

Boletín de problemas. Tema 5

Transmisión digital en banda base

Problema 5.1

Un ordenador genera palabras binarias de 16 bits a la velocidad de 20000 palabras por segundo.

- Calcule el ancho de banda necesario para transmitir la salida como una señal PAM binaria.
- Calcule M para que la salida se pueda transmitir como señal M -aria en un canal de $B = 60kHz$.

Problema 5.2

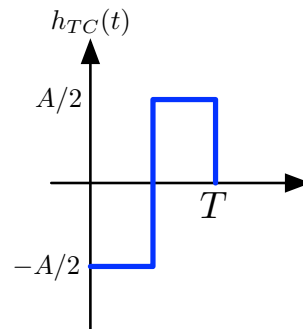
Considere una secuencia binaria b_n a partir de la cual formamos los símbolos $a_n = b_n + b_{n-1}$. Los b_n son variables aleatorias binarias incorreladas, que toman los valores $+1$ y -1 y tienen media cero y varianza unidad. Calcule la densidad espectral de potencia de la señal transmitida.

Problema 5.3

Calcule la $\left(\frac{S}{N}\right)_R$ para que un sistema binario unipolar con ruido blanco gaussiano aditivo tenga $P_e = 0.001$. ¿Cuál será la probabilidad de error de un sistema polar con la misma $\left(\frac{S}{N}\right)_R$.

Problema 5.4

Considere la señal $h_{TC}(t)$ de la figura:



- Determine la respuesta al impulso del filtro adaptado a esta señal y represéntela en función del tiempo.
- Dibuje la forma de onda de la respuesta al impulso global $h(t)$.

Problema 5.5

Se recibe una señal PAM $r(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n h(t - nT)$.

Dibuje dicha señal $r(t)$ y construya su diagrama de ojos, sin distorsión, para la siguiente secuencia de datos en formato unipolar: 1011100010.

$$h(t) = \cos^2\left(\frac{2\pi}{4T_b}t\right) \Pi\left(\frac{t}{2T_b}\right)$$

Problema 5.6

Un ordenador genera impulsos con una tasa de $R_b = 1\text{Mbps}$, para su transmisión por un canal ruidoso con densidad espectral de potencia $N_0/2 = 2 \cdot 10^{-20}\text{W/Hz}$. Se especifica que la tasa de error no debe superar el valor de 1 bit por hora. Se pide:

- Determinar la potencia de ruido del canal y la probabilidad de error de bit en el sistema.
- Supóngase que en el transmisor se incluye ahora una característica de transferencia con espectro en coseno alzado, con un exceso de ancho de banda del 75%, y que el sistema sea PAM cuaternario. Calcular el nuevo ancho de banda necesario para la transmisión.

Problema 5.7

Un sistema de transmisión en banda base recibe la siguiente señal:

$$r(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n \cdot h(t - nT)$$

donde T es el intervalo de símbolo, a_n es una secuencia polar equiprobable incorrelada que puede tomar valores $-A$ o $+A$, y $h(t)$ corresponde a una forma de impulso en coseno alzado con roll-off factor -exceso de ancho de banda- α . Se pide:

- Calcular la densidad espectral de potencia de la señal recibida.
- Dar el ancho de banda de la misma.

Problema 5.8

Considere una secuencia binaria b_n a partir de la cual formamos los símbolos $a_n = b_n - b_{n-1}$, los b_n son variables aleatorias binarias equiprobables e incorreladas, que toman los valores 1 y 0.

Calcule la densidad espectral de potencia de la señal transmitida para el caso en que el filtro transmisor tenga una respuesta al impulso:

$$h_T(t) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{T}} & 0 \leq t < T \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

Problema 5.9

Un sistema de comunicación digital transmite la señal:

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n \cdot h_T(t - nT)$$

donde b_n representa una secuencia de variables aleatorias discretas, independientes e idénticamente distribuidas (iid) que toman valores ± 1 con la misma probabilidad. La forma de onda del impulso transmitido es $h(t) = \frac{1}{\sqrt{T}} \cdot \Pi\left(\frac{t-T/2}{T}\right)$, la respuesta al impulso del canal es $h_c(t) = \delta(t)$ y el filtro receptor $h_R(t)$ está adaptado a $h_T(t)$. Se pide:

- Determinar la forma de onda de la respuesta al impulso global $h(t)$.
- Dibujar el diagrama de ojos de la señal de salida del filtro receptor antes de ser muestreada.
- Repetir el apartado a) para un canal con respuesta al impulso $h_c(t) = \delta(t) - 0.5 \cdot \delta(t - T)$.
- Calcular los valores de las muestras de la señal tomadas a la salida del filtro receptor, así como el valor de la interferencia entre símbolos (ISI) en cada una de ellas suponiendo que se ha transmitido la secuencia 1101.

$$\text{NOTA: } \Pi(t) = \begin{cases} 1 & -0.5 \leq t < 0.5 \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

RESULTADOS DEL PROBLEMA 9

1. $B_T \geq 160kHz$
2. $M = 8$

RESULTADOS DEL PROBLEMA 10

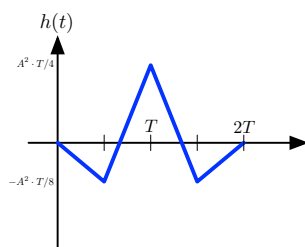
1. $S_x(\omega) = \frac{4}{T} |H(\omega)|^2 \cos^2 \left(\omega \frac{T}{2} \right)$

RESULTADOS DEL PROBLEMA 11

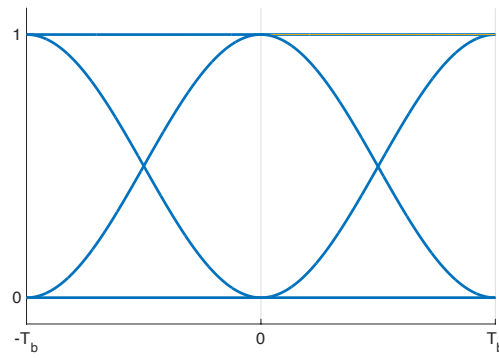
1. $\rho = \frac{E_s}{N_0/2} = 19,22$
 $P_e = Q(4,38) < 8.54 \cdot 10^{-6}$

RESULTADOS DEL PROBLEMA 12

1. $h_R(t) = h_{TC}(T - t)$
- 2.



RESULTADOS DEL PROBLEMA 13



RESULTADOS DEL PROBLEMA 14

1. $P_N = 2 \cdot 10^{-14}W$, $P_b = 2.7 \cdot 10^{-10}$
2. $B = 437.5kHz$

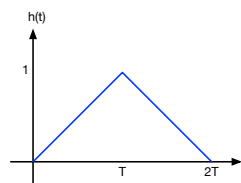
RESULTADOS DEL PROBLEMA 15

1. $S_r(\omega) = \frac{1}{T} \cdot |H(\omega)|^2 \cdot A^2$ con $H(\omega)$ la respuesta en frecuencia del filtro en coseno alzado.
2. $B = \pi \frac{1+\alpha}{T}$

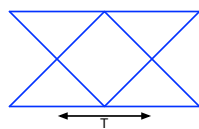
RESULTADOS DEL PROBLEMA 16

$$S_x(\omega) = \frac{4}{T^2\omega^2} \text{sen}^4\left(\frac{\omega T}{2}\right)$$

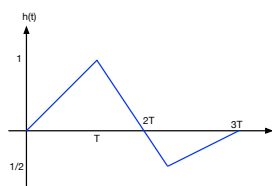
RESULTADOS DEL PROBLEMA 17



Apartado (a)



Apartado (b)



Apartado (c)