

COMUNICACIONES DIGITALES

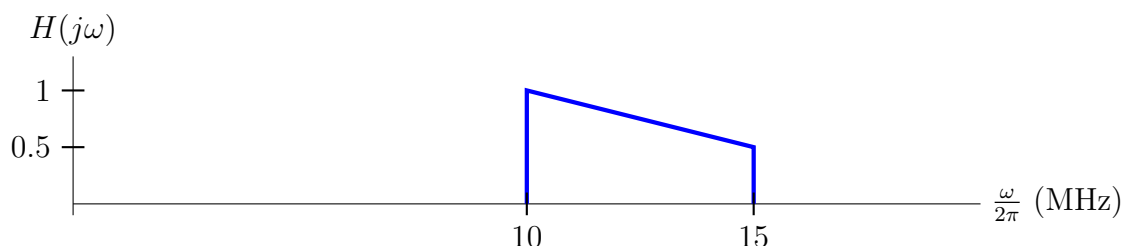
PARTE A

(Tiempo: 90 minutos. Puntos 5/10)

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

Ejercicio 1

Un sistema digital de comunicaciones transmite a una tasa de 16 Mbits/s en la banda de frecuencias entre 10 MHz y 15 MHz utilizando en transmisor y receptor filtros adaptados. La constelación es una M -QAM con niveles normalizados, y el ruido térmico es blanco, gaussiano, con densidad espectral de potencia $N_0/2$. La respuesta del canal en la banda asignada es la de la figura:



- a) En este caso se utiliza como filtro transmisor un filtro en raíz cuadrada de coseno alzado.
 - I) Obtenga los parámetros del filtro transmisor, el orden de la constelación y la frecuencia de portadora para transmitir a la tasa binaria requerida ocupando por completo el ancho de banda disponible.
 - II) Con ese filtro, represente de forma aproximada, etiquetando adecuadamente ambos ejes, la respuesta conjunta $P(j\omega)$, obtenga el canal discreto equivalente (en tiempo o en frecuencia) y discuta si hay o no interferencia entre símbolos (ISI).
 - III) Obtenga la densidad espectral de potencia del ruido muestreado a la salida del demodulador, $z[n]$, y discuta si este ruido es o no blanco.
- b) Ahora se quiere transmitir sin interferencia entre símbolos (ISI), utilizando todo el ancho de banda disponible.
 - I) Diseñe el filtro transmisor, en tiempo o en frecuencia.
 - II) Con el filtro diseñado, represente la respuesta conjunta $P(j\omega)$, y obtenga el canal discreto equivalente, en tiempo y en frecuencia.
 - III) Obtenga la densidad espectral de potencia del ruido $z[n]$, y discuta si este ruido es o no blanco.

(2 puntos)

Ejercicio 2

Un sistema de comunicaciones transmite a una tasa de 2 Mbits/s una constelación 4-PAM con niveles normalizados, $A[n]$ (o $I[n]$) $\in \{\pm 1, \pm 3\}$. Los primeros símbolos de la secuencia son

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

- a) Si la modulación es una modulación de espectro ensanchado por secuencia directa con factor de ensanchado 4 y secuencia de ensanchado

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

- i) Calcule las primeras 8 muestras a tiempo de chip, $s[m]$ para $m \in \{0, 1, \dots, 7\}$, necesarias para transmitir la secuencia $A[n]$ dada.
 - ii) Si el filtro transmisor a tiempo de chip es un filtro en raíz cuadrada de coseno alzado con factor de caída $\alpha = 0.2$, calcule el ancho de banda si se transmite en banda base.
- b) Ahora la modulación es una modulación OFDM con 4 portadoras y una frecuencia de portadora de 200 MHz.
- i) Calcule las muestras en tiempo discreto de la señal OFDM asociada a la transmisión de los 8 primeros símbolos de $A[n]$ si no se utiliza prefijo cíclico (indique claramente el instante temporal discreto asociado a cada muestra, de forma similar a las tablas anteriores).
 - ii) Calcule las muestras en tiempo discreto de la señal OFDM si ahora se utiliza un prefijo cíclico de longitud 2 (indicando los instantes temporales correspondientes).
 - iii) Calcule el ancho de banda de la señal modulada para los dos casos anteriores.
- c) En este caso se tiene una modulación CPM con índice de modulación $h = 2$ y con el siguiente filtro transmisor

$$g(t) = \begin{cases} A t, & \text{si } 0 \leq t < 10^{-6} \text{ seg.} \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

- i) Calcule el valor de la constante A y diga si se trata de una modulación de respuesta completa o de respuesta parcial explicando claramente la diferencia entre ambas variantes.
- ii) Dibuje el árbol de fases de la modulación para dos intervalos de símbolo.

(3 puntos)

COMUNICACIONES DIGITALES

PARTE B

(Tiempo: 90 minutos. Puntos 5/10)

Apellidos: Nombre: N° de matrícula o DNI: Grupo Firma	Calificación	
	3	
	4	
	T	

Ejercicio 3

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

$$p[n] = \delta[n] - 2 \delta[n - 2]$$

el ruido muestreado a la salida del demodulador es blanco y gaussiano con varianza $\sigma_z^2 = 0.2$, y se utiliza una constelación 2-PAM con niveles normalizados. Las observaciones a la salida del demodulador son

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$q[n]$	-0.7	+0.4	-1.1	-0.7	-0.7	+1.2	-0.2	+0.6	+1.2	+0.7	+0.3

- a) En este apartado se utiliza un detector símbolo a símbolo sin memoria.
 - i) Diseñe el detector símbolo a símbolo óptimo indicando claramente todas sus características (retardo y regiones de decisión), y obtenga las decisiones $\hat{A}[n]$ para $n \in \{0, 1, 2, 3\}$.
 - ii) Obtenga la probabilidad de error exacta del sistema.
- b) Ahora se utiliza un igualador de canal diseñado sin limitación de coeficientes.
 - i) Obtenga el igualador con criterio MMSE, y explique cómo se obtiene el retardo óptimo para este tipo de igualador.
 - ii) Calcule la probabilidad de error aproximada para este igualador.
- c) Ahora se tiene un igualador de 3 coeficientes, con valores

n	0	1	2
$w[n]$	-0.4	0	0.1

- i) Calcule la probabilidad de error aproximada para este igualador.

(2,5 puntos)

Ejercicio 4

a) Un código bloque lineal tiene la siguiente matriz generadora

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

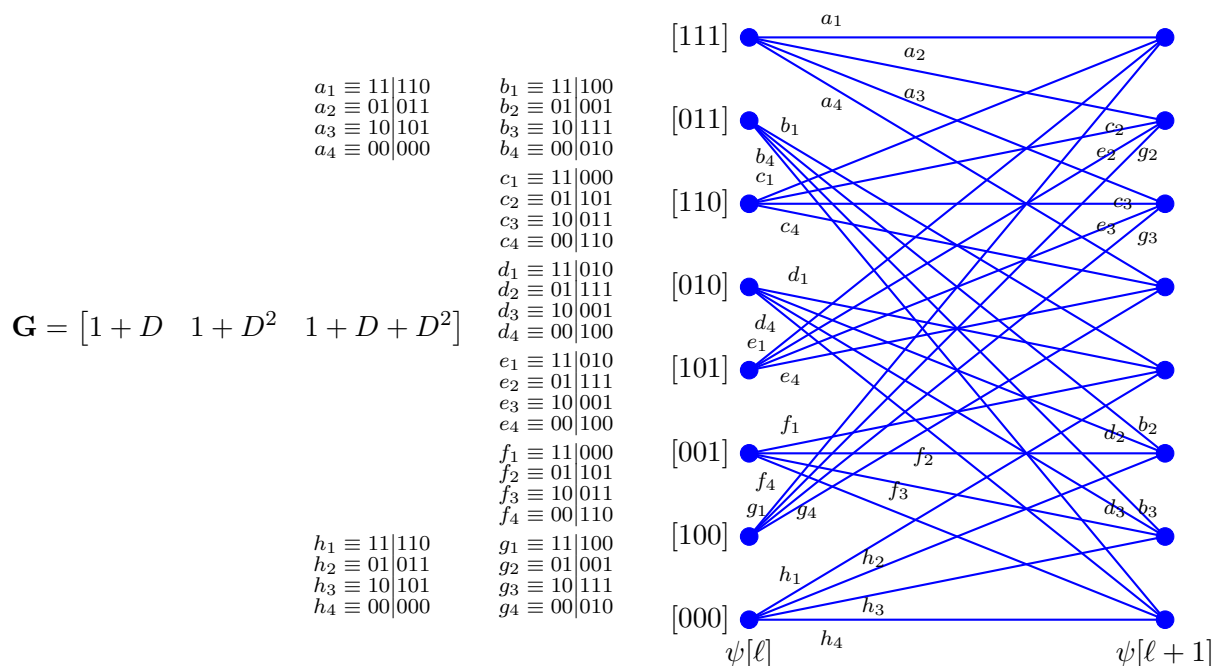
i) Obtenga los siguientes parámetros del código:

- Tasa del código.
- Mínima distancia del código, explicando cómo se ha obtenido, y número de errores que el código es capaz de detectar y de corregir trabajando sobre salida dura.
- Indique si el código es o no perfecto, explicando claramente por qué.

ii) Obtenga la matriz de chequeo de paridad y la tabla de síndromes, y utilizando el método de decodificación basado en síndrome y, detallando cada paso, decodifique la siguiente palabra recibida

$$\mathbf{r} = 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0$$

b) Ahora se tienen dos códigos convolucionales. Del primero se conoce su matriz generadora, y del segundo se conoce su diagrama de rejilla, que se muestran a continuación



- i) Para el segundo codificador, obtenga su representación esquemática y su matriz generadora.
- ii) Para el primer codificador, obtenga su representación esquemática y el diagrama de rejilla.
- iii) Para el primer codificador, decodifique los bits $B^{(0)}[0]$, $B^{(0)}[1]$ y $B^{(0)}[2]$ aplicando el algoritmo óptimo y asumiendo que cabeceras de ceros se han transmitido antes y después de estos 3 bits de datos, si la secuencia recibida (decisiones duras) es

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$R[m]$	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1

NOTA: debe proporcionar evidencia clara de la aplicación del algoritmo óptimo.

(2,5 puntos)