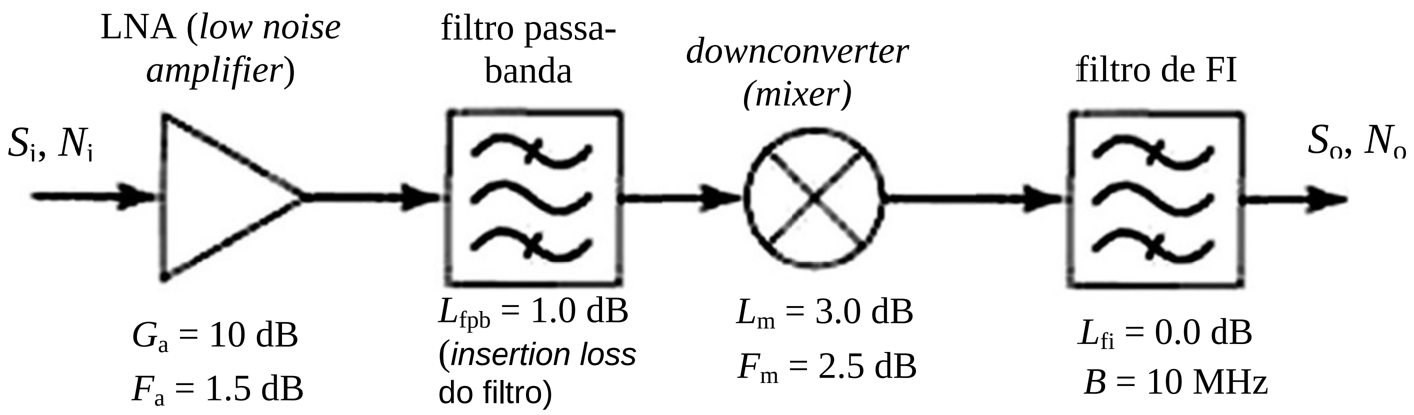

Figura 1: Diagrama de blocos do *front-end* de um RX de microondas

A Figura 1 mostra o diagrama do *front-end* de um receptor de microondas. A entrada do LNA é conectada a uma antena cuja temperatura de ruído é T_A= 250K. A impedância característica de todos os blocos funcionais do *front-end* é Z_0= 50 Ω. Todos os blocos operam a uma temperatura ambiente de 32°C.

A etapa em banda-base do receptor adota modulação 64-QAM e código convolucional 2/3, demandando SNR de 20dB na saída do filtro de FI para que se obtenha BER zero na saída do decodificador convolucional.

Pede-se:

a) Determine a mínima tensão de sinal na entrada do LNA para que se obtenha BER zero na saída do decodificador convolucional.
b) Determine a figura de ruído total do *front-end*.

Solução:

a) Do enunciado temos: $Zo := 50 \cdot \Omega$

$Ga := 10$ dB $\quad Fa := 1.5$ dB $\quad To := 290 \cdot K \rightarrow To = 16.85\,°C \quad k := 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot \frac{J}{K}$ (const. Boltzmann)

$Gfpb := -1.0$ dB $\quad Fm := 2.5$ dB

$Gm := -3.0$ dB $\quad Toper := 32\,°C \rightarrow Toper = 305.15\,K$

$B := 10MHz \quad Tant := 250 \cdot K \quad SNR := 20$ dB

Convertendo de dB para vezes:

$Ga := 10^{\frac{Ga}{10}} \rightarrow Ga = 10 \qquad Fa := 10^{\frac{Fa}{10}} \rightarrow Fa = 1.413$

$Gfpb := 10^{\frac{Gfpb}{10}} \rightarrow Gfpb = 0.794 \qquad Fm := 10^{\frac{Fm}{10}} \rightarrow Fm = 1.778$

$Gm := 10^{\frac{Gm}{10}} \rightarrow Gm = 0.501 \qquad SNR := 10^{\frac{SNR}{10}} \rightarrow SNR = 100$

A figura de ruído Ffpb do filtro passa-banda é obtida da equação (3.70) do Cap IV das notas de aula (o filtro passa-banda está sendo aqui considerado uma linha de transmissão com perda L igual ao *insertion loss* do filtro, isto é, $L = \frac{1}{Gfpb}$). Obtida a figura de ruído Ffpb do filtro passa-banda Ffpb, a temperatura equivalente de ruído deste filtro é determinada pela equação (3.65):

$Ffpb := 1 + \left(\frac{1}{Gfpb} - 1\right) \cdot \frac{Toper}{To} \quad Ffpb = 1.272$ vezes $\qquad Tefpb := (Ffpb - 1) \cdot To \quad Tefpb = 79.011\,K$

De mesma forma, as temperaturas equivalentes de ruído do amplificador e do mixer são determinadas pela equação (3.65):

$Tea := (Fa - 1) \cdot To \rightarrow Tea = 119.636\,K \qquad Tem := (Fm - 1) \cdot To \rightarrow Tem = 225.701\,K$

Da equação (3.76) do Cap IV das notas de aula, a temperatura de ruído equivalente total do *front end* é:

$$Te\_Tot = Tea + \frac{Tefpb}{Ga} + \frac{Tem}{Ga \cdot Gfpb} + \frac{Tefi}{Ga \cdot Gfpb \cdot Gm}$$

Da equação (3.69) do Cap IV das notas de aula, como o filtro de FI tem um *insertion loss* de 0dB, isto é, $L = 1$,significa que o filtro de FI não adiciona ruído e que portanto a sua temperatura equivalente de ruido é $Tefi := 0K$. Neste contexto, a equação acima resulta em:

$Te\_tot = 155.951\,K$

Potência de ruído No na saída do sistema:

$Gtot := Ga \cdot Gfpb \cdot Gm \quad Gtot = 3.981$ vezes

$No := Gtot \cdot k \cdot B \cdot (Tant + Te\_tot) \quad No = 2.23 \times 10^{-13}\,W$

Mínima tensão na entrada do LNA para $SNR = 100$ na saída do filtro de FI:

$$Si = \frac{So}{Gtot} = \frac{So}{No} \cdot \frac{No}{Gtot} = \frac{SNR \cdot No}{Gtot} \rightarrow Si = 5.602 \times 10^{-12}\,W$$

$Vi := \sqrt{Zo \cdot Si} \rightarrow Vi = 16.736\,\mu V$ (rms)

b) A figura de ruído total do *front-end* é obtida da equação (3.77) do Cap IV das notas de aula:

$$Ftot = Fa + \frac{Ffpb - 1}{Ga} + \frac{Fm - 1}{Ga \cdot Gfpb} + \frac{Ffi - 1}{Ga \cdot Gfpb \cdot Gm}$$

Note que, como o filtro de FI tem um *insertion loss* de 0dB, isto é, $L = 1$,significa que o filtro de FI não adiciona ruído e que portanto, da equação (3.70) do Cap IV das notas de aula, $Ffi := 1$. Neste contexto, a equação acima resulta em:

$Ftot = 1.538 \rightarrow 10 \cdot \log(Ftot) = 1.869$ dB

De (3.65), podemos verificar a consistência do resultado para a figura de ruído total Ftot obtida no item b) comparando o resultado da temperatura equivalente de ruído total Te _tot obtido no item a) com a temperatura equivalente de ruído total TeTot obtida a partir de Ftot:

$TeTot := (Ftot - 1) \cdot To \quad TeTot = 155.951\,K$ $\qquad$ Temperatura de ruído Te_tot obtido no item a): $Te\_tot = 155.951\,K$