

Primer parcial, noviembre de 2017

Apellidos: ..... Nombre: .....

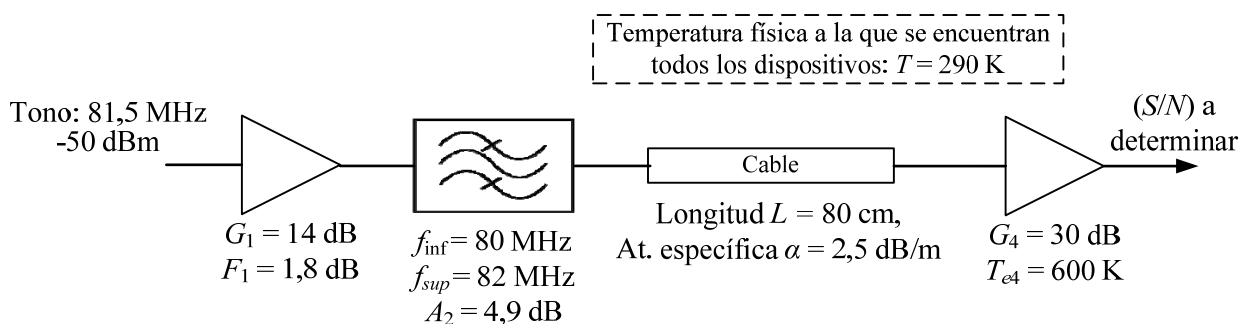
Contestar cada problema tras el enunciado. Si necesita espacio adicional, utilice una hoja de examen.

**PROBLEMA 1.** El sistema representado en la figura consta de los siguientes elementos:

- Amplificador de ganancia  $G_1 = 14$  dB y figura de ruido  $F_1 = 1,8$  dB.
- Filtro paso banda. Se indican en la figura las frecuencias de corte inferior y superior, así como la atenuación en la banda de paso.
- Cable de longitud 80 cm y atenuación específica 2,5 dB/m.
- Amplificador de ganancia 30 dB y temperatura equivalente 600 K.

A la entrada del sistema se introduce un tono de frecuencia 81,5 MHz y potencia -50 dBm; el ruido que se introduce al sistema es despreciable.

Todo el sistema se encuentra a temperatura física  $T = 290$  K. Constante Boltzmann  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K.



- 1) Determinar la temperatura equivalente de ruido del sistema. (25%)
- 2) Determinar la relación señal a ruido,  $S/N$  (dB), a la salida del sistema. (30%)
- 3) Se sabe que el punto de compresión a 1 dB del primer amplificador es  $P_{1\text{dB}} = -30$  dBm. ¿Puede considerarse que está trabajando en zona lineal? Justificar matemáticamente la respuesta. (15%)
- 4) Se conecta un analizador de espectros a la salida del sistema; suponga que su figura de ruido es despreciable. En la plantilla adjunta, dibujar el espectro que se visualizaría en la pantalla; fíjese en la configuración del equipo que se indica. No olvide representar el ruido. (30%)

Frecuencia central: 81,3 MHz

SPAN: 1 MHz.

Factor de escala vertical: 10 dB/división

Nivel de referencia: -10 dBm

Ancho de banda de resolución, *RBW*: 30 kHz

[illegible]

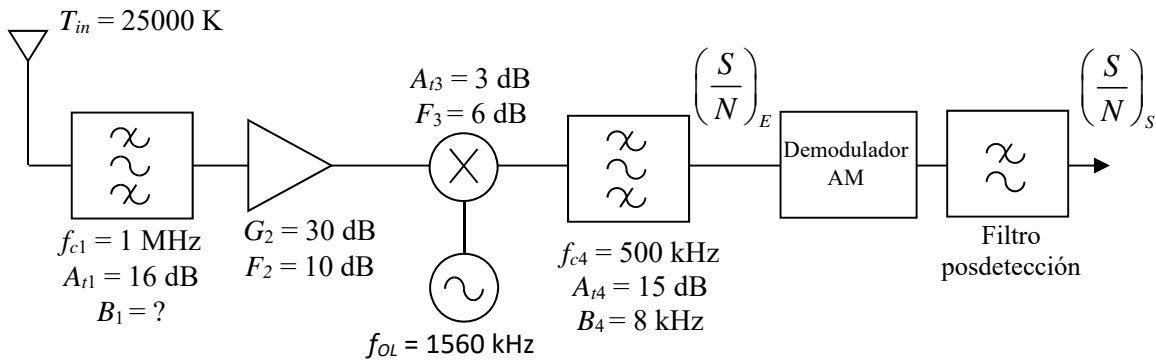
# TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN

Primer parcial, noviembre de 2017

Apellidos: ..... Nombre: .....

Contestar cada problema tras el enunciado. Si necesita espacio adicional, utilice una hoja de examen.

**PROBLEMA 2.** Se desea diseñar un receptor para recibir las emisoras de onda media que se encuentran situadas entre 600 kHz y 1800 kHz. La separación entre emisoras es de 10 kHz. El esquema en bloques del receptor es el siguiente:



- 1) Calcular el ancho de banda del primer filtro paso banda,  $B_1$ , supuesta una función de transferencia rectangular **centrada** en la frecuencia de 1 MHz. (15%)

En un momento dado la antena recibe una señal modulada AM de potencia  $600 \mu\text{W}$  e índice de modulación del 50%. Se sabe que la potencia de la señal moduladora es 1 W, su tensión de pico de 5 V y su ancho de banda de 4 kHz. El sistema está adaptado, con  $R = 50 \Omega$ , y la temperatura física de todos los elementos es 300 K.

- 2) Determine la frecuencia que lleva la portadora de la señal recibida. Como puede verse en la figura, la señal pasa por un mezclador con frecuencia de oscilador local  $f_{OL} = 1560 \text{ kHz}$ , es filtrada por el segundo filtro paso banda (centrado en 500 kHz) y posteriormente demodulada. (15%)
- 3) Escriba la expresión temporal de la señal recibida en la antena, indicando claramente el valor de amplitudes. (25%)
- 4) Calcular la temperatura de ruido equivalente del conjunto formado por los dos filtros, el amplificador y el mezclador. (20%)
- 5) Calcular el parámetro  $z$  (unidades naturales) del sistema. (15%)
- 6) Calcular la calidad a la salida del sistema,  $(S/N)_S$  (dB). (10%)

## SOLUCIONES

### Problema 1

1) La conversión entre factor de ruido y temperatura equivalente se hace siempre con  $T_0 = 300$  K, independientemente de la temperatura física a la que se encuentre el dispositivo. La determinación de la temperatura equivalente en elementos pasivos (filtros, cables...) sí depende de la temperatura física.

$$T_{e1} = 300(f_1 - 1) = 154 \text{ K}$$

$$T_{e2} = 290(a_2 - 1) = 606,2 \text{ K}$$

$$T_{e3} = 290(a_3 - 1) = 169,6 \text{ K}$$

$$T_e = 154 + \frac{606,2}{25,1} + \frac{169,6}{25,1 \cdot \frac{1}{3,1}} + \frac{600}{25,1 \cdot \frac{1}{3,1} \cdot \frac{1}{1,6}} = 317,7 \text{ K}$$

2)

$$B = 82 - 80 = 2 \text{ MHz}$$

$$n = k \cdot T_e \cdot B = 8,77 \cdot 10^{-15} \text{ W}$$

$$\left(\frac{s}{n}\right) = \frac{10^{-8} \text{ W}}{8,77 \cdot 10^{-15}} = 1140576 \rightarrow \left(\frac{S}{N}\right) = 60,6 \text{ dB}$$

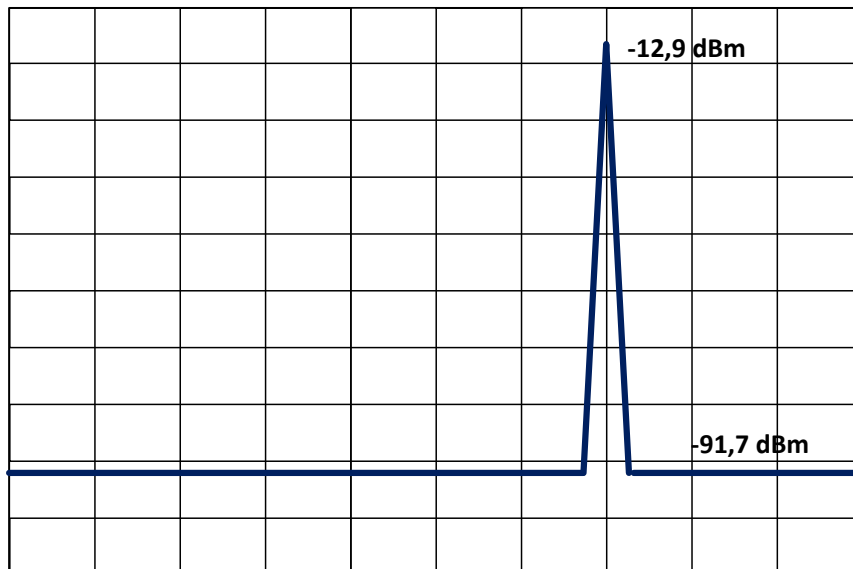
3) Sí. Un tono de potencia -43 dBm haría trabajar al amplificador justo en su punto de compresión a 1 dB, ya que  $-43 = P_{\text{1dB}} - (G_0 - 1) = -30 - (14 - 1)$ . El tono que realmente se introduce tiene una potencia bastante inferior, luego puede considerarse a todos los efectos que hará trabajar al amplificador en su zona lineal.

O utilizando otro razonamiento análogo, al introducir -50 dBm – y suponiendo en primera instancia una ganancia de 14 dB – resulta a la salida -36 dBm, potencia bastante inferior a  $P_{\text{1dB}}$ .

4) Ganancia total del sistema: 37,1 dB ( $g = 5128$ )

$$\text{Tono: } -50 \text{ dBm} + 37,1 = -12,9 \text{ dBm}$$

$$\text{Suelo de ruido: } k \cdot T_e \cdot g \cdot \text{RBW} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 317,7 \cdot 5128 \cdot 30000 = 6,7 \cdot 10^{-13} \text{ W} = -91,7 \text{ dBm}$$



## Problema 2

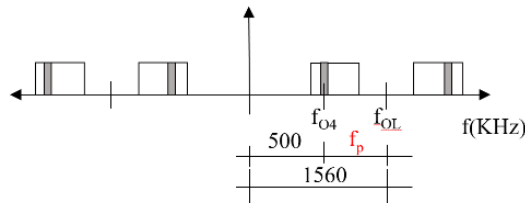
1)

$$\left. \begin{array}{l} f_c = 1 \text{ MHz} \\ f_s = 1800 \text{ kHz} \\ f_i = 600 \text{ kHz} \end{array} \right\} \begin{array}{l} |f_s - f_c| = 800 \text{ kHz} \\ |f_c - f_i| = 400 \text{ kHz} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} f_c = 1 \text{ MHz} \\ f_s = 1800 \text{ kHz} \\ f_i = 600 \text{ kHz} \end{array}} \right\} \text{se toma la diferencia mayor, 800 kHz.}$$

Por tanto el ancho de banda del filtro deberá ser de  $B = 2 \cdot 800 \text{ kHz} \Rightarrow \boxed{B = 1600 \text{ kHz}}$

Al estar centrado en 1 MHz  $\begin{cases} f_{ci} = 200 \text{ kHz} \\ f_{cs} = 1800 \text{ kHz} \end{cases}$

2)



Por lo que  $f_p = 1560 - 500 = \boxed{f_p = 1060 \text{ kHz}}$

3) Como se trata de una señal modulada en AM, será de la forma:  $x(t) = A \cdot [1 + m \cdot x_n(t)] \cdot \cos(\omega_c \cdot t)$

donde:  $m = 0,5$ ;  $\omega_c = 2\pi \cdot 1060 \cdot 10^3$

$$\left. \begin{array}{l} p_y = \frac{A^2}{2R} (1 + m^2 \langle x_n^2(t) \rangle) = 600 \cdot 10^{-6} \text{ W} \\ p_x = \frac{\langle x^2(t) \rangle}{R} = 1 \text{ W} \Rightarrow \langle x^2(t) \rangle = 50 \text{ V}^2 \\ \langle x_n^2(t) \rangle = \frac{\langle x^2(t) \rangle}{x_p^2} = \frac{50}{5^2} = 2 \text{ V}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow 600 \cdot 10^{-6} = \frac{A^2}{2 \cdot 50} (1 + 0,5^2 \cdot 2) \Rightarrow A = 200 \text{ mV}$$

$$\boxed{x_{AM}(t) = 0,2 [1 + 0,5 \cdot x_n(t)] \cos(2\pi \cdot 1060 \cdot 10^3 \cdot t) \text{ V}}$$

4)

$$\left. \begin{array}{l} T_{e1} = T_0 \cdot (f_1 - 1) = 300 \cdot (10^{1,6} - 1) = 11643 \text{ K} \\ T_{e2} = T_0 \cdot (f_2 - 1) = 300 \cdot (10^1 - 1) = 2700 \text{ K} \\ T_{e3} = T_0 \cdot (f_3 - 1) = 300 \cdot (10^{0,6} - 1) = 900 \text{ K} \\ T_{e4} = T_0 \cdot (f_4 - 1) = 300 \cdot (10^{1,5} - 1) = 9187 \text{ K} \end{array} \right\}$$

$$T_e = T_{e1} + \frac{T_{e2}}{\frac{1}{a_1} \frac{1}{g_2}} + \frac{T_{e3}}{\frac{1}{a_1} \frac{1}{g_2} \frac{1}{a_3}} + \frac{T_{e4}}{\frac{1}{a_1} \frac{1}{g_2} \frac{1}{a_3}} = 11643 + \frac{2700}{\frac{1}{40}} + \frac{900}{\frac{1}{40} \frac{1000}{1000}} + \frac{9187}{\frac{1}{40} \frac{1000}{1000} \frac{1}{2}} \Rightarrow \boxed{T_{eT} = 120414 \text{ K}}$$

$$5) z = \frac{p_R}{k \cdot (T_{in} + T_e) \cdot W} = \frac{600 \cdot 10^{-6}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot (25000 + 120414) \cdot 4000} \Rightarrow \boxed{z = 7,5 \cdot 10^{10}}$$

$$\boxed{Z = 108,75 \text{ dB}}$$

$$6) \left( \frac{s}{n} \right)_s = z \frac{m^2 \langle x_n^2(t) \rangle}{1 + m^2 \langle x_n^2(t) \rangle} = 7,5 \cdot 10^{10} \frac{0,5^2 \cdot 2}{1 + 0,5^2 \cdot 2} = 2,5 \cdot 10^{10} \Rightarrow \boxed{\left( \frac{S}{N} \right)_s = 104 \text{ dB}}$$