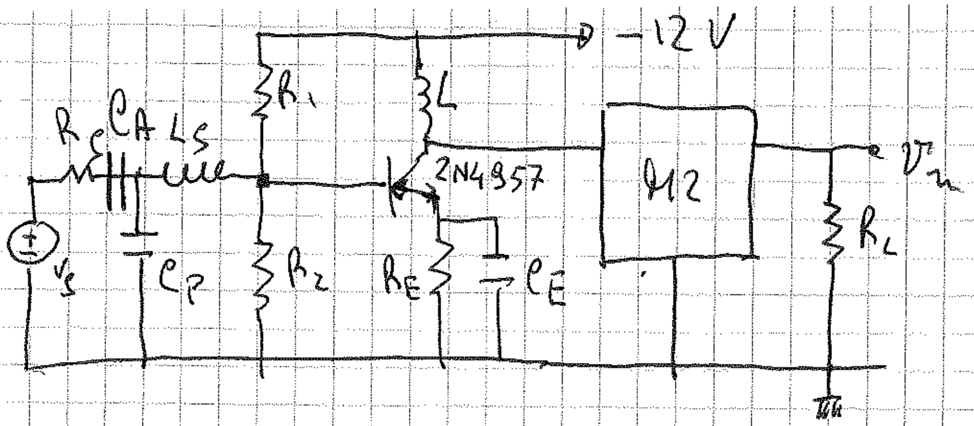
ERF 15/12/2009

A) Con riferimento all'amplificatore in figura:
   1) Valutare il punto di riposo e ricavare il circuito equivalente per le variazioni;
   2) Calcolare la potenza disponibile in uscita sui nodi 1-1' e sui nodi 2-2';
   3) Progettare la rete di adattamento M2 in modo che: i) il fattore di Stern K risulti pari a 10 e, contemporaneamente, ii) la potenza sul carico risulti pari a 1[illegible] mW.



$R_1 = 4.65\ K\Omega$

$R_2 = 1.35\ K\Omega$

$L_S = 25\ nH$

$C_P = 20\ pF$

$R_S = 75\ \Omega$

$L = 10\ \mu H$

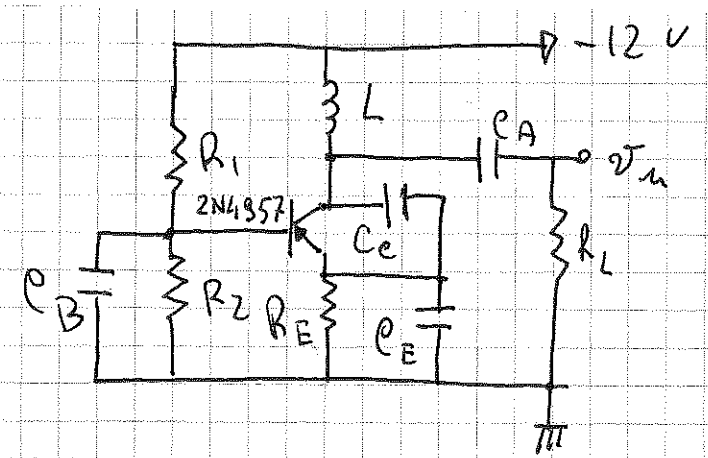
$R_L = 75\ \Omega$

$C_A = C_E = 20\ nF$

$V_S = V_{Sm} \cos 2\pi f_0 t$ $\quad f_0 = 250\ MHz$

$V_{Sm} = 250\ mV$ $\quad Y_{RE} = -0.05 - 0.6j\ mS$

B) Calcolare, se esiste, il valore di C_E per cui il circuito in figura si comporta come un oscillatore con frequenza di innesco pari a 80 MHz.



$C_B = 20\ nF$

R_1, R_2, R_E come nell'Es. A)

$C_c = 40\ pF$

$L = 180\ nH$

$R_L = 1.5\ K\Omega$

$C_A = 20\ nF$

Es. A] Si calcola il punto di riposo utilizzando l'ipotesi di partitore pesante da verificare a posteriori [v. soluzioni di altri esercizi d'esame].

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

Si ricavano i parametri Y dalle caratteristiche

$y_{IE} = 4 + j\,8\ mS$

$y_{FE} = 50 - j\,27\ mS$

$y_{OE} = 0.1 + j\,1.8\ mS$

$y_{RE} = -0.05 - 0.6\,j\ mS$

Si calcola $y_{SV} = j\omega L_S + \left(\frac{1}{j\omega C_P} \| R_S\right) = 40.7 - 43.3\,j\ mS$

La potenza disponibile ai nodi 1-1' e 2-2' è uguale poiché la rete di adattamento M2 è passiva, reciproca, non dissipativa.

Si calcola G_A

$$G_A = \frac{|Y_F|^2\ G_{SV}}{R_E\{(Y_O Y_{SV} + Y_O Y_I - Y_R Y_F)(Y_I + Y_{SV})^*\}} = 876$$

pertanto risulta, essendo $P_{AIN} = 104\ \mu W$

$P_{A\,1-1'} = P_{A\,2-2'} = P_{AIN} \cdot G_A = 91\ mW$

Dalla condizione

$$K = \frac{2(g_i + g_{SV})(g_o + g_{LV})}{R_E\{Y_R Y_F\} + |Y_R Y_F|} = 10$$

essendo g_{LV} l'unica incognita si ricava

$g_{LV} = 1.6\ mS$

Dovendo essere $P_L = 1\ mW$ significa che

$$G_T = \frac{P_L}{P_{AIN}} = 9.6$$

Poiché

$$G_T = \frac{4\, g_{SV}\, g_{LV}\, |Y_{FE}|^2}{|(Y_{SV} + Y_{IE})(g_{LV} + jB_{LV} + Y_{OE}) - Y_{RE} Y_{FE}|} = 9.6$$

Da cui si può ricavare B_{LV} oppure ...

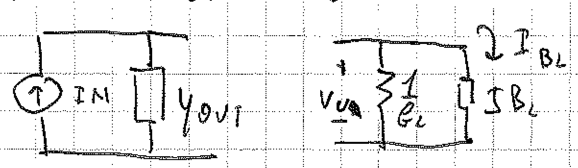
Altra soluzione per B_{LV}

$$Y_{OUT} = Y_0 - \frac{Y_R Y_F}{Y_{IE} + Y_{SV}} = 0.043 + 2.4j \text{ mS}$$

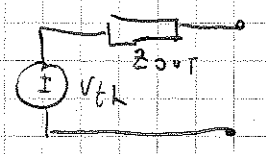
[2]

$$Z_{OUT} = \frac{1}{Y_{OUT}} = 7.4 - 416j \ \Omega$$

L'equivalente di Norton dell'uscita è



L'equivalente di Thevenin dell'uscita è



$$P_{AOUT} = P_{A1-1'} = 51 \text{ mW} = \frac{V_{th}^2}{8 \cdot R_{OUT}} \Rightarrow$$

$$V_{th} = 2.3 \text{ V}$$

ovvero

$$I_{N} = V_{th} / |Z_{OUT}| = 5.52 \text{ mA}^{*}$$

Poiché $P_L = \frac{V_{LA}^2 G_L}{4} \Rightarrow V_{LA} = 1.58 \text{ V}$

$$|I_{BL}| = V_{LA} \cdot B_L = 1.58 \ B_L$$

$$|I_{BL}| = |I_N| \cdot \frac{|B_L|}{|g_{OUT} + jB_{OUT} + G_L + jB_L|} = \cancel{\frac{5.52 \cdot 10^{-3}}{2.3}} \cdot \cancel{B_L}$$

$$|I_N| \frac{\cancel{|B_L|}}{\sqrt{2.68 + (2.4 + B_L)^2}} = 1.58 \cancel{|B_L|}$$

$$(3.49)^2 = 2.68 + 5.76 + 4.8 B_L + B_L^2$$

$$B_L^2 + 4.8 B_L - 3.7 = 0$$

$$B_L = \begin{cases} 0.67 \text{ mS} \\ -5.5 \text{ mS} \end{cases}$$

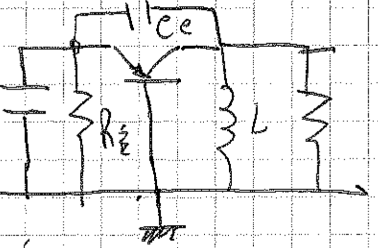
$Y_{LV} = 1.6 + 0.67j$ mS oppure $Y_{LV} = 1.6 - 5.5j$ mS

* Attenzione il valore di 5.52 mA risulterebbe troppo elevato ed il transistore uscirebbe dalla zona attiva essendo $I_{CQ} = 2$ mA. Si ignora questa considerazione e si prosegue

E). B

La capacità C_B di 20 nF di fatto mette a massa la base, infatti: $\frac{1}{\omega_0 C_B} = 0.1\,\Omega$, mentre l'induttanza L costituisce una reattanza $\omega_0 L = 30\,\Omega$ significativa per il funzionamento dell'oscillatore. Infatti, tenuto conto che $C_A = C_B$ costituisce, di fatto un c.c., il circuito per le variazioni è il seguente.

$y_e = j\omega C_e = 20j$ mS



$y_{IB} = 55 - 7j$ mS

$y_{FB} = -54 + 7j$ mS

$y_{OB} = 0.8j$ mS

$y_{RB} = -0.09j$ mS

Si riconosce una configurazione di Colpitts a base comune. Il quadripolo risultante dal BJT con C_e tra ingresso e uscita presenta i seguenti parametri Y

$y_{It} = 55 + 13j$ mS

$y_{Ft} = -54 - 13j$ mS

$y_{Ot} = 20.8j$ mS

$y_{Rt} = -20.09j$ mS

$$\beta A = \frac{y_{Rt}\, y_{Ft}}{(y_{It} + y_s)(y_{Ot} + y_L)}$$

$$y_s = \frac{1}{R_E} + j\omega C_E = 1 + j\omega C_E \ [\text{mS}]$$

$$\beta A = \frac{(-261 + 1084j)}{(56 + (13 + B_E)j)(20.8j + 0.66)}$$

$B_E = \omega C_E$ in mS

$$\beta A = \frac{-261 + 1084j \cdot 10^{-6}}{0.66 + 20.8j \cdot 10^{-3}} \, \frac{1}{56 + (13 + B_E)j \cdot 10^{-3}} = \frac{115 \angle 17^\circ}{56 + (13 + B_E)j}$$

$\angle \beta A = 0$ se $\arctan \frac{13 + B_E}{56} = 17^\circ$

ovvero $\frac{13 + B_E}{56} = \tan 17^\circ = 0.3 \Rightarrow B_E = 3.8$ mS

$C_E = 7.5$ pF

In queste condizioni risulta $|\beta A| = \frac{115}{58} = 1.96 > 1$

Ambedue le condizioni di Barkhausen per l'innesco sono verificate.