

INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

COMUNICACIONES DIGITALES

(3<sup>er</sup> curso - Febrero 2009)

Apellidos: .....

Nombre: .....

Nº de matrícula o DNI: .....

Grupo: .....

Se ha presentado al examen

Firma

**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

- a) Explique con precisión el mecanismo utilizado para conseguir continuidad de fase en las modulaciones CPFSK, MSK, y CPM.
- b) Explique la diferencia entre una CPM de fase completa y de fase parcial, las ventajas de esta última, y dibuje el diagrama de fases de una modulación de este tipo si el pulso conformador  $g(t)$  es un pulso causal de duración  $T$  segundos y normalizado (de acuerdo al convenio de normalización utilizado para modulaciones CPM), y  $A[n] \in \{\pm 1\}$ . Dibuje el diagrama sobre 4 períodos de símbolo, y resalte sobre el mismo la evolución de la fase debida a la secuencia  $+1, -1, +1, +1$  considerando una fase inicial nula.

\_\_\_\_\_ (1 punto)

## Cuestión 2

Se tiene un sistema de OFDM en tiempo discreto con  $N = 4$  portadoras.

- a) Sin la utilización del prefijo cíclico, ¿qué condiciones se han de cumplir para que no existan ni ISI ni ICI en el sistema?
- b) Si se transmite por un canal tal que  $d[m] = \delta[m] + \frac{1}{3}\delta[m - 2]$  y se coloca un prefijo cíclico de longitud  $M = 1$ , calcule los canales discretos equivalentes,  $p_{k,i}[n]$ , resultantes, e indique si existen ISI e ICI.

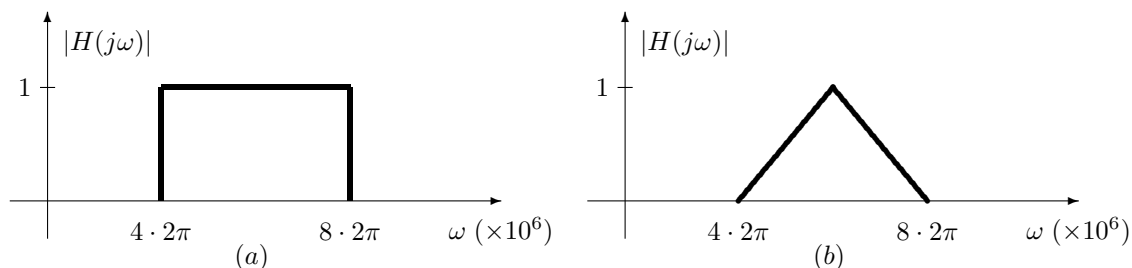
NOTA: Los canales discretos equivalentes para una modulación OFDM sin prefijo cíclico son

$$p_{k,i}[n] = \frac{1}{T} \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{\ell=0}^{N-1} e^{j\frac{2\pi i}{N}m} \cdot e^{-j\frac{2\pi k}{N}\ell} \cdot d[nN + \ell - m]$$

---

(1,5 puntos)

### Cuestión 3



- a) Indique si es posible, utilizando una modulación QAM, transmitir sin ISI y conseguir que el ruido a la salida del demodulador sea blanco utilizando en el receptor un filtro adaptado al transmisor y, en caso afirmativo, calcule la máxima velocidad de símbolo alcanzable y especifique los pulsos conformadores a utilizar, transmitiendo sobre el canal de la figura (a) y sobre el canal de la figura (b).
- b) Se desea transmitir a una velocidad de 10 Mbits/s utilizando una modulación PSK, sobre el canal de la figura (a), con filtros de raíz cuadrada de coseno alzado en el transmisor y receptor. Seleccione el menor número de símbolos posible de la constelación PSK para alcanzar dicha velocidad y calcule la tasa de símbolo resultante.
- c) Dada la constelación del apartado anterior, calcule el rango de posibles valores del factor de caída de los filtros en raíz cuadrada de coseno alzado teniendo en cuenta el ancho de banda disponible y, de entre los posibles valores, seleccione el adecuado para minimizar el efecto de posibles errores en el instante de muestreo en el 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

a) Un código bloque lineal tiene la siguiente matriz de generación

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & a & 0 & b \\ c & d & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

- a1) Calcule los valores de  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  para obtener unas capacidades de detección y corrección de errores máximas, y determine dichas capacidades.
- a2) Obtenga la tabla de síndromes, completándola para todos los posibles síndromes, y decodifique las siguientes palabras recibidas

$$\mathbf{r}_0 = [10001], \mathbf{r}_1 = [10011], \mathbf{r}_2 = [11001]$$

b) Un código convolucional tiene como matriz generadora  $\mathbf{G} = [1 + D + D^2, 1]$ . Los datos se transmiten mediante una modulación 4-QAM con la siguiente asignación binaria

Símbolo	+1 + j	-1 - j	+1 - j	-1 + j
Bits	11	00	10	01

- b1) Dibuje la representación esquemática del código, su diagrama de rejilla, codifique la secuencia de datos [101100] asumiendo que todos los bits anteriores fueron ceros, y dibuje dicha secuencia como un camino a través de la rejilla.
- b2) Calcule las prestaciones del código trabajando sobre salida dura y sobre salida blanda.
- b3) Decodifique la siguiente secuencia recibida  $\mathbf{r} = [101001010011]$ , asumiendo que  $B^{(0)}[\ell] = 0$  para  $\ell < 0$  y para  $\ell \geq 4$ .

(3 puntos)

## Problema 2

Un sistema de comunicaciones digital utiliza una modulación BPSK binaria  $A[n] = \pm 1$  y la transmite por un canal con ruido blanco gaussiano de densidad espectral de potencia  $N_0$  y canal discreto equivalente:

$$p[n] = -0.3\delta[n] + 0.8\delta[n - 1] - 0.2\delta[n - 2]$$

- a) Suponga en primer lugar que utiliza un decisor sin memoria que no tiene en cuenta la ISI.
- a1) Obtenga y dibuje la constelación a la salida del canal en ausencia de ruido.
  - a2) Dibuje la fdp de  $q[n]$  (señal + ruido) a la entrada del decisor si  $A[n] = 1$ .
  - a3) Dibuje la fdp de  $q[n]$  (señal + ruido) a la entrada del decisor si  $A[n - 1] = -1$ .
  - a4) Obtenga la probabilidad de error del decisor sin memoria en dos situaciones: que toma decisiones sobre el símbolo  $\hat{A}[n]$  o que toma decisiones sobre el símbolo  $\hat{A}[n - 1]$ . ¿A qué diría que se debe la diferencia de prestaciones?
- b) Suponga que decide utilizar un igualador lineal.
- b1) Diseñe un igualador ZF con tres coeficientes para  $d = 0$  y  $d = 1$ . Obtenga para ello la matriz  $\mathbf{P}$  del canal y el vector de respuesta impulsiva  $\mathbf{c}_d$  para cada uno de los casos. Deje la solución indicada, sin resolver la inversión de matrices.
  - b2) Si tiene el filtro ZF:  $\mathbf{w}_{ZF} = [1.15, 0.22, 0.02]'$  obtenido para  $d = 1$ , obtenga la potencia de la ISI y la potencia de ruido a la salida del filtro.
- c) Finalmente decide utilizar un igualador DFE-ZF con tres coeficientes y  $d = 2$ . En su diseño obtiene un filtro de realimentación  $B(z) = -2.66z^{-1} + 0.66z^{-2}$ , una ISI precursora  $I_{\text{pre}}[n] = 0$ , y el término deseado con coeficiente multiplicativo  $c[d] = 1$ .
- c1) Obtenga la respuesta combinada  $c[n]$  del canal y del filtro lineal.
  - c2) A partir de  $c[n]$  determine los coeficientes del filtro lineal.

---

(3 puntos)