

Elettronica delle Telecomunicazioni 24/07/2015

Esercizio a parametri Y

utilizzando il transistor bipolare 2N4957, progettare un amplificatore con frequenza centrale $f_0 = 1\text{GHz}$ che sia in grado, con una potenza disponibile della sorgente, pari a $1.5\ \mu\text{W}$ di generare una potenza di almeno $75\ \mu\text{W}$ su un carico costituito da una resistenza $R_L = 100\ \Omega$, $R_S = 50\ \Omega$

- 1) Quale è il numero minimo di stadi ad emettitore comune che bisognerà utilizzare?
- 2) Progettare l'amplificatore utilizzando il numero di stadi CE ricavato al punto precedente (reti di adattamento e reti di polarizzazione);
- 3) Calcolare la tensione di ingresso nell'ultimo stadio.

$$Z_S = 50\ \Omega$$

Esercizio a parametri S

Utilizzando il transistor bipolare MRF572 progettare un amplificatore (reti di adattamento a microstriscia) con frequenza centrale 500MHz e cifra di rumore minima. Il generatore di segnale sinusoidale, di ampiezza $10\ \text{mV}$ ha un'impedenza interna pari a $50\ \Omega$, il carico è $R_L = 80\ \Omega$ e si richiede una potenza di uscita pari a $3.75\ \mu\text{W}$.

(Caratteristiche del substrato: $\epsilon_R = 3$, $h = 0.6\ \text{mm}$)

Parametri Y

Soluzione schematica

Parametri Y

$$Y_{IE} = 22 + j1.5 \text{ mS}$$

$$Y_{FE} = 2 - j40 \text{ mS}$$

$$Y_{OE} = 0.7 + j7.5 \text{ mS}$$

$$Y_{RE} = -0.2 - j2.3 \text{ mS}$$

Si ammette il dimensionamento delle reti di polarizzazione I.

Poiché risulta $Q = 0.75 \Rightarrow$ il dispositivo è I.S. Le ammettenze ottimali sono:

$$Y_{SOPT} = 58.15 - j1.07 \text{ mS}$$

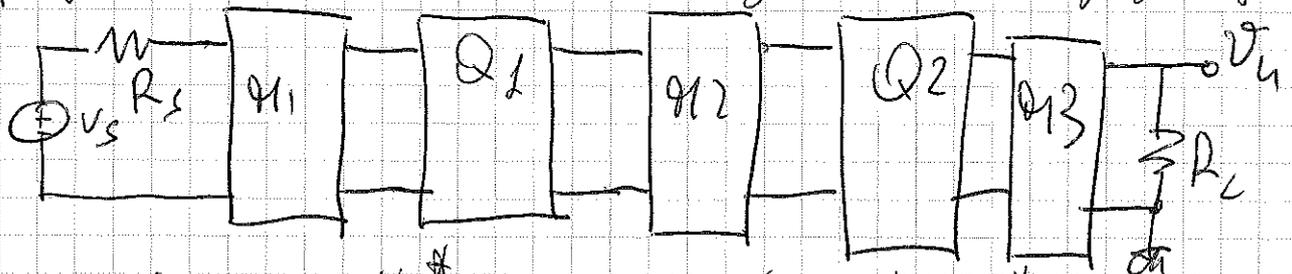
$$Y_{LOPT} = 1.95 - j7.42 \text{ mS}$$

In corrispondenza si ottiene

$$G_{MAX} = G_{PMAX} = G_{TMAX} = 7.84$$

Per tanto, per ottenere $G_{TTOT} \cong \frac{P_L}{P_{AIN}} = \frac{75}{1.5} = 50$ sono necessari 2 stadi EB.

L'amplificatore assume la seguente configurazione



Poiché $Y_{IN}(Y_{LOPT}) = Y_{SOPT}^*$ e $Y_{OUT}(Y_{SOPT}) = Y_{LOPT}^*$

dimensionando $Q1, Q2, Q3$ in modo da massimizzare il guadagno dei due stadi rimbalzati, con altro simbolismo

$$Y_{S1} = Y_{SOPT}, Y_{OUT1} = Y_{LOPT}^*, Y_{IN2} = Y_{SOPT}, Y_{OUT2} = Y_{LOPT}^*$$

Ovvero: $Q1$ trasforma R_L in Y_{SOPT} , $Q2$ trasforma

$Y_{OUT}^* \rightarrow Y_{SOPT}^*$ in Y_{SOPT} , $\Pi 3$ trasforma R_L in Y_{SOPT}
 A titolo esemplificativo si progetta nel seguito solo la
 rete $\Pi 2$ rimandando ad altri esercizi precedenti per
 le sintesi delle reti di adattamento.



$Y_1 = Y_{SOPT}^* = 1.85 + j7.42 \text{ S mS}$
 $Y_2 = Y_{SOPT} = 58.15 - j0.7 \text{ S mS}$

$\frac{1}{G_1} = 540 \Omega \rightarrow \frac{1}{G_2} = 17 \Omega$ trasformare in discesa
 parallelo serie

$Z_2 = \frac{1}{Y_2} = 16.8 + j2.6 \Omega$

$Q_p = \sqrt{\frac{540-17}{17}} = 5.54$ $B_p = -7.42 \text{ mS}$

$C_p = \frac{Q_p}{\omega_0 R_p} = 1.6 \text{ pF}$ ($R_p = \frac{1}{G_1}$)

$C_s \approx C_p$ [$L_s = C_p \cdot \frac{1+Q_p^2}{Q_p^2}$]

Bisogna aggiungere in serie una reattanza X_x :

$X_x = \frac{1}{\omega_0 C_s} = X_2 = 2.6 \cdot \frac{1+Q_p^2}{Q_p^2} \Rightarrow X_x = 102$

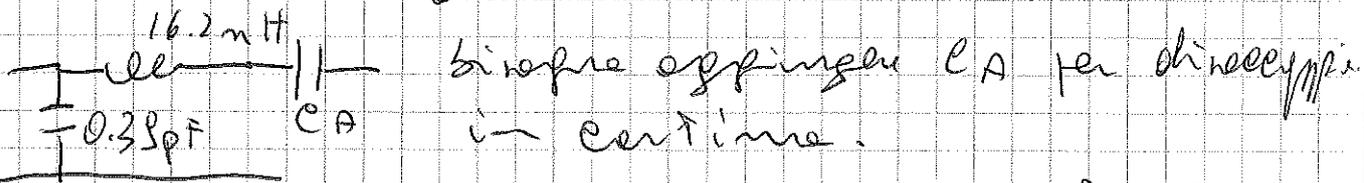
Si tratta di un'induttanza $L_x = \frac{X_x}{\omega_0} = 16.2 \text{ nH}$

La suscettanza $B_p = -7.6 \text{ mS}$ in parallelo con
 $C_p = 1.6 \text{ pF}$ fornisce una suscettanza equivalente pari

$B_{TOT} = 2.45 \text{ mS}$ ovvero una capacità

$C_{TOT} = \frac{2.45 \cdot 10^{-3}}{\omega_0} = 0.39 \text{ pF}$

La rete di adattamento è



La potenza di ingresso al primo stadio è $P_{IN2} = \frac{P_L}{\rho_p} = 11.76 \text{ mW}$

$P_{IN2} = 11.76 \text{ mW} = \frac{V_{IN2}^2}{2} G_{IN2}$ con $G_{IN2} = G_{SOPT} = 58.15 \text{ mS}$
 $V_{IN2} = 20.2 \text{ mV}$

Parametri S

$$S_{11} = 0.68 \angle -13$$

$$S_{12} = \angle 25^\circ \quad 0.08$$

$$S_{21} = 6.1 \angle 102$$

$$S_{22} = 0.43 \angle -64$$

$K = 0.43 \Rightarrow$ Potenzialmente instabile

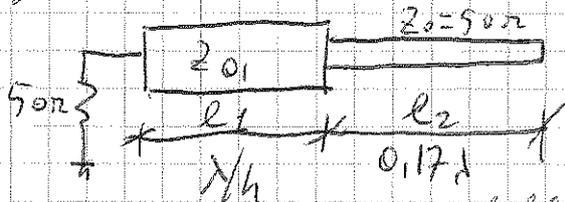
$$NA_{MIN} = 1 \text{ dB} \quad P_{SON} = 0.43 \angle 57 \quad R_{in} = 17 \Omega$$

Per minimizzare la cifra di rumore si sceglie

$$P_s = P_{SON} = 0.43 \angle 57$$

Bisogna trasformare $P_s = 0$ in $P_{su} = P_{SON}$.

Utilizzando le carte di SMITH si ricava:



$$Z_{01} = \sqrt{50 \cdot 50 \cdot 0.4} = 31.6 \Omega$$

Utilizzando i grafici delle microstrisce si ottiene per il trasformatore $\lambda/4$

$$\frac{w}{h} = 5.8 \Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda_{TEH}} = 1.08 \quad \lambda = 1.08 \cdot \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r} f_0} = 0.381$$

$$\frac{\lambda}{4} \Rightarrow 97 \text{ mm} = l_1 \quad w_1 = 3.48 \text{ mm}$$

Per lo spessore a 50 Ω

$$\frac{w}{h} = 2.5 \quad w_2 = 1.5 \text{ mm} \quad \frac{\lambda}{\lambda_{TEH}} = 1.12 \quad \lambda = 0.39$$

$$l_2 = 0.17 \lambda = 67 \text{ mm}$$

Si traccia il cerchio equi ρ_T a $\rho_T = \frac{3.75}{P_{AIN}} = 15$

$$P_{AIN} = \frac{V_{s0}^2}{8 R_s} = 250 \text{ mW}$$

Si ottiene $\rho_T = 0.15 \angle 95^\circ \quad \rho_T = 0.74$

Tale cerchio interseca l'asse della ρ nei punti $\rho_{L1} = -0.75$ e $\rho_{L2} = +0.68$

Si sceglie $\Gamma_{L1} = -0,75 \Rightarrow R_{L1} = 9 \Omega$

Per trasformare 80Ω in 9Ω occorre un
trasformatore d/h di impedenza caratteristica pari a

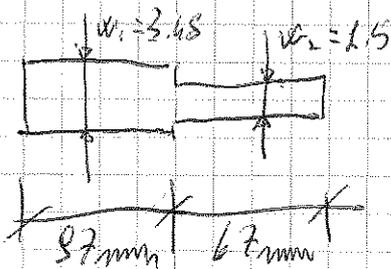
$$Z_{0L} = \sqrt{80 \cdot 9} = 26,8 \Omega$$

Utilizzando i grafici si ottiene $\frac{W}{h} = 5,8 \Rightarrow \frac{W}{3} = 3,5 \text{ mm}$

$$\frac{\lambda}{4} = 1,085 \Rightarrow \lambda = 0,382$$

$$\frac{\lambda}{4} = 95,5 \text{ mm} = l_3$$

111



112

