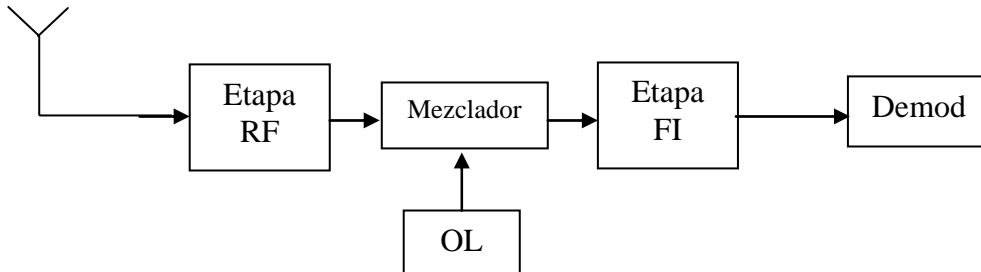


Control Grup 10. Quadrimestre Tardor. Novembre 2008.

Problema (5p)

Considérese el siguiente receptor superheterodino para un sistema de comunicaciones móviles sintonizado a $f_s=900$ MHz y con una canalización de 200 kHz.



Los parámetros característicos del receptor son:

- Temperatura de antena: $T_A=600$ K
- Etapa de RF: $G_{RF}=20$ dB, $NF_{RF}=10$ dB, $IP_{i,RF}=0$ dBm (prod. de 3r orden)
- Mezclador: $G_m=-6$ dB, $NF_m=10$ dB, $IP_{i,m}=10$ dBm (prod. de 3r orden)
- Etapa de FI: $G_{FI}=20$ dB, $NF_{FI}=15$ dB, $IP_{i,FI}=-20$ dBm (prod. de 3r orden), $B_{FI}=200$ kHz

- Tasa de error de bit a la salida del demodulador en función de la SNR a su entrada: $P_e = \frac{3}{4SNR^2}$

- Resistencia de entrada/salida de todos los cuadripolos: $R=50 \Omega$.

$$K=1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}, \quad T_o=290 \text{ K}$$

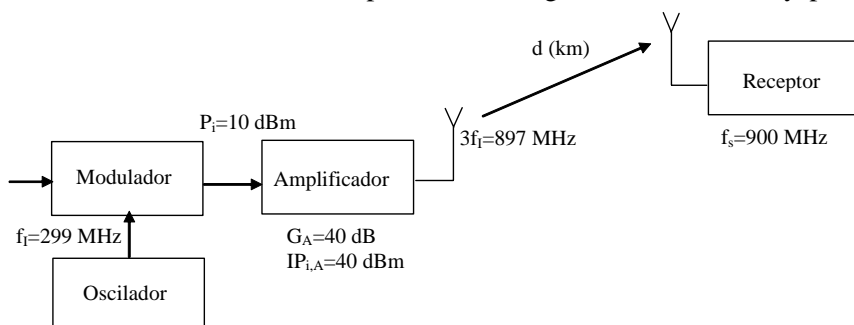
Notas:

Para una no linealidad cúbica, el IPI de los prod. de 3r orden es: $IP_i(dBm) = 28.23 + 10 \log \frac{a_1}{a_3} - 10 \log R$

$$\text{y se cumple: } a_1(I_1 \cos \omega_1 t + I_2 \cos \omega_2 t) - a_3(I_1 \cos \omega_1 t + I_2 \cos \omega_2 t)^3 = a_1 I_1 \left(1 - \frac{3a_3 I_1^2}{4a_1} - \frac{3a_3 I_2^2}{2a_1} \right) \cos \omega_1 t + \frac{3a_3 I_1^2 I_2}{4} \cos(2\omega_1 - \omega_2)t + \dots$$

Se pide:

- Calcular la sensibilidad del receptor (medida en μV_{ef}) para asegurar una tasa de error de bit a la salida de 10^{-4} .
- Calcular la potencia máxima que pueden tener las señales interferentes de los canales adyacentes a la entrada para asegurar que el producto de intermodulación de tercer orden que ocasionan esté por debajo del nivel de ruido a la entrada del demodulador.
- En las proximidades del receptor existe una señal interferente proveniente de otro sistema de comunicaciones y que ocasiona un efecto de desensibilización del receptor. Determinar la máxima potencia que puede tener dicho interferente a la entrada para que la pérdida de sensibilidad ocasionada sea de 6 dB.
- Tras analizar el entorno radioeléctrico del receptor, se comprueba que el interferente del apartado anterior se debe al tercer armónico de un transmisor cercano que trabaja a 299 MHz, tal y como se muestra en la figura. Se sabe que dicho transmisor utiliza un amplificador con ganancia de 40 dB y punto de intercepción a la entrada para el tercer armónico de valor $IP_{i,A}=40$ dBm, y que su nivel de señal a la entrada es de 10 dBm. Determinar la mínima distancia d entre el transmisor interferente y el receptor para que se cumpla la condición del apartado anterior



armónico de valor $IP_{i,A}=40$ dBm, y que su nivel de señal a la entrada es de 10 dBm. Determinar la mínima distancia d entre el transmisor interferente y el receptor para que se cumpla la condición del apartado anterior

Nota: Suponga que las pérdidas totales de propagación son:

$$L(dB)=60+20\log_{10} d(km)$$

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ
EMISSORS I RECEPTORS

Grup 10. Quadrimestre Tardor. Novembre 2008.

NOMBRE:

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

1.- Un amplificador cuya respuesta no lineal se puede modelar mediante una ley cúbica presenta un nivel de compresión a 1 dB de aproximadamente -30 dBm. ¿Cuál será aproximadamente el punto de intercepción para los productos de intermodulación de tercer orden?

- | | |
|--------------|-------------|
| a) -20.3 dBm | b) -30 dBm |
| c) -39.6 dBm | d) - 45 dBm |

2.- Considere un sistema de codificación que utiliza un código bloque tal que por cada 100 bits de información se añade una redundancia de 50 bits. Suponiendo que el canal admite una velocidad de 450 kb/s, la tasa máxima con que se podrán inyectar bits al codificador será de:

- | | |
|-------------|-------------|
| a) 300 kb/s | b) 450 kb/s |
| c) 150 kb/s | d) 225 kb/s |

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

- a) La técnica FDMA requiere el empleo de técnicas de sincronización para evitar que las señales de diferentes usuarios se solapen
- b) El empleo de la técnica TDMA requiere una elevada linealidad para evitar la intermodulación debida a las transmisiones de los demás usuarios
- c) La técnica TDMA solamente puede utilizarse con un duplexado TDD
- d) Ninguna de las anteriores

4.- ¿Cómo consigue un conversor A/D de tipo Sigma/Delta mejorar la relación señal a ruido de cuantificación en relación a un conversor A/D convencional?

- a) Porque aplica sobremuestreo.
- b) Porque colorea el ruido de cuantificación trasladando su espectro a frecuencias altas a la vez que aplica sobremuestreo.
- c) Porque colorea el ruido de cuantificación trasladando su espectro a frecuencias altas, lo que es útil aunque no se aplique sobremuestreo.
- d) Porque colorea el ruido de cuantificación trasladando su espectro a frecuencias bajas a la vez que aplica sobremuestreo.

5.- ¿Cuál de las siguientes estrategias considera adecuada para incrementar la velocidad de transmisión de un sistema de comunicaciones?

- a) Dado un cierto ancho de banda del canal, si se desea incrementar la velocidad de transmisión será necesario reducir la relación señal a ruido.
- b) Dadas unas condiciones de relación señal a ruido del canal, será posible incrementar la velocidad de transmisión si se reduce el ancho de banda del canal.
- c) Dado un ancho de banda del canal, cuantos más bits por símbolo se quieran emplear en la modulación mayor será la relación señal a ruido necesaria.
- d) Ninguna de las anteriores.

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

- a) Al reducir la frecuencia intermedia el requerimiento de selectividad del filtro de RF será mayor.
- b) Al reducir la frecuencia intermedia el requerimiento de selectividad del filtro de FI será mayor.
- c) El valor de frecuencia intermedia no influye en la selectividad requerida por el filtro de RF.
- d) Ninguna de las anteriores

7.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta cuando un PLL se encuentra enganchado?

- a) El error de fase es nulo.
- b) La tensión a la entrada del VCO es nula si se trata de un PLL de segundo orden con filtro activo ideal.
- c) La frecuencia de la señal de entrada coincide con la de la salida.
- d) Todas las anteriores son ciertas.

8.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación al jitter de fase de un PLL de segundo orden?

- a) Cuanto mayor sea la frecuencia natural mayor será el jitter de fase.
- b) Cuanto menor sea el factor de amortiguación menor será el jitter de fase.
- c) No depende de la amplitud de la señal útil a la entrada del PLL
- d) Ninguna de las anteriores

9.- Un amplificador sintonizado a la frecuencia de 900 MHz presenta un IP a la entrada para los productos de tercer orden de valor 10 dBm. Los canales adyacentes se ubican a las frecuencias de 900.1 MHz y 900.2 MHz, respectivamente. Si delante del amplificador se coloca un filtro de selectividad 30 dB, ancho de banda 500 kHz y pérdidas de inserción 3 dB, ¿cuál es el punto de intercepción a la entrada del conjunto filtro más amplificador para los productos de tercer orden ocasionados por los canales adyacentes?

- a) 10 dBm
- b) 13 dBm
- c) 55 dBm
- d) 58 dBm

10.- Considere un receptor superheterodino de doble conversión. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta?

- a) Únicamente existirá frecuencia imagen asociada a la primera FI.
- b) La primera FI siempre será mayor que la frecuencia de entrada.
- c) A la entrada del mezclador encargado de pasar de la primera FI a la segunda FI deberá emplearse un sintetizador.
- d) Ninguna de las anteriores.

Solución Problema - GRUPO 10:

$$a) P_e = \frac{3}{4SNR^2} = 10^{-4} \Rightarrow SNR = 86.6$$

$$F_R = F_{RF} + \frac{F_m - 1}{G_{RF}} + \frac{F_{FI} - 1}{G_{RF} G_m} = 10 + \frac{10 - 1}{100} + \frac{10^{1.5} - 1}{100 \cdot 10^{-0.6}} = 11.31$$

$$P_S = SNR \cdot K (T_A + T_o (F_R - 1)) B_{FI} = -90.66 \text{ dBm} \Rightarrow P_S = \frac{V_{Sef}^2}{R} \Rightarrow \boxed{V_{Sef} = 6.55 \mu V_{ef}}$$

b) Para que el espureo esté por debajo del ruido a la salida, la potencia máxima de los interferentes a la entrada será:

$$P_{I,max} (\text{dBm}) = P_{Ni} (\text{dBm}) + SFDR (\text{dB})$$

$$\text{con } P_{Ni} = K (T_A + T_o (F_R - 1)) B_{FI} = -110.04 \text{ dBm}$$

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

$$\text{donde } m=3 \text{ y } IP_{i,TOT} = \frac{1}{\frac{1}{IP_{i,RF}} + \frac{G_{RF}}{IP_{i,m}} + \frac{G_{RF} G_m}{IP_{i,FI}}} = \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{100}{10} + \frac{100 \cdot 10^{-0.6}}{10^{-2}}} = -34.02 \text{ dBm} \Rightarrow SFDR = 50.68 \text{ dB}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_{I,max} = -59.36 \text{ dBm}}$$

c) La señal a la entrada será ahora el término útil y el interferente: $v_i(t) = A \cos \omega_s t + I \cos \omega_l t$

De modo que la salida, despreciando la compresión de ganancia, será:

$$v_o(t) = a_1 A \left(1 - \frac{3a_3 A^2}{4a_1} - \frac{3a_3 I^2}{2a_1} \right) \cos \omega_s t + \dots \approx a_1 A \left(1 - \frac{3a_3 I^2}{2a_1} \right) \cos \omega_s t + \dots$$

La pérdida de sensibilidad debida al interferente vendrá dada por:

$$\Delta P (\text{dB}) = -20 \log \left(1 - \frac{3a_3 I^2}{2a_1} \right) = 6 \text{ dB} \Rightarrow I^2 = \frac{2a_1}{3a_3} (1 - 10^{-0.3})$$

El coeficiente lineal de la relación entrada/salida se obtiene directamente de la ganancia total:

$$G_{TOT} (\text{dB}) = G_{RF} (\text{dB}) + G_m (\text{dB}) + G_{FI} (\text{dB}) = 34 \text{ dB} = 20 \log a_1 \Rightarrow a_1 = 50.12$$

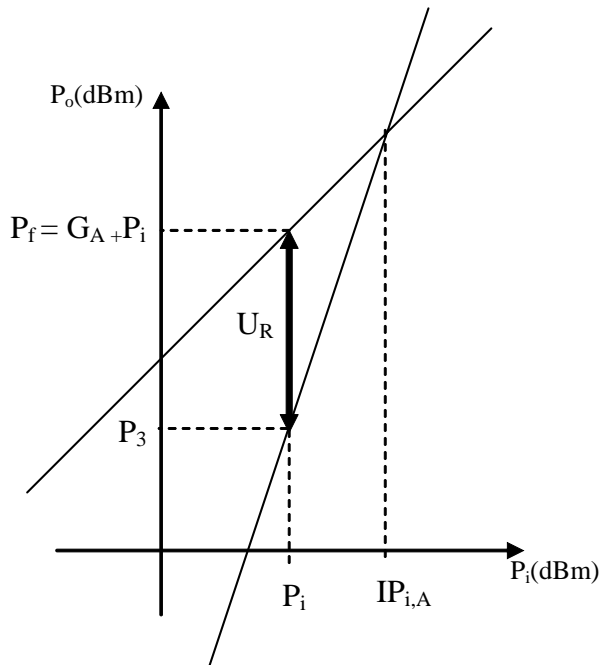
Para determinar el coeficiente a_3 podemos emplear el cálculo del punto de intercepción para los productos de tercer orden:

$$IP_{i,TOT} (\text{dBm}) = 28.23 + 10 \log \frac{a_1}{a_3} - 10 \log R \Rightarrow a_3 = 1.682 \cdot 10^6 \text{ V}^{-2}$$

La potencia máxima del interferente vendrá dada por:

$$P_I = \frac{I^2}{2R} = \frac{a_1}{3a_3 R} (1 - 10^{-0.3}) \Rightarrow \boxed{P_I = -40 \text{ dBm}}$$

d) Determinamos la potencia transmitida en el tercer armónico P_3 por parte del transmisor interferente, para lo que utilizamos la gráfica de entrada salida:



$$\begin{aligned}
 P_3 \text{ (dBm)} &= P_f \text{ (dBm)} - U_R \text{ (dB)} = \\
 &= G_A \text{ (dB)} + P_i \text{ (dBm)} - (m-1)(IP_{i,A} \text{ (dBm)} - P_i \text{ (dBm)}) = \\
 &= 40 + 10 - 2 \cdot (40 - 10) = -10 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Así, de acuerdo con el apartado anterior:

$$\begin{aligned}
 P_3 \text{ (dBm)} - L \text{ (dB)} &\leq P_i \text{ (dBm)} \\
 P_3 \text{ (dBm)} - 60 - 20 \log_{10} d \text{ (km)} &\leq P_i \text{ (dBm)} \\
 -10 - 60 - 20 \log_{10} d \text{ (km)} &\leq -40
 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow d = 31.6 \text{ m}$$

RESPUESTAS DEL TEST GRUPO 10:

1.- Un amplificador cuya respuesta no lineal se puede modelar mediante una ley cúbica presenta un nivel de compresión a 1 dB de aproximadamente -30 dBm. ¿Cuál será aproximadamente el punto de intercepción para los productos de intermodulación de tercer orden?

- a) -20.3 dBm
- b) -30 dBm
- c) -39.6 dBm
- d) - 45 dBm

2.- Considere un sistema de codificación que utiliza un código bloque tal que por cada 100 bits de información se añade una redundancia de 50 bits. Suponiendo que el canal admite una velocidad de 450 kb/s, la tasa máxima con que se podrán inyectar bits al codificador será de:

- a) 300 kb/s
- b) 450 kb/s
- c) 150 kb/s
- d) 225 kb/s

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

- a) La técnica FDMA requiere el empleo de técnicas de sincronización para evitar que las señales de diferentes usuarios se solapen
- b) El empleo de la técnica TDMA requiere una elevada linealidad para evitar la intermodulación debida a las transmisiones de los demás usuarios
- c) La técnica TDMA solamente puede utilizarse con un duplexado TDD
- d) Ninguna de las anteriores

4.- ¿Cómo consigue un conversor A/D de tipo Sigma/Delta mejorar la relación señal a ruido de cuantificación en relación a un conversor A/D convencional?

- a) Porque aplica sobremuestreo.
- b) Porque colorea el ruido de cuantificación trasladando su espectro a frecuencias altas a la vez que aplica sobremuestreo.
- c) Porque colorea el ruido de cuantificación trasladando su espectro a frecuencias altas, lo que es útil aunque no se aplique sobremuestreo.
- d) Porque colorea el ruido de cuantificación trasladando su espectro a frecuencias bajas a la vez que aplica sobremuestreo.

5.- ¿Cuál de las siguientes estrategias considera adecuada para incrementar la velocidad de transmisión de un sistema de comunicaciones?

- a) Dado un cierto ancho de banda del canal, si se desea incrementar la velocidad de transmisión será necesario reducir la relación señal a ruido.
- b) Dadas unas condiciones de relación señal a ruido del canal, será posible incrementar la velocidad de transmisión si se reduce el ancho de banda del canal.
- c) Dado un ancho de banda del canal, cuantos más bits por símbolo se quieran emplear en la modulación mayor será la relación señal a ruido necesaria.
- d) Ninguna de las anteriores.

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

- a) Al reducir la frecuencia intermedia el requerimiento de selectividad del filtro de RF será mayor.
- b) Al reducir la frecuencia intermedia el requerimiento de selectividad del filtro de FI será mayor.
- c) El valor de frecuencia intermedia no influye en la selectividad requerida por el filtro de RF.
- d) Ninguna de las anteriores

7.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta cuando un PLL se encuentra enganchado?

- a) El error de fase es nulo.
- b) La tensión a la entrada del VCO es nula si se trata de un PLL de segundo orden con filtro activo ideal.
- c) La frecuencia de la señal de entrada coincide con la de la salida.

d) Todas las anteriores son ciertas.

8.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación al jitter de fase de un PLL de segundo orden?

- a) **Cuanto mayor sea la frecuencia natural mayor será el jitter de fase.**
- b) Cuanto menor sea el factor de amortiguación menor será el jitter de fase.
- c) No depende de la amplitud de la señal útil a la entrada del PLL
- d) Ninguna de las anteriores

9.- Un amplificador sintonizado a la frecuencia de 900 MHz presenta un IP a la entrada para los productos de tercer orden de valor 10 dBm. Los canales adyacentes se ubican a las frecuencias de 900.1 MHz y 900.2 MHz, respectivamente. Si delante del amplificador se coloca un filtro de selectividad 30 dB, ancho de banda 500 kHz y pérdidas de inserción 3 dB, ¿cuál es el punto de intercepción a la entrada del conjunto filtro más amplificador para los productos de tercer orden ocasionados por los canales adyacentes?

- a) 10 dBm
- b) **13 dBm**
- c) 55 dBm
- d) 58 dBm

10.- Considere un receptor superheterodino de doble conversión. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta?

- a) Únicamente existirá frecuencia imagen asociada a la primera FI.
- b) La primera FI siempre será mayor que la frecuencia de entrada.
- c) A la entrada del mezclador encargado de pasar de la primera FI a la segunda FI deberá emplearse un sintetizador.
- d) **Ninguna de las anteriores.**