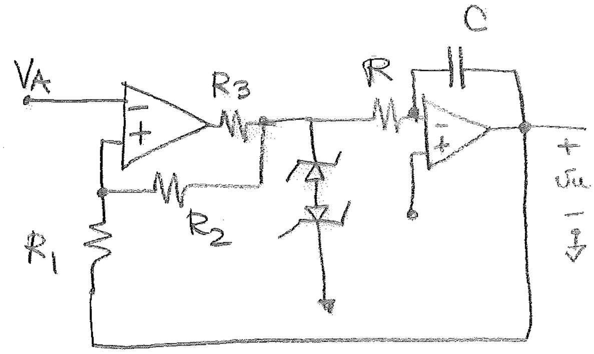
Prova scritta di Elettronica - Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni

9 giugno 2010

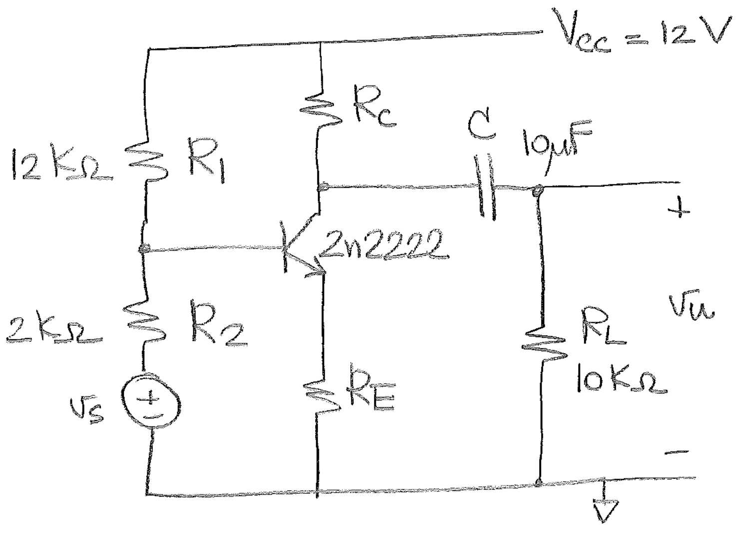
1. Si consideri un amplificatore con amplificazione di tensione A_{vo}=1000, R_{in} = 100 KΩ, R_{out} = 10 KΩ. Si reazioni in modo da ottenere una resistenza di ingresso di 1 MΩ (con un errore ammesso del 5%), una resistenza di uscita minore di 100 Ω. Si consideri la resistenza del generatore nulla, e l'amplificatore a vuoto. *(punteggio 5/30)*

2. Sia dato il circuito a lato. Calcolare la forma d'onda generata dal circuito, giustificando il procedimento, e rappresentare la tensione di uscita e la tensione sulla capacità sullo stesso asse dei tempi, quotando i punti rilevanti ($R_1 = R_2 = R$ = 10 KΩ, V_Z = 4.7 V, V_R = 2 V, V_A = 1 V, C = 1 μF,). *(punteggio 5/30)* R_3 = 500Ω



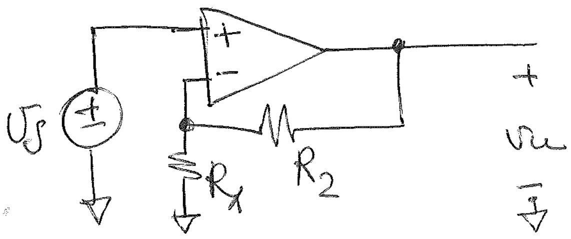
3. Con riferimento al circuito in basso, calcolare:

- il valore di R_E e R_C in modo da avere come punto di riposo del transistore I_C = 1 mA , V_{CE} = 5 V e i parametri di piccolo segnale del transistore. *(punteggio 5/30).*
- La funzione di trasferimento a centro banda *(punteggio 4/30).*
- il limite inferiore di banda e il limite superiore di banda *(punteggio 8/30).*



4. consegna esercizi con spice *(3 punti)*

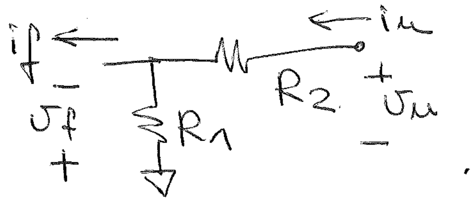
1) ho bisogno di una reazione con prelievo di tensione e inserzione di ~~[illegible]~~ tensione



$R_{IF} > R_{in}$

$R_{OF} < R_{out}$

Rete di reazione

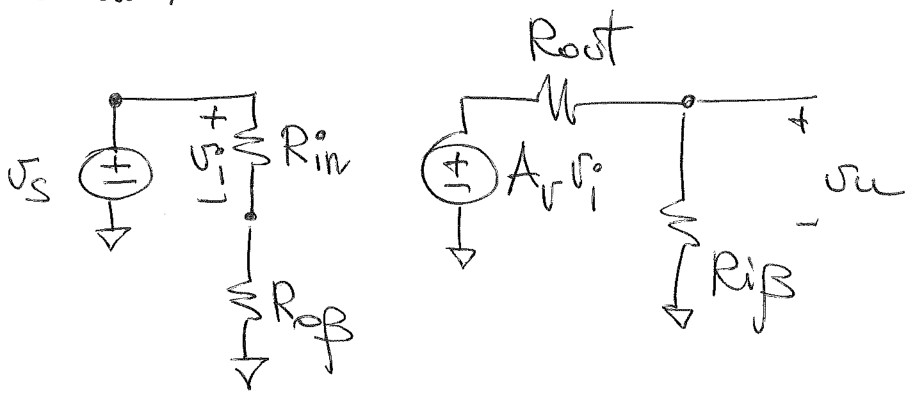


$$\begin{bmatrix} v_f \\ i_u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta & R_{o\beta} \\ 1/R_{i\beta} & K \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_u \\ i_f \end{bmatrix}$$

$$\beta \triangleq \left.\frac{v_f}{v_u}\right|_{i_f=0} = \frac{-R_1}{R_1+R_2} \; ; \quad R_{o\beta} = \left.\frac{v_f}{i_f}\right|_{v_u=0} = R_1 /\!/ R_2$$

$$R_{i\beta} = \left.\frac{v_u}{i_u}\right|_{i_f=0} = R_1 + R_2$$

Rete di Ae



$$A_e = \frac{R_{i\beta}}{R_{i\beta}+R_{out}} A_v \frac{R_{in}}{R_{in}+R_{o\beta}}$$

$$R_{IF} = (R_{in}+R_{o\beta})(1-\beta A_e)$$

$$R_{OF} = (R_{out} /\!/ R_{i\beta})/(1-\beta A_e)$$

per soddisfare la condizione su R_{IF}, assumendo $R_{o\beta}$ più piccolo di R_{in} avremo bisogno di un fattore di reazione $(1-\beta A_e)$ di circa 10. Di conseguenza, per avere $R_{OF} < 100\Omega$, dobbiamo avere $R_{i\beta} /\!/ R_{out}$ non maggiore di $1K\Omega$

Scegliamo $R_{i\beta} = R_1 + R_2 = 1K\Omega$. In questo modo, possiamo dire che $R_{o\beta} = R_1 /\!/ R_2 < 1K\Omega \ll R_{in}$, e che quindi, per avere $R_{IF} = 1M\Omega$, dobbiamo imporre $1-\beta A_e = 10$.

$$\beta A_e = -9 = -\frac{R_1}{\cancel{R_1+R_2}} \; \frac{\cancel{R_{i\beta}}}{R_{i\beta}+R_{out}} \; A_v \; \frac{\cancel{R_{in}}}{\cancel{R_{in}+R_{o\beta}}}$$

$$\rightarrow R_1 = \frac{9\,(R_{i\beta}+R_{out})}{A_v} = \frac{9\,(11\cdot 10^3)}{10^3} = 99\Omega \quad \boxed{\sim 100\Omega}$$

$$\underline{R_2 = 900\Omega} \quad \rightarrow \left[R_{i\beta} = 1K\Omega \,;\; R_{o\beta} = 90\Omega\right]$$

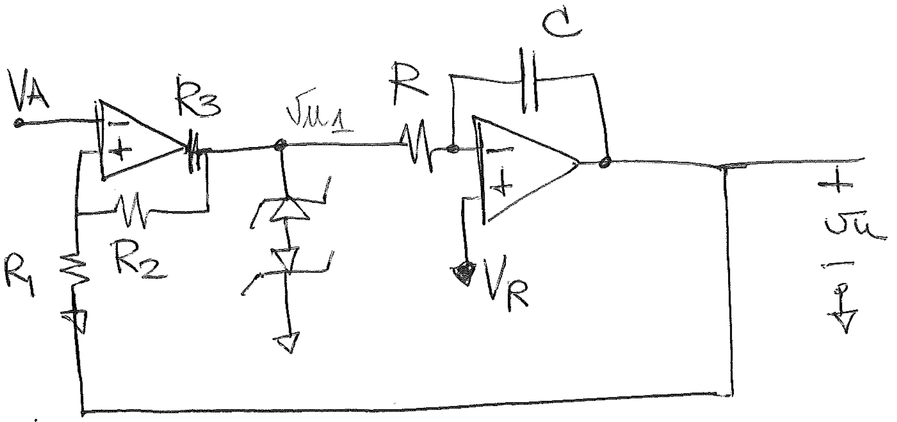
Calcoliamo R_{IF} e R_{OF}

$$R_{IF} = (100\cdot 10^3 + 90)\left(1 + \frac{1}{10}\cdot\frac{1}{11}\cdot 10^3 \cdot \frac{10^5}{10^5+90}\right) = \cancel{100.9K} \; \underline{1{,}009\,M\Omega}$$

$$= \cancel{100090(1+}$$

$$R_{OF} = (10^4 /\!/ 10^3) / 10.083 = \underline{90.16\,\Omega}$$

2)



$R_1 = R_2 = 10K\Omega$

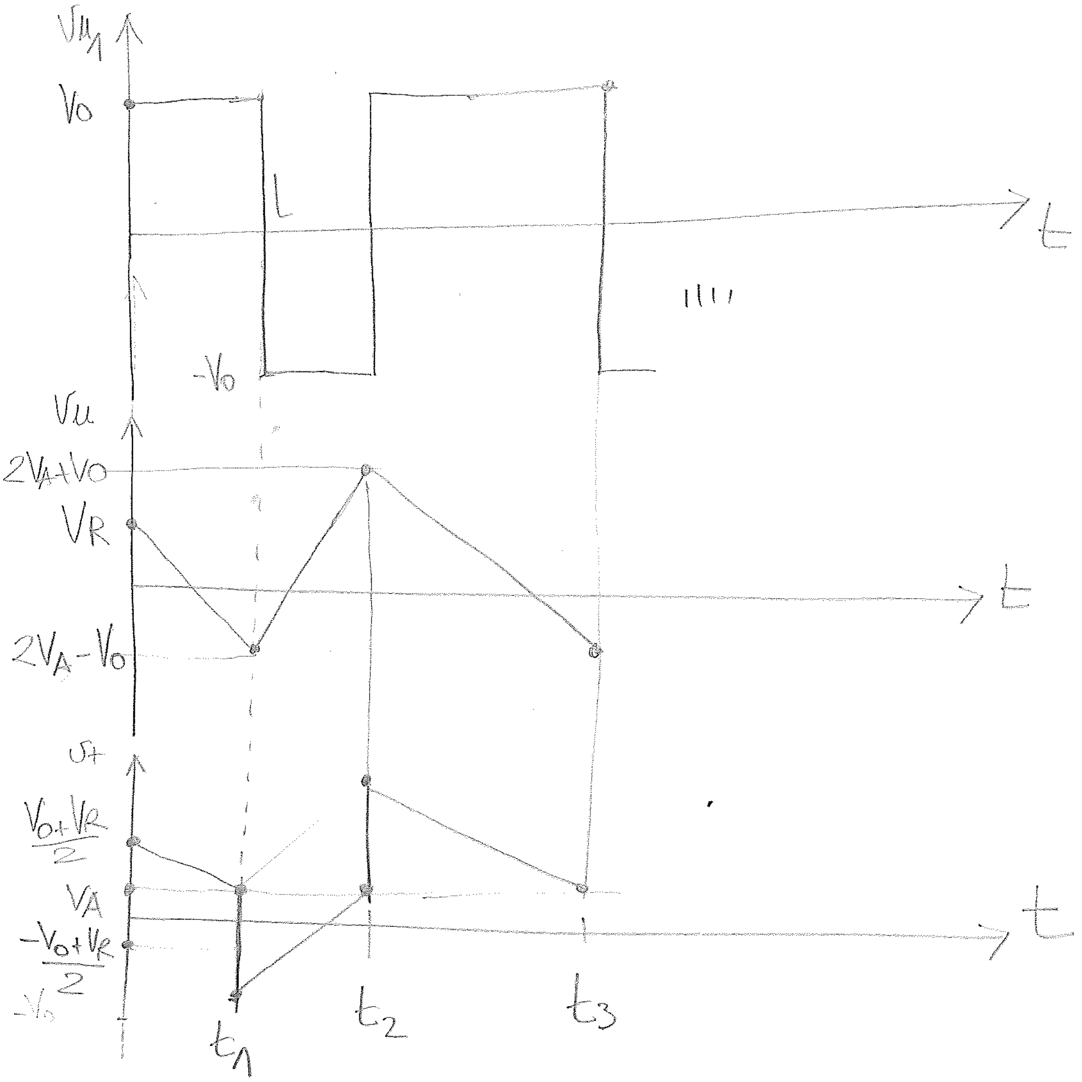
$V_Z = 4{,}7\,V$

$R = 10K\Omega$

$C = 1\mu F$

$V_R = 2V$

$V_A = 1V$



poniamo che per $t=0$

$v_{u_1} = +V_0 = V_z + V_\gamma$

$V_u = V_R$

$v_+ = \frac{v_{u_1} + v_u}{2} = \frac{V_0 + V_R}{2}$

per $t>0$ e $t<t_1$ abbiamo

$$\frac{dv_u}{dt} = \frac{-(v_{u_1} - V_R)}{RC} = \frac{-3.4}{10^{-2}} = -340\ V/s$$

il trigger di Schmidt commuta quando $v_+ = V_A$, cioè

$$\frac{v_u + v_{u_1}}{2} = V_A \rightarrow v_u = 2V_A - V_0 = 2 - 5.4 = \underline{\underline{-3.4V}}$$

tra t_1 e t_2 abbiamo

$$\frac{dv_u}{dt} = \frac{-(v_{u_1} - v_R)}{RC} = \frac{-(-5,4-2)}{RC} = 740\ V/s$$

la commutazione si ha quando $\frac{v_u + v_{u_1}}{2} = V_A \rightarrow v_u = 2V_A + V_0 = 7.4V$

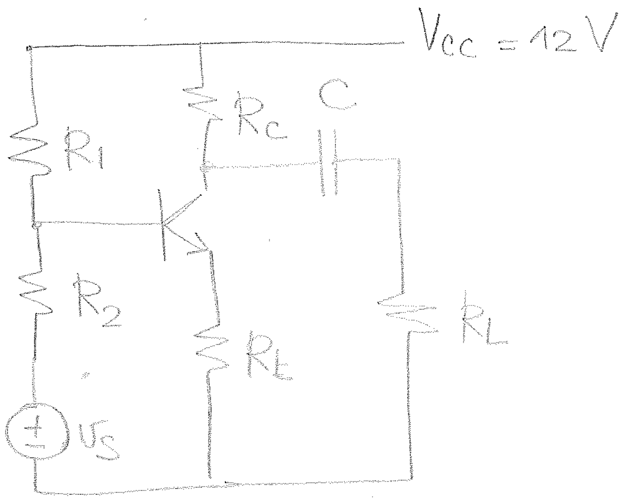
$$t_2 - t_1 = \frac{2V_0}{dv_u/dt} = \frac{2\cdot 5,4}{740} = \underline{14.6\ ms}$$

$$t_3 - t_2 = \frac{2V_0}{|dv_u/dt|} = \frac{2{,}54}{340} = \underline{31.8\ ms}$$

Periodo

$\boxed{T = 46.4\ ms}$

3)



$R_1 = 12K\Omega$
$R_2 = 2K\Omega$
$I_C = 1mA \sim I_E$
$V_{CE} = 5V$
$C = 10\mu F$
$R_L = 1K\Omega$

scegliere R_E, R_C

facciamo l'ipotesi di partitore pesante $I_P = \frac{V_{CC}}{R_1+R_2} \gg I_E$

$I_P = \frac{12}{14\cdot10^3} = 0,857\cdot10^{-3} A$

$V_B = I_P \cdot R_2 = \underline{1.71V}$ $\quad V_E = V_B - V_\gamma = 1,01V$

$R_E = \frac{V_E}{I_E} = \frac{1,01}{10^{-3}} = 1010\,\Omega \sim 1K\Omega$

$V_C = V_E + V_{CE} = 6,01 V$

$R_C = \frac{V_{CC}-V_C}{I_C} = \frac{12-6}{10^{-3}} = \underline{6\,K\Omega}$

dalle caratteristiche troviamo

$h_{ie} = 5K\Omega$ $\quad r_{bb'} = 450\,\Omega$, $g_m = \frac{I_C}{V_T} = 0,0385\,\Omega^{-1}$, $r_{b'e} = 4550\,\Omega$

$h_{oe} = 20\cdot10^{-6}\,\Omega^{-1} \rightarrow 1/h_{oe} = 50K\Omega$

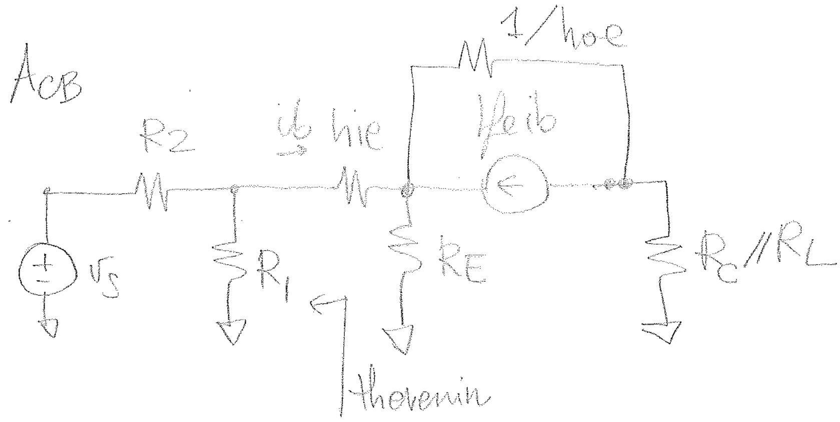
$h_{fe} = 175$

$f_T = 140$ MHz

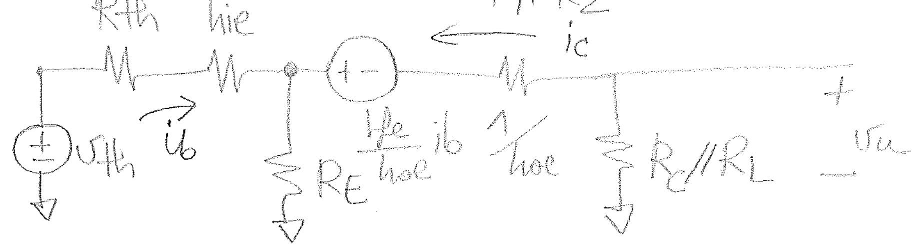
$C_{b'c} = 5$ pF

$C_{b'e} = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_{b'c} = 38.8$ pF

A_{CB}



$$V_{th} = v_S \frac{R_1}{R_1+R_2} \quad , \quad R_{th} = R_1 // R_2$$



$$\begin{cases} V_{th} = (R_{th} + h_{ie}) i_b + R_E (i_b + i_c) \\ \dfrac{h_{fe}}{h_{oe}} i_b = i_c \left[R_E + \dfrac{1}{h_{oe}} + R_C // R_L \right] + R_E i_b \end{cases}$$

$$i_b = \frac{i_c \left[(R_E + R_C // R_L) h_{oe} + 1 \right]}{R_E h_{oe} + h_{fe}}$$

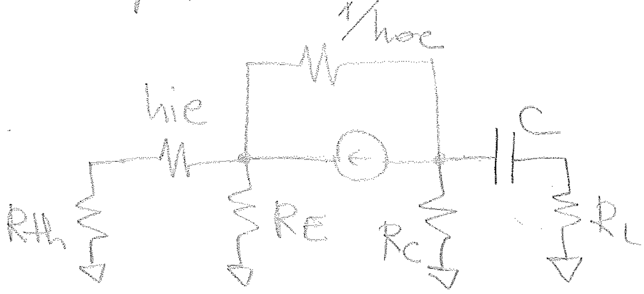
$$V_{th} = i_c \left[R_E + \frac{(R_E + R_{th} + h_{ie}) \left[(R_E + R_C // R_L) h_{oe} + 1 \right]}{R_E h_{oe} + h_{fe}} \right]$$

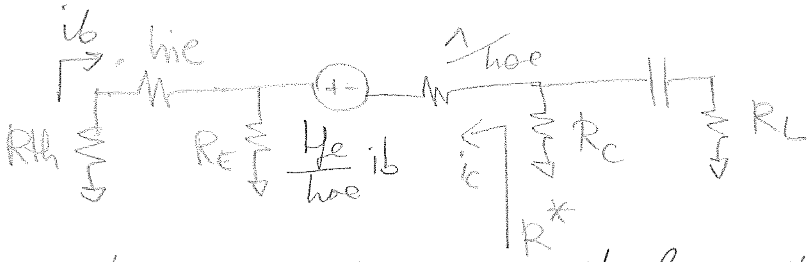
$$v_u = - R_C // R_L \ i_c$$

$$A_{CB} = \frac{v_u}{v_S} = \frac{- R_C // R_L}{R_E + \dfrac{(R_E + R_{th} + h_{ie}) \left[(R_E + R_C // R_L) h_{oe} + 1 \right]}{R_E h_{oe} + h_{fe}}} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \underline{\underline{-3{,}07}}$$

limite inferiore di banda

limite inferiore di banda





usiamo l'espressione di prima che lega ib a ic

$$R^* = \frac{v_p}{i_c} \quad \rightarrow v_p = i_c\left(\frac{1}{h_{oe}} + R_E\right) + R_E i_b + \frac{h_{fe}}{h_{oe}} i_b$$

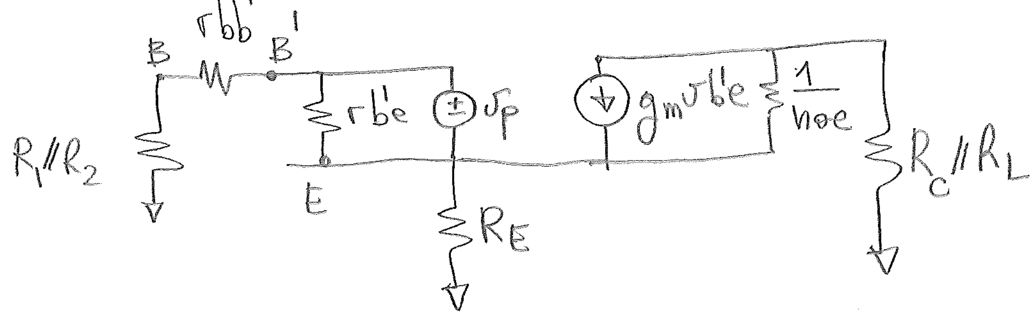
$$R^* = \frac{v_p}{i_c} = \frac{1}{h_{oe}} + R_E + \left(R_E + \frac{h_{fe}}{h_{oe}}\right)\left(\frac{(R_E + R_C /\!/ R_L)h_{oe} + 1}{R_E h_{oe} + h_{fe}}\right) = 54{,}7\,K\Omega$$

$$R_{V_C} = R^* /\!/ R_C + R_L = 15.4\,K\Omega$$

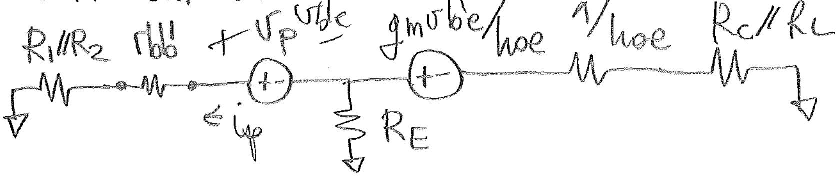
$$f_L = \frac{1}{2\pi R_{V_C} C} = 1{,}03\ Hz$$

limite superiore di banda

$R_{V_{be}}$



rimuovo momentaneamente rb'e



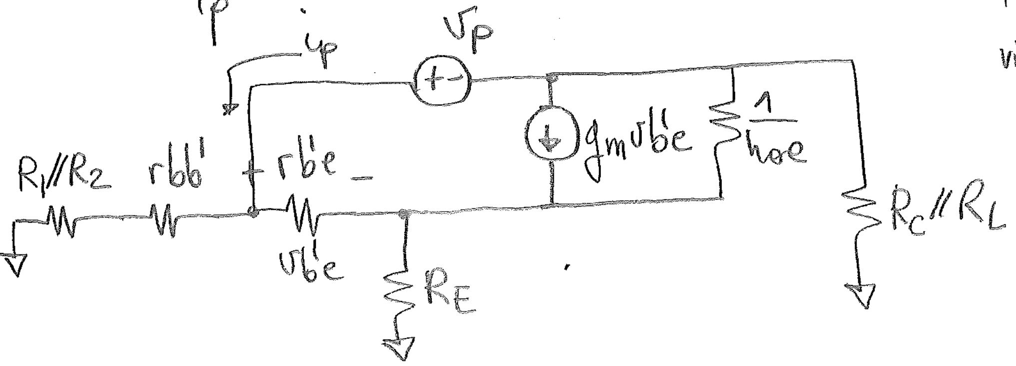
$$i_p = \frac{v_p}{R_1 /\!/ R_2 + r_{bb'} + R_E /\!/ \left[1/h_{oe} + R_C /\!/ R_L \right]} + \frac{g_m v_p}{h_{oe} \cdot \left[\frac{1}{h_{oe}} + R_C /\!/ R_L + R_E /\!/ (R_1 /\!/ R_2 + r_{bb'}) \right]}$$

$$i_p = v_p \left[3.179 \cdot 10^{-4} + 3.536 \cdot 10^{-2} \right] = 3{,}56 \cdot 10^{-2}\, v_p$$

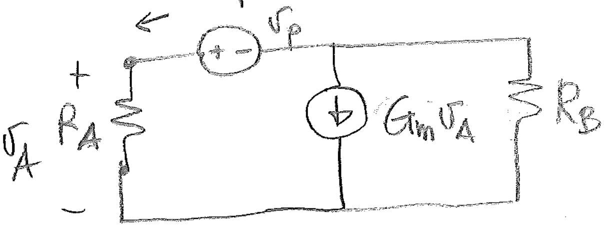
$$R_{Vbe} = \frac{v_p}{i_p} /\!/ r_{b'e} = 27{,}85\,\Omega$$

trascuriamo $1/h_{oe}$ visto che $\frac{1}{h_{oe}} \gg R_E,\ R_C /\!/ R_L$

R_{Vbc}



cerchiamo di trasformare il circuito in questo



$$R_A = (R_1 /\!/ R_2 + r_{bb'}) /\!/ (r_{b'e} + R_E (1 + g_m r_{b'e})) = 2139\,\Omega$$

$$R_B = R_C /\!/ R_L = 3750\,\Omega$$

$$G_m v_A = g_m v_{b'e} \rightarrow G_m = g_m \frac{v_{b'e}}{v_A} = g_m \frac{r_{b'e}}{r_{b'e} + R_E (1 + g_m r_{b'e})}$$

$$= \frac{g_m}{1 + g_m R_E} = 9{,}747 \cdot 10^{-4}\,\Omega^{-1}$$

$$R_{Vbc} = R_A (1 + G_m R_B) + R_B = 13.705\ K\Omega$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{R_{Vbe} C_{be} + R_{Vbc} C_{bc}} = 299{,}4\ KHz$$