

INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

COMUNICACIONES DIGITALES

(3^{er} curso - Septiembre 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 | |

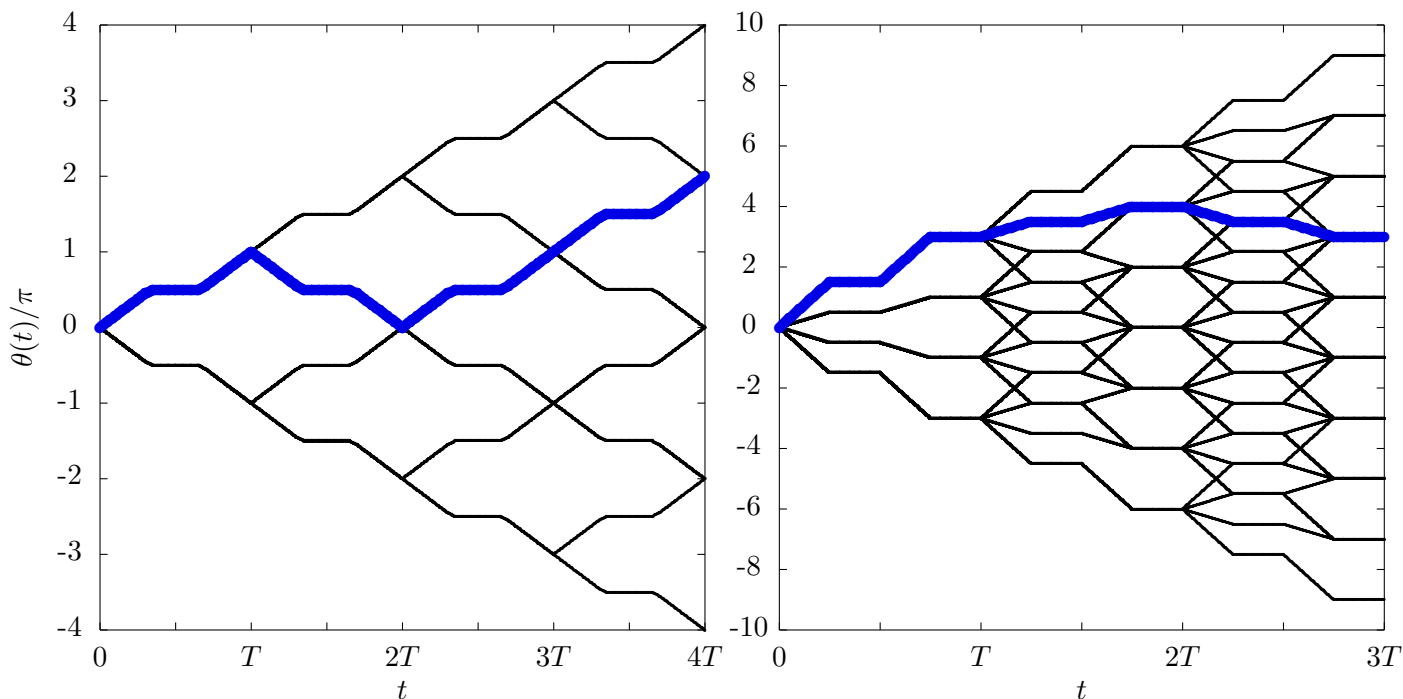
Cuestión 1

Un sistema de comunicaciones digital utiliza como filtro transmisor $g(t)$ un pulso en raíz de coseno alzado normalizado y con un factor de caída α . El receptor utiliza un filtro adaptado al filtro transmisor.

- a) Si la respuesta del canal por el que se transmite es $h(t) = \delta(t) + \frac{1}{4} \cdot \delta(t - 2T)$, calcule el canal discreto equivalente para el sistema.
 - b) El canal es un canal en banda base con un ancho de banda de 10 kHz, y se desea transmitir a una velocidad binaria de 54 kbits/s utilizando una modulación M -PAM en banda base.
 - 1) Calcule el mínimo orden de la constelación (número de símbolos M) que permite alcanzar dicha velocidad.
 - 2) Calcule la velocidad de símbolo para obtener dicha tasa binaria con ese valor de M .
 - 3) Calcule, para ese M , el valor de α que permite utilizar todo el ancho de banda disponible.
 - c) Repita el apartado anterior si el canal es paso banda y la constelación es una M -QAM.
- (1,5 puntos)

Cuestión 2

Dos sistemas con modulación CPM de fase completa y con índice de modulación $h = 1$, tienen los árboles de fase de la figura (note que el eje de ordenadas está escalado por un factor π en ambos casos).



a) Para el sistema de la primera figura:

- 1) Indique el número de posibles valores para $I[n]$ (orden de la constelación) y dichos valores.
- 2) Dibuje, etiquetando con claridad los dos ejes, el pulso conformador que se utiliza.
- 3) Indique la secuencia de símbolos $I[n]$ asociada al camino resaltado (trazo grueso).

b) Repita el apartado anterior para la segunda figura.

(1 punto)

Cuestión 3

Para su uso en un sistema de comunicaciones digital, se definen los siguientes códigos de canal, donde para cada \mathcal{C}_i se da el conjunto de palabras que pertenecen al código:

$$\mathcal{C}_1 = \{01, 10\}$$

$$\mathcal{C}_2 = \{00000, 01010\}$$

$$\mathcal{C}_3 = \{00000, 10100, 01111, 11011\}$$

- a) Obtenga para cada uno de los códigos los parámetros k , n , la tasa de codificación y la distancia mínima.
- b) Determine qué códigos son lineales y obtenga para ellos su matriz generadora.
- c) Determine qué códigos pueden ser sistemáticos.
- d) ¿Se podrían mejorar las prestaciones de \mathcal{C}_2 sin modificar sus parámetros k , n ? ¿De qué manera?
- e) Si se recibe la palabra 11111 obtenga, para \mathcal{C}_2 y \mathcal{C}_3 , la palabra que pertenece al código que con más probabilidad fue transmitida. Explique el procedimiento por el que obtiene la palabra del código más probable.

(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 de comunicaciones digital utiliza una modulación de espectro ensanchado por secuencia directa, con factor de ensanchado $N = 4$ y secuencia de ensanchado

$$x[0] = +1, x[1] = -1, x[2] = -1, x[3] = +1.$$

El pulso conformador $g_c(t)$ a tiempo de chip, T_c , es un pulso causal de duración T_c y normalizado en energía.

- a) Si la secuencia de datos es $A[0] = +3, A[1] = -1, A[2] = -3$, obtenga la secuencia de muestras a tiempo de chip en el transmisor, $s[m]$, y dibuje la señal resultante que se transmitirá.
- b) En el receptor, la salida del filtro adaptado al filtro $g_c(t)$ se muestrea a tiempo de chip, dando lugar a la secuencia $v[m]$. Si se ha transmitido una señal 4-PAM con niveles normalizados ($A[n] \in \{\pm 1, \pm 3\}$), obtenga la secuencia $q[n]$ a la salida del demodulador y decida la secuencia $\hat{A}[n]$ a partir de la misma si se tiene la siguiente secuencia de observaciones (en el decisor, tenga en cuenta el factor de ganancia introducido por el factor de ensanchado)

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| m | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| $v[m]$ | +0.9 | -1.1 | -2.1 | +0.3 | +2.8 | -4.1 | -1.8 | +4.7 | +0.3 | +1.1 | +0.7 | -0.9 |

- c) Si el canal discreto equivalente a tiempo de chip es $d[m] = \delta[m] - \delta[m - k]$, calcule y compare la relación entre la potencia de señal y la potencia de la ISI para $k = \{1, 2, 3\}$.
- d) Para el caso del canal $d[m]$ anterior y $k = 2$, obtenga la secuencia de observaciones a la salida del demodulador $q[n]$ si la secuencia de datos transmitida es la del primer apartado, $A[n] = +1$ para todo $n < 0$, y no hay ruido.
- e) Para el canal y la secuencia del apartado anterior, calcule las primeras cuatro muestras de la secuencia $v[m]$, $0 \leq m \leq 3$, obtenida al muestrear a tiempo de chip en el receptor la salida del filtro adaptado a $g_c(t)$. No considere el efecto del ruido.

(3 puntos)

Problema 2

Para poder estudiar las prestaciones de dos canales diferentes en una transmisión digital, se transmite la siguiente secuencia.

| | | | | | | | | | | |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| n | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| $A[n]$ | +1 | +1 | +1 | -1 | +1 | -1 | -1 | -1 | +1 | +1 |

A la salida de cada uno de los canales y en ausencia de ruido, se obtienen las siguientes secuencias:

| | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| n | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| $o_1[n]$ | +0.1 | -0.3 | +0.3 | -0.3 | -0.1 | -0.1 | +0.3 | +0.1 |
| n | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| $o_2[n]$ | +0.1 | -0.3 | +0.7 | -0.7 | +0.3 | -0.1 | +0.3 | -0.3 |

Asuma que en medidas anteriores, se ha determinado que el canal que da lugar a la secuencia de salida $o_1[n]$ tiene duración de dos muestras (un retardo) y el canal que da lugar a la secuencia de salida $o_2[n]$ tiene duración de tres muestras (dos retardos).

- a) Obtenga para cada uno de los canales las constelaciones recibidas y determine para cada uno de los símbolos recibidos el conjunto de símbolos que los originaron en transmisión.
- b) Si en ambos canales se decidiera utilizar un detector sin memoria, determine cual de los dos canales tiene peores prestaciones calculando para cada uno de ellos la probabilidad de error.
- c) Obtenga los canales discretos equivalentes $p_1[n]$ y $p_2[n]$ que originan las dos secuencias recibidas.
- d) Obtenga la probabilidad de error para ambos canales si se decide emplear un detector ML de secuencia. Si no tenemos restricciones de complejidad en el receptor, ¿en cual de los dos canales será más fiable la transmisión?
- e) Obtenga la secuencia que con mayor probabilidad fue transmitida en el caso del canal $p_2[n]$ si se recibe:

| | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| n | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| $q_2[n]$ | -0.5 | -0.2 | -0.3 | -0.7 | -0.5 | -0.2 | +0.5 | +0.1 |

cuando $A[n] = 1$ para $n < 0$ y para $n > 5$.

(3 puntos)

