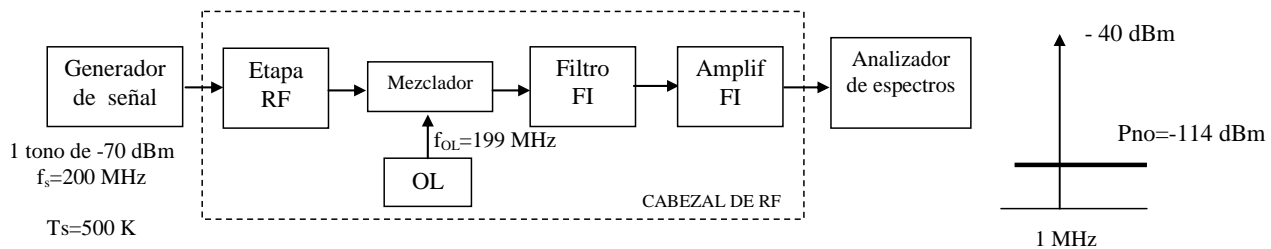


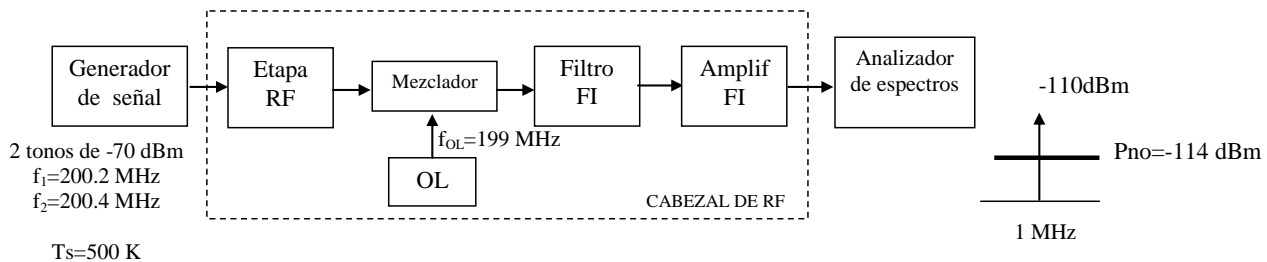
Problema (5p)

Se utiliza un analizador de espectros para caracterizar el cabezal de RF de un receptor sintonizado a 200 MHz con frecuencia intermedia 1 MHz. A la entrada se conecta un generador con temperatura equivalente de ruido 500 K y se llevan a cabo las siguientes dos medidas:

Medida 1: Se inyecta a la entrada un tono de -70 dBm a la frecuencia de 200 MHz y se observa a la salida un tono de -40 dBm de potencia a 1 MHz. También se observa un nivel de ruido de -114 dBm.



Medida 2: Se inyectan a la entrada dos tonos de -70 dBm a las frecuencias 200.2 y 200.4 MHz. A la salida se observa en la pantalla del analizador un tono de -110 dBm a 1 MHz, así como un nivel de ruido de -114 dBm.



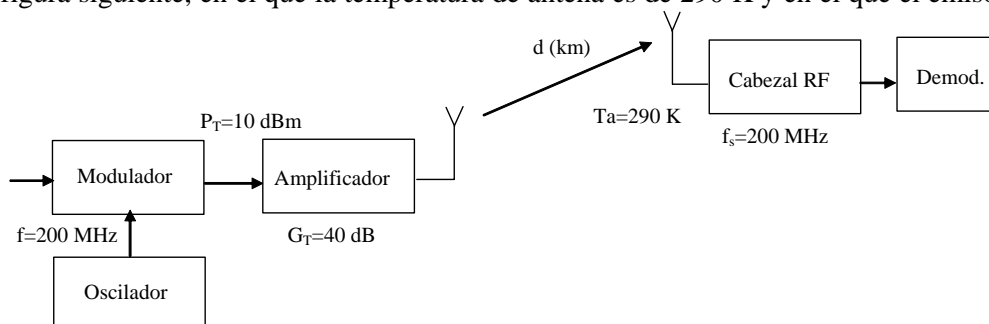
El analizador de espectros puede modelarse como un filtro de banda $B_A = 100$ Hz que se va desplazando por el rango de frecuencias que se desea mostrar en pantalla. Su factor de ruido es de $F_A = 3$ dB, su ganancia de $G_A = 0$ dB y puede suponerse totalmente lineal.

Los parámetros característicos del cabezal de RF son:

- Mezclador: $G_m = -6$ dB, $NF_m = 10$ dB, $IP_{i,m} = -7$ dBm (prod. de 3r orden)
- Filtro de FI: Pérdidas de inserción: $L = 2$ dB, Selectividad: $\Delta = 30$ dB, $B_{FI} = 200$ kHz.
- Amplif. de FI: $G_{FI} = 15$ dB, $NF_{FI} = 8$ dB, $IP_{i,FI} = -20$ dBm (prod. de 3r orden), $B_{FI} = 200$ kHz
- Temperatura física del receptor: $T_o = 290$ K. Cte de Boltzmann: $K = 1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K

Se pide:

- Calcular el factor de ruido de la etapa de RF.
- Calcular el punto de intercepción a la entrada para los productos de tercer orden de la etapa de RF.
- El cabezal de RF anterior, ya integrado en su receptor, se pone en funcionamiento en el entorno mostrado en la figura siguiente, en el que la temperatura de antena es de 290 K y en el que el emisor está a una distancia de d (km). Si se desea obtener a la entrada del demodulador una $SNR = 20$ dB, determinar la máxima distancia d a la que podrá encontrarse el receptor.



Se desea obtener a la entrada del demodulador una $SNR = 20$ dB, determinar la máxima distancia d a la que podrá encontrarse el receptor.

Nota: Las pérdidas de propagación vienen dadas por:
 $L_p(\text{dB}) = 128.1 + 37.6 \log_{10} d(\text{km})$

- Sabiendo que el amplificador del emisor presenta un punto de intercepción para el tercer armónico de 50 dBm, determinar la potencia que se estará radiando a la frecuencia de este tercer armónico.

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ
EMISSORS I RECEPTORS

Grup 40. Quadrimestre Tardor. Novembre 2009.

NOMBRE:

Test (5p) Marcar únicamente una respuesta en cada pregunta. Los errores descuentan 1/3.

1.- Un cuadripolo presenta una relación entrada/salida de la forma $y(t)=a_1x(t)+a_2x^2(t)-a_3x^3(t)$. Cuando a la entrada se inyectan dos tonos $I_1\cos\omega_1t+ I_2\cos\omega_2t$, ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación a los términos de salida?

- a) La amplitud del término a ω_1 depende de a_2 y a_3
- b) Existen productos de intermodulación de orden 4.
- c) La amplitud de los productos de intermodulación de orden 3 depende de a_2
- d) La amplitud del término a ω_2 depende del valor de I_1

2.- Se inyecta sobre un amplificador un tono de potencia -90 dBm a la frecuencia de 900 MHz, observándose a la salida una señal a la misma frecuencia de -60 dBm. En una segunda medida se inyectan dos tonos de potencia -40 dBm a las frecuencias de 900.1 MHz y 900.2 MHz, y se observa a la salida un tono de amplitud -60 dBm a la frecuencia de 900 MHz. ¿Cuál es el punto de intercepción a la entrada del amplificador para los productos de intermodulación de tercer orden?

- a) 15 dBm
- b) -15 dBm
- c) 35 dBm
- d) -90 dBm

3.- ¿Dónde se refleja la asignación de las bandas de frecuencia a los diferentes servicios de radiocomunicaciones a nivel del estado español?

- a) En el CNAF
- b) En la ETSI
- c) En la ITU-R
- d) En la WRC

4.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación a la codificación de canal?

- a) Permite comprimir la información enviada para que ocupe un ancho de banda más pequeño en el canal.
- b) Para conseguir una cierta tasa de error a la salida de un receptor, al utilizar codificación de canal se requerirá una mayor S/N a la entrada que si no se utilizara la codificación.
- c) Se combina con un proceso de entrelazado que se ejecuta antes de la codificación.
- d) Ninguna de las anteriores.

5.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación al efecto del jitter de apertura de un conversor A/D?

- a) El jitter de apertura está asociado al número de bits del conversor A/D.
- b) La degradación ocasionada por el jitter de apertura es más importante cuando la señal muestreada presenta frecuencias elevadas.
- c) La degradación ocasionada por el jitter de apertura no depende de la frecuencia de la señal muestreada.
- d) Ninguna de las anteriores

6.- Un receptor de TV presenta una sensibilidad de $30\mu V_{ef}$ (sobre una impedancia de 75Ω) para obtener a la salida del cabezal de RF una $SNR=25$ dB. Sabiendo que esta medida se ha efectuado con una fuente de ruido a $T_0=290$ K a la entrada, que la ganancia del cabezal de RF es de 30 dB y que el ancho de banda de ruido es de 6 MHz ¿cuál es el ruido interno generado por el cabezal?

- a) -78.6 dBm
- b) -108.6 dBm
- c) -81.6 dBm
- d) -63.4 dBm

7.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación a los circuitos mezcladores?

- a) El aislamiento RF-FI de un mezclador mide la relación de potencias entre la señal de entrada a la frecuencia de RF y la señal de salida a la frecuencia de FI.
- b) Si el aislamiento OL-FI de un mezclador es finito, a la salida no habrá ninguna señal a la frecuencia del oscilador local.
- c) En un mezclador pasivo la potencia de señal a FI medida a la salida será inferior a la potencia de señal a RF medida a la entrada.
- d) Ninguna de las anteriores.

8.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta para un receptor superheterodino?

- a) Interesa escoger un valor de frecuencia intermedia que caiga dentro del rango de frecuencias de sintonía.
- b) El filtro de RF deberá introducir una selectividad elevada sobre los canales adyacentes
- c) La frecuencia del OL será siempre superior a la frecuencia del canal sintonizado a la entrada.
- d) Ninguna de las anteriores

9.- Se coloca un atenuador pasivo con pérdidas de $L=10$ dB delante de un receptor que presenta un punto de intercepción a la entrada para los productos de tercer orden de -20 dBm. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta para el conjunto atenuador + receptor?

- a) El punto de intercepción para los productos de tercer orden a la entrada será de -10 dBm.
- b) El punto de intercepción para los productos de tercer orden a la entrada será de -30 dBm.
- c) El punto de intercepción para los productos de tercer orden a la entrada dependerá de la temperatura física.
- d) El punto de intercepción para los productos de tercer orden a la entrada será de -5 dBm.

10.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación a las técnicas de acceso múltiple?

- a) La técnica FDMA era la que empleaban los primeros sistemas de comunicaciones y hoy en día ya no se utiliza.
- b) En la técnica CDMA las transmisiones son simultáneas en tiempo y emplean la misma frecuencia.
- c) La técnica TDMA únicamente puede utilizarse con un duplexado TDD.
- d) En la técnica CDMA las transmisiones emplean la misma frecuencia pero no son totalmente simultáneas en tiempo, ya que sino no se podrían separar en el receptor.

Solución Problema - GRUPO 40:

a) A partir de la potencia de salida en la primera medida se obtiene la ganancia del cabezal como:

$$G_C(\text{dB}) = P_o(\text{dBm}) - G_A(\text{dB}) - P_i(\text{dBm}) = -40 \text{ dBm} - 0 \text{ dB} + 70 \text{ dBm} = 30 \text{ dB}$$

La ganancia de la etapa de RF: $G_{RF} = G_C - G_m + L - G_{FI} = 23 \text{ dB}$

La potencia total de ruido a la salida será:

$$P_{no} = G_A G_C \cdot K (T_s + T_o (F_{TOT} - 1)) B_A = -114 \text{ dBm} \Rightarrow F_{TOT} = 9.22$$

$$F_{TOT} = F_{RF} + \frac{F_m - 1}{G_{RF}} + \frac{L \cdot F_{FI} - 1}{G_{RF} G_m} + \frac{F_F - 1}{G_{RF} G_m G_{FI} / L} = F_{RF} + \frac{10 - 1}{10^{2.3}} + \frac{10^{0.2} 10^{0.8} - 1}{10^{2.3} 10^{-0.6}} + \frac{10^{0.3} - 1}{10^{2.3} 10^{-0.6} 10^{1.5} 10^{-0.2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{F_{RF} = 9}$$

b) La relación entre la potencia de salida entre la medida 1 y la medida 2 es justamente el rechazo a la salida para el producto de tercer orden mostrado (que corresponde en la medida 2 a la frecuencia de 1 MHz = f_{FI} , ya que la frecuencia de sintonía coincide con $2f_1 - f_2$). Así pues, $U_R = -40 \text{ dBm} - (-110 \text{ dBm}) = 70 \text{ dB}$, para un nivel de entrada $P_i = -70 \text{ dBm}$ (y $m=3$):

$$U_R(\text{dB}) = (m-1)(IP_{i,TOT}(\text{dBm}) - P_i(\text{dBm})) \Rightarrow IP_{i,TOT} = -35 \text{ dBm}$$

Conjunto filtro + amplificador de FI: $IP_{i,FI}(\text{dBm}) = IP_{i,FI}(\text{dBm}) + \frac{m}{m-1} \Delta(\text{dB}) + L(\text{dB}) = 27 \text{ dBm}$

$$IP_{i,RF} = \frac{1}{\frac{1}{IP_{i,TOT}} - \frac{G_{RF}}{IP_{i,m}} - \frac{G_{RF} G_m}{IP_{i,FI}}} = \frac{1}{\frac{1}{10^{-3.5}} - \frac{10^{2.3}}{10^{-0.7}} - \frac{10^{2.3} \cdot 10^{-0.6}}{10^{2.7}}} \Rightarrow \boxed{IP_{i,RF} = -33.34 \text{ dBm}}$$

c) La SNR a la entrada del demodulador será:

$$SNR = \frac{P_s}{K(T_a + T_o(F_R - 1))B_{FI}} \quad \text{donde} \quad F_R = F_{RF} + \frac{F_m - 1}{G_{RF}} + \frac{L F_{FI} - 1}{G_{RF} G_m} = 9 + \frac{10 - 1}{10^{2.3}} + \frac{10^{0.2} 10^{0.8} - 1}{10^{2.3} \cdot 10^{-0.6}} = 9.22$$

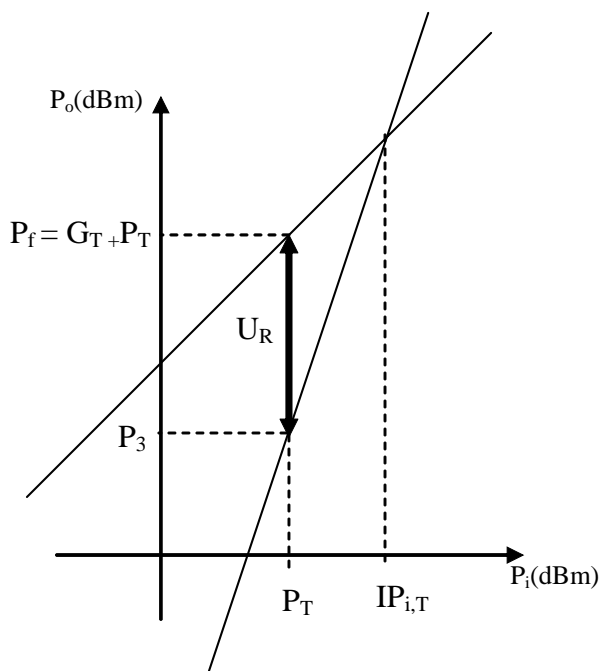
De modo que la sensibilidad vendrá dada por:

$$P_s = SNR \cdot K(T_a + T_o(F_R - 1))B_{FI} = SNR \cdot K T_o F_R B_{FI} = -91.32 \text{ dBm}$$

Relacionándolo con la potencia del emisor:

$$P_T(\text{dBm}) + G_T(\text{dB}) - L_p(\text{dB}) \geq P_s(\text{dBm}) \Rightarrow L_p(\text{dB}) \leq 141.32 \text{ dB}$$

$$L_p(\text{dB}) = 128.1 + 37.6 \log d_{\max} = 141.32 \text{ dB} \Rightarrow \boxed{d_{\max} = 2.24 \text{ km}}$$



d) El rechazo a la salida para el tercer armónico será:

$$U_R(\text{dB}) = (m-1)(IP_{i,T}(\text{dBm}) - P_T(\text{dBm})) = \\ = 2 \cdot (50 - 10) = 80\text{dB}$$

Tal y como se aprecia en la figura, la potencia de salida del tercer armónico será:

$$P_3(\text{dBm}) = P_f(\text{dBm}) - U_R(\text{dB}) = \\ = G_T(\text{dB}) + P_T(\text{dBm}) - U_R(\text{dB}) = \Rightarrow \boxed{P_3 = -30 \text{ dBm}} \\ = 40 + 10 - 80$$

RESPUESTAS DEL TEST GRUPO 40:

Test (5p) Marcar únicamente una respuesta en cada pregunta. Los errores descuentan 1/3.

1.- Un cuadripolo presenta una relación entrada/salida de la forma $y(t)=a_1x(t)+a_2x^2(t)-a_3x^3(t)$. Cuando a la entrada se inyectan dos tonos $I_1\cos\omega_1t+ I_2\cos\omega_2t$, ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación a los términos de salida?

- a) La amplitud del término a ω_1 depende de a_2 y a_3
- b) Existen productos de intermodulación de orden 4.
- c) La amplitud de los productos de intermodulación de orden 3 depende de a_2
- d) La amplitud del término a ω_2 depende del valor de I_1

2.- Se inyecta sobre un amplificador un tono de potencia -90 dBm a la frecuencia de 900 MHz, observándose a la salida una señal a la misma frecuencia de -60 dBm. En una segunda medida se inyectan dos tonos de potencia

-40 dBm a las frecuencias de 900.1 MHz y 900.2 MHz, y se observa a la salida un tono de amplitud -60 dBm a la frecuencia de 900 MHz. ¿Cuál es el punto de intercepción a la entrada del amplificador para los productos de intermodulación de tercer orden?

- a) 15 dBm
- b) -15 dBm
- c) 35 dBm
- d) -90 dBm

3.- ¿Dónde se refleja la asignación de las bandas de frecuencia a los diferentes servicios de radiocomunicaciones a nivel del estado español?

- a) En el CNAF
- b) En la ETSI
- c) En la ITU-R
- d) En la WRC

4.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación a la codificación de canal?

- a) Permite comprimir la información enviada para que ocupe un ancho de banda más pequeño en el canal.
- b) Para conseguir una cierta tasa de error a la salida de un receptor, al utilizar codificación de canal se requerirá una mayor S/N a la entrada que si no se utilizara la codificación.
- c) Se combina con un proceso de entrelazado que se ejecuta antes de la codificación.
- d) Ninguna de las anteriores.

5.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación al efecto del jitter de apertura de un conversor A/D?

- a) El jitter de apertura está asociado al número de bits del conversor A/D.
- b) La degradación ocasionada por el jitter de apertura es más importante cuando la señal muestreada presenta frecuencias elevadas.
- c) La degradación ocasionada por el jitter de apertura no depende de la frecuencia de la señal muestreada.
- d) Ninguna de las anteriores

6.- Un receptor de TV presenta una sensibilidad de $30\mu V_{ef}$ (sobre una impedancia de 75Ω) para obtener a la salida del cabezal de RF una $SNR=25$ dB. Sabiendo que esta medida se ha efectuado con una fuente de ruido a $T_o=290$ K a la entrada, que la ganancia del cabezal de RF es de 30 dB y que el ancho de banda de ruido es de 6 MHz ¿cuál es el ruido interno generado por el cabezal?

- a) -78.6 dBm
- b) -108.6 dBm
- c) -81.6 dBm
- d) -63.4 dBm

7.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación a los circuitos mezcladores?

- a) El aislamiento RF-FI de un mezclador mide la relación de potencias entre la señal de entrada a la frecuencia de RF y la señal de salida a la frecuencia de FI.
- b) Si el aislamiento OL-FI de un mezclador es finito, a la salida no habrá ninguna señal a la frecuencia del oscilador local.
- c) En un mezclador pasivo la potencia de señal a FI medida a la salida será inferior a la potencia de señal a RF medida a la entrada.
- d) Ninguna de las anteriores.

8.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta para un receptor superheterodino?

- a) Interesa escoger un valor de frecuencia intermedia que caiga dentro del rango de frecuencias de sintonía.
- b) El filtro de RF deberá introducir una selectividad elevada sobre los canales adyacentes
- c) La frecuencia del OL será siempre superior a la frecuencia del canal sintonizado a la entrada.
- d) Ninguna de las anteriores

9.- Se coloca un atenuador pasivo con pérdidas de $L=10$ dB delante de un receptor que presenta un punto de intercepción a la entrada para los productos de tercer orden de -20 dBm. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta para el conjunto atenuador + receptor?

- a) El punto de intercepción para los productos de tercer orden a la entrada será de -10 dBm.
- b) El punto de intercepción para los productos de tercer orden a la entrada será de -30 dBm.
- c) El punto de intercepción para los productos de tercer orden a la entrada dependerá de la temperatura física.
- d) El punto de intercepción para los productos de tercer orden a la entrada será de -5 dBm.

10.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación a las técnicas de acceso múltiple?

- a) La técnica FDMA era la que empleaban los primeros sistemas de comunicaciones y hoy en día ya no se utiliza.
- b) En la técnica CDMA las transmisiones son simultáneas en tiempo y emplean la misma frecuencia.
- c) La técnica TDMA únicamente puede utilizarse con un duplexado TDD.
- d) En la técnica CDMA las transmisiones emplean la misma frecuencia pero no son totalmente simultáneas en tiempo, ya que sino no se podrían separar en el receptor.