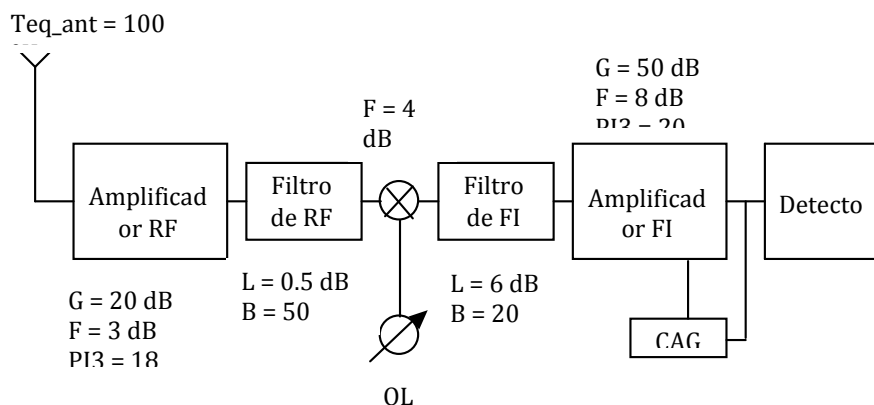


## SOLUCIÓN EJERCICIO 1 EXAMEN CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA 2010

Se dispone de un receptor de FM superheterodino que trabaja en la banda UHF, entre 420 y 470 MHz, y cuya frecuencia intermedia es de 55 MHz. El equipo necesita, para un correcto funcionamiento, tener en el detector una relación señal / ruido mejor de 8 dB. Si el esquema del receptor corresponde a la siguiente figura, se pide:



Recuerde que:

Constante de Boltzman:  $K = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ W}/(\text{Hz} \cdot ^\circ\text{K})$

Temperatura de referencia:  $T_0 = 293 \text{ } ^\circ\text{K}$

- a) Calcular la frecuencia del oscilador local. Con este esquema de diseño, ¿existirán problemas de interferencias con la frecuencia imagen para el mezclador de la etapa de FI?. (0.5 puntos)

SOL: Sabemos que FI es de 55 MHz, y que

$$FI = \pm F_{OL} \pm F_{RF}$$

$$FI = F_{RF} - F_{OL} \Rightarrow F_{OL} = F_{RF} - FI$$

O

$$FI = F_{OL} - F_{RF} \Rightarrow F_{OL} = F_{RF} + FI$$

$$\text{In}[169]:= FI = 55 * 10^6$$

$$\text{Out}[169]= 55\,000\,000$$

$$\text{In}[170]:= FRF = \{420 * 10^6, 470 * 10^6\}$$

$$\text{Out}[170]= \{420\,000\,000, 470\,000\,000\}$$

$$\text{In}[171]:= FOL_1 = FRF - FI$$

$$\text{Out}[171]= \{365\,000\,000, 415\,000\,000\}$$

$$\text{In}[172]:= FOL_2 = FRF + FI$$

$$\text{Out}[172]= \{475\,000\,000, 525\,000\,000\}$$

Para calcular las frecuencias imágenes, aplicamos la fórmula contraria a la usada para el cálculo de la frecuencia del oscilador, es decir:

$$FI = F_{RF} - F_{OL} \Rightarrow F_{OL} = F_{RF} - FI \Rightarrow FI = F_{OL} - F_{IMAGEN}$$

$$FI = F_{OL} - F_{RF} \Rightarrow F_{OL} = F_{RF} + FI \Rightarrow FI = F_{IMAGEN} - F_{OL}$$

In[173]:=  $\mathbf{F_{IMAGEN_1} = F_{OL_1} - FI}$

Out[173]= {310 000 000, 360 000 000}

In[174]:=  $\mathbf{F_{IMAGEN_2} = F_{OL_2} + FI}$

Out[174]= {530 000 000, 580 000 000}

Observe que los rangos de frecuencias imagen no se solapan con el rango de frecuencia de recepción, por lo tanto no tendremos problemas con ellas.

b) Calcular la relación señal / ruido a la entrada del detector para una señal de entrada de -40 dBm (suponer la antena con ganancia unidad). (1 punto)

Para calcular la SNR necesitamos primero calcular la potencia de ruido a la entrada. La SNR a la salida será igual a la SNR a la entrada, ya que no hay desadaptación de potencias.

Sabemos que la potencia de ruido a la entrada es:

$$P_{\text{RuidoTotal}} = K * B * (T_{\text{amb}} + T_{\text{equiv}_T}) * 10^{-3} \text{ mW}$$

Donde K es la constante de Boltzmann, B es el ancho de banda más restrictivo (20 Mhz en FI),  $T_{\text{amb}}$  es la temperatura ambiente, que asumiremos  $T_0 = 293 \text{ K}$ , y toca calcular  $T_{\text{equiv}_T}$

In[175]:=  $\mathbf{K = 1.38 * 10^{-23}}$

Out[175]=  $1.38 \times 10^{-23}$

In[176]:=  $\mathbf{B = 20 * 10^6}$

Out[176]= 20 000 000

In[177]:=  $\mathbf{T_0 = 293}$

Out[177]= 293

In[178]:=  $\mathbf{T_{ant} = 100}$

Out[178]= 100

In[179]:=  $\mathbf{F_{A_{RF}} = 3}$

Out[179]= 3

In[180]:=  $\mathbf{f_{A_{RF}} = 10^{(F_{A_{RF}} / 10)}}$

Out[180]=  $10^{3/10}$

In[181]:=  $\mathbf{T_{A_{RF}} = T_0 * (f_{A_{RF}} - 1)}$

Out[181]=  $293 (-1 + 10^{3/10})$

In[182]:=  $\mathbf{L_{F_{RF}} = 0.5}$

Out[182]= 0.5

In[183]:=  $\mathbf{F_{F_{RF}} = L_{F_{RF}}}$

Out[183]= 0.5

In[184]:=  $\mathbf{f_{F_{RF}} = 10^{(F_{F_{RF}} / 10)}}$

Out[184]= 1.12202

In[185]:=  $\mathbf{T_{F_{RF}} = T_0 * (f_{F_{RF}} - 1)}$

Out[185]= 35.7514

In[186]:=  $\mathbf{F}_{\text{MIX}} = 4$

Out[186]= 4

In[187]:=  $\mathbf{f}_{\text{MIX}} = 10^{\wedge}(\mathbf{F}_{\text{MIX}} / 10)$

Out[187]=  $10^{2/5}$

In[188]:=  $\mathbf{T}_{\text{MIX}} = \mathbf{T}_0 * (\mathbf{f}_{\text{MIX}} - 1)$

Out[188]=  $293 \left( -1 + 10^{2/5} \right)$

In[189]:=  $\mathbf{L}_{\mathbf{F}_{\text{FI}}} = 6$

Out[189]= 6

In[190]:=  $\mathbf{F}_{\mathbf{F}_{\text{FI}}} = \mathbf{L}_{\mathbf{F}_{\text{FI}}}$

Out[190]= 6

In[191]:=  $\mathbf{f}_{\mathbf{F}_{\text{FI}}} = 10^{\wedge}(\mathbf{F}_{\mathbf{F}_{\text{FI}}} / 10)$

Out[191]=  $10^{3/5}$

In[192]:=  $\mathbf{T}_{\mathbf{F}_{\text{FI}}} = \mathbf{T}_0 * (\mathbf{f}_{\mathbf{F}_{\text{FI}}} - 1)$

Out[192]=  $293 \left( -1 + 10^{3/5} \right)$

In[193]:=  $\mathbf{F}_{\mathbf{A}_{\text{FI}}} = 8$

Out[193]= 8

In[194]:=  $\mathbf{f}_{\mathbf{A}_{\text{FI}}} = 10^{\wedge}(8 / 10)$

Out[194]=  $10^{4/5}$

In[195]:=  $\mathbf{T}_{\mathbf{A}_{\text{FI}}} = \mathbf{T}_0 * (\mathbf{f}_{\mathbf{A}_{\text{FI}}} - 1)$

Out[195]=  $293 \left( -1 + 10^{4/5} \right)$

In[196]:=  $\mathbf{G}_{\text{ant}} = 0$

Out[196]= 0

In[197]:=  $\mathbf{g}_{\text{ant}} = 10^{\wedge}(\mathbf{G}_{\text{ant}} / 10)$

Out[197]= 1

In[198]:=  $\mathbf{G}_{\mathbf{A}_{\text{RF}}} = 20$

Out[198]= 20

In[199]:=  $\mathbf{g}_{\mathbf{A}_{\text{RF}}} = 10^{\wedge}(\mathbf{G}_{\mathbf{A}_{\text{RF}}} / 10)$

Out[199]= 100

In[200]:=  $\mathbf{G}_{\mathbf{F}_{\text{RF}}} = -\mathbf{L}_{\mathbf{F}_{\text{RF}}}$

Out[200]= -0.5

In[201]:=  $\mathbf{g}_{\mathbf{F}_{\text{RF}}} = 10^{\wedge}(\mathbf{G}_{\mathbf{F}_{\text{RF}}} / 10)$

Out[201]= 0.891251

In[202]:=  $\mathbf{L}_{\text{MIX}} = 1$

Out[202]= 1

In[203]:=  $G_{MIX} = -L_{MIX}$

Out[203]= -1

In[204]:=  $g_{MIX} = 10^{(G_{MIX} / 10)}$

Out[204]=  $\frac{1}{10^{1/10}}$

In[205]:=  $G_{F_{FI}} = -L_{F_{FI}}$

Out[205]= -6

In[206]:=  $g_{F_{FI}} = 10^{(G_{F_{FI}} / 10)}$

Out[206]=  $\frac{1}{10^{3/5}}$

In[207]:=  $G_{A_{FI}} = 50$

Out[207]= 50

In[208]:=  $g_{A_{FI}} = 10^{(G_{A_{FI}} / 10)}$

Out[208]= 100 000

In[209]:= 
$$T_{equiv_T} = T_{ant} + \frac{T_{A_{RF}}}{g_{ant}} + \frac{T_{F_{RF}}}{g_{ant} * g_{A_{RF}}} + \frac{T_{MIX}}{g_{ant} * g_{A_{RF}} * g_{F_{RF}}} + \frac{T_{F_{FI}}}{g_{ant} * g_{A_{RF}} * g_{F_{RF}} * g_{MIX}} + \frac{T_{A_{FI}}}{g_{ant} * g_{A_{RF}} * g_{F_{RF}} * g_{MIX} * g_{F_{FI}}}$$

Out[209]= 496.761

In[210]:=  $P_{Ruido_T} = K * B * (T_0 + T_{equiv_T}) * 10^3$

Out[210]=  $2.17974 \times 10^{-10}$

In[211]:=  $P_{RdBm} = 10 * \text{Log}[10, P_{Ruido_T}]$

Out[211]= -96.616

In[212]:=  $P_{entrada} = -40$

Out[212]= -40

In[213]:=  $SNR = P_{entrada} - P_{RdBm}$

Out[213]= 56.616

SNR=56.616 dB

c) Determinar la sensibilidad del receptor. (0.5 puntos)

$$S_{SNR} = P_{RdBm} * SNR_{min}$$

In[214]:=  $SNR_{min} = 8$

Out[214]= 8

$$\text{In}[215]:= \mathbf{S_{SNR} = P_{RdBm} + SNR_{min}}$$

$$\text{Out}[215]= -88.616$$

d) ¿Cuál es el margen dinámico de este receptor?. (0.7 puntos)

$$\begin{aligned} MD_{dB} &= P_{entrada_{max}} - P_{entrada_{min}} \\ P_{entrada_{min}} &= S_{SNR} \\ P_{entrada_{max}} / P_{3_{entrada}} &= MSD = P_{R_{dBm}} \\ P_{entrada_{max}} &= \frac{MSD + 2 \cdot PI3_{Total}}{3} \end{aligned}$$

$$\text{In}[216]:= \mathbf{P_{entrada_{min}} = S_{SNR}}$$

$$\text{Out}[216]= -88.616$$

$$\text{In}[217]:= \mathbf{MSD = P_{RdBm}}$$

$$\text{Out}[217]= -96.616$$

Para calcular el  $PI3_{TOTAL}$  aplicamos :

$$\frac{1}{PI3_{Total}^2} = \frac{1}{PI3_{ARF}^2} + \frac{(g_{ARF} * g_{FRF} * g_{MIX} * g_{FFI})^2}{PI3_{AFI}^2}$$

$$\text{In}[218]:= \mathbf{PI3_{ARF} = 10^{(18 / 10)}}$$

$$\text{Out}[218]= 10 \cdot 10^{4/5}$$

$$\text{In}[219]:= \mathbf{PI3_{AFI} = 10^{(20 / 10)}}$$

$$\text{Out}[219]= 100$$

$$\text{In}[220]:= \mathbf{PI3_{Total} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{(PI3_{ARF})^2} + \frac{(g_{ARF} * g_{FRF} * g_{MIX} * g_{FFI})^2}{(PI3_{AFI})^2}}}}$$

$$\text{Out}[220]= 5.60121$$

$$\text{In}[221]:= \mathbf{PI3_{TotaldBm} = 10 * \text{Log}[10, PI3_{Total}]}$$

$$\text{Out}[221]= 7.48282$$

$$\text{In}[222]:= \mathbf{P_{entrada_{max}} = \frac{MSD + 2 * PI3_{TotaldBm}}{3}}$$

$$\text{Out}[222]= -27.2168$$

$$\text{In}[224]:= \mathbf{MD_{dB} = P_{entrada_{max}} - P_{entrada_{min}}}$$

$$\text{Out}[224]= 61.3992$$

e) ¿Cuál es la máxima reducción que ha de imponer el control automático de ganancia (CAG) al amplificador de FI para que en la entrada del detector nunca se supere los 30 dBm de potencia de señal?. (0.3 puntos)

$$\text{In}[225]:= \mathbf{P_{entrada} = \{P_{entrada_{min}}, P_{entrada_{max}}\}}$$

$$\text{Out}[225]= \{-88.616, -27.2168\}$$

$$\text{In}[226]:= \mathbf{G_{total} = G_{ant} + G_{ARF} + G_{FRF} + G_{MIX} + G_{FFI} + G_{AFI}}$$

$$\text{Out}[226]= 62.5$$

```
In[228]:= PSalidahFI = PEntrada + Gtotal
```

```
Out[228]= {-26.116, 35.2832}
```

Sabemos que la ganancia máxima en el Detecto debe ser 30dB,, con lo cual la ganancia del CAG, sera tal que:

$$30 \text{ dBm} = P_{\text{Salida}_{h_{FI}}} + G_{\text{CAG}}$$

$$G_{\text{CAG}} = 30 \text{ dBm} - P_{\text{Salida}_{h_{FI}}}$$

```
In[229]:= GCAG = 30 - PSalidahFI
```

```
Out[229]= {56.116, -5.28323}
```