
MEDICION ÍNDICE DE MODULACIÓN

TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N° 2

COMUNICACIÓN DE DATOS

DOCENTES: MG. ING. MARTIN PICO, ING. MILTON POZZO
CHIABO FRANCO, KUHN LAUTARO, PALOMEQUE MATEO

Objetivos a cumplir

Realizar pruebas con instrumentos de laboratorio que permitan medir el índice de modulación de una transmisión AM. Previamente haber estudiado los instrumentos, sus características y funcionamiento.

Implementación

Se nos encarga un esquema de un sistema en el cual emplear el método directo para calcular el índice de modulación de una señal modulada.



Figura 1. Esquema del sistema.

En el segundo esquema debemos realizar lo mismo solo que con el método de barrido circular.

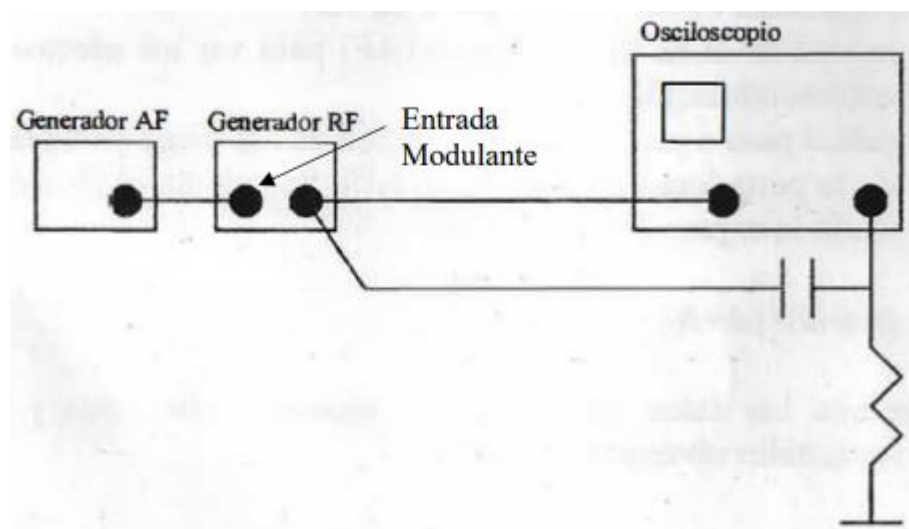


Figura 2. Segundo esquema.

Desarrollo

La función X/Y (también conocida como modo XY) en un osciloscopio como el Owon SDS7102E te permite visualizar la relación entre dos señales en un gráfico de dispersión, donde una señal se mapea en el eje X y otra en el eje Y.

1. Conectar las Señales:
 - Conecta la señal que deseas usar como eje X al Canal 1 (CH1).
 - Conecta la señal que deseas usar como eje Y al Canal 2 (CH2).
2. Encender el Osciloscopio y Configurar los Canales:
 - Enciende el osciloscopio.
 - Asegúrate de que ambos canales (CH1 y CH2) estén habilitados. Puedes hacerlo presionando los botones de canal correspondientes en el panel frontal del osciloscopio.
3. Ajustar la Escala Vertical y la Posición:
 - Ajusta la escala vertical y la posición de cada canal para que las señales se vean claramente en la pantalla. Esto se hace utilizando los controles de escala vertical (Volts/Div) y de posición vertical.
4. Acceder al Menú de Funciones:
 - Presiona el botón "Utility" en el osciloscopio para acceder al menú de funciones.
 - Navega usando los botones de flecha o de control rotativo para encontrar la opción que permite cambiar el modo de visualización.
5. Seleccionar el Modo X/Y:
 - En el menú "Utility", busca la opción que menciona el modo de visualización X/Y.
 - Selecciona la opción X/Y para activar esta modalidad.
6. Ajustar la Escala y la Posición en Modo X/Y:
 - Una vez activado el modo X/Y, ajusta la escala y la posición de ambos canales (X y Y) para centrar y escalar adecuadamente la figura X/Y en la pantalla.
 - Utiliza los controles de escala vertical para CH1 (que ahora actúa como eje X) y CH2 (que ahora actúa como eje Y).
 - Ajusta las posiciones vertical y horizontal para centrar la figura en la pantalla.

La modulación implica superponer una señal de información (moduladora) en una señal portadora.

1. Conexión del canal modulador: Conecta la salida del generador de funciones al osciloscopio utilizando un cable BNC. Este cable debe conectarse al canal que proporcionará la señal moduladora. En este caso, sería el canal 1 o el canal 2 del generador, dependiendo de cuál esté disponible o cuál prefieras usar para la señal moduladora.
2. Conexión del canal portador: Si vas a modular una señal portadora, necesitarás una segunda señal proveniente del generador de funciones. Conecta esta señal al osciloscopio utilizando otro cable BNC, preferiblemente al otro canal disponible en el generador de funciones.
3. Ajuste de la señal moduladora: Configura el generador de funciones para producir la señal moduladora deseada. Esto puede ser una señal de audio u otra forma de señal de información que desees modular en la señal portadora. Ajusta la

frecuencia, amplitud y forma de onda según sea necesario para tu aplicación específica.

4. Ajuste de la señal portadora: Configura el generador de funciones para producir la señal portadora. Esto podría ser una señal sinusoidal a una frecuencia deseada. Ajusta la frecuencia y amplitud de la señal portadora según sea necesario.
5. Conexión de la señal modulada: Utilizando cables adicionales, conecta la salida modulada del generador de funciones al osciloscopio para visualizar la señal modulada resultante. Esto implicará superponer la señal moduladora en la señal portadora, y la visualización en el osciloscopio te permitirá ver cómo se modula la portadora.
6. Ajustes y observaciones: Una vez que hayas establecido las conexiones y configurado las señales, puedes ajustar los parámetros según sea necesario y observar cómo se modula la señal portadora en respuesta a la señal moduladora.

1. Osciloscopio

1. Agregar el Osciloscopio al Circuito:
 - Desde la barra de herramientas, selecciona el osciloscopio y colócalo en tu área de trabajo.
 - Conecta las puntas del osciloscopio a los nodos del circuito que desees medir.
2. Abrir y Configurar el Osciloscopio:
 - Haz doble clic en el osciloscopio para abrir su interfaz.
 - Ajusta las escalas de tiempo y voltaje (Time/Div y Volt/Div) utilizando los controles en la ventana del osciloscopio.
 - Configura los canales, seleccionando entre AC/DC acoplamiento y ajustando las posiciones verticales de los trazos.

2. Generador de Funciones

1. Agregar el Generador de Funciones al Circuito:
 - Desde la barra de herramientas, selecciona el generador de funciones y colócalo en tu área de trabajo.
 - Conecta la salida del generador de funciones a tu circuito.
2. Abrir y Configurar el Generador de Funciones:
 - Haz doble clic en el generador de funciones para abrir su interfaz.
 - Selecciona el tipo de señal (senoidal, cuadrada, triangular, etc.).
 - Ajusta la frecuencia, la amplitud y el offset de la señal.
 - Configura otros parámetros como la fase, si es necesario.

3. Ajustes Generales y Simulación

1. Iniciar la Simulación:
 - Una vez que todos los instrumentos estén configurados y conectados correctamente, inicia la simulación haciendo clic en el botón de "Play" (triángulo verde) en la barra de herramientas.
2. Monitorización y Ajustes en Tiempo Real:
 - Observa las lecturas de los instrumentos en tiempo real.

- Si es necesario, ajusta los parámetros de los instrumentos mientras la simulación está en marcha para obtener una visualización más clara o precisa.

La modulación AM (Amplitude Modulation) es una técnica utilizada en telecomunicaciones para transmitir información a través de una onda portadora. En la modulación AM, la amplitud de la onda portadora varía en proporción a la señal de información que se desea transmitir. La frecuencia y la fase de la onda portadora permanecen constantes.

¿Para qué se usa?

La modulación AM se utiliza principalmente en las siguientes aplicaciones:

1. Radiodifusión de AM (Amplitud Modulada):
 - Es la aplicación más común. Las estaciones de radio AM transmiten señales de audio, como música y voz, modulando una onda portadora en la banda de AM (530 kHz a 1710 kHz).
2. Transmisión de Datos:
 - Aunque menos común que otros métodos modernos, AM puede utilizarse para transmitir datos en ciertas aplicaciones de telecomunicaciones y telemetría.
3. Radiocomunicaciones:
 - Utilizada en algunas formas de comunicación aérea, marítima y de radiocomunicaciones amateur.
4. Televisión:
 - En los sistemas de televisión analógica, se usa AM para transmitir la señal de vídeo.

La implementación de la modulación AM (Amplitude Modulation) puede ser realizada tanto en hardware como en software

Implementación de AM en Hardware

Para implementar un modulador AM en hardware, se pueden usar componentes electrónicos básicos como mezcladores, amplificadores y filtros.

Componentes Necesarios:

1. Oscilador de Portadora:
 - Genera la señal portadora de alta frecuencia $A_c \cdot \cos(2\pi f_c t)$.
2. Fuente de Señal Moduladora:
 - Proporciona la señal de información de baja frecuencia $m(t)$.
3. Multiplicador/Mezclador:
 - Combina la señal portadora y la señal moduladora.
4. Amplificador:
 - Ajusta el nivel de la señal modulada a un nivel adecuado para transmisión.

Circuito Básico:

1. Generación de la Portadora:
 - Usa un oscilador de cristal para generar la señal portadora de frecuencia f_c
2. Modulación:
 - Usa un mezclador analógico (multiplicador) para combinar la señal portadora con la señal moduladora.
 - La señal modulada $s(t)$ es la salida del mezclador.

Implementación de AM en Software:

La modulación AM también puede ser implementada en software utilizando herramientas de procesamiento de señales digitales (DSP).

Pasos para Implementar AM en Software:

1. Generación de la Portadora:
 - Genera una señal portadora sinusoidal de frecuencia f_c
2. Generación de la Señal Moduladora:
 - Genera la señal de información $m(t)$.
3. Modulación:
 - Combina la señal portadora con la señal moduladora multiplicándolas.

Conclusión

La modulación AM se puede implementar tanto en hardware como en software. En hardware, se utilizan componentes electrónicos como osciladores, mezcladores y amplificadores. En software, se puede utilizar un enfoque basado en DSP. Ambas implementaciones permiten transmitir información variando la amplitud de una señal portadora en función de la señal de información.

Para aplicar la modulación AM y no perder información, es importante tener en cuenta varias consideraciones clave. Estas consideraciones aseguran que la señal modulada pueda ser correctamente transmitida, recibida y demodulada sin pérdida significativa de calidad o información.

1. Relación Señal-Ruido (SNR)

- Importancia: La calidad de la señal recibida depende de la relación señal-ruido. Un SNR bajo puede causar que la señal modulada se mezcle con el ruido, dificultando la recuperación de la señal original.
- Consideración: Asegúrate de que el sistema de transmisión tenga suficiente potencia para mantener una SNR alta, especialmente en entornos ruidosos.

2. Ancho de Banda

- Importancia: La señal AM ocupa un ancho de banda que es el doble de la frecuencia máxima de la señal moduladora (bandas laterales superior e inferior).
- Consideración: El ancho de banda del canal de transmisión debe ser suficiente para acomodar toda la señal AM sin recorte de las bandas laterales. Por ejemplo, si la señal moduladora tiene una frecuencia máxima de 10 kHz, el ancho de banda necesario es de 20 kHz.

3. Frecuencia de Muestreo (para sistemas digitales)

- **Importancia:** Al muestrear una señal analógica para procesamiento digital, se debe cumplir el teorema de muestreo de Nyquist.
- **Consideración:** La frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima de la señal moduladora. Por ejemplo, si la señal moduladora tiene una frecuencia máxima de 10 kHz, la frecuencia de muestreo debe ser al menos 20 kHz.

4. Distorsión y Linealidad

- **Importancia:** La distorsión en el proceso de modulación o en la cadena de transmisión puede degradar la señal.
- **Consideración:** Asegúrate de que los amplificadores y mezcladores utilizados sean lineales y tengan baja distorsión armónica.

5. Filtro Pasa Banda

- **Importancia:** Filtrar adecuadamente la señal antes y después de la modulación puede ayudar a reducir el ruido y las interferencias.
- **Consideración:** Usa filtros pasa banda que permitan pasar la señal modulada sin distorsión, pero que bloqueen las frecuencias no deseadas.

6. Potencia de la Portadora

- **Importancia:** La amplitud de la portadora debe ser suficientemente alta para que la señal moduladora sea correctamente superpuesta.
- **Consideración:** Ajusta la amplitud de la portadora para asegurarte de que la modulación sea efectiva sin saturar el sistema de transmisión.

7. Adaptación de Impedancia

- **Importancia:** La impedancia del transmisor y del receptor debe estar adecuadamente adaptada para minimizar las pérdidas por reflexión y maximizar la transferencia de energía.
- **Consideración:** Usa transformadores de impedancia o circuitos de adaptación para asegurar una correcta transmisión de la señal.

8. Control de la Profundidad de Modulación

- **Importancia:** La profundidad de modulación afecta directamente la calidad y la integridad de la señal modulada.
- **Consideración:** Mantén la profundidad de modulación dentro de límites razonables (generalmente entre el 50% y el 100%). Una profundidad de modulación excesiva puede causar distorsión, mientras que una profundidad muy baja puede resultar en una señal modulada débil.

9. Selección de Frecuencia de Portadora

- **Importancia:** La frecuencia de la portadora debe ser seleccionada teniendo en cuenta las regulaciones de espectro y la minimización de interferencias.
- **Consideración:** Elige una frecuencia de portadora que esté libre de interferencias y que cumpla con las regulaciones locales de espectro radioeléctrico.

10. Ambiente de Transmisión

- **Importancia:** Las características del ambiente de transmisión (obstrucciones, reflexión, atenuación) pueden afectar la señal.
- **Consideración:** Asegúrate de que el camino de transmisión esté lo más libre posible de obstrucciones y fuentes de interferencia.

Método del trapecio:

Con el método del trapecio se pueden ver problemas de asimetría y distorsión de la señal modulada, y da la relación entre el índice m y el desfasaje. Esto permite calcular con mayor precisión el índice m que con el método directo de visualización de la señal modulada, ya que, si hay asimetría o distorsión, el índice no será lineal y constante.

La figura formada indica cuántos lóbulos o cuantas veces es una frecuencia mayor que otra. Si la diferencia entre ellas es grande, los lóbulos se tocarían dando la sensación de que es una única figura continua en la pantalla.

Si existe un desfasaje entre las señales de RF y AF, el trapecio se deforma y la medición se dificulta debiendo usarse algún tipo de dispositivo desfasador corrector.

El desfasador debe tener una reactancia capacitiva a la frecuencia de la modulante que produzca una caída de potencial similar a la producida por la resistencia, debiendo ser esta última aproximadamente de igual resistencia a la entrada del ORC.

El ajuste del capacitor o la resistencia, se hace hasta lograr que el trapecio presente una forma plana.

Método del barrido circular:

Para la medición del índice m por medio de este método, se requiere de una red desfasadora para desfasar la señal modulada. En este método solo se requiere la señal modulada. Se inyecta la señal modulada en el canal vertical y la señal modulada desfasada en el canal horizontal.

Una consideración a tener en cuenta es que el valor del capacitor no debe ser muy grande. Si lo fuese, puede comportarse como un corto a la frecuencia de trabajo, y se verá una recta en la pantalla.

Para evitar problemas de captación de campos externos, conviene hacer la red RC con conexiones cortas, utilizando cable coaxial.

La demodulación AM es el proceso mediante el cual se extrae la señal de información original de una señal modulada en amplitud (AM). Este proceso es esencial para recuperar el contenido transmitido, como audio o datos, a partir de la señal portadora modulada.

Circuitos para Demodulación AM

Los más comunes son el detector de envolvente y el demodulador síncrono.

El detector de envolvente es uno de los métodos más simples y más comunes para demodular señales AM. Utiliza un diodo, un capacitor y una resistencia para extraer la envolvente de la señal modulada.

Componentes:

- **Diodo:** Rectifica la señal AM, permitiendo solo el paso de una polaridad de la señal.
- **Capacitor:** Filtra la componente de alta frecuencia, manteniendo la envolvente de la señal.
- **Resistencia:** Establece el tiempo de descarga del capacitor.

Funcionamiento:

1. Rectificación: El diodo permite el paso de la parte positiva de la señal AM, cortando la negativa.
2. Filtrado: El capacitor carga y descarga siguiendo la envolvente de la señal rectificada.
3. Salida de la señal: La resistencia y el capacitor forman un filtro que sigue la envolvente de la señal AM, proporcionando la señal moduladora original en su salida.

El demodulador síncrono, también conocido como demodulador coherente, es más complejo y proporciona una mayor fidelidad que el detector de envolvente. Utiliza un oscilador local que está sincronizado en fase y frecuencia con la portadora original.

Componentes:

- Multiplicador o Mezclador: Combina la señal AM con una señal de referencia.
- Filtro Pasa Bajo: Elimina las componentes de alta frecuencia, dejando solo la señal moduladora.

Funcionamiento:

1. Multiplicación: La señal AM se mezcla con una señal de referencia (portadora recuperada) de la misma frecuencia y fase.
2. Filtrado: El filtro pasa bajo elimina las componentes de alta frecuencia resultantes de la multiplicación, dejando solo la señal moduladora original.

Demoduladores de AM

Los demoduladores o detectores son circuitos que reciben las señales moduladas y recuperan la información original de la señal moduladora. Para AM se habla principalmente de dos tipos:

- Detector con diodo
- Detector síncrono

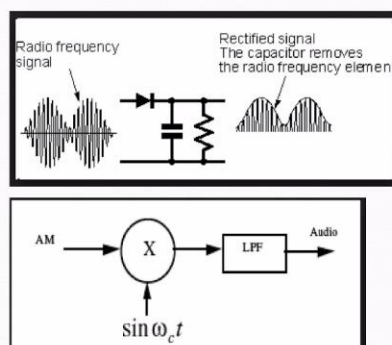


Figura 3. Demoduladores AM

En las siguientes imágenes se mostrarán las prácticas realizadas en el simulador. Se observa que en la figura 4 la frecuencia de la señal AF es de 5 KHz y que la señal de RF es de 100KHz, lo hicimos con estas frecuencias ya que en el simulador son las más claras de observar. En la figura 5 modificamos estos valores para otro ejemplo (300 KHz RF y 40 KHz AF).

Se puede ver cómo se produce la modulación y la señal RF tendrá una envolvente que varía en función de la señal AF, pero no llegará a cero. Si seguimos aumentando la amplitud de la señal AF, la envolvente de la señal RF puede llegar a cero o incluso invertirse, lo que resulta en distorsión y pérdida de información y se producirá una sobremodulación.

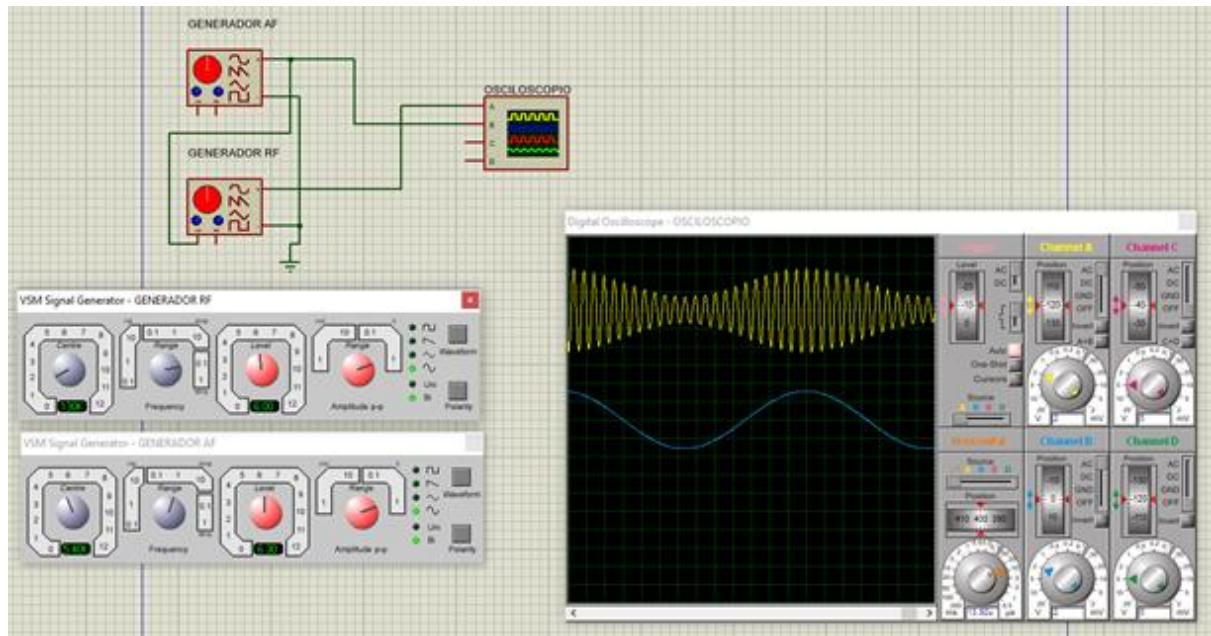


Figura 4.

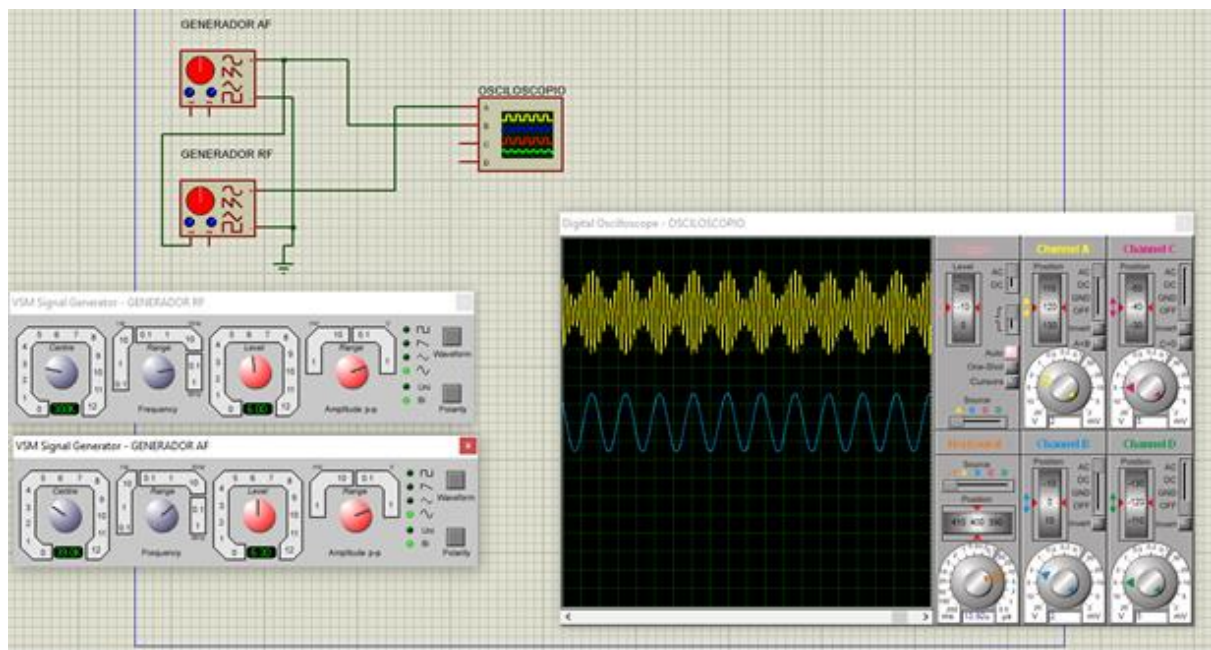


Figura 5.

Por último, en la figura 6 podemos observar cómo se forma el trapecio indicando una modulación lineal (con los datos del segundo ejemplo).

Utilizando la fórmula de índice de modulación: $m (\%) = 100 (A - B / A + B)$

vemos que el pico máximo, la cresta, (A) en el ejemplo 2 es de 2v mientras que el mínimo, el valle, (B) es de 1v. $m (\%) = 100 (2 - 1 / 2 + 1) = 33,3$

En el mejor de los casos el índice tiende a 100, en caso de superar esa cifra, estaríamos en problemas ya que la señal pasaría por 0 demasiado tiempo, lo que implica una pérdida de información. (Sobremodulación)

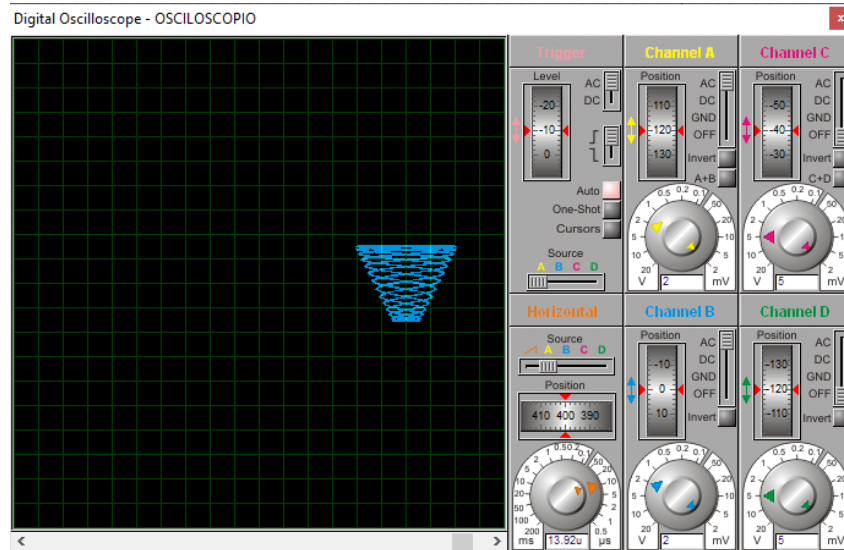


Figura 6.

Para poder observar la figura de Lissajou debemos establecer el modo X/Y en el osciloscopio y procedemos a ajustar la amplitud de la señal modulante (AF) de manera que puedas observar cómo cambia la profundidad de modulación.

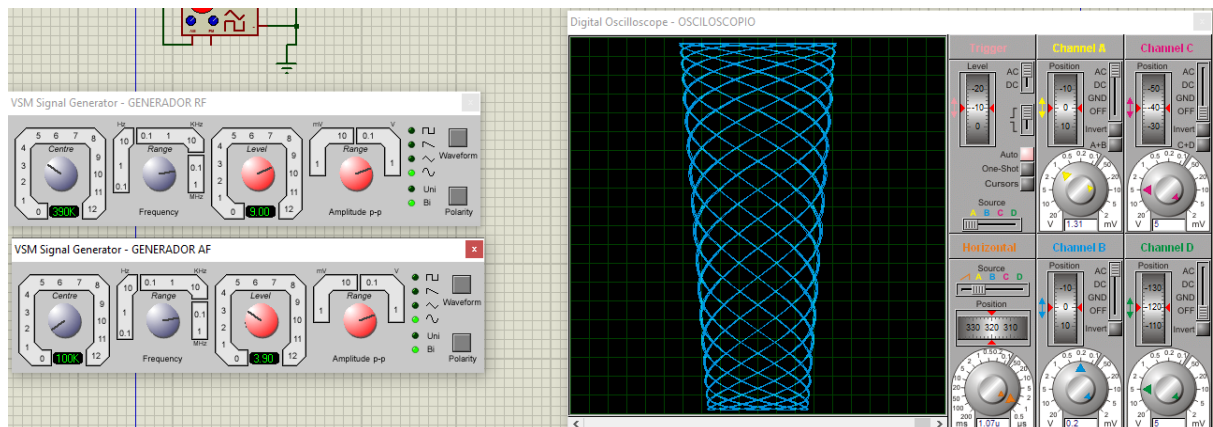


Figura 7

En la siguiente figura (figura 8) se modifica la señal AF disminuyendo la amplitud de la misma de 4V a 1v y se observa como la figura se comprime.

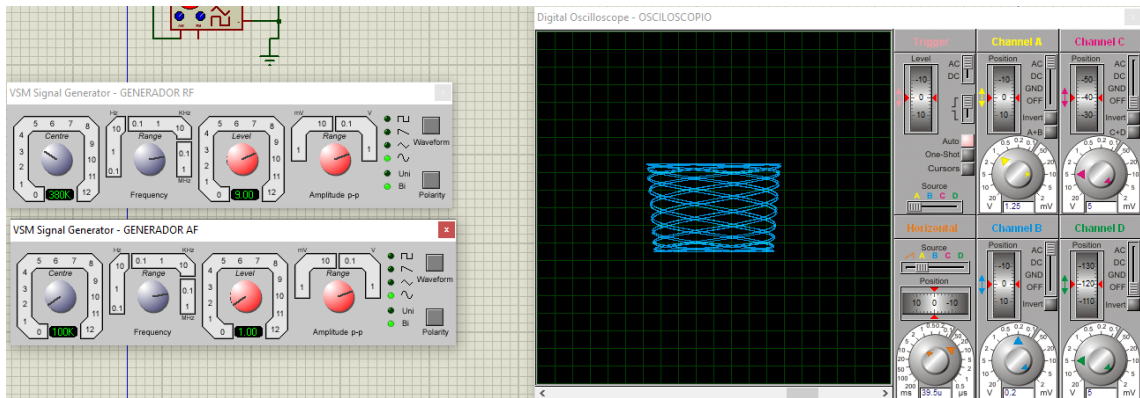


Figura 8.

Modulación Baja (m cerca de 0):

- La señal RF tendrá una envolvente apenas visible, ya que la señal modulante tiene poca amplitud.

Modulación Completa ($m = 1$):

- La señal RF tendrá una envolvente que toca la línea cero, indicando una modulación completa.

Sobremodulación ($m > 1$):

- Si continuamos aumentando la amplitud de la señal AF más allá de 5V, se observarán los efectos de la sobremodulación, donde la envolvente de la señal RF se corta y se distorsiona.

A continuación, se mostrará el circuito con el que trabajamos, utilizamos un capacitor de 180 nf y una resistencia de 10 ohms.

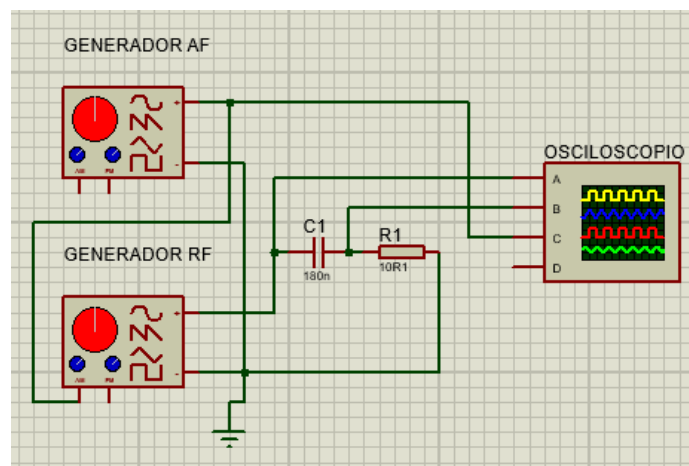


Figura 9.

Al realizar la simulación con los valores de frecuencia y amplitud utilizados en el ejercicio 4 obtenemos la siguiente elipse.

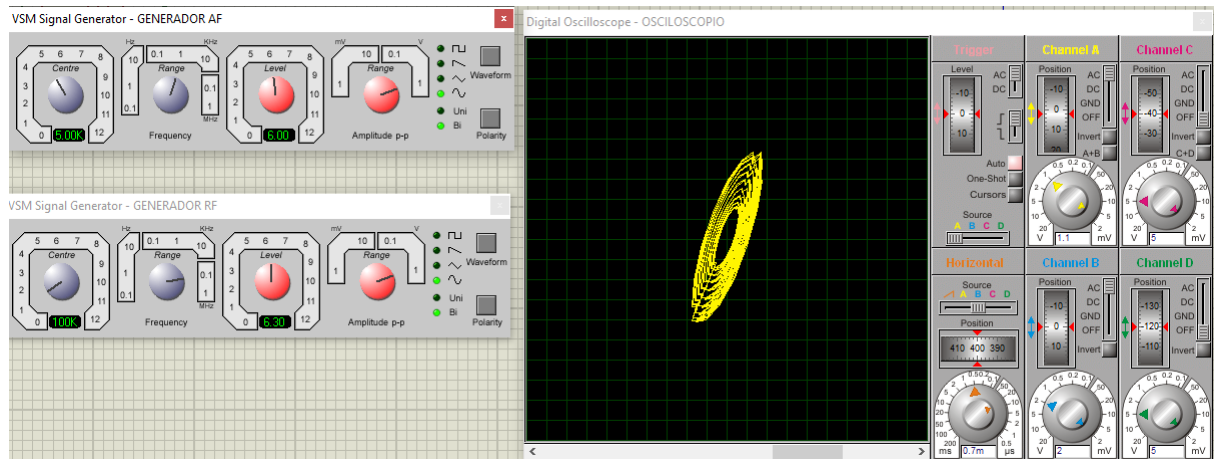


Figura 10.

Se puede observar que el diámetro de la elipse interior (B) es de 1 cuadrado=1V mientras que el diámetro externo (A) es de 4 cuadrados=4V

Al calcular el índice de modulación obtenemos que: $m (\%) = 100 (4 - 1 / 4 + 1) = 60$

A medida que variamos la amplitud de la señal modulante (AF), el índice de modulación de la señal AM cambiará, lo que afectará la forma de la señal en la visualización XY del osciloscopio.

Modulación Baja (m cerca de 0):

La señal modulada tendrá una envolvente apenas visible, resultando en una forma más circular en el modo XY. Amplitud de AF= 3mV y RF=6V

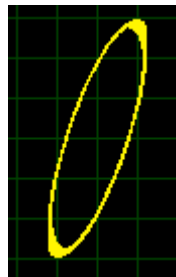


Figura 11.

Modulación Completa (m = 1):

La señal modulada tendrá una envolvente que toca la línea cero, resultando en una forma de elipse más alargada en el modo XY. Amplitud de AF= 6v y RF=1v

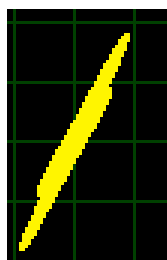


Figura 12.

Sobremodulación ($m > 1$):

La señal modulada mostrará una forma distorsionada, donde la envolvente de la señal RF se corta, lo que puede resultar en una forma de elipse irregular o distorsionada en el modo XY. Amplitud de AF=12V y RF=6V

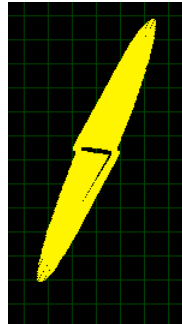


Figura 13.

Para demodular una señal AM (modulación en amplitud), se puede utilizar un demodulador de envolvente, que es uno de los métodos más simples y comunes. Un demodulador de envolvente consiste básicamente en un detector de pico, que puede implementarse con un diodo, un capacitor y una resistencia.

Un detector envolvente es un circuito eléctrico que tiene como entrada una señal de alta frecuencia y como salida la envolvente de la señal de entrada.

El capacitor en el circuito almacena carga cuando la señal de entrada crece y se descarga muy lentamente a través de la resistencia cuando ésta decrece. el diodo conectado en el circuito asegura que la corriente no circule en sentido contrario hacia la entrada del circuito.

En el ejemplo que se mostrará utilizamos un amplificador operacional lo que permitirá modificar la ganancia de la señal.

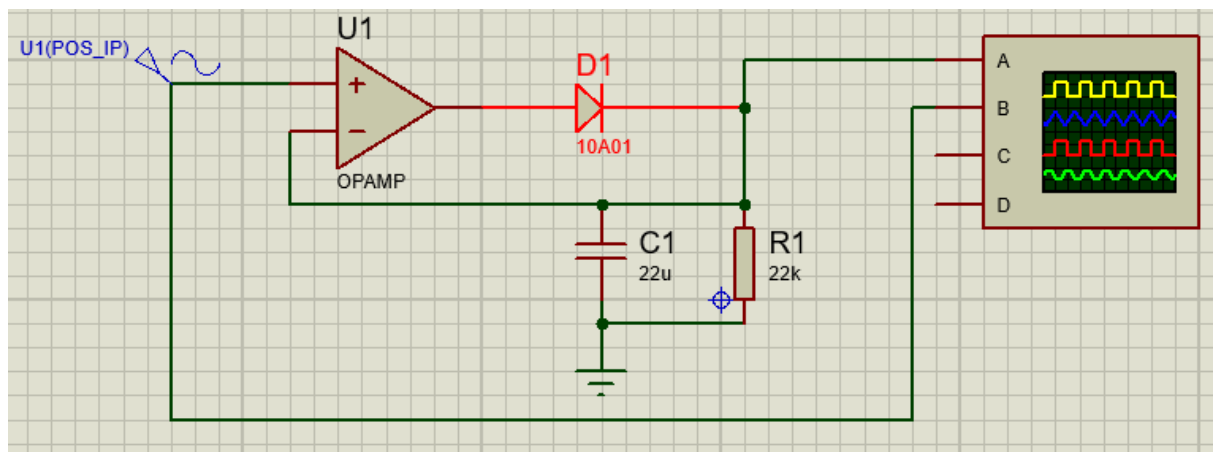


Figura 14.

En el osciloscopio se mostrará de la siguiente manera.

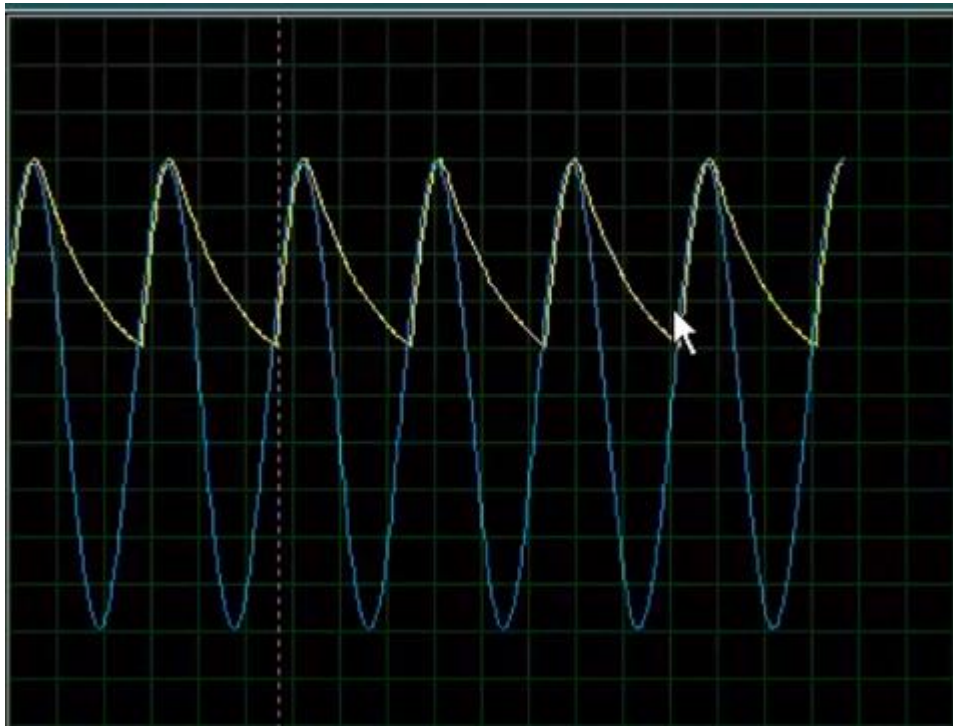


Figura 15.

Cuando crece la señal de entrada, el capacitor se carga y cuando decrece la señal de entrada, el capacitor comienza a decrecer de una forma más lenta, hasta que la señal de entrada vuelve a crecer.