

COMUNICACIONES DIGITALES

PARTE A

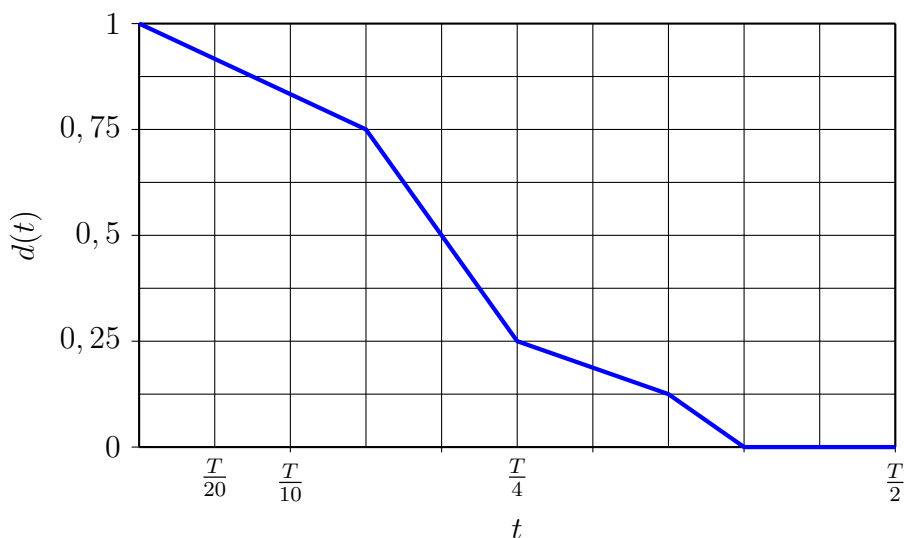
(Tiempo: 60 minutos. Puntos 4/10)

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

Ejercicio 1

Un sistema de comunicaciones emplea una modulación OFDM en tiempo discreto con $N = 4$ portadoras y con periodo de símbolo T .

La respuesta conjunta entre filtro transmisor (reconstructor), canal, y filtro receptor, $d(t)$, es la de la figura (en un caso real la respuesta depende de la tasa de reconstrucción del filtro transmisor; por simplicidad, suponga que ésta es la respuesta para cualquier tasa).



- I) Si el sistema inicial no usa prefijo cíclico, determine si habrá interferencia intersimbólica (ISI) y/o interferencia entre portadoras (ICI). Si hubiera ISI y/o ICI, diseñe un sistema alternativo que elimine su efecto y que sea lo más eficiente desde un punto de vista espectral.
- II) Calcule los canales discretos equivalentes $p_{k,i}[n]$ para el sistema diseñado en el apartado anterior.

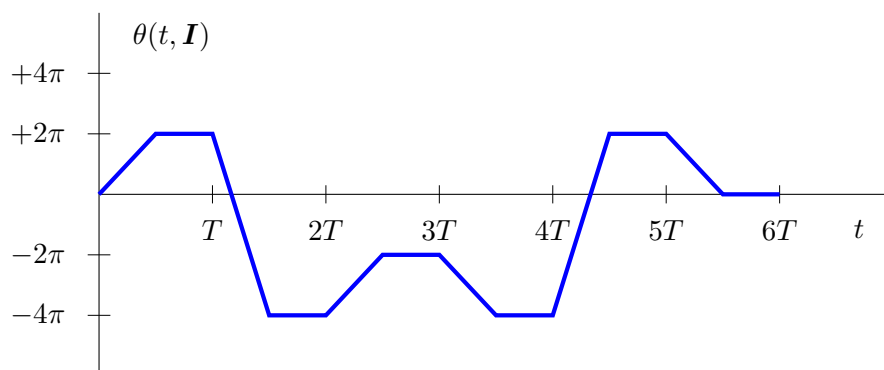
(1 punto)

Ejercicio 2

a) Para un cierto sistema de modulación en frecuencia se van a utilizar las siguientes 4 frecuencias

$$f_0 = 2 \text{ MHz}, f_1 = 3.5 \text{ MHz}, f_2 = 5 \text{ MHz}, f_3 = 6.5 \text{ MHz}$$

- i) Indique qué condiciones deben cumplir las 4 frecuencias en una modulación de salto en frecuencia con fase continua (CPFSK), analice si las 4 frecuencias dadas cumplen dichas condiciones, y en caso de que la respuesta sea positiva calcule la tasa de símbolo y la tasa binaria del sistema CPFSK.
 - ii) Indique qué condiciones deben cumplir las 4 frecuencias en una modulación de mínimo salto en frecuencia (MSK), analice si las 4 frecuencias dadas cumplen dichas condiciones, y en caso de que la respuesta sea positiva calcule la tasa de símbolo y la tasa binaria del sistema MSK.
- b) Se tiene ahora una modulación de fase continua (CPM) de respuesta completa, cuaternaria y con filtro transmisor normalizado y símbolos normalizados (es decir, $I[n] \in \{\pm 1, \pm 3\}$). Durante la transmisión de los 6 primeros símbolos, la evolución del término de fase de la modulación, $\theta(t, \mathbf{I})$ es la que se muestra en la figura



- i) Obtenga el valor del índice de modulación, h .
- ii) Obtenga la secuencia de los 6 primeros símbolos transmitidos.
- iii) Obtenga el pulso normalizado $g(t)$ de la modulación.

(1,5 puntos)

Ejercicio 3

Un sistema digital de comunicaciones transmite a una tasa binaria de 10 kbits/s y tiene asignada para su uso la banda de frecuencias entre 5 kHz y 10 kHz. El transmisor y el receptor usan filtros normalizados en raíz de coseno alzado con factor de caída α , se utiliza una constelación M -QAM con niveles normalizados, y la secuencia transmitida $A[n]$ es blanca.

- a) Calcule la frecuencia de portadora, la potencia de la señal modulada, el ancho de banda de la señal modulada y el orden de la constelación, M , en los siguientes casos:
- I) El factor de caída es $\alpha = 0$.
 - II) El factor de caída es $\alpha = 0.75$.
- b) Asumiendo que la respuesta del canal en la banda de frecuencias asignada es ideal, y en el caso de $\alpha = 0.75$, represente la densidad espectral de potencia de la señal modulada, etiquetando adecuadamente los dos ejes e incluyendo todos los valores numéricos necesarios.
- c) En el caso de $\alpha = 0$, y si el canal ahora tiene una respuesta el impulso

$$h(t) = \text{sinc}^2(10^4 t)$$

calcule el canal discreto equivalente, bien en el dominio temporal o en el frecuencial, y a partir del mismo discuta si existirá o no interferencia intersimbólica durante la transmisión.

(1,5 puntos)

COMUNICACIONES DIGITALES

PARTE B

(Tiempo: 120 minutos. Puntos 6/10)

Apellidos: Nombre: N° de matrícula o DNI: Grupo Firma	Calificación	
	4	
	5	
	T	

Ejercicio 4

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

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

La constelación transmitida es una constelación M -PAM con niveles normalizados y el ruido térmico tiene una densidad espectral de potencia $N_0/2$ con $N_0 = 0.1$.

- Si se transmite una constelación 2-PAM y se usa un receptor símbolo a símbolo sin memoria, obtenga el retardo óptimo para la decisión, y calcule la probabilidad de error exacta que se obtiene con dicho receptor y retardo para la decisión.
- Para una constelación 4-PAM, diseñe un igualador lineal sin limitación de coeficientes, y obtenga la probabilidad de error
 - Con el criterio forzador de ceros (ZF)
 - Con el criterio de mínimo error cuadrático medio (MMSE)

Compare ambos igualadores y diga cuál tiene mejor comportamiento, justificando la respuesta.

- De nuevo con una constelación 4-PAM, se analizará ahora un igualador lineal de 5 coeficientes.
 - Elija el retardo que considere más adecuado para obtener las mejores prestaciones, explicando claramente la razón para elegir dicho retardo, y presente el sistema a resolver para obtener los coeficientes del igualador con dicho retardo bajo el criterio de mínimo error cuadrático medio (no es necesario que lo resuelva, pero debe proporcionar los valores numéricos de todos los términos involucrados en el sistema).
 - Calcule la probabilidad de error aproximada para el mejor retardo, indicando el valor de dicho retardo, si los coeficientes del igualador son

n	0	1	2	3	4
$w[n]$	0	0.8	0	0.1	0

(3 puntos)

Ejercicio 5

a) Un código bloque lineal tiene el siguiente diccionario

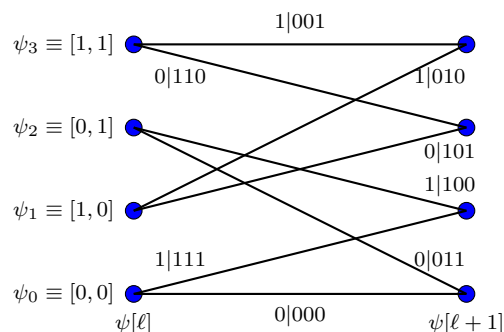
$\mathbf{b}_i$	$\mathbf{c}_i$	$\mathbf{b}_i$	$\mathbf{c}_i$
0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0	1 0 0 0	1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 1	0 1 1 1 1 0 0	1 0 0 1	1 0 0 0 0 1 1
0 0 1 0	1 0 1 1 0 1 0	1 0 1 0	0 1 0 0 1 0 1
0 0 1 1	1 1 0 0 1 1 0	1 0 1 1	0 0 1 1 0 0 1
0 1 0 0	1 1 1 0 0 0 0	1 1 0 0	0 0 0 1 1 1 1
0 1 0 1	1 0 0 1 1 0 0	1 1 0 1	0 1 1 0 0 1 1
0 1 1 0	0 1 0 1 0 1 0	1 1 1 0	1 0 1 0 1 0 1
0 1 1 1	0 0 1 0 1 1 0	1 1 1 1	1 1 0 1 0 0 1

- i) Obtenga los siguientes parámetros del código:
 - o Tasa del código y matriz generadora del código.
 - o Mínima distancia del código, explicando cómo se ha obtenido, y número de errores que el código es capaz de detectar y de corregir trabajando sobre salida dura.
 - o Indique si el código es o no perfecto, explicando claramente por qué.
- ii) Obtenga la matriz de chequeo de paridad y la tabla de síndromes.
- iii) Utilizando el método de decodificación basado en síndrome y detallando cada paso, decodifique la siguiente palabra recibida

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

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

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 1 + D^2 & D & 1 \\ D & 1 + D & 1 \end{bmatrix}$$



- i) Para el primer codificador, obtenga su representación esquemática y dibuje parcialmente el diagrama de rejilla, dibujando solamente las ramas que parten de los estados $\psi[\ell]$ todo ceros y todo unos, y llegan a los estados $\psi[\ell + 1]$ que corresponda.
- ii) Para el segundo codificador, obtenga su representación esquemática y su matriz generadora.
- iii) Para el segundo codificador, decodifique los bits $B^{(0)}[0]$, $B^{(0)}[1]$ y $B^{(0)}[2]$ aplicando el algoritmo óptimo y asumiendo que cabeceras de ceros se han transmitido antes y después de estos 3 bits de datos, si la secuencia recibida (decisiones duras) es

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$R[m]$	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1

NOTA: debe proporcionar evidencias claras de la aplicación del algoritmo óptimo

(3 puntos)