

ELETTRONICA DELLE TELECOMUNICAZIONI

10/06/93

L'ingresso di un ricevitore può essere schematizzato, alla frequenza di 1 GHz, da un generatore di segnale di ampiezza 1 mV e impedenza interna $Z_g = 9.5 - 19j \Omega$.

Il primo stadio dell'amplificatore a radiofrequenza è costituito da un quadripolo con i seguenti parametri S

$S_{11} = 0.71 \angle 137^\circ$; $S_{21} = 2.4 \angle 50^\circ$; $S_{22} = 0.15 \angle -140^\circ$; $S_{12} = 0$.

Il secondo stadio è un amplificatore, da progettare utilizzando come unico elemento attivo il transistor bipolare MRF571. L'impedenza di uscita è $Z_l = 50 \Omega$.

- Calcolare la massima potenza ottenibile in uscita *[al variare anche del punto di riposo]*.
- Progettare il secondo stadio, utilizzando reti di adattamento a microstriscia, in modo da ottenere in uscita la potenza calcolata al punto a).

Soluzione

La potenza disponibile di ingresso è

$$P_{Ain} = \frac{V_{en}^2}{2} \frac{1}{4R_g} = 13.15 \text{ mW}$$

dove $R_g = 9.5 \Omega$ $V_{en} = 1 \text{ mV}$

Si calcola il coefficiente di riflessione dell'impedenza Z_g

$$\Gamma_g' = \frac{Z_g - Z_0}{Z_g + Z_0} = 0.71 \angle -137^\circ$$

Poiché il quadripolo è unilaterale si ha

$$P_{in}' = S_{11}$$

$$P_{out}' = S_{22}$$

Si osserva che

$$P_g^* = P_{in}'$$

pertanto il guadagno di potenza è quello di trasduttore e quello di potenza disponibile sono uguali

$$\frac{P_{out}'}{P_{in}'} = \frac{P_g'}{P_{in}'} = G_A' = \frac{|S_{21}|^2}{(1 - |S_{11}|^2)(1 - |S_{22}|^2)} = 11.88$$

La potenza disponibile di uscita al primo stadio è

$$P_{Aout}' = 160 \text{ mW}$$

Il primo stadio può essere rappresentato mediante un generatore con potenza disponibile P_{Aout}' e coefficiente di riflessione

$$\Gamma_{out}' = \Gamma_g = S_{22} = 0.15 \angle -140$$

Ricerca delle condizioni di massimo guadagno.

Il transistor è caratterizzato per 6 diversi punti di lavoro. Le figure 5 e 6 mostrano un massimo di f_T in prossimità di 50 mA. Pertanto si volute il comportamento del transistor per $I_e = 50 \text{ mA}$ e $V_{EE} = 6 \text{ e } 8 \text{ V}$

$V_{EE} = 6$

$S_{11} = 0.6 \angle 156$

$S_{12} = 0.08 \angle 70$

$S_{21} = 4.4 \angle 75$

$S_{22} = 0.11 \angle -164$

$D = 0.966 \angle -8 - 0.386 \angle 145 = 0.388 - 0.236j \quad |D|^2 = 0.207$

$K = \frac{0.835}{0.782} = 1.054$

$D = 0.454 \angle -31$

Il sistema è incondizionatamente stabile.

Il massimo guadagno è

$G_{A_{MAX}} = G_{T_{MAX}} = G_{P_{MAX}} = \left| \frac{S_{21}}{S_{12}} \right| [K^2 - \sqrt{K^2 - 1}] = 35.24 \text{ (15.34 dB)}$

$V_{EE} = 8 \text{ V}$

$S_{11} = 0.56 \angle 157$

$S_{12} = 0.1 \angle 70$

$S_{21} = 4.1 \angle 73$

$S_{22} = 0.06 \angle -130$

$D = 0.0336 \angle 27 - 0.41 \angle 143 = 0.357 - 0.232j$

$|D|^2 = 0.181$

$K = \frac{0.864}{0.82} = 1.053$

Il sistema è incondizionatamente stabile

$G_{A_{MAX}} = G_{T_{MAX}} = G_{P_{MAX}} = 28.65 \text{ (14.7 dB)}$

→ scegliere $V_{EE} = 6 \text{ V}$ e si ottiene $P_{L_{MAX}} = 5.63 \mu\text{W}$

Si può adesso calcolare il valore del Γ_{NL} e quello del Γ_L che rendono massimo il guadagno.

$$\Gamma_{NL}: \quad C_2 = S_{22} - S_{11}^* D = 0.175 \angle -21$$

$$B_2 = 1 + |S_{22}|^2 - |S_{11}|^2 - |D|^2 = 0.445$$

$$\Gamma_{NL} = C_2^* \frac{B_2 - \sqrt{B_2^2 - 4|C_2|^2}}{2|C_2|^2} = 0.49 \angle 21$$

Γ_{NS} :

$$C_1 = S_{11} - S_{22}^* D = 0.557 \angle 158$$

$$B_1 = 1 + |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 - |D|^2 = 1.14$$

$$\Gamma_{NS} = C_1^* \left[\frac{B_1 - \sqrt{B_1^2 - 4|C_1|^2}}{2|C_1|^2} \right] = 0.78 \angle -158$$

Si possono adesso realizzare le reti di adattamento con l'ausilio delle carte di Smith.

Ingresso:

Bisogna trasformare il coefficiente di riflessione di uscita del primo quadripolo Γ_{out}^1 in Γ_{NS} .

Poiché il primo quadripolo è unidirezionale

$$\Gamma_{out}^1 = S_{22}^1 = 0.15 \angle -140$$

Si individua il punto S_{22}^1 sul piano delle ammettenze e ci si sposta nel punto A aggiungendo una suscettanza in parallelo del valore

$$B_A = \frac{1}{Z_0} [-2.85 - 0.23j] = -\frac{3.08}{Z_0}$$

Si tratta di un'induttanza che può essere realizzata con una pezzina di linea aperta alla terminazione

e di lunghezza l_A :

$$\Gamma_{in} \approx l_A = -3.08$$

$$l_A = 0.3 \lambda \quad [108^\circ \text{ per PVFF}]$$

Si individua il punto A' nel piano delle impedenze e quindi ci si sposta in Γ_{in} aggiungendo uno spessore di linea di lunghezza

$$l_{A'} = 0.424 \lambda \quad [152.6^\circ \text{ per PVFF}]$$

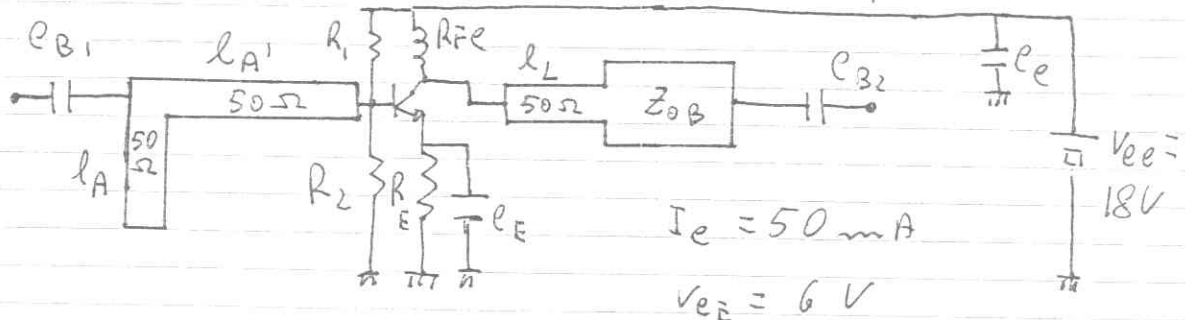
Uscita:

Si va da O a B con un trasformatore a $1/4$ di impedenza caratteristica

$$Z_{0B} = Z_0 \sqrt{0.325} = 28.5 \Omega$$

e quindi da B a Γ_{in} con uno spessore di lunghezza

$$l_L = 0.22 \lambda \quad [79.2^\circ \text{ per PVFF}]$$



Si sceglie $R_E = 240 \Omega \Rightarrow V_E = 12V \quad V_B = 12.7V$

$h_{FE} \text{ (tipico)} = 50 \Rightarrow I_B = 1 \text{ mA}$

Si dimensionano R_1 e R_2 in modo che la caduta sulla resistenza $R_{BB} = R_1 \parallel R_2$ dovuta a I_B sia minore di $\frac{V_B}{10} = 1.27V$

Pertanto: $V_{EE} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12.7$
 $R_{BB} \leq 1.27 \text{ k}\Omega$

Si sceglie $R_2 = 1.2 \text{ k}\Omega$ e si ottiene $R_1 = 500 \Omega$

Da Γ_{RS}^* sulle carte di Smith si ottiene
l'impedenza di ingresso del transistore

$$Z_{in} = 6 + j9.5 \Omega$$

$$|Z_{in}| = 11.3 \Omega$$

Da Γ_{PL}^* sulle carte di Smith si ottiene

$$Z_{out} = 120 - j60 \Omega$$

$$|Z_{out}| = 134 \Omega$$

A causa del basso valore di Z_{in} ($|Z_{in}| \ll R_{BB}$)
non è necessario aggiungere le induttanze di blocco
in serie a R_1 e R_2 .

Per quanto riguarda la RFE sul collettore è necessario
usare un' induttanza L_c tale che

$$\omega_0 L_c > 10 |Z_{out}| = 1340 \Omega$$

$$L_c > 213 \mu H$$

Si scegliono infine C_{B1} e C_{B2} in modo che
risulti:

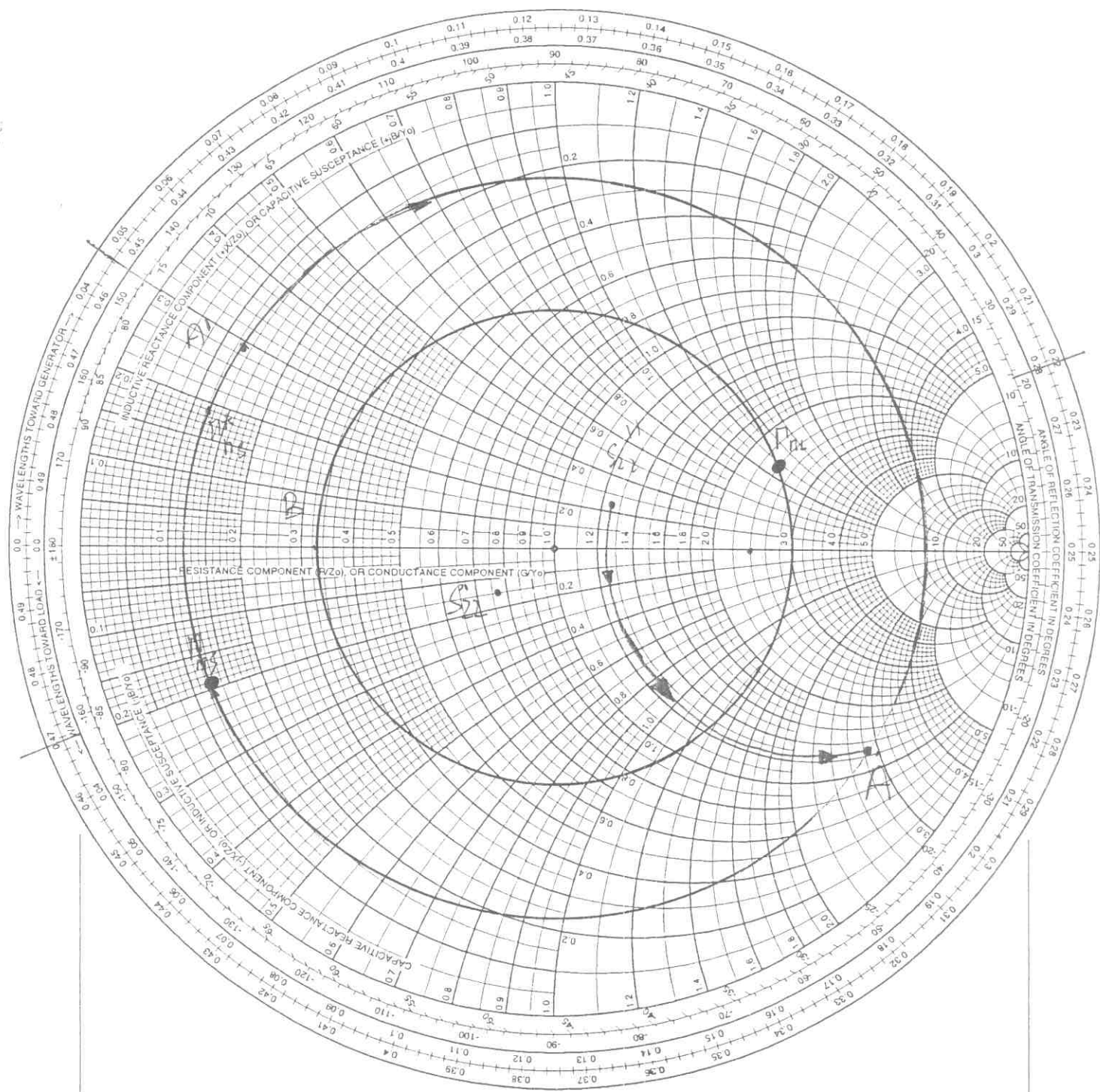
$$\frac{1}{\omega_0 C_{B1}} < \frac{|Z_{in}|}{10} = 1.1 \Omega \Rightarrow C_{B1} > 144 \text{ pF}$$

$$\frac{1}{\omega_0 C_{B2}} < \frac{|Z_{VL}|}{10} = \frac{|Z_{out}|}{10} = 13.4 \Rightarrow C_{B2} > 12 \text{ pF}$$

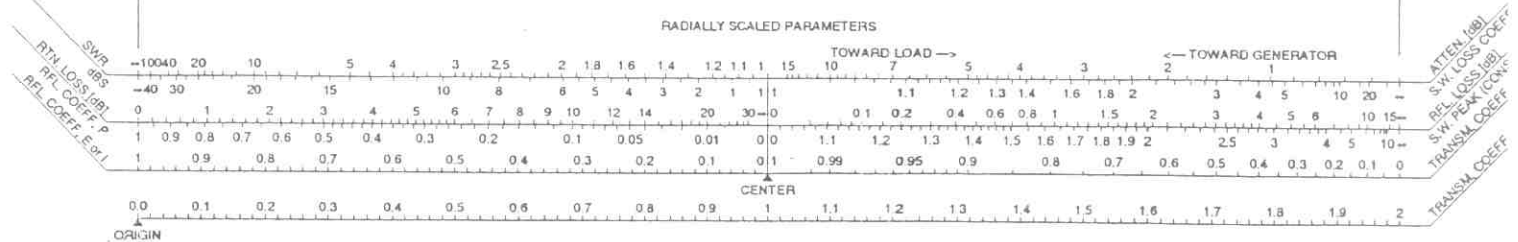
Si sceglie infine C_E in modo che risulti:

$$\frac{1}{\omega_0 C_E} < 1 \Omega \Rightarrow C_E > 160 \text{ pF}$$

$$\text{Si sceglie } C_E = 1 \text{ nF}$$



RADIALLY SCALED PARAMETERS



18