6.- Considerar un sistema modulador de fase (PM), que tiene la siguiente señal modulada:

$$s(t) = A_c \cos [2\pi f_c t + k_p m(t)]$$

donde k_p es una constante y $m(t)$ es la señal moduladora. El sistema tiene ruido aditivo a la entrada del detector de fase:

$$n(t) = n_c(t)\cos(2\pi f_c t) - n_s(t)\sin(2\pi f_c t)$$

suponiendo que el valor de CNR es elevado comparado con la unidad a la entrada del detector, determinar:

- a) el valor de SNR a la salida
- b) el valor de FOM del sistema

Comparar los resultados con los obtenidos para el caso FM con modulación sinusoidal.

7.- La señal de entrada de un receptor FM consiste en una portadora sin modular acompañada de una señal sinusoidal interferente. El nivel de la señal interferente está 20 dB por debajo del nivel de la señal portadora, siendo la separación entre ambas señales de 15 KHz. Suponiendo que el receptor utilice un discriminador de frecuencias balanceado con sensibilidad de 0.2 V/KHz, determinar la tensión de salida del receptor.

8.- Suponer que el espectro de la señal moduladora ocupa el intervalo de frecuencias $f_1 \leq |f| \leq f_2$. Para acomodar esta señal, el receptor de un sistema FM (sin pre-énfasis y de-énfasis) utiliza un filtro paso banda ideal de postdetección conectado a la salida del discriminador de frecuencia; el filtro deja pasar la banda de señales comprendidas en el intervalo de la señal moduladora, es decir, $f_1 \leq |f| \leq f_2$. Determinar el valor de SNR y FOM del sistema en presencia de ruido aditivo, blanco, gaussiano, de media cero y densidad espectral de potencia $N_0/2$. Suponer que el valor de CNR es elevado comparado con la unidad.

9.- Un sistema FDM utiliza modulación SSB para combinar 12 señales de voz de fuentes independientes. Luego utiliza modulación en frecuencia para transmitir la señal banda base compuesta. Cada señal de voz tiene una potencia media P y ocupa la banda de frecuencias de 300 a 3400 Hz; el sistema FDM considera que el ancho de banda es de 4 KHz. Para cada señal de voz, solo se transmite la banda lateral inferior. Las subportadoras utilizadas para el primer nivel de modulación son:

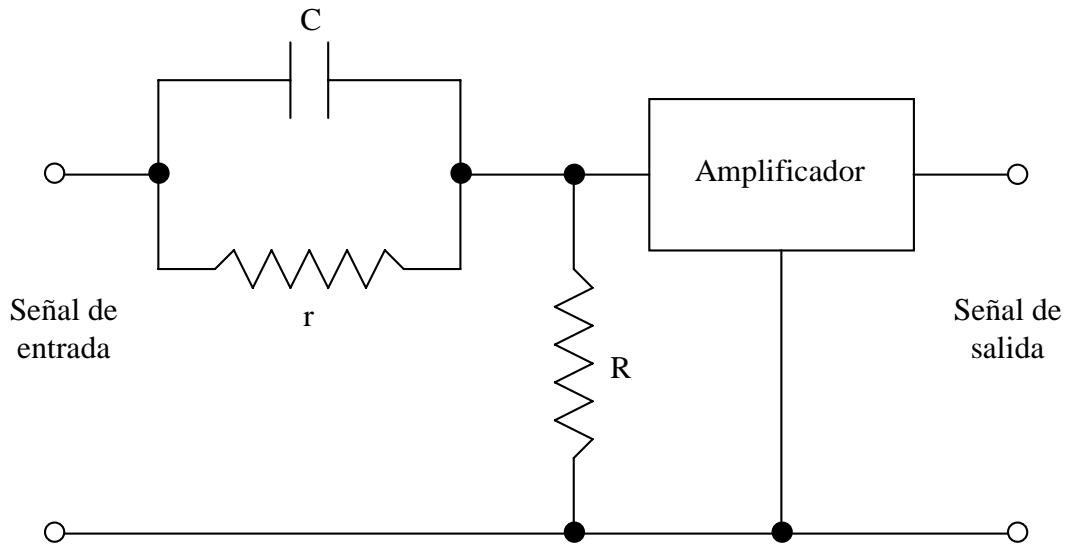
$$c_k(t) = A_k \cos(2\pi k f_0 t) \quad \text{para } 0 \leq k \leq 11$$

La señal recibida está formada por la señal FM transmitida sumada a ruido blanco gaussiano de media cero y de densidad espectral de potencia $N_0/2$.

a) Dibujar la densidad espectral de potencia de la señal a la salida del discriminador de frecuencias, mostrando por un lado la componente de señal y por otro la componente de ruido. Suponer CNR elevado comparado con la unidad.

b) Encontrar el valor de las amplitudes de las subportadoras A_k de modo que las señales de voz demoduladas tengan igual valor de SNR.

10.- Sea el filtro de pre-énfasis mostrado en la siguiente figura:



donde $R \ll r$ y $2\pi fCR \ll 1$ en la banda de interés. El parámetro de este filtro es $f_0=1/(2\pi Cr)$, siendo su función de transferencia:

$$H_{pe}(f) = 1 + \frac{jf}{f_0}$$

Si dicho filtro se utiliza con señales moduladoras de voz, el transmisor FM va a dar lugar a una señal que es esencialmente modulada en frecuencia por las bajas frecuencias de la señal de voz y modulada en fase por las altas frecuencias de la señal de voz. Explicar las razones de este fenómeno.

11.- Suponer que las funciones de transferencia para el par de filtros de pre-énfasis y de-énfasis de un sistema FM se escalan como sigue:

$$H_{pe}(f) = k \left(1 + \frac{jf}{f_0} \right) \quad H_{de}(f) = \frac{1}{k} \left(\frac{1}{1 + \frac{jf}{f_0}} \right)$$

El factor de escala k se elige de modo que la potencia media de la señal moduladora enfatizada sea la misma que la potencia media de m(t).

a) Encontrar el valor de k que satisface este requisito para cuando la densidad espectral de potencia de la señal moduladora m(t) sea:

$$S_M(f) = \begin{cases} \frac{S_0}{1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2} & \text{para } -W \leq f \leq W \\ 0 & \text{para el resto} \end{cases}$$

b) ¿Cuál es el valor D correspondiente a la mejora de prestaciones en la SNR gracias a la utilización de este par de filtros de pre-énfasis y de-énfasis? Comparar este resultado con el obtenido sin factor de escala.

12.- Un sistema de modulación de fase (PM) utiliza un par de filtros de pre-énfasis y de-énfasis definidos por las funciones de transferencia:

$$H_{pe}(f) = 1 + \frac{jf}{f_0} \quad H_{de}(f) = \frac{1}{1 + \frac{jf}{f_0}}$$

Mostrar que la mejora de prestaciones en la SNR debido a la utilización de estos filtros es:

$$D = \frac{\frac{W}{f_0}}{\operatorname{atan}\left(\frac{W}{f_0}\right)}$$

Evaluar esta mejora para cuando $W = 15$ KHz y $f_0 = 2.1$ KHz y compáralo con el valor correspondiente para el caso FM.