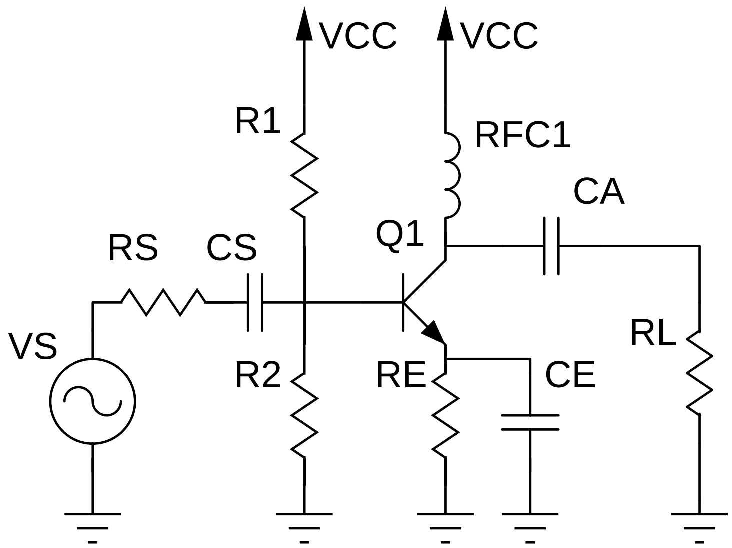
PROVA SCRITTA DI ELETTRONICA DELLE TELECOMUNICAZIONI I
31/01/2003

Esercizio A:

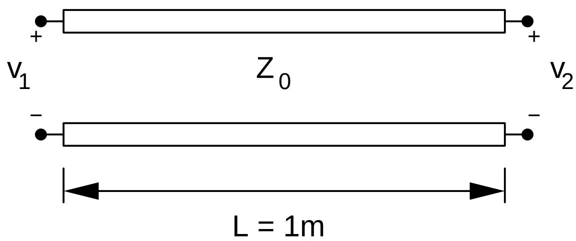


Q1: MRF571
$f = 1\,\mathrm{GHz}$
$R_1 = 5.3\,\mathrm{k\Omega}$
$R_2 = 6.7\,\mathrm{k\Omega}$
$R_S = 50\,\Omega$
$C_S = 10\,\mathrm{nF}$
$R_E = 1.2\,\mathrm{k\Omega}$
$C_E = 10\,\mathrm{nF}$
$C_A = 10\,\mathrm{nF}$
$R_L = 50\,\Omega$
$V_{CC} = 12\,\mathrm{V}$
$V_{S,MAX} = 1\,\mathrm{mV}$
$T = 300\,\mathrm{K}$

Con riferimento all'amplificatore in figura:

1. Calcolare la potenza di rumore in uscita su una banda di 2 MHz.
2. Aggiungere e dimensionare una rete di adattamento di uscita in modo da massimizzare la potenza sul carico R_L, e calcolare tale potenza.

Esercizio B:



$Z_0 = 50\,\Omega$

Calcolare i parametri Y del quadripolo in figura (la linea di trasmissione si intende in aria).

Soluzione dell'esercizio A:
Utilizzando il metodo del partitore pesante si ottiene:

$$\begin{aligned} V_B &= \frac{R_1}{R_1+R_2} V_{CC} = 6.7\,\mathrm{V} \\ V_E &= V_B - V_{BE,on} = 6\,\mathrm{V} \Rightarrow V_{CE} = 6\,\mathrm{V} \\ I_E \approx I_C &= \frac{V_E}{R_E} = 5\,\mathrm{mA} \\ I_B &\approx \frac{I_E}{h_{FE}} = \frac{I_E}{50} = 0.1\,\mathrm{mA} \ll I_{R_1} \end{aligned}$$

I condensatori C_S, C_E e C_A hanno un'impedenza di 16 mΩ alla frequenza di lavoro, e si possono considerare dei cortocircuiti.

1. Poiché $Z_S = 50\,\Omega$, $\Gamma_S = 0$. La cifra di rumore si può quindi ricavare dalle caratteristiche come

$$[NF_{50\,\Omega}]_{dB} = 2.2, \qquad NF = 1.66$$

La potenza di rumore in uscita vale:

$$N_{out} = NF \cdot N_{in} = NF \cdot kT \cdot G_T \cdot \Delta f$$

Il guadagno di trasduttore, calcolato per $\Gamma_S = \Gamma_L = 0$, vale $|S_{21}|^2 = 9$, e quindi:

$$N_out = 1.66 \;\cdot\; 4.16 \cdot 10^{-21}\,\mathrm{J} \;\cdot\; 9 \;\cdot\; 2 \cdot 10^6\,\mathrm{Hz} = 0.123\,\mathrm{pW}$$

2. Il quadripolo è incondizionatamente stabile, dunque $|\Gamma_{out}| < 1$. È quindi possibile realizzare l'adattamento complesso coniugato in uscita, che fornisce il massimo valore di G_T (fissato $\Gamma_S = 0$).

$$\Gamma_{out} = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_S}{1 - S_{11}\Gamma_S} = S_{22} = 0.28\angle -69^\circ$$

In queste condizioni,

$$G_T = G_A = \frac{|S_{21}|^2}{1 - |S_{22}|^2} = 9.76$$

La rete di adattamento in uscita deve trasformare $\Gamma_L = 0$ in $\Gamma^\star_{out} = 0.28\angle 69^\circ$. Utilizzando la carta di Smith, si ottiene che è sufficiente interporre a monte del carico R_L un trasformatore a $\lambda/4$ di impedenza caratteristica $Z_0 = 37\,\Omega$ ($\Gamma = 0 \rightarrow 0.28\angle 180^\circ$), preceduto da uno spezzone di linea con $Z_0 = 50\,\Omega$ e di lunghezza pari a 0.15λ ($\Gamma = 0.28\angle 180^\circ \rightarrow 0.28\angle 69^\circ$).

Infine, la potenza sul carico vale:

$$P_{out} = G_A \cdot P_{AIN} = G_A \frac{V^2_{S,MAX}}{8 \cdot 50} = 24.4\,\mathrm{nW}$$

Soluzione dell'esercizio B:
Dato che il quadripolo è simmetrico, sarà $y_i = y_o$ e $y_f = y_r$. Basterà pertanto calcolare solo due dei parametri. Usando la definizione:

$$
\begin{aligned}
y_i &= \left.\frac{I_1}{V_1}\right|_{V_2=0} = \left.\frac{1}{Z_{in}}\right|_{Z_L=0} = \\
&= \frac{1}{Z_0}\frac{Z_0 + j0\,\mathrm{tg}(\beta L)}{0 + jZ_0\tan(\beta L)} = \\
&= -j\frac{\mathrm{cotg}(\beta L)}{Z_0} = -j0.02\,\mathrm{cotg}(2.094\cdot 10^{-8} f)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
y_f &= \left.\frac{I_2}{V_1}\right|_{V_2=0} = -\left.\frac{I_{out}}{V_{in}}\right|_{V_{out}=0} = -\frac{1}{Z_0}\frac{V_{out}^+ - V_{out}^-}{V_{in}^+ + V_{in}^-} = \\
&= -\frac{1}{Z_0}\frac{V_{out}^+ - V_{out}^-}{V_{out}^+ e^{j\beta L} + V_{out}^- e^{-j\beta L}} = -\frac{1}{Z_0}\frac{1-\Gamma_L}{e^{j\beta L} + \Gamma_L e^{-j\beta L}} = \\
&= -\frac{1}{Z_0}\frac{2}{e^{j\beta L} - e^{-j\beta L}} = \\
&= -\frac{0.04}{e^{j2.094\cdot 10^{-8} f} - e^{-j2.094\cdot 10^{-8} f}} = j\frac{0.02}{\sin(2.094\cdot 10^{-8} f)}
\end{aligned}
$$