

Universidad Carlos III de Madrid
Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones

Comunicaciones digitales

Examen convocatoria febrero
30 de enero de 2006

Nombre:

Apellidos:

DNI:

Firma:

Se ha presentado al examen.

Tiempo total: 60 minutos**Puntos totales: 4/10**

Apellidos:	1
Nombre:	
Grupo:	2
D.N.I.:	
Firma:	3
	Total

1. Un determinado medio de transmisión tiene una respuesta en frecuencia paso bajo con ancho de banda $W = 18 \cdot \pi \times 10^3$ radianes/s. Utilizando multiplexación por división de frecuencia, se desean implementar dos canales de comunicaciones a través de dicho medio, cada uno de ellos funcionando a una tasa de 10 Kbits/s. Para la implementación de los sistemas asociados a cada canal se podrán emplear las siguientes modulaciones: 4-PAM en banda base o QPSK. Ambos sistemas utilizarán pulsos conformadores en raíz cuadrada de coseno alzado.

- a) Calcule la máxima tasa binaria alcanzable si en los dos canales se emplean sistemas con la misma modulación.
- b) Diseñe el tipo de modulación de cada canal (no han de ser necesariamente iguales) para obtener las prestaciones requeridas, especificando la constelación empleada, calcule el valor del factor de roll-off, α (idéntico para ambos canales), que permite utilizar al máximo el ancho de banda disponible, y especifique como se realiza el reparto en frecuencia para cada uno de los dos canales en este caso.

(1,5 puntos)

2. Considere una modulación CPM binaria:

$$x(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T}} \sin \left(\omega_c t + \theta_0 + 2\pi h \int_{-\infty}^t \sum_n I[n] g(\tau - nT) d\tau \right)$$

donde $I[n] = \pm 1$ y $g(t)$ es un pulso rectangular causal y de duración T , normalizado para que su área sea $\frac{1}{2}$.

- a) Demuestre que en el intervalo $t \in (0, T)$, una modulación CPM binaria con $h = \frac{1}{2}$ es equivalente a una modulación MSK binaria¹.
- b) Dibuje el árbol de fases de la modulación MSK binaria.

(1 punto)

¹Modulación MSK binaria: $x(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T}} \sum_n \sin \left(\omega_c t + I[n] \frac{\pi t}{2T} + \theta[n] \right) w_T(t - nT)$

3. En una modulación multiportadora empleamos las funciones base

$$\xi_l[m] = \frac{1}{\sqrt{N}} e^{j \frac{2\pi l m}{N}} w_N[m], \quad l = 0, \dots, N-1$$

para transmitir a través de un canal discreto equivalente $d[m]$, causal y de duración P muestras (es decir, $d[m] = 0$ fuera del intervalo $0 \leq m < P$). Para combatir los efectos del canal se introduce un intervalo de guarda de M muestras (con $M \geq P$) entre cada N , formando la señal multiportadora en tiempo discreto como

$$s[m] = \sum_{n'} \sum_{l=0}^{N-1} A_l[n'] \xi_l[m - n'(N + M)]$$

(note que esta aproximación no supone una extensión cíclica de las funciones base). Si el receptor se realiza mediante correladores con las funciones base, de la forma

$$q_i[n] = \sum_{m=0}^{N-1} \xi_i^*[m] v[m + n(N + M)]$$

donde $v[m] = s[m] * d[m] + z[m]$ es la señal recibida y $z[m]$ es ruido, se pide:

- a) Determinar si existe o no ISI.
- b) Determinar si existe o no ICI.

(1,5 puntos)

Tiempo total: 2 horas

Puntos totales: 6/10

Apellidos:	1
Nombre:	
Grupo:	2
D.N.I.:	
Firma:	Total

1. Un sistema de comunicaciones digitales parte de una modulación BPSK de energía media $E_s = 1$, y se quiere mejorar su probabilidad de error cuando utilizamos decisiones blandas. El sistema original ocupa un ancho de banda de 1 MHz, siendo la tasa binaria requerida de 1 Mbit/s. Se asume un canal gaussiano con densidad espectral de potencia de ruido $N_0/2$ Watts./Hz. Dispone para ello de dos codificadores convolucionales de tasa $R_1 = \frac{1}{2}$ y $R_2 = \frac{1}{3}$ respectivamente, que podrá utilizar en la configuración que resulte más adecuada pero siempre respetando las limitaciones impuestas por los escenarios que se detallan.

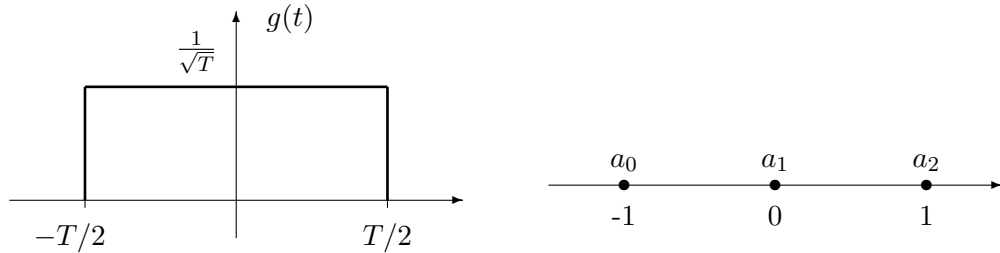
El codificador 1 tiene polinomios generadores $g^{(0)} = 1101$ y $g^{(1)} = 1111$ y el codificador 2 $g^{(0)} = 1011$ y $g^{(1)} = 1101$ y $g^{(2)} = 1111$.

- a) Si se permite un aumento de ancho de banda ocupado a 2 MHz y no se permite la modificación ni de la constelación de partida ni del factor de roll-off de los pulsos conformadores, especifique cual sería su solución para mejorar las prestaciones del sistema. Compare la probabilidad de error del sistema original con su nuevo diseño.
- b) Si no se permite un aumento de ancho de banda, diseñe el esquema del nuevo sistema utilizando el codificador convolucional con tasa $R_1 = \frac{1}{2}$. Compare sus prestaciones con las del caso anterior y con el sistema original.

Para el caso del último diseño, calcule la secuencia de símbolos de salida del modulador, cuando la secuencia de entrada es [1011001011].

(3 puntos)

2. Un sistema de comunicaciones PAM en banda base emplea como pulso transmisor el pulso $g(t) = \frac{1}{\sqrt{T}}\Pi\left(\frac{t}{T}\right)$, mostrado en la figura. En el receptor se utiliza el filtro adaptado al pulso transmisor. El sistema transmite la constelación de símbolos mostrada en la figura, siendo todos los símbolos igualmente probables. Se asume que el ruido es gaussiano, con densidad espectral de potencia $N_0/2$ Watts./Hz.



- a) Demuestre si el sistema, transmitiendo a través de un canal ideal, cumple o no el criterio de Nyquist para ausencia de ISI.
- b) Calcule el canal discreto equivalente para un canal $h(t) = \delta(t) - 0,5 \cdot \delta(t - \frac{T}{2})$.
- c) Suponga en adelante que el canal discreto equivalente vale

$$p[n] = 0,75 \cdot \delta[n] - 0,25 \cdot \delta[n - 1].$$

Diseñe el detector óptimo símbolo a símbolo para este canal y obtenga la probabilidad de error.

- d) Obtenga el diagrama de rejilla, para el canal discreto equivalente del apartado anterior, y calcule la probabilidad de error de símbolo si se emplea un detector de secuencias. Compárela con la anterior.
- e) Decodifique, utilizando el decisor símbolo a símbolo y un detector de secuencias de máxima verosimilitud, la siguiente secuencia de observaciones teniendo en cuenta que $A[n] = 0$ para $n < 0$ y para $n \geq 3$

$$\mathbf{q} = [0,2 \quad -0,35 \quad -0,35 \quad -0,2]$$

NOTA: $G(j\omega) = \sqrt{T}\text{sinc}\left(\frac{\omega T}{2\pi}\right)$

(3 puntos)