

Práctica 3: Conversión De Radiofrecuencia a la Envoltente Compleja

FABIO ANDRES CORZO ARGUELLO - 2180383
DIEGO ANDRES ARDILA ARIZA - 2185594
CARLOS HUMBERTO DIAZ SALAZAR -2182353

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

5 de Octubre de 2023

Resumen

Este informe aborda la conversión de señales de radiofrecuencia (RF) a su forma de envolvente compleja (EC) mediante el análisis de bloques específicos en GNU Radio. Se exploraron modulaciones BPSK y FSK en las versiones RF y EC, destacando las ventajas de la representación en envolvente compleja en términos de eficiencia y capacidad de detección. Además, se examinaron los bloques `e_RF_VCO_ff` y `e_EC_VCO_fc` utilizados para la modulación en GNU Radio, comprendiendo su funcionamiento y aplicaciones. Este estudio proporciona perspectivas valiosas sobre la implementación efectiva de sistemas de comunicación y la adaptabilidad de la envolvente compleja en este contexto.

1. Introducción

En el ámbito de las comunicaciones, especialmente en la modulación y demodulación de señales, el análisis y procesamiento de señales en su forma de envolvente compleja (EC) se ha vuelto esencial. La EC proporciona una representación más simple de la señal, facilitando cálculos matemáticos y algoritmos. Este enfoque se ha vuelto fundamental en aplicaciones como radar, comunicaciones inalámbricas y mediciones de señales.

En este informe, se abordaron conceptos clave relacionados con la envolvente compleja, se analizaron bloques específicos de GNU Radio y se adaptaron flujogramas para la modulación de señales BPSK y FSK. Las observaciones en el dominio del tiempo, frecuencial y en la constelación proporcionaron insights valiosos sobre el

comportamiento de las señales en diferentes condiciones.

2. Procedimiento

2.1. Verificación del Flujograma Propuesto (RF_EC_ook.grc)

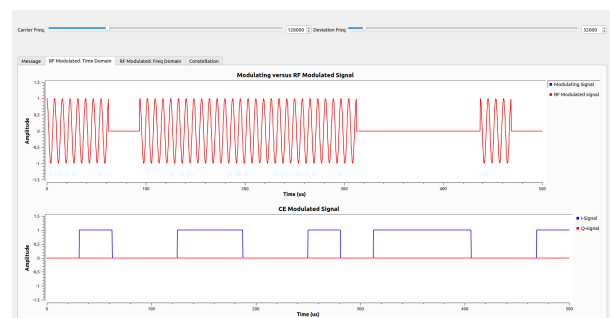


Fig. 1: RF Modulated. Time Domain

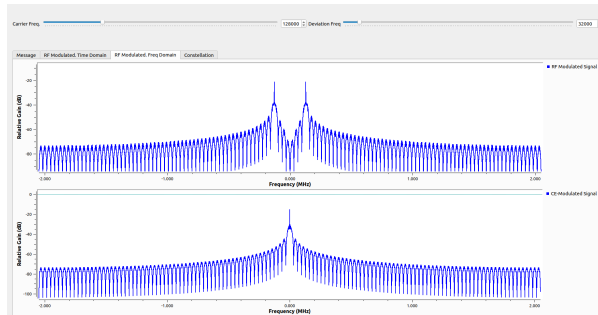


Fig. 2: RF Modulated. Freq Domain

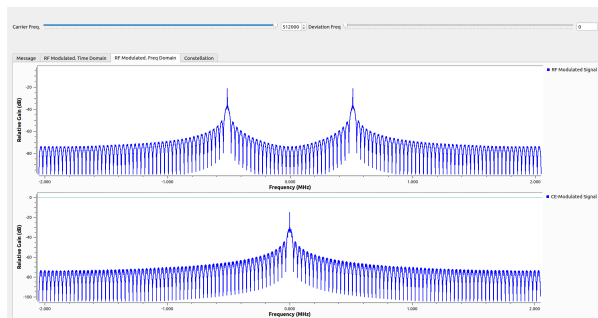


Fig. 3: Variando la frecuencias

En el análisis comparativo de las señales moduladas OOK en las versiones RF y EC, se observa que la versión en envoltura compleja exhibe una mayor capacidad para destacar detalles sutiles en la señal. La representación en EC ofrece una visión más nítida de la información contenida en la señal, lo que facilita la interpretación y el procesamiento. Además, la capacidad de trabajar con señales en su forma de envoltura compleja agrega una capa de versatilidad, permitiendo una adaptación más eficiente a diferentes escenarios y requisitos de aplicación.

2.2. Comprensión de bloques e_RF_VCO_ff y e_EC_VCO_fc:

Estos bloques se utilizan para realizar modulación en GNU Radio, donde el e_CE_VCO_fc opera en el dominio de la envoltura compleja, mientras que e_RF_VCO_ff opera en el dominio de la frecuencia de radio. Ambos bloques permiten modelar diferentes aspectos de la modulación de señales en un entorno de comunicaciones.

```
RF_EC_ook.grc /home/cahudia/Documents/COMU II/Commu2_2023_2_Grupo2/Practica3
epv_block_0_0_cmpqgr.py
Guardar

import numpy as np
from gnuradio import gr

class e_CE_VCO_fc(gr.sync_block):
    """
    This block is a Complex Envelope Voltage-Controlled Oscillator (CE VCO)
    and works as follows: It takes in two input signals, A (Amplitude) and Q (Quadrature),
    and produces a complex output signal y = A * exp(ij * Q).
    """
    Parameters:
    - A (input_items[0]): Input signal representing the amplitude.
    - Q (input_items[1]): Input signal representing the quadrature.
    - y (output_items[0]): Complex output signal.

    The block performs the modulation operation by multiplying the amplitude (A)
    with the complex exponential of the quadrature (Q), producing the modulated signal.
    """
    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):
        # Extract input signals
        A = input_items[0]
        Q = input_items[1]

        # Extract output signal
        y = output_items[0]

        # Number of samples
        N = len(A)

        # Perform modulation: y = A * exp(ij * Q)
        y[i] = A * np.exp(1j * Q)

        return len(output_items[0])
```

Fig. 4: bloque e_EC_VCO_fc

```
RF_EC_ook.grc /home/cahudia/Documents/COMU II/Commu2_2023_2_Grupo2/Practica3
*epv_block_0_0_3gs99py.py
Guardar

import numpy as np
from gnuradio import gr
import math

class e_RF_VCO_ff(gr.sync_block):
    """
    This block is an RF Voltage-Controlled Oscillator (RF VCO).
    Parameters:
    - fc (float): Center frequency of the VCO.
    - samp_rate (float): Sampling rate.

    The block takes in two input signals, A (Amplitude) and Q (Quadrature),
    and produces an RF-modulated output signal.

    The block modulates the amplitude (A) with a cosine waveform, where the
    frequency is determined by the center frequency (fc). The phase of the cosine
    is controlled by the quadrature (Q).

    The output signal is given by: y = A * cos(2 * pi * fc * n / samp_rate + Q),
    where n is the sample index.
    """
    def __init__(self, fc=120000, 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):
        # Extract input signals
        A = input_items[0]
        Q = input_items[1]

        # Extract output signal
        y = output_items[0]

        # Number of samples
        N = len(A)

        # Sample index
        n = np.linspace(self.n_m, self.n_m + N - 1, N)
        self.n_m += N

        # Perform modulation: y = A * cos(2 * pi * fc * n / samp_rate + Q)
        y[i] = A * np.cos(2 * math.pi * self.fc * n / self.samp_rate + Q)

        return len(output_items[0])
```

Fig. 5: bloque _RF_VCO_ff y

2.3. Adaptación del Flujograma para BPSK (RF_EC_bpsk.grc):

Durante la evaluación de los moduladores de fase binaria (BPSK), se destacaron diferencias sustanciales entre las versiones de Radio Frecuencia (RF) y Envoltura Compleja (EC). La versión en EC demostró ser más eficiente en cálculos matemáticos, facilitando la detección

precisa de eventos cruciales, como transiciones binarias. Su flexibilidad y adaptabilidad ofrecen ventajas significativas, aunque introducen cierta complejidad en la implementación. La elección entre RF y EC dependerá de las prioridades específicas del sistema de comunicación, considerando eficiencia, capacidad de detección y complejidad.

2.4. Adaptación del Flujograma para FSK (RF_EC_fsk.grc):

Para lograr la modulación de frecuencia de desplazamiento (FSK) mediante Osciladores Controlados por Voltaje (VCO), tanto en versión de Radio Frecuencia (RF) como en Envoltura Compleja (EC), se realiza un acondicionamiento de la señal en pasos específicos. Inicialmente, se definen las frecuencias de las portadoras (f_{c1} y f_{c2}) y la desviación de frecuencia (Δf). La señal binaria de datos se convierte entonces en frecuencias de

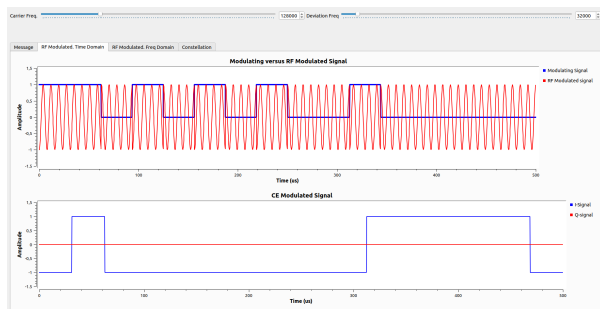


Fig. 6: RF Modulated. Time Domain

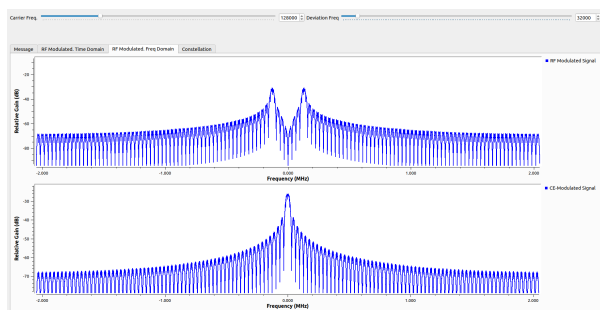


Fig. 7: RF Modulated. Freq Domain

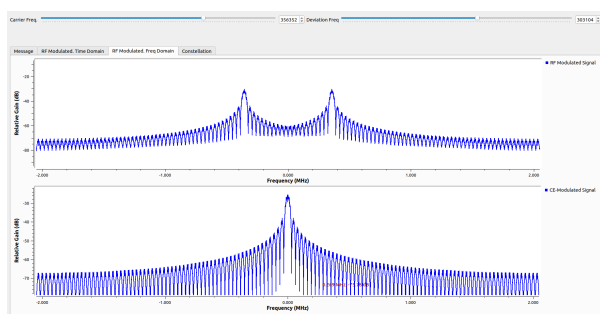


Fig. 8: Variando la frecuencias

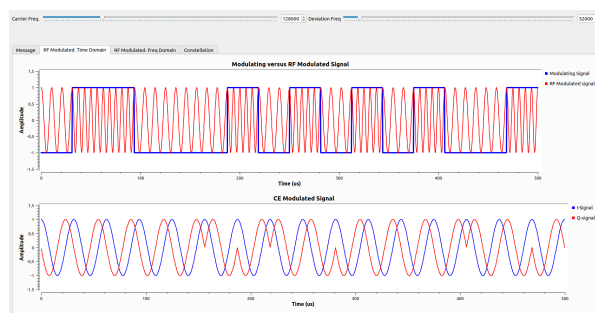


Fig. 9: Modulated. Time Domain

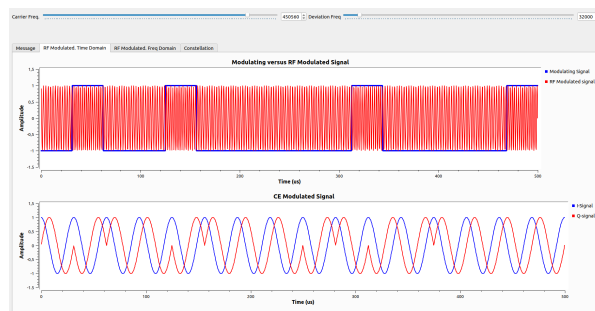


Fig. 10: Modulated. Time Domain Variando la frecuencia de la portadora

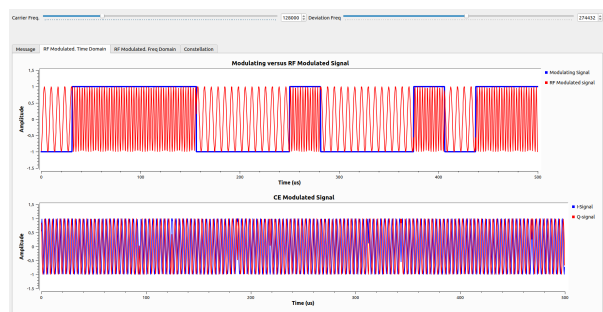


Fig. 11: Modulated. Time Domain Variando la desviación de frecuencia

2.5. Preguntas de Control:

1. Generar la versión paso-bandas (señal RF) de una modulación nos ha obligado a usar un valor muy alto para Sps. ¿Cómo podríamos saber que el valor elegido es apropiado o suficientemente alto? - El valor de Sps (Samples per Symbol) debe ser suficientemente alto para garantizar una representación precisa de la señal modulada. Se podría verificar experimentalmente ajustando Sps y observando la calidad de la señal resultante en términos de fidelidad y ancho de banda.

2. ¿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 "Multiply Const" con el valor 1 tendría el mismo efecto que quitarlo, ya que multiplicar por 1 no afecta la señal. Este bloque modifica la amplitud de la señal modulada y, si se configura en 1, no introducirá ningún cambio.

3. Para los valores dados del caso FSK en el flujoograma por defecto, ¿sería posible calcular el valor máximo permitido para la frecuencia de la portadora, pensado en términos de la versión en RF? - El valor máximo permitido para la frecuencia de la portadora en RF se puede calcular considerando la frecuencia de muestreo y el teorema de Nyquist, que establece que la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima de la señal. Para FSK, la frecuencia máxima de la portadora sería la suma de la frecuencia central y la desviación de frecuencia.

4. Para los valores dados del caso FSK en el flujoograma por defecto, ¿sería posible calcular el valor máximo permitido para la desviación de frecuencia, pensado en términos de generar solo la EC? - El valor máximo permitido para la desviación de frecuencia en términos de generar solo la Envoltura Compleja (EC) estaría relacionado con la frecuencia de muestreo y la necesidad de evitar el aliasing. La desviación de frecuen-

cia debe ser limitada para garantizar que la información en la EC no se degrade debido a aliasing.

5. Para los valores dados del caso BPSK en el flujoograma por defecto, ¿sería posible calcular el mínimo valor de Sps pensado en términos de poder generar la versión en RF? - El mínimo valor de Sps, pensado en términos de generar la versión en RF de BPSK, estaría relacionado con la capacidad del sistema para representar cambios rápidos en la señal. Demasiado bajo de Sps puede resultar en una representación inadecuada de la señal y pérdida de información.

6. ¿Cómo se puede deducir la fórmula que hay dentro del bloque “Multiply Const” que se activa para la modulación FSK? - La fórmula dentro del bloque "Multiply Const" para la modulación FSK se deduce al considerar la multiplicación de la señal moduladora ('Q') por una constante que controla la desviación de frecuencia. La fórmula refleja cómo la magnitud de la constante afecta la amplitud de la señal y, por ende, la desviación de frecuencia.

7. ¿Por qué el bloque “Constant Source” se configura como cero para la modulación OOK pero no para la BPSK y la FSK? - En la modulación OOK, el bloque "Constant Source" se configura como cero porque la amplitud de la señal OOK está determinada únicamente por la presencia o ausencia de la señal modulante. En BPSK y FSK, la amplitud debe ser controlada para representar correctamente la modulación.

8. ¿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 la modulación OOK, la señal modulante entra por la primera entrada del VCO porque la variación de la amplitud se refleja directamente en la modulación. En BPSK y FSK, donde la variación es en la fase o frecuencia, la señal modulante se introduce por la segunda entrada del VCO.

9. Para el caso de la Modulación BPSK, sería posible reubicar el bloque “Interpolating FIR Filter” para que quede inmediatamente antes de los VCO? - En el caso de la Modulación BPSK, reubicar el bloque "Interpolating FIR Filter" para que quede inmediatamente antes de los VCO podría ser posible, pero podría afectar el rendimiento del sistema. El bloque "Interpolating FIR Filter" se utiliza para interpolar y filtrar la señal modulante antes de llegar al VCO. Colocararlo antes del VCO puede alterar la forma en que la señal modulante afecta a la fase, lo cual puede tener implicaciones en la calidad de la modulación BPSK.

10. Para el caso de la Modulación FSK, sería posible reubicar el bloque “Interpolating FIR Filter” para



que quede inmediatamente antes de los VCO? - Similar al caso de BPSK, reubicar el bloque "Interpolating FIR Filter" para que quede inmediatamente antes de los VCO en la modulación FSK podría ser posible, pero requiere cuidado. Dado que FSK modula la frecuencia, los cambios en la señal modulante pueden afectar la frecuencia de la portadora. La ubicación del filtro FIR puede influir en cómo estos cambios se reflejan en la modulación.

11. 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. - Para crear un VCO RF con entrada de señal de amplitud y frecuencia, se debería implementar un bloque en GNU Radio que tome estas dos señales como entrada y produzca una salida modulada en frec

3. Conclusiones

- La representación en envolvente compleja (EC) ofrece ventajas significativas en la modulación de señales, facilitando cálculos matemáticos y algoritmos. La versión en EC proporciona una visión más

nítida de la información contenida en la señal, lo que simplifica la interpretación y el procesamiento en comparación con la versión de Radio Frecuencia (RF).

- La adaptabilidad y flexibilidad de la envolvente compleja en la modulación de señales BPSK y FSK permiten una mejor eficiencia en términos de capacidad de detección y complejidad de implementación. La elección entre RF y EC dependerá de las prioridades específicas del sistema de comunicación, considerando eficiencia, capacidad de detección y complejidad.
- Los bloques `e_RF_VCO_ff` y `e_EC_VCO_fc` utilizados en GNU Radio para la modulación ofrecen un medio efectivo para modelar diferentes aspectos de la modulación de señales en entornos de comunicación. Comprender su funcionamiento y aplicaciones específicas es crucial para la implementación exitosa de sistemas de comunicación.

Referencias