

Ejercicio 1

Un sistema de comunicaciones digitales transmite en el rango de frecuencias entre 30 y 40 kHz, ocupando todo el ancho de banda disponible. El transmisor utiliza un filtro $g(t)$ con respuesta en raíz de coseno alzado, normalizado y con factor de caída α .

- a) Si se tiene un canal cuyo equivalente complejo en banda base de la respuesta impulsiva es $h_{eq}(t) = \delta(t)$, que añade ruido aditivo blanco y Gaussiano con densidad espectral de potencia de $N_0/2$, y el receptor utiliza un filtro adaptado al transmisor, muestre si el sistema tiene ISI o no. Justifique su respuesta.
- b) Si se tiene un canal cuyo equivalente complejo en banda base de la respuesta impulsiva es $h_{eq}(t) \neq \delta(t)$, que añade ruido aditivo blanco y Gaussiano con densidad espectral de potencia de $N_0/2$, y el receptor utiliza un filtro adaptado al transmisor, muestre si el sistema tiene ISI o no. Justifique su respuesta.
- c) Obtenga la velocidad de símbolo máxima, así como la tasa de bit máxima. Identifique el valor de α en este escenario, asumiendo que se usa una constelación 16-QAM normalizada.
- d) Si la secuencia $A[n]$ se transmite a la máxima velocidad obtenida en el apartado anterior y tiene la siguiente densidad espectral de potencia:

$$S_A(e^{j\omega}) = 1 - \cos(2\omega),$$

obtenga y represente la densidad espectral de potencia de la señal transmitida, etiquetando correctamente los ejes.

(2 Puntos)

Ejercicio 2

Un sistema digital de comunicaciones transmite una constelación 4-PAM con niveles normalizados a través del siguiente canal discreto equivalente

$$p[n] = \delta[n] - 3 \delta[n - 3]$$

y el ruido discreto tiene varianza $\sigma_z^2 = 0.1$. Las observaciones obtenidas a la salida del filtro adaptado a tiempo de símbolo son:

n	0	1	2	3	4	5	6	7
$q[n]$	-7.2	+3.1	-2.5	+6.5	-8.3	+2.7	-3.8	+7.2

- a) Si se emplea un detector símbolo a símbolo sin memoria:
- Diseñe el detector (retardo y regiones de decisión).
 - Calcule la probabilidad de error exacta del sistema.
 - Obtenga las decisiones $\hat{A}[n]$ para $n \in \{0, 1, 2\}$.
- b) Si se utiliza un igualador de canal:
- Diseñe el igualador de 4 coeficientes para un retardo en la decisión igual a 3 utilizando el criterio MMSE (indique claramente el sistema a resolver, pero no es necesario obtener la solución).
 - Si la respuesta del igualador es

$$w[n] = -0.3 \delta[n] + 0.1 \delta[n - 3]$$

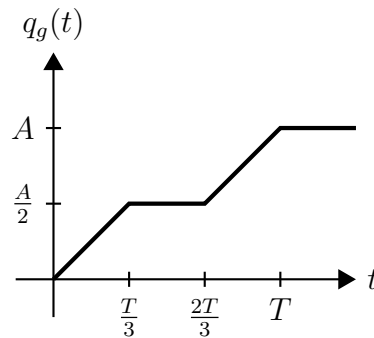
obtenga el retardo más adecuado para la decisión y calcule, de forma aproximada, la probabilidad de error del sistema para dicho retardo.

(2 Puntos)

Ejercicio 3

Se va a diseñar un sistema de comunicaciones que utiliza una modulación angular.

- Explique qué inconveniente de la modulación QPSK soluciona la modulación OQPSK. ¿Cómo se genera una OQPSK a partir de una QPSK?
- Describa qué condiciones tienen que cumplir las frecuencias de cada uno de los símbolos para las modulaciones CPFSK y MSK.
- ¿Cuál es la ventaja de la modulación PSK diferencial respecto a la no diferencial? ¿Y la desventaja?
- Para una modulación CPM, calcule A y el pulso $g(t)$ correspondiente a la función $q_g(t)$ que se muestra en la figura.



NOTA: $q_g(t)$ se extiende hasta ∞ .

(2 Puntos)

Ejercicio 4

Una modulación de espectro ensanchado por secuencia directa con factor de ensanchado $N = 4$ y secuencia de ensanchado

m	0	1	2	3
$x[m]$	+1	-1	+1	-1

se emplea para transmitir en banda base a una tasa de 64 Mbits/s con una constelación 4-PAM de niveles normalizados. El filtro transmisor a tiempo de chip, $g_c(t)$, es un filtro en raíz de coseno alzado, normalizado y con factor de caída $\alpha = 0.25$.

- a) Calcule el ancho de banda de la señal modulada.
- b) Obtenga las 8 primeras muestras a tiempo de chip si la secuencia transmitida es

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

- c) Calcule las observaciones a tiempo de símbolo asociadas a las siguientes muestras a tiempo de chip obtenidas a la salida del filtro adaptado a $g_c(t)$

m	0	1	2	3	4	5	6	7
$v[m]$	+1.1	-0.7	+0.3	-0.9	-0.3	+0.1	-0.1	+0.4

- d) Calcule el canal discreto equivalente a tiempo de símbolo, $p[n]$, y discuta si existe o no interferencia entre símbolos si el canal discreto equivalente a tiempo de chip es

$$d[m] = \delta[m] + \frac{1}{2} \delta[m - 7]$$

(2 Puntos)

Ejercicio 5

a) Un sistema de comunicaciones está equipado con un código bloque lineal, cuyo diccionario es:

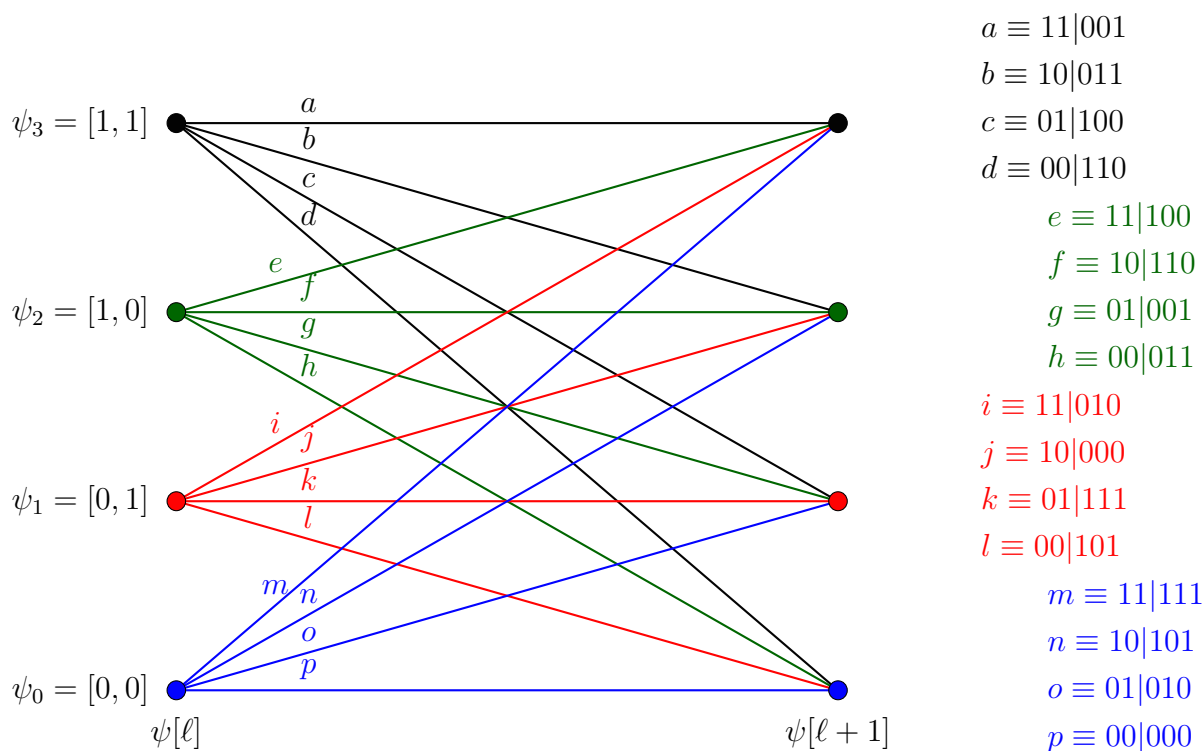
$\mathbf{b}_i$	$\mathbf{c}_i$
0 0 0	0 0 0 0 0 0 0
0 0 1	1 0 1 1 0 1 0
0 1 0	0 1 0 1 0 1 1
0 1 1	1 1 1 0 0 0 1
1 0 0	0 1 1 0 1 1 0
1 0 1	1 1 0 1 1 0 0
1 1 0	0 0 1 1 1 0 1
1 1 1	1 0 0 0 1 1 1

i) ¿Cuál es la capacidad detectora del código? ¿Y la capacidad correctora? ¿Y la tasa?

ii) Calcule la tabla de síndromes.

iii) Si la palabra recibida es $\mathbf{r} = [1101101]$, obtenga el mensaje transmitido aplicando la técnica de decodificación basada en síndrome.

b) Para un código convolucional, cuya diagrama de rejilla es



i) Obtenga la representación esquemática y la matriz generadora del código.

ii) Calcule la distancia mínima del código para secuencias distintas de un decodificador con salida dura.

iii) Estime el mensaje transmitido más verosímil si la secuencia recibida es $\mathbf{r} = [001101000011]$. Puede suponer que $B[m] = 0$ para $m < 0$ y $m \geq 6$.

NOTA: En los apartados en que corresponda debe dejar clara evidencia de la aplicación del algoritmo o método empleado para obtener la solución.

(2 Puntos)