

## **Elettronica delle Telecomunicazioni**

**10/11/94**

**A) Utilizzando il transistor bipolare 2N4957, progettare un amplificatore a due stadi con frequenza centrale di 200 MHz che soddisfi le seguenti specifiche:**

1) I stadio: cifra di rumore minima;

2) II stadio Guadagno di trasduttore pari a 1000;

Determinare, inoltre, il guadagno di trasduttore dell'intero amplificatore e la densità spettrale di potenza di rumore in uscita a 200 MHz.

(  $Z_S = 100 \Omega$  ,  $Z_L = 50 \Omega$  )

**B) Un transistor bipolare MRF571 é terminato in uscita con un' induttanza da 40 nH. Dimensionare il circuito di ingresso a microstriscia in modo da ottenere un oscillatore con frequenza di innesco pari a 500 MHz.**

(  $\epsilon_r = 2$ ;  $h = 0.79 \text{ mm}$  )

A]

1) Per ottenere cifra di rumore minima, con  $I_e = -2mA$ , si deve scegliere  $R_{sv} = 200 \Omega$  (vedi fig. 6)

L'impedenza di uscita del primo stadio risulta, pertanto:

$$Y_{out1} = Y_{I1} - \frac{Y_{R1}Y_{F1}}{Y_{I1} + \frac{1}{R_{sv}}} = 2.62 + 2.75j \text{ mS}$$

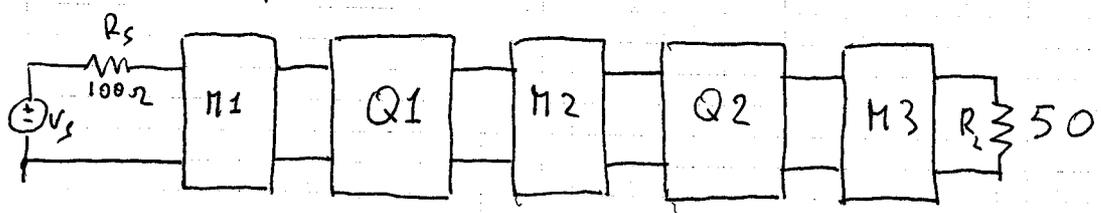
Avendo usato i seguenti valori dei parametri  $y$ :

$$\begin{aligned}
 Y_{I1} &= 2.7 + 6.6j \text{ mS} & Y_{F1} &= 54 - 22.5j \text{ mS} \\
 Y_{O1} &= 0.15 + 1.5j \text{ mS} & Y_R &= -0.48j \text{ mS}
 \end{aligned}$$

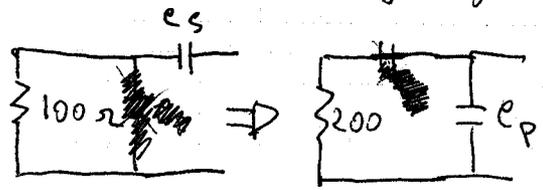
Per quanto riguarda il secondo stadio, da fig. 7, si ricava, per  $B_T = 1000$  (30dB),  $K = 2$  e, di conseguenza

$$\begin{aligned}
 Y_{L2} &= 0.67 - 2.4j \text{ mS} & Z_{L2} &= 108 + 386j \Omega \\
 Y_{S2} &= 17.5 - 27.5j \text{ mS} & Z_{S2} &= 16.5 + 26j \Omega
 \end{aligned}$$

Si possono progettare le reti di adattamento:



M1: Trasformazione serie-parallelo



$$Q_s = \sqrt{\frac{200 - 100}{100}} = 1$$

$$C_s = \frac{1}{\omega_0 R_s Q_s} = 7.96 \text{ pF}$$

$$C_p = C_s \frac{Q_s^2}{1 + Q_s^2} = 3.98 \text{ pF}$$

$$B_p = \omega_0 C_p = 5 \text{ mS}$$

si aggiunge in parallelo  $B_x$ :

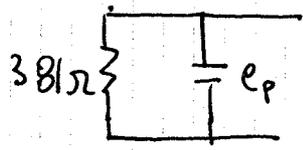
$$B_p + B_x = 0 \Rightarrow B_x = -5 \text{ mS} \Rightarrow L_x = 158 \text{ nH}$$

10/11/94

112 deve trasformare  $Y_{OUT1}$  in  $Y_{SU}$

Dopo aver neutralizzato la suscettanza  $B_{OUT1}$  con  $B_x = -2.72 \text{ mS}$  si genera una trasformazione parallelo serie da  $381 \Omega$  a

$$Z_{SU} = \frac{1}{Y_{SU}} = 16.4 + j25.6 \Omega$$



$$Q_p = \sqrt{\frac{381 - 16.4}{16.4}} = 4.72$$

$$C_p = \frac{Q_p}{\omega_0 R_p} = 9.9 \text{ pF} \Rightarrow B_p = \omega_0 C_p$$

Pertanto in parallelo a  $Y_{OUT1}$  si deve mettere

$$B_{TOT} = B_p + B_x = 9.68 \text{ mS}$$

si tratta di un condensatore

$$C_{TOT} = \frac{B_{TOT}}{\omega_0} = 7.61 \text{ pF}$$

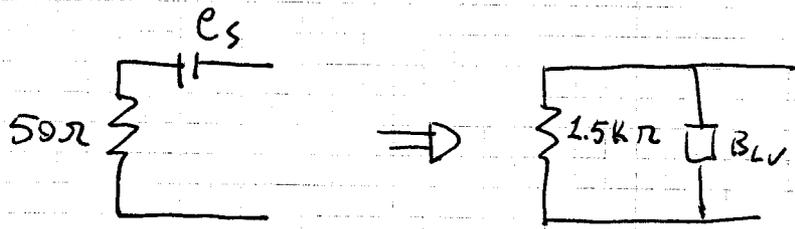
A questo punto basta appioppare in serie  $X_x$ :  $X_x + X_s = X_{SU} = 25.6 \Omega$

con  $X_s = -\frac{1}{\omega_0 C_s}$  e  $C_s = C_p \frac{1 + Q_p^2}{Q_p^2} = 10.3 \text{ pF}$

risulta  $X_x = 82 \text{ nH}$

113 deve trasformare  $50 \Omega$  in  $Y_{LU} = 1.5 \text{ k}\Omega // jB_{LU}$

si genera una trasformazione serie parallelo



$$Q_s = \sqrt{\frac{1500 - 50}{50}} = 5.38$$

$$C_s = \frac{1}{\omega_0 Q_s} = 2.96 \text{ pF}$$

$$C_p = C_s \frac{Q_s^2}{1 + Q_s^2} = 2.86 \text{ pF}$$

$$B_p = \omega_0 C_p = 3.6 \text{ mS}$$

Bisogna appioppare

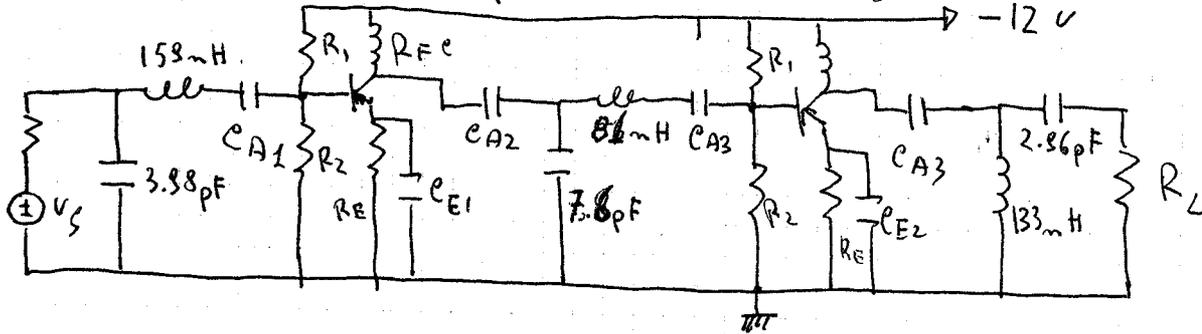
in parallelo  $B_x$  :

10/11/94 } 3

$$B_x + B_p = B_{L_v} = -2.4 \text{ mS}$$

$$B_x = -6 \text{ mS} \Rightarrow L_x = 133 \text{ nH}$$

Il circuito completo è il seguente



2) Calcolo del  $G_{TTOT}$

$$G_{TTOT} = \frac{P_L}{P_{AIN1}} = \frac{P_L}{P_{AIN2}} \frac{P_{AIN2}}{P_{AIN1}} = G_{T2} G_{A1}$$

$$G_{A1} = \frac{|Y_F|^2 G_{sv}}{R_E \{ (Y_i Y_o - Y_R Y_F + Y_o Y_{sv}) \cdot (Y_i + Y_{sv})^* \}}$$

$$Y_i Y_o = -9.5 + 5.04 j \text{ (mS)}^2$$

$$Y_R Y_F = -10.8 - 25.8 j \text{ (mS)}^2$$

$$Y_o Y_{sv} = 0.75 + 7.5 j \text{ (mS)}^2$$

$$Y_i + Y_{sv} = 7.7 + 6.6 j \text{ (mS)}$$

$$G_{A1} = \frac{17111}{R_E \{ 2.05 + 38.4 j \} (7.7 + 6.6 j)^*} = 63$$

$$G_{TTOT} = 63 \cdot 000 \text{ (48 dB)}$$

Calcolo della densità spettrale di potenza  $S_u$  in uscita

$$N_F = 10 \lg \frac{S_u \cdot \Delta f}{P_{AN} G_{TTOT}}$$

di rumore termico

dove  $P_{AN}$  è la potenza disponibile

$$P_{AN} = \frac{4kTR \cdot \Delta f}{4R} = kT \Delta f = 4.16 \cdot 10^{-21} \Delta f$$

$$N_F = 10 \lg \frac{S_u}{2.6 \cdot 10^{-10}} \approx 2 \Rightarrow S_u = 4.12 \cdot 10^{-16} \text{ W}^2/\text{Hz}$$

10/11/94 14

B)  $L = 40 \text{ nH}$  corrisponde ad una reattanza normalizzata di  $+2.51 j$ . Dalle carte di Smith si ricava il coefficiente di riflessione corrispondente:

$$\Gamma_c = 1 \angle 44^\circ$$

Si calcola il coefficiente di riflessione di ingresso

$$\Gamma_{in} = S_{11} + \frac{S_{12} S_{21} \Gamma_c}{1 - S_{22} \Gamma_c}$$

usando i seguenti valori dei parametri  $S$

$$S_{11} = 0.62 \angle -143$$

$$S_{21} = 5.5 \angle 97$$

$$S_{12} = 0.08 \angle 33$$

$$S_{22} = 0.41 \angle -59$$

$$\Gamma_{in} = 1.2 \angle -172$$

Per ottenere un oscillatore deve essere

$$\angle \Gamma_{in} = - \angle \Gamma_{sc}$$

$$\text{pertanto } \angle \Gamma_{sc} = 172^\circ$$

Dalle carte di Smith si deduce che è necessario uno spezzone di linea in c.c. di lunghezza pari a  $0.01 \lambda$  con impedenza  $Z_0 = 50 \Omega$ .

Dall'andamento di  $Z_0$  in funzione di  $\frac{W}{h}$  si ricava  $\frac{W}{h} = 3$

e da quello di  $\frac{d}{\lambda_{TE1}}$  in funzione di  $\frac{W}{h}$ , con  $\frac{W}{h} = 3$ , si ricava

$$1.08 \lambda_{TE1} = \lambda, \text{ pertanto } \lambda = \frac{c}{f} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot 1.08 = 0.46 \text{ m}$$

quindi il tratto di microstriscia in c.c.

è lungo  $l = 0.01 \lambda = 4.6 \text{ mm}$  e largo  $W = 3 \cdot h = 2.37 \text{ mm}$ .