



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICAS Y NATURALES
INGENIERÍA ELECTRÓNICA CON O.S.D.

Asignatura:

Comunicaciones I

Trabajo Practico N° 3

“Modulación Analógica”

Estudiantes:

Marcos Lucero

Nahuel Ramires

Agustín Cappiello

Profesores Responsables:

Alejandro Marwan Geraiges Magrini.

Roberto Kiessling.

Año:

2025

Índice

1. Ejercicio 1	1
2. Ejercicio 2	1
3. Ejercicio 3	2
4. Ejercicio 4	2
5. Ejercicio 5	3
6. Ejercicio 6	3
7. Ejercicio 7	4

1. Ejercicio 1

En la Fig. 1 se puede observar el espectro en frecuencias de la señal de mensaje $m(t)$.

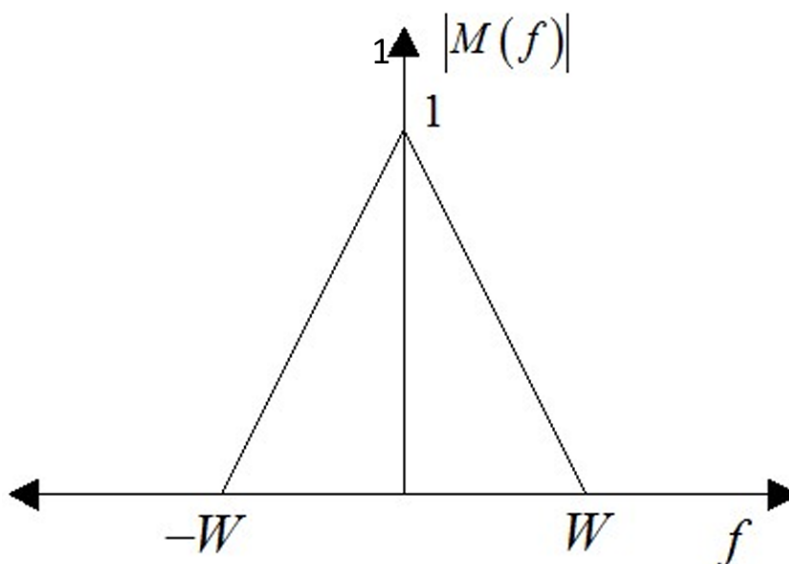


Figura 1: Espectro en frecuencias de la señal de mensaje $m(t)$

El ancho de banda de la señal es de 1000 Hz, y es aplicada a un modulador producto, el cual posee una portadora $A\cos(2\pi f t)$. La señal modulada $s(t)$ es luego aplicada a un Detector Coherente como el indicado en la Fig. 2 del Ejercicio 4.

- Graficar el espectro obtenido en la salida del detector, para $f = 500$ Hz. Suponer la portadora del modulador producto en perfecto sincronismo con la del Detector Coherente. ¿Se recibe la señal enviada? Justifique.
- Proceder de manera similar al punto anterior, pero esta vez suponiendo $f = 10$ kHz.
- ¿Cuál es la mínima frecuencia de portadora que debería emplearse de manera tal de poder recuperar $m(t)$ a través de $s(t)$, sin distorsión?

2. Ejercicio 2

Un transmisor con modulación de amplitud tiene como entrada una señal

$$m(t) = A\cos(2\pi f t) \quad \text{con } A = 3 \text{ V y } f = 600 \text{ Hz.}$$

Si la portadora a modular posee una amplitud de 10 V y una frecuencia de 1 kHz:

- Calcular de manera analítica la señal de salida del modulador en tiempo y en frecuencia, graficando además los resultados. Suponer un 90 % de porcentaje de modulación. ¿Es posible realizar una detección de envolvente sobre la señal $s(t)$ o se requiere una detección coherente?
- Modificar la frecuencia de portadora a $f = 10 f_m$ y graficar $s(t)$ para el porcentaje de modulación 90 %, 60 %, 20 % y 110 %. ¿Es posible realizar una detección de envolvente sobre la señal $s(t)$ para todos los casos propuestos? Justificar en el caso que no sea factible la detección.

3. Ejercicio 3

Con los datos del Ejercicio 2, considerar a $s(t)$ una señal de tensión y conectar a la salida de modulador un resistor de 50 Ω . Cuando sea posible indicar la respuesta también en dB.

- Calcular la potencia media de la portadora para un $\mu = 20\%$.
Rta.: 1 W.
- Calcular la potencia media de la banda lateral inferior y superior para un $\mu = 20\%$.
Rta.: 0.01 W.
- Calcular la potencia total de las señales moduladas para un $\mu = 20\%$.
Rta.: 1.02 W.
- ¿Cuál es la relación de potencia total de banda lateral respecto la potencia total de señal modulada?
Rta.: 1.96 %.
- ¿Cuál es la relación de potencia total de portadora respecto la potencia total de señal modulada?
Rta.: 98.03 %.
- Repetir nuevamente los cálculos para un $\mu = 100\%$.
Rtas.: $P_c = 1\text{ W}$, $P_{BLI} = P_{BLS} = 0,25\text{ W}$, $P_T = 1,5\text{ W}$, $RP_{BL} \approx 33,3\%$, $RP_c \approx 66,6\%$.
- Repasar la teoría y analizar los resultados obtenidos en los puntos anteriores.
- Comentar las ventajas y desventajas de este tipo de modulación.

4. Ejercicio 4

Considere la misma señal de mensaje y portadora del Ejercicio 2, pero utilice un modulador producto.

- Expresar analíticamente $s(t)$ y $S(f)$. Graficar resultados y explicar cuál fue el cambio en la señal de salida del modulador.
- Considerando que la señal de salida del modulador se aplica a un detector coherente (ver Fig. 2), y que las portadoras tanto en el transmisor como en el receptor se encuentran en perfecto sincronismo: obtener $v(t)$ y graficar su espectro.
- Ahora suponer que hay una diferencia de fase entre portadoras. Comentar por qué esto es importante y qué sucede en casos extremos.

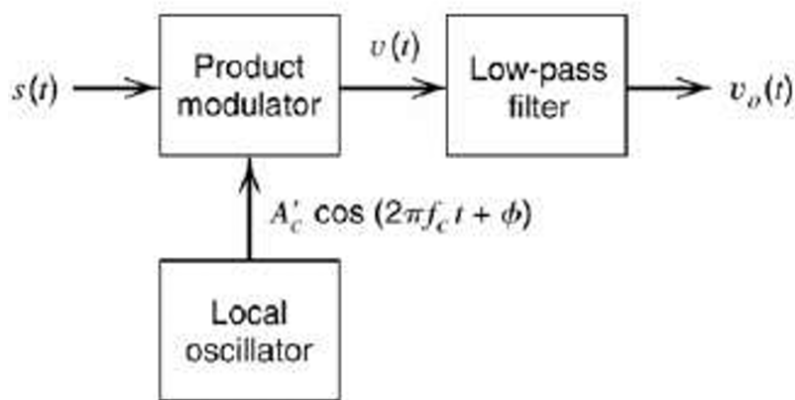


Figura 2: Detector coherente

5. Ejercicio 5

Una versión particular de AM estéreo usa multiplexación de portadora en cuadratura. Específicamente, la portadora $A\cos(2\pi f t)$ es empleada para modular la señal suma:

$$m_s(t) = v + m_l(t) + m_r(t)$$

donde v es un offset DC incluido con el propósito de transmitir la componente de portadora, $m_l(t)$ es la señal de audio de canal izquierdo y $m_r(t)$ es la señal de audio de canal derecho.

La portadora en cuadratura $A\sin(2\pi f t)$ es empleada para modular la señal diferencia:

$$m_d(t) = m_l(t) - m_r(t)$$

- Mostrar que un detector de envolvente puede ser utilizado para recuperar la suma $m_l(t) + m_r(t)$ desde la señal multiplexada en cuadratura. ¿Cómo puede minimizar la distorsión de la señal producida por el detector de envolvente?
- Mostrar que un detector coherente puede recuperar la diferencia $m_l(t) - m_r(t)$.
- ¿Cómo se obtienen finalmente las señales $m_l(t)$ y $m_r(t)$ deseadas?

6. Ejercicio 6

Arme el esquema de la Fig. 3 en GNU Radio y realice los siguientes puntos:

- ¿Qué es GNU Radio?
- ¿Qué es una SDR?
- Expresar matemáticamente la señal modulada $s(t)$ del modulador AM del esquema.
- Explicar brevemente qué realizan cada uno de los bloques de la Fig. 3.
- Obtener las gráficas para un porcentaje de modulación del 10%, 60% y 100%.
- Obtener la gráfica con sobre-modulación en la señal $s(t)$.
- Analizar qué sucede con el espectro de la señal en cada uno de los casos planteados en d) y e). Indicar en el informe las gráficas obtenidas.
- Implementar un receptor y obtener la señal original.

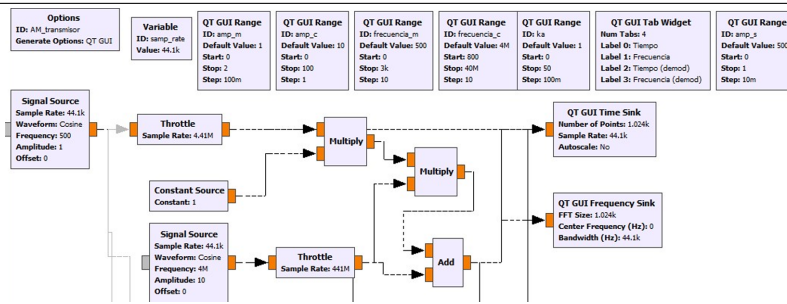


Figura 3: Esquema del modulador AM en GNU Radio

7. Ejercicio 7

Diseñar en GNU Radio un modulador que genere una señal de Doble Banda Lateral con Portadora Suprimida. Indicar cuál es la diferencia de espectro con la señal del ejercicio anterior.