

<b>Apellidos:</b>		 <b>Departamento de Ingeniería de Telecomunicación</b>
<b>Nombre:</b>		
<b>TEORIA DE LA COMUNICACIÓN</b>	<b>Grado Ing. Tecnologías Telecomunicación</b> <b>Grado Ing. Telemática</b>	
<b>Convocatoria Extraordinaria II</b> <b>Fecha: 12 Julio 2018</b>	<b>2º Curso</b> <b>Duración: 90min</b>	

**LEER DETENIDAMENTE:**

- Sólo será considerado aquello escrito con **bolígrafo azul o negro**.
- Sólo será considerado en la corrección aquello que esté en el **hueco** de la pregunta.
- Si se detecta a algún alumno consultando material no autorizado es motivo de expulsión.
- Todas las respuestas han de estar **obligatoriamente en función de las variables proporcionadas** por el enunciado. La no utilización de las variables del enunciado resta la mitad de la puntuación.
- Utilice los apartados de manera correcta y obligatoria. Todo lo que esté enmarcado en un apartado pertenece a dicho apartado
- La utilización de constantes en el código implementado en lugar de variables penaliza con  $\frac{1}{4}$  de la puntuación de la pregunta.
- No se puede utilizar ninguna función que no haya sido explicada en clase para la generación de señales.

1. Suponga el siguiente pulso de comunicaciones  $x(t)$  definido de la siguiente manera,

$$x(t) = \Pi\left(\frac{t}{\tau}\right) \cos(2\pi f_c t), \quad f_c = 600 \text{ Hz}, \quad \tau = 2$$

- a) Definiendo una sola vez la variable del eje de tiempos 't' y utilizando una figura de tamaño 1x1, represente, en color azul, la señal  $x(t)$  en el intervalo temporal  $t \in [-10s, 10s)$ . Utilice una frecuencia de muestreo de  $f_s = 20 \text{ KHz}$ . Solapada con la figura anterior, represente en color rojo solamente el primer y tercer ciclo del tiempo positivo de la señal  $x(t)$  en el intervalo temporal  $t \in [-10s, 10s)$ . Tenga en cuenta que el eje de ordenadas debe representar la variable 'voltios' mientras que el eje de abscisas deberá representar la variable 'segundos'. **(2p)**

- b) En una misma figura de tamaño 1x1, represente superpuestas las dos señales siguientes:
- En color azul, la densidad espectral de energía  $S_x(f)$  utilizando la autocorrelación  $R_x(\tau)$ . Tenga en cuenta que el eje de ordenadas debe representar Julios mientras que el eje de abscisas deberá representar frecuencia (Hz). Utilice un número de puntos de FFT igual a 20 veces la longitud de la señal temporal **(1p)**
  
  - En color rojo, la densidad espectral de energía  $S_{x_+}(f)$  de la señal analítica positiva  $x_+(t)$  utilizando la transformada de Hilbert. Tenga en cuenta que el eje de ordenadas debe representar Julios mientras que el eje de abscisas deberá representar frecuencia (Hz). Utilice un número de puntos de la FFT igual a 20 veces la longitud de la señal temporal **(1p)**

2. Se pretende simular un receptor óptimo para un sistema de comunicación digital binario en banda base teniendo en cuenta obligatoriamente las variables que aparecen en la Figura 1. Los valores que se utilizan para la simulación son los siguientes: se utilizan 128 muestras por cada bit enviado y periodo de símbolo  $T$  (en este caso, coincide con el periodo de bit al considerar transmisión binaria) es igual  $T=1s$ .

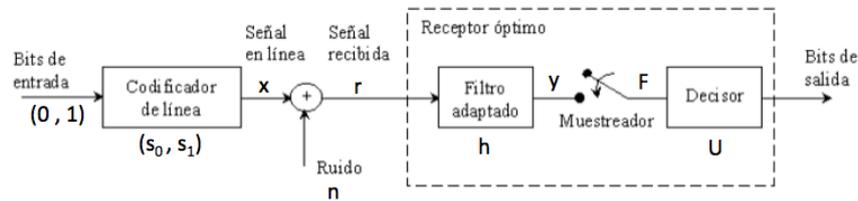


Figura 1. Bloques para la simulación del sistema de comunicación digital banda base

Suponga lo siguiente:

- Suponga que se desea transmitir una secuencia binaria formada por  $N_b=80000$  bits, donde los bits transmitidos se suponen equiprobables.
- Se dispone de la señal salida del codificador de línea dada por la variable 'x' mientras cada símbolo binario, 0 y 1, viene dado por las variables definidas en energía ' $s_0$ ' y ' $s_1$ '. Por tanto, el alumno no tiene que calcular estas variables ( $x, s_0, s_1$ ) ya que pueden ser directamente utilizadas como variables disponibles en el código generado.
- En el canal existe ruido *AWGN* cuya densidad espectral de potencia  $\eta$  varía en el siguiente rango  $\eta \in [0.01:0.001:0.1]$ . Tenga en cuenta que la señal de ruido 'n' deberá obtenerse obligatoriamente utilizando el comando *randn* de MATLAB de tal forma que dicha señal proporcione una varianza igual a  $\sigma_n^2 = f_s \cdot \eta / 2$ , siendo  $f_s$  la frecuencia de muestreo del sistema. Por tanto, el alumno deberá definir correctamente la frecuencia de muestreo del sistema.
- La señal 'r' a la salida del canal se deberá filtrar con el filtro adaptado  $h(t) = s_0(T-t) - s_1(T-t)$
- Sin embargo, un mal diseño del ingeniero ha causado que el muestreador capture muestras cada 0.25 segundos.
- Se utilizará el umbral de decisión  $U = \frac{E_0 - E_1}{2}$ , de forma que se obtengan los bits de salida con una probabilidad de error óptima. Recuerde que  $E_0$  es la energía media de la señal  $s_0$  y  $E_1$  es la energía media de la señal  $s_1$ .

Escriba el código necesario para representar una figura que muestra la evolución de la probabilidad de error real respecto al ratio  $(E_b/\eta)$ . Para ello, se considera fija la energía media por bit  $E_b$  pero la potencia de ruido  $\eta$  varía según se ha descrito anteriormente. **(3p)**



3. Considerando el software *GNU Radio*, suponga que se simula un transmisor *QPSK* que transmite una secuencia de símbolos digitales en el que se han utilizado diferentes factores *roll-off* en el filtro de conformación del transmisor. Sabiendo que se ha utilizado una frecuencia de muestreo  $f_s = 128\text{KHz}$  y 8 muestras/símbolo, **explique razonadamente** si la Figura 3 es correcta a partir de los parámetros utilizados en el bloque '*Constellation modulator*' mostrado en la Figura 2 (2p)

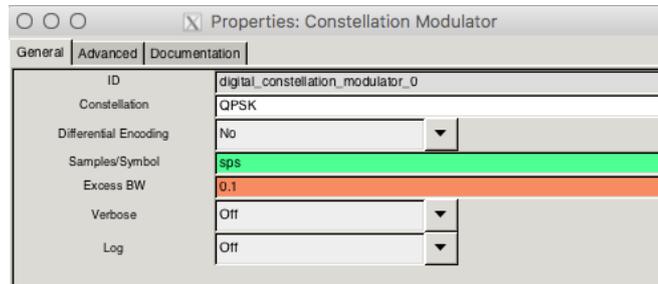


Figura 2. Parámetros del bloque '*Constellation modulator*'

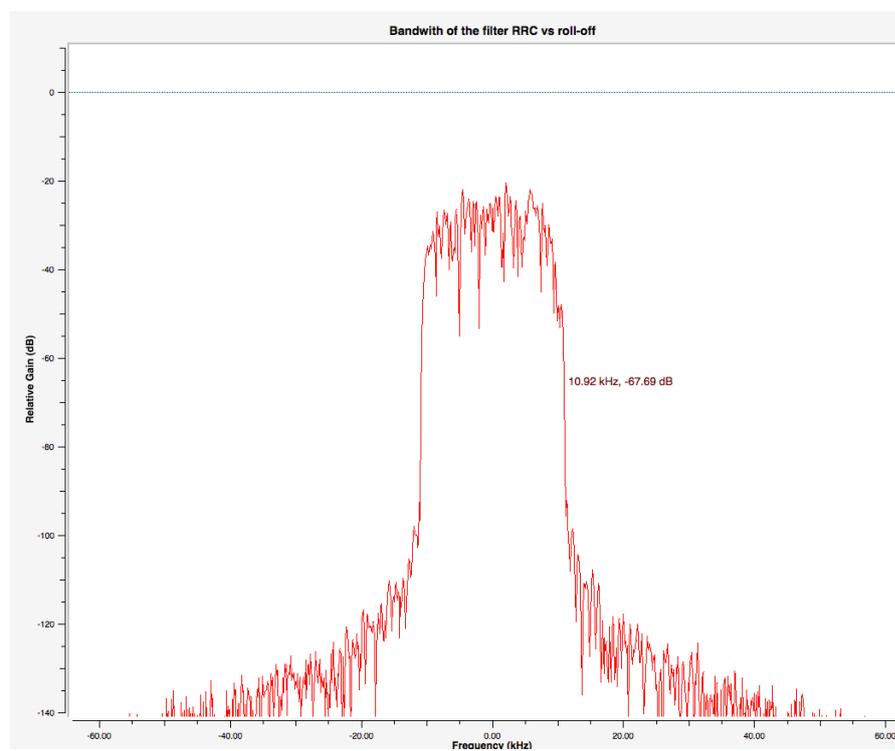


Figura 3. Densidad espectral de potencia de la secuencia de símbolos *QPSK* transmitida

4. Se simula un sistema de comunicaciones digitales *QPSK* que transmite una secuencia de símbolos digitales a través de una canal *AWGN* utilizando el software *GNU Radio* tal como se ha explicado en clase. Dibuje de manera aproximada el espectro de la secuencia transmitida a la entrada y salida del canal de comunicaciones (indicando claramente quién es la entrada y salida) cuando el ruido no es significativo (poco ruido). Dibuje el espectro de la secuencia transmitida a la entrada y salida del canal de comunicaciones (indicando claramente quién es la entrada y salida) cuando el ruido es significativo (mucho ruido) **(1p)**