

Señales Aleatorias y Modulación

Práctico 7 Modulación Lineal

Cada ejercicio comienza con un símbolo el cuál indica su dificultad de acuerdo a la siguiente escala: \blacklozenge básica, \star media, \ast avanzada, y \spadesuit difícil. Además puede tener un número que referencia un ejercicio de uno de los libros del curso, como 3.1-4 [Car] que indica el número de ejercicio del libro, *Communication Systems, 5th. edition*. Bruce A. Carlson. o 1.2 [Hay] del libro *Introduction to Analog and Digital Communications, 2nd Edition*, S. Haykin, M. Moher. Wiley, 2008

\blacklozenge Ejercicio 1

La entrada de un sistema de AM con $\mu = 1$ es:

$$x(t) = k[2 \cos(\omega_m t) + \cos(2\omega_m t) + 3 \cos(5\omega_m t)]$$

- Encontrar k para que $x(t)$ quede normalizada y bosquejar su espectro.
- Calcular P_{sb}/P_c y P_c/P_T .

\blacklozenge Ejercicio 2 (6.2-9 [Car])

Suponer que $x(t)$ es un proceso gaussiano de valor medio cero. En este caso no tiene sentido hablar de normalización. Se quiere modular $x(t)$ en AM con $\mu = 1$.

- Hallar el valor máximo de σ_x^2 tal que no haya sobremodulación durante más del 10% del tiempo. ¿Qué hipótesis hay que asumir sobre el proceso $x(t)$?
- Calcular $2P_{sb}/P_T$ en el caso anterior.

\star Ejercicio 3

Sea una tono $x(t) = \cos(\omega_m t)$ modulado en DSB, $x_{DSB}(t) = x(t) \cos(\omega_c t)$. Estudiar qué sucede si se realiza una detección sincrónica con las siguientes señales:

- $d_1(t) = \cos(\omega_c t + \phi)$
- $d_2(t) = \cos((\omega_c + \omega'_c) t)$

Repetir en el caso que se trate de un tono modulado en SSB,

$$x_{SSB}(t) = x(t) \cos(\omega_c t) \mp \hat{x}(t) \sin(\omega_c t)$$

Interpretar los resultados.

★ **Ejercicio 4** (6.5-3 [Car])

El sistema de la Figura 1 se usa para enmascarar señales de voz.

- Analice su funcionamiento.
- Encuentre un sistema que sirva para desenmascarar la señal.

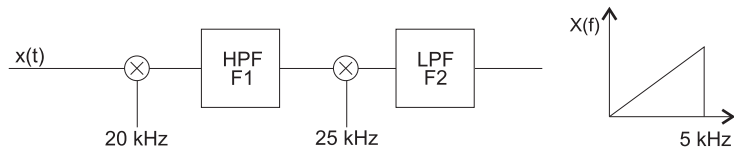


Figura 1: Sistema para enmascaramiento de voz.(Ejercicio 4)

F1 es un pasa-altos de frecuencia de corte $f_{c1} = 20kHz$ y F2 es un pasabajos de frecuencia de corte $f_{c2} = 25kHz$.

Sugerencia: Hacer el estudio para la señal cuyo espectro se da en la Figura 1.

★ **Ejercicio 5**

Construir el diagrama fasorial y encontrar $x_i(t)$, $x_q(t)$ y $R(t)$ para una señal de AM cuya modulante es un tono cuando:

- Se atenúa la banda lateral superior en $1/2$.
- Se le da a la banda lateral superior un corrimiento de fase de 180 grados.
- Se elimina la banda lateral superior.

★ **Ejercicio 6**

Considerar el sistema de la figura 2.

- Demostrar que permite transmitir dos señales diferentes a la misma frecuencia portadora y recuperarlas por detección sincrónica. ¿Cuál debe ser el valor de θ ? Hallar la amplitud de las señales recuperadas.
- Averiguar si es posible detectar con una onda cuadrada en lugar de sinusoidal.

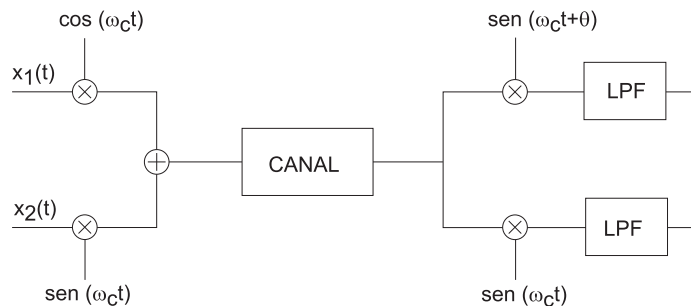


Figura 2: Sistema del Ejercicio 6.

*Ejercicio 7

Sea $x(t)$ una señal de voz con $X(f) = 0$ si $|f| < 200\text{Hz}$ o $|f| > 3.2\text{kHz}$. Demostrar que el sistema de la Figura 3 produce banda lateral única y hallar los valores posibles de f_{c1} y f_{c2} si los filtros pasa-altos deben cumplir $2\beta \geq 0.1f_c$ siendo f_c su frecuencia de corte y 2β el ancho de su zona de transición.

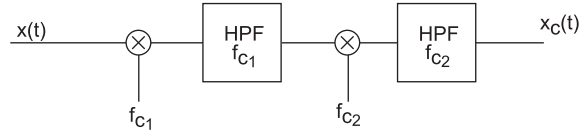


Figura 3: Sistema del Ejercicio 7.

Receptor Superheterodino

◆Ejercicio 8

La banda de emisión de AM es de 540 kHz a 1600 kHz. Una frecuencia intermedia usual es de 450 kHz.

- Comparar la relación f_{max}/f_{min} que debe tener el oscilador local si se toma:
 - $f_0 = f_c - f_1$
 - $f_0 = f_c + f_1$
- Analizar si es posible diseñar un receptor heterodino tal que la frecuencia imagen esté siempre fuera de la banda de AM. Estudiar la frecuencia intermedia y el rango del oscilador local necesarios.

*Ejercicio 9 (6.1-4 [Car])

Se tiene un receptor superheterodino que se utilizará para detectar una señal AM con $\mu = 1$. El rango de frecuencias de portadoras a detectar es ($f_L = 600\text{kHz}$, $f_H = 2000\text{kHz}$).

- Dar un diagrama de bloques del receptor. Explicar qué es la frecuencia imagen, cuándo aparece y cómo logra evitarse, dando criterios de diseño.
- Hallar los rangos válidos de frecuencia del oscilador local. ¿Qué criterio usaría para seleccionar uno de ellos? ¿Por qué?

Para mejorar la eliminación de canales adyacentes, se utiliza un filtro de frecuencia intermedia a frecuencias menores lo que no siempre es constructivamente posible con un solo oscilador local. Una solución es utilizar un receptor de doble conversión, similar al receptor superheterodino, pero con dos osciladores locales y dos filtros de frecuencia intermedia.

- ¿Cómo se modifica el diagrama de la primera parte?

- (d) Diseñar la frecuencia intermedia de la primera etapa f_{IF_1} para tener un rechazo definido según:

$$RR = \left| \frac{H_{RF}(f_c)}{H_{RF}(f'_c)} \right|^2 \geq 60dB$$

donde f_c es la frecuencia central de la señal a detectar y f'_c es la frecuencia imagen. Se considera que el filtro de recepción es un filtro de primer orden:

$$H_{RF}(f) = \frac{\sqrt{g_{RF}}}{1 + jQ \left(\frac{f}{f_c} - \frac{f_c}{f} \right)} \quad Q = 50$$

Se desea diseñar el sistema de recepción de forma tal que la señal de audio $x(t)$ se detecte con una amplificación constante, A_I , sin importar las condiciones de transmisión (potencia transmitida y distancia entre el transmisor y el receptor). Esto se logra ajustando la ganancia del filtro H_{RF} , g_{RF} .

- (e) Determinar el valor de la ganancia necesaria en función de los parámetros del sistema.
- (f) ¿Qué parámetro de la señal recibida permite ajustar la ganancia? ¿Cómo lo implementaría?

Fórmulas trigonométricas de utilidad

$$\begin{aligned} \sin \alpha \sin \beta &= \frac{1}{2} (\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)) \\ \cos \alpha \cos \beta &= \frac{1}{2} (\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)) \\ \sin \alpha \cos \beta &= \frac{1}{2} (\sin(\alpha - \beta) + \sin(\alpha + \beta)) \end{aligned}$$