

Ejercicio 1

Un sistema digital de comunicaciones transmite a una tasa binaria de 15 kbits/s y tiene asignado para su uso un ancho de banda de 5 kHz. El transmisor y el receptor usan filtros normalizados en raíz de coseno alzado con factor de caída α , y la secuencia transmitida $A[n]$ es blanca.

- a) Si se transmite en banda base con una modulación M -PAM con niveles normalizados, calcule la potencia de la señal transmitida, su ancho de banda y el orden de la constelación, M , en los siguientes casos:
- I) El factor de caída es $\alpha = 0$.
 - II) El factor de caída es $\alpha = 0.75$.
- b) Si se transmite una modulación 8-QAM, $\alpha = 0$ y el canal ahora tiene una respuesta el impulso

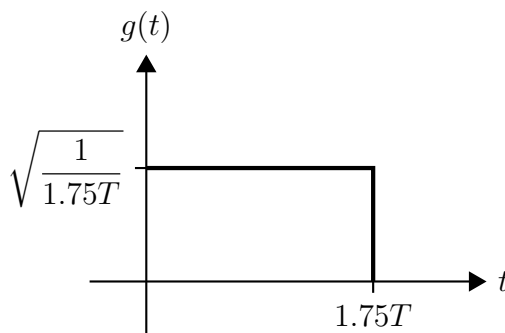
$$h(t) = \text{sinc}^2(10^4 t)$$

calcule el canal discreto equivalente, bien en el dominio temporal o en el frecuencial, cuando la frecuencia de la portadora es $f_c = 7.5$ kHz. A partir del mismo discuta si existirá o no interferencia intersimbólica durante la transmisión.

(2 puntos)

Ejercicio 2

Considere un sistema digital de comunicaciones en banda base que transmite una modulación 2-PAM con niveles $\{\pm 2\}$ a una velocidad de símbolo $R_s = 1/T$ baudios. Dicho sistema usa el siguiente filtro transmisor:



Asimismo, el receptor usa el filtro adaptado, es decir $f(t) = g^*(-t)$, el canal es $h(t) = \delta(t - T)$ y, por último, la varianza del ruido discreto es $\sigma_z^2 = 0.1$.

- Obtenga el retardo óptimo y las regiones de decisión del criterio MAP para estimar los símbolos transmitidos usando un detector sin memoria. Suponga que la SNR es suficientemente alta y que los símbolos son equiprobables.
- Calcule la probabilidad de error del sistema anterior.
- Diseñe el igualador de canal sin limitación de coeficientes a partir del criterio MMSE y obtenga la probabilidad de error a la salida del igualador. Indique, no es necesario que lo calcule, como se obtendría el retardo para obtener un igualador causal.
- Diseñe el igualador de canal de tres coeficientes a partir del criterio ZF y con un retardo en la decisión $d = 2$.

NOTA: No es necesario que resuelva el sistema de ecuaciones, pero debe quedar claramente definido cada una de las variables.

(2 puntos)

Ejercicio 3

Se van a estudiar varios sistemas de comunicaciones que utilizan modulaciones angulares.

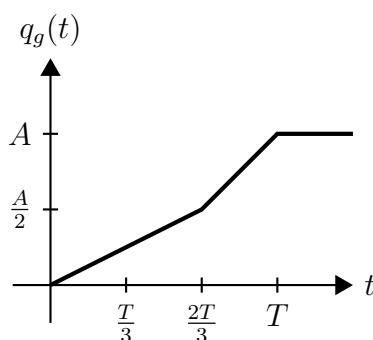
- a) Un modulador de fase diferencial (DPSK) emplea una constelación QPSK con niveles normalizados

$$\mathbf{a}_0 = \begin{bmatrix} +1 \\ 0 \end{bmatrix}, \mathbf{a}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ +1 \end{bmatrix}, \mathbf{a}_2 = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix}, \mathbf{a}_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix}.$$

Para este sistema, realice la asignación binaria y, asumiendo que el símbolo inmediatamente anterior (símbolo de referencia) es $A[-1] = \mathbf{a}_0$, obtenga la secuencia de símbolos $A[n]$ asociada a la transmisión de la siguiente secuencia de bits

m	0	1	2	3	4	5	6	7
$B[m]$	0	1	1	1	1	0	0	0

- b) Para una modulación CPM, calcule A y el pulso $g(t)$ correspondiente al $q_g(t)$ que se muestra en la figura



NOTA: $q_g(t)$ se extiende hasta ∞ .

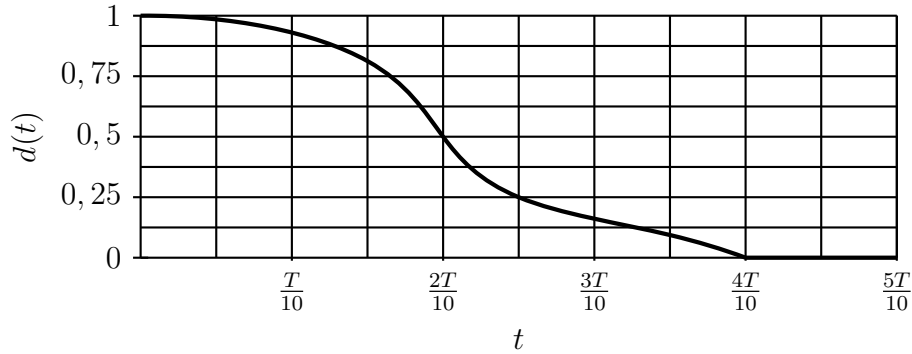
- c) Para la modulación CPM del apartado anterior, dibuje el árbol de fase correspondiente a 2 periodos de símbolo para una modulación con niveles $I[n] = \{\pm 2\}$.

(2 puntos)

Ejercicio 4

- a) Un sistema de comunicaciones emplea una modulación OFDM con $N = 4$ portadoras, prefijo cíclico de longitud $C = 1$ y periodo de símbolo T .

- i) Dada la respuesta conjunta del filtro reconstructor, canal equivalente en banda base y filtro receptor que se muestra en la figura, determine si existe ISI y/o ICI.



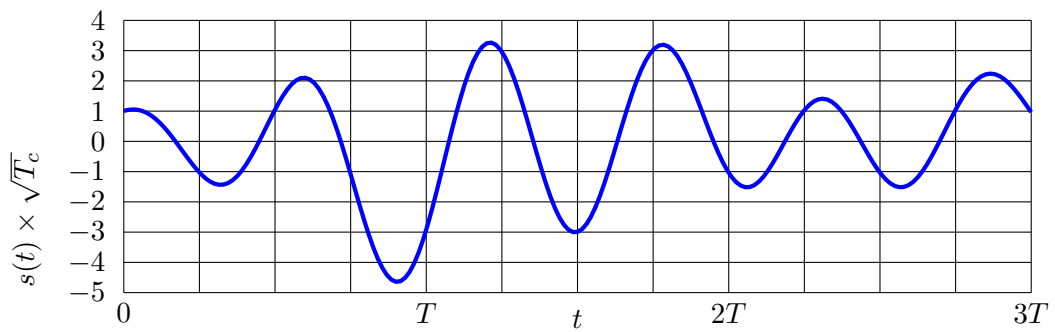
- ii) Suponiendo que los 4 símbolos transmitidos en el primer intervalo de símbolo son $A_k[0] = -1$, donde $k = 0, \dots, 3$, calcule las correspondientes salidas sin ruido de los moduladores para las 4 portadoras, es decir, $q_k[0]$, para $k = 0, \dots, 3$.

- b) Un sistema de espectro ensanchado por secuencia directa, con factor de ensanchado $N = 4$, tiene como secuencia de ensanchado

$$x[m] = a \delta[m] + \delta[m - 1] + b \delta[m - 2] + c \delta[m - 3],$$

con $\{a, b, c\} \in \{\pm 1\}$. El filtro transmisor a tiempo de chip, T_c , es $g_c(t) = \frac{1}{\sqrt{T_c}} \text{sinc}\left(\frac{t}{T_c}\right)$.

- a) Si la transmisión de la secuencia de símbolos de información, $A[n]$, genera la señal modulada en banda base, $s(t)$, que se muestra en la figura



donde T denota el tiempo de símbolo de la secuencia de información transmitida, $A[n]$, y donde remarcamos que la amplitud de la señal $s(t)$ está escalada por un factor $\sqrt{T_c}$, obtenga los valores de a , b , y c , y los valores iniciales de la secuencia transmitida $A[n]$.

- b) La señal $s(t)$ se transmite por un canal ideal, sin ruido, y en el receptor se filtra con un filtro adaptado al filtro transmisor a tiempo de chip, es decir, $f(t) = g_c(-t)$. La salida de este filtro receptor es $v(t)$. Calcule $v(t)$ a partir de $s(t)$ y calcule las observaciones a la salida del mismo, $q[n]$, para $n \in \{0, 1, 2\}$.

NOTA: Para este filtro transmisor a tiempo de chip, la función de ambigüedad temporal es $r_{g_c}(t) = g_c(t) * g_c(-t) = \text{sinc}\left(\frac{t}{T_c}\right)$.

(2 puntos)

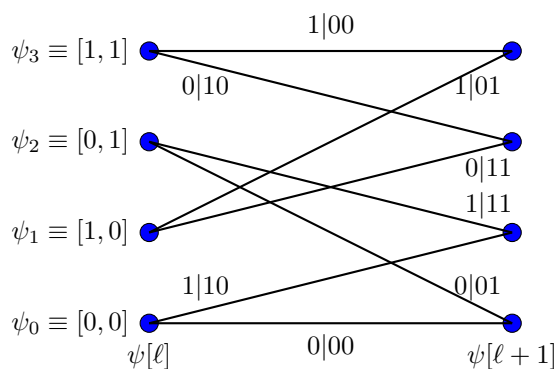
Ejercicio 5

Para un cierto sistema de comunicaciones se van a evaluar dos posibles códigos de tasa 1/2:

- Un código bloque lineal con la siguiente tabla (parcial) de síndromes

e						s		
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	1	0
0	0	0	0	1	0	1	0	1
0	0	0	0	0	1	0	1	1

- Un código convolucional con el siguiente diagrama de rejilla



a) Para el código bloque lineal:

- Complete la tabla de síndromes.
- Obtenga la matriz generadora.
- Calcule la capacidad de detección y corrección del código.
- Decodifique la siguiente palabra recibida usando decodificación por síndrome:

$$\mathbf{r} = [1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0].$$

b) Para el código convolucional:

- Obtenga la matriz generadora.
- Calcule la distancia mínima y la capacidad de corrección.
- Asumiendo que partimos y finalizamos en el estado cero, es decir $\psi_0 = [0 \ 0]$, decodifique la secuencia recibida usando el algoritmo de Viterbi:

$$\mathbf{r} = [0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1].$$

(2 puntos)