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.

a. Calcule el ancho de banda necesario para transmitir la salida como una señal PAM binaria.

b. Calcule M para que la salida se pueda transmitir como señal M-aria en un canal de $B = 60kHz$.

RESULTADO:

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

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.
RESULTADO:

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

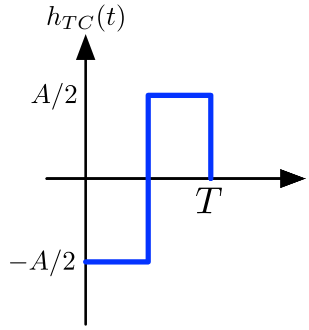
Problema 5.3

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 $\left(\frac{S}{N}\right)_R$.
RESULTADO:

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

Problema 5.4

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

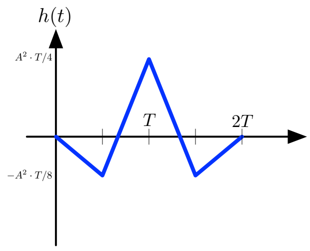


a. Determine la respuesta al impulso del filtro adaptado a esta señal y represéntela en función del tiempo.

b. Dibuje la forma de onda de la respuesta al impulso global $h(t)$.

RESULTADO:

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

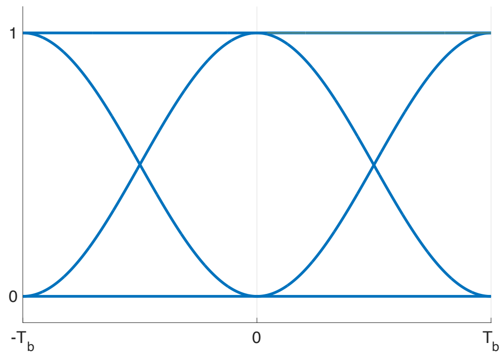


Problema 5.5

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.

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

RESULTADO:



Problema 5.6

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

a. Determinar la potencia de ruido del canal y la probabilidad de error de bit en el sistema.

b. 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 NRZ cuaternario. Calcular el nuevo ancho de banda necesario para la transmisión.

RESULTADO:

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

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:

a. Calcular la densidad espectral de potencia de la señal recibida.

b. Dar el ancho de banda de la misma.

RESULTADO:

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. $B = \pi \frac{1+\alpha}{T}$

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:

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

Resultado:

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

Problema 5.9

Un sistema de comunicación digital tiene 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 $h(t) = \frac{1}{\sqrt{T}} \cdot \prod\left(\frac{t-T/2}{T}\right)$, 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:

a. Determinar la forma de onda de la respuesta al impulso global $h(t)$.

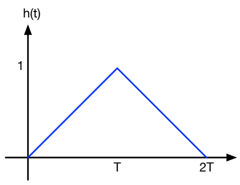
b. Dibujar el diagrama de ojos de la señal de salida del filtro receptor antes de ser muestrada.

c. Repetir el apartado a) para un canal con respuesta al impulso $h_c(t) = \delta(t) - 0.5 \cdot \delta(t - T)$.

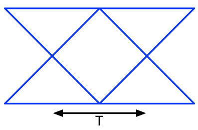
d. Calcular los valores de las muestras de la señal tomadas a la salida del filtro receptor, así como el valor de la interferencia entre símbolos (ISI) en cada una de ellas suponiendo que se ha transmitido la secuencia 1101.

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

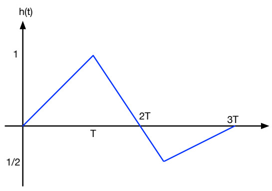
RESULTADO:



Apartado (a)



Apartado (b)



Apartado (c)