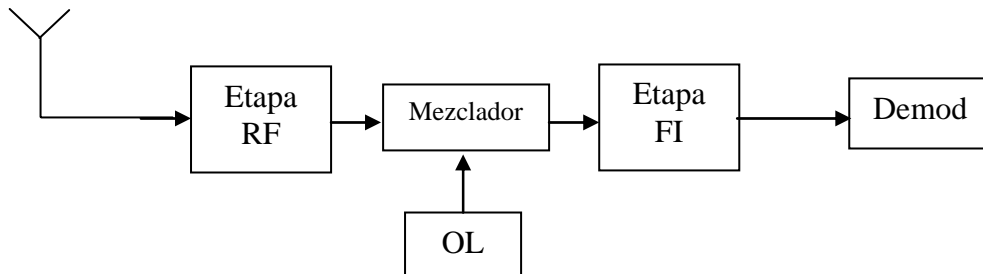


Control Grup 20. Quadrimestre Tardor. Novembre 2008.

Problema (5p)

Considérese el siguiente receptor superheterodino para un sistema de comunicaciones móviles sintonizado a $f_s=900$ MHz.



Los parámetros característicos del receptor son:

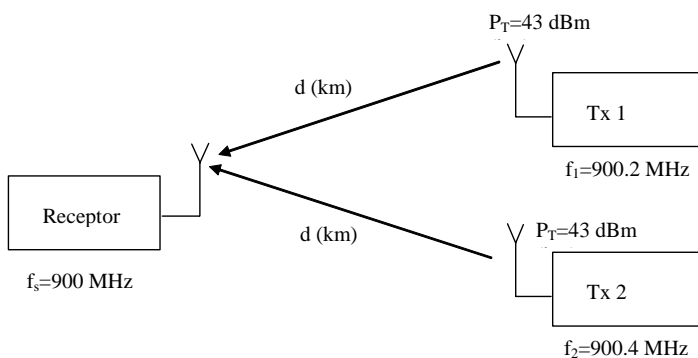
- Temperatura de antena: $T_A=1000$ K
- Etapa de RF: $G_{RF}=20$ dB, $IP_{i,RF}=0$ dBm (prod. de 3r orden)
- Mezclador: $G_m=-6$ dB, $NF_m=10$ dB, $IP_{i,m}=10$ dBm (prod. de 3r orden)
- Etapa de FI: $NF_{FI}=15$ dB, $IP_{i,FI}=-20$ dBm (prod. de 3r orden), $B_{FI}=200$ kHz

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

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

Se pide:

- Calcular el factor de ruido de la etapa de RF si se desea una sensibilidad de -90 dBm para asegurar una tasa de error de bit a la salida de 10^{-4} .
- Calcular el margen dinámico libre de espúreos del receptor para los productos de intermodulación de tercer orden.
- Se sabe que en las proximidades del receptor existen dos transmisores en los canales adyacentes 900.2 y 900.4 MHz. La potencia transmitida por ambos es de 43 dBm y se encuentran equidistantes al receptor



considerado, tal y como se muestra en la figura. En estas condiciones, **determinar la mínima distancia a la que deberán estar los interferentes** si se desea que el producto de intermodulación de tercer orden generado por estos interferentes se encuentre a la entrada del demodulador 18 dB por debajo de la señal útil, cuando dicha señal útil en la antena es igual a la sensibilidad de -90 dBm.

Nota: Las pérdidas de propagación en función de la distancia vienen dadas por:

$$L(\text{dB})=91.52+20\log_{10} d(\text{km})$$

- Suponiendo que la distancia de los interferentes es únicamente de $d=1$ km, se decide colocar un filtro sin pérdidas de inserción justo delante de la etapa de FI. Determinar la selectividad necesaria de dicho filtro para asegurar la condición del apartado anterior.

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ
EMISSORS I RECEPTORS

Grup 20. Quadrimestre Tardor. Novembre 2008.

NOMBRE:

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

1.- Sea un cuadripolo no lineal con relación entrada salida según ley cúbica al que se inyectan dos tonos de igual potencia. El punto de intercepción para los productos de tercer orden es de 10 dBm, y la ganancia de 30 dB. El nivel de potencia de las señales de entrada para el que la potencia de los productos de tercer orden generados coincidirá con la del tercer armónico a la salida será de:

- a) 10 dBm
- b) 40 dBm
- c) 15 dBm
- d) Ninguna de las anteriores

2.- Considere un sistema de codificación más entrelazado que trabaja a 10 kb/s y en el que las ráfagas de errores del canal tienen una duración de 7 ms. Por otro lado, el retardo total que se puede soportar en el proceso de entrelazado en emisión y recepción es de 2s. Sabiendo que la matriz de entrelazado se escribe por filas y se lee por columnas, determinar cuál de las siguientes combinaciones puede ser apropiada:

- a) N=80 filas y M=100 columnas
- b) N=80 filas y M=150 columnas
- c) N=50 filas y M=150 columnas
- d) N=50 filas y M=300 columnas

3.- Considere un receptor superheterodino de conversión simple que capta señales en el rango de 3 a 10 MHz, con una separación de canales de 20 KHz. El oscilador local genera frecuencias en el rango de 4 a 11 MHz. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones será cierta?

- a) El filtro de RF puede realizarse con un filtro paso bajo no sintonizable que deje pasar hasta 10 MHz.
- b) El filtro de RF debe ser sintonizable
- c) La frecuencia imagen es la misma con independencia del canal sintonizado.
- d) Ninguna de las anteriores

4.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación a las técnicas de duplexado?

- a) La técnica TDD requerirá del uso de un duplexor
- b) La técnica FDD solamente puede emplearse si se utiliza un acceso basado en FDMA
- c) Mediante TDD el usuario percibe cortes en la comunicación ya que se transmite y se recibe en instantes diferentes
- d) Ninguna de las anteriores

5.- ¿Cuál de los siguientes requerimientos de calidad de servicio es más adecuado para una llamada de voz digitalizada?

- a) El retardo total extremo a extremo puede ser muy elevado y además se requiere una tasa de error muy pequeña, de modo que será preciso efectuar retransmisiones.
- b) El retardo total extremo a extremo puede ser muy elevado pero como la tasa de error no impone restricciones elevadas no es preciso efectuar retransmisiones.
- c) El retardo total extremo a extremo debe estar acotado, de modo que no se podrán efectuar retransmisiones.
- d) Ninguna de las anteriores.

6.- En un conversor A/D de 12 bits se observa una relación señal a ruido total de 40 dB. ¿Cuál es el ENOB de dicho conversor?

- a) 6.4
- b) 12
- c) 3.3
- d) 9.2

7.- Considere un PLL de segundo orden con filtro activo ideal que se ha enganchado tras un salto de frecuencia. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es falsa?

- a) El error de fase es nulo.
- b) La tensión a la entrada del VCO es nula.
- c) La señal de entrada del PLL y la de salida del VCO oscilan a la misma frecuencia.
- d) Ninguna de las anteriores (= marcarla si las tres anteriores son ciertas)

8.- Considere un PLL de primer orden. ¿Qué impacto ocasionará sobre las prestaciones incrementar el valor de la sensibilidad del VCO?

- a) El margen de adquisición se reducirá.
- b) El jitter de fase a la salida se incrementará.
- c) El error de fase en régimen permanente se incrementará.
- d) Ninguna de las anteriores

9.- Se conecta una fuente de ruido a $T_s=500K$ adaptada a la entrada de un cuadripolo cuya ganancia es 20 dB y cuyo ancho de banda es 1 MHz. La potencia de ruido a la salida es de -83.7 dBm. El factor de ruido del cuadripolo es aproximadamente:

- | | |
|----------|----------|
| a) 30 dB | b) 35 dB |
| c) 10 dB | d) 20 dB |

10.- Considere un receptor de TV operando en una zona con niveles de señal débiles. ¿Cuál de las siguientes alternativas considera más apropiada para mejorar la calidad de la recepción en un edificio con varias viviendas y una antena colectiva?

- a) Colocar un amplificador justo tras la toma de cada vivienda, posterior al cable de distribución
- b) Colocar un amplificador a pie de antena, antes del cable de distribución de la señal.
- c) Colocar un atenuador a pie de antena, para reducir los productos de intermodulación.
- d) Colocar un atenuador justo antes del receptor de TV, para reducir los productos de intermodulación.

Solución Problema GRUPO 20:

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

$$SNR = \frac{P_s}{K(T_A + T_o(F_R - 1))B_{FI}} \Rightarrow F_R = \frac{P_s}{K \cdot SNR \cdot T_o \cdot B_{FI}} - \frac{T_A}{T_o} + 1 \Rightarrow F_R = 11.97$$

$$F_{RF} = F_R - \frac{F_m - 1}{G_{RF}} - \frac{F_{FI} - 1}{G_{RF} G_m} = 11.97 - \frac{10 - 1}{100} - \frac{10^{1.5} - 1}{100 \cdot 10^{-0.6}} = 10.66 \Rightarrow \boxed{F_{RF} = 10.28 \text{ dB}}$$

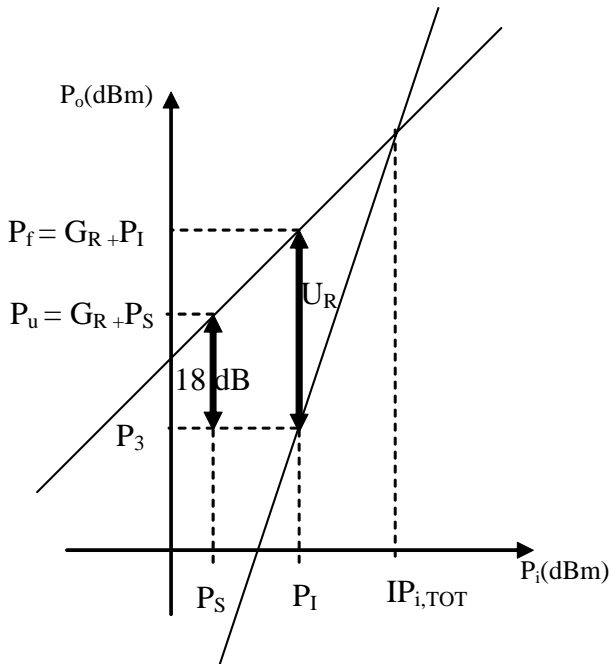
b) $SFDR(\text{dB}) = \frac{m-1}{m} (IP_{i,TOT}(\text{dBm}) - P_{Ni}(\text{dBm}))$

con $m=3$, $P_{Ni} = K(T_A + T_o(F_R - 1))B_{FI} = -109.38 \text{ dBm}$

$$IP_{i,TOT} = \frac{1}{\frac{1}{IP_{i,RF}} + \frac{G_{RF}}{IP_{i,m}} + \frac{G_{RF} G_m}{IP_{i,FI}}} = \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{100}{10} + \frac{100 \cdot 10^{-0.6}}{10^{-2}}} = -34.02 \text{ dBm} \Rightarrow \boxed{SFDR = 50.24 \text{ dB}}$$

c) Las señales de los dos canales adyacentes tendrán igual nivel al estar equidistantes, y generarán un producto de intermodulación.

Utilizando la relación gráfica de entrada/salida para la condición impuesta:



La señal útil de salida tendrá un nivel de valor $P_u = G_R + P_s$, siendo G_R la ganancia total del receptor. Se querrá que la potencia del producto de tercer orden tenga un nivel 18 dB inferior, esto es:

$$P_3(\text{dBm}) = G_R(\text{dB}) + P_s(\text{dBm}) - 18$$

Por otro lado, utilizando el concepto de rechazo a la salida:

$$\begin{aligned} P_3(\text{dBm}) &= P_f(\text{dBm}) - U_R(\text{dB}) = \\ &= G_R(\text{dB}) + P_i(\text{dBm}) - (m-1)(IP_{i,TOT}(\text{dBm}) - P_i(\text{dBm})) \end{aligned}$$

Igualando ambas expresiones:

$$\begin{aligned} G_R(\text{dB}) + P_s(\text{dBm}) - 18 &= \\ &= G_R(\text{dB}) + P_i(\text{dBm}) - (m-1)(IP_{i,TOT}(\text{dBm}) - P_i(\text{dBm})) \end{aligned}$$

$$P_i(\text{dBm}) = \frac{P_s(\text{dBm}) - 18 + (m-1)IP_{i,TOT}(\text{dBm})}{m} = -58.67 \text{ dBm}$$

es la potencia máxima que pueden tener los interferentes a la entrada.

Así, la distancia se podrá calcular como:

$$P_T(\text{dBm}) - L(\text{dB}) \leq P_i(\text{dBm}) \Rightarrow P_T(\text{dBm}) - 91.52 - 20 \log_{10} d(\text{km}) \leq P_i(\text{dBm}) \Rightarrow \boxed{d = 3.21 \text{ km}}$$

d)

Si la distancia de los interferentes es 1km, la potencia recibida de los mismos será:

$$P_I \text{ (dBm)} = P_T \text{ (dBm)} - 91.52 - 20 \log_{10} d \text{ (km)} = -48.53 \text{ dBm}$$

Para asegurar la condición del apartado anterior tendremos que incrementar el punto de intercepción total como:

$$P_I \text{ (dBm)} = \frac{P_S \text{ (dBm)} - 18 + (m-1) IP_{i,TOT} \text{ (dBm)}}{m} \Rightarrow$$

$$IP_{i,TOT} \text{ (dBm)} = \frac{m P_I \text{ (dBm)} - P_S \text{ (dBm)} + 18}{m-1} = -18.79 \text{ dBm}$$

De modo que el punto de intercepción de la nueva etapa de FI incluyendo el filtro deberá ser:

$$IP_{i,FI}'' = \frac{G_{RF} G_m}{\frac{1}{IP_{i,TOT}} - \frac{1}{IP_{i,RF}} - \frac{G_{RF}}{IP_{i,m}}} = \frac{100 \cdot 10^{-0.6}}{\frac{1}{10^{-1.879}} - \frac{1}{1} - \frac{100}{10}} = -4.11 \text{ dBm}$$

$$IP_{i,FI}'' \text{ (dBm)} = IP_{i,FI} \text{ (dBm)} + \frac{m}{m-1} \Delta \text{ (dB)} \Rightarrow \Delta \text{ (dB)} = \frac{m-1}{m} (IP_{i,FI}'' \text{ (dBm)} - IP_{i,FI} \text{ (dBm)})$$
$$\Rightarrow \Delta = 10.59 \text{ dB}$$

RESPUESTAS DEL TEST GRUPO 20:

1.- Sea un cuadripolo no lineal con relación entrada salida según ley cúbica al que se inyectan dos tonos de igual potencia. El punto de intercepción para los productos de tercer orden es de 10 dBm, y la ganancia de 30 dB. El nivel de potencia de las señales de entrada para el que la potencia de los productos de tercer orden generados coincidirá con la del tercer armónico a la salida será de:

- a) 10 dBm
- b) 40 dBm
- c) 15 dBm
- d) Ninguna de las anteriores

2.- Considere un sistema de codificación más entrelazado que trabaja a 10 kb/s y en el que las ráfagas de errores del canal tienen una duración de 7 ms. Por otro lado, el retardo total que se puede soportar en el proceso de entrelazado en emisión y recepción es de 2s. Sabiendo que la matriz de entrelazado se escribe por filas y se lee por columnas, determinar cuál de las siguientes combinaciones puede ser apropiada:

- a) N=80 filas y M=100 columnas
- b) N=80 filas y M=150 columnas
- c) N=50 filas y M=150 columnas
- d) N=50 filas y M=300 columnas

3.- Considere un receptor superheterodino de conversión simple que capta señales en el rango de 3 a 10 MHz, con una separación de canales de 20 KHz. El oscilador local genera frecuencias en el rango de 4 a 11 MHz. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones será cierta?

- a) El filtro de RF puede realizarse con un filtro paso bajo no sintonizable que deje pasar hasta 10 MHz.
- b) El filtro de RF debe ser sintonizable
- c) La frecuencia imagen es la misma con independencia del canal sintonizado.
- d) Ninguna de las anteriores

4.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta en relación a las técnicas de duplexado?

- a) La técnica TDD requerirá del uso de un duplexor
- b) La técnica FDD solamente puede emplearse si se utiliza un acceso basado en FDMA
- c) Mediante TDD el usuario percibe cortes en la comunicación ya que se transmite y se recibe en instantes diferentes
- d) Ninguna de las anteriores

5.- ¿Cuál de los siguientes requerimientos de calidad de servicio es más adecuado para una llamada de voz digitalizada?

- a) El retardo total extremo a extremo puede ser muy elevado y además se requiere una tasa de error muy pequeña, de modo que será preciso efectuar retransmisiones.
- b) El retardo total extremo a extremo puede ser muy elevado pero como la tasa de error no impone restricciones elevadas no es preciso efectuar retransmisiones.
- c) El retardo total extremo a extremo debe estar acotado, de modo que no se podrán efectuar retransmisiones.
- d) Ninguna de las anteriores.

6.- En un conversor A/D de 12 bits se observa una relación señal a ruido total de 40 dB. ¿Cuál es el ENOB de dicho conversor?

- a) 6.4
- b) 12
- c) 3.3
- d) 9.2

7.- Considere un PLL de segundo orden con filtro activo ideal que se ha enganchado tras un salto de frecuencia. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es falsa?

- a) El error de fase es nulo.
- b) La tensión a la entrada del VCO es nula.
- c) La señal de entrada del PLL y la de salida del VCO oscilan a la misma frecuencia.
- d) Ninguna de las anteriores (= marcarla si las tres anteriores son ciertas)

8.- Considere un PLL de primer orden. ¿Qué impacto ocasionará sobre las prestaciones incrementar el valor de la sensibilidad del VCO?

- a) El margen de adquisición se reducirá.
- b) El jitter de fase a la salida se incrementará.
- c) El error de fase en régimen permanente se incrementará.
- d) Ninguna de las anteriores

9.- Se conecta una fuente de ruido a $T_s=500K$ adaptada a la entrada de un cuadripolo cuya ganancia es 20 dB y cuyo ancho de banda es 1 MHz. La potencia de ruido a la salida es de -83.7 dBm. El factor de ruido del cuadripolo es aproximadamente:

- a) 30 dB
- c) 10 dB**

- b) 35 dB
- d) 20 dB

10.- Considere un receptor de TV operando en una zona con niveles de señal débiles. ¿Cuál de las siguientes alternativas considera más apropiada para mejorar la calidad de la recepción en un edificio con varias viviendas y una antena colectiva?

- a) Colocar un amplificador justo tras la toma de cada vivienda, posterior al cable de distribución
- b) Colocar un amplificador a pie de antena, antes del cable de distribución de la señal.**
- c) Colocar un atenuador a pie de antena, para reducir los productos de intermodulación.
- d) Colocar un atenuador justo antes del receptor de TV, para reducir los productos de intermodulación.