

ITT-TELEMÁTICA
TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN

(2º curso - Febrero 2009)

Apellidos:

Nombre:

Nº de matrícula o DNI:

Grupo:

Se ha presentado al examen

Firma

TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN
CUESTIONES
(Tiempo: 60 minutos. Puntos 4/10)

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

Cuestión 1

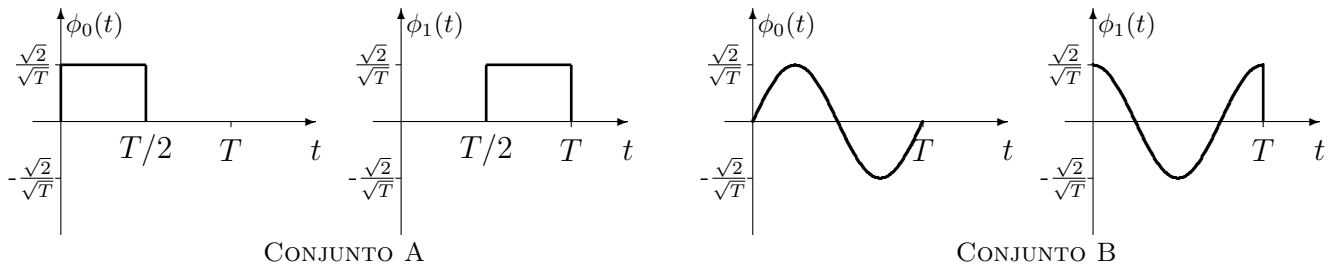
En un sistema de comunicaciones analógicas la señal a transmitir (señal moduladora) es una señal en banda base de ancho de banda B Hz.

- a) Proporcione la eficiencia espectral (dando el ancho de banda) de una modulación AM convencional (con portadora), y diga cómo se comporta frente al ruido comparándola con una transmisión sin modular.
- b) Proporcione la eficiencia espectral (dando el ancho de banda) de una modulación AM de doble banda lateral sin portadora, y diga cómo se comporta frente al ruido comparándola con una transmisión sin modular.
- c) Proporcione la eficiencia espectral (dando el ancho de banda) de una modulación AM de banda lateral única, y diga cómo se comporta frente al ruido comparándola con una transmisión sin modular.
- d) Proporcione la eficiencia espectral (dando el ancho de banda) de una modulación FM con índice de modulación $\beta = 5$, y diga cómo se comporta frente al ruido comparándola con una transmisión sin modular.

_____ (1 punto)

Cuestión 2

Para la realización de un sistema de comunicaciones binario, con símbolos equiprobables, que se diseñará para transmitir sobre un canal con ruido aditivo blanco y gaussiano de densidad espectral de potencia $N_0/2$, se puede en principio elegir cualquier par de símbolos de entre tres posibles en una constelación bidimensional, con coordenadas $\mathbf{a}_0 = [1, 0]^T$, $\mathbf{a}_1 = [-1, 0]^T$, y $\mathbf{a}_2 = [0, \sqrt{3}]^T$.



- a) Dibuje las señales correspondientes a los tres símbolos, $\{s_i(t)\}_{i=0}^2$, si se utiliza el modulador descrito por el CONJUNTO A de funciones base representado en la figura, y seleccione los dos símbolos (o señales) que utilizaría si los criterios a tener en cuenta en el diseño son, en este orden de prioridad, probabilidad de error y energía media por símbolo (justifique la elección incluyendo los cálculos analíticos pertinentes).
- b) Repita el apartado anterior si se utiliza el modulador descrito por el CONJUNTO B de funciones base representado en la figura.
- c) Explique qué criterio utilizaría para la elección de uno u otro modulador.

(1,5 puntos)

Cuestión 3

Una determinada modulación analógica que modula simultáneamente dos señales moduladoras se puede definir mediante el siguiente proceso aleatorio

$$S(t) = M_A(t) \cdot \cos(\omega_c t) + M_B(t) \cdot \sin(\omega_c t),$$

donde $M_A(t)$ y $M_B(t)$ son dos procesos aleatorios que modelan las dos señales moduladoras. Se supone que ambos son procesos aleatorios independientes, estacionarios, de media nula, e idénticas función de autocorrelación $R_{M_A}(\tau) = R_{M_B}(\tau) = R_M(\tau)$, densidad espectral de potencia $S_{M_A}(j\omega) = S_{M_B}(j\omega) = S_M(j\omega)$, y potencia $P_{M_A} = P_{M_B} = P_M$.

- Calcule la media del proceso aleatorio $S(t)$, $m_S(t)$.
- Calcule la función de autocorrelación del proceso $S(t)$, $R_S(t + \tau, t)$, y diga si el proceso es estacionario o cicloestacionario.
- Calcule la densidad espectral de potencia del proceso, $S_S(j\omega)$, y obtenga su potencia, P_S .

NOTA: Igualdades trigonométricas

$$\cos(a) \cos(b) = \frac{1}{2} \cos(a - b) + \frac{1}{2} \cos(a + b), \quad \sin(a) \sin(b) = \frac{1}{2} \cos(a - b) - \frac{1}{2} \cos(a + b),$$

$$\sin(a) \cos(b) = \frac{1}{2} \sin(a - b) + \frac{1}{2} \sin(a + b)$$

(1,5 puntos)

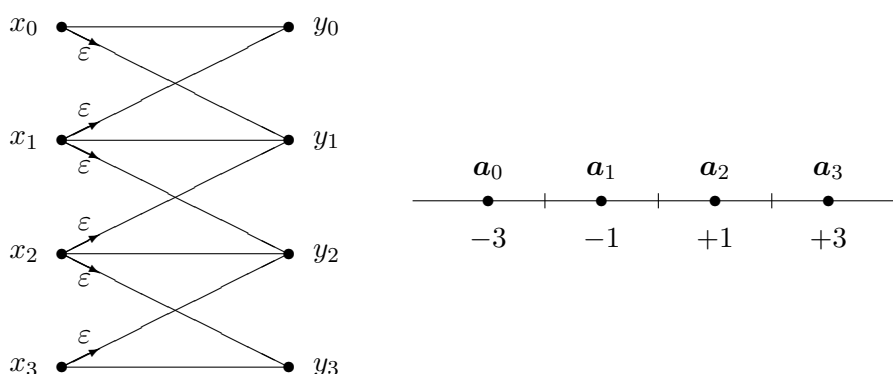
TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN

PROBLEMAS

(Tiempo: 120 minutos. Puntos 6/10)

Apellidos: Nombre: N° de matrícula o DNI: Grupo Firma	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th colspan="2">Calificación</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">1</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>T</td> <td></td> </tr> </table>	Calificación		1		2		T	
Calificación									
1									
2									
T									

Problema 1



- a) Si el canal discreto sin memoria (DMC) que se muestra arriba corresponde al modelo estadístico de canal de un sistema de comunicaciones que utiliza la constelación de cuatro símbolos de la figura, escriba la matriz de canal asociada a la representación esquemática del DMC, compárela con la matriz de canal para dicha constelación, explique qué aproximación se ha considerado sobre un sistema de comunicaciones con dicha constelación, y obtenga el valor de ϵ para ese caso (suponga transmisión sobre un canal gaussiano de densidad espectral de potencia de ruido $N_0/2$).
- b) Calcule $H(Y|X)$, $H(X|Y)$, $H(X, Y)$ e $I(X, Y)$ para el canal de la figura si los símbolos de entrada son equiprobables, y a partir de las expresiones analíticas obtenga el valor de ϵ que hace mínimas $H(Y|X)$ y $H(X|Y)$, y máxima $I(X, Y)$.
- c) Calcule la capacidad de canal para los valores mínimo y máximo que puede tomar ϵ teniendo en cuenta la estructura del DMC en este caso.

(3 puntos)

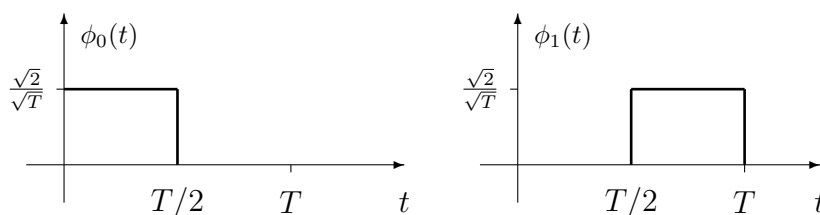
Problema 2

Un sistema de comunicaciones utiliza una constelación 8-PSK, formada por 8 símbolos situados sobre un círculo. En concreto, las coordenadas de los 8 símbolos son:

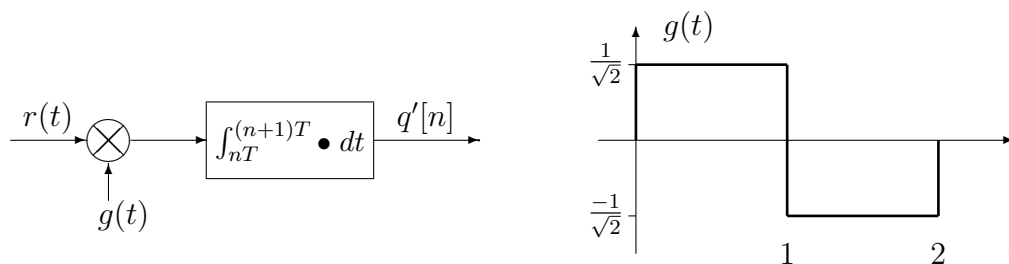
$$\mathbf{a}_0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \mathbf{a}_1 = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \mathbf{a}_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \mathbf{a}_3 = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \mathbf{a}_4 = \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix}, \mathbf{a}_5 = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \mathbf{a}_6 = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix}, \mathbf{a}_7 = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

El codificador va a funcionar del siguiente modo: la constelación se dividirá en dos subconstelaciones de modo que para codificar $A[n]$ para n impar utilizará sólo la mitad de los símbolos (primera subconstelación), y para n par la otra mitad de símbolos restantes (segunda subconstelación).

- a) Realice la división de la constelación en dos subconstelaciones de modo óptimo considerando tanto la energía media por símbolo de cada subconstelación como la probabilidad de error de la misma, y
 - a1) Justifique la división realizada (sin justificación en términos de E_s y P_e , la división de la constelación no será valorada).
 - a2) Teniendo en cuenta el modo de funcionamiento del sistema, realice la asignación binaria óptima para los 8 símbolos y justifique dicha asignación.
 - a3) Calcule la tasa binaria (bits/segundo) en función del tiempo de símbolo T del sistema.



- b) Si el sistema utiliza el modulador de la figura anterior, donde para simplificar los cálculos se considerará en adelante $T = 2$, proporcione el demodulador óptimo mediante filtros adaptados causales para los símbolos impares, el demodulador óptimo mediante filtros adaptados causales para los símbolos pares, el decisor óptimo para los símbolos impares, el decisor óptimo para los símbolos pares, y la probabilidad de error total del sistema.
- c) Si en el receptor se emplea el demodulador de la figura siguiente, obtenga el decisor óptimo para los símbolos impares, el decisor óptimo para los símbolos pares, y la probabilidad de error total del sistema. A la vista de los resultados, ¿utilizaría este demodulador para los símbolos impares? ¿Y para los pares?



(3 puntos)