

## Boletín de problemas. Tema 6

### Transmisión digital paso banda

#### Problema 6.1

Calcule el valor esperado del número de errores de bit cometidos en un día por el receptor BPSK coherente especificado más abajo, cuando opera continuamente.

La velocidad de datos es de  $5000 \text{ bits/s}$ . Las señales digitales de entrada son  $s_1(t) = A \cdot \cos(\omega_p t)$  y  $s_2(t) = -A \cdot \cos(\omega_p t)$ , donde  $A = 1 \text{ mV}$  y la densidad espectral unilateral de potencia de ruido es  $N_0 = 10^{-11} \text{ W/Hz}$ .

RESULTADO:

2338 bits

#### Problema 6.2

Un sistema BPSK coherente que opera continuamente comete errores a razón de 100 errores al día como promedio. La velocidad de los datos es de  $1000 \text{ bits/s}$ . La densidad espectral unilateral de potencia de ruido es  $N_0 = 10^{-10} \text{ W/Hz}$ .

- Si el sistema es ergódico, ¿cual es la probabilidad media de error?
- Si el valor de la potencia media recibida se ajusta a  $10^{-6} \text{ W}$ , ¿será suficiente esta potencia para mantener la probabilidad de error calculada en el apartado a)?

RESULTADO:

- $1.16 \cdot 10^{-6}$
- No

#### Problema 6.3

La componente de señal de un sistema PSK coherente está definida por la expresión

$$s(t) = A_c k \sin(\omega_p t) \pm A_c \sqrt{1 - k^2} \cos(\omega_p t)$$

donde  $0 \leq t < T_b$ , y el signo más corresponde al símbolo 1 y el signo menos corresponde al símbolo 0. El primer término del segundo miembro de la igualdad representa una componente de portadora, incluida para facilitar la sincronización entre el receptor y el transmisor. Se pide:

- Dibujar la constelación de las señales descritas. ¿Qué observaciones pueden hacerse acerca de este diagrama?
- Mostrar que en presencia de ruido gaussiano aditivo de media nula y densidad espectral de potencia  $N_0/2$ , la probabilidad media de error es:

$$P_e = Q \left( \sqrt{\frac{2E_b}{N_0} (1 - k^2)} \right)$$

con  $E_b = \frac{1}{2} A_c^2 T_b$

- c. Suponga que el 10% de la potencia transmitida está ubicada en la componente de portadora. Determinar el valor de  $E_b/N_0$  necesario para obtener una probabilidad de error de  $10^{-4}$ .
- d. Compare este valor de  $E_b/N_0$  con el requerido en un sistema PSK convencional con la misma probabilidad de error.

RESULTADO:

1. Constelación de una PSK
2. Demostración
3.  $\frac{E_b}{N_0} = 8.02$
4.  $\frac{E_b}{N_0} = 7.22$

## Problema 6.4

Se desea comparar dos sistemas paso-banda de transmisión de datos. Uno de ellos utiliza 16-PSK y el otro 16-QAM. Ambos sistemas deben obtener una probabilidad media de error de símbolo igual a  $10^{-3}$ . Compare los requisitos de relación señal-ruido de estos dos sistemas.

RESULTADO:

$$\Delta \left( \frac{E_s}{N_0} \right) = 3.68dB$$

## Problema 6.5

Si el criterio de rendimiento de un sistema es la probabilidad de error de bit, ¿Cuál de los dos esquemas de modulación siguientes será el elegido para operar en un canal AWGN? Muestre los cálculos.

- a. FSK binaria ortogonal coherente con  $E_b/N_0 = 13dB$ .
- b. PSK binaria coherente con  $E_b/N_0 = 8dB$ .

RESULTADO:

FSK binaria ortogonal coherente