Elettronica delle Telecomunicazioni

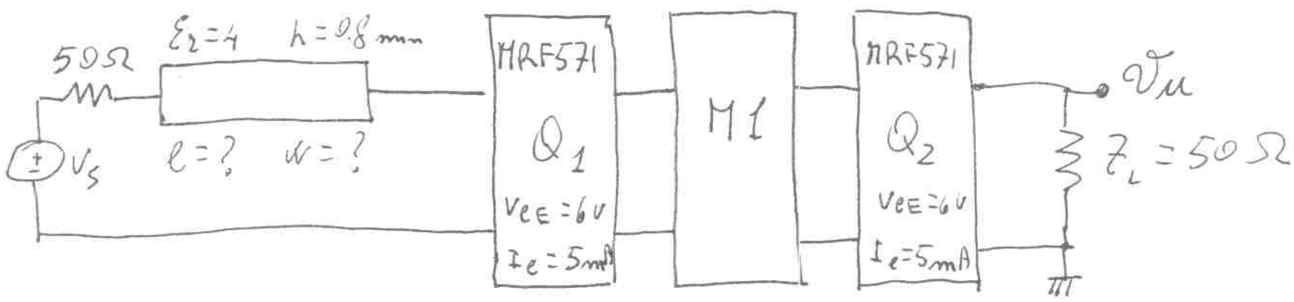
22/06/95

Con riferimento all'amplificatore a due stadi in figura:

1) Dimensionare il tratto di microstriscia in ingresso in modo che la potenza disponibile in uscita al primo stadio sia pari a 400 μW;

2) Progettare il quadripolo M1 in modo da massimizzare la potenza di uscita;

3) Progettare un quadripolo M2, da interporre tra Q_2 ed il carico, in modo da ottenere una potenza di uscita P_L pari a 4 mW.



$V_S = V_{SM} \cos w_0 t$

$w_0 = 2\pi f_0 \qquad f_0 = 1\ \text{GHz}$

$V_{SM} = 0.1\ V$

1) La potenza disponibile di ingresso è pari a

$$P_{AIN} = \frac{V_{sn}^2}{2 \times 4 \times 50} = 25\ \mu W$$

Pertanto il guadagno di potenza disponibile è pari a

$$G_{A1} = \frac{P_{AOUT1}}{P_{AIN}} = 16 \quad \text{ovvero} \quad 12\ dB$$

Il tratto di microstriscia deve permettere di passare dal centro del cerchio di Smith ($R_S = 50\,\Omega$) ad un punto sul cerchio equi G_A corrispondente a $G_A = 12$ dB.
Si tratta pertanto di un trasformatore in $\lambda/4$.
Sono possibili due soluzioni, una delle quali è praticamente non realizzabile poiché richiederebbe impedenza caratteristica $\to 0$.
Si sceglie allora Z_{01} : $\Gamma_{SV} = -0.4$ corrispondente a $R_{SV} = 22\,\Omega$. Pertanto

$$Z_{01} = \sqrt{22 \cdot 50} = 33\ \Omega$$

Utilizzando i grafici relativi si ottiene, con $\varepsilon_r = 4$,

$$\frac{W}{h} = 3.5 \quad e \quad \frac{\lambda}{\lambda_{TEM}} = 1.11 \Rightarrow \lambda = \frac{c \cdot 1.11}{\sqrt{\varepsilon_r}\ f_0} = 16.6\ cm$$

ovvero

$$W = 2.8\ mm$$

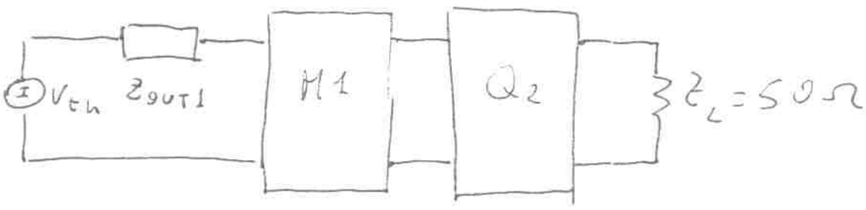
$$l = \lambda/4 = 41.6\ mm$$

In corrispondenza si ottiene

$$\Gamma_{OUT1} = S_{22} + \frac{S_{12} S_{21} \Gamma_{SV}}{1 - S_{11} \Gamma_{SV}} = 0.17 - 0.38j$$

corrispondente al punto A_1 sul cerchio di Smith.

2) Il primo stadio può essere schematizzato con l'equivalente di Thevenin 2



La potenza di uscita P_L è pari a

$$P_L = P_{in2}\, G_{P2}$$

dove P_{in2} è la potenza in ingresso a Q_2 e G_{P2} è il guadagno operativo di potenza del secondo stadio.

Poiché G_{P2} dipende solo dal carico e non dall'impedenza di sorgente, per massimizzare P_L bisogna massimizzare P_{in2}. Ciò si ottiene se, e solo se, M1 realizza l'adattamento complesso coniugato tra Z_{OUT1} e Z_{IN2}. Essendo Q_2 incondizionatamente stabile tale soluzione non comporta problemi di instabilità.

Dalla carta di Smith si ricava

$$Z_{OUT1} = 55 - j50\,\Omega$$

Rete di adattamento M1:

$$\Gamma_{in2} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L} = S_{11} = 0.61\angle 178 = -0.61 + 0.021\,j$$

Si può approssimare Γ_{in2} come segue:

$$\Gamma_{in2} \simeq -0.61$$

Si va da A_1 ad A_2, sulla carta di Smith, con uno spezzone di linea a $50\,\Omega$ di lunghezza pari a 0.17λ e quindi da A_2 ad A_3 con uno spezzone di lunghezza $\lambda/4$ e impedenza caratteristica pari a

$$Z_{23} = \sqrt{0.4 \times 0.24} \cdot 50 = 15.5\,\Omega$$

3) Il guadagno di trasduttore totale è pari a

$$G_{TTOT} = G_{A1} \cdot G_{T2}$$

G_{A1} è fissato dalla terminazione di ingresso ed è pari a 16.

Se si vuole $P_L = 4\,mW$ si deve avere $G_{TTOT} = 160$

e, infine $G_{T2} = 10$

Il problema è quello di determinare l'impedenza che dovrà essere vista dall'uscita del secondo stadio, ovvero Γ_{LV2}, fissato Γ_{SV2}, in modo da ottenere un certo valore di G_{T2}.

Γ_{LV2}, quindi, deve soddisfare la seguente condizione

$$G_{T2} = \frac{1-|\Gamma_{SV2}|^2}{|1-S_{11}\Gamma_{SV2}|^2} \, |S_{21}|^2 \, \frac{1-|\Gamma_{LV2}|^2}{|1-\Gamma_{OUT2}\Gamma_{LV2}|^2}$$

Poiché M1 realizza l'adattamento complesso coniugato risulta

$$\Gamma_{SV2} = \Gamma_{in2}^* = -0.61 - 0.021j = 0.61\angle{-178}$$

$$\Gamma_{SV2} \simeq -0.61$$

Inoltre

$$\Gamma_{OUT2} = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_{SV2}}{1-S_{11}\Gamma_{SV2}} = 0.202 - 0.502j = 0.54\angle{-68^\circ}$$

$$G_{T2} = 10 = 14.33 \, \frac{1-U^2-V^2}{1+0.289U^2+0.289V^2-0.404U-1.004V}$$

dove si è posto $\Gamma_{LV2} = U + jV$

si ottiene

$$U^2+V^2-0.235U-0.585V = 0.258$$

si tratta di una circonferenza di centro

$$C \equiv (0.116,\ 0.292)$$ e raggio

$$r = 0.597$$

Tutti i punti di questa circonferenza permettono di ottenere il risultato richiesto.

Per facilitare il progetto di λ/2 si sceglie il punto B sul cerchio di Smith