

Ejercicio 10

Se tiene un enlace que puede configurarse para operar con:

- SSB con detector sincrónico sin filtro de postdetección,
- FM sin preénfasis con 25kHz de desvío pico de frecuencia,
- BPSK o QPSK con 8 bits por muestra, filtro de coseno realizado con roll-off de 0,25 en el transmisor y filtro óptimo acoplado en el receptor.

El transmisor puede operar a una potencia máxima de 10 W y soporta picos de hasta el quintuple de ese valor.

La señal se recibe con un superheterodino de doble conversión con ancho de banda equivalente de ruido 25% mayor que el de la señal transmitida y temperatura equivalente de ruido total de 100 K.

Se pide determinar la configuración del sistema (si es posible) para transmitir un mensaje analógico de 3,5 KHz de ancho de banda y factor de cresta de 3,981 con la mínima potencia de transmisión posible que permita entregar un mensaje con al menos 30 dB de relación señal a ruido considerando las siguientes condiciones:

- a) El canal tiene 140 dB de atenuación y 100 KHz de ancho de banda y la densidad espectral de ruido de entrada es de 10^{-20} W/Hz.
- b) El canal tiene 140 dB de atenuación y 65 kHz de ancho de banda y la densidad espectral de ruido de entrada es de 10^{-20} W/Hz.
- c) El canal tiene 140 dB de atenuación y 40kHz de ancho de banda y la densidad espectral de ruido de entrada es de 10^{-20} W/Hz.
- d) El canal tiene 140 dB de atenuación y 20kHz de ancho de banda y la densidad espectral de ruido de entrada es de 10^{-20} W/Hz.
- e) Indique como cambiaría la respuesta del inciso anterior si pudiese colocarse un repetidor ideal (no agrega ruido) que separe el enlace radial en dos secciones iguales.

$$B_{eq} = 1,25 \cdot B_{tx}$$

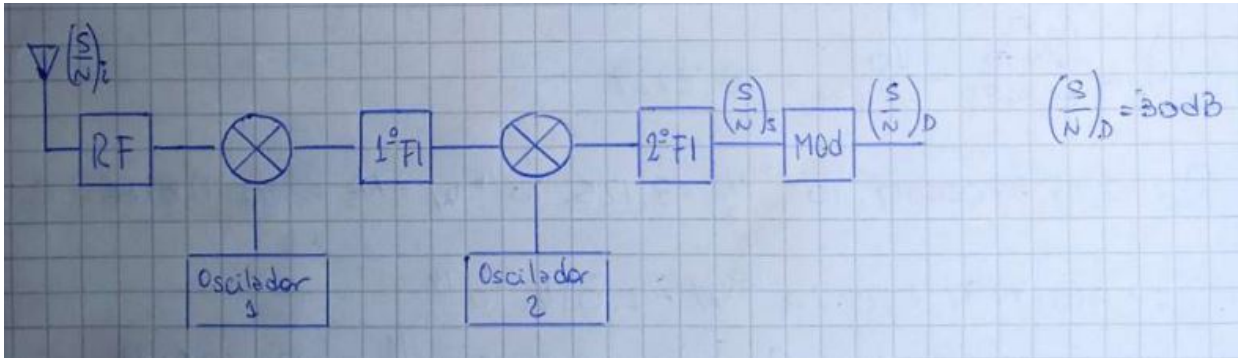
$$T_e = 100 \text{ K}$$

$$\eta = 10^{-20} \rightarrow T_i = \frac{\eta}{k} = 724,29 \text{ K}$$

$$P_{ao} = \eta \cdot B_{eq} = \eta \cdot 1,25 \cdot B_{tx}$$

$$T_e = \frac{P_{ao} - k \cdot T_i \cdot G_a \cdot B_{eq}}{k \cdot G_a \cdot B_{eq}} \rightarrow G_a = \frac{P_{ao}}{k \cdot B_{eq} \cdot (T_e + T_i)} = \frac{P_{ao}}{k \cdot 1,25 \cdot B_{tx} \cdot (T_e + T_i)}$$

Diagrama del sistema:



SSB

$$B_{tx} = 3,5 \text{ KHz}$$

$$SNR_d = \frac{A_c^2 \cdot \langle m_{(t)}^2 \rangle}{N_0 \cdot B}$$

$$SNR_s = \frac{A_c^2 \cdot \langle m_{(t)}^2 \rangle}{N_0 \cdot B}$$

$$\frac{SNR_s}{SNR_d} = 1 \rightarrow SNR_d = SNR_s = 30 \text{ dB}$$

$$P_{ao} = 1,25 \cdot 3500 \text{ Hz} \cdot 10^{-20} \frac{\text{W}}{\text{Hz}} = 4,375 \times 10^{-17} \rightarrow G_a = 0,8786 = -0,5616 \text{ dB}$$

$$SNR_s = 30 \text{ dB} \rightarrow S_s = 10^3 \cdot N_s = 10^3 \cdot P_{ao} = 4,375 \times 10^{-14}$$

$$S_i = \frac{S_s}{G_a} = 4,979 \times 10^{-14} = -133,03 \text{ dB}$$

$$S_{tx} = S_i[\text{dB}] + Att = \left\{ \begin{array}{l} -133,03 \text{ dB} + 140 \text{ dB} = 6,97 \text{ dB} \\ -133,03 \text{ dB} + 134 \text{ dB} = 0,97 \text{ dB} \end{array} \right\}$$

FM sin preénfasis

$$B_{tx} = 2 \cdot f_m + 2 \cdot \Delta f = 2 \cdot 3500 \text{ Hz} + 2 \cdot 25000 \text{ Hz} = 57000 \text{ Hz}$$

$$\beta = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{25000 \text{ Hz}}{35000 \text{ Hz}} = \frac{50}{7}$$

$$\beta_f = \frac{B_{eq}}{2 \cdot f_m} - 1 = \frac{1,25 \cdot 57000 \text{ Hz}}{2 \cdot 3500 \text{ Hz}} - 1 = 9,1785$$

$$SNR_d = \frac{B \cdot A_c^2 \cdot \beta_f^2 \cdot \frac{1}{(FC)^2}}{2 \cdot N_0 \cdot B}$$

$$SNR_s = \frac{A_c^2}{4 \cdot N_0 \cdot (\beta_f + 1) \cdot B_{eq}}$$

$$\frac{SNR_d}{SNR_s} = 6.\beta_f.(\beta_f + 1). \frac{1}{(FC)^2} = 35,3695$$

$$SNR_s = \frac{SNR_d}{35,3695} = \frac{10^3}{35,3695} = 28,2729$$

$$N_s = P_{ao} = 1,25.57000Hz.10^{-20} \frac{W}{Hz} = 7,125x10^{-16}W$$

$$G_a = 0,8786 = 0,5616dB$$

$$S_s = 28,2729.7,125x10^{-16}W = 2,014x10^{-14}W$$

$$S_i = \frac{S_s}{G_a} = 2,2927x10^{-14} = -136,3963dB$$

$$S_{tx} = S_i[dB] + Att = \left\{ \begin{array}{l} -136,3963dB + 140db = 3,6dB = 2,2928W \\ -136,3963dB + 134db = -2,39dB = 0,5759W \end{array} \right\}$$

BPSK

$$n = 8 \text{ bits} \rightarrow M = 2^8 = 256 \text{ niveles}$$

$$r = 0,25$$

$$l = 2$$

$$f = 3500Hz \rightarrow f \geq 7000Hz$$

$$R = n.f_s = 56000bps$$

$$D = \frac{2.B}{1+r} \rightarrow B = \frac{D.(1+r)}{2} = 35000Hz$$

$$C = B.1,25.\log_2(1 + SNR) = 43750Hz.\log_2(1 + 10^3) = 436066$$

Considerando que:

$$SNR = \frac{M^2 \cdot \frac{1}{(FC)^2}}{1 + 4.P_e.(M^2 - 1)}$$

Entonces:

$$P_e = \frac{M^2 - (FC)^2.SNR}{4.(M^2 - 1).(FC)^2.SNR} = \frac{(256)^2 - 3,981.10^3}{4.((256)^2 - 1).3,981.10^3} = 11,96x10^{-6}$$

$$K \approx 4,5 = \sqrt{\frac{A^2}{N_0.B_{eq}}}$$

$$S_s = A^2 = K^2.N_0.B_{eq} = 4,5^2.10^{-20}.1,25.35000Hz = 8,859x10^{-15}W$$

$$S_i = S_s.G_a = 7,78x10^{-15} = -141,08dB$$

$$S_{tx} = S_i[dB] + Att = \left\{ \begin{array}{l} -141,08dB + 140dB = -1,88dB = 0,778W \\ -141,08dB + 136dB = -5,08dB = 0,309W \end{array} \right\}$$

Con QPSK:

$$l = 4 \rightarrow D = \frac{56000}{4} = 14000 \text{ bauds} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} D < 100 \text{ KHz} \\ D < 65 \text{ KHz} \\ D < 40 \text{ KHz} \\ D < 20 \text{ KHz} \end{array} \right\}$$

Resultados

		Plx			
		SSB	FM	BPSK	QPSK
A# = 140dB	C = 100 kHz			-1,88dB	
	C = 65 kHz			0,778 W	0,778 W
	C = 40 kHz	6,97dB	3,60dB	No alcanza la capacidad del canal	-1,88dB
	C = 20 kHz	5 W	2,2929 W	No alcanza la capacidad del canal	
A# = 134dB	C = 100 kHz			-5,088dB	
	C = 65 kHz	0,97dB	-2,39dB	0,309 W	0,309 W
	C = 40 kHz	1,25 W	0,5759 W	No alcanza la capacidad del canal	-5,088dB
	C = 20 kHz			No alcanza la capacidad del canal	