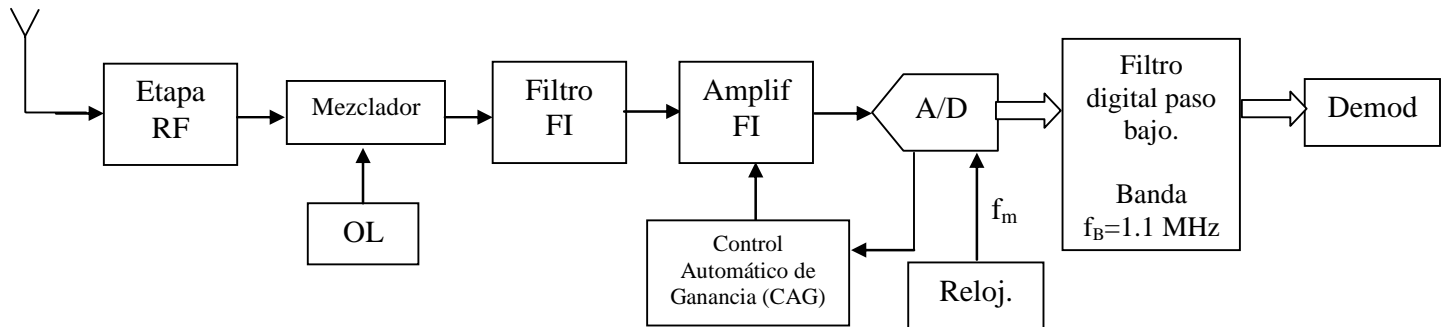


Problema (5p)

Considérese el siguiente receptor superheterodino que capta señales en el rango de 200 a 250 MHz con canalización de 200 kHz y que digitaliza la señal previamente al proceso de demodulación, tal y como se muestra en la figura.



Los parámetros característicos del receptor son:

- Temperatura de antena: $T_A=500$ K
- Temperatura física del receptor: $T_o=290$ K.
- Frecuencia intermedia: $f_{FI}=1$ MHz
- Etapa de RF: $G_{RF}=15$ dB, $IP_{i,RF}=20$ dBm (prod. de 3r orden)
- Mezclador: $G_m=-6$ dB, $NF_m=10$ dB, $IP_{i,m}=15$ dBm (prod. de 3r orden)
- Filtro de FI: Pérdidas de inserción: $L=2$ dB, $B_{FI}=200$ kHz.
- Amplif. de FI: G_{FI} variable según CAG, $NF_{FI}=8$ dB, $IP_{i,FI}=-20$ dBm (prod. de 3r orden), $B_{FI}=200$ kHz

$$K=1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K,}$$

La potencia de señal a la entrada del receptor puede variar entre -90 dBm y -40 dBm, tanto para el canal sintonizado como para el resto de canales.

Se pide:

- a) Si se desea conseguir una relación señal a ruido mínima de 20 dB a la salida del amplificador de FI, calcular el factor de ruido de la etapa de RF.
- b) Si se desea que a la salida del amplificador de FI cualquier producto de intermodulación de tercer orden ocasionado por los canales adyacentes se encuentre por debajo del nivel de ruido, determinar la selectividad necesaria para el filtro de FI.
- c) El control automático de ganancia pretende compensar las variaciones de potencia de entrada para asegurar una potencia de señal constante de -20 dBm a la entrada del convertor A/D. Determinar el rango de variación de la ganancia del amplificador de FI, así como la variación de SNR a la entrada del convertor A/D.
- d) Sabiendo que el convertor A/D es de 16 bits, y que gracias al CAG la señal está perfectamente ajustada a su margen dinámico, determinar la frecuencia de muestreo f_m necesaria si se desea que el ruido de cuantificación (a la salida del filtro digital) esté siempre por lo menos 40 dB por debajo del ruido del receptor.

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ
EMISSORS I RECEPTORS

Grup 10. 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 será la amplitud de pico a la salida del término a la frecuencia $2f_2-f_1$?

- a) $3a_3I_1^2 I_2/4$
- c) $3a_3I_1^3/4$

- b) $3a_3I_1I_2^2/4$
- d) $3a_3I_2^3/4$

2.- Se inyecta sobre un amplificador un tono de potencia -60 dBm a la frecuencia de 900 MHz. Conectando un analizador de espectros a la salida se observa un tono de potencia -20 dBm a la frecuencia de 900 MHz y un espúreo de potencia -100 dBm a la frecuencia de 2.7 GHz. ¿Cuál es el punto de intercepción a la entrada del amplificador para el espúreo observado?

- a) -40 dBm
- c) -20 dBm

- b) 20 dBm
- d) -100 dBm

3.- ¿Cuál es la banda en la que se ubican las frecuencias asignadas a los sistemas de comunicaciones móviles GSM y UMTS?

- a) LF (30-300 kHz)
- c) UHF (300-3000 MHz)

- b) HF (3-30 MHz)
- d) EHF (30-300 GHz)

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

- a) En un código convolucional se efectúa un mapeo fijo entre palabras de k bits y palabras de n bits
- b) Los códigos convolucionales tienen una capacidad de corrección de errores mayor a los turbocódigos
- c) Los turbocódigos se realizan mediante la combinación de dos códigos convolucionales y un proceso de entrelazado.
- d) Ninguna de las anteriores.

5.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación a los conversores A/D?

- a) Los conversores de tipo Flash suelen tener frecuencias de muestreo elevadas y un número de bits reducido
- b) Los conversores basados en comparaciones sucesivas suelen tener frecuencias de muestreo elevadas y un número de bits elevado.
- c) Los conversores de tipo Flash suelen tener un número de bits elevado pero una frecuencia de muestreo reducida.
- d) Los conversores basados en comparaciones sucesivas suelen tener un número de bits reducido y una frecuencia de muestreo elevada.

6.- La potencia de ruido interno generada por un cabezal de RF de un receptor es de -85 dBm. Sabiendo que la temperatura de ruido de la entrada es de $T_s=1000$ K, que la ganancia del cabezal es de 30 dB y que el ancho de banda de ruido es de 5 MHz, ¿cuál es la sensibilidad del receptor (sobre una impedancia de 75 Ω) para obtener una SNR=25 dB a la entrada del demodulador?

- a) 1.71 nVef
- c) 41.4 μ Vef

- b) 276.8 μ Vef
- d) 58.5 μ Vef

7.- Un mezclador empleado en un receptor superheterodino presenta una ganancia de conversión de -10 dB, un aislamiento RF-FI de 40 dB, un aislamiento OL-RF de 60 dB y un aislamiento OL-FI de 30 dB. La señal útil en la puerta de RF es de -50 dBm, y la potencia del oscilador local de -10 dBm. ¿Cuál será el nivel de potencia que se medirá a la frecuencia del oscilador local en la puerta de RF?

- a) -80 dBm
- b) -50 dBm
- c) -40 dBm
- d) -70 dBm

8.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en un receptor superheterodino de conversión simple?

- a) La frecuencia imagen no varía al sintonizar el receptor a una frecuencia diferente.
- b) La etapa de RF es la que suele presentar el ancho de banda más estrecho de todo el receptor.
- c) Si la frecuencia intermedia está dentro del rango de frecuencias de sintonía el receptor puede presentar un comportamiento inestable.
- d) La frecuencia intermedia se modifica al sintonizar el receptor a una frecuencia diferente.

9.- Se observa que la frecuencia realmente generada por el oscilador de un emisor con frecuencia nominal de 940 MHz se encuentra en el rango [939.998 - 940.002] MHz. ¿Cuál es la estabilidad de dicho oscilador?

- a) 2.13 ppm
- b) 0.2%
- c) 0.004 ppm
- d) 0.4%

10.- Se coloca un atenuador pasivo de 10 dB de pérdidas delante de un receptor con factor de ruido 5 dB. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación al factor de ruido del conjunto atenuador + receptor?

- a) El factor de ruido es de 15 dB con independencia de la temperatura física.
- b) El factor de ruido es de 15 dB si la temperatura de ruido a la entrada del atenuador es de 290 K.
- c) El factor de ruido es de 15 dB si la temperatura física del atenuador es de 290 K.
- d) Ninguna de las anteriores

Solución Problema - GRUPO 10:

a) Tomamos el menor valor posible de la potencia de señal, esto es $P_s = -90$ dBm.

$$SNR_i = \frac{P_s}{K(T_A + T_o(F_R - 1))B_{FI}} \Rightarrow F_R = \frac{P_s}{K \cdot SNR_i \cdot T_o \cdot B_{FI}} - \frac{T_A}{T_o} + 1 = 11.77$$

$$F_R = F_{RF} + \frac{F_m - 1}{G_{RF}} + \frac{LF_{FI} - 1}{G_{RF}G_m} = F_{RF} + \frac{10 - 1}{10^{1.5}} + \frac{10^{0.2}10^{0.8} - 1}{10^{1.5} \cdot 10^{-0.6}} \Rightarrow F_{RF} = 10.35$$

b) La máxima señal que pueden tener los canales adyacentes a la entrada del receptor es de $P_i = -40$ dBm. Por otro lado, la potencia de ruido equivalente a la entrada es de

$$P_{Ni} = K(T_A + T_o(F_R - 1))B_{FI} = -110 \text{ dBm}$$

En consecuencia, el SFDR que se debe garantizar es de $SFDR(\text{dB}) = P_i(\text{dBm}) - P_{Ni}(\text{dBm}) = 70$ dB

De modo que el punto de intercepción total para los productos de tercer orden ($m=3$) es:

$$SFDR(\text{dB}) = \frac{m-1}{m}(IP_{i,TOT}(\text{dBm}) - P_{Ni}(\text{dBm})) \Rightarrow IP_{i,TOT} = -5 \text{ dBm}$$

El punto de intercepción del conjunto filtro + etapa FI será:

$$IP_{i,FI} = \frac{G_{RF}G_m}{\frac{1}{IP_{i,TOT}} - \frac{1}{IP_{i,RF}} - \frac{1}{G_{RF}IP_{i,m}}} = \frac{10^{1.5}10^{-0.6}}{\frac{1}{10^{-0.5}} - \frac{1}{10^2} - \frac{1}{10^{1.5}}} = 5.67 \text{ dBm}$$

$$IP_{i,FI}(\text{dBm}) = IP_{i,FI}(\text{dBm}) + \frac{m}{m-1}\Delta(\text{dB}) + L(\text{dB}) \Rightarrow \Delta = 15.78 \text{ dB}$$

c) La señal a la entrada del convertidor A/D será:

$$P_{FI}(\text{dBm}) = P_i(\text{dBm}) + G_{RF}(\text{dB}) + G_m(\text{dB}) - L(\text{dB}) + G_{FI}(\text{dB})$$

$$-20 \text{ dBm} = P_i(\text{dBm}) + 7 \text{ dB} + G_{FI}(\text{dB}) \Rightarrow G_{FI}(\text{dB}) = -27 \text{ dBm} - P_i(\text{dBm})$$

Como P_i oscila entre -90 dBm y -40 dBm $\Rightarrow G_{FI} \in [13, 63] \text{ dB}$

El ruido a la entrada del convertidor A/D será:

$$P_{no} = P_{Ni} + G_{TOT}, \text{ dado que } G_{TOT} \text{ varía entre } 20 \text{ y } 70 \text{ dB, el ruido de salida variará entre } -90 \text{ y } -40 \text{ dBm.}$$

Por lo tanto, la $SNR_i = P_{FI} - P_{no}$ a la entrada del convertidor estará entre: $SNR_i \in [20, 70] \text{ dB}$

d) El ruido de cuantificación deberá tener un nivel inferior a $P_q \leq P_{no} - 40 \text{ dB}$. Como el menor valor de P_{no} es -90 dBm, se deberá cumplir que $P_q \leq -130 \text{ dBm}$, lo que corresponde a una relación SNR de cuantificación de por lo menos $SNR_q = P_{FI} - P_q \geq 110 \text{ dB}$.

Como se aplica sobremuestreo, se obtiene:

$$SNR_q(\text{dB}) = 6.02n + 1.76 + 10 \log \frac{f_m}{2f_B}$$

Para $n=16$ bits, $f_B=1.1 \text{ MHz}$, se obtiene: $f_m = 34.23 \text{ MHz}$

RESPUESTAS DEL TEST GRUPO 10:

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 será la amplitud de pico a la salida del término a la frecuencia $2f_2-f_1$?

- a) $3a_3I_1^2 I_2/4$
- c) $3a_3I_1^3/4$

- b) $3a_3I_1I_2^2/4$
- d) $3a_3I_2^3/4$

2.- Se inyecta sobre un amplificador un tono de potencia -60 dBm a la frecuencia de 900 MHz. Conectando un analizador de espectros a la salida se observa un tono de potencia -20 dBm a la frecuencia de 900 MHz y un espúreo de potencia -100 dBm a la frecuencia de 2.7 GHz. ¿Cuál es el punto de intercepción a la entrada del amplificador para el espúreo observado?

- a) -40 dBm
- c) -20 dBm

- b) 20 dBm
- d) -100 dBm

3.- ¿Cuál es la banda en la que se ubican las frecuencias asignadas a los sistemas de comunicaciones móviles GSM y UMTS?

- a) LF (30-300 kHz)
- c) UHF (300-3000 MHz)

- b) HF (3-30 MHz)
- d) EHF (30-300 GHz)

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

- a) En un código convolucional se efectúa un mapeo fijo entre palabras de k bits y palabras de n bits
- b) Los códigos convolucionales tienen una capacidad de corrección de errores mayor a los turbocódigos
- c) Los turbocódigos se realizan mediante la combinación de dos códigos convolucionales y un proceso de entrelazado.
- d) Ninguna de las anteriores.

5.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación a los conversores A/D?

- a) Los conversores de tipo Flash suelen tener frecuencias de muestreo elevadas y un número de bits reducido
- b) Los conversores basados en comparaciones sucesivas suelen tener frecuencias de muestreo elevadas y un número de bits elevado.
- c) Los conversores de tipo Flash suelen tener un número de bits elevado pero una frecuencia de muestreo reducida.
- d) Los conversores basados en comparaciones sucesivas suelen tener un número de bits reducido y una frecuencia de muestreo elevada.

6.- La potencia de ruido interno generada por un cabezal de RF de un receptor es de -85 dBm. Sabiendo que la temperatura de ruido de la entrada es de $T_s=1000$ K, que la ganancia del cabezal es de 30 dB y que el ancho de banda de ruido es de 5 MHz, ¿cuál es la sensibilidad del receptor (sobre una impedancia de 75 Ω) para obtener una SNR=25 dB a la entrada del demodulador?

- a) 1.71 nVef
- c) 41.4 μ Vef

- b) 276.8 μ Vef
- d) 58.5 μ Vef

7.- Un mezclador empleado en un receptor superheterodino presenta una ganancia de conversión de -10 dB, un aislamiento RF-FI de 40 dB, un aislamiento OL-RF de 60 dB y un aislamiento OL-FI de 30 dB. La señal útil en la puerta de RF es de -50 dBm, y la potencia del oscilador local de -10 dBm. ¿Cuál será el nivel de potencia que se medirá a la frecuencia del oscilador local en la puerta de RF?

- a) -80 dBm
- c) -40 dBm

- b) -50 dBm
- d) -70 dBm

8.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en un receptor superheterodino de conversión simple?

- a) La frecuencia imagen no varía al sintonizar el receptor a una frecuencia diferente.
- b) La etapa de RF es la que suele presentar el ancho de banda más estrecho de todo el receptor.
- c) Si la frecuencia intermedia está dentro del rango de frecuencias de sintonía el receptor puede presentar un comportamiento inestable.
- d) La frecuencia intermedia se modifica al sintonizar el receptor a una frecuencia diferente.

9.- Se observa que la frecuencia realmente generada por el oscilador de un emisor con frecuencia nominal de 940 MHz se encuentra en el rango [939.998 - 940.002] MHz. ¿Cuál es la estabilidad de dicho oscilador?

- a) 2.13 ppm
- b) 0.2%
- c) 0.004 ppm
- d) 0.4%

10.- Se coloca un atenuador pasivo de 10 dB de pérdidas delante de un receptor con factor de ruido 5 dB. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación al factor de ruido del conjunto atenuador + receptor?

- a) El factor de ruido es de 15 dB con independencia de la temperatura física.
- b) El factor de ruido es de 15 dB si la temperatura de ruido a la entrada del atenuador es de 290 K.
- c) El factor de ruido es de 15 dB si la temperatura física del atenuador es de 290 K.
- d) Ninguna de las anteriores