

Apellidos: Nombre: Nº de matrícula o DNI: Grupo: Firma	Calificación	
	1	
	2	
	3	

Ejercicio 1

El canal de un sistema de comunicaciones, que debe transmitir a una tasa binaria de 7 Mbits/s, tiene la siguiente respuesta en frecuencia

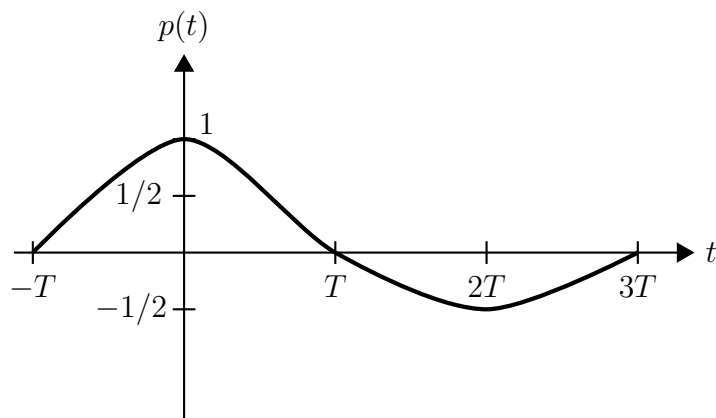
$$H(j\omega) = \begin{cases} 1 - \frac{|\omega|}{20\pi \times 10^6} & \text{si } |\omega| \leq 20\pi \times 10^6 \text{ rad/s} \\ 0 & |\omega| > 20\pi \times 10^6 \text{ rad/s} \end{cases}$$

- a) Se transmite en banda base una secuencia de símbolos blanca de una constelación M -PAM con niveles normalizados utilizando filtros transmisor y receptor en raíz cuadrada de coseno alzado. Diseñe los parámetros de los filtros transmisor y receptor y el orden de la constelación, para transmitir con las mejores prestaciones utilizando un ancho de banda de 2 MHz, y calcule la potencia de la señal modulada.
- b) Para el sistema diseñado en el apartado anterior:
- Obtenga el canal discreto equivalente (en tiempo o en frecuencia) y discuta si hay o no interferencia intersimbólica (explique claramente por qué).
 - Obtenga la densidad espectral de potencia del ruido en tiempo discreto a la salida del receptor, $z[n]$, y discuta si el ruido es o no blanco (explique claramente por qué).
- c) Si ahora se transmite paso banda, con una frecuencia de portadora de 5 MHz, una secuencia blanca de una constelación 16-QAM con niveles normalizados, y utilizando un ancho de banda de 2 MHz con filtros de raíz cuadrada de coseno alzado en transmisor y receptor:
- Obtenga el canal discreto equivalente (en tiempo o en frecuencia) y discuta si hay o no interferencia intersimbólica (explique claramente por qué).
 - Obtenga la densidad espectral de potencia del ruido en tiempo discreto a la salida del receptor, $z[n]$, y discuta si el ruido es o no blanco (explique claramente por qué).

(1,5 puntos)

Ejercicio 2

Considere un sistema digital de comunicaciones en banda base que transmite una modulación 2-PAM con niveles $A[n] \in \{\pm 2\}$ a una velocidad de símbolo $R_s = 1/T$ baudios. Dicho sistema tiene la siguiente respuesta conjunta transmisor-canal-receptor:



y la varianza del ruido discreto es σ_z^2 .

- Diseñe el receptor símbolo a símbolo sin memoria óptimo. Es decir, obtenga el retardo para la decisión y las regiones de decisión. Calcule la probabilidad de error de este receptor.
- Diseñe el igualador de canal sin limitación de coeficientes a partir del criterio MMSE y obtenga la probabilidad de error a la salida del igualador.
- Diseñe el igualador de canal de tres coeficientes a partir del criterio ZF y con un retardo en la decisión $d = 1$.

NOTA: No es necesario que resuelva el sistema de ecuaciones, pero debe quedar claramente definido cada una de las variables. Por otro lado, si fuera necesario obtener alguna integral, no es necesario que la calcule.

(2,5 puntos)

Ejercicio 3

Un sistema digital de comunicaciones utiliza modulaciones de fase con la siguiente constelación

$$\mathbf{a}_0 = \begin{bmatrix} +1 \\ +1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{a}_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ +1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{a}_2 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{a}_3 = \begin{bmatrix} +1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

- a) Para una modulación PSK y para una modulación DPSK, realice la asignación binaria y obtenga la secuencia de símbolos para la siguiente secuencia binaria

ℓ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$B_b[\ell]$	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1

NOTA: Si debe elegir algún parámetro en el diseño del transmisor, indique claramente su valor.

- b) Para una modulación PSK y para una modulación DPSK, obtenga la secuencia binaria asociada a la siguiente secuencia de observaciones

$$\mathbf{q}[0] = \begin{bmatrix} +0.4 \\ +0.9 \end{bmatrix} \quad \mathbf{q}[1] = \begin{bmatrix} -0.2 \\ +0.7 \end{bmatrix} \quad \mathbf{q}[2] = \begin{bmatrix} +0.9 \\ -0.8 \end{bmatrix} \quad \mathbf{q}[3] = \begin{bmatrix} -0.1 \\ -0.8 \end{bmatrix} \quad \mathbf{q}[4] = \begin{bmatrix} +0.1 \\ -0.9 \end{bmatrix}$$

NOTA: Si debe elegir algún parámetro en el diseño del receptor, indique claramente su valor.

- c) Para una modulación QPSK con desplazamiento (*offset*), OQPSK, explique cuál es su principal característica (frente a la modulación QPSK), indique cómo se consigue esta característica, y compare la secuencia de símbolos a transmitir y las secuencias binarias decodificadas con respecto a las modulaciones PSK y DPSK de los apartados anteriores.
- d) En cuanto a la forma de onda de la señal modulada, explique claramente cuáles son las principales diferencias de la forma de onda de la modulación PSK, y la forma de onda de la modulación de frecuencia CPFSK.

(2 puntos)

Apellidos: Nombre: Nº de matrícula o DNI: Grupo: Firma	Calificación	
	4	
	5	

Ejercicio 4

- a) Un sistema digital de comunicaciones utiliza una modulación de espectro ensanchado por secuencia directa con factor de ensanchado $N = 4$ y secuencia de ensanchado

$$x[m] = [+1 \quad +1 \quad -1 \quad +1]$$

para transmitir información sobre la banda de frecuencias 830MHz – 840MHz. El filtro transmisor a tiempo de chip $g_c(t)$ es un filtro en raíz cuadrada de coseno alzado con factor de caída $\alpha = 0.2$. El canal discreto equivalente a tiempo de chip es

$$d[m] = \delta[m] + \frac{1}{8}\delta[m - 2].$$

- i) Determine el valor mínimo de T_c tal que $g_c(t)$ satisfaga el criterio de Nyquist, y calcule la tasa de símbolo del sistema.
- ii) Suponga que los símbolos de información transmitidos son

$$A[n] = [+3 \quad -1 \quad -3] .$$

Obtenga la secuencia de muestras a tiempo de chip $s[m]$ para $m = 0, 1, \dots, 11$.

- iii) Calcule el canal discreto equivalente a tiempo de símbolo $p[n]$, y discuta si hay o no interferencia entre símbolos (ISI) (explique claramente por qué).
- b) Se usa una modulación OFDM en tiempo discreto con $N = 4$ portadoras, cada una con símbolos 4-QAM equiprobables y un prefijo cíclico de 2 muestras para transmitir información en la banda de frecuencia 830MHz – 840MHz. Se transmite a través de un canal con ruido gaussiano blanco complejo aditivo de varianza N_0 y canal discreto equivalente a tiempo $T/(N + C)$ es

$$d[m] = \delta[m] + \frac{1}{8}\delta[m - 2].$$

- i) Explique el papel del prefijo cíclico en la modulación OFDM en tiempo discreto. ¿Cuál es la pérdida en la tasa de transmisión en la que se incurre con el prefijo cíclico?
- ii) Obtenga los canales discretos equivalentes $p_{i,k}[n]$ correspondientes a los 16 subcanales. ¿Hay ISI o ICI? Explique claramente por qué.
- iii) ¿Cuál es la máxima tasa de símbolo que el sistema puede alcanzar en cada portadora? Determine la tasa binaria total que el sistema puede admitir.

(2 puntos)

Ejercicio 5

a) Considere el siguiente código bloque lineal:

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- I) Obtenga la tasa de codificación del código.
- II) ¿Cuántos errores de transmisión puede detectar el código? ¿Cuántos errores puede corregir?
- III) Obtenga la matriz de chequeo de paridad y la tabla de síndromes.
- IV) Decodifique la siguiente palabra recibida utilizando la decodificación basada en síndromes:

$$\mathbf{r} = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1].$$

b) Considere el siguiente código convolucional

$$G(D) = \begin{bmatrix} 1+D & D & 1 \\ 1 & 1+D & D \end{bmatrix}$$

- I) Obtenga la tasa de codificación del código.
- II) Obtenga el diagrama de rejilla del código.
- III) Encuentre la distancia mínima de Hamming.
- IV) Suponiendo que el estado inicial y final son el estado cero, es decir, $\psi_0 = [0 \ 0]$, decodifique el mensaje usando el algoritmo de Viterbi cuando se reciba el mensaje es

$$\mathbf{r} = [111 \ 110 \ 000 \ 110].$$

(2 puntos)