

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 digital de comunicaciones tiene asignado el rango de frecuencias entre 200 MHz y 246 MHz. El sistema utilizará un esquema FDM (“*Frequency Division Multiplex*”) para la transmisión, con 4 canales y un intervalo de guarda de 2 MHz entre canales (no habrá guardas ni antes del primer canal ni después del último). En los 4 canales se utilizarán modulaciones idénticas, 16-QAM, filtros transmisores idénticos, en raíz de coseno alzado con factor de caída $\alpha = 1$, e idénticas tasas de transmisión, siendo el único parámetro diferente de la modulación para cada canal su frecuencia de portadora, $\omega_{c,0}$, $\omega_{c,1}$, $\omega_{c,2}$ y $\omega_{c,3}$, respectivamente, en radianes por segundo.

- a) Si se desea utilizar de la forma más eficiente posible el ancho de banda disponible teniendo en cuenta los intervalos de guarda requeridos, calcule las frecuencias de portadora de cada uno de los canales.
- b) Calcule la tasa binaria (bits/s) de cada uno de los canales y la tasa binaria total del sistema.
- c) Si se pudiera modificar el valor del factor de caída de los filtros transmisores, y se deseara incrementar lo máximo posible la tasa de transmisión, diga qué valor elegiría y cuál sería la tasa binaria en ese caso para cada canal y para el sistema completo.

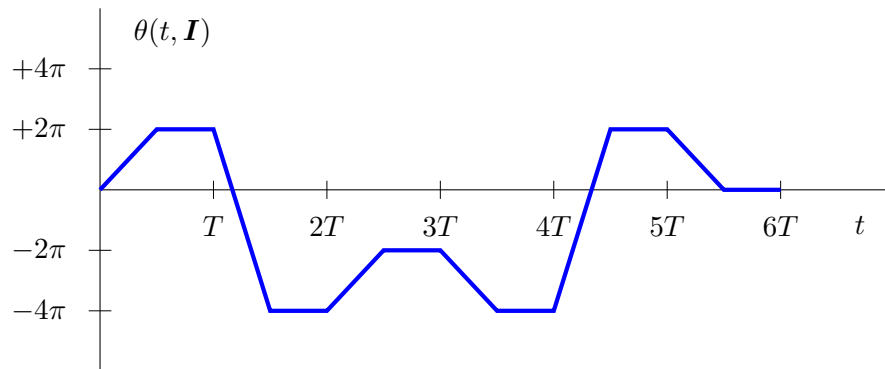
_____ (1 punto)

Cuestión 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)

Cuestión 3

Una modulación OFDM con $N = 4$ portadoras se transmite por un canal con ISI cuya respuesta en tiempo discreto a tiempo $T/(N + C)$ es:

$$d[m] = \delta[m] + 0.3\delta[m - 1]$$

donde C es la longitud del prefijo cíclico mínima posible para que no exista ISI ni ICI. Las primeras muestras de la señal extendida OFDM en tiempo discreto correspondientes a la modulación de los símbolos $A_0[0]$, $A_1[0]$, $A_2[0]$, $A_3[0]$ toman los siguientes valores si se considera $T = 1$:

$$\tilde{s}[-1] = 2 + j2, \quad \tilde{s}[0] = 0, \quad \tilde{s}[1] = 2 - j2, \quad \tilde{s}[2] = 0, \quad \tilde{s}[3] = 2 + j2$$

- Determine la longitud del prefijo cíclico que se está utilizando en la transmisión.
- A partir de la señal OFDM extendida $\tilde{s}[m]$ determine el conjunto de símbolos $A_0[0]$, $A_1[0]$, $A_2[0]$, $A_3[0]$ que se moduló.
- Obtenga las primeras N muestras de la señal recibida a tiempo discreto T/N $v[0]$, $v[1]$, $v[2]$, $v[3]$, en ausencia de ruido.
- Determine los símbolos demodulados $q_0[0]$, $q_1[0]$, $q_2[0]$, $q_3[0]$.

NOTA:

$$s[m] = \frac{1}{\sqrt{T}} \sum_n \sum_{k=0}^{N-1} A_k[n] e^{j \frac{2\pi k(m-Nn)}{N}} w_N[m - Nn]$$
$$q_k[n] = \frac{1}{\sqrt{T}} \sum_{m=0}^{N-1} e^{-j \frac{2\pi km}{N}} v[Nn + m]$$

(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 digital de comunicaciones transmite una modulación 2-PAM con símbolos equiprobables y normalizados ($A[n] \in \{\pm 1\}$) a través del canal discreto equivalente

$$p[n] = 0.3 \delta[n] + 0.5 \delta[n - 1] + 0.1 \delta[n - 2]$$

con un ruido en tiempo discreto $z[n]$ blanco, gaussiano y con varianza $\sigma_z^2 = 0.01$.

- a) Si se utiliza un detector símbolo a símbolo sin memoria
 - I) Obtenga el retardo óptimo para la decisión (explicando cómo se ha obtenido).
 - II) Calcule la probabilidad de error obtenida con dicho receptor.
- b) El receptor utiliza ahora un igualador de canal
 - I) Obtenga el igualador MMSE de 5 coeficientes y un retardo $d = 3$ (indique el sistema a resolver para obtener dichos coeficientes, con los valores numéricos de cada término incluido, pero no es necesario que resuelva el sistema).
 - II) Seleccione el retardo óptimo para la decisión y calcule las prestaciones aproximadas del sistema si se utiliza el siguiente igualador de dos coeficientes

$$w[n] = -\delta[n] + 2 \delta[n - 1].$$

- c) En este caso se utilizará un detector de secuencias de máxima verosimilitud.
 - I) Obtenga el diagrama de rejilla del sistema.
 - II) Obtenga la probabilidad de error aproximada que se obtiene con dicho detector.
 - III) Aplicando el algoritmo óptimo de detección, obtenga la estima para $A[0]$, $A[1]$ y $A[2]$ si se supone que entre cada tres símbolos de datos se envían cabeceras de la longitud necesaria para resetear el sistema donde cada símbolo de la cabecera es $A[n] = +1$, si las observaciones son

n	0	1	2	3	4
$q[n]$	0.5	0.4	0	-0.1	0.8

NOTA: debe proporcionar clara evidencia de la aplicación del algoritmo óptimo de decodificación

(3 puntos)

Problema 2

La matriz de control de paridad de un código bloque lineal es:

$$\mathbf{H} = \left[\begin{array}{cccc|ccc} 1 & 0 & 0 & 0 & a & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & b \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

- Determine el número de bits del bloque de entrada al código, k , la longitud de cada palabra codificada, n , la tasa del código, R , y el número de palabras que tendrá el código.
- Determine si se trata de un código sistemático o no. Justifique su respuesta.
- Obtenga los valores a , b y c para que la capacidad de corrección de errores del código sea máxima (explique claramente el procedimiento para la obtención de esos valores).
- Obtenga la tabla de síndromes del código y decodifique las siguientes palabras recibidas mediante detección basada en síndrome, detallando el procedimiento seguido. Si no ha resuelto el apartado anterior, elija por ejemplo, $a = b = c = 1$ para este apartado.

$$\mathbf{r}_1 = [1001100] \quad \mathbf{r}_2 = [0101000]$$

- Obtenga la probabilidad de error del código, en función de la probabilidad de error de bit ε del sistema durante la transmisión de los bits codificados, para decodificación dura.

(3 puntos)