

**Universidad Carlos III de Madrid**

# INFORME DEL TRABAJO DE EVALUACIÓN DEL BLOQUE 2

*Diseño de circuitos electrónicos para comunicaciones*

Autores:

Markel Serrano y Daniel Theran

20 de Noviembre del 2022

## 1. Apartado 1

En el primer apartado se pide calcular la SNR a la entrada y la salida del LNA del circuito para dos valores de entrada dados, -30 y -70 dBm. Para ello, y como puede verse en los cálculos anexados, primero debe calcularse la SNR de entrada del LNA. Para ello, se divide la potencia de la señal de entrada entre la potencia del ruido térmico a la entrada, como puede verse en la fórmula, y se cambia de unidades lineales a logarítmicas.

Una vez calculada la SNR de entrada para ambos casos, basta con restar la figura de ruido del LNA para obtener las señales SNA de salida correspondientes.

## 2. Apartado 2

En el segundo apartado se pide calcular la figura de ruido del mezclador y etapas siguientes para que la figura de ruido total del receptor no supere nunca 10dB. Como puede verse en el diagrama de bloques anexado, se ha modelado el circuito con una bifurcación en dos líneas (la línea I y la Q, como corresponde a un receptor en cuadratura). Ambas líneas son simétricas exceptuando un desfase de 90°, pero los bloques que las componen son los mismos. Más concretamente, cada línea se compone de un mezclador, un filtro paso bajo y un controlador automático de ganancia (AGC).

Para resolver este apartado, se ha de tener en cuenta que la figura de ruido más importante, debido a la fórmula de Friis, es la del LNA, la cual es conocida (de 2,4 dB). Por tanto, pueden modelarse el resto de bloques como uno solo, y encontrar la figura de ruido máxima de este simplemente despejando de la fórmula de Friis. Así, se consigue una figura de ruido máxima posible para ese bloque equivalente de 25,18 dB.

## 3. Apartado 3

En el tercer apartado se pide calcular las ganancias mínima y máxima del AGC, suponiendo el caso de máxima ganancia para -70 dBm a la entrada. Sabiendo que el AGC mantiene una salida 1 Vrms, y que su margen de ganancias es de 40 dB, basta con calcular la ganancia máxima, que será de 130 dBm (la diferencia entre los 60 dBm a la salida correspondientes a 1 Vrms y la suposición de -70 dBm de la entrada.) Después, se aplica el rango de 40 dB que caracteriza al AGC y se obtiene la ganancia mínima, de 90 dB para este caso.

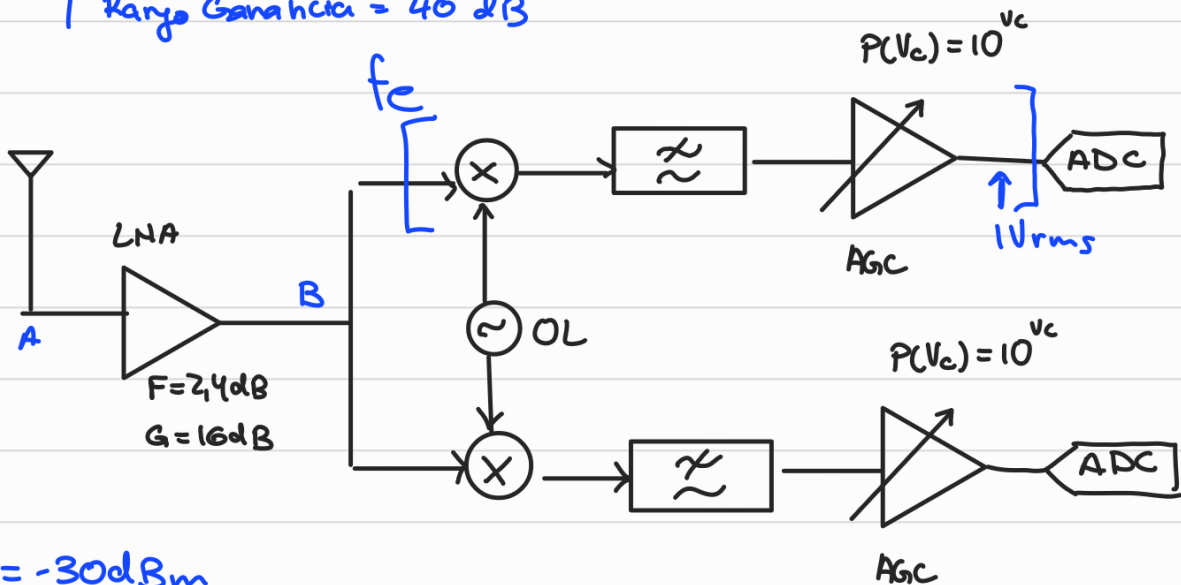
- 4. Apartado 4**
- 5. Apartado 5**
- 6. Apartado 6**
- 7. Anexo: Desarrollo de los cálculos utilizados**

## BLOQUE 2:

Receptor  $\rightarrow$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{LNA} \\ \text{Mezclador} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} IF = 2,4 \text{ GHz} \\ OL = 2,4 \text{ GHz} \end{array} \right. \\ \text{Filtro paso bajo} \\ \text{Control automático de Ganancia} \\ \text{Convertidor A/C} \end{array} \right.$

LNA  $\rightarrow$   $\left\{ \begin{array}{l} F = 2,4 \text{ dB} \\ G = 16 \text{ dB} \\ BW_N = 20 \text{ MHz} \end{array} \right.$  Nivel máximo de entrada =  $-30 \text{ dBm}$

AGC  $\rightarrow$   $\left\{ \begin{array}{l} V_0 = 1 \text{ Vrms} \\ \text{Rango Ganancia} = 40 \text{ dB} \end{array} \right.$



1)  $V_i = -30 \text{ dBm}$

$$SNR_{\text{entrada}} = 10 \log \left( \frac{(31,6 \mu\text{V})^2}{4 \cdot k \cdot T \cdot 50 \cdot 20 \text{ M}} \right) = \underline{17,8 \text{ dB}}$$

$$SNR_{\text{salida}} = SNR_{\text{entrada}} - \underset{(F)}{2,4} = \underline{15,4 \text{ dB}}$$

$V_i = -70 \text{ dBm}$

$$SNR_{\text{entrada}} = 10 \log \left( \frac{(10,316 \mu\text{V})^2}{4 k T \cdot 50 \cdot 20 \text{ M}} \right) = \underline{-22,2 \text{ dB}}$$

$$SNR_{\text{salida}} = SNR_{\text{entrada}} - F = \underline{-24,6 \text{ dB}}$$

2)

$$F_t = f_1 + \frac{f_e - 1}{g_1} = 10 \Rightarrow f_e = 10^{1/6} (10 - 10^{0,24}) + 1 = 329,92$$

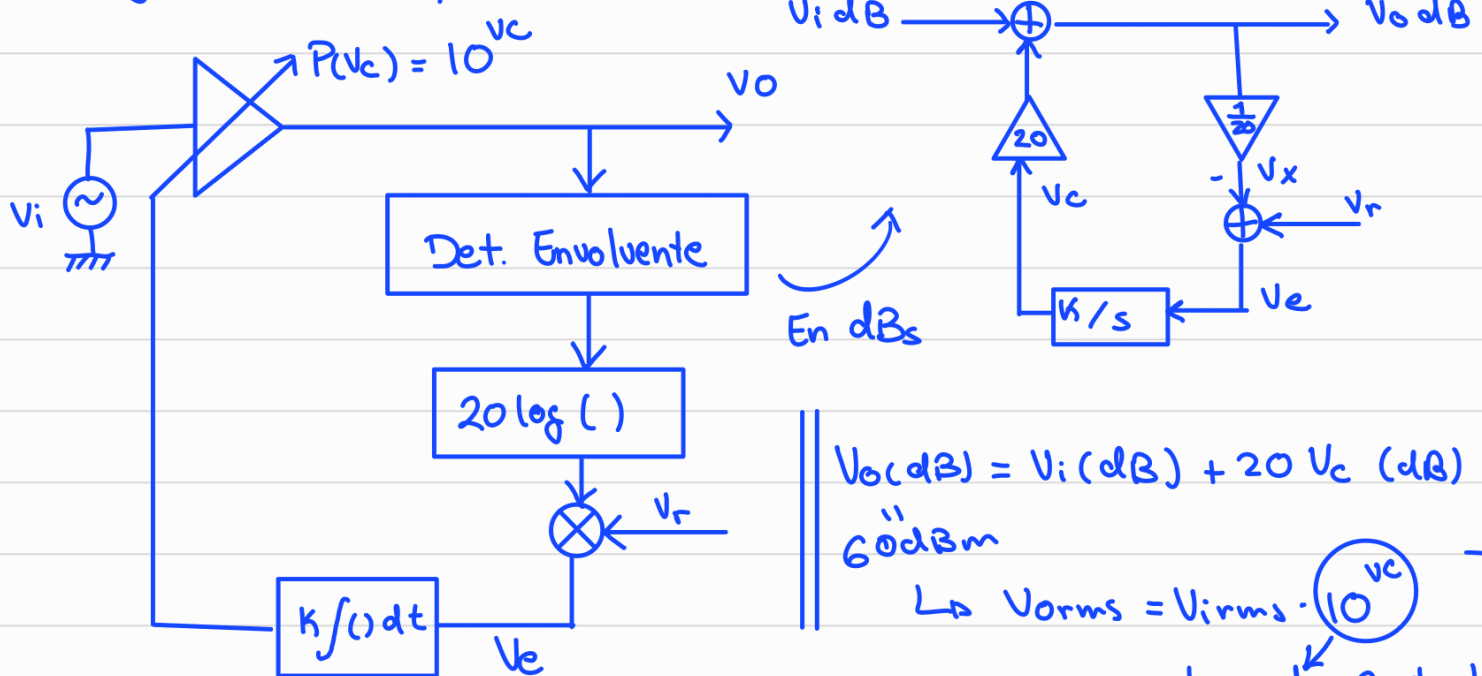
$$f_e \leq 25,18 \text{ dB para mantener } f_r = 10 \text{ dB}$$

3)

$$V_o = V_i + G_{AGC} = 20 \cdot \log \left( \frac{1 V_{rms}}{1 m V_{rms}} \right) \Rightarrow 60 \text{ dBm} - (-70 \text{ dBm}) = G_{max} AGC$$

$$G_{max} AGC = 130 \text{ dB} \Rightarrow G_{min} AGC = 90 \text{ dB}$$

4) Diagrama de Bloques en lineal



$$\rightarrow \begin{cases} V_c = \frac{K}{s} \left( V_r - \frac{V_o}{20} \right) \\ \rightarrow V_o = V_i + 20 \frac{K}{s} \cdot V_r - \frac{K}{s} \cdot V_o \end{cases}$$

$$V_o = V_i \frac{s}{s+r} + 20 V_r \frac{K}{s+r}$$

Analizado en régimen permanente.

$$\left. V_o \right|_{s=0} = 20 \cdot V_r$$

60 dBm

$$V_r = \frac{60}{20} = 3 \text{ dB}$$

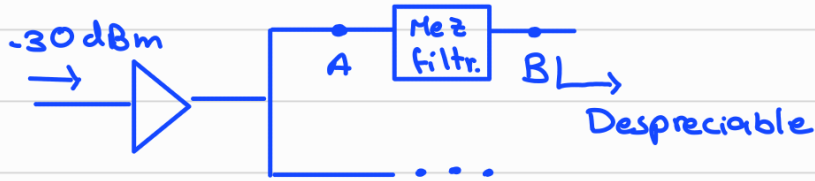
$$V_r = 10^{\frac{3}{20}} = 1,41 V_{rms}$$

6)

Según la simulación, para una  $V_i$  de  $-30\text{dBm}$

↳ El ruido  $\Rightarrow \underline{V_{rms} = 38,628\mu\text{V}}$

→ Analizando la figura de ruido:



(apartado b)

$$SNR_A = \underline{15,4\text{dB}}$$

$$F_{mez} = SNR_A - SNR_B$$

$$\boxed{F_{mez} = 0,14\text{dB}}$$

↳ Se cumple la condición

$$P_{NB} = (38,628\mu\text{V})^2 \text{W}$$

$$P_{SB} = -30\text{dBm} + \underset{\substack{\downarrow \\ \text{LNA}}}{16\text{dB}} + \underset{\substack{\downarrow \\ \text{mez.}}}{1\text{dB}} = -13\text{dBm}$$

$$P_{SB} = (223,87\mu\text{V})^2 \text{W}$$

$$\rightarrow SNR_B = 10 \log\left(\frac{P_{SB}}{P_{NB}}\right) = \underline{15,26\text{dB}}$$

