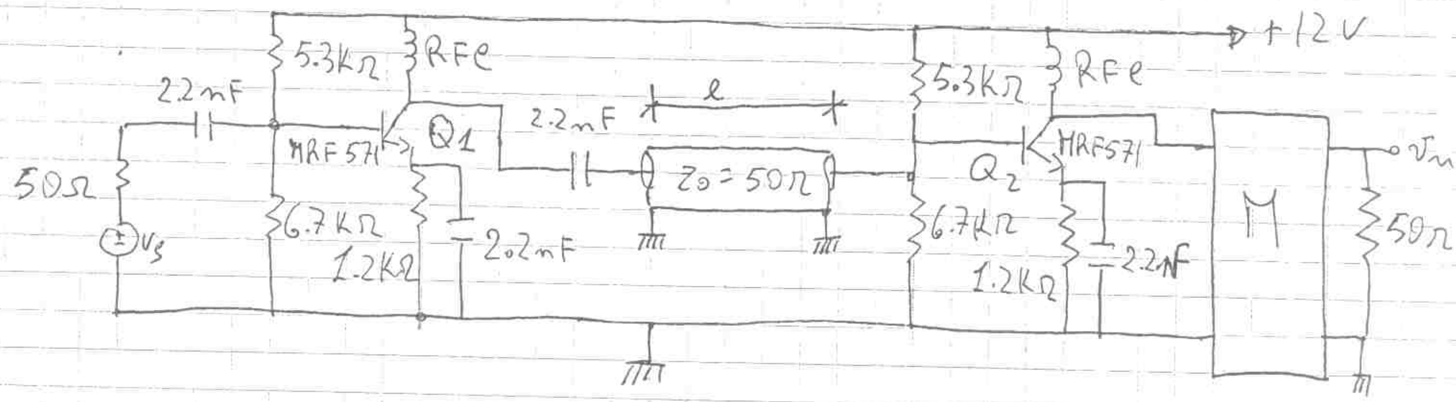
Elettronica delle Telecomunicazioni

24/03/98

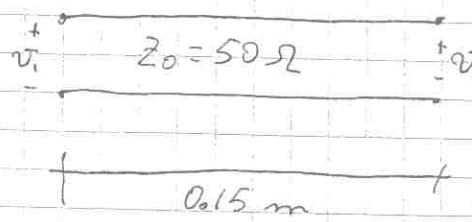
A] Con riferimento all'amplificatore in figura:

1) Calcolare la lunghezza l della linea in modo da ottenere, progettando opportunamente M, una potenza di uscita pari a 300 mW. Progettare, quindi M in modo da ottenere il risultato suddetto;
2) In corrispondenza del valore di l prima calcolato, valutare l'ampiezza della tensione sinusoidale sul collettore del transistore Q_1.



$v_S = V_{SM} \cos 2\pi f_0 t \qquad f_0 = 1\ GHz \qquad V_{SM} = 1\ mV$

B] Calcolare i parametri S del quadripolo in figura e riportarli sul cerchio di Smith al variare della frequenza tra 0 e 1 GHz



linea in aria priva di perdite.

Elettronica delle Telecomunicazioni
Prova scritta del 24/9/99

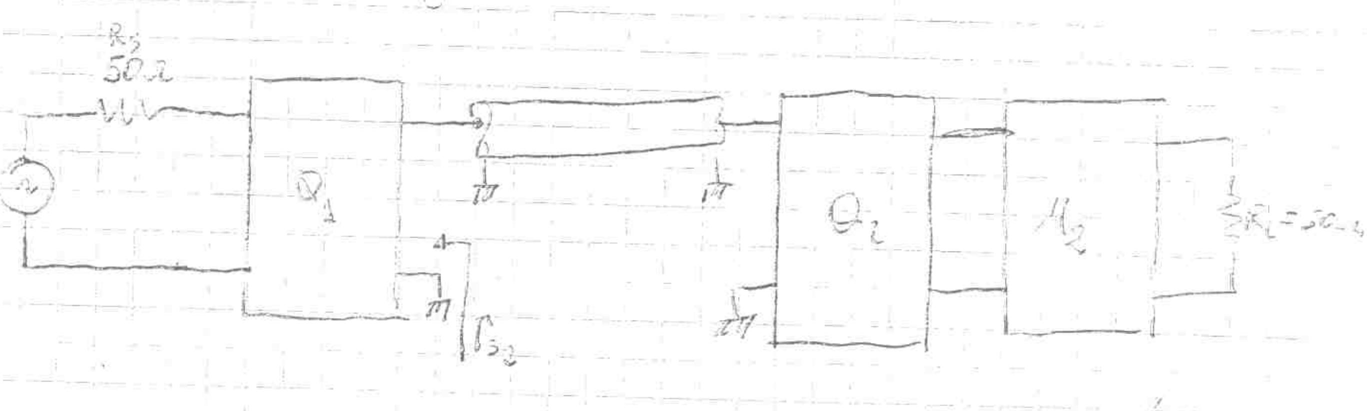
1) Si verifica facilmente che il punto di lavoro dei due transistor è il medesimo con $V_{CE} = 6V$ e $I_e = 5.0mA$. Alla frequenza di 1 GHz ciascun transistor risulta incondizionatamente stabile. Ciò è sufficiente per garantire la stabilità dell'intero amplificatore.

Dalle caratteristiche fornite dal costruttore possono ricavare i parametri S relativi ai due transistori:

$S_{11} = 0{,}61 \angle 178$ $\qquad$ $S_{12} = 0.09 \angle 37$

$S_{21} = 3 \angle 78$ $\qquad$ $S_{22} = 0{,}28 \angle -73$

Dal punto di vista dinamico, il circuito dato è equivalente al seguente:



Ai fini della potenza d'uscita, [illegible] il circuito costituito dal generatore di ingresso e dal quadripolo Q_1 è equivalente a un generatore con potenza disponibile P_{AOUT1} e impedenza interna Z_{OUT1} con

$$P_{AOUT1} = P_{Ain} \, G_{A1} \qquad \text{e } Z_{OUT1} \text{ tale che } \Gamma_{S2} = S_{22}$$

$$\left.\begin{aligned} P_{Ain} &= \frac{V_{SM}^2}{8 R_S} = \frac{(10^{-3})^2}{8 \cdot 50} = 2,5\,\text{nW} \\ G_{A1} &= \frac{|S_{21}|^2}{1-|S_{22}|^2} = \frac{9}{1-78.4 \cdot 10^{-3}} = 9,77 \end{aligned}\right\} \Rightarrow P_{AOUT1} = 24.4\,\text{nW}$$

Per ottenere una potenza P_L pari 300 nW, occorrerà ~~allo~~ che il secondo stadio abbia un guadagno di trasduttore G_{T2} pari a:

$$G_{T2} = \frac{P_L}{P_{AOUT1}} = 12.28$$

Possiamo pensare di ~~[illegible]~~ dimensionare M_1 in modo da ottenere l'adattamento complesso coniugato in uscita ($G_{T2} \equiv G_{A2}$). Il problema si riduce allora ~~a~~ ~~[illegible]~~ alla determinazione della lunghezza delle linee che consente di ottenere $G_{A2} = 12.28$.

Possono presentarsi 3 casi distinti:

a) Qualunque sia la lunghezza l, il guadagno che è sempre inferiore al valore massimo e ottenere la potenza richiesta. In questo caso il problema non avrebbe soluzione.

b) Esiste una lunghezza l che consente di ottenere $G_{A2} = 12,28$ dB.

c) Qualunque sia la lunghezza l, il guadagno G_{A2} risulta sempre superiore a quello richiesto. In questo caso può essere trovata una soluzione modificando opportunamente la rete M_2.

Calcoliamo centro e raggio del cerchio equi-G_A con $G_{A2} = 12,28$

$$C_A = \frac{g_a \left(S_{11}^* - D^* S_{22} \right)}{1 + g_A \left(|S_{11}|^2 - |D|^2 \right)} = \qquad g_A = \frac{G_{A2}}{|S_{21}|^2} = 1.364$$

$$D = 0,102 \angle -55$$

$$C_A = 0,58 \angle -179 \qquad K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}|^2}{2|S_{12}S_{21}|} = 1,037$$

$$r_a = \frac{\sqrt{1 - 2K|S_{12}S_{21}|g_a + |S_{12}S_{21}|^2 g_A^2}}{\left| 1 + g_A \left(|S_{11}|^2 - |D|^2 \right) \right|} = \frac{0,61}{1.493} =$$

$$r_a = 0,408$$

[illegible] al cerchio equi-G_A tracciato [illegible] sulla carta di Smith (carta 1)

Per ottenere $G_{A2} = 12.28$ sarà quindi sufficiente diminuire la lunghezza della linea in modo da portare $\Gamma_{OUT1} (\equiv S_{22})$ sul cerchio equi-G_A (vedi punto A nella carta 1)

Si ricava quindi $l = 0,44 - 0,36 = 0,08\lambda$.

A questo punto non rimane altro che realizzare la rete M_1 in modo che essa realizzi l'adattamento complesso coniugato in uscita.

$$\Gamma_{OUT2} = S_{22} + \Gamma_A \frac{S_{12} S_{21}}{1 - \Gamma_A S_{11}} \qquad \Gamma_A = 0,28 \angle -137$$

$\Gamma_{OUT2} = 0,34 \angle -57.$

In definitiva, la rete M_2 deve trasformare $\Gamma_L = 0$ in

$\Gamma^*_{OUT2} = 0,34 \angle 57.$

Il dimensionamento della rete M_1 non pone particolari problemi e può essere risolto secondo le tecniche usuali.

2) Per il calcolo dell'ampiezza della tensione V_{in} in ingresso alla linea possiamo procedere nel modo seguente.

Sia Y_{LV1} l'ammettenza vista in ingresso alla linea e sia P_{OUT1} la potenza che transita dall'uscita di Q_1 verso l'ingresso di Q_2.

Possiamo allora scrivere:

$$P_{OUT1} = \frac{V_{in}^2}{2} Re\{Y_{LV1}\}$$

$$P_{OUT1} = P_{in2} = \frac{P_L}{G_{P2}}$$

$$G_{P2} = \frac{|S_{21}|^2 (1-|\Gamma_{LV2}|^2)}{(1-|\Gamma_{in2}|^2)|1-S_{22}\Gamma_{LV2}|^2} = \frac{|S_{21}|^2 (1-|\Gamma_{OUT2}|^2)}{(1-|\Gamma_{in2}|^2)|1-S_{22}\Gamma_{OUT2}^*|^2} =$$

$$\Gamma_{in2} = S_{11} + \Gamma_{OUT2}^* \frac{S_{12}S_{21}}{1-S_{22}\Gamma_{OUT2}^*} = 0{,}71 \angle 177.$$

$$G_{P2} = 13{,}5$$

A partire da Γ_{in2} possiamo calcolare Γ_{LV1} tenendo conto della presenza della linea (carta di Smith).

Al punto Γ_{LV1} corrisponde un'impedenza $Z_{LV1} = (0{,}31 + j0{,}43)\cdot 50\,\Omega$ ovvero un'ammettenza $Y_{LV1} = 14{,}8 - j\,34$ mS.

Risulta pertanto: $V_{in} = \sqrt{2 \cdot \frac{P_L}{G_{P2}} \cdot \frac{1}{G_{LV1}}} = 4{,}67$ mV

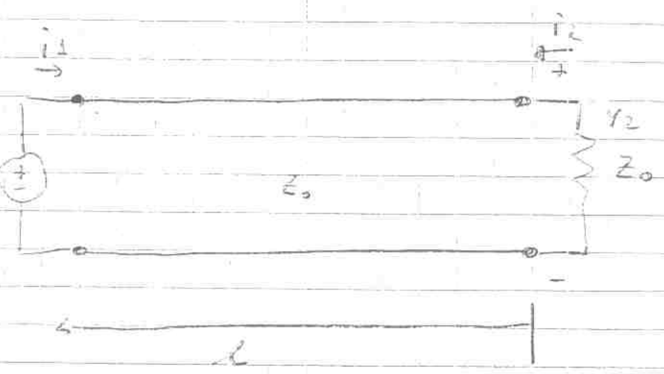
44

B)

È immediato verificare $S_{11} = S_{22} = 0 \ \forall f$.

Inoltre $S_{12} = S_{21}$.

Il ~~pr~~ Problema si riduce dunque al calcolo di S_{21}



$$v_1 = v_2 \, e^{j\beta l} \qquad \frac{v_1}{I_1} = z_0 = -\frac{v_2}{I_2}$$

$$i_1 = -i_2 \, e^{j\beta l}$$

$$S_{21} = \left.\frac{b_2}{a_1}\right|_{a_2=0} = \frac{v_2 - z_0 i_2}{v_1 + z_0 i_1} = \frac{v_2 - z_0 i_2}{v_2 - z_0 i_2} e^{-j\beta l} = e^{-j\beta l}$$

ove $\beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\cancel{v_f}/f} = \frac{2\pi}{v_f} \cdot f$.

$$S_{21} = e^{-j\frac{2\pi l}{v_f} \cdot f}$$

È a questo punto immediato costruire il grafico richiesto.