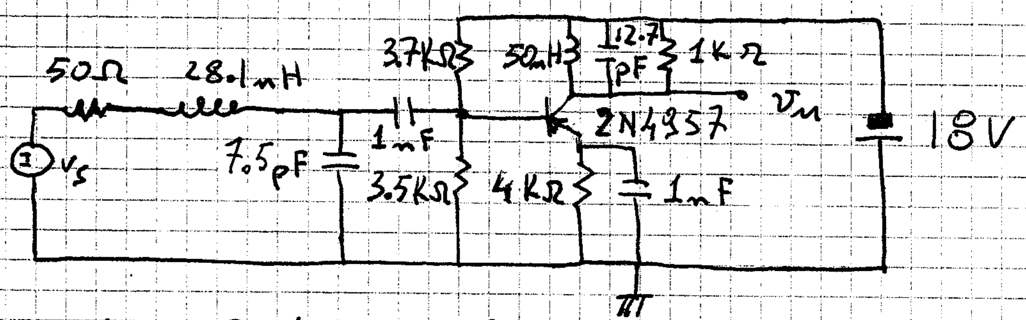
Elettronica delle Telecomunicazioni

08/02/96

A) Con riferimento all'amplificatore in figura, dopo averne dimostrato la stabilità:

1) riportare in grafico, su una scala dei tempi opportuna, l'andamento della tensione di uscita v_u, giustificando la risposta;

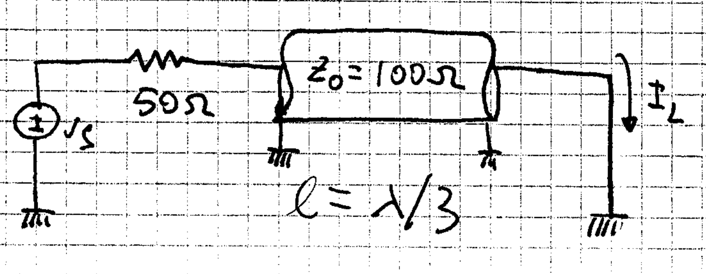
2) calcolare la densità spettrale di potenza di rumore in uscita e la corrente nell'induttanza da 50nH.



$V_{sM} = 0.01$ V $\quad f_0 = 200$ MHz

B) Calcolare modulo e fase della corrente I_L nel circuito in figura.

Qual'è il carico che, sostituito al corto circuito di uscita, assorbirebbe la massima potenza possibile?



$V_S = V_i \cos \omega_0 t$

$\omega_0 = 2\pi f_0$

$\lambda = \dfrac{V_0}{f_0}$

V_0 = velocità di fase

Si calcola, innanzitutto, il punto di riposo con le procedure ben note.

Risulta $I_C = 2$ mA $\quad V_{CE} = -10$ V

I parametri y sono:

$y_{IE} = 2.7 + 6.5j$ mS $\qquad y_{RE}y_{FE} = -8.5 - 26.5j$ mS

$y_{FE} = 53 - 17j$ mS

$y_{OE} = 0.15 + 1.5j$ mS

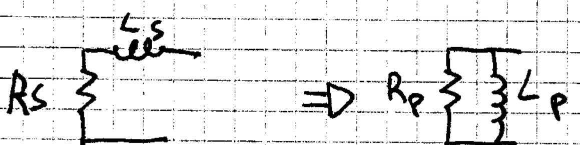
$y_{RE} = -0.5j$ mS

Si calcola il fattore di Stern

$$K = \frac{2(g_i + G_S)(g_o + G_L)}{|y_R y_F| + \mathrm{Re}\{y_R y_F\}}$$

Bisogna prima ricavare G_S e G_L

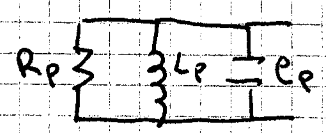
Trasformazione serie parallelo



$$Q = \frac{\omega_0 L_S}{R_S} = 0.705$$

$R_p = R_S(1 + Q^2) = 75\ \Omega$

$L_p = 84.3$ nH



$$\frac{1}{j\omega_0 L_p} + j\omega_0 C_p \simeq 0$$

Il gruppo $L_p C_p$ risuona pertanto

$Z_{SV} = R_{SV} = R_p = 75\ \Omega$

$G_S = 13.3$ mS

In uscita $\dfrac{1}{j\omega_0 50\cdot 10^{-9}} + j\omega_0 12.7\cdot 10^{-12} \simeq 0$

Anche questo gruppo risuona

$Z_{LV} = 1\ K\Omega$

$G_L = 1$ mS

$K = 2.35 > 1$ 8/2/96

Pertanto il quadripolo è stabile qualunque sia la coppia $B_{SV} - B_{LV}$.

Si calcola il G_T

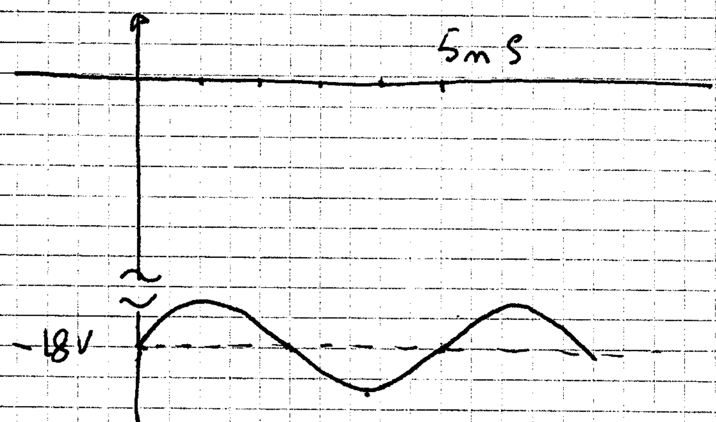
$$G_T = \frac{4 G_S G_L |Y_F|^2}{|(Y_i + Y_S)(Y_O + Y_L) - Y_R Y_F|^2} = 49.5$$

$P_{Ain} = 0.25\ \mu W$

$$P_L = P_{Ain} \cdot G_T = 12.3\ \mu W$$

$$V_u = \sqrt{2 P_L R_L} = 0.157\ V$$

Pertanto, tenendo conto del valore continuo di V_u pari a $-18V$ risulta



2) Dalla definizione di cifra di rumore si ottiene

$$NF \cdot G_A N_{AIN} = N_{OUT}$$

Su una banda sufficientemente stretta centrata in f_0

$NF \cdot G_T \cdot S_{AIN} = S_{OUT}$ dove S_{AIN} e S_{OUT} sono rispettivamente la potenza di rumore termico disponibile in ingresso e la potenza totale di rumore in uscita per unità di frequenza.

Dalle caratteristiche, per $R_{SV} = 75\,\Omega$ e $I_e = 2\ mA$ si ricava

$$NF_{dB} = 2.5 \Rightarrow NF = 1.78$$

$S_{AIN} = KT = 4.16 \cdot 10^{-21}\ J$ $S_{OUT} = 3.6 \cdot 10^{-19}\ W/Hz$

~~Lo cor~~

La corrente nell'induttanza ha una componente continua coincidente con I e ed una alternativa di ampiezza

$$I_{Lm} = \frac{V_{uM}}{\omega_0 L} = 2.4 \; mA.$$

B] L'impedenza vista in ingresso alla linea è

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + j Z_0 \, tg\beta l}{Z_0 + j Z_L \, tg\beta l} \quad \text{dove } Z_L = 0 \quad \text{pertanto}$$

$$Z_{in} = Z_0 \frac{j Z_0 \, tg\beta l}{Z_0} = j Z_0 \, tg\beta l$$

$$\beta l = \frac{2\pi}{\lambda} l = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{3} = \frac{2}{3}\pi$$

$$Z_{in} = -1.73 j Z_0 = -173 j \ \Omega$$

La tensione di ingresso alla linea è

$$V_{in} = V_S \frac{Z_{in}}{Z_{in} + 50} = -(0.92 + 0.267 j) V_S$$

(Dove V_{in} e V_S rappresentano i relativi fasori delle tensioni)

Ponendo l'origine dell'asse in corrispondenza dell'uscita

$$V_{in} = V^+ e^{j\beta l} + V^- e^{-j\beta l} = V(l)$$

$$V_u = 0 = V^+ + V^- \Rightarrow V^+ = -V^-$$

$$V_{in} = V^+ \left(e^{j\beta l} - e^{-j\beta l} \right) \qquad \beta l = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{3} = \frac{2}{3}\pi$$

$$= V^+ [(-0.5 + 0.866 j) - (-0.5 - 0.866 j)]$$

$$= V^+ \, 1.73 j$$

$$V^+ = -j 0.577 \, V_{in} = -(+0.154 + 0.53 j) V_S$$

$$I(l) = \frac{1}{Z_0} \left(V^+ e^{j\beta l} - V^- e^{-j\beta l} \right)$$

$$I_L = I(0) = \frac{1}{Z_0} \left(V^+ - V^- \right) = 2 \frac{V^+}{Z_0} = -\frac{V_S}{Z_0} (+0.308 + 1.06 j)$$

$$|I_L| = |V_S| \, 0.011 \ \text{A}$$

$$\angle I_L = -106°$$

L'impedenza vista dall'uscita è $Z_{OUT} = Z_0 \dfrac{50 + j Z_0 \, tg\beta l}{Z_0 + j 50 \, tg\beta l} =$

$= 185 \angle -33°$

Pertanto, poiché la linea gode delle proprietà dei quadripoli di adattamento, la massima potenza si estrae per $Z_L = 185 \angle 33°$