

## Práctica 4: CONVERSIÓN RF\_EC

DEIBY FERNANDO ARIZA CADENA - 2195590  
JUAN MANUEL CARDONA ERAZO - 2195551  
BRADLEE ALEJANDRO CASTRO CASTRO - 2204649

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

6 de abril de 2024

### Resumen

Durante la práctica de laboratorio, se exploraron las señales a través de la envolvente compleja utilizando GNU Radio. Se resaltó su utilidad en comunicaciones y se buscó entender los bloques de GNURadio para crear sistemas de envolvente compleja. Los estudiantes adaptaron flujogramas para modular señales BPSK y FSK en versiones RF y EC, realizando pruebas y respondiendo preguntas de autocontrol para evaluar su comprensión. El objetivo central fue fortalecer el entendimiento de la Envolvente Compleja (EC) a partir de señales de Radio Frecuencia (RF) con modulaciones digitales.

### 1. Metodología

**Equipo necesario:** Para llevar a cabo esta práctica de laboratorio, se requieren los siguientes materiales y herramientas:

- Acceso a Git y GitHub a través de la terminal para la gestión del repositorio de código.
- Software GNU Radio instalado en la computadora para la generación y análisis de señales.
- Archivos de configuración y flujogramas proporcionados para la práctica.

Para la primera parte, se abrió una nueva rama perteneciente a la práctica 4 en la cual se hallan las respectivas subramas para cada miembro del grupo de laboratorio. Luego se descargaron los archivos en la estación de cómputo utilizando los comandos previamente aprendidos en prácticas anteriores. Luego, se procedió a crear una nueva carpeta para la práctica 4 en esta rama. Se verificó que la carpeta estuviera dentro del directorio adecuado para que los cambios pudieran ser subidos a GitHub, acto seguido se verificó el funcionamiento del

flujograma propuesto para la práctica mediante el análisis de una señal OOK tanto en versión RF como en EC (Banda base) [1].

**Para verificar el correcto funcionamiento del flujograma (ítem 5) se realizó el siguiente procedimiento:** En la pestaña RF Modulated. Time Domain", se observó la señal modulada en versión RF [2] y se comparó con la señal modulada en versión EC [3], específicamente las señales I y Q.

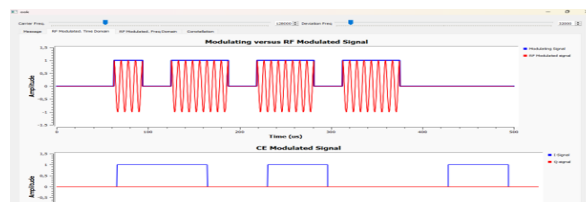


Fig.1. Señal modulada en RF

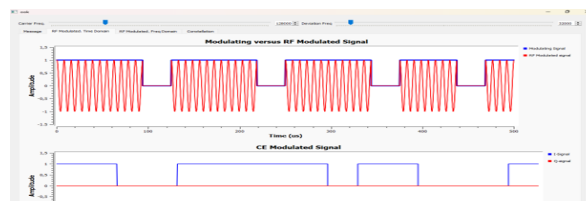


Fig.2. Señal modulada en EC

A continuación, en la pestaña RF Modulated. Freq Domain", se observó el espectro de la señal modulada en versión RF y se comparó con el espectro de la señal modulada en versión EC [4].

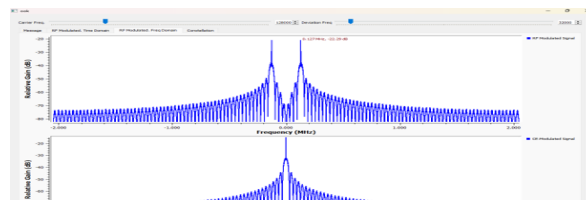


Fig.3. Señal con carrier freq = 128K

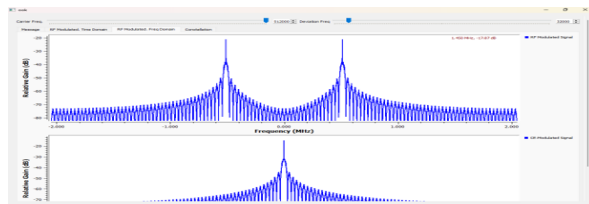


Fig.4.Síñal con carrier freq = 512K

Para esta fase (Ítem 6), se abrió el bloque `_RF_VCO_ff` y luego se presionó `.open in Editor`. Se estudió el código en Python para este bloque. Una vez comprendido, se modificaron los comentarios para explicar claramente lo que hace este bloque, los parámetros que utiliza y las recomendaciones para su uso. Se aseguró de incluir el mensaje de ayuda del bloque en inglés, que indica: "This block is a RF VCO and works as following: ...". Se explicó la función de la primera entrada (la de arriba), la segunda entrada del bloque y la salida.

```
import numpy as np
from gnuradio import gr
import math

"""
This block acts as an RF Voltage-Controlled Oscillator (VCO) within GNURadio environments.
It takes two input signals - amplitude control (A) and frequency control (Q) - and generates
a sinusoidal output signal whose frequency is varied based on the input Q, and amplitude is
scaled by input A.

Parameters:
- fc (float): The center frequency of the VCO. It is the frequency at which the VCO operates
  when the frequency control signal (Q) is zero.
- samp_rate (int): The sample rate of the block. It dictates the number of samples per second
  used in processing the signal.

Inputs:
- Input 0 (A): This is the amplitude control input. It scales the amplitude of the output
  signal. A float32 input signal that scales the amplitude of the output sinusoid.
- Input 1 (Q): This is the frequency control input. It adjusts the frequency of the output
  signal around the center frequency (fc). A float32 input signal where each unit increase
  in Q increases the frequency of the output signal by 1 Hz.

Output:
- Output 0: A float32 sinusoidal signal whose amplitude is determined by input A, and frequency
  is modulated by input Q around the center frequency fc.

Usage:
This block can be used in simulations where a signal's frequency needs to be controlled
dynamically, such as in RF communications for frequency modulation or generating signals for
testing purposes. For a more pronounced frequency shift, ensure the range of the Q signal covers
a broad spectrum around the center frequency. The amplitude control (A) should be kept within
the operational range of your system to prevent clipping.
"""

class blk(gr.sync_block):
    """This block is a RF VCO and works as following: ..."""
    def __init__(self, fc=128000, samp_rate=320000):
        gr.sync_block.__init__(
            self,
            name='e_RF_VCO_ff',
            in_sig=[np.float32, np.float32],
            out_sig=[np.float32]
        )
        self.fc = fc
        self.samp_rate = samp_rate
        self.n_m=0

    def work(self, input_items, output_items):
        A=input_items[0]
        Q=input_items[1]
        N=len(A)
        n=np.linspace(self.n_m,self.n_m+N-1,N)
        self.n_m += N
        y[:N]=np.cos(2*math.pi*self.fc*n/self.samp_rate+Q)
        return len(output_items[0])
```

Fig.5.Descripción bloque `e_RF_VCO_ff`

Seguidamente se repitió el punto a para el bloque `.e_EC_VCO_fc`. Se abrió el bloque y se presionó `.open in Editor` para estudiar el código en Python correspondiente. Una vez entendido, se modificaron los comentarios para explicar detalladamente las funcionalidades del bloque, los parámetros que utiliza y las recomendaciones para su uso. Se aseguró de incluir el mensaje de ayuda del bloque en inglés, que indica: "This block is a EC VCO and works as following: ...". Se proporcionó una explicación sobre la función de la primera entrada, la segunda entrada del bloque y la salida.

```
import numpy as np
from gnuradio import gr
import math

"""
This block serves as a Complex Envelope (CE) VCO or baseband VCO within GNURadio.
It generates a complex baseband signal whose amplitude and phase are controlled by
two separate input streams. The amplitude of the output signal is directly scaled by
the first input, while the phase is controlled by the second input.

Parameters:
None

Inputs:
- Input 0 (A): Amplitude control input. A float32 signal that directly scales the
  amplitude of the output complex signal.
- Input 1 (Q): Phase control input. A float32 signal that adjusts the phase of the
  output complex signal. Each sample in Q represents the phase in radians.

Output:
- Output 0: A complex64 baseband signal where the real and imaginary parts are
  modulated by the amplitude (A) and phase (Q) control inputs, respectively.

Usage:
This CE VCO is crucial in digital signal processing where the signal's amplitude and
phase need to be manipulated separately, such as in QAM or other complex modulation
schemes. It is particularly useful in baseband processing for communication systems
and for signal synthesis in a software-defined radio (SDR) setup. The inputs should
be carefully crafted to represent the desired modulation scheme.
"""

class blk(gr.sync_block):
    """This block is a CE VCO or baseband VCO and works as following: ..."""
    def __init__(self):
        gr.sync_block.__init__(
            self,
            name='e_CE_VCO_fc',
            in_sig=[np.float32, np.float32],
            out_sig=[np.complex64]
        )

    def work(self, input_items, output_items):
        A=input_items[0]
        Q=input_items[1]
        N=len(A)
        y[:N]=A*np.exp(1j*Q)
        return len(output_items[0])
```

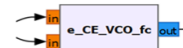


Fig.6.Descripción bloque `e_CE_VCO_fc`

Con el fin de comprender el funcionamiento de los bloques mencionados anteriormente, se analizó detenidamente el código del bloque, también realizando múltiples pruebas y se consultó información disponible en la web, posteriormente se realizó una descripción con el propósito de especificar el funcionamiento de los bloques, así como de brindar ayuda para sus usos. A continuación, se presentan los textos incluidos para cada bloque.

Para la siguiente parte de la práctica (ítem 7), se adapta el flujograma propuesto en la guía para permitir la modulación BPSK tanto en versión RF como en versión EC.

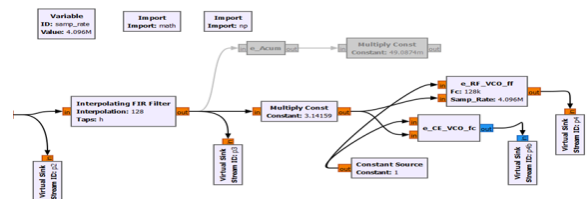


Fig.7.Montaje para la modulación BPSK en versión RF y EC

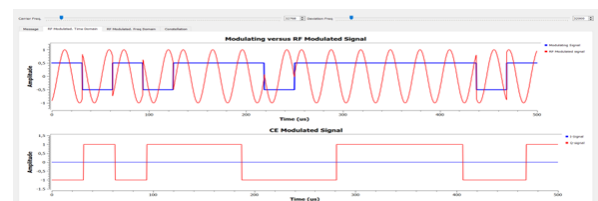


Fig.8.Comportamiento señal BPSK en el dominio del tiempo

A continuación, para la siguiente fase (ítem 8), El flujograma fue ajustado para permitir la modulación FSK tanto en versión RF como en versión EC. Se realizaron observaciones en el dominio del tiempo para analizar el comportamiento de las señales moduladas.

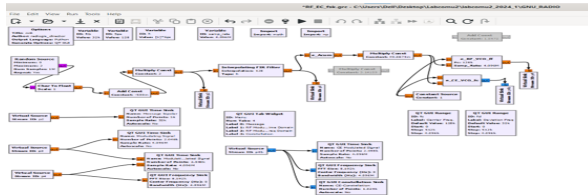


Fig.9. Montaje señal modula FSK en versión RF y EC

Para esta misma fase, se llevaron a cabo las siguientes pruebas para observar el comportamiento de la señal modulada en versión RF y EC en el dominio del tiempo:

- Se varió la frecuencia de la portadora mientras se mantuvo constante la desviación de frecuencias.
- Se mantuvo constante la frecuencia de la portadora y se varió la desviación de frecuencias.

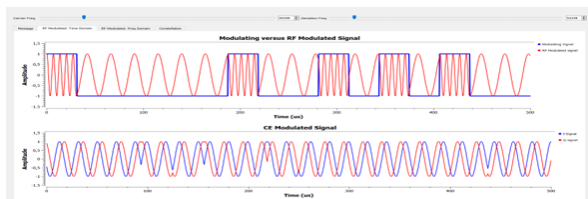


Fig.10. Comportamiento FSK en el tiempo

Se repitieron las pruebas realizadas previamente, pero esta vez se hicieron las observaciones en el dominio de las frecuencias, utilizando la pestaña "Modulated-Freq". Una de ellas fue mantener la desviación de frecuencia constante y variar la frecuencia de la portadora, lo cual mostró que la diferencia de frecuencia necesaria para identificar el cambio de bit se mantuvo constante.

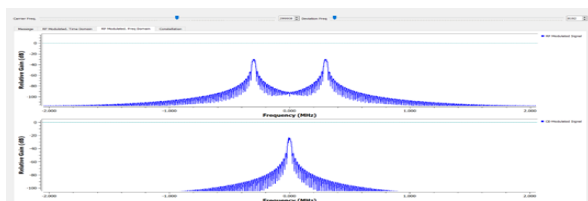


Fig.11. Comportamiento en frecuencia señal FSK

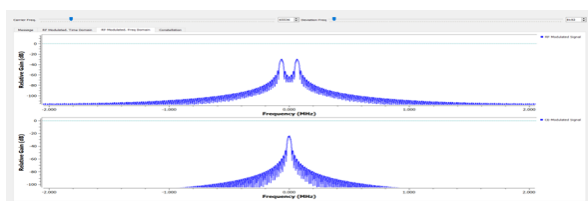


Fig.12. Comportamiento en frecuencia señal FSK variando la frecuencia portadora

La segunda prueba fue mantener la frecuencia de la portadora constante y variar la desviación de frecuencia, en este caso la diferencia de frecuencia necesaria para identificar el cambio del valor del bit variaba de manera directa en función de la desviación de frecuencia.

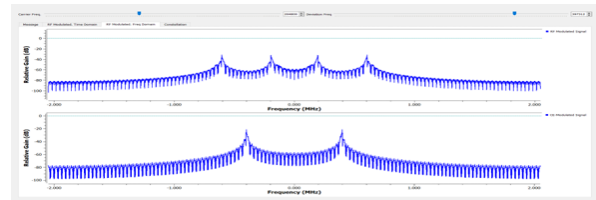


Fig.13. Comportamiento en frecuencia señal FSK variando la desviación estándar

Para la siguiente fase (ítem 9) se repitieron las observaciones realizadas en el punto 8, pero esta vez se analizó la constelación de la señal FSK utilizando la pestaña "Constellation".

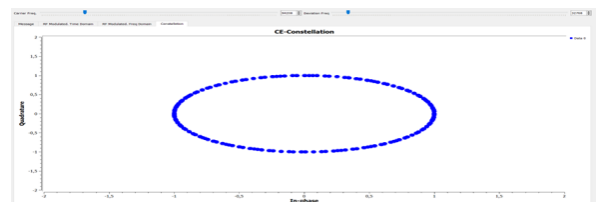


Fig.14. Diagrama de constelación señal FSK

## 2. Resultados

### Comprobación del Funcionamiento del Flujograma Propuesto:

Se realizó una exhaustiva evaluación del flujograma propuesto para la práctica, enfocándose en el análisis de una señal modulada en versión RF y EC. A través de pruebas realizadas con diferentes configuraciones de parámetros, como la frecuencia de la portadora y la desviación de frecuencia, se examinó el comportamiento de la señal tanto en el dominio temporal como en el dominio de la frecuencia. Los resultados obtenidos proporcionaron una comprensión detallada de cómo varían la forma temporal y la distribución espectral de la señal en función de los parámetros de modulación.

### Exploración del Espectro en Frecuencia de la Señal Modulada:

Se procedió a analizar el espectro en frecuencia de la señal modulada tanto en versión RF como en versión EC. A través de la visualización de los espectros de potencia de ambas señales, se observaron

las diferencias en la distribución espectral y la ocupación de ancho de banda. Se realizaron pruebas variando la frecuencia de la portadora y la desviación de frecuencia para evaluar su impacto en el espectro de la señal modulada.

**Efectos de la Configuración de los VCO en la Generación de la Señal FSK:** Se investigaron los efectos de la configuración de los Osciladores Controlados por Voltaje (VCO) en la generación de la señal FSK tanto en versión RF como en versión EC. Se llevaron a cabo pruebas ajustando los parámetros de los VCO y se analizó cómo estos afectaban la frecuencia de la portadora y la desviación de frecuencia de la señal modulada. Los resultados obtenidos proporcionaron información crucial sobre cómo acondicionar la señal para obtener una modulación FSK adecuada en ambas versiones.

#### Preguntas de control:

- I. Generar la versión paso-bandas (señal RF) de una modulación ha obligado a usar un valor muy alto para SPS. ¿Cómo se sabría que el valor elegido es apropiado o suficientemente alto?

El valor de SPS se elige para garantizar una representación precisa de la señal modulada. Un SPS adecuado debe cumplir con el ancho de banda requerido, mejorar la relación señal-ruido y permitir una sincronización precisa en el receptor. Evaluar el ancho de banda ocupado, la relación señal-ruido y los requisitos de sincronización ayuda a determinar si el valor de SPS es apropiado.

- II. ¿Qué pasaría si el bloque "Multiply Const" que se activa para la modulación BPSK se configura con el valor 1, ¿es lo mismo que quitarlo?

Configurar el bloque con el valor 1 no afecta la señal modulada, esencialmente igual a quitarlo. En BPSK, este bloque controla el desplazamiento de fase. Si se fija en 1, la fase no cambia, resultando en una señal idéntica a la entrada. Por lo tanto, configurarlo en 1 es equivalente a eliminarlo.

- III. ¿Cómo se puede deducir la fórmula que hay dentro del bloque "Multiply Const" que se activa para la modulación FSK?

Para deducir la fórmula en el bloque "Multiply Const" para FSK, se necesita comprender el sistema de modulación FSK y sus requisitos específicos. La fórmula depende de cómo se representan los símbolos de datos y de los parámetros del sistema, como la amplitud de constelación y la relación señal-ruido.

- IV. ¿Por qué el bloque "Constant Source" se configura como cero para la modulación OOK pero no para la BPSK y la FSK?

En OOK, la señal entra por la primera entrada de los VCO porque la modulación controla directamente la presencia o ausencia de la señal portadora. En BPSK y FSK, la señal modulante controla la fase o la frecuencia de la portadora y entra por la segunda entrada de los VCO para modificar estos parámetros.

- V. ¿Por qué razón en el caso de la Modulación OOK la señal modulante entra por la primera entrada (la superior) de los VCO a diferencia de la BPSK y FSK que entra por la segunda entrada (la inferior) de los VCO?

En OOK, la señal modulante entra por la primera entrada de los VCO porque controla directamente la presencia o ausencia de la señal portadora. En BPSK y FSK, la señal modulante controla la fase o la frecuencia de la portadora y entra por la segunda entrada de los VCO.

- VI. Para el caso de la Modulación BPSK, sería posible reubicar el bloque "Interpolating FIR Filter" para que quede inmediatamente antes de los VCO

Teóricamente, se puede reubicar el bloque antes de los VCO en BPSK. Sin embargo, debe evaluarse cuidadosamente para garantizar que no cause distorsiones en la señal y cumpla con los requisitos de la modulación.

- VII. Para el caso de la Modulación FSK, sería posible reubicar el bloque "Interpolating FIR Filter" para que quede inmediatamente antes de los VCO

En FSK, también es posible reubicar el bloque antes de los VCO. Sin embargo, se debe evaluar minuciosamente para asegurar que no afecte negativamente el rendimiento del sistema y cumpla con los objetivos de la modulación.

#### Otras preguntas de control:

- a. Ahora le piden que con lo aprendido cree un VCO RF que tiene como entrada una señal de amplitud y una señal de frecuencia, grafique su propuesta con elementos de GNU Radio.

Se realizó el montaje del diagrama para obtener una señal modulada tanto en voltaje (Amplitud) como en frecuencia.



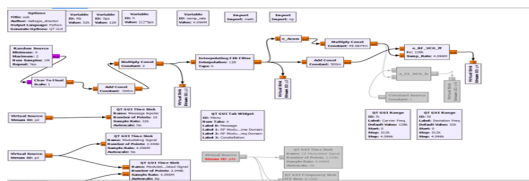


Fig.15.Modulación VCO RF

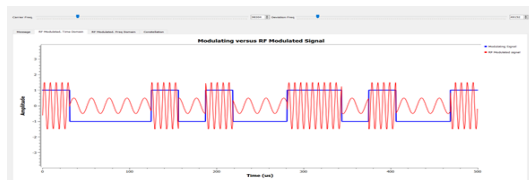


Fig.16.Comportamiento señal VCO RF en el tiempo

- b. Para los valores dados del caso FSK en el flujo-grama por defecto, ¿sería posible calcular el valor máximo permitido para la frecuencia de la portadora, pensado en términos de la versión en RF?

En el caso de FSK, el valor máximo para la frecuencia de la portadora en términos de la versión en RF se determina utilizando el teorema de muestreo de Nyquist. Este teorema establece que la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima presente en la señal. Por lo tanto, se puede calcular el valor máximo considerando la suma de la frecuencia de la portadora y la desviación de frecuencia.

- c. Para los valores dados del caso FSK en el flujo-grama por defecto, ¿sería posible calcular el valor máximo permitido para la desviación de frecuencia, pensado en términos de generar solo la EC?

Para calcular el valor máximo permitido para la desviación de frecuencia en términos de generar solo la Envoltura Compleja, es necesario considerar cómo la desviación de frecuencia afecta la amplitud de la señal compleja resultante. Se deben tener en cuenta los límites de operación de los componentes del sistema, como los convertidores analógico-digitales (ADC), para evitar distorsiones o aliasing al muestrear la señal resultante.

- d. Para los valores dados del caso BPSK en el flujo-grama por defecto, ¿sería posible calcular el mínimo valor de SPS pensado en términos de poder generar la versión en RF?

En el caso de BPSK, el mínimo valor de SPS para generar la versión en RF depende de la velocidad

de bits deseada, la tasa de muestreo máxima admitida por el hardware de RF y los requisitos de filtrado para evitar el aliasing. Se debe calcular cuidadosamente para garantizar una transmisión adecuada y la integridad de la señal en RF.

Los resultados experimentales obtenidos en esta práctica de laboratorio ofrecen una perspectiva significativa sobre la aplicación de la envolvente compleja en el análisis y procesamiento de señales de radiofrecuencia con modulaciones digitales. Estos resultados son esenciales para comprender la eficiencia y conveniencia de trabajar con la envolvente compleja en contextos de comunicaciones, como la modulación y demodulación de señales. Tal comprensión es crucial para el diseño y la implementación efectiva de sistemas de comunicación digital en una variedad de aplicaciones prácticas.

### 3. Análisis de Resultados

la señal BPSK en versión RF representada en la (figura 8) se observó el cambio de fase de la señal moduladora producido por el cambio binario en la señal moduladora.

Para la señal BPSK en versión EC representada en la parte inferior de la (figura 8) se observó que la modulación solamente tuvo efecto en la parte imaginaria.

La diferencia entre la versión RF y la versión EC radica en que en la versión RF se moduló la frecuencia de la señal binaria es decir, el cambio de frecuencia en la señal es quien indicó el cambio del valor del bit, en la versión EC la envolvente compleja es quien modula el cambio del bit, si la señal generada es simétrica con respecto al eje vertical, no se apreciara ninguna variación en la modulación de la parte real de la señal como lo podemos apreciar en la (figura 8) , solamente en la parte imaginaria, por el contrario si la señal no es simétrica con respecto al eje vertical, si sería posible apreciar el cambio de la parte real de la señal.

Basados en el flujograma inicial, después de la interpolación se acumula la señal recibida para poder integrar y mantener un flujo acumulativo como lo podemos apreciar en la (figura 9) y de esta forma variar la frecuencia de la señal.

En la (figura 10) logramos apreciar la modulación FSK en versión RF, se evidenció que la modulación binaria produjo en la señal modulada un aumento y disminución de su frecuencia, para este caso una modulación '1' aumenta la frecuencia y una modulación '0' mantiene su frecuencia inicial.

Después de realizar múltiples pruebas basándonos en la diferenciación de la modulación de manera visual en

las gráficas, para este caso se sugirió una frecuencia de portadora de 50 kHz y una desviación de frecuencia de 5 kHz, lo cual evitó el solapamiento de los picos en la versión RF y la correcta apreciación de la modulación tanto en RF como en EC.

Para implementar la modulación FSK usando un VCO para la versión RF se necesita una señal de voltaje que alterne entre dos niveles distintos, correspondientes a las dos frecuencias deseadas, a mayor diferencia de frecuencia más fácil será su detección para representar los bits '0' y '1'.

Para la versión en EC el proceso se debe manejar digitalmente ajustando la fase de una señal base en forma de números complejos para simular los cambios de frecuencia asociados a la FSK, es decir matemáticamente se modifica la representación compleja de la señal en tiempo real.

Para implementar la modulación FSK usando un VCO para la versión RF se necesita una señal de voltaje que alterne entre dos niveles distintos, correspondientes a las dos frecuencias deseadas, a mayor diferencia de frecuencia más fácil será su detección para representar los bits '0' y '1'.

Para la versión en EC el proceso se debe manejar digitalmente ajustando la fase de una señal base en forma de números complejos para simular los cambios de frecuencia asociados a la FSK, es decir matemáticamente se modifica la representación compleja de la señal en tiempo real.

Al variar la frecuencia de la portadora con una desviación fija, el desplazamiento del pico central a dos laterales es típico en FSK, porque cada bit se representa por una frecuencia diferente. Al incrementar la desviación de frecuencia, el ancho de banda crece, haciendo que la separación entre las frecuencias de FSK sea mayor, lo que podría resultar en un ruido más visible. Esto es común tanto en RF como EC.

Se observó en el diagrama de constelaciones visto en la (figura 14) que al variar la frecuencia de la portadora no se producía ningún cambio en el patrón de constelación EC, esto se debe a que las alteraciones en la frecuencia de la portadora no modifican la relación de fase a frecuencia de la señal EC. Al variar la desviación de frecuencia el efecto fue evidente ya que a medida que se aumentaba la desviación, se reflejaban los puntos nuevos puntos en el grafico correspondientes a fase y cuadratura.

Se generó una señal VCO RF, en la figura (9x) se puede apreciar el montaje, en la figura (10x) se observó como existe una variación tanto en amplitud como en frecuencia los cuales fueron interpretados correctamente en la ilustración de la línea azul, reflejando el cambio

del valor del bit.

## 4. Conclusiones

- En la modulación FSK para versión RF, la variación de desviación de frecuencia es una solución para cuando se tienen sistemas con detectores con baja precisión, ya que al aumentar la desviación de frecuencia se aumenta también la diferencia de frecuencia entre cada tramo de la señal incrementando la facilidad de detección y facilitando así la interpretación para asignar el valor al bit.
- La modulación BPSK en RF es útil para transmitir datos a través de canales con ruido, ya que su cambio de fase ofrece resistencia contra las variaciones de amplitud, lo cual es ideal para ambientes con fluctuaciones significativas.
- La versión EC de BPSK es preferible en sistemas de comunicación digital donde la eficiencia del procesamiento de señales es vital, como en el software definido por radio, porque permite una manipulación más fácil y eficiente de la señal en términos de filtrado y decodificación.
- FSK en RF es adecuada para sistemas donde la separación entre canales es muy importante, y la robustez frente al desvanecimiento selectivo en frecuencia es requerida, como en las comunicaciones de radiofrecuencia móvil, debido a su característica de variar la frecuencia.
- La señal FSK en versión EC es oportuna en contextos de simulación y análisis de señales en plataformas de software, ya que la modulación puede ser modelada, simulada y demodulada con algoritmos que se ejecutan en un ambiente controlado, facilitando el desarrollo y prueba de sistemas de comunicación sin necesidad de hardware específico.
- Una señal VCO RF es de suma utilidad para minimizar las fallas de detección de los detectores, ya que nos entrega en la misma señal dos caminos por los cuales podríamos realizar dicha detección.
- La práctica ha subrayado la utilidad y conveniencia de trabajar con la envoltura compleja en aplicaciones de comunicaciones. La capacidad de analizar y procesar señales en su forma de envoltura compleja es fundamental para entender y diseñar sistemas de comunicación digital eficientes.

- La práctica ha permitido comparar y contrastar señales moduladas en su versión RF y en envolvente compleja. Este análisis ha proporcionado una comprensión más profunda de cómo se comportan las señales en diferentes dominios y cómo se pueden aprovechar estas diferencias en aplicaciones prácticas.

Enlace a GitHub: [5]

## Referencias

- [1] “Práctica 4: Modulación digital.” [Online]. Available: <https://medium.com/modulaciones-digitales-ask-psk-fsk/modulacion-digital-8bc3c5b9aa33>
- [2] “Práctica 4: Modulador rf.” [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Modulador\\_RF](https://es.wikipedia.org/wiki/Modulador_RF)
- [3] “Práctica 4: Envolvente compleja.” [Online]. Available: <https://electroagenda.com/es/senal-analitica-y-envolvente-compleja/>
- [4] “Práctica 4: Modulación por desplazamiento de frecuencia.” [Online]. Available: [https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Dise%C3%B1o\\_de\\_microondas\\_y\\_RF/I\\_-\\_Sistemas\\_de\\_radio\\_\(Steer\)/02%3A\\_Modulaci%C3%B3n/2.06%3A\\_Modulaci%C3%B3n\\_por\\_desplazamiento\\_de\\_frecuencia%2C\\_FSK](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Dise%C3%B1o_de_microondas_y_RF/I_-_Sistemas_de_radio_(Steer)/02%3A_Modulaci%C3%B3n/2.06%3A_Modulaci%C3%B3n_por_desplazamiento_de_frecuencia%2C_FSK)
- [5] “Práctica 4: Enlace a github.” [Online]. Available: [https://github.com/Juan2195551/labcomu2\\_2024\\_1](https://github.com/Juan2195551/labcomu2_2024_1)