

COMUNICACIONES DIGITALES
CUESTIONES
(Tiempo: 60 minutos. Puntos 4/10)

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

Cuestión 1

Un sistema de comunicaciones basado en la modulación por pulsos en frecuencia con mínima separación, MSK, tiene asignada para la definición de las frecuencias de los pulsos a utilizar una banda de frecuencias que va entre ω_a y ω_b rad/s, siendo $\omega_b > \omega_a$.

- Escriba la expresión analítica de los pulsos de la modulación MSK.
- Si la modulación empleada es una modulación MSK cuaternaria (con $M = 4$ símbolos), obtenga la máxima velocidad binaria a la que se puede transmitir por dicho sistema.

_____ (1 punto)

Cuestión 2

Se tienen dos sistemas de comunicaciones digitales, uno de ellos en banda base, y el otro en paso banda. Para el primero, el rango de frecuencias utilizable es entre 0 y 20 kHz, y la constelación utilizada es una M -PAM. El segundo tiene asignado para su utilización el rango de frecuencias entre 20 y 40 kHz, y el tipo de modulación que se empleará será una modulación M -QAM. En ambos sistemas, tanto el transmisor como el receptor utilizarán filtros en raíz de coseno alzado con factor de caída (*roll-off*) α .

- a) Obtenga la máxima velocidad de símbolo para la transmisión sin interferencia intersimbólica (ISI) en el canal asignado si en el rango de frecuencias especificado el canal se comporta de forma ideal, e indique el valor de α que permite obtener dicha velocidad:
 - I) Para el sistema en banda base.
 - II) Para el sistema paso banda.
- b) Para un valor de $\alpha = 0.25$, represente la densidad espectral de potencia de la señal transmitida, etiquetando adecuadamente los ejes de las figuras
 - I) En el sistema banda base, utilizando una constelación 2-PAM.
 - II) En el sistema paso banda, utilizando una constelación 4-QAM.
- c) Para el sistema paso banda, se desea transmitir sin ISI a una velocidad binaria de 64 kbits/seg.
 - I) Indique la frecuencia de la portadora, ω_c , que utilizaría en la transmisión.
 - II) Obtenga el mínimo orden de la constelación (número de símbolos, M , de la misma) necesario para su transmisión.
 - III) Obtenga la tasa de transmisión de símbolo para obtener la tasa binaria especificada con la constelación del apartado anterior.

(1,5 puntos)

Cuestión 3

Responda a las siguientes preguntas relacionadas con distintas modulaciones.

a) Para las siguientes modulaciones angulares

- I) Explique la principal diferencia, en cuanto al modo en que se genera la señal modulada, de una modulación OQPSK respecto a la modulación QPSK, y las ventajas que produce dicha diferencia.
- II) Explique cuál es la principal diferencia de una modulación de fase diferencial con respecto a una modulación de fase convencional (modulación PSK), y cuál es la principal ventaja que produce dicha diferencia.
- III) Explique la diferencia entre una modulación de fase continua (CPM) de fase completa y una de fase parcial.

b) Para una modulación OFDM en tiempo discreto

- I) Explique cómo se puede eliminar la interferencia intersimbólica si se transmite por un canal no ideal con una duración limitada en su respuesta impulsiva.
- II) Explique qué es la interferencia entre portadoras, e indique cómo se puede eliminar dicho efecto si se transmite por un canal no ideal con una duración limitada en su respuesta impulsiva.
- III) Explique cómo se genera la señal OFDM en tiempo discreto que elimine la ISI y la ICI a partir de los símbolos a transmitir, y como se recupera dicha información en el receptor, dibujando el diagrama de bloques del transmisor y del receptor.

(1,5 puntos)

COMUNICACIONES DIGITALES
PROBLEMAS
 (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;">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							

Problema 1

Un sistema de comunicaciones transmite una modulación 2-PAM, $A[n] \in \{\pm 1\}$, por el siguiente canal discreto equivalente

$$p[n] = \frac{1}{2}\delta[n] - 0.7\delta[n - 1] + 0.1\delta[n - 2].$$

Si se transmite una secuencia de $L = 4$ símbolos, $\{A[n]\}_{n=0}^3$, se obtiene la siguiente secuencia en recepción $o[n]$ en ausencia de ruido, suponiendo además que $A[n] = +1$ para $n < 0$:

n	0	1	2	3
$o[n]$	-0.1	-1.1	+1.3	-0.3

- a) Obtenga los valores de los 4 símbolos de la secuencia transmitida.
- b) Dibuje, con las correspondientes etiquetas, el diagrama de rejilla asociado al sistema.
- c) Si se decidiera utilizar un detector símbolo a símbolo sin memoria, determine el retardo óptimo para la decisión, y las prestaciones del mismo calculando para ello la probabilidad de error si el ruido es blanco, gaussiano y con densidad espectral de potencia $N_0/2$.
- d) Obtenga el igualador con criterio ZF y dos coeficientes para $d = 0$ y $d = 1$.
- e) Obtenga la secuencia de salida del igualador obtenida para $d = 1$, $u[n]$, para $n = 1$ y $n = 2$, cuando a la entrada del sistema se tiene la secuencia de 4 símbolos anteriormente obtenida. ¿Ha recuperado los valores de la secuencia original? Razone su respuesta.
- f) Obtenga la probabilidad de error del sistema en el caso de utilizar el igualador del apartado anterior con $d = 1$.

NOTA:

$$A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \quad A^{-1} = \frac{1}{D} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}, \quad \text{con } D = a \cdot d - b \cdot c$$

(3 puntos)

Problema 2

a) Se tienen dos códigos bloque con los siguientes diccionarios del código (asociaciones entre bloques de bits sin codificar, \mathbf{b}_i , y bloques de bits codificados, \mathbf{c}_i).

i	\mathbf{b}_i	\mathbf{c}_i
0	0 0	0 0 0 0 0
1	0 1	1 1 0 1 0
2	1 0	1 0 1 1 1
3	1 1	0 1 1 0 1

Código A

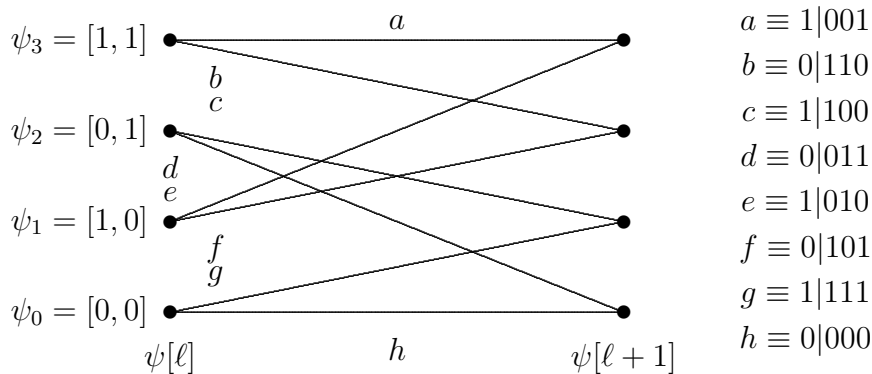
i	\mathbf{b}_i	\mathbf{c}_i
0	0 0	0 0 0 0 0
1	0 1	1 0 1 0 1
2	1 0	1 1 0 1 0
3	1 1	1 1 1 1 1

Código B

- I) Para cada uno de los códigos:
 - 1) Diga si es o no lineal, y si es o no sistemático (explicando claramente el por qué en ambos casos).
 - 2) Calcule el número de errores que es capaz de corregir cada código.
- II) Para el código lineal (si ambos lo son, elija el que considere más apropiado, justificando la elección), calcule la matriz generadora del código, y la matriz de chequeo de paridad.
- III) Para el mismo código lineal, obtenga la tabla de síndromes, y decodifique (proporcionando la estima de los bits sin codificar, $\hat{\mathbf{b}}_i$) las siguientes palabras recibidas

$$\mathbf{r}_a = 1\ 1\ 1\ 0\ 1, \quad \mathbf{r}_b = 1\ 0\ 0\ 1\ 1.$$

b) Un código convolucional tiene el siguiente diagrama de rejilla



- I) Obtenga la matriz generadora en polinomios en D , y dibuje la representación esquemática del código.
- II) Suponiendo que todos los símbolos anteriores son cero, codifique la siguiente secuencia de símbolos

$$B^{(0)}[0] = 0, \quad B^{(0)}[1] = 1, \quad B^{(0)}[2] = 1, \quad B^{(0)}[3] = 0, \quad B^{(0)}[4] = 1,$$

y calcule la probabilidad de error aproximada en el receptor si se emplea decodificación dura, y la probabilidad de error de bit del sistema utilizado para transmitir la información es $BER = \varepsilon$.

- III) Decodifique los tres primeros símbolos, $\hat{B}^{(0)}[\ell]$, $\ell \in \{0, 1, 2\}$, para la siguiente secuencia recibida, asumiendo que $B^{(0)}[\ell] = 0$ para $\ell < 0$ y para $\ell \geq 3$

$$\mathbf{r} = 010\ 111\ 000\ 111\ 011$$

(3 puntos)