

Ejercicio 6

Sobre un canal se transmite datos binarios en FSK. El ancho de banda útil del canal está comprendido entre 1000 y 2800Hz. Las frecuencias de transmisión son $f_1 = 1.600$ Hz, para señalar el "1" y $f_0 = 2.200$ Hz, para señalar el "0". Se utiliza un modem que trabaja a una velocidad de modulación de 300 baudios. La relación señal a ruido en la recepción es de 7,093dB y densidad espectral de ruido (η) igual a 10^{-17} Watts/Hz.

Nota: Asuma ancho de banda equivalente de ruido 50% por encima del Ancho de banda mínimo ideal.

Se pide:

- La frecuencia portadora utilizada y la desviación de la misma.
- Ancho de banda mínimo ideal de la señal BFSK.
- Verificar si la separación entre las frecuencias cumple con las condiciones de ortogonalidad.
- La potencia de señal a la entrada.
- Armar el diagrama en bloques de un sistema full duplex (300 baudios de transmisión y otros 300 de recepción) utilizando dos moduladores idénticos al del recepción y transmisión para hacer un uso apropiado del ancho de banda del canal.
- Si utilizo una modulación de 16 QAM calcule cual sería la tasa de transmisión máxima binaria utilizando el mismo ancho de banda de FSK, calculado en b).

a)

El valor de la frecuencia de portadora (f_c) se obtiene como el punto intermedio entre f_1 y f_0 .

$$f_c = \frac{f_1 + f_0}{2} = \frac{1600Hz + 2200Hz}{2} = \frac{3800Hz}{2} = 1900Hz$$

La desviación de la frecuencia de portadora se calcula como:

$$\Delta F = \frac{f_0 - f_1}{2} = \frac{2200Hz - 1600Hz}{2} = \frac{600Hz}{2} = 300Hz$$

b)

El ancho de banda de transmisión mínimo se calcula como:

$$B_{Tmin} = 2.\Delta F + 2.B_{min}$$

Donde:

- B_{Tmin} es el ancho de banda de transmisión mínimo.
- B_{min} es el ancho de banda mínimo de la señal modulante.

$$B_{Tmin} = 2.\Delta F + 2.B_{min} = 2.\Delta F + 2.\frac{D}{2}$$

En FSK la tasa de símbolos es igual a la tasa de información:

$$D = R = 300bauds = 300Hz$$

Entonces:

$$B_{Tmin} = 2.\Delta F + R = 2.300Hz + 300Hz = 900Hz$$

c)

Para que las señales sean ortogonales:

- $s_{1(t)} = A_c \cdot \cos(\omega_1.t + \theta_c)$
- $s_{2(t)} = A_c \cdot \cos(\omega_2.t + \theta_c)$

$$(f_0 - f_1) \cdot (f_0 + f_1) \gg R$$

$$600Hz \cdot 3800Hz \gg R$$

$$2280000 \gg 300bps$$

Esta condición se cumple.

El valor de n debe ser un número entero.

$$2.\Delta F = f_0 - f_1 = \frac{n}{2.T_b} = \frac{n.R}{2}$$

$$n = \frac{4.\Delta F}{R} = \frac{4.300Hz}{300Hz} = 4$$

Esta condición también se cumple.

d)

La potencia de ruido se calcula como:

$$\langle n_0^2 \rangle = \langle n_1^2 \rangle + \langle n_2^2 \rangle$$

Considerando que la densidad espectral de ruido es igual para ambas señales:

$$\langle n_0^2 \rangle = 2 \cdot \langle n_1^2 \rangle = 2 \cdot (\eta \cdot B_{eq-n}) \cdot 2$$

$$\langle n_1^2 \rangle = (\eta \cdot B_{eq-n}) \cdot 2$$

De la consigna, se calcula el ancho de banda equivalente de ruido como:

$$B_{eq-n} = 1,5 \cdot B_{min} = 1,5 \cdot \frac{D}{2} = 1,5 \cdot \frac{300Hz}{2} = 225Hz$$

Entonces:

$$\langle n_0^2 \rangle = 4 \cdot \eta \cdot B_{eq-n} = 4 \cdot 10^{-17} \cdot 225 = 9 \cdot 10^{-15} W$$

La relación señal a ruido se puede expresar como:

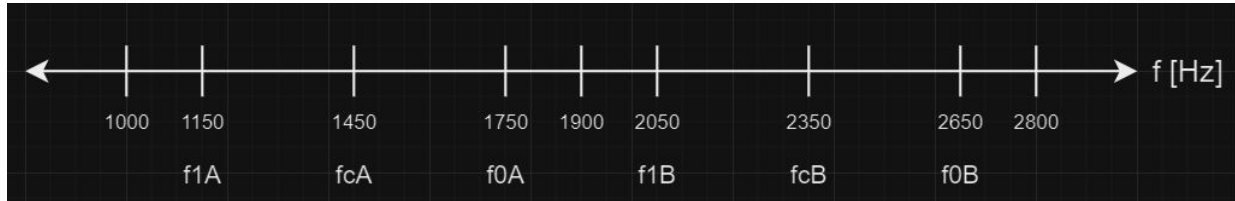
$$S/N = 7,093[dB] = 5,12[veces]$$

Por lo tanto, se puede calcular la potencia de señal a la entrada como:

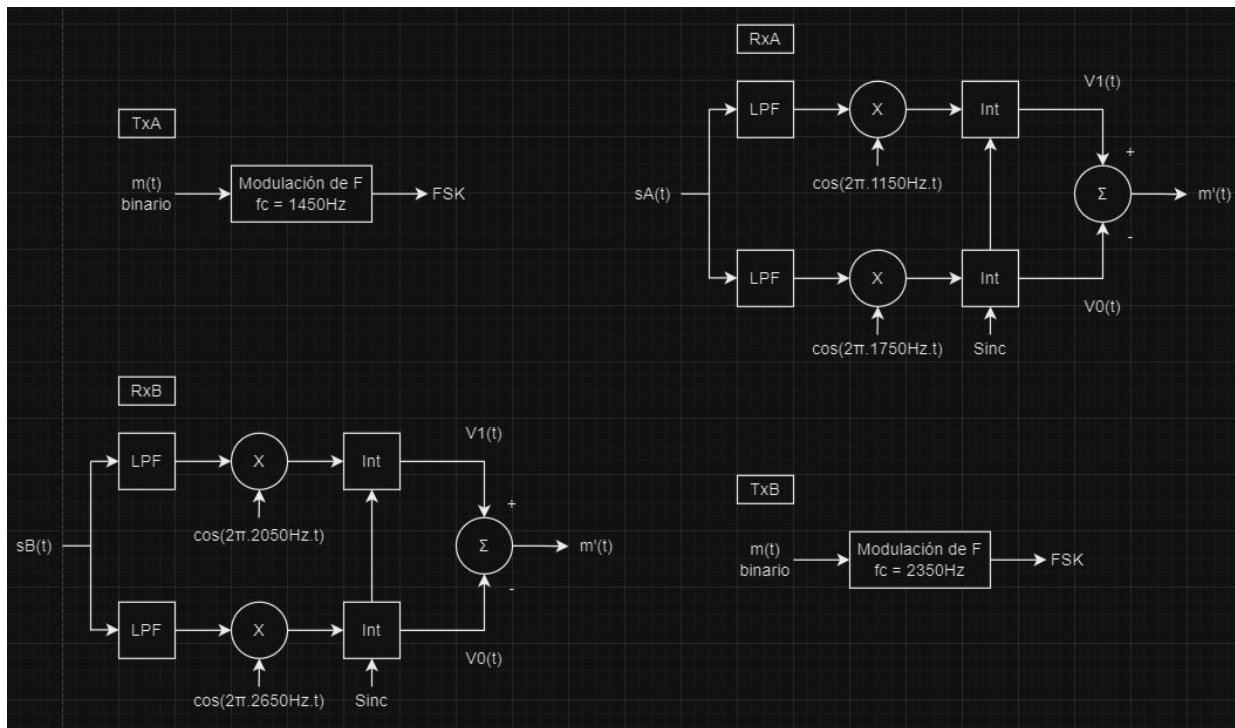
$$S = 5,12 \cdot \langle n_0^2 \rangle = 4,608 \cdot 10^{-14} W$$

e)

En el espectro, las frecuencias de portadora y las correspondientes a las señales de señalización, para el sistema full duplex, serían:



El diagrama en bloques del sistema full duplex se ve de la siguiente forma:



f)

Considerando una modulación 16-QAM, la cantidad de dígitos binarios es:

$$16 = 2^l \rightarrow l = 4$$

Teniendo en cuenta que:

$$B_{Tmin} = 900Hz$$

Entonces se puede calcular la tasa de transmisión máxima como:

$$R = \frac{B_{Tmin}.l}{2} = \frac{900Hz.4}{2} = 1800bps$$