



PRÁCTICA 5. MODULACIONES EN GNU RADIO

Suárez Gil Rafael Santiago. Código: 2190433 – Rincón Lizcano Fabián Leonardo Código: 2174072

Fecha de elaboración: 15/09/2022

RESUMEN

En la práctica de laboratorio se trabajó con modulaciones lineales y angulares, en ambos casos se midieron las señales en tiempo y frecuencia; adicionalmente se trabajó un caso de aplicación, el cual es la recepción y demodulación de señales de radio FM. En general se pudo observar que en la modulación AM es bastante sencillo identificar parámetros de modulación, pero su consumo de potencia es bastante elevado, mientras que en SSB y en las modulaciones angulares ocurre lo contrario. Finalmente, se pudo observar que algunas emisoras de FM legales no cumplen las normas establecidas por la agencia nacional del espectro.

Palabras claves: modulación amplitud, Modulación angular, GNURADIO, Bloques jerárquicos.

1. INTRODUCCIÓN

En GNU radio se tienen a disposición del usuario gran cantidad de bloques por defecto, los cuales sirven para realizar proyectos de radio definida por software a partir de diagramas de bloques. Hay casos en los que no se puede encontrar algún bloque que cumpla una tarea necesaria para el proyecto, en esos casos el usuario puede crear su propio bloque para GNU radio que sirva para cumplir con la tarea deseada. Estos bloques se pueden crear a partir de código o a partir de “bloques jerárquicos”, en cualquiera de los dos casos, se necesita que el usuario tenga su propia carpeta de módulos para agregar sus nuevos bloques.

El procedimiento para crear un bloque por código es, una vez que se ha creado la carpeta de módulos con

la herramienta `gr_modtool`, se accede a ella por medio del terminal, allí se genera un nuevo bloque con el comando `gr_modtool add` especificando el lenguaje que se va a utilizar (en nuestro caso python); en la opción “enter valid argument list, including default arguments.” se ingresan los parámetros del bloque, se edita el código de Python que se crea dentro de la carpeta python, se guarda el archivo, se sale de la carpeta Python y se ingresa a la carpeta grc, se edita el archivo de presentación del bloque (.yml), se guarda el archivo, se sale de la carpeta grc y se crea una nueva carpeta llamada build, se accede a esta carpeta, se compila el bloque creado con el comando `cmake ../ && make` y finalmente se instala el bloque con los comandos `sudo make install` y `sudo ldconfig`.

El procedimiento para crear un bloque usando bloques jerárquicos es más sencillo, ya que consiste en crear un nuevo proyecto de GNU radio, seleccionar el bloque “Options”, en la opción “Generate Options” seleccionar “Hier Block” y en “Category” escribir el nombre de la carpeta de módulos que mencioné anteriormente, finalmente solo resta hacer el diagrama de bloques adecuado para la tarea que va a desempeñar el nuevo bloque jerárquico y finalmente presionar el botón “generate the flow graph”, ahora al recargar los bloques disponibles se verá un nuevo bloque en la categoría que tiene el nombre de la carpeta de módulos del usuario.

Si bien ambas opciones para crear nuevos bloques son útiles, es de suma importancia tener habilidades para la creación de bloques por código, ya que al crear bloques por código no se depende de la



existencia de otros bloques en GNU radio, sino que se define libremente la tarea que va a desarrollar el nuevo bloque a partir de código.

Una vez que se ha creado el proyecto de radio definido por software, se debe hablar sobre los equipos usados para medir las señales que entrega el proyecto. El analizador de espectros es un equipo importante para la realización de las prácticas de laboratorio, ya que este nos permite medir la potencia de las componentes espectrales de la señal que estemos transmitiendo, este equipo se complementa con el osciloscopio, el cual nos permite analizar el comportamiento en el dominio del tiempo de la señal transmitida.

En las dos prácticas finales se estudiaron las modulaciones lineales y angulares, a nivel de modulaciones lineales se trabajó principalmente la modulación de amplitud (AM), esta tiene la ventaja de ser fácilmente modulada y demodulada ya que consiste en el desplazamiento de las componentes de frecuencia del mensaje con respecto a la frecuencia de una señal portadora sinusoidal potente. Si bien la modulación y la demodulación son sencillas, el consumo de potencia para la transmisión de señales AM es elevado, ya que se requiere de una señal portadora fuerte.

A nivel de modulación angular se trabajó con señales PM y FM, la ventaja de estas modulaciones con respecto a AM es que requieren menos consumo de potencia, ya que la potencia de la señal modulada va a ser exactamente la misma potencia de la señal portadora, sin embargo, el proceso de modulación y demodulación es un poco más complejo.

Al obtener señales desde el espectro radioeléctrico se debe tener en cuenta que estas se van a digitalizar, ya que el procesamiento que realiza el computador es digital, por ello se debe tener la precaución de que la frecuencia máxima de la señal sea de por lo menos la mitad de la frecuencia máxima

del reloj del computador para cumplir con el criterio de Nyquist y evitar “aliasing”.

A lo largo del semestre principalmente se han adquirido habilidades para la medición de señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia, especialmente al aprender sobre el uso del analizador de espectros, además se han adquirido habilidades para la creación de proyectos de radio definida por software a partir del software GNU radio.

2. PROCEDIMIENTO

A. MODULACIONES LINEALES

Para la modulación en AM se realizó un bloque jerárquico en el cual se definieron dos parámetros, el primero es el coeficiente de sensibilidad (k_a) y el otro es la amplitud de la señal portadora (A_c). Una vez que se definieron los parámetros se procede a agregar el bloque “Pad Source” que recibe la señal mensaje, después se multiplica la señal mensaje por el coeficiente de sensibilidad con el bloque “Multiply Const”, a este producto le sumamos un 1 con el bloque “Add Const”, volvemos compleja la expresión obtenida (ya que estamos generando la envolvente compleja) con el bloque “Float to Complex” teniendo la precaución de que la parte imaginaria sea nula, esto se logra con el bloque “Null Source”, una vez que se tiene la expresión compleja, esta se multiplica por la amplitud de la portadora y ya se tiene la envolvente compleja de la señal modulada, la cual se entrega con el bloque “Pad Sink”.

Al medir la señal modulada en el osciloscopio, se puede hallar la amplitud de la portadora hallando el punto medio entre el máximo y el mínimo valor de la magnitud de la envolvente compleja (si la señal no está sobremodulada). Una vez obtenido ese valor se puede obtener $A_m \cdot k_a$ dividiendo el valor máximo medido entre el valor de la amplitud de la portadora,



en el osciloscopio no se puede medir la frecuencia del mensaje, pero sí la frecuencia de la portadora.

Al medir una SSB en el osciloscopio se obtiene una señal senoidal cuya frecuencia es igual a la frecuencia de portadora más o menos la frecuencia del mensaje (depende de si se hace modulación con banda superior o inferior), para hallar la amplitud del mensaje teóricamente debemos multiplicar la amplitud medida por raíz de dos, sin embargo, se vio que, al aumentar mucho la frecuencia de portadora, la señal vista en el osciloscopio desaparece.

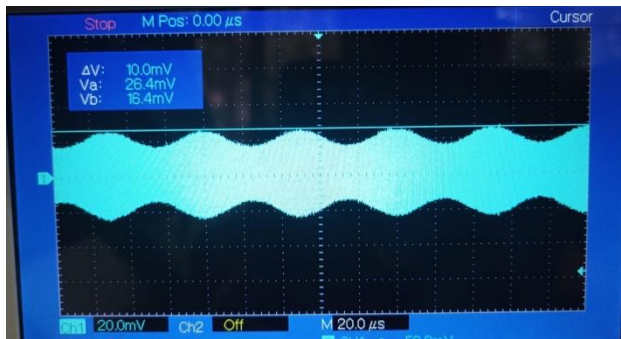


Fig 1. Respuesta temporal señal AM

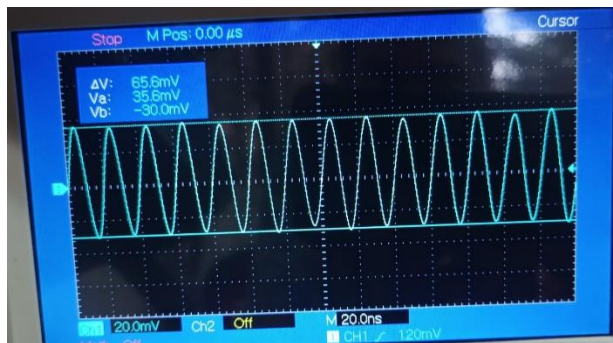


Fig 2. Respuesta temporal señal SSB

Es importante también hacer el análisis en frecuencia de las señales, especialmente para la señal AM ya que con este análisis sí podemos encontrar la frecuencia del mensaje, que sería la diferencia entre la frecuencia de la componente de portadora y alguna de las componentes de mensaje, además, el analizador de espectros nos permite una

visualización mucho más sencilla de la potencia de la señal que el osciloscopio.

En resumen, el osciloscopio es adecuado para hacer análisis de la amplitud y el comportamiento en tiempo de las señales, mientras que el analizador de espectros es adecuado para hacer análisis de la potencia y el comportamiento en frecuencia de las señales.

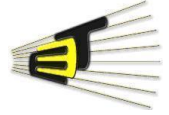
B. MODULACIONES ANGULARES

Para la modulación en PM se realizó un bloque jerárquico en el cual se definieron dos parámetros, el primero es el coeficiente de sensibilidad (k_a) y el otro es la amplitud de la señal portadora (A_c). Una vez que se definieron los parámetros se procede a agregar el bloque "Pad Source" que recibe la señal mensaje, después se multiplica la señal mensaje por el coeficiente de sensibilidad con el bloque "Multiply Const", posteriormente se hallaron tanto el seno como el coseno del producto obtenido con el bloque "Trascendental", una vez obtenidos estos dos términos, se procede a convertir el coseno y es seno en la parte real e imaginaria, respectivamente, de una expresión compleja (esto se hace con el bloque "Float to Complex") una vez obtenida la expresión compleja, esta se multiplica por la amplitud de portadora con el bloque "Multiply Const" y finalmente se retorna la envolvente compleja de la señal modulada con el bloque "Pad Sink".

Para medir los coeficientes de Bessel de la señal se hizo uso del analizador de espectros, primero se midió la potencia de la portadora haciendo 0 el índice de modulación y se halló el coeficiente de Bessel para cada componente aplicando la siguiente fórmula.

$$J_x(B) = 10^{\frac{(P_{ox}-P_c)}{20}}$$

Siendo P_{ox} la potencia de la componente medida en el analizador de espectros y P_c la potencia de portadora. Es importante conocer estos coeficientes ya que con ellos puedo estimar el índice de



modulación de la señal (comparando los valores obtenidos con las tablas de Bessel) y con esto también podría estimar el ancho de banda de la señal modulada.

En la práctica de demodulación de emisoras se usó el criterio de medir la mayor potencia de la emisora y restarle 35dB para determinar el ancho de banda de la emisora. Debido a que el ancho de banda permitido para las emisoras en FM es de 200kHz (según el plan técnico nacional de radiodifusión sonora) decidimos medir la potencia de la señal modulada 100kHz por arriba y por debajo de la frecuencia de la señal portadora, si en estos puntos la potencia está por encima del criterio de los 35dB asumimos que la emisora no cumple con el ancho de banda definido por el plan técnico nacional de radiodifusión sonora.

3. CONCLUSIONES

- Con la experiencia se pudo evidenciar lo sencillo que resulta extraer los parámetros de modulación de una señal AM, esto demuestra por qué, a pesar del alto gasto energético que implica, se sigue usando aun modulación de amplitud para la transmisión de señales.
- Al transmitir con modulación SSB claramente se requiere un menor consumo energético que al transmitir con AM, sin embargo, a partir de la señal modulada no se puede obtener mucha información, por lo que puede resultar complicado demodular la señal si no se conoce inicialmente la frecuencia de la portadora.
- A partir de un análisis de potencia se pudo llegar a validar experimentalmente el uso de los coeficientes de Bessel para definir las componentes espectrales de las señales moduladas en fase, esto a su vez nos sirve para validar los criterios, basados en los

coeficientes de Bessel, usados para determinar el ancho de banda de las señales con modulación angular.

- A pesar de la existencia del plan técnico nacional de radiodifusión sonora, hay muchas emisoras legales que no cumplen con el criterio de ancho de banda, esto es preocupante ya que significa que no hay monitoreo constante del cumplimiento de las normas por parte de las autoridades competentes.
- En caso de ser contratado para implementar una emisora de radio FM comercial a partir de radios definidos por software, además de los equipos de medición para verificar el cumplimiento de las normas relacionadas con frecuencia, ancho de banda y potencia; haría falta la instalación de antenas de radioenlace entre el estudio y la antena de transmisión, además harían falta amplificadores y un filtro pasa-banda que me garantice el cumplimiento de las normas de ancho de banda.

4. REFERENCIAS

- [1] *Plan técnico nacional de radiodifusión sonora Frecuencia Modulada (F.M.)*, Agencia Nacional del Espectro, 2020.