

# TRATAMIENTO Y TRANSMISIÓN DE SEÑALES

## PROBLEMAS TEMA 7

### TRANSMISIÓN DIGITAL EN BANDA BASE

1.- Un ordenador tiene una tasa binaria de salida de 56 Kbits por segundo. Esta señal se transmite utilizando un sistema PAM binario en banda base que ha sido diseñado para tener el espectro de pulso con forma de coseno alzado. Determinar el ancho de banda de transmisión para cada uno de los siguientes valores del factor de rolloff:

a)  $\rho = 0.25$

b)  $\rho = 0.5$

c)  $\rho = 0.75$

d)  $\rho = 1$ .

2.- Repetir el problema anterior si cada conjunto de 3 dígitos binarios sucesivos a la salida del ordenador se codifican en 8 niveles de amplitud, y la señal resultante se transmite utilizando un sistema PAM de 8 niveles diseñado para tener el espectro del pulso con forma de coseno alzado.

3.- Un señal PAM binaria se transmite por un canal paso bajo con un ancho de banda máximo absoluto de 75 KHz. La duración de cada bit es de 10  $\mu$ s. Encontrar el espectro del pulso con forma de coseno alzado que satisface esos requerimientos.

4.- Considerar un sistema de transmisión de datos en banda base a través de un canal idealizado cuya función de transferencia viene dada por:

$$H_c(f) = \begin{cases} H_c(0) & \text{para } |f| \leq B \\ 0 & \text{para el resto} \end{cases}$$

El sistema se diseña para que tenga el espectro del pulso con forma de coseno alzado para reducir el efecto de la interferencia entre símbolos a cero. Además se elige el filtro de transmisión y el filtro de recepción para minimizar la probabilidad de error media en el caso de que el ruido a la entrada del filtro receptor sea blanco, Gaussiano, con media cero y con densidad espectral de potencia  $N_0/2$ . Mostrar que en este caso la varianza del ruido a la salida del filtro receptor viene dada por:

$$\sigma_N^2 = \frac{N_0}{2 H_c(0)}$$

5.-

a) Se requiere un sistema binario PAM en banda base para transmitir datos a una tasa de 4800 bits por segundo a lo largo de un canal paso bajo ideal caracterizado por la función de transferencia:

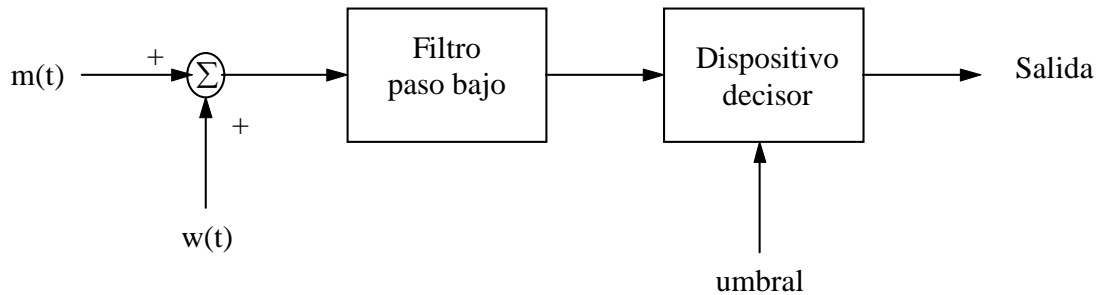
$$H_c(f) = \begin{cases} 1 & \text{para } |f| \leq 4.8 \text{ KHz} \\ 0 & \text{para el resto} \end{cases}$$

Se han elegido los filtros en transmisión y recepción de modo que sean la “mitad” (es decir, que ambos tengan la misma respuesta en frecuencia) de la forma del pulso requerido para minimizar la probabilidad de error media. Suponiendo que se utiliza un pulso cuyo espectro tiene forma de coseno alzado, especificar la respuesta en frecuencia de los filtros transmisor y receptor.

b) Si el ruido aditivo a la entrada del filtro receptor es blanco, Gaussiano, con media cero y densidad espectral de potencia  $N_0/2$ , siendo  $N_0 = 10^{-10}$  W/Hz, calcular la varianza del ruido resultante a la salida de este filtro.

c) Utilizando el resultado del apartado anterior, calcular el valor de pico de la potencia requerida para tener un valor de probabilidad de error media de  $10^{-5}$ .

6.- Considerar un sistema banda base M-ario que utiliza M niveles discretos de amplitud. El esquema receptor es el siguiente:



Suponer además que:

a) La componente de señal recibida es:

$$m(t) = \sum_n A_n \operatorname{sinc}\left(\frac{t}{T} - n\right)$$

donde  $1/T$  es la tasa de transmisión en baudios.

b) Los niveles de amplitud son  $A_n = \pm A/2, \pm 3A/2, \dots, \pm(M-1)A/2$  si  $M$  es par, y  $A_n = 0, \pm A, \dots, \pm(M-1)A/2$  si  $M$  es impar.

c) Los  $M$  niveles son equiprobables, y los símbolos transmitidos en slots de tiempo adyacentes son estadísticamente independientes.

d) El ruido  $w(t)$  a la entrada del receptor es blanco, Gaussiano, con media cero y densidad espectral de potencia  $N_0/2$ .

e) El filtro paso bajo es ideal con ancho de banda  $B = 1/2T$ .

f) Los umbrales usados por el decisor son  $0, \pm A, \dots, \pm(M-2)A/2$  si  $M$  es par y  $\pm A/2, \pm 3A/2, \dots, \pm(M-2)A/2$  si  $M$  es impar.

La probabilidad de error de símbolo en este sistema está definida por:

$$P_e = \left(1 - \frac{1}{M}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{A}{2\sqrt{2}\sigma}\right)$$

donde  $\sigma$  es la desviación estándar del ruido a la entrada del dispositivo decisor. Demostrar la validez de esta fórmula general determinando  $P_e$  para los siguientes tres casos:

1)  $M = 2$

2)  $M = 3$

3)  $M = 4$ .

7.- Una señal binaria que utiliza señalización polar se genera representando el símbolo 1 por un pulso de amplitud +1 volt y el símbolo 0 por un pulso de amplitud -1 volt; en ambos casos la duración del pulso es igual a la duración de bit. Esta señal se aplica a un filtro paso bajo RC con función de transferencia:

$$H(f) = \frac{1}{1 + \frac{j f}{f_0}}$$

Construir el diagrama de ojos para la señal a la salida del filtro para las siguientes secuencias:

a) Unos y ceros alternándose

b) Una larga secuencia de unos seguida de una larga secuencia de ceros.

c) Una larga secuencia de unos seguida por un único cero y después otra larga secuencia de unos.

Suponer una tasa binaria de  $2f_0$  bits por segundo.