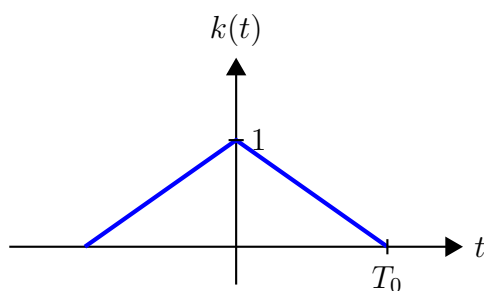


Apellidos: Nombre: N° de matrícula o DNI: Grupo: Firma	Calificación	
	1	
	2	
	3	

Ejercicio 1

Un sistema de comunicaciones en banda base emplea unos filtros transmisor y receptor cuya respuesta conjunta, $k(t)$, se muestra en la figura



donde T_0 es un parámetro elegido por el diseñador.

- Suponiendo un canal ideal, $h(t) = \delta(t)$, y una constelación 4-PAM, ¿cuál es la velocidad binaria máxima del sistema si se quiere una transmisión sin ISI?
- Considere en este apartado que $T_0 = T/2$, donde T es el periodo de símbolo, la constelación es una 2-PAM con niveles normalizados, símbolos equiprobables y blancos, y el canal es $h(t) = \delta(t) - 1/4 \delta(t - T)$. Calcule la probabilidad de error cuando el ruido es blanco, Gaussiano y con varianza σ_z^2 .

(1,5 puntos)

Ejercicio 2

Un sistema digital de comunicaciones en banda base tiene el siguiente canal discreto equivalente

$$p[n] = \delta[n] + c \delta[n - 1] - 0.5 \delta[n - 2].$$

La constelación transmitida es una 2-PAM con niveles normalizados, los símbolos son equiprobables y blancos, y el ruido térmico tiene una densidad espectral de potencia $N_0/2 = 10^{-1}$.

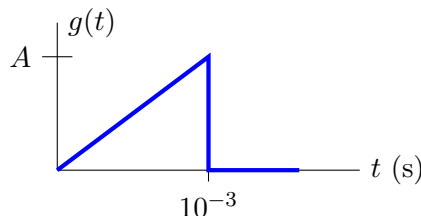
- a) Diseñe el receptor símbolo a símbolo sin memoria óptimo para $c = -0.75$. Es decir, obtenga el retardo para la decisión y las regiones de decisión.
- b) Considerando $c = 1$, diseñe un igualador lineal sin limitación de coeficientes con el criterio de mínimo error cuadrático medio (MMSE) y obtenga su probabilidad de error. Explique, no hace falta que lo calcule, cómo se elegiría el retardo óptimo.
- c) A partir de ahora, considere que $c = 0$.
 - i) Diseñe un igualador lineal de 3 coeficientes con el criterio de forzador de ceros y retardo $d = 1$.
 - ii) Obtenga la probabilidad de error del igualador $w[n] = \delta[n] + 0.5 \delta[n - 1]$, suponiendo que ha sido diseñado para un retardo $d = 0$.

NOTA: Si alguna respuesta implica el cálculo de una integral, no es necesario que la resuelva, sólo debe plantearla correctamente.

_____ (2,5 puntos)

Ejercicio 3

Se tiene una modulación CPM con amplitud unidad, $x(t) = \sin(\omega_c t + \theta(t, \mathbf{I}))$, con índice de modulación 3 y en la que el filtro transmisor normalizado es el de la figura



- a) Para una modulación de respuesta completa, y un sistema 4-ario ($I[n] \in \{\pm 1, \pm 3\}$):
 - I) Calcule la máxima tasa binaria posible, explicando claramente cómo se ha obtenido.
 - II) Calcule el valor de la constante A .
 - III) Calcule la energía media por símbolo del sistema.
- b) Para el sistema anterior, dibuje el árbol de fases en dos intervalos de símbolo.
- c) Ahora se tiene una modulación de respuesta parcial, también en un sistema 4-ario.
 - I) Si se puede transmitir sólo a una tasa que sea el doble o la mitad de la tasa del sistema de respuesta completa, elija la opción que considere más oportuna, explicando claramente por qué.
 - II) Para la opción elegida, los primeros símbolos de la secuencia a transmitir son

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

Dibuje la contribución individual de cada uno de esos tres símbolos al término $\theta(t, \mathbf{I})$, etiquetando adecuadamente ambos ejes de la figura.

(2 puntos)

Apellidos: Nombre: N° de matrícula o DNI: Grupo: Firma	Calificación	
	4	
	5	

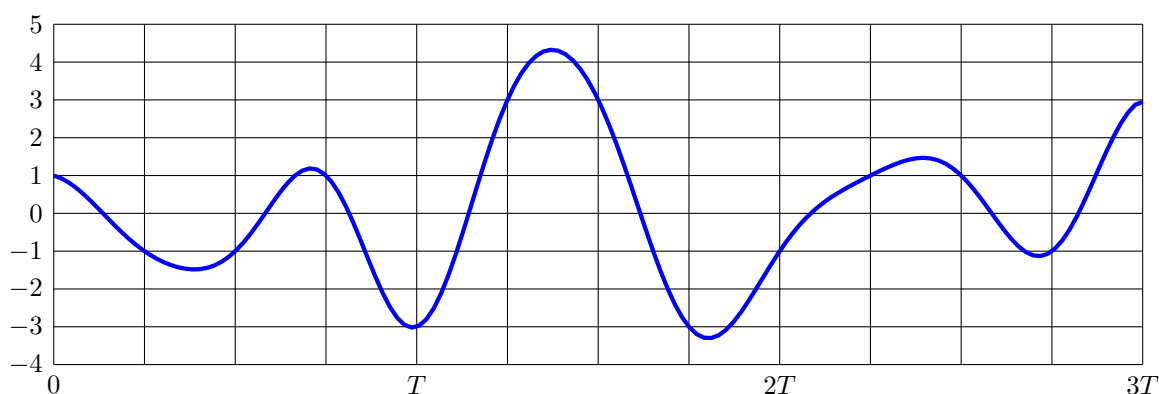
Ejercicio 4

Se va a diseñar un sistema digital de comunicaciones para transmitir a una tasa binaria de 4 Mbits/s utilizando una constelación 4-PAM, cuyos primeros símbolos se muestran a continuación

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

a) Si se utiliza una modulación de espectro ensanchado por secuencia directa con factor de ensanchado $N = 4$, secuencia de ensanchado $x[m] = \delta[m] - \delta[m-1] - \delta[m-2] + \delta[m-3]$ y un filtro transmisor a tiempo de chip $g_c(t) = h_{RRC}^{\alpha, T_c}(t)$, con factor de caída $\alpha = 0.25$, y se transmite en banda base:

- I) Calcule el ancho de banda de la señal modulada.
- II) Obtenga las primeras 8 muestras de la secuencia discreta a tiempo de chip, $s[m]$, $m \in \{0, 1, \dots, 7\}$.
- III) Si la salida del filtro receptor a tiempo de chip, $f_c(t) = g_c(-t)$, es la que se muestra en la figura, obtenga las dos primeras observaciones a tiempo de símbolo, $q[0]$ y $q[1]$.



b) Ahora se emplea una modulación OFDM con $N = 4$ portadoras. La frecuencia de portadora es 200 MHz y el canal discreto equivalente a tiempo $T/(N + C)$

$$d[m] = \delta[m] - \delta[m-2].$$

- I) Transmitiendo sin prefijo cíclico, obtenga la secuencia de muestras $s[m]$ correspondiente a la transmisión de los 8 símbolos $A[n]$ dados, y calcule el ancho de banda de la señal modulada.
- II) Obtenga el tamaño del prefijo cíclico para transmitir sin ISI ni ICI utilizando el mínimo ancho de banda, calcule dicho ancho de banda, y obtenga las muestras $\tilde{s}[m]$ a transmitir en ese caso.

(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 matriz generadora

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

- Un código convolucional con la matrix generadora

$$G(D) = \begin{bmatrix} 1 + D & D + D^2 \end{bmatrix}.$$

a) Para el código bloque lineal:

- Calcule la distancia mínima.
- Obtenga la matriz de chequeo de paridad y la tabla de síndromes.
- Decodifique la siguiente palabra recibida usando decodificación por síndrome:

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

b) Para el código convolucional:

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

$$\mathbf{r} = [00 \ 11 \ 11 \ 11 \ 01].$$

c) ¿Cuál es la capacidad correctora de cada uno de los códigos?

(2 puntos)