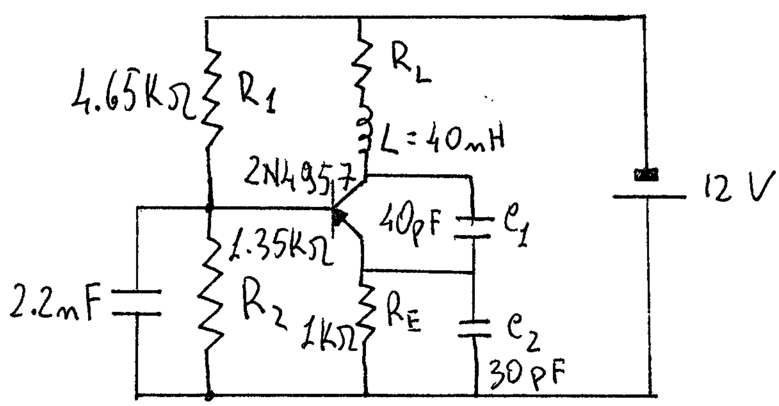
Elettronica delle Telecomunicazioni

Appello straordinario - Novembre 93

A) Calcolare, se esiste, il valore di R_L per cui il sistema in figura si comporta come un oscillatore con frequenza di innesco pari a 150 MHz. (Si supponga trascurabile, in continua, la caduta su R_L).



B) Calcolare, alla frequenza di 1 GHz, il parametro S_{11}, normalizzato a 50 Ω, di un quadripolo costituito da uno spezzone di microstriscia di lunghezza pari a 20 cm e larghezza pari a 1 mm, realizzata su un substrato di allumina di spessore pari a 1 mm. (Si trascurino le perdite di ogni tipo).

A]

Trascurando la caduta in continua su R_L e supponendo il partitore di base pesante si ottiene

$$V_B = -12 \frac{R_2}{R_1+R_2} = -2.7\,V$$

$$V_E \simeq V_B - 0.7 = -2\,V$$

$$I_E = -2\,mA \simeq I_C \qquad V_{CE} \simeq -10\,V$$

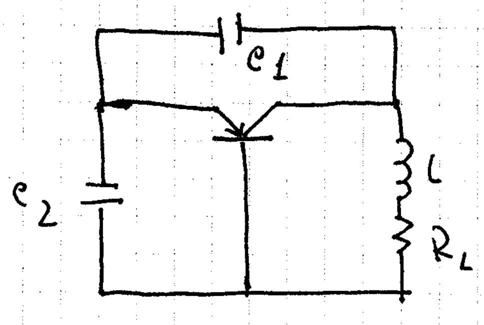
Assumendo $h_{FE} = 50 \Rightarrow I_{BQ} = -40\,\mu A$

mentre la corrente in R_1 è

$$I_1 \simeq \frac{12}{R_1+R_2} = 2\,mA \gg I_{BQ}$$

pertanto l'ipotesi di partitore pesante è verificata.

Alla frequenza di 150 MHz la reattanza del condensatore da 2.2 nF è pari a 2 Ω, si può supporre, pertanto, per le variazioni, la base a massa. La resistenza di emettitore, inoltre, è trascurabile nel parallelo con C_2, pertanto il circuito per le variazioni diventa:



Se si opera una trasformazione serie - parallelo del gruppo R_L - L si ottiene la configurazione tipica di un oscillatore di Colpitts.

Si ricavano i parametri a base comune dalle caratteristiche

$Y_I = 55 - 11j\ mS \qquad Y_O = 0.1 + 1.1j\ mS$

$Y_F = -54 + 12j\ mS \qquad Y_R = -0.18j\ mS$

L'ammettenza del condensatore C_1 è

$$Y_1 = j\omega C_1 = j37 \text{ mS}$$

I parametri Y del quadripolo risultante dal parallelo tra Y_1 e il transistore sono

$$Y_{It} = Y_I + Y_1 = 55 + 26j \text{ mS}$$
$$Y_{Ft} = Y_F - Y_1 = -54 - 25j \text{ mS}$$
$$Y_{ot} = Y_o + Y_1 = 0.1 + 38j \text{ mS}$$
$$Y_{Rt} = Y_R - Y_1 = -37.2j \text{ mS}$$

Si calcola il βA

$$\beta A = \frac{Y_{Rt}\, Y_{Ft}}{(Y_{It} + Y_S)(Y_{ot} + Y_L)} = \frac{9.6 + 27.05j}{Y_{ot} + Y_L}$$

dove $Y_L = \dfrac{1}{R_L + j\omega L} = \dfrac{R_L}{R_L^2 + \omega^2 L^2} - j\dfrac{\omega L}{R_L^2 + \omega^2 L^2} = \dfrac{R_L}{R_L^2 + 1420} - j\dfrac{37.6}{R_L^2 + 1420}$

Affinché si annulli la fase del βA deve essere

$$\frac{\mathrm{Im}\{Y_{ot} + Y_L\}}{\mathrm{Re}\{Y_{ot} + Y_L\}} = \frac{27.05}{9.6} = 2.81$$

ovvero

$$\frac{38 \cdot 10^{-3} - \dfrac{37.6}{R_L^2 + 1420}}{10^{-4} + \dfrac{R}{R_L^2 + 1420}} = 2.81$$

da cui

$$R_L = \begin{cases} 68\ \Omega = R_{L1} \\ 6.23\ \Omega = R_{L2} \end{cases}$$

Poiché $|\beta A(R_{L1})| < 1$ e $|\beta A(R_{L2})| = 4.8$

l'unico valore di R_L per cui si innesca l'oscillazione è $R_{L2} = 6.23$.

Si osservi che, come anticipato, la caduta in continua su R_L è trascurabile

B] La costante dielettrica dell'allumina è $\varepsilon_r = 10$

Dall'apposito grafico, per $\frac{w}{h} = 1$ e $\varepsilon_r = 10$ si ottiene

$$\frac{\lambda}{\lambda_{TEM}} = \sqrt{\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_{re}}} = 1.24$$

ovvero

$$\varepsilon_{re} = 6.5$$

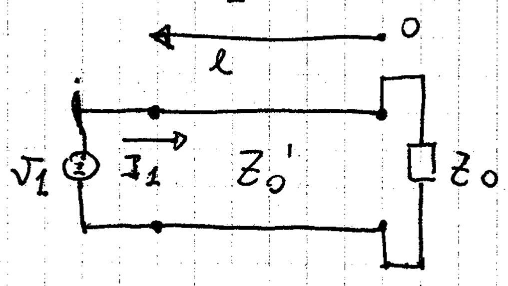
Inoltre

$$\lambda_{TEM} = \frac{c}{f\sqrt{\varepsilon_r}} = \frac{3\cdot 10^8}{10^9\sqrt{10}} = \frac{0.3}{\sqrt{10}} = 9.48 \text{ cm}$$

Dal grafico relativo si ricava l'impedenza caratteristica

$$Z_0' = 49\,\Omega$$

Per il calcolo del coefficiente di riflessione di ingresso S_{11}, bisogna terminare l'uscita del quadripolo con una impedenza pari a quella di normalizzazione $Z_0 = 50\,\Omega$ e valutare il rapporto $\frac{b_1}{a_1}$ in tali condizioni



Dalle equazioni della linea risulta

$$V_1 = V^+ e^{j\beta\Delta l} + V^- e^{-j\beta\Delta l} \quad \text{con } \Delta l = 0.2 \text{ m}$$

ovvero

$$V_1 = V^+\left[e^{j\beta\Delta l} + \Gamma e^{-j\beta\Delta l}\right] \quad \text{con } \Gamma = \frac{Z_0 - Z_0'}{Z_0 + Z_0'}$$

e

$$I_1 = \frac{V^+}{Z_0'}\left[e^{j\beta\Delta l} - \Gamma e^{-j\beta\Delta l}\right]$$

Pertanto si ottiene

$$a_1 = \frac{1}{\sqrt{Z_0}} (V_1 + Z_0 I_1) = \frac{1}{\sqrt{Z_0}} \Big[V^+ (e^{j\beta\Delta\ell} + \Gamma e^{-j\beta\Delta\ell}) +$$

$$+ \frac{Z_0}{Z_0'} V^+ (e^{j\beta\Delta\ell} - \Gamma e^{-j\beta\Delta\ell}) \Big]$$

$$= \frac{1}{\sqrt{Z_0}} \Big[V^+ e^{j\beta\Delta\ell} \Big(1 + \frac{Z_0}{Z_0'}\Big) + V^+ \Gamma e^{-j\beta\Delta\ell} \Big(1 - \frac{Z_0}{Z_0'}\Big) \Big]$$

$$b_1 = \frac{1}{\sqrt{Z_0}} (V_1 - Z_0 I_1) = \frac{1}{\sqrt{Z_0}} \Big[V^+ e^{j\beta\Delta\ell} \Big(1 - \frac{Z_0}{Z_0'}\Big) + V^+ \Gamma e^{-j\beta\Delta\ell} \Big(1 + \frac{Z_0}{Z_0'}\Big) \Big]$$

Pertanto

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} = \frac{e^{j\beta\Delta\ell} \Big(1 - \frac{Z_0}{Z_0'}\Big) + \Gamma e^{-j\beta\Delta\ell} \Big(1 + \frac{Z_0}{Z_0'}\Big)}{e^{j\beta\Delta\ell} \Big(1 + \frac{Z_0}{Z_0'}\Big) + \Gamma e^{-j\beta\Delta\ell} \Big(1 - \frac{Z_0}{Z_0'}\Big)} =$$

$$= \frac{e^{j\beta\Delta\ell} (Z_0' - Z_0) + \Gamma e^{-j\beta\Delta\ell} (Z_0' + Z_0)}{e^{j\beta\Delta\ell} (Z_0' + Z_0) + \Gamma e^{-j\beta\Delta\ell} (Z_0' - Z_0)}$$

Nel caso in esame se si approssima Z_0' con Z_0 (è, infatti $Z_0' = 49\,\Omega \simeq Z_0 = 50\,\Omega$) si ottiene

$S_{11} \simeq 0$ infatti la linea risulta adattata ($Z_0 = Z_0'$) e quindi non c'è onda riflessa.

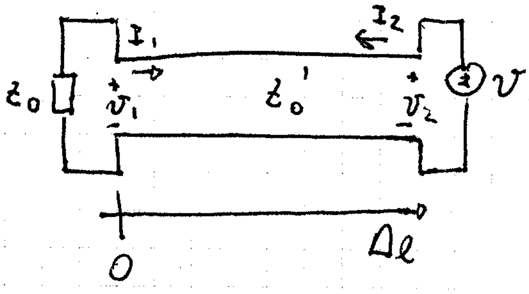
Risulta, inoltre

$$\beta\Delta\ell = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 0.2 = \frac{2\pi}{0.1175} 0.2 = 10.68$$

x/11/93 5

Anche se non richiesto calcoliamo il coefficiente S_{12}.

Il circuito per il calcolo è il seguente



Dalle equazioni della linea

$$\begin{cases} V_2 = V^+ e^{j\beta l} + V^- e^{-j\beta l} \\ I_2 = \dfrac{1}{Z_0'} V^+ e^{j\beta l} - V^- e^{-j\beta l} \end{cases}$$

Si ricava

$$\begin{cases} I_2(0) = -I_1 = \dfrac{V^+}{Z_0'}\left[1-\Gamma\right] \\ V_2(0) = V_1 = -Z_0 I_1 = V^+ \dfrac{Z_0}{Z_0'}\left[1-\Gamma\right] \end{cases} \qquad \Gamma = \frac{Z_0 - Z_0'}{Z_0 + Z_0'}$$

$$S_{12} = \left.\frac{b_1}{a_2}\right|_{a_1=0}$$

$$a_2 = \frac{1}{\sqrt{Z_0}}\left(V_2(\Delta l) + Z_0 I_2(\Delta l)\right) = \frac{V^+}{\sqrt{Z_0}}\left[e^{j\beta\Delta l} + \Gamma e^{-j\beta\Delta l} + \frac{Z_0}{Z_0'}\left(e^{j\beta\Delta l} - \Gamma e^{-j\beta\Delta l}\right)\right]$$

$$b_1 = \frac{1}{\sqrt{Z_0}}\left(V_2(0) - Z_0 I_1\right) = \frac{2}{\sqrt{Z_0}}\frac{Z_0}{Z_0'} V^+ \left[1-\Gamma\right.$$

$$S_{12} = \frac{2 Z_0 (1-\Gamma)}{(Z_0 + Z_0')e^{j\beta\Delta l} + (Z_0' - Z_0)\Gamma e^{-j\beta\Delta l}}$$

Nel caso particolare di $Z_0 = Z_0'$ si ottiene

$$S_{12} = \frac{2 Z_0}{2 Z_0 e^{j\beta\Delta l}} = e^{-j\beta\Delta l}$$