



Electrónica de Comunicaciones

81.515

Grado de Tecnologías de Telecomunicación

COLECCIÓN DE PROBLEMAS

MÓDULO 1



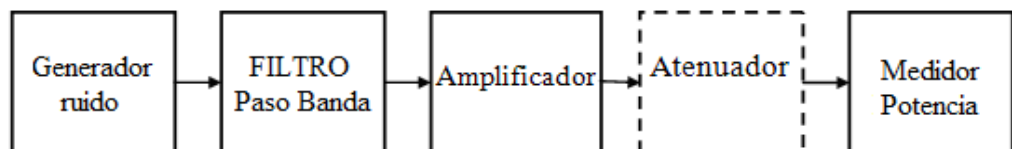
Enunciados

Ejercicio 1

Medimos la potencia de ruido a la salida del amplificador de la figura, conectando a su entrada, a través de un filtro paso banda, un generador de ruido con una temperatura de ruido T_0 .

Si disminuimos a la mitad la potencia de entrada al medidor de potencia, intercalando un atenuador de 3dB, y aumentamos la temperatura del generador de ruido hasta $5T_0$, observamos que en el medidor se obtiene la misma potencia que en el caso anterior.

Calculad la figura de ruido que tiene el amplificador.



Datos:

Amplificador: $G_A = 30$ dB

Filtro paso banda: $L_F = 2$ dB, $B_F = 1$ MHz

Atenuador: $L_{AT} = 3$ dB

$T_0 = 290$ K



Ejercicio 2

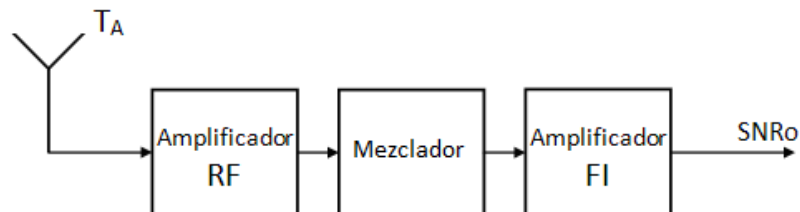
Supongamos que disponemos de un amplificador con un factor de ruido F_A y ganancia G_A . También tenemos un atenuador con pérdidas L_X conectado en cascada.

- Calculad el factor de ruido del conjunto si el atenuador está delante del amplificador (F_{AX}).
- Calculad el factor de ruido del conjunto si el atenuador está detrás del amplificador (F_{XA}).
- ¿Qué condición tiene que cumplir la ganancia del amplificador, G_A , para que $F_{AX} < F_{XA}$?
- Si tenemos dos amplificadores con $F_1 = 16$, $G_1 = 8$ y el otro con $F_2 = 8$, $G_2 = 16$, y un atenuador con $L_X = 6$ dB. Indicad el orden en el que debemos de conectar los tres elementos para tener el Factor de ruido mínimo. ¿Qué valor tendrá F_{\min} ?



Ejercicio 3

Considerad el receptor de HF, formado por el diagrama de bloques de la figura, con impedancia de entrada de 50Ω y con todos los bloques adaptados con la misma impedancia. A la entrada del receptor, que se encuentra a temperatura ambiente, tenemos una señal interferente de potencia -27 dBm .



Si la temperatura equivalente de ruido de la antena, T_A , es de $3 \cdot 10^6 \text{ K}$, y si el receptor tiene la característica entrada salida:

$$y(t) = a_1 x(t) - a_3 x^3(t)$$

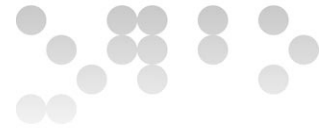
- Calculad el margen dinámico libre de espurios del receptor juntamente con su punto de intercepción.
- Calculad el mínimo punto de intercepción de la etapa de FI para el SFDR del apartado anterior.
- Calculad las ganancias del término fundamental y del espurio, G y G_3 .
- Calculad las constantes a_1 y a_3 .
- Representad gráficamente las rectas de potencia indicando los puntos más destacados.

Datos:

Amplificador de RF: $IP_{iRF} = 25 \text{ dBm}$, $G_{RF} = 20 \text{ dB}$,
 $NF_{RF} = 5 \text{ dB}$, $B_{RF} = 1 \text{ MHz}$

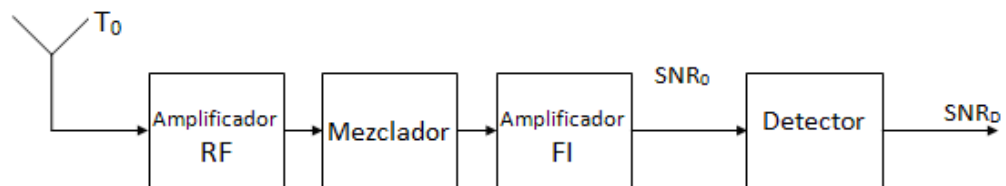
Mezclador: $IP_{iM} = 30 \text{ dBm}$, $G_M = -6 \text{ dB}$, $NF_M = 6 \text{ dB}$

Amplificador de FI: $G_{FI} = 15 \text{ dB}$, $NF_{FI} = 4 \text{ dB}$, $B_{FI} = 16 \text{ kHz}$



Ejercicio 4

Un sistema de telefonía sin hilos utiliza portadoras moduladas con una banda de 200 kHz cada una. Para la construcción del receptor del teléfono disponemos de los elementos de la figura. El detector utilizado necesita en su entrada una relación señal-ruido de 20 dB para operar correctamente y la temperatura de antena está a temperatura ambiente, $T_A = 300\text{K}$.



- Encontrad la sensibilidad del receptor.
- Si a la entrada del receptor se le acopla una señal interferente de -37 dBm de potencia. Calculad el mínimo punto de intercepción de 3er orden a la entrada del amplificador de FI que nos garantice que la potencia del espurio a la salida esté por debajo del nivel de ruido.
- Si disponemos de un amplificador de FI con $IP_{iFI} = 18\text{ dBm}$. Calculad la atenuación del atenuador que tendríamos que introducir a la entrada del receptor para conseguir las condiciones del apartado anterior.

Datos:

Amplificador de RF: $IP_{iRF} = 11\text{ dBm}$, $G_{RF} = 15\text{ dB}$, $NF_{RF} = 1,4\text{ dB}$

Amplificador de FI: $G_{FI} = 60\text{ dB}$, $NF_{FI} = 18\text{ dB}$

Mezclador: $IP_{iM} = 24\text{ dBm}$, $G_M = 6\text{ dB}$, $NF_M = 13\text{ dB}$

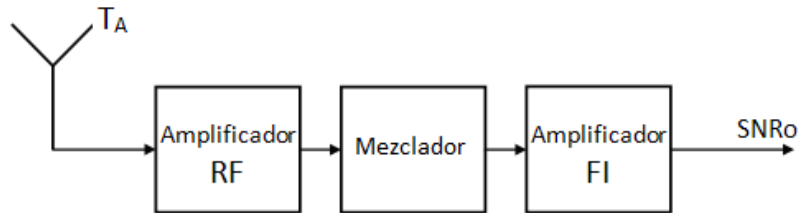
Detector: $SNR_{0min} = 20\text{ dB}$

Impedancia de entrada: $R = 50\ \Omega$



Ejercicio 5

Tenemos el siguiente receptor de RF formado por el siguiente diagrama de bloques con una potencia interferente a la entrada de valor -35 dBm.



Calcula:

- La potencia equivalente de ruido en la entrada.
- La SNR_0 mínima si la sensibilidad del receptor es de $V_i = 4\mu V_{ef}$.
- El margen dinámico libre de espurios.
- El punto de intercepción en la entrada del amplificador de FI.
- Con el objetivo de mejorar el punto de intercepción del receptor colocamos un atenuador un atenuador en la entrada del amplificador de FI de atenuación $L = 10$ dB. Calculad el nuevo punto de intercepción total.

Datos:

Temperatura de antena:

$$T_a = 500 \text{ K}$$

Amplificador de RF:

$$IPi_{RF} = 15 \text{ dBm}, G_{RF} = 15 \text{ dB}, NF_{RF} = 4 \text{ dB}, B_{RF} = 100 \text{ MHz}$$

Mezclador:

$$IPi_M = 23 \text{ dBm}, G_M = -6 \text{ dB}, NF_M = 8 \text{ dB}$$

Amplificador de FI:

$$G_{FI} = 22 \text{ dB}, NF_{FI} = 6 \text{ dB}, B_{FI} = 100 \text{ kHz}$$

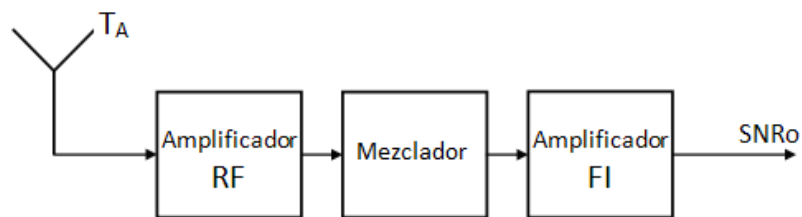
Impedancia de entrada:

$$R_i = 100 \Omega$$



Ejercicio 6

Tenemos el siguiente receptor de RF formado por el diagrama de bloques con una potencia interferente a la entrada de valor -35 dBm.



Calcula:

- La potencia equivalente de ruido en la entrada.
- La sensibilidad del receptor para que $SNR_0 = 20$ dB.
- El margen dinámico libre de espurios.
- El punto de intercepción en la entrada del amplificador de RF.
- Para mejorar el punto de intercepción total del receptor se coloca un atenuador en la entrada del amplificador de RF de atenuación $L=6$ dB. Calcula el nuevo punto de intercepción total.

Datos:

Temperatura de antena:

$$T_a = 500 \text{ K}$$

Amplificador de RF:

$$G_{RF} = 15 \text{ dB}, NF_{RF} = 4 \text{ dB}, B_{RF} = 100 \text{ MHz}$$

Mezclador:

$$IP_{iM} = 23 \text{ dBm}, G_M = -6 \text{ dB}, NF_M = 8 \text{ dB}$$

Amplificador de FI:

$$IP_{iFI} = 30 \text{ dBm}, G_{FI} = 22 \text{ dB}, NF_{FI} = 6 \text{ dB}, B_{FI} = 100 \text{ kHz}$$

Impedancia de entrada:

$$R_i = 100 \Omega$$



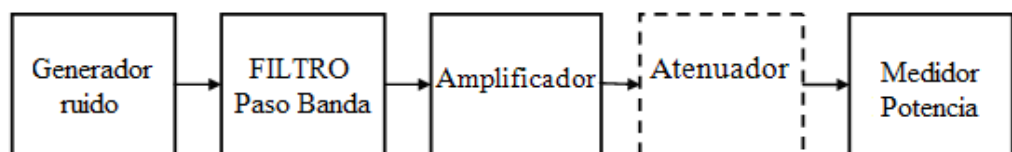
Soluciones

Ejercicio 1

Medimos la potencia de ruido a la salida del amplificador de la figura, conectando a su entrada, a través de un filtro paso banda, un generador de ruido con una temperatura de ruido T_0 .

Si disminuimos a la mitad la potencia de entrada al medidor de potencia, intercalando un atenuador de 3dB, y aumentamos la temperatura del generador de ruido hasta $5T_0$, observamos que en el medidor se obtiene la misma potencia que en el caso anterior.

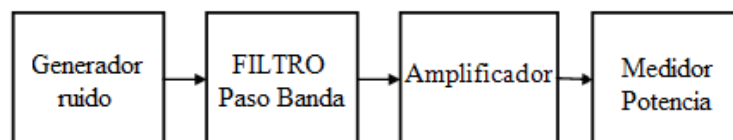
Calculad la figura de ruido que tiene el amplificador.



Datos:

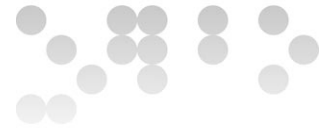
Amplificador: $G_A = 30 \text{ dB}$
Filtro paso banda: $L_F = 2 \text{ dB}$, $B_F = 1 \text{ MHz}$
Atenuador: $L_{AT} = 3 \text{ dB}$
 $T_0 = 290 \text{ K}$

El esquema inicial



La potencia de ruido medida en la salida del amplificador, será

$$P_{n0} = k(T_0 + T_{eq})BG_T$$



Hay que encontrar la T_{eq} y G_T

$$F_T = F_F + \frac{F_A - 1}{G_F} = L_F + \frac{F_A - 1}{1/L_F} = L_F F_A = 1,58 F_A$$

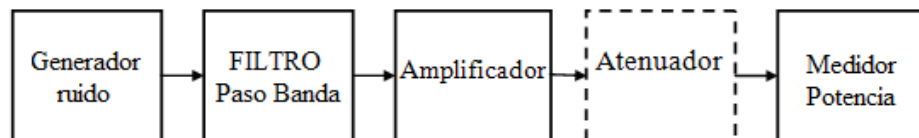
$$T_{eq} = (F_T - 1)T_0 = (1,58 F_A - 1)290$$

$$G_T = G_F G_A = \frac{G_A}{L_F} = 631$$

Entonces,

$$P_{n0} = 1,38 \cdot 10^{-23} (290 + (1,58 F_A - 1)290) 10^6 \cdot 631 = 4 \cdot 10^{-12} F_A$$

Con atenuador



La nueva temperatura de ruido del generador,

$$T_s = 5T_0 = 1450K$$

La potencia de ruido medida en la salida del 'amplificador, será

$$P_{n0} = k(T_s + T_{eq})BG_T$$

Hay que encontrar la T_{eq} y G_T

$$F_T = F_F + \frac{F_A - 1}{G_F} + \frac{F_{AT} - 1}{G_F G_A} = 1,58 F_A + \frac{2 - 1}{1/1,58 \cdot 1000} = 1,58 F_A + 1,58 \cdot 10^{-3}$$

$$T_{eq} = (F_T - 1)T_0 = (1,58 F_A + 1,58 \cdot 10^{-3} - 1)290$$

$$G_T = G_F G_A G_{AT} = \frac{G_A}{L_F L_{AT}} = 315,5$$



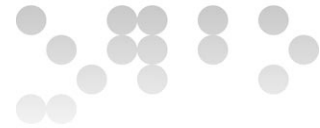
Entonces,

$$P_{n0} = 1,38 \cdot 10^{-23} (1450 + (1,58F_A + 1,58 \cdot 10^{-3} - 1)290) 10^6 \cdot 315,5 = 5 \cdot 10^{-12} + 2 \cdot 10^{-12} F_A$$

Igualando las potencias en los dos casos

$$4 \cdot 10^{-12} F_A = 5 \cdot 10^{-12} + 2 \cdot 10^{-12} F_A$$

$$F_A = 2,5 \quad \text{por lo tanto,} \quad NF_A = 3,98 \text{ dB}$$



Ejercicio 2

Supongamos que disponemos de un amplificador con un factor de ruido F_A y ganancia G_A . También tenemos un atenuador con pérdidas L_X conectado en cascada.

- a. Calculad el factor de ruido del conjunto si el atenuador está delante del amplificador (F_{AX}).

Aplicando Friis:

$$F_{AX} = F_X + \frac{F_A - 1}{G_X} = L_X + \frac{F_A - 1}{1/L_X} = L_X F_A$$

- b. Calculad el factor de ruido del conjunto si el atenuador está detrás del amplificador (F_{XA}).

Aplicando Friis:

$$F_{XA} = F_A + \frac{F_X - 1}{G_A} = F_A + \frac{L_X - 1}{G_A}$$

- c. ¿Qué condición tiene que cumplir la ganancia del amplificador, G_A , para que $F_{AX} < F_{XA}$?

Substituyendo los resultados anteriores:

$$L_X F_A < F_A + \frac{L_X - 1}{G_A}, \text{ entonces } F_A < \frac{1}{G_A}$$

- d. Si tenemos dos amplificadores con $F_1 = 16$, $G_1 = 8$ y el otro con $F_2 = 8$, $G_2 = 16$, y un atenuador con $L_X = 6$ dB. Indicad el orden en el que debemos de conectar los tres elementos para tener el Factor de ruido mínimo. ¿Qué valor tendrá F_{\min} ?

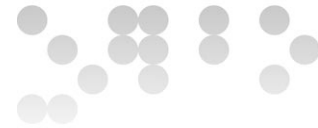
El atenuador aumenta el ruido de las etapas posteriores, por lo tanto, estará al final. El amplificador de más ganancia estará en primer lugar para disminuir el efecto del ruido de las etapas posteriores.



Aplicando Friis:

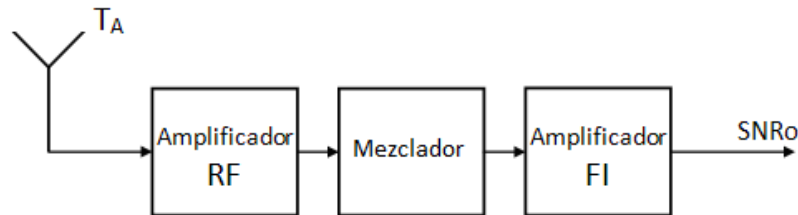
$$F = F_2 + \frac{F_1 - 1}{G_2} + \frac{L_x - 1}{G_2 G_1} = 8 + \frac{16 - 1}{16} + \frac{4 - 1}{16 \cdot 8} = 8,96$$

$$NF_T = 9,52 \text{ dB}$$



Ejercicio 3

Considerad el receptor de HF, formado por el diagrama de bloques de la figura, con impedancia de entrada de 50Ω y con todos los bloques adaptados con la misma impedancia. A la entrada del receptor, que se encuentra a temperatura ambiente, tenemos una señal interferente de potencia -27 dBm .



Si la temperatura equivalente de ruido de la antena, T_A , es de $3 \cdot 10^6 \text{ K}$, y si el receptor tiene la característica entrada salida:

$$y(t) = a_1 x(t) - a_3 x^3(t)$$

- Calculad el margen dinámico libre de espurios del receptor juntamente con su punto de intercepción.

Sabemos que la potencia interferente vale,

$$IP_{ii} = -27 \text{ dBm}$$

Calculemos la potencia equivalente de ruido en la entrada, por tanto, primero necesitaremos conocer el factor de ruido del receptor:

$$F_T = F_{RF} + \frac{F_M - 1}{G_{RF}} + \frac{F_{FI} - 1}{G_{RF} G_M} = 3,16 + \frac{4 - 1}{100} + \frac{2,51 - 1}{100 \cdot 0,25} = 3,25$$

$$P_{ni} = k(T_A + (F_T - 1)T_0)B_{FI} = 1,38 \cdot 10^{-23} (3 \cdot 10^6 + (3,25 - 1)290) 16 \cdot 10^3 = 6,62 \cdot 10^{-13} \text{ W} = -91,78 \text{ dBm}$$

Entonces podremos calcular el margen dinámico libre de espurios:

$$SFDR(\text{dB}) = P_{ii} - P_{ni} = -27 - (-91,78) = 64,78 \text{ dB}$$

De donde podremos calcular el punto de intercepción del receptor:



$$SFDR(dB) = \frac{m-1}{m} (IP_{iT} - P_{ni})$$

$$64,78 = \frac{3-1}{3} (IP_{iT} + 91,78)$$

Por lo tanto,

$$IP_{iT} = 5,3dBm$$

A partir de la ganancia total, podremos calcular IP_{oT} :

$$G_T = G_{RF} + G_M + G_{FI} = 29dB$$

$$IP_{oT} = IP_{iT} + G_T = 5,3 + 29 = 34,3dBm$$

- b. Calculad el mínimo punto de intercepción de la etapa de FI para el SFDR del apartado anterior.

De la expresión que relaciona los puntos de intercepción, con $q = 1$, obtenemos:

$$\frac{1}{IP_{iT}} = \frac{1}{IP_{iRF}} + \frac{G_{RF}}{IP_{iM}} + \frac{G_{RF}G_M}{IP_{iFI}}$$
$$\frac{1}{3,4 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{316 \cdot 10^{-3}} + \frac{100}{1} + \frac{100 \cdot 0,25}{IP_{iFI}}$$

De donde resulta el punto de intercepción

$$IP_{iFI} = 21,2dBm$$

- c. Calculad las ganancias del término fundamental y del espurio, G y G_3 .
La ganancia del fundamental ya la hemos calculados anteriormente

$$G = G_T = 29dB$$

A partir de las relaciones de potencias del tercer armónico,

$$P_3 = G_3 + 3P_i$$



Sabiendo que pasa por el punto de intercepción

$$IP_0 = G_3 + 3IP_i$$

$$34,3 = G_3 + 3 \cdot 5,3$$

$$G_3 = 18,4dB$$

d. Calculad las constantes a_1 y a_3 .

A partir de la relación de las constantes con las ganancias,

$$G = 20 \log a_1 = 29$$

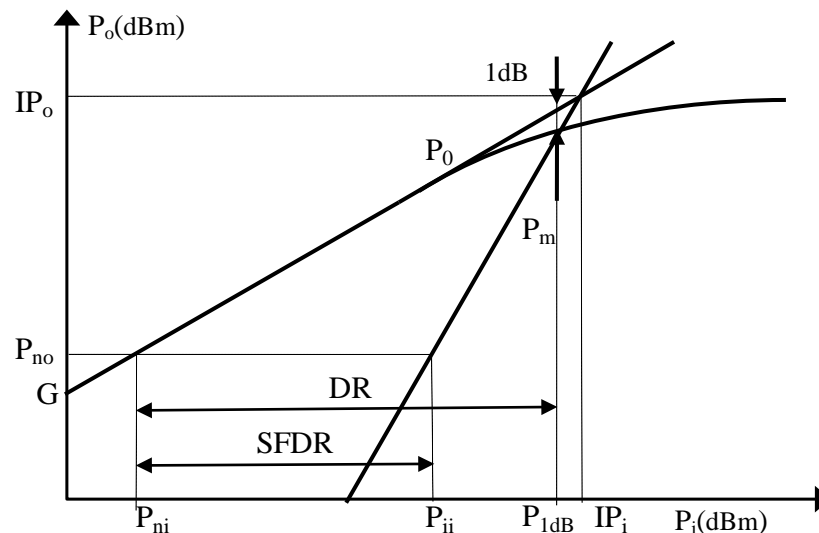
$$a_1 = 28,2$$

$$G_3 = 20 \log \frac{a_3}{2} = 18,4$$

$$a_3 = 16,6$$

e. Representad gráficamente las rectas de potencia indicando los puntos más destacados.

La representación gráfica será parecida a la de la figura con los valores obtenidos en los diferentes apartados,



Con,

$$P_{no} = G + P_{ni} = 29 + (-91,78) = -62,78dBm$$

$$P_{oi} = G_3 + 3 \cdot P_{ii} = 18,4 + 3 \cdot (-27) = -62,6dBm$$

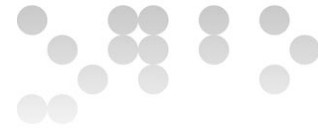


Datos:

Amplificador de RF: $I_{Pi_{RF}} = 25 \text{ dBm}$, $G_{RF} = 20 \text{ dB}$,
 $NF_{RF} = 5 \text{ dB}$, $B_{RF} = 1 \text{ MHz}$

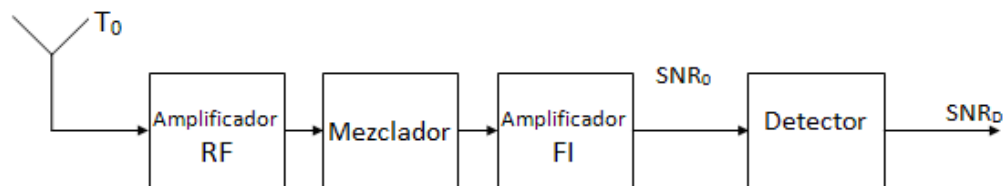
Mezclador: $I_{Pi_M} = 30 \text{ dBm}$, $G_M = -6 \text{ dB}$, $NF_M = 6 \text{ dB}$

Amplificador de FI: $G_{FI} = 15 \text{ dB}$, $NF_{FI} = 4 \text{ dB}$, $B_{FI} = 16 \text{ kHz}$



Ejercicio 4

Un sistema de telefonía sin hilos utiliza portadoras moduladas con una banda de 200 kHz cada una. Para la construcción del receptor del teléfono disponemos de los elementos de la figura. El detector utilizado necesita en su entrada una relación señal-ruido de 20 dB para operar correctamente y la temperatura de antena está a temperatura ambiente, $T_A = 300K$.



- a. Encontrad la sensibilidad del receptor.

$$SNR_o = SNR_i = \frac{P_i}{P_{ni}} = 20dB$$

Calculemos la potencia equivalente de ruido en la entrada, por tanto, primero necesitamos conocer el factor de ruido del receptor:

$$F_T = F_{RF} + \frac{F_M - 1}{G_{RF}} + \frac{F_{FI} - 1}{G_{RF} G_M} = 1,38 + \frac{19,95 - 1}{31,62} + \frac{63,1 - 1}{31,62 \cdot 4} = 2,47$$

$$P_{ni} = k(T_o + (F_T - 1)T_o)B_{FI} = 1,38 \cdot 10^{-23} (300 + (2,47 - 1)300)2 \cdot 10^5 = 2,04 \cdot 10^{-15} W = -116,9dBm$$

Entonces la potencia mínima de señal que debe de haber en la entrada del receptor:

$$P_i \geq SNR_o + P_{ni} = 20 + (-116,9) = -96,9dBm = 2 \cdot 10^{-13} W$$

Por lo tanto, la amplitud mínima necesaria:

$$V_i = \sqrt{P_i \cdot 2 \cdot R} = \sqrt{2 \cdot 10^{-13} \cdot 2 \cdot 50} = 4,52 \cdot 10^{-6} V = 4,52 \mu V$$



- b. Si a la entrada del receptor se le acopla una señal interferente de -37 dBm de potencia. Calculad el mínimo punto de intercepción de 3er orden a la entrada del amplificador de FI que nos garantice que la potencia del espurio a la salida esté por debajo del nivel de ruido.

Sabemos que la potencia interferente vale,

$$IP_{ii} = -37 \text{ dBm}$$

Entonces podemos calcular el margen dinámico libre de espurios:

$$SFDR(\text{dB}) = P_{ii} - P_{ni} = -37 - (-116,9) = 79,9 \text{ dB}$$

De donde podemos calcular el punt de intercepción del receptor:

$$SFDR(\text{dB}) = \frac{m-1}{m} (IP_{iT} - P_{ni})$$

$$79,9 = \frac{3-1}{3} (IP_{iT} + 116,9)$$

Por lo tanto,

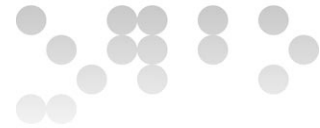
$$IP_{iT} = 2,95 \text{ dBm}$$

De la expresión que relaciona los puntos de intercepción, con $q = 1$, obtenemos:

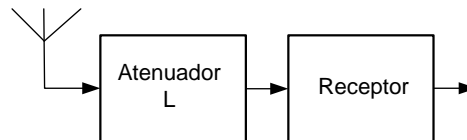
$$\frac{1}{IP_{iT}} = \frac{1}{IP_{iRF}} + \frac{G_{RF}}{IP_{iM}} + \frac{G_{RF} G_M}{IP_{iFI}}$$
$$\frac{1}{1,97 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{12,59 \cdot 10^{-3}} + \frac{31,62}{251,18 \cdot 10^{-3}} + \frac{31,62 \cdot 4}{IP_{iFI}}$$

De donde resulta

$$IP_{iFI} = 26,32 \text{ dBm}$$



- c. Si disponemos de un amplificador de FI con $IP_{iFI} = 18$ dBm. Calculad la atenuación del atenuador que tendríamos que introducir a la entrada del receptor para conseguir las condiciones del apartado anterior.



Calcularemos el punt de intercepción total del receptor con los nuevos datos:

$$\frac{1}{IP_{iT}^I} = \frac{1}{IP_{iRF}} + \frac{G_{RF}}{IP_{iM}} + \frac{G_{RF}G_M}{IP_{iFI}} = \frac{1}{12,59 \cdot 10^{-3}} + \frac{31,62}{251,18 \cdot 10^{-3}} + \frac{31,62 \cdot 4}{63,1 \cdot 10^{-3}}$$

$$IP_{iT}^I = 0,45mW = -3,43dBm$$

Entonces la atenuación tendrá que cumplir que:

$$IP_{iT} = IP_{iT}^I + L$$

Por lo tanto,

$$L = 2,95 + 3,43 = 6,38dB$$

Datos:

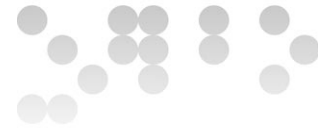
Amplificador de RF: $IP_{iRF} = 11$ dBm, $G_{RF} = 15$ dB, $NF_{RF} = 1,4$ dB

Amplificador de FI: $G_{FI} = 60$ dB, $NF_{FI} = 18$ dB

Mezclador: $IP_{iM} = 24$ dBm, $G_M = 6$ dB, $NF_M = 13$ dB

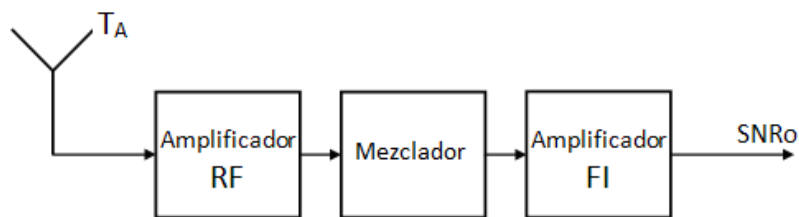
Detector: $SNR_{0min} = 20$ dB

Impedancia de entrada: $R = 50 \Omega$



Ejercicio 5

Tenemos el siguiente receptor de RF formado por el siguiente diagrama de bloques con una potencia interferente a la entrada de valor -35 dBm.



Calcula:

- a. La potencia equivalente de ruido en la entrada.

Primero necesitamos conocer el factor de ruido del receptor:

$$F_T = F_{RF} + \frac{F_M - 1}{G_{RF}} + \frac{F_{FI} - 1}{G_{RF} G_M} = 2,51 + \frac{6,3 - 1}{31,62} + \frac{4 - 1}{31,62 \cdot 0,25} = 3$$

$$P_{ni} = k(T_A + (F_T - 1)T_0)B_{FI} = 1,38 \cdot 10^{-23} (500 + (3 - 1)290)10^5 = 1,5 \cdot 10^{-15} W = -118,25 dBm$$

- b. La SNR_0 mínima si la sensibilidad del receptor es de $V_i = 4 \mu V_{ef}$.

Por lo tanto, la potencia mínima necesaria:

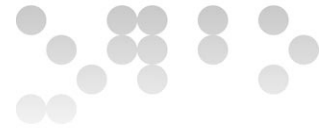
$$P_i = \frac{V_{ief}^2}{R} = \frac{(4 \cdot 10^{-6})^2}{100} = 1,6 \cdot 10^{-13} W$$

Entonces la SNR_0 mínima del receptor:

$$SNR_o \geq P_i - P_{ni} = -98 - (-118,25) = 20,3 dB$$

- c. El margen dinámico libre de espurios.

$$SFDR(dB) = P_{ii} - P_{ni} = -35 - (-118,25) = 83,25 dB$$



d. El punto de intercepción en la entrada del amplificador de FI.

$$SFDR(dB) = \frac{m-1}{m}(IP_{iT} - P_{ni})$$

$$83,25 = \frac{3-1}{3}(IP_{iT} + 118,25)$$

Por lo tanto,

$$IP_{iT} = 6,625dBm$$

$$\frac{1}{IP_{iT}} = \frac{1}{IP_{iRF}} + \frac{G_{RF}}{IP_{iM}} + \frac{G_{RF}G_M}{IP_{iFI}}$$

$$\frac{1}{4,6 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{31,62 \cdot 10^{-3}} + \frac{31,6}{0,2} + \frac{31,6 \cdot 0,25}{IP_{iFI}}$$

De donde resulta el punto de intercepción

$$IP_{iFI} = 285mW = 24,5dBm$$

e. Con el objetivo de mejorar el punto de intercepción del receptor colocamos un atenuador un atenuador en la entrada del amplificador de FI de atenuación $L = 10dB$. Calculad el nuevo punto de intercepción total.

$$IP_{iFI} = IP'_{iFI} + L = 24,5 + 10 = 34,5dBm$$

Por lo tanto,

$$\frac{1}{IP_{iT}} = \frac{1}{31,62 \cdot 10^{-3}} + \frac{31,6}{0,2} + \frac{31,6 \cdot 0,25}{2,81}$$

$$IP_{iT} = 5,2mW = 7,16dBm$$



Datos:

Temperatura de antena:

$$T_a = 500 \text{ K}$$

Amplificador de RF:

$$IP_{iRF} = 15 \text{ dBm}, G_{RF} = 15 \text{ dB}, NF_{RF} = 4 \text{ dB}, B_{RF} = 100 \text{ MHz}$$

Mezclador:

$$IP_{iM} = 23 \text{ dBm}, G_M = -6 \text{ dB}, NF_M = 8 \text{ dB}$$

Amplificador de FI:

$$G_{FI} = 22 \text{ dB}, NF_{FI} = 6 \text{ dB}, B_{FI} = 100 \text{ kHz}$$

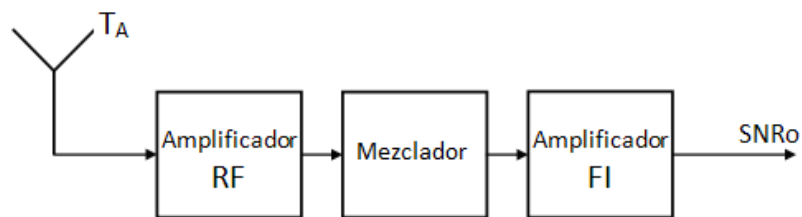
Impedancia d'entrada:

$$R_i = 100 \Omega$$



Ejercicio 6

Tenemos el siguiente receptor de RF formado por el diagrama de bloques con una potencia interferente a la entrada de valor -35 dBm.



Calcula:

- a. La potencia equivalente de ruido en la entrada.

Primero necesitamos conocer el factor de ruido del receptor:

$$F_T = F_{RF} + \frac{F_M - 1}{G_{RF}} + \frac{F_{FI} - 1}{G_{RF} G_M} = 2,51 + \frac{6,3 - 1}{31,6} + \frac{4 - 1}{31,6 \cdot 0,25} = 3$$

$$P_{ni} = k(T_A + (F_T - 1)T_0)B_{FI} = 1,38 \cdot 10^{-23} (500 + (3 - 1)290)10^5 = 1,5 \cdot 10^{-15} W = -118,25 dBm$$

- b. La sensibilidad del receptor para que $SNR_0 = 20$ dB.

Entonces la potencia mínima de señal que tiene que haber en la entrada del receptor:

$$P_i \geq SNR_0 + P_{ni} = 20 + (-118,25) = -98,25 dBm = 1,5 \cdot 10^{-13} W$$

Por lo tanto, la amplitud mínima necesaria:

$$V_i = \sqrt{P_i \cdot 2 \cdot R} = \sqrt{1,5 \cdot 10^{-13} \cdot 2 \cdot 100} = 5,47 \cdot 10^{-6} V = 5,47 \mu V$$

- c. El margen dinámico libre de espurios.

$$SFDR(dB) = P_{ii} - P_{ni} = -35 - (-118,25) = 83,25 dB$$



d. El punto de intercepción en la entrada del amplificador de RF.

$$SFDR(dB) = \frac{m-1}{m} (IP_{iT} - P_{ni})$$

$$83,25 = \frac{3-1}{3} (IP_{iT} + 118,25)$$

Por lo tanto,

$$IP_{iT} = 6,625 dBm$$

$$\frac{1}{IP_{iT}} = \frac{1}{IP_{iRF}} + \frac{G_{RF}}{IP_{iM}} + \frac{G_{RF} G_M}{IP_{iFI}}$$

$$\frac{1}{4,6 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{IP_{iRF}} + \frac{31,6}{0,2} + \frac{31,6 \cdot 0,25}{1}$$

De donde resulta el punto de intercepción

$$IP_{iRF} = 19,5 mW = 12,9 dBm$$

e. Para mejorar el punto de intercepción total del receptor se coloca un atenuador en la entrada del amplificador de RF de atenuación $L=6dB$.
 Calcula el nuevo punto de intercepción total.

$$IP_{iT} = IP_{iT}^I + L$$

Por lo tanto,

$$IP_{iT} = 6,625 + 6 = 12,625 dBm$$

Datos:

Temperatura de antena:

$$T_a = 500 K$$

Amplificador de RF:

$$G_{RF} = 15 dB, NF_{RF} = 4 dB, B_{RF} = 100 MHz$$

Mezclador:

$$IP_{iM} = 23 dBm, G_M = -6 dB, NF_M = 8 dB$$

Amplificador de FI:



$$I_{P_{F1}} = 30 \text{ dBm}, G_{F1} = 22 \text{ dB}, NF_{F1} = 6 \text{ dB}, B_{F1} = 100 \text{ kHz}$$

Impedancia de entrada:

$$R_i = 100 \Omega$$