

# Laboratorio 3: Modulación en Frecuencia

**Docente:** Cristian Guarnizo-Lemus.

**Asignatura:** Sistemas de Comunicaciones, Grupo 2, 2019-2. Instituto Tecnológico Metropolitano.

**Descripción:** en la primera parte de esta práctica se comparan los anchos de banda que ocupan la señal digital sin modular, modulada en FSK y BPSK. En la segunda parte se explora el desempeño de una modulación digital QPSK considerando la corrupción de la señal por medio de ruido.

**Fecha de Entrega Max.:** Nov. 12 hora 6pm.

## 1. Comparación espectro de frecuencia en banda base, FSK y PSK de una señal digital

El objetivo de esta sección es comparar los anchos de banda que se sienten de la señal binaria sin modular (banda base) y modulada en FSK y BPSK. Para realizar esto se debe diagramar el flujograma de la figura 1.1. Como generador de señales se emplea el bloque “Random Source”, el cual genera números enteros de 0-255, lo que corresponde los enteros que se pueden obtener con 8 bits (1 byte). Luego cada paquete de 8-bits es desempacado por cada bit usando el bloque “Packed to Unpacked”, finalmente cada bit se convierte a un valor real (0 lógico a 0 V, y 1 lógico a 1 V).

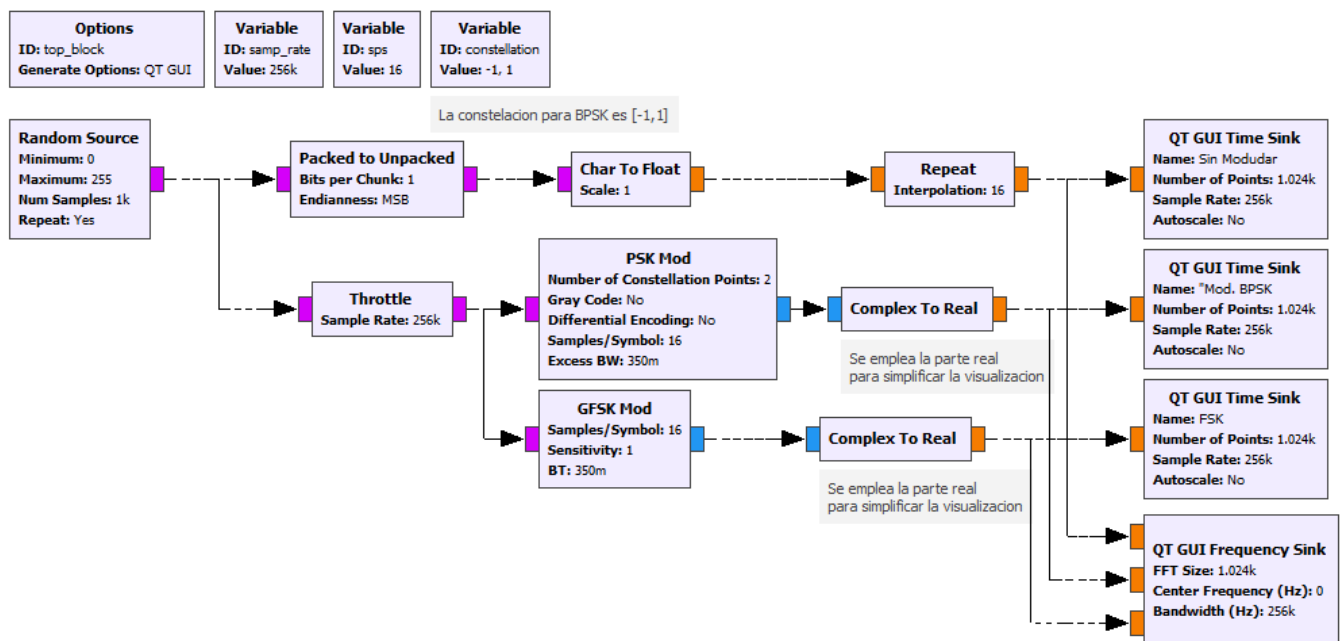


Figura 1.1. Flujograma para la modular en FSK y BPSK.

### Pasos de Configuración:

Diagramar el flujograma presentado en la figura 1.1 con los valores presentados en la figura. Tener en cuenta lo siguiente para la configuración específica de los bloques.

### Configuración general del flujograma

Configurar un bloque “Variable” para que la variable *samp\_rate* tenga una frecuencia de muestreo de 256k [Hz].

Configurar un bloque “Variable” para que la variable *sps* (símbolos por segundo) tenga un valor de 16.

Configurar un bloque “Variable” para que la variable *constelation* tenga un valor de  $[-1+0j, +1+0j]$ .

### Configuración de Bloques Moduladores

Para el bloque **PSK Mod** configurar los campos como se muestra a continuación:

General   Advanced   Documentation	
ID	digital_psk_mod_0
Number of Constellation Points	2
Gray Code	No
Differential Encoding	No
Samples/Symbol	sps
Excess BW	0.35
Verbose	Off
Log	Off

Figura 1.2. Configuración de bloque PSK Mod.

No se emplea el código Grey ni la Codificación Diferencial con el fin de comparar los tipos de modulación con la trama original de bits.

Para el bloque **GFSK Mod**, se debe configurar así:

General   Advanced   Documentation	
ID	digital_gfsk_mod_0
Samples/Symbol	sps
Sensitivity	1.0
BT	0.35
Verbose	Off
Log	Off

Figura 1.3. Configuración bloque GFSK Mod.

### Configuración de Sumideros (Sinks)

Empezamos con el bloque que grafica la señal sin modular, dicho bloque QT GUI Time Sink, se debe configurar como se muestra a continuación:

**a)**

General	Trigger	Config	Advanced	Documentation
ID	qtgui_time_sink_x_0			
Type	Float			
Name	"Sin Modular"			
Y Axis Label	Amplitud			
Y Axis Unit	""			
Number of Points	1024			
Sample Rate	samp_rate			
Grid	No			
Autoscale	No			
Y min	-1			
Y max	1			
Number of Inputs	1			
Update Period	0.10			
Disp. Tags	Yes			
GUI Hint	[0, 0]			

**b)**

General	Trigger	Config	Advanced	Documentation
ID	qtgui_time_sink_x_0_0			
Type	Float			
Name	"Mod. BPSK"			
Y Axis Label	Amplitud			
Y Axis Unit	""			
Number of Points	1024			
Sample Rate	samp_rate			
Grid	No			
Autoscale	No			
Y min	-1			
Y max	1			
Number of Inputs	1			
Update Period	0.10			
Disp. Tags	Yes			
GUI Hint	[1, 0]			

**c)**

General	Trigger	Config	Advanced	Documentation
ID	qtgui_time_sink_x_0_0_0			
Type	Float			
Name	"GFSK"			
Y Axis Label	Amplitud			
Y Axis Unit	""			
Number of Points	1024			
Sample Rate	samp_rate			
Grid	No			
Autoscale	No			
Y min	-1			
Y max	1			
Number of Inputs	1			
Update Period	0.10			
Disp. Tags	Yes			
GUI Hint	[2, 0]			

**d)**

General	Trigger	Config	Advanced	Documentation
ID	qtgui_freq_sink_x_0			
Type	Float			
Name	""			
FFT Size	1024			
Spectrum Width	Full			
Window Type	Blackman-harris			
Center Frequency (Hz)	0			
Bandwidth (Hz)	samp_rate			
Grid	No			
Autoscale	No			
Average	None			
Y min	-140			
Y max	10			
Y label	Relative Gain			
Y units	dB			
Number of Inputs	3			
Update Period	0.10			
GUI Hint	[0, 1, 3, 1]			
Show Msg Ports	No			

Figura 1.4. Configuración de los bloques sumideros: a) Sin modular b) BPSK c) GFSK y d) Espectro de Frecuencias.

### Análisis de la práctica:

- Al ejecutar el flujograma, se observan al lado izquierdo las señales en el tiempo Sin Modular, FSK y PSK; y en el lado derecho se encuentran sus espectros de frecuencia.
- Determinar en orden de mayor a menor de cual tipo de señal ocupa menos ancho de banda. Tomar los anchos de banda de cada tipo de señal.

### Preguntas de la práctica:

Por qué se obtienen estos anchos de banda? (argumentar su respuesta de acuerdo con lo visto en clase).

Que operaciones matemáticas se requieren para convertir la señal binaria a NRZ? (Programarla en GNURadio y mostrar las gráficas de la señal binaria y la codificada en NRZ)

## 2. Modulación QPSK

En esta sección se analizará el desempeño de una modulación QPSK ante el aumento de la magnitud del ruido. El flujograma a implementar se presenta en la figura 2.1.

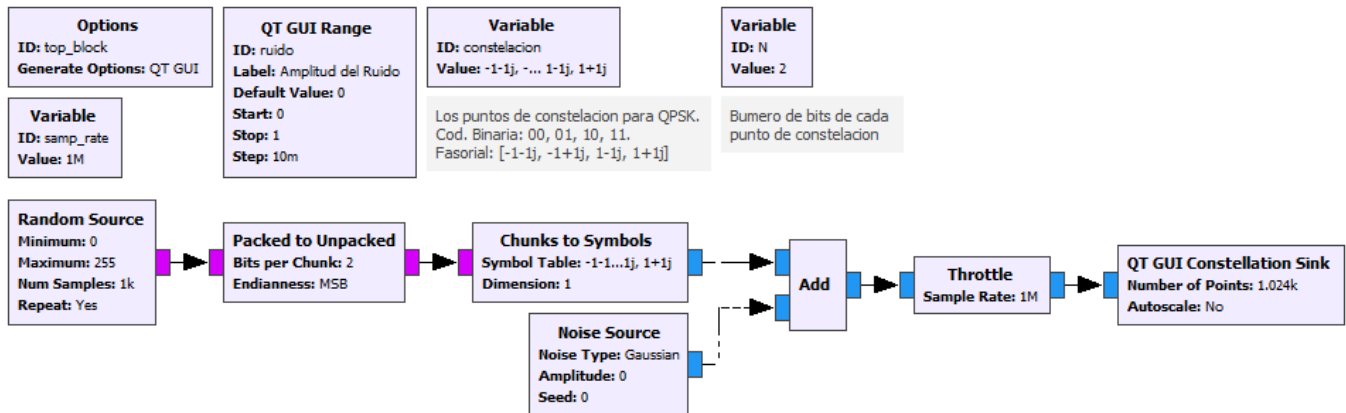


Figura 2.1. Flujograma para la modular en QPSK.

Al igual que en la sección anterior se emplea un bloque “Random Source” para generar números aleatorios entre 0-255, cada número definido por un byte. Por medio de la Variable “N” se controla la cantidad de bits que salen del bloque “Packed to Unpacked” y entran a “Chunks to Symbols”. Para el caso de QPSK tenemos la siguiente tabla de la verdad:

Tabla 1: Tabla lógica para QPSK.

Cod. Binario	Fase en complejo
00	-1-1j
01	-1+1j
10	+1-1j
11	+1+1j

Nótese que cuando se tiene un cero lógico, corresponde a -1 en su posición (real-MSB o compleja-LSB), en caso contrario se coloca un +1.

A partir de la tabla de la verdad descrita en la Tabla 1, se define la variable “constelacion” donde se ingresa un vector complejo con la ubicación fasorial de cada símbolo (un símbolo en este caso corresponde a 2 bits). Con el bloque “Noise Source” se agrega ruido a la salida compleja del bloque “Chunks to Symbols”, para simular la corrupción de la señal en un canal de transmisión. Finalmente, el sumidero “Constellation Sink” se utiliza para graficar el diagrama de constelación recibe del proceso de modulación.

### Pasos de Configuración:

Diagramar el flujograma presentado en la figura 2.1 con los valores presentados en dicha figura. Tener en cuenta lo siguiente para la configuración específica de los bloques.

### Configuración general del flujograma

Configurar un bloque “Variable” para que la variable *samp\_rate* tenga una frecuencia de muestreo de 1M [Hz].

Configurar un bloque “Variable” para que la variable *N* (número de bits) tenga un valor de 2.

Configurar un bloque “Variable” para que la variable *constelation* tenga un valor de  $[-1-1j, -1+1j, 1-1j, 1+1j]$ .

### Configuración especial de bloques

“Random Source”: La salida de este bloque debe ser de tipo *byte*.

“Packed to Unpacked”: Asignar al campo “Bits per Chunk” la variable *N*.

“Chunks to Symbols”: La entrada debe ser de tipo *byte* y al campo “Symbol Table” asignar la variable *constelacion*.

“Noise Source”: En el campo “Amplitude” asignar la variable *ruido*.

“Throttle”: En el campo “Sample rate” asignar la variable *samp\_rate* (esto se hace por defecto al agregar el bloque “Throttle”).

### Análisis de la práctica:

- Ejecutar el flujograma, mover la ganancia del ruido y determinar para que valor se mezclan las constelaciones.
- Agregar los bloques y la conexión mostrada en la figura 2.2 al flujograma inicial.

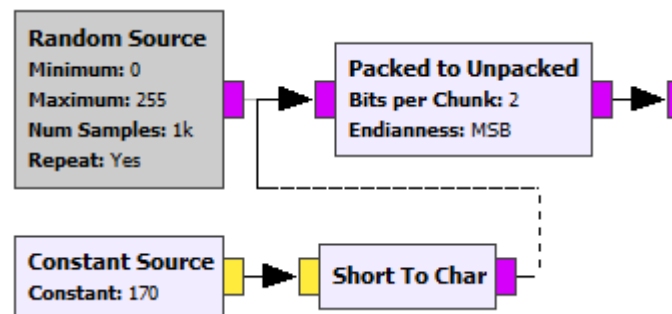


Figura 2.2. Fuente de valores enteros constante.

Ejecutar el flujograma y observar que punto de la constelación se activa (Pista: analizar el código binario del decimal 170). Determinar que valores enteros se requieren para activar cada uno de los otros puntos de la constelación.

### Preguntas de la práctica:

Diseñar un flujograma para una modulación 8-PSK y determinar para que amplitud de ruido se mezclan las constelaciones.