

COMUNICACIONES DIGITALES

PARTE A

(Tiempo: 60 minutos. Puntos 4/10)

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;">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;">3</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td></td> </tr> </table>	1		2		3		T	
1									
2									
3									
T									

Ejercicio 1

Un sistema de comunicaciones utiliza una modulación OFDM con $N = 4$ portadoras, con constelaciones 16-QAM de niveles normalizados en todas las portadoras, para transmitir a una tasa binaria total (teniendo en cuenta la contribución de las 4 portadoras) de $R_b = 8$ Mbits/s. La respuesta conjunta entre el filtro transmisor, filtro receptor y canal, muestreada a T/N en el caso en que no se utiliza prefijo cíclico, o a $T/(N + C)$ si se utiliza un prefijo de C muestras, es

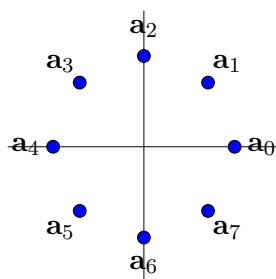
$$d[m] = \delta[m] + \frac{1}{2}\delta[m - 2]$$

- a) Explique cómo conseguir eliminar la interferencia entre símbolos (ISI) y entre portadoras (ICI), y calcule los canales discretos equivalentes a tiempo de símbolo en ese caso.
- b) Calcule el mínimo ancho de banda necesario para transmitir a la tasa binaria especificada en los dos siguientes escenarios:
 - I) Si se quiere transmitir sin ISI y sin ICI.
 - II) Si se quiere transmitir utilizando el mínimo ancho de banda posible, sin importar que existan o no ISI e ICI.

(1 punto)

Ejercicio 2

- a) En una modulación de fase continua o CPM, explique la diferencia entre una modulación de respuesta parcial y una de respuesta completa, indicando claramente el rasgo distintivo de cada variante, y ponga un ejemplo ilustrativo para cada una de ellas.
- b) Indique cómo se logra la continuidad de fase, y cuáles son las condiciones que tienen que cumplir las frecuencias de los pulsos que se utilizan en las siguientes modulaciones de frecuencia:
- I) Modulación de salto en frecuencia con fase continua, o CPFSK
 - II) Modulación de mínimo salto en frecuencia, o MSK
- c) Una modulación de fase utiliza una constelación 8-PSK con los símbolos mostrados en la figura



Realice una asignación binaria apropiada en los siguientes casos:

- I) Se utiliza una modulación de fase convencional, PSK.
- II) Se utiliza una modulación de fase diferencial, DPSK.

(1,5 puntos)

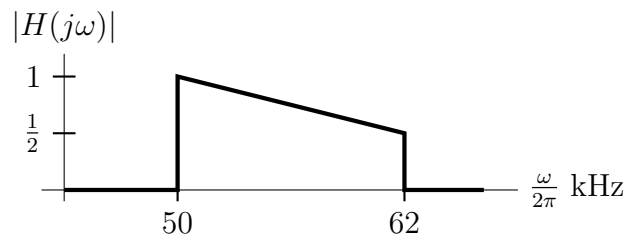
Ejercicio 3

Se van a diseñar dos sistemas de comunicaciones digitales con las siguientes especificaciones:

- Un sistema en banda base, que utilizará una constelación M -PAM con niveles normalizados, para transmitir en la banda entre cero y 12 kHz a una tasa binaria de 64 kbits/s.
- Un sistema en paso banda, que utiliza una constelación M -QAM con niveles normalizados, para transmitir en la banda entre 50 kHz y 62 kHz a una tasa binaria de 64 kbits/s.

En ambos casos, para el transmisor y para el receptor se utilizarán filtros en raíz cuadrada de coseno alzado, y el ruido aditivo del canal es blanco y gaussiano, con densidad espectral de potencia $N_0/2$.

- Para el sistema en banda base, calcule el mínimo orden de la constelación, M , y el máximo valor posible para el factor de caída de los filtros transmisor y receptor para cumplir con las especificaciones, y para esos valores obtenga la potencia de la señal modulada.
- Para el sistema en paso banda, calcule la frecuencia de portadora, el mínimo orden de la constelación, M , y el máximo valor posible para el factor de caída de los filtros transmisor y receptor para cumplir con las especificaciones, y para esos valores represente la densidad espectral de potencia de la señal modulada.
- Si la respuesta del canal para el sistema paso banda diseñado anteriormente es la de la figura, demuestre si durante la transmisión se producirá o no interferencia intersimbólica, y diga si el ruido muestreado a la salida del filtro receptor, $z[n]$, es o no blanco en ese caso, explicando claramente la razón.



(1,5 puntos)

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

Apellidos: Nombre: Nº de matrícula o DNI: Grupo Firma	Calificación						
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">4</td> <td style="width: 50px; height: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">5</td> <td style="width: 50px; height: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">T</td> <td style="width: 50px; height: 30px;"></td> </tr> </table>	4		5		T	
4							
5							
T							

Ejercicio 4

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

$$p[n] = 0.3 \delta[n] - \delta[n - 2]$$

y el ruido muestreado a la salida del demodulador es blanco y gaussiano con varianza $\sigma_z^2 = 0.2$. Se transmite una constelación 2-PAM con niveles normalizados, y la secuencia de observaciones a la salida del demodulador es

n	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q[n]$	-0.6	-0.8	-0.5	+0.2	-0.5	+0.3	-0.5	+1.1	+0.3	-0.7	+0.2	-0.7	+0.1

- a) En este caso se utiliza un detector símbolo a símbolo sin memoria diseñado para tener las mejores prestaciones posibles.
 - i) Diseñe el detector símbolo a símbolo óptimo indicando claramente todas sus características (retardo, regiones de decisión), y obtenga las decisiones que proporciona ese detector, $\hat{A}[n]$, para los instantes $n \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$.
 - ii) Obtenga la probabilidad de error exacta del sistema con ese detector.
- b) Ahora se utiliza un igualador de canal sin restricciones en el número de coeficientes.
 - i) Obtenga el igualador con criterio forzador de ceros (ZF), y calcule la probabilidad de error para ese receptor.
 - ii) Explique cómo se obtiene el retardo óptimo para este tipo de igualadores de canal.
- c) Se utiliza un detector de secuencias para decodificar bloques de 3 símbolos de información enviados entre cabeceras cíclicas de dos símbolos. Obtenga la secuencia decodificada $\hat{A}[0], \hat{A}[1], \hat{A}[2]$ aplicando el algoritmo óptimo de decodificación, si la cabecera enviada implica que $A[-2] = A[-1] = A[3] = A[4] = +1$ (debe proporcionar clara evidencia de la aplicación del algoritmo de decodificación óptimo).

(3 puntos)

Ejercicio 5

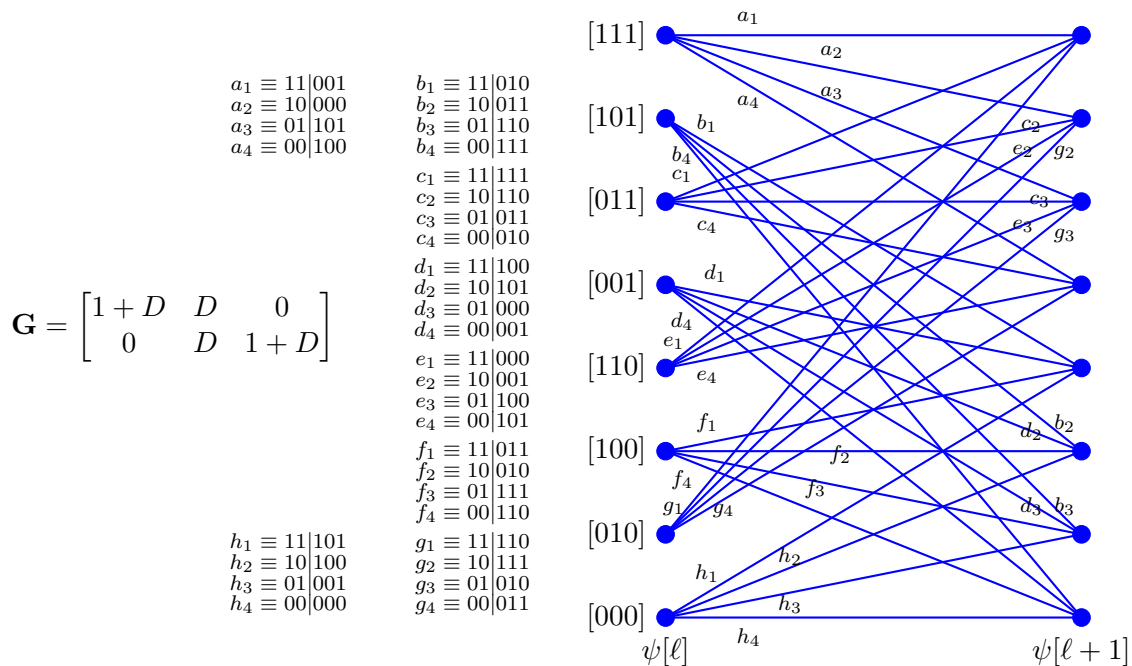
a) Un código bloque lineal tiene la siguiente matriz generadora

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

- I) Obtenga los siguientes parámetros del código: tasa del código, mínima distancia del código (explicando cómo se ha obtenido), número de errores que el código es capaz de detectar y de corregir trabajando sobre salida dura.
- II) Obtenga la matriz de chequeo de paridad y la tabla completa de síndromes.
- III) Utilizando el método de decodificación basado en síndrome y detallando cada paso, decodifique la siguiente palabra recibida (hasta proporcionar los bits sin codificar)

$$\mathbf{r} = 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0$$

b) Se tienen dos códigos convolucionales. Del primero se conoce su matriz generadora, y del segundo se conoce su diagrama de rejilla, que se muestran a continuación



- I) Obtenga la representación esquemática y el diagrama de rejilla del primer codificador (en el diagrama debe dibujar todas las ramas, pero sólo es necesario que etiquete las que salen del estado todo ceros y del estado todo unos).
- II) Obtenga la representación esquemática y la matriz generadora para el segundo codificador.
- III) Para el segundo codificador, y asumiendo que se han transmitido anteriormente los ceros de la cabecera necesaria para inicializar el codificador, obtenga la secuencia codificada asociada a la siguiente secuencia de bits sin codificar

$$B[m] = 1011001001 \dots$$

(3 puntos)