

INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

COMUNICACIONES DIGITALES

(3<sup>er</sup> curso - Enero 2010)

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

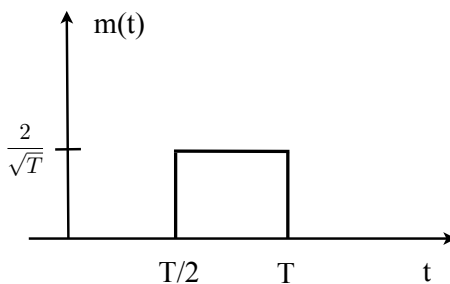
Para la transmisión en un sistema de comunicaciones digital se dispone de la banda de frecuencias situada entre  $2\pi 4 \times 10^6$  rad/seg y  $2\pi 6 \times 10^6$  rad/seg y se desea utilizar una modulación por desplazamiento de frecuencia. Asumiendo que el ancho de banda ocupado por la modulación viene exclusivamente dado por la máxima separación entre las frecuencias utilizadas por cada uno de los pulsos conformadores, responda a las siguientes preguntas.

- a) Obtenga la frecuencia central o frecuencia portadora  $\omega_c$ .
  - b) Obtenga el tiempo de símbolo para una modulación CPFSK binaria y las frecuencias a las que se va a transmitir cada pulso, ocupando el ancho de banda disponible al máximo.
  - c) Obtenga el tiempo de símbolo para una modulación MSK cuaternaria y las frecuencias a las que se va a transmitir cada pulso, ocupando el ancho de banda disponible al máximo.
  - d) Desde el punto de vista de tasa de símbolo identifique cual de las dos modulaciones propuestas (CPFSK binaria o MSK cuaternaria) es más beneficiosa.
  - e) Obtenga la tasa de bit transmitida para cada una de las dos modulaciones.
- \_\_\_\_\_ (1 punto)

## Cuestión 2

Una modulación lineal en banda base utiliza en transmisión un pulso causal rectangular de duración  $T$  y normalizado en energía. Dicha modulación se transmite por un canal con respuesta impulsiva  $h(t) = \delta(t) - 0.5\delta(t - \frac{T}{2})$ .

En el receptor se consideran dos escenarios diferentes para los pulsos conformadores. En el primer escenario se utiliza un filtro adaptado al pulso transmisor. En el segundo escenario se utiliza un filtro adaptado al siguiente pulso:



- Obtenga el canal discreto equivalente en ambos casos.
- En el segundo escenario, razone si el ruido muestreado a la salida del segundo receptor es blanco.
- Discuta, desde el punto de vista de ISI y ruido muestreado en el receptor cuál de los dos filtros receptores es más adecuado.

---

(1,5 puntos)

### Cuestión 3

Un sistema de comunicaciones utiliza una modulación de espectro ensanchado por secuencia directa con factor de ensanchado  $N = 4$  y secuencia de ensanchado  $x[0] = +1$ ,  $x[1] = -1$ ,  $x[2] = +1$  y  $x[3] = -1$ . El filtro transmisor a tiempo de chip,  $g_c(t)$ , es un filtro en raíz de coseno alzado con factor de caída  $\alpha = 0.25$ . El filtro receptor a tiempo de chip es un filtro adaptado al transmisor. La transmisión se realiza a través de un canal con respuesta al impulso  $h(t) = \delta(t) + \frac{1}{2}\delta(t - \frac{T}{2})$ , con lo que el canal discreto equivalente a tiempo de chip es  $d[m] = \delta[m] + \frac{1}{2}\delta[m - 2]$ .

- a) Explique cómo se generan las muestras a tiempo de chip,  $s[m]$ , a partir de la secuencia de símbolos  $A[n]$ , y de la secuencia de ensanchado  $x[m]$  (puede poner el diagrama de bloques del transmisor en tiempo discreto o explicar el proceso de generación de forma detallada), y calcule los valores de  $s[m]$  para  $0 \leq m \leq 11$  si la secuencia de datos es  $A[0] = +1$ ,  $A[1] = -1$ ,  $A[2] = -1$ .
- b) Obtenga la secuencia de muestras a tiempo de chip,  $v[m]$ , a la salida del filtro receptor  $g_c(-t)$  para la secuencia de datos anterior si se transmite sobre  $h(t)$  (con el correspondiente  $d[m]$ ) en ausencia de ruido y se asume que  $A[n] = +1$  para  $n < 0$ .
- c) Explique cómo se obtienen las observaciones a tiempo de símbolo,  $q[n]$ , a partir de las observaciones a tiempo de chip  $v[m]$ , y de la secuencia de ensanchado  $x[m]$  (puede poner el diagrama de bloques del receptor en tiempo discreto o explicar el proceso de obtención de forma detallada), y calcule los valores de  $q[n]$  para  $0 \leq n \leq 2$ .

---

(1,5 puntos)

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

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: 20px;"></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

El canal discreto equivalente para un sistema de comunicaciones es

$$p[n] = \frac{1}{4}\delta[n] + \delta[n - 1] - \frac{1}{4}\delta[n - 2].$$

El sistema utiliza una constelación 2-PAM con niveles normalizados,  $A[n] \in \{\pm 1\}$ . La varianza del ruido discreto  $z[n]$  es  $\sigma_z^2 = 0.1$ .

- a) Si se utiliza un receptor símbolo a símbolo sin memoria, elija el retardo óptimo para la decisión,  $d$ , y calcule la probabilidad de error de símbolo para dicho retardo.
- b) Diseñe el igualador lineal sin limitación de coeficientes, y criterio ZF, y calcule la probabilidad de error obtenida con el mismo.
- c) Diseñe el igualador lineal sin limitación de coeficientes, y criterio MMSE, y calcule la probabilidad de error obtenida con el mismo.
- d) Diseñe el igualador lineal de 3 coeficientes con los criterios ZF y MMSE para un retardo  $d = 2$  (plantee el sistema de ecuaciones a resolver, definiendo de forma precisa todos los términos involucrados, pero no es necesario que obtenga los valores de los coeficientes del igualador resultante).
- e) Diseñe el igualador con realimentación de decisiones (DFE) con dos coeficientes en el filtro de realimentación y 3 coeficientes en el filtro lineal, con el criterio ZF y para un retardo  $d = 2$ , obteniendo en este caso los valores concretos de dichos coeficientes. Calcule la potencia del ruido filtrado y de la ISI residual resultante, y calcule la probabilidad de error asumiendo que las decisiones realimentadas son correctas.

NOTA: Para  $a \geq b$ , y  $n$  entero, se tienen las siguientes integrales definidas

$$\int_{-\pi}^{\pi} \frac{1}{a + b \cdot \cos(n \cdot \omega)} d\omega = \frac{2\pi}{\sqrt{a^2 - b^2}}, \quad \int_{-\pi}^{\pi} \frac{1}{(a + b \cdot \cos(n \cdot \omega))^2} d\omega = \frac{2\pi a}{\sqrt{(a^2 - b^2)^3}}$$

(3 puntos)

## Problema 2

Un código convolucional tiene la siguiente matriz generadora:

$$\mathbf{G}(D) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & D & D + 1 \end{bmatrix}$$

- Obtenga la tasa del código y la representación esquemática del codificador.
- Obtenga el diagrama de estados o el diagrama de rejilla y la distancia mínima del código.
- Partiendo del estado cero, codifique la siguiente secuencia de entrada al codificador 11011000.
- Determine si la secuencia de bits 110010111000 es una posible palabra perteneciente al código. Asuma cualquier posible estado inicial.

Simplificamos el código anterior usando la matriz generadora<sup>1</sup>:

$$\mathbf{G}(D) = [ D \quad D + 1 ]$$

- Asumiendo que terminamos y partimos del estado cero, decodifique la secuencia recibida 10001111011011.

---

(3 puntos)

---

<sup>1</sup>Tenga en cuenta que el nuevo código es una simplificación del anterior donde se eliminan la primera entrada y la primera salida