

Práctica 3: MODULACIONES LINEALES

Andrés Suarez - 2194560
Daniel Fernández - 2192284

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

10 de diciembre de 2022

Resumen

Esta práctica se dividió en dos partes, la primera con el objetivo de entender la medición de señales pasa banda y la creación de envolventes complejas en GNURADIO. Lo primero, se creó la envolvente compleja de una modulación lineal (Modulación AM) en bloques jerárquicos, luego a través del USRP se generó la señal modulada para ser medida tanto en el analizador de espectro como en el osciloscopio. Y en la segunda práctica, se buscó interpretar las modulaciones de banda lateral única con señales de referencia y señales de audio realizando el montaje del bloque para la envolvente compleja de una modulación de banda lateral única transmitiendo la señal modulada en banda lateral única y tomando mediciones en el dominio del tiempo y frecuencia con los instrumentos del laboratorio.

Palabras clave: Índice de modulación, Modulación Am, Modulador, Demodulador.

1. Introducción

- Las modulaciones lineales usualmente tienen en común que la información está relacionada de forma lineal con $x(t)$ o $y(t)$, también se considera que para los distintos tipos de modulación la media del mensaje $m(t)$ va a ser igual a cero y que este mensaje estará limitado en banda. El mensaje va a estar normalizado, es decir, que su magnitud sea menor o igual a uno. Una diferencia es que la modulación Am convencional tiene una componente de la portadora que no contiene el mensaje y aumenta la potencia. La doble banda lateral no contiene esa componente y es más eficiente en términos de consumos de potencia. La single sideband (SSB), es menos redundante que la double sideband (DSB) y la AM convencional ya que está demostrado que se puede recuperar la señal mensaje con una sola banda lateral. [1]
- El índice de modulación describe la varianza o cantidad de cambio en la amplitud de la señal provo-

cado por la modulación y es importante ya que nos permite controlar la modulación o sobre modulación de la onda portadora, digamos, en el caso de una sobre modulación hay inversiones de fase de la portadora, es decir se tiene distorsión de la envolvente y esto no es lo que se desea ya que se perdería parte de la información del mensaje. [2]

- La información que podemos obtener a través de las mediciones de las señales moduladas linealmente en dominio tiempo y en dominio frecuencia son la amplitud, Frecuencia, Potencia, Índice de modulación, Cambio de Banda.
- Para observar las señales moduladas linealmente tanto en el analizador de espectros como en el osciloscopio hay que considerar la amplitud y frecuencia de la portadora, la amplitud del mensaje, considerar que la amplitud de la envolvente no supere la unidad ya que el radio tiene ese límite y si esto ocurre se puede ver la señal cortada en el osciloscopio.

2. Procedimiento

- Un método para medir el índice de modulación experimentalmente es medir el Δr que es la diferencia entre el máximo de la señal modulada y la amplitud de la portadora, dividido entre la amplitud de la portadora, además se puede medir tomando el valor máximo de la señal modulada y restandole la amplitud de la portadora y luego dividiendo ese resultado por la misma amplitud de la señal portadora. Sólo en las señales AM puede medirse el índice de modulación ya que los demás tipos de señales moduladas no poseen este índice, además la modulación AM convencional es la única que nos permite medir este índice porque tiene una componente agregada de la portadora, la cual



se puede medir por aparte si se apaga el mensaje, en las demás modulaciones lineales si se hace cero el mensaje inmediatamente se pierde la señal modulada completamente.

- Los parámetros K_a y A_m son ambos directamente proporcionales al índice de modulación. Si se introduce una señal de continua o también llamada offset, inmediatamente se debe saber que se incrementa el consumo de potencia ya que se offset se le agregaría a la magnitud de la componente de la portadora, lo cual haría menos eficiente este tipo de modulación. También hay que resaltar que afectaría la altura de la señal envolvente y la amplitud de la señal modulada

A_c	k_a	A_m	Offset	μ	P_T	P_c	η
50[mV]	1	1	0	1.02	1.9[mW]	1.25[mW]	0.34
50[mV]	1.5	1	0	1.5	2.66[mW]	1.25[mW]	0.53
50[mV]	0.5	1	0	0.46	1.38[mW]	1.25[mW]	0.096

Tab. 1: Parámetros de la señal AM

- La portadora es importante ya que nos permite llevar la señal mensaje a las bandas de frecuencias deseadas ya que nos permite modificar las características del mensaje, a esto se le denomina modulación.
- Primero se parte del principio de que la diferencia entre la modulación AM y DSB-SC es la existencia de la componente de la portadora en el caso de la AM por causa de un desplazamiento vertical de la señal mensaje, por lo cual podríamos ajustar el offset de la señal mensaje de tal manera que se cancele ese desplazamiento vertical y conseguir de esa manera que la modulación AM convencional se comporte como la modulación DSB-SC.
- Para la implementación de la modulación single sideband(SSB), se requiere del uso de la transformada de Hilbert de la señal mensaje, la cual representa la parte imaginaria de la envolvente, para así conseguir una de las dos bandas laterales al restársela o sumársela a la componente real combinada con la portadora, una limitación podría ser la necesidad de un modulo que me realice la transformada de Hilbert.

- Tipos de modulación lineal explorado en el laboratorio con su expresión analítica y los parámetros de la señal.

Las modulaciones trabajadas en el laboratorio fueron: La modulación AM convencional y la doble si-

deband(DSB), en cuanto a las modulaciones AM tenemos:

Índice de modulación igual a 1 ($K_a A_m = 1$)

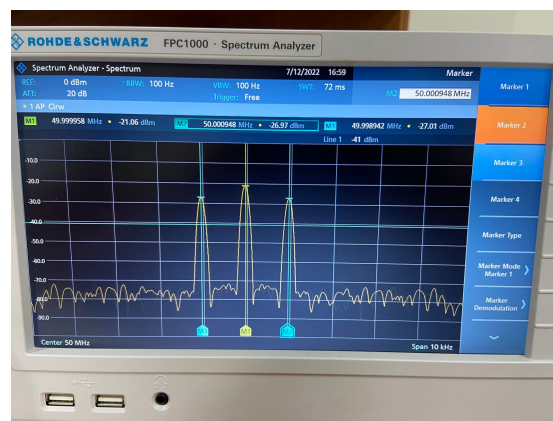


Fig. 1: Gráfica del índice de modulación igual a 1

Expresión analítica:

$$s_{AM}(t) = A_c(1 + k_a m(t)) \cos \omega_c t, \quad A_c = 50mV, A_m = 1, k_a = 1, f_c = 50kHz.$$

Índice de modulación mayor a 1 ($K_a A_m > 1$)

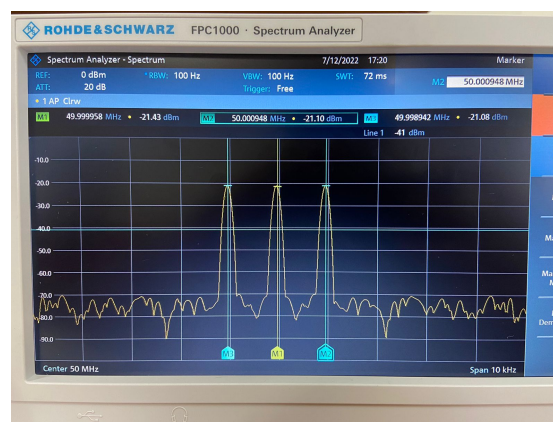


Fig. 2: Gráfica del índice de modulación mayor a 1

Expresión analítica:

$$s_{AM}(t) = A_c(1 + k_a m(t)) \cos \omega_c t, \quad A_c = 50mV, A_m = 1, k_a = 2, f_c = 50kHz.$$

Índice de modulación menor a 1 ($K_a A_m < 1$)



Fig. 3: Gráfica del índice de modulación menor a 1

Expresión analítica:

$$s_{AM}(t) = A_c(1 + k_a m(t)) \cos \omega_c t, \quad A_c = 50mV, A_m = 1, k_a = 0,5, f_c = 50kHz.$$

Y en cuanto a la doble sideband(DSB), tenemos:

Sin portadora, cambio de banda Izquierdo

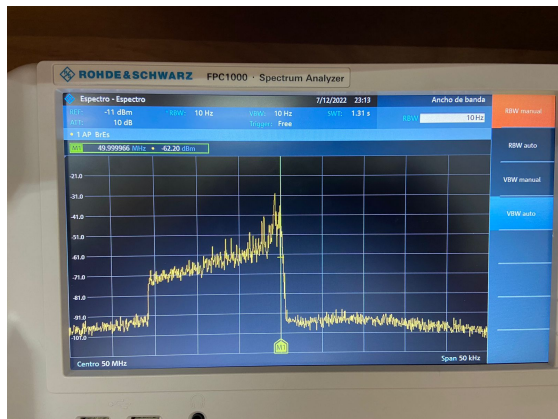


Fig. 4: Gráfica DSB sin portadora, cambio de banda izquierdo

Expresión analítica:

$$s_{AM}(t) = A_c m(t) \cos \omega_c t, \quad A_c = 0,608, f_c = 50kHz.$$

Sin portadora, cambio de banda Derecho

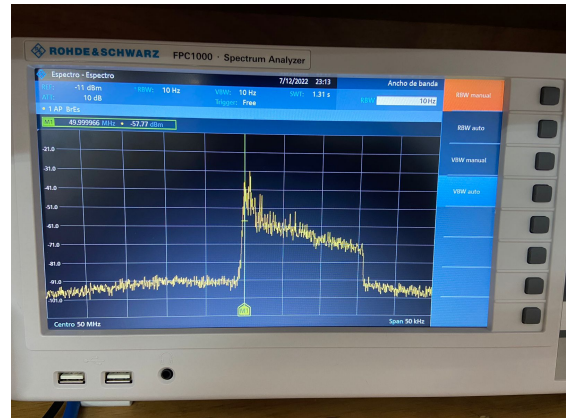


Fig. 5: Gráfica DSB sin portadora, cambio de banda derecho

Expresión analítica:

$$s_{AM}(t) = A_c m(t) \cos \omega_c t, \quad A_c = 0,608, f_c = 50kHz.$$

Con portadora, cambio de banda Izquierdo

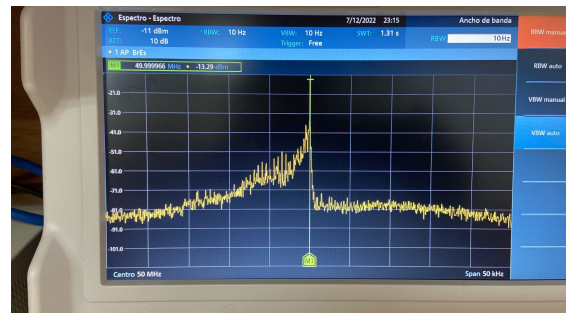


Fig. 6: Gráfica DSB con portadora, cambio de banda izquierdo

Expresión analítica:

$$s_{AM}(t) = A_c m(t) \cos \omega_c t, \quad A_c = 0,608, f_c = 50kHz.$$

Con portadora, cambio de banda Derecho

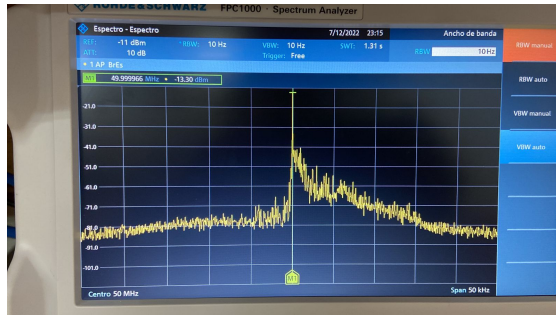


Fig. 7: Gráfica DSB con portadora, cambio de banda de-recho

Expresión analítica:

$$s_{AM}(t) = A_c m(t) \cos \omega_c t, A_c = 0,608, f_c = 50\text{kHz}.$$

- Las modulaciones lineales que se trabajaron en el laboratorio son; la modulación AM convencional y la double sideband(DSB).

Ambas modulaciones son un poco robustas e ineficientes ya que consumen mucha potencia innecesaria, principalmente en el caso de la modulación AM convencional donde se tiene una componente de la portadora que no contiene la señal mensaje $m(t)$ y tiene una amplitud que puede llegar a ser mayor que las componentes de las bandas laterales si el índice de modulación es ≤ 1 . La modulación DSB es un poco mas eficiente en ese aspecto porque ya no contiene esa componente pura de la portadora pero sigue haciendo uso de las dos bandas laterales lo cual se demostró que es redundante ya que con una sola banda lateral se puede demodular la señal modulada y obtener el mensaje usando la mitad del ancho de banda anterior. [3]

3. Conclusiones

- La modulación lineal más eficiente es la single sideband(SSB), ya que ocupa la mitad del ancho de banda de la modulación AM convencional y la modulación double sideband(DSB), y en términos de potencia consume la mitad de la potencia de la DSB que a su vez es mucho mas eficiente que la convencional AM.
- Las modulaciones lineales solo modifican la amplitud de la señal mensaje con respecto al tiempo, pero la fase y la frecuencia de la misma se mantienen constantes, con esto no se quiere decir que la frecuencia de la señal modulada no sea distinta a la del mensaje, ya que se puede desplazar a una banda de frecuencia deseada, pero la señal modulada $s(t)$ mantiene su frecuencia y fase constante.
- Cuando se envían señales AM (ineficientes en potencia) que no están sobre-moduladas, la eficiencia de la potencia de la señal modulada ronda el 20

Referencias

- [1] J. Proakis and M. Salehi, "Fundamentals of communication systems." England: Pearson Education Limited, p. Chapter 3, 2014.
- [2] "Modulación de amplitud (am) y sus variantes." [Online]. Available: <https://medium.com/modulaci%C3%B3n-por-amplitud-am-y-sus-variantes/modulaci%C3%B3n-de-amplitud-am-y-sus-variantes-6b7d575d2698#:~:text=El%20%C3%ADndice%20de%20modulaci%C3%B3n%20permite,se%20tiene%20distorsi%C3%B3n%20de%20envolvente.>
- [3] L. Couch, *Sistemas de comunicación digitales y analógicos.* (7a ed.). Chapter4. Pearson Education, 2008.