

## Práctica 3: MODULACIONES LINEALES

OVER JOSE AMAYA AMAYA - 2194243  
ANGIE TATIANA CHAPARRO BLANCO - 2184212

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones  
Universidad Industrial de Santander

7 de diciembre de 2022

### Resumen

En este laboratorio se exploró diferentes tipos de modulación lineal, como la AM, DSB-SC, SSB observando cada una de estas modulaciones en el analizador de espectro y osciloscopio esto con el objetivo de determinar parámetros de nuestra señal y ver su comportamiento al cambio de estos parámetros como el coeficiente de sensibilidad, la amplitud de la portadora, el offset, etc. Y también poder medir en la práctica el índice de modulación  $\mu$  y potencia.

**Palabras clave:** *Modulación Lineal, índice de modulación, coeficiente de sensibilidad, señal portadora.*

desvía la amplitud de la portadora y con esto podemos determinar si la señal está sobremodulada, debido a que saber esto es muy importante a la hora de transmitir un mensaje para no perderlo.

Al modular linealmente un mensaje podemos ver esta señal en dos dominios en el dominio frecuencia viendo su espectro o podemos ver esta señal en el dominio del tiempo, en estos dos dominios podemos obtener o medir información de dicha señal, en el dominio frecuencia podemos obtener la frecuencia de la señal mensaje y portadora, podemos obtener la potencia total de la señal y en el dominio tiempo podemos obtener el índice de modulación, podemos obtener la frecuencia del mensaje.

### 1. Introducción

Tenemos diferentes tipos de modulación, entre estos tipos las modulaciones lineales como la AM, DSB-SC, SSB, VSB\* estas modulaciones tienen en común que al mensaje se le hace el mismo tratamiento que es multiplicar el mensaje por una constante en algunos casos se multiplica por dos constantes, en otras palabras cambian la amplitud y también tiene en común el lugar donde se ubica la señal luego de modularla que es en la frecuencia de la portadora, pero también estas modulaciones lineales tienen sus diferencias, como que en las modulaciones AM, DSB-SC y VSB\* utilizan las bandas superiores e inferiores y la modulación SSB solo utiliza una banda, ya sea la banda inferior o superior, también podemos recalcar que en la modulación AM esta utiliza un impulso que se ubica en la frecuencia portadora y en la modulación VSB\* utilizamos una banda para un vestigio.

Un parámetro importante en las modulaciones es el índice de modulación  $\mu$  ya que este parámetro nos dice la profundidad de la modulación hecha para una señal modulada. En las modulaciones lineales es que tanto se

Para poder medir esta señal modulada en el dominio del tiempo y de la frecuencia debemos tener algunas consideraciones ya que para esto se utilizan equipos de laboratorio, en el dominio de la frecuencia utilizamos el analizador de espectro en este debemos considerar el nivel de referencia que ponemos, ubicar la frecuencia central en la indicada y por último tener en cuenta el RBW que se usa, ya que si ponemos uno alto no observaremos la señal como la esperamos, y en el dominio del tiempo utilizamos un osciloscopio en este equipo debemos tener muchas consideraciones, como poner en adquisidor de muestras en "Pico", ubicar el tiempo por división correcto ya que si utilizamos la función "auto set" nos mostrará la frecuencia de la portadora y no veremos la envolvente de la señal, también ubicar adecuadamente la escala de voltaje y tiempo del osciloscopio.

### 2. Procedimiento

Uno de los parámetros importantes en la modulación de una señal es el índice de modulación, este se puede medir de la siguiente forma, utilizaremos el osciloscopio. Primero sabiendo el nivel de portadora  $A_c$ , o

haciendo el mensaje cero encontramos ese nivel  $A_c$  en el osciloscopio ubicando un cursor en este nivel, como se observa en la figura 1 (cursor  $V_a$ ).

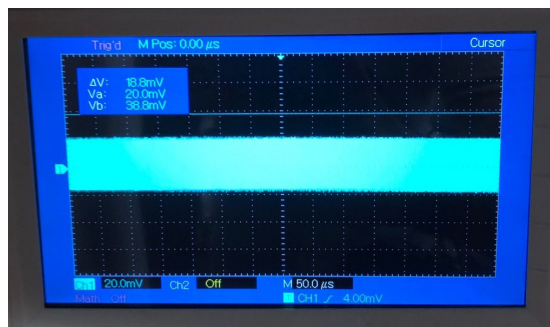


figura 1. Nivel  $A_c$ .

Luego de saber dónde está ubicado el nivel  $A_c$  ahora utilizamos otro cursor y este lo ubicamos en el pico máximo de la señal modulada y calculamos la diferencia de estos dos niveles, como se observa en la figura 2.

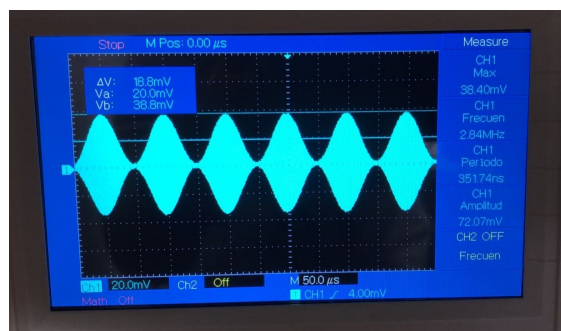


figura 2. Modulación  $A_m$ , señal coseno.

Luego de tener esta diferencia calculamos el índice de modulación de la siguiente forma:

$$\mu = \frac{Max - A_c}{A_c} = \frac{18,8mV}{20mV} = 0,94 \quad (1)$$

También podemos calcular este índice de modulación de la siguiente manera utilizando el osciloscopio, primero ubicamos un cursor en el nivel  $A_c$  y el otro cursor en el mínimo, y hacemos la diferencia de estos dos niveles y calculamos el índice de modulación de la siguiente forma:

$$\mu = \frac{|Min - A_c|}{A_c} \quad (2)$$

Este índice de modulación no solo es medido en las señales  $A_m$ , también podemos medir este índice en FM, PM pero de diferentes formas y utilizando diferentes parámetros esto teniendo en cuenta que llevan portadora.

$A_c$	$k_a$	$A_m$	Offset	$\mu$	$P_T$	$P_c$	$\eta$
0.13	1	1	0	0.94	0.01	0.008	20 %
0.13	1.5	1	0	1.24	0.01	0.008	20 %
0.13	1	0.5	0	0.56	0.009	0.008	11 %
0.13	1	1	1	0.48	0.012	0.08	30 %

El índice de modulación es afectado por los parámetros de la modulación como el coeficiente de sensibilidad  $K_a$ , la amplitud de la portadora  $A_c$  y la amplitud del mensaje  $A_m$ , también si introducimos un offset al mensaje lo que va a pasar es que me va a hacer cambiar el índice de modulación de forma proporcional, este offset también podrá hacer que se sobremodule la señal porque me cambia el valor de continua, además podemos consumir muchísima más potencia al agregarle un offset.

En las modulaciones lineales transmitimos la señal portadora porque es la encargada de llevar el mensaje al destino, ahí es donde se guarda en mensaje por así decirlo, por eso es importante transmitirla.

Hay varios tipos de modulación Lineal, como ya vimos en la figura 2 una modulación AM, pero también en las modulaciones lineales podemos encontrar la modulación DSB-SC que es la de doble banda lateral con portadora suprimida, esta modulación la podemos obtener de manera muy fácil haciendo que la constante que se le agrega a la modulación AM sea cero, por lo cual obtendríamos una modulación DSB-SC, entonces para obtener la modulación DSB-SC debemos agregarle un offset a la modulación AM para hacer cero la constante de la modulación AM y así obtener DSB-SC.

Además podemos encontrar otro tipo de modulación en las modulaciones lineales, que es la SSB, banda lateral única, esta modulación nos ayuda a reducir potencia y ancho de banda respecto a las otras modulaciones, pero esta tiene una limitación para implementarla de forma práctica, ya que necesitamos un filtro ideal para obtener una sola banda, por lo cual esto es imposible hasta ahora, entonces lo que sucede es que en la práctica obtenemos la modulación VSB\* que es de banda lateral única pero con un vestigio, ya que en la práctica contamos con filtros no ideales.

Modulación AM:

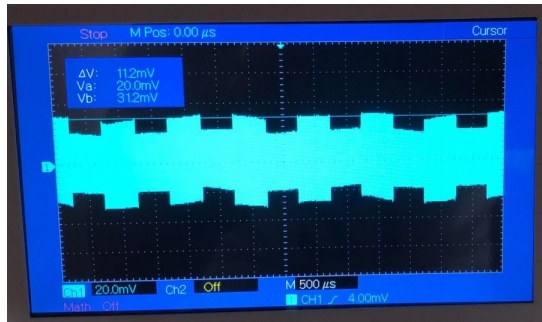


figura 3. Modulación Am, señal cuadrada.

$$s_{AM}(t) = A_c(1 + k_a m(t)) \cos \omega_c t$$

$$A_c = 0,125, A_m = 0,5, k_a = 1, f_c = 50\text{MHz}.$$

Modulación SSB:

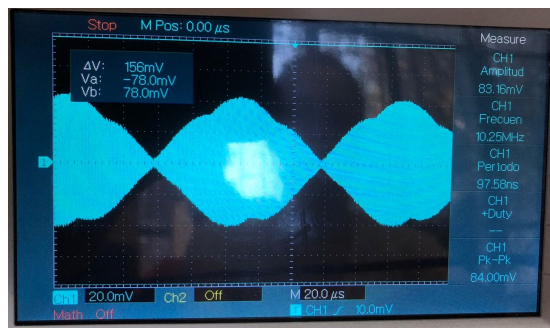


figura 4. Modulación SSB, señal coseno.

$$s_{SSB}(t) = A_c(m(t) + iBm'(t)) \cos \omega_c t$$

$$A_c = 0,125, A_m = 1, B = 1, f_c = 50\text{MHz}.$$

Modulación DSB-SC:

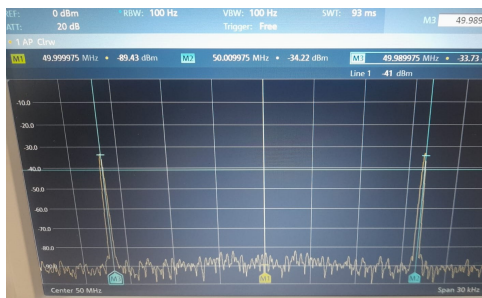


figura 4. Modulación DSB-SC, señal coseno.

$$s_{SSB}(t) = A_c(m(t)) \cos \omega_c t$$

$$A_c = 0,125, A_m = 1, f_c = 50\text{MHz}.$$

Los distintos tipos de modulación lineal podemos decir que tienen varias ventajas y desventajas, en la modulación AM podemos decir que tiene como desventaja la eficiencia baja pero también es más fácil detectar el mensaje que en las otras modulaciones, de la modulación DSB-SC podemos decir que como ventaja es la supresión de la portadora pero es un poco más complicado detectar el mensaje y de la modulación SSB, es creo la más óptima ya que tiene una mejor eficiencia que las anteriores y también solo utiliza una banda para llevar el mensaje lo que reduce el ancho de banda, como desventaja podemos decir que se tiene que hacer una transformación a la señal mensaje para poder obtener la banda lateral única, también podemos agregar que en este tipo de modulación aparece un vestigio por lo que no contamos con filtros ideales.

### 3. Conclusiones

- Cuando utilizamos un índice de modulación 1, en modulación AM podemos decir que es la eficiencia es bastante mala, ya que la mayoría de potencia transmitida es debido a la portadora y no al mensaje transmitido.
- La modulación SSB es una alternativa eficiente de la modulación AM ya que utilizamos una sola banda por lo cual reducimos potencia transmitida y subimos la eficiencia de la transmisión, pero nos limitamos a los filtros reales en la práctica.
- Podemos obtener cualquier modulación lineal de la modulación Am haciendo algunos cambios, como en el offset o aplicando filtros para obtener ya sea la modulación DSB-SC o la modulación SSB.