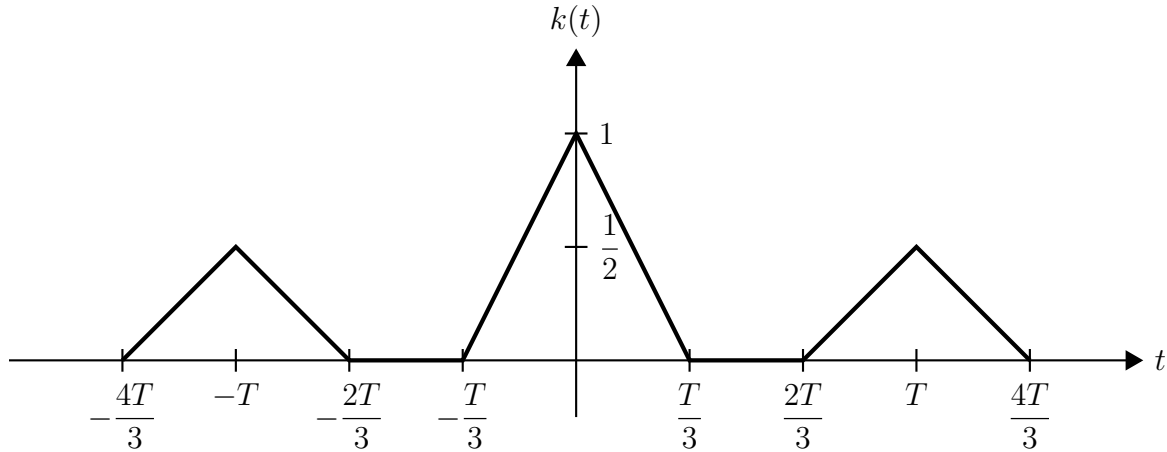


## Ejercicio 1

Un sistema digital de comunicaciones en banda base transmite una secuencia blanca de símbolos,  $A[n]$ , y emplea una modulación 8-PAM con niveles normalizados. La respuesta conjunta de los filtros transmisor y receptor,  $k(t)$ , se muestra en la siguiente figura



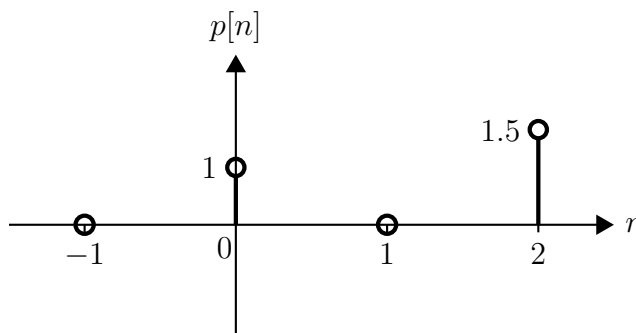
donde  $T$  es el período de símbolo, y el filtro receptor está adaptado al transmisor. Suponiendo que el ruido a la entrada del receptor,  $n(t)$ , es blanco con densidad espectral de potencia  $N_0/2$ , determine:

- El canal discreto equivalente para canales con respuestas al impulso  $h(t) = \delta(t)$  y  $h(t) = 2\delta(t - T)$ . ¿Existe interferencia entre símbolos (ISI)?
- La densidad espectral de potencia (DEP) de la señal transmitida,  $S_S(j\omega)$ .
- Si el ruido muestreado,  $z[n]$ , es blanco.

(2 puntos)

## Ejercicio 2

Considere un sistema digital de comunicaciones en banda base que emplea una modulación 2-PAM con niveles  $\{\pm 2\}$ , símbolos equiprobables y tiene una varianza del ruido discreto  $\sigma_z^2 = 0.01$ . Asimismo, el canal discreto equivalente viene dado en la siguiente figura:



- Obtenga el retardo del detector óptimo símbolo a símbolo sin memoria, y calcule la probabilidad de error exacta que se obtiene con dicho receptor y retardo para la decisión.
- Diseñe un igualador lineal sin limitación de coeficientes con el criterio de mínimo error cuadrático medio (MMSE) y obtenga su probabilidad de error.
- Ahora se analizará un igualador lineal de 4 coeficientes.
  - Presente el sistema a resolver para obtener los coeficientes del igualador con un retardo  $d = 1$  bajo el criterio forzador de ceros (no es necesario que lo resuelva, pero deber proporcionar los valores numéricos de todos los términos involucrados en el sistema).
  - Calcule la probabilidad de error aproximada para el mejor retardo, indicando el valor de dicho retardo, si los coeficientes del igualador son

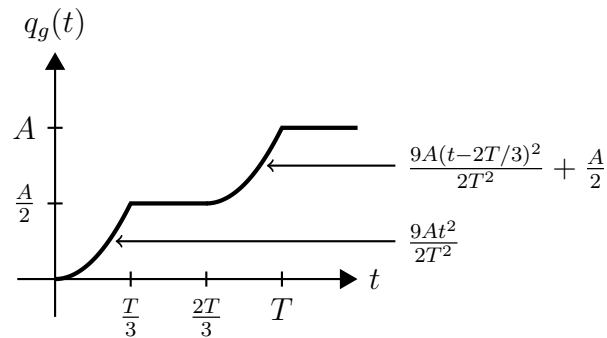
| $n$    | 0   | 1   | 2 | 3 |
|--------|-----|-----|---|---|
| $w[n]$ | 1.5 | 0.5 | 0 | 1 |

(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 si  $g(t)$  está normalizado



NOTA:  $q_g(t)$  se extiende hasta  $t = \infty$ .

(2 puntos)

## Ejercicio 4

- a) Se usa 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 |

para transmitir información en la banda de 870MHz – 880MHz. El filtro transmisor a tiempo de chip,  $g_c(t)$ , es un filtro en raíz de coseno alzado con factor de caída  $\alpha = 0.2$ . El canal discreto equivalente a tiempo de chip es

$$d[m] = \delta[m] + \frac{1}{4}\delta[m - 3].$$

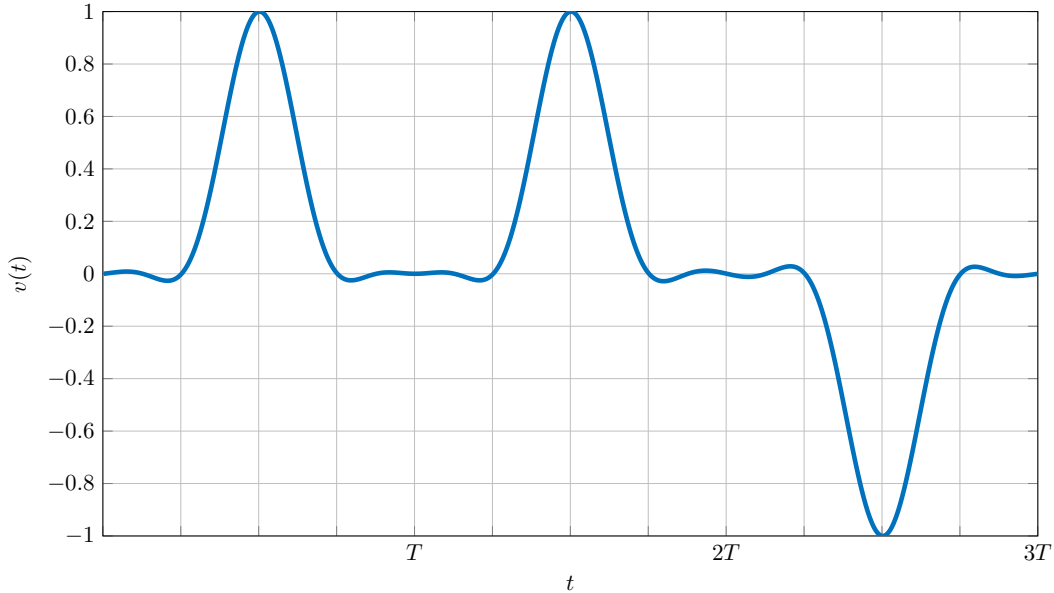
- i) Suponiendo que la secuencia de datos a transmitir es

| $n$    | 0  | 1  | 2  |
|--------|----|----|----|
| $A[n]$ | +1 | -1 | +3 |

obtenga las muestras a tiempo de chip,  $s[m]$ , para  $m = 0, 1, \dots, 11$ .

- ii) Calcule el canal discreto equivalente a tiempo de símbolo,  $p[n]$ . ¿Existe ISI? Justifique su respuesta.

- b) Considere un sistema OFDM con  $N = 4$  portadoras y que en cada una de ellas se usa una modulación 2-PAM con niveles normalizados. La señal a la salida del filtro receptor,  $v(t)$ , para una transmisión sin ruido ni prefijo cíclico se muestra en la siguiente figura



donde  $T$  denota el tiempo de símbolo. Suponga que no hay ni ISI ni ICI.

- i) Para esta señal  $v(t)$ , estime los 4 primeros símbolos transmitidos, es decir, los símbolos transmitidos en el intervalo  $(0, T)$ , suponiendo que  $p_{k,i}[n] = 2 \delta[n] \delta[k - i]$ .
- ii) Suponiendo que los símbolos transmitidos correspondientes al intervalo  $(T, 2T)$  son  $A_k[1] = -1, k = 0, \dots, 3$ , calcule los canales discretos equivalentes  $p_{k,i}[n]$ .

(2 puntos)

## Ejercicio 5

a) Un sistema de comunicaciones está equipado con un código bloque lineal con diccionario

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

- I) Obtenga la matriz generadora.
  - II) ¿Cuál es la capacidad correctora del código?
  - III) Calcule la tabla de síndromes.
  - IV) Si la secuencia recibida es  $\mathbf{r} = [1010111]$ , obtenga el mensaje transmitido.
- b) Debido a diversos problemas, se está considerando sustituir el código anterior por un código convolucional cuya matriz generadora es:

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

- I) Obtenga el diagrama de rejilla.
- II) La distancia mínima del código para salidas distintas si el decodificador usa salida dura.
- III) Si la secuencia recibida es  $\mathbf{r} = [101010110000]$ , obtenga el mensaje transmitido. Puede suponer que  $B_b[m] = 0$  para  $m < 0$  y  $m \geq 6$ .

NOTA: En los apartados correspondientes debe dejar clara evidencia de la aplicación del algoritmo empleado.

(2 puntos)