

## COMUNICACIONES II – 27145

### De Radiofrecuencia a la Envolvente Compleja (GNURADIO)

#### JUSTIFICACIÓN

En muchas aplicaciones de comunicaciones, como la modulación y demodulación de señales, el análisis y procesamiento de señales en su forma de envolvente compleja es más eficiente y conveniente que trabajar con la señal de RF directamente. Esto se debe a que la envolvente compleja proporciona una representación más simple de la señal, lo que facilita cálculos matemáticos y algoritmos. Al trabajar con la envolvente compleja, es más fácil detectar eventos importantes en una señal, como picos de amplitud, cambios abruptos y patrones de modulación. Esto es valioso en aplicaciones como radar, comunicaciones inalámbricas y mediciones de señales.

#### Objetivo general

Afianzar el concepto de la Envolvente Compleja (EC) de una señal a partir de señales de Radio Frecuencia (RF) con modulaciones digitales y sus diferentes representaciones.

#### Objetivos específicos

- Producir combinaciones de los bloques de GNURadio para la aplicación específica de la envolvente compleja.
- Comprender los bloques, diagramas y su funcionalidad para la producción de otros sistemas.
- Representar las señales de salida tanto de RF como en EC en GNURadio.

#### Software a utilizar

- Linux (Ubuntu).
- git (terminal) y gitHub.
- GNU Radio.

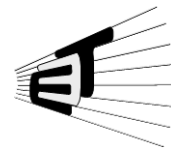
#### Procedimiento

1. Abra una rama nueva para la práctica 3.
2. Descargue en su estación de cómputo mediante los comandos vistos en laboratorios anteriores (git pull).
3. Cree la carpeta nueva para la práctica 3 en esta rama. Verifique que esté dentro del directorio utilizado para que lo pueda subir a Github (allí debe subir los cambios que va haciendo).
4. Descargue el archivo base [RF\\_EC\\_ook.grc](#) guárdelo en la misma estructura de carpetas que se vinieron dando en las prácticas anteriores. Después de tener la base de las carpetas creadas, recuerde subir al repositorio para crear las ramas de cada integrante.
5. Comprobar el funcionamiento del flujograma propuesto para la práctica, analizando una señal OOK tanto en versión RF como en EC (Banda base). Puede utilizar la carpeta base [aquí](#) para apoyarse.

Siga este proceso:

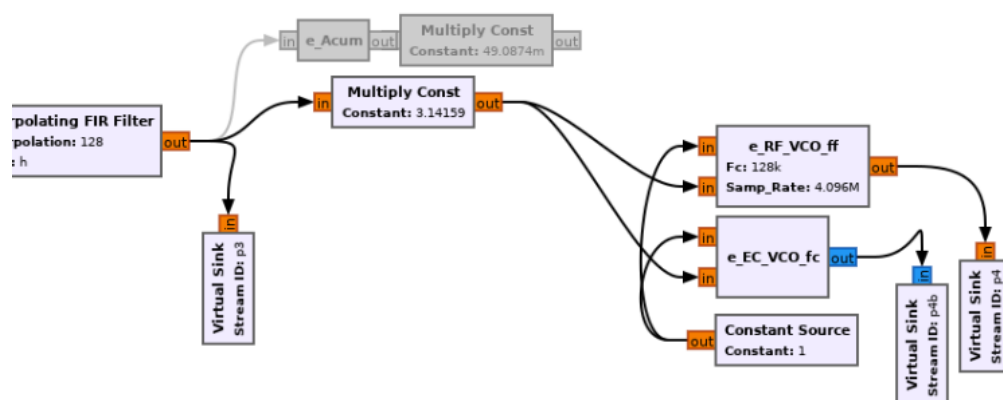
- a. En la pestaña “*RF Modulated. Time Domain*” observe la señal modulada en versión RF comparada con la señal modulada en versión EC (señal I y Señal Q) **Foto 1**
- b. En la pestaña “*RF Modulated. Freq Domain*” observe el espectro de la señal modulada en versión RF comparada con el espectro de la señal modulada en versión EC. **Foto 2**
- c. Repita el punto b variando la frecuencia de la portadora (*Carrier Freq*). **Foto 3**
- d. Repita el punto c variando la frecuencia de la portadora (*Carrier Freq*). **Foto 4**





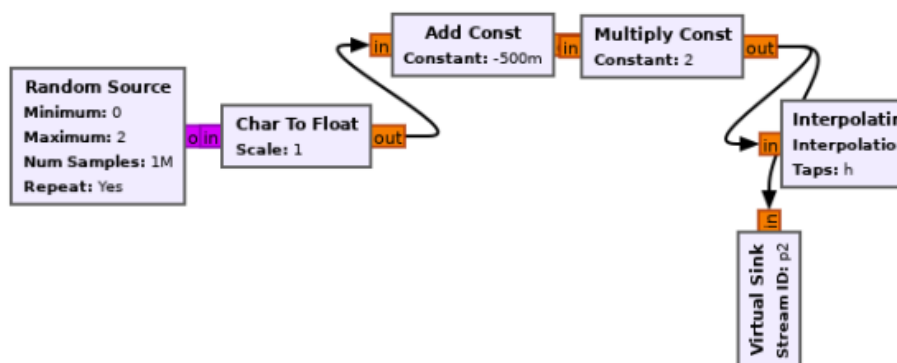
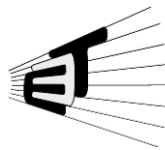
modulación  
modulación es  
 $\cos 2\pi f_c$   
se divide por el  
samp\_rate para  
normalizar el  
resultado  
Q es la fase

- e. En el informe consigne evidencias del trabajo hecho y una conclusión en la que explique la diferencia que existe entre un modulador OOK en versión RF y uno en versión EC.
6. Comprender el bloque e\_RF\_VCO\_ff y el e\_EC\_VCO\_fc
  1. Abra el bloque e\_RF\_VCO\_ff y luego oprima "Open in Editor", estudie el código en Python para este bloque. Tan pronto entienda incluya en inglés la ayuda del bloque, es decir, el mensaje que indica: "This block is a RF VCO and works as following: ..." modifique tales comentarios para que quede bien explicado lo que hace este bloque, los parámetros que usa y recomendaciones para su uso. No olvide explicar para qué sirve la primera entrada (la de arriba), la segunda entrada del bloque, y la salida.
  2. Repita el punto a, para el bloque "e\_EC\_VCO\_fc" *Ae^jq* Define la envolvente compleja
  3. En el informe escriba una copia del *help* escrito por su grupo para explicar e\_RF\_VCO\_ff y e\_EC\_VCO\_fc.
7. Adaptar el flujograma para que sirva para modular BPSK tanto en versión RF como en versión EC
  - a. Guarde el flujograma con un nuevo nombre como RF\_EC\_bpsk.grc
  - b. Intente reconfigurar el flujograma activando uno o varios de los bloques desactivados y haciendo interconexiones para que el flujograma se comporte como un modulador BPSK en versión RF y en versión EC. Solo en caso de fracasar en el intento siga los siguientes pasos para lograrlo:
    - I. A la derecha del bloque "Interpolating FIR Filter" la interconexión es la siguiente

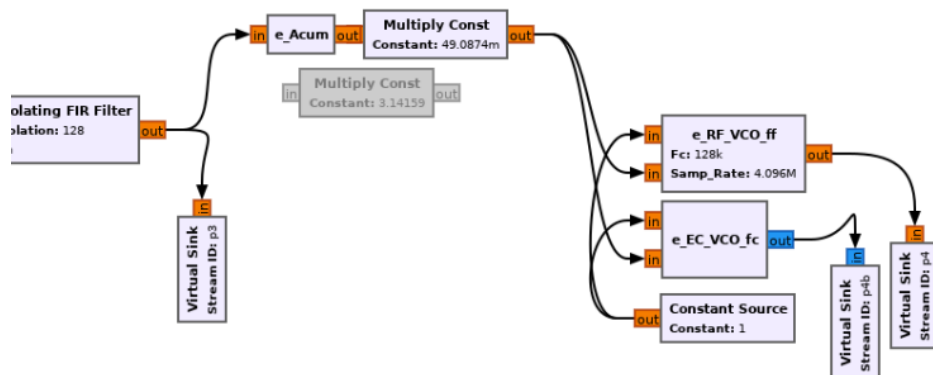


- II. Observe que "Constant Source" es ahora la amplitud (magnitud para el caso de la EC) de la señal modulada y vale 1. En cambio, en el punto 1 y 2 era la fase.
- c. Realice pruebas similares a las del punto 1 pero aplicadas ahora a la modulación BPSK.
- d. En el informe consigne evidencias del trabajo hecho y una conclusión en la que explique la diferencia que existe entre un modulador BPSK en versión RF y uno en versión EC.
8. Adaptar el flujograma para modular en FSK tanto en versión RF como en versión EC. Realice observaciones en el dominio del tiempo.
  - a. Guarde el flujograma con un nuevo nombre como RF\_EC\_fsk.grc
  - b. Intente reconfigurar el flujograma activando uno o varios de los bloques desactivados y haciendo interconexiones para que el flujograma se comporte como un modulador FSK en versión RF y en versión EC. Solo en caso de fracasar en el intento siga los siguientes pasos para lograrlo:
    1. A la izquierda del bloque "Interpolating FIR Filter" la interconexión es la siguiente





ii. A la derecha del bloque “Interpolating FIR Filter” la interconexión es la siguiente



Nota: Observe que el bloque “Constant Source” cambia su parámetro a 1.

- c. Realice las siguientes pruebas mientras observa el comportamiento de la señal modulada en versión RF y en versión EC en el dominio del tiempo (pestaña Modulated-Time):
  1. La frecuencia de la portadora se varía, pero la desviación de frecuencias se mantiene constante.
  2. La frecuencia de la portadora se mantiene constante, pero se varía la desviación de frecuencias.
- d. En el informe agregue evidencias del proceso, pero sobre todo, explique cómo debe ser acondicionada la señal para que los VCO produzcan la señal con modulación FSK, tanto en versión RF como EC.
5. Observaciones de FSK en el dominio de las frecuencias.
  - a. Repita el punto 4 pero haciendo las observaciones en el dominio de las frecuencias (pestaña Modulated-Freq).
  - b. En el informe proponga un valor para la frecuencia portadora y uno para la desviación de frecuencias en el cual el espectro se puede distinguir con el menor solapamiento posible.
9. Observaciones de FSK en la Constelación
  - a. Repita el punto 8 pero haciendo las observaciones en la constelación (pestaña Constellation).
  - b. En el informe explique cómo es la constelación de una señal con modulación FSK.
10. Preguntas de control
  1. Preguntas de auto control sobre el flujograma RF\_EC\_xxx.grc:
    - 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?
    - 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?



- III. ¿Cómo se puede deducir la fórmula que hay dentro del bloque “Multiply Const” que se activa para la modulación FSK?
  - IV. ¿Por qué el bloque “Constant Source” se configura como cero para la modulación OOK pero no para la BPSK y la FSK?
  - 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?
  - VI. Para el caso de la Modulación BPSK, sería posible reubicar el bloque “Interpolating FIR Filter para que quede inmediatamente antes de los VCO”
  - VII. Para el caso de la Modulación FSK, sería posible reubicar el bloque “Interpolating FIR Filter para que quede inmediatamente antes de los VCO”
2. 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.
  - b. Para los valores dados del caso FSK en el flujograma por defecto, ¿sería posible calcular el valor máximo permitido para la frecuencia de la portadora, pensado en términos de la versión en RF?
  - c. Para los valores dados del caso FSK en el flujograma por defecto, ¿sería posible calcular el valor máximo permitido para la desviación de frecuencia, pensado en términos de generar solo la EC?
  - d. Para los valores dados del caso BPSK en el flujograma por defecto, ¿sería posible calcular el mínimo valor de SPS pensado en términos de poder generar la versión en RF?

#### Para entregar.

1. En los grupos de trabajo, cada estudiante debe realizar los pasos aquí ejecutados ya sea en clase o en el aula en otro momento que tenga disponible. Al compartir el repositorio es indispensable que se vea el trabajo de cada uno a partir de los cambios del log del GitHub (al menos en cada rama).
2. Si es posible, utilice los formatos dados para presentación de informes en Comunicaciones I (formato Latex). Es necesario que mantenga la estructura que allí se les dio, pero la estructura de este informe debe poderse ingresar primero a la rama Practica\_3 y luego se debe hacer un “merge” a las otras ramas. Cada integrante debe aportar al desarrollo correcto del informe y debe quedar evidenciado en el repositorio.

Sugerencia: Los grupos de trabajo deben saber administrar las tareas para que ninguno de los integrantes quede sobrecargado. El enlace del repositorio se entrega en la plataforma Moodle y en algún apartado del informe. El estudiante que sube la información al Moodle, fue quién administró la distribución de los roles en la práctica.