

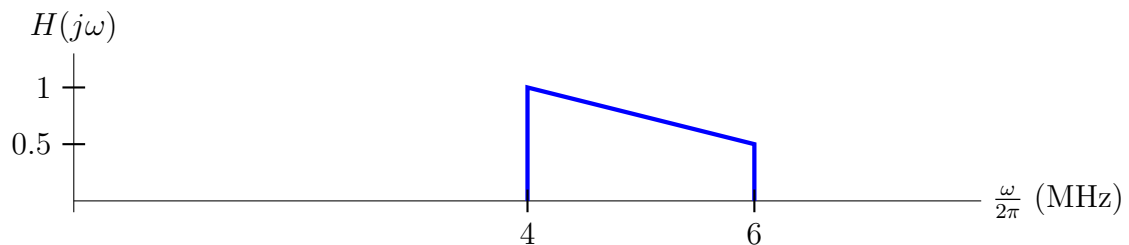
**COMUNICACIONES DIGITALES**  
 PARTE A  
 (Tiempo: 60 minutos. Puntos 4/10)

Apellidos: ..... Nombre: ..... N° de matrícula o DNI: ..... Grupo ..... Firma	<b>Calificación</b>						
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 60px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td></td> </tr> </table>	1		2		T	
1							
2							
T							

## Ejercicio 1

Un sistema digital de comunicaciones transmite en la banda de frecuencias entre 4 MHz y 6 MHz utilizando en transmisor y receptor filtros en raíz cuadrada de coseno alzado. La constelación es una  $M$ -QAM con niveles normalizados, y el ruido térmico es blanco, gaussiano, con densidad espectral de potencia  $N_0/2$ .

- a) Si la respuesta del canal en la banda de frecuencias asignada es ideal:
- I) Obtenga la máxima tasa binaria de transmisión (en bits/s), y proporciones los valores de la frecuencia de portadora y los parámetros de los filtros transmisor y receptor que permiten obtener dicha tasa si se usa una 64-QAM.
  - II) Demuestre si durante la transmisión existirá o no interferencia entre símbolos, obtenga la densidad espectral de potencia del ruido muestreado  $z[n]$ , y diga si este ruido es o no blanco.
- b) Si la respuesta del canal en la banda asignada es la de la figura:



- I) Si se desea transmitir a una tasa binaria de 7 Mbits/s utilizando todo el ancho de banda disponible, obtenga los valores de la frecuencia de portadora, del orden de la constelación  $M$ , y de los parámetros de los filtros transmisor y receptor que lo permiten.
- II) Obtenga la densidad espectral de potencia del ruido  $z[n]$ , y diga si este ruido es o no blanco.

(2 puntos)

## Ejercicio 2

Hay sólo tres tipos de códigos bloque lineales perfectos: los códigos de repetición, los códigos de Hamming, y el código de Golay.

- a) Indique la condición que debe cumplir un código para ser perfecto en función del tamaño general del código ( $k$  y  $n$ ), y del número de errores que corrige ( $t$ ), y explique la implicación que tiene sobre la tabla de síndromes del código.
- b) Obtenga las matrices generadora y de chequeo de paridad de un código de repetición (1,5).
- c) Obtenga las matrices generadora y de chequeo de paridad de un código de Hamming (4,7) sistemático por el principio.
- d) Para el código de repetición (1,5), obtenga la tabla de síndromes, y decodifique mediante la técnica de decodificación basada en síndromes, indicado claramente cada paso de la misma, la palabra recibida  $\mathbf{r} = 10110$ .

---

(2 puntos)

**COMUNICACIONES DIGITALES**  
 PARTE B  
 (Tiempo: 120 minutos. Puntos 6/10)

Apellidos: ..... Nombre: ..... N° de matrícula o DNI: ..... Grupo ..... Firma	Calificación						
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> <td style="width: 60px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td></td> </tr> </table>	3		4		T	
3							
4							
T							

### Ejercicio 3

Un sistema digital de comunicaciones en banda base tiene el siguiente canal discreto equivalente

$$p[n] = \frac{1}{5} \delta[n] - \delta[n - 1] + \frac{1}{5} \delta[n - 2]$$

el ruido muestreado a la salida del demodulador es blanco y gaussiano con varianza  $\sigma_z^2 = 0.2$ , y se utilizan constelaciones 2-PAM con niveles normalizados. Las observaciones a la salida del demodulador son

$n$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$q[n]$	-0.7	+0.4	-1.1	-0.7	-0.7	+1.2	-0.2	+0.6	+1.2	+0.7	+0.3

- a) En este apartado se utiliza un detector símbolo a símbolo sin memoria.
  - i) Diseñe el detector símbolo a símbolo óptimo indicando claramente todas sus características (retardo, regiones de decisión,...), y obtenga las decisiones  $\hat{A}[n]$  para  $n \in \{0, 1, 2, 3\}$ .
  - ii) Obtenga la probabilidad de error exacta del sistema.
- b) Ahora se utiliza un igualador de canal diseñado sin limitación de coeficientes.
  - i) Obtenga el igualador con criterio MMSE, y explique cómo se obtiene el retardo óptimo para este tipo de igualador.
  - ii) Calcule las probabilidad de error aproximada para un igualador diseñado con el criterio ZF, y discuta si será mejor o peor que para el criterio MMSE (no es necesario que calcule la probabilidad de error para el igualador MMSE).
- c) Finalmente, se utiliza un detector de secuencias de máxima verosimilitud. Todos los símbolos de la cabecera cíclica necesaria toman el valor  $A[n] = +1$ .
  - i) Obtenga el diagrama de rejilla del sistema.
  - ii) Si la longitud de la secuencia de datos entre cabeceras es  $L = 3$ , obtenga  $\hat{A}[0]$ ,  $\hat{A}[1]$  y  $\hat{A}[2]$  aplicando el algoritmo óptimo de decodificación (NOTA: debe proporcionar clara evidencia de la aplicación de dicho algoritmo).

(3 puntos)

## Ejercicio 4

Un sistema de comunicaciones transmite con una frecuencia de portadora de 250 MHz a una tasa binaria de 8 Mbits/s. Aunque no sea una constelación habitual en sistemas paso banda, para simplificar los cálculos se considera que la constelación transmitida es una 4-PAM con niveles normalizados, y que los primeros símbolos a transmitir son:

$m$	0	1	2	3	4	5	6	7
$A[m]$	+1	+3	-1	+3	-1	-3	+1	-3

- a) En este apartado se utiliza una modulación OFDM con 4 portadoras.
- I) Para un sistema general, explique cómo es posible evitar la interferencia entre símbolos y la interferencia entre portadoras con una modulación OFDM (la explicación deberá ser precisa, definiendo claramente todos los términos involucrados).
  - II) Si no se utiliza prefijo cíclico, calcule la secuencia discreta de muestras de la señal modulada (indicando claramente el instante asociado a cada muestra) necesaria para transmitir los símbolos dados, y calcule el ancho de banda de la señal modulada resultante.
  - III) Si se utiliza un prefijo cíclico de 2 muestras, calcule la secuencia discreta de muestras de señal modulada (indicando claramente el instante asociado a cada muestra) necesaria para transmitir los símbolos dados, y calcule el ancho de banda de la señal modulada resultante.
- b) Se utiliza ahora una modulación de espectro ensanchado por secuencia directa con factor de ensanchado  $N = 4$  y secuencia de ensanchado

$m$	0	1	2	3
$x[m]$	+1	-1	-1	+1

El filtro transmisor a tiempo de chip es un filtro en raíz de coseno alzado con factor de caída  $\alpha = 0.25$ .

- I) Calcule las 8 primeras muestras de la secuencia discreta a tiempo de chip  $s[m]$  (indicando claramente el índice temporal asociado a cada muestra) que son necesarias para transmitir la secuencia de datos dada arriba.
- II) Si el canal discreto equivalente a tiempo de chip es  $d[m] = \delta[m] + \frac{1}{2}\delta[m - 2]$ , y si se considera nulo el efecto del ruido, obtenga la segunda observación a tiempo de símbolo,  $q[1]$ , indicando claramente cómo se obtiene dicho valor.
- III) Para el mismo canal discreto equivalente a tiempo de chip, calcule el canal discreto equivalente a tiempo de símbolo.

(3 puntos)