



PRÁCTICA 5. MODULACIONES EN GNURADIO

Pineda Cardozo, Juliana Lucia. 2185105- Ruiz Torres, Jean Pablo. 2185106

Fecha de elaboración: 13/09/2022

RESUMEN

En esta práctica de laboratorio se implementaron las modulaciones lineales y las modulaciones angulares, donde se observó las distintas variaciones creando diagramas de bloque jerárquicos con sus respectivas variables en cada uno de estos para poder observar mediante la interfaz de GNURADIO su respectivo comportamiento y poder comprobarlo en los equipos del laboratorio como el osciloscopio y el analizador de espectros.

1. INTRODUCCIÓN

La creación de los bloques en GNURadio nos permiten el procesamiento de señales para implementar radios y además simulación de sistemas de comunicaciones definidos por software.

En la creación de códigos se podía seguir los pasos escribiendo código de manera sencilla, pero a nuestro parecer la creación de bloques jerárquicos es mucho mejor, ya que se puede observar lo que se está haciendo y al momento de cambiar las variables o asignarlas se hace con mayor facilidad en los bloques jerárquicos.

El analizador de espectros es muy importante para realizar las practicas porque nos ayuda analizar los componentes espectrales en el dominio de la frecuencia, nos permite la medición de potencia de una señal vs frecuencia, de las prácticas de

laboratorio, mientras que el osciloscopio nos permite medir amplitud de una señal vs tiempo.

Para la transmisión de las modulaciones AM en radio se hace con una portadora que es más fácil de generar la cual al momento de transmitirla hace más sencilla la demodulación de la señal y por consiguiente, al momento de recepcionar la señal es más sencillo y barato.

La ventaja de la modulación angular en la transmisión de señales es la reducción de ruido en las señales, permite una mejor eficiencia en la potencia.

Para poder obtener señales desde el espectro radioeléctrico y procesarlas en el computador, se debe tener en cuenta las restricciones de los equipos, ya que estos tienen unas capacidades limitadas dadas en las especificaciones de cada equipo. En el osciloscopio no se puede visualizar una señal que tenga una frecuencia más alta a 100MHz, ya que después de esta frecuencia se pierde la señal, puede tener fluctuaciones o mostrar una gráfica que no es la real; para el analizador de espectro cuenta con un rango de frecuencia de 100 kHz a 1,6 GHz / ampliable a 3 GHz con un nivel de salida de -20 dBm a 0 dBm.

Las habilidades desarrolladas a lo largo del semestre en función de lo experimentado fue primeramente reconocer el funcionamiento del software de GNURadio, con el que aprendimos a medir la atenuación de un cable coaxial usando el analizador de espectro; también aprendimos a detectar fallas en una línea de transmisión y la aproximación de la localización de la falla, a través de la reflectometría en el dominio del tiempo, seguidamente creamos bloques jerárquicos para construir los sistemas de comunicaciones por medio de programación en Python, con esos sistemas reconocimos los principales parámetros de una modulación lineal de



amplitud, finalmente aprendimos modulaciones angulares y demodulaciones de emisoras FM donde encontramos el ancho de banda de una señal FM.

2. PROCEDIMIENTO

a. MODULACIONES LINEALES

El procedimiento para medir las señales moduladas en amplitud en un osciloscopio son primeramente realizar el sistema en GNURadion, luego se transmite la señal a través de un radio donde finalmente es conectado el osciloscopio y donde se ajusta la señal y se mide la amplitud mediante los cursores posicionándolos en los picos, de ahí se despejas los parámetros mediante las mediciones del osciloscopio.

Se creo el respectivo diagrama de bloques en GNURADIO para la envolvente compleja de modulator AM de banda lateral única (SSB), creando así un nuevo bloque, después de creado el bloque se conectó con una entrada coseno y una salida USPR para su respectiva visualización en el osciloscopio. Para la visualización de la banda superior o inferior en la variable Ka se puso 1 o -1 respectivamente.

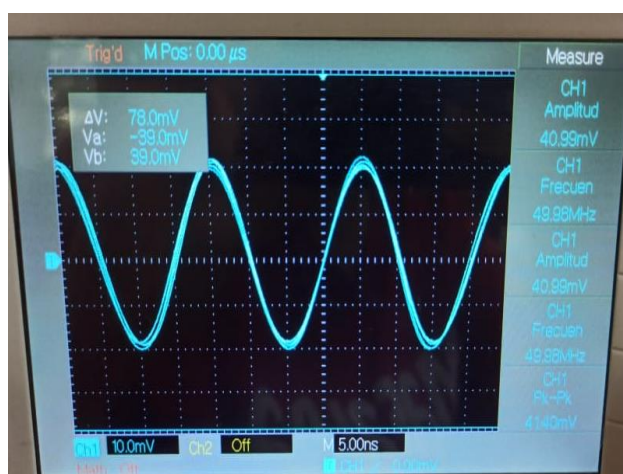


Figura 1. banda lateral única (SSB)

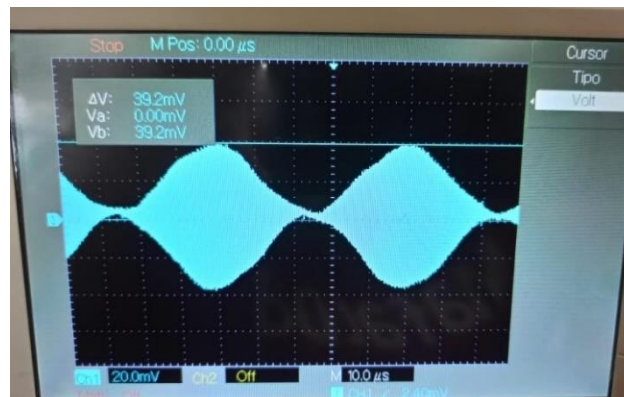


Figura 2. Doble banda lateral (DSB).

Podemos observar en las Figura 1 (SSB) tiene una frecuencia alta a comparación de la Figura 2 (DSB) con frecuencias bajas, con esto podemos comparar que a frecuencias más alta tenemos una mejor eficiencia de ancho de banda y en las frecuencias bajas vamos a obtener una menor atenuación de la señal.

Para las modulaciones de amplitud (SSB y DSB) es importante el análisis en el dominio de la frecuencia ya que podremos observar la banda superior e inferior y obtener la potencia de la envolvente compleja. Con el analizador de espectros podremos obtener el parámetro de modulación fm y a partir de las mediciones matemáticamente obtendremos $k_a \cdot A_m$, y A_c .

Las ventajas de un osciloscopio es que podemos medir directamente la tensión de una señal, el periodo, la diferencia de fase, se pueden captar dos canales simultáneamente, guardar imágenes, entre muchas. En el analizador de espectros podemos analizar el espectro de una señal, con esto en la realización de los laboratorios no permitió medir la potencia de una señal en dB, estos instrumentos tienen una limitación al momento de tomar datos ya que pueden tener algunos errores de lecturas.



b. MODULACIONES ANGULARES

El proceso de transformación de la señal a través de los bloques que componen el bloque jerárquico para cada caso de modulación en amplitud es como se observa en la figura 3, configurando los bloques para que cumplan con lo requerido. La modulación angular se compone de un bloque jerárquico Envolvente Compleja PM dentro de un diagrama de bloques donde se le ingresa una señal y se obtiene la señal el dominio del tiempo y en frecuencia.

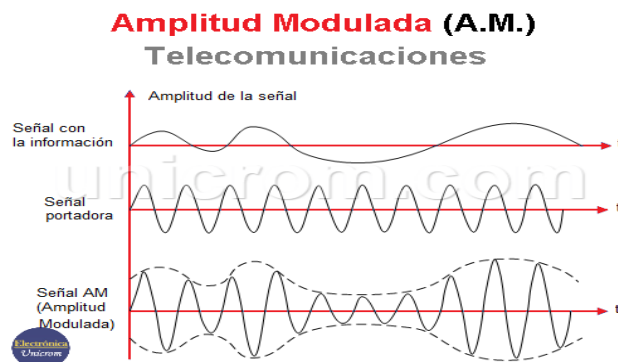


Figura 3. Amplitud modulada.

Se creó el respectivo diagrama de bloques en GNURADIO para medir las señales moduladas, creando así un nuevo bloque, después de creado el bloque se conectó con una entrada coseno y una salida USRP para su respectiva visualización en el osciloscopio. Para determinar la desviación de frecuencia se sabe que su fórmula es Desviación de frecuencia (Δf) = $K_p \cdot A_m$, siendo K_p =sensibilidad de la fase y A_m = amplitud del mensaje, estos dos parámetros se variaron en GNURADIO para poder obtener diferentes valores de desviación de frecuencia, observando con esta que a mayor desviación de frecuencia los coeficientes de Bessel aumentan y también su ancho de banda aumenta. Este procedimiento se comprobó solo en la interfaz de GNURADIO.

Para medir los coeficientes de Bessel de primer orden desde la práctica se utilizó el analizador de espectros variando B para obtener la potencia en cada pico y mediante el documento Excel con las ecuaciones se sacaron los valores de los coeficientes teóricos y prácticos como se observa en la figura 5 y se evidenció que el error es mínimo. La importancia de medir los coeficientes es que nos proporcionan un espectro de una señal en modulación de frecuencia y se utiliza en muchos problemas de propagación de ondas.

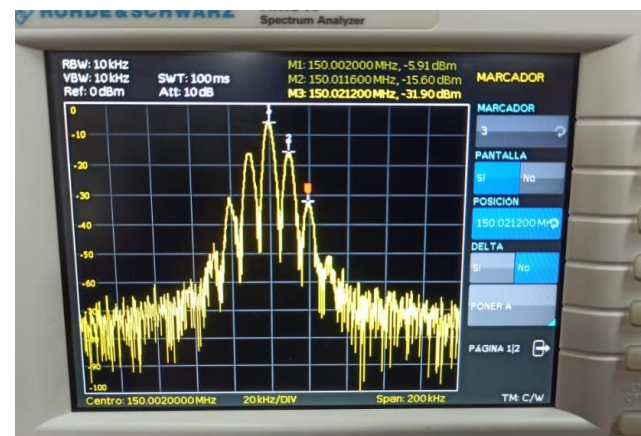


Figura 4. Medición coeficientes de Bessel B=0,6.

| 2 | | B = 0,1 | | | B = 0,6 | | | B = 2 | | | B = 3 | | |
|----|------------|---------------|------------|------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| 3 | | Medida en dBm | Teórico | Práctico | Medida en dBm | Teórico | Práctico | Medida en dBm | Teórico | Práctico | Medida en dBm | Teórico | Práctico |
| 4 | 0 (0dB) | -5.44 | 0.58751665 | 0.64011106 | -5.91 | 0.91200463 | 0.93218047 | -17.21 | 0.22389702 | 0.25380489 | -15.18 | -2.3505166 | 0.28579304 |
| 5 | 1 (10dB) | -28.91 | 0.04987525 | 0.05599323 | -15.6 | 0.28670088 | 0.30548211 | -8.3 | 0.57872408 | 0.63067244 | -13.95 | 0.33066666 | 0.36402644 |
| 6 | 2 (20dB) | | | | -31.9 | 0.040865097 | 0.046773514 | -13.85 | 0.352834208 | 0.373880125 | -10.95 | 0.46059123 | 0.521785104 |
| 7 | 3 (30dB) | | | | | | | -13.27 | 0.12894255 | 0.13532811 | -15.59 | 0.30582665 | 0.312688347 |
| 8 | 4 (40dB) | | | | | | | -33.31 | 0.03389572 | 0.03879481 | -22.14 | 0.132034184 | 0.143879858 |
| 9 | 5 (50dB) | | | | | | | -47.37 | 0.00703963 | 0.007879524 | -32.64 | 0.043028435 | 0.043636643 |
| 10 | 6 (60dB) | | | | | | | | | | -43.63 | 0.011383832 | 0.012119827 |
| 11 | 7 (70dB) | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 8 (80dB) | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 9 (90dB) | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 10 (100dB) | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 11 (110dB) | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 12 (120dB) | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 13 (130dB) | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | -8.3 | | | -8.3 | | | -8.3 | | | -8.3 | |

Figura 5. Tabla coeficientes de Bessel.

Para hacer la medición de ancho de banda es tomar el Span/div de nuestro analizador de espectros y contar cuantos cuadros está ocupando la señal, con esto multiplicamos el número de cuadros que ocupa



la señal por el Span/div obteniendo un aproximado del ancho de banda.

Los criterios de ancho de banda utilizados para determinar el cumplimiento del ancho de banda son: la separación entre canales para la radiodifusión sonora en F.M. es de 100 kHz. Radiodifusión sonora en ondas métricas va de las bandas de frecuencias comprendida entre 88 MHz y 108 MHz.

Implementaría un sistema de monitoreo continuo del espectro con el diagrama de bloque de la **Figura 6**, cambiando la frecuencia central a 98MHz, observando en la interfaz de GNRADIO si está violando la regulación de asignación de frecuencias existentes.

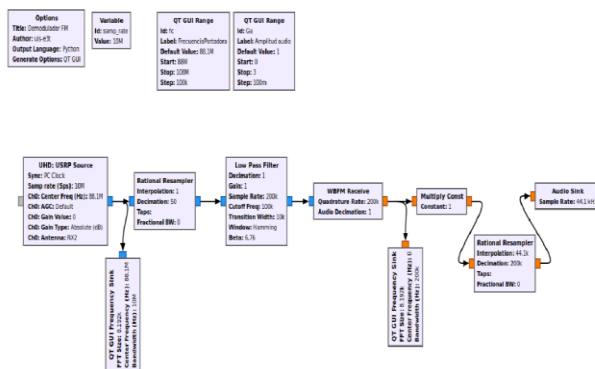


Figura 6. Diagrama de bloques GNURADIO.

3. CONCLUSIONES

- Tras el análisis de las imágenes tomadas en el osciloscopio de banda lateral única podemos concluir que es de gran importancia ya que permite transmitir señales de radio a frecuencias que otras modulaciones no pueden transmitir, con esto podemos enviar una sola ya que las dos contienen la misma información, gastando así tan solo un cuarto de potencia de la

energía para transmitir la misma información.

- Es superior la banda lateral única sobre la amplitud modulada porque necesita gastar sólo un cuarto de la energía para transmitir la misma información
- Con el diagrama de bloques de la Figura 6 en la práctica de laboratorio se utilizó para hacer la demodulación de las diferentes emisoras comerciales de la ciudad de Bucaramanga que el USRP podía sintonizar, observamos la información contenida en la señal banda base demodulada y se observó que emisoras cumplieran con el plan técnico de radiodifusión sonora para FM, donde se pudo concluir que la emisoras que se sintonizaron cumplieran con el ancho de banda requerido de 200KHz, pero que para el múltiplex (MPX) la mayoría de las emisoras cumplieran con la señal L+R y Pilot, pero que era muy pocas las que tenían la señal L-R Y señal RBDS, esto se hizo mediante la interfaz de GNURADIO.
- Por medio de los elementos del laboratorio se logró la recepción de emisoras moduladas en frecuencia observando si estas pudieran ser emisoras ilegales por no cumplir con el ancho de banda permitido con la información contenida en la señal banda base demodulada y se realizó su respectivo análisis.

En caso de ser contratados para implementar una emisora de radio FM comercial, lo podríamos hacer con los radios definidos por software del laboratorio, pero, los elementos que faltarían para transmitir una emisora legal con carácter comunitario serían consola, equipo transmisor, torre y antena que nos permitan transmitir a gran distancia y con la autorización necesaria.



4. REFERENCIAS

[1] Colaboradores de Wikipedia. *GNU Radio* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2020 [fecha de consulta: 16 de septiembre del 2022]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=GNU_Radio&oldid=131784095.

[2] Amplitud modulada. (2021, julio 8). *EcuRed*, Consultado el 15:32, septiembre 16, 2022. Disponible en: https://www.ecured.cu/index.php?title=Amplitud_modulada&oldid=3978565.

Amplitud Modulada (A.M.) - Electrónica Unicrom. Consultado el 11:47, septiembre 16, 2022. Disponible en: <https://unicrom.com/amplitud-modulada-am/>