PUCRS – Escola Politécnica – Engenharia Elétrica

Microondas – T480 – Exercício aula 13/11/2019

A Figura 1 mostra o diagrama de blocos de um sistema passa-banda, constituído pelos amplificadores de baixo ruído A1 e A2 e pelo filtro B. A temperatura de operação do sistema é 30°C e as impedâncias de entrada e saída de cada bloco são todas 50Ω . A entrada in1 é conectada a uma antena de impedância 50Ω e temperatura de ruído 150K.

Figura 1: Diagrama de blocos de um sistema passa-banda.

A Figura 2 mostra o gráfico do parâmetro S_{21} do filtro passivo *B* medido em um *vector analyzer* e a Figura 3 mostra o gráfico do IP3 dos amplificadores A1 e A2, cujas figuras de ruído na condição de operação dada são respectivamente 1dB e 2dB.

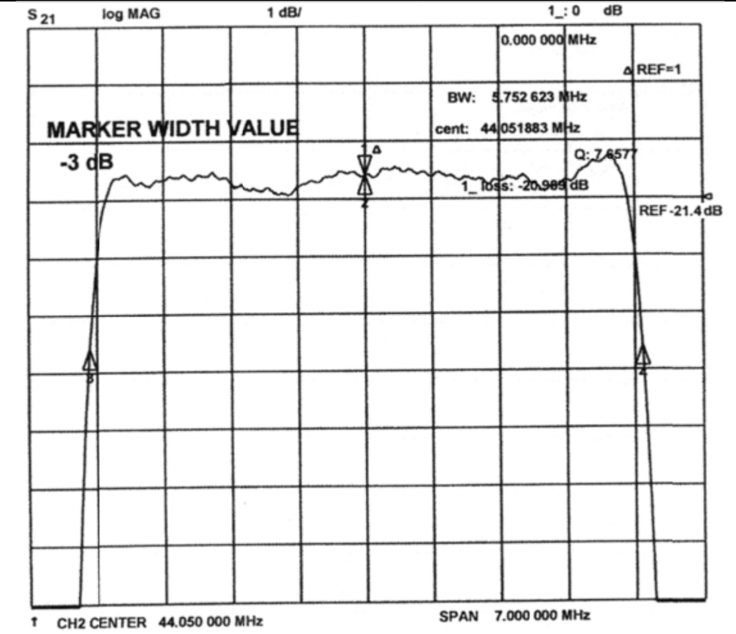

Figura 2: Parâmetro espalhamento S_{21} do filtro *B*.

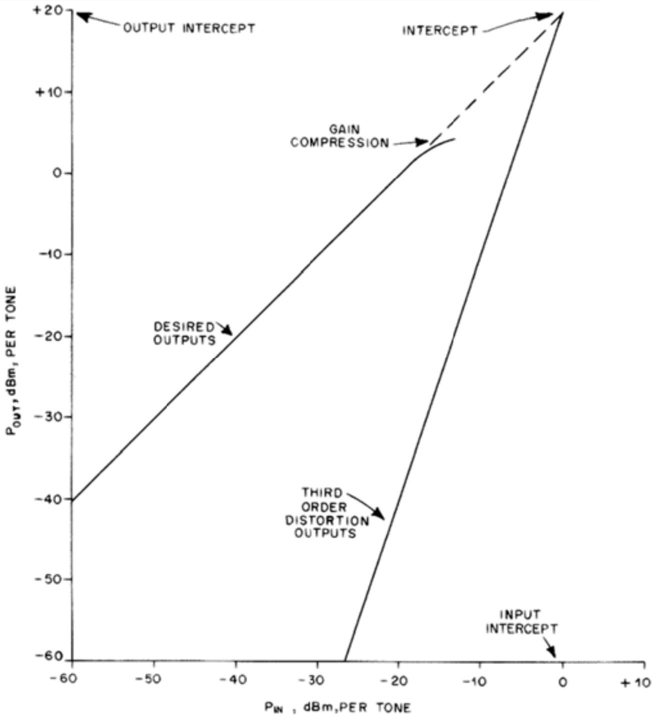

Figura 3: IP3 dos amplificadores A1 e A2.

Pede-se:

a) Sabendo que deseja-se uma SNR=20dB na saída out2, determine a mínima tensão de sinal na entrada in1 para que esta condição seja atendida.

b) Determine o *spurious free dynamic range* em dB para este sistema.

Solução:

Seja G1 e F1 respectivamente o ganho de potência e figura de ruído do amplificador A1.
Seja G2 e F2 respectivamente o ganho de sinal (S21) e a figura de ruído do filtro B.
Seja G3 e F3 respectivamente o ganho de potência e figura de ruído do amplificador A2.

a) Do enunciado e dos gráficos temos:

$Zo := 50\cdot\Omega$

$G1 := 20$ dB $\qquad F1 := 1$ dB $\qquad To := 290\cdot K \qquad k := 1.38\cdot 10^{-23}\cdot\frac{J}{K}$ (const. Boltzmann)

$G2 := -20.989$ dB $\qquad F3 := 2$ dB

$G3 := 20$ dB $\qquad Toper := 30\,°C \rightarrow Toper = 303.15\,K$

$B := 5.752\cdot 10^{6}\cdot Hz \qquad Tant := 150\cdot K \qquad SNR := 20$ dB

Convertendo de dB para vezes:

$G1 := 10^{\frac{G1}{10}} \rightarrow G1 = 100 \qquad F1 := 10^{\frac{F1}{10}} \rightarrow F1 = 1.259$

$G2 := 10^{\frac{G2}{20}} \rightarrow G2 = 0.089 \qquad F3 := 10^{\frac{F3}{10}} \rightarrow F3 = 1.585$

$G3 := 10^{\frac{G3}{10}} \rightarrow G3 = 100 \qquad SNR := 10^{\frac{SNR}{10}} \rightarrow SNR = 100$

A figura de ruído F2 do filtro B é obtida da equação (3.70) do Cap IV das notas de aula (o filtro B está sendo aqui considerado uma linha de transmissão com perda L igual ao insertion loss do filtro):

$$F2 := 1 + \left(\frac{1}{G2} - 1\right)\cdot\frac{Toper}{To} \qquad F2 = 11.669 \text{ vezes} \qquad Te2 := (F2 - 1)\cdot To \qquad Te2 = 3.094\times 10^{3}\,K$$

$Te1 := (F1 - 1)\cdot To \qquad Te1 = 75.088\,K$

$Te3 := (F3 - 1)\cdot To \qquad Te3 = 169.619\,K$

Da equação (3.76) do Cap IV das notas de aula:

$$Te\_tot := Te1 + \frac{Te2}{G1} + \frac{Te3}{G1\cdot G2} \rightarrow Te\_tot = 125.035\,K$$

Potência de ruído na saída do sistema:

$Gtot := G1\cdot G2\cdot G3 \qquad Gtot = 892.38$ veze

$Nout := Gtot\cdot k\cdot B\cdot(Tant + Te\_tot) \qquad Nout = 1.948\times 10^{-11}\,W$

Mínima tensão na entrada in1 para $SNR = 100$ na saída out2 :

$$Sin = \frac{Sout}{Gtot} = \frac{Sout}{Nout}\cdot\frac{Nout}{Gtot} = \frac{SNR\cdot Nout}{Gtot} \rightarrow Sin = 2.183\times 10^{-12}\,W$$

$Vin := \sqrt{Zo\cdot Sin} \rightarrow Vin = 10.448\cdot\mu V$ (rms)

b) Seja IP3_1 o IP3 do amplificador A1 referido à saída.
Seja IP3_2 o IP3 do filtro B referido à saída.
Seja IP3_3 o IP3 do amplificador A2 referido à saída.

Do enunciado:

$IP3\_1 := 20$ dBm

$IP3\_2 = \infty$ (filtro passivo não apresenta distorção de amplitude por não-linearidade)

$IP3\_3 := 20$ dBm

Convertendo de dBm para W:

$$IP3\_1 := 10^{\frac{IP3\_1}{10}-3} \qquad IP3\_3 := 10^{\frac{IP3\_3}{10}-3}$$

De (3.114), uma vez que IP3_2 é infinito, o IP3 conjunto do amplificador A1 e do filtro B é:

$$IP3\_1e2 := G2 \cdot IP3\_1 \qquad IP3\_1e2 = 8.924 \times 10^{-3} \quad \text{W}$$

De (3.114), o IP3 do sistema como um todo é :

$$IP3 := \left(\frac{1}{G3 \cdot IP3\_1e2} + \frac{1}{IP3\_3}\right)^{-1} \rightarrow \qquad IP3 = 0.09 \quad \text{W}$$

Convertendo o IP3 para dBm:

$$IP3 := 10 \cdot \log\left(\frac{IP3}{1 \cdot 10^{-3}}\right) \qquad IP3 = 19.539 \quad \text{dBm}$$

Convertendo Nout obtido em a) para dBm:

$$Nout := 10 \cdot \log\left(\frac{Nout}{1 \cdot 10^{-3} \cdot W}\right) \qquad Nout = -77.104 \quad \text{dBm}$$

De (3.109), o *spurious free dynamic range* é:

$$DRf := \frac{2}{3}(IP3 - Nout) \qquad DRf = 64.428 \quad \text{dB}$$