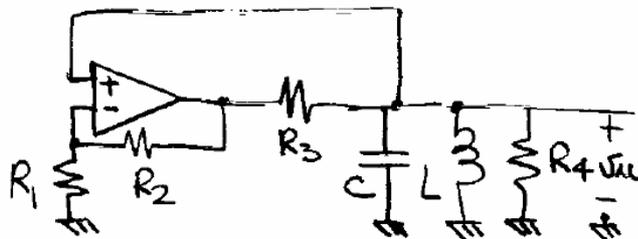


Parte A

1. Si consideri un amplificatore di tensione con $A_{v0}=10^4$, $f_p=100$ Hz, $R_{in} = 1$ M Ω , $R_{out} = 500$ Ω . Si reazioni l'amplificatore in modo da ottenere una resistenza di ingresso maggiore di 10 M Ω , una resistenza di uscita maggiore di 50 K Ω , e limite superiore di banda $f_H = 20$ KHz. Si supponga che il carico sia una resistenza $R_L = 5$ K Ω .

2. Dato l'oscillatore rappresentato a lato, calcolare la frequenza di oscillazione e le determinare le condizioni sul valore di R2 perché l'oscillazione si inneschi, *giustificando il procedimento*. Considerare l'amplificatore operazionale ideale. $R=100\Omega$, $L = 1$ mH, $C = 470$ nF, $R_1=R_3=R_4=10$ K Ω



3. Disegnare il circuito di un multivibratore monostabile, realizzato con un timer 555, che generi un "gate" positivo di durata 1 ms quando viene applicato in ingresso un impulso negativo. Giustificare il procedimento e descrivere il funzionamento del circuito.
4. Disegnare il circuito con logica CMOS che esegua la funzione logica $Y = AC + B\bar{C}$ e determinare i rapporti W/L dei transistori, sapendo che $n=2$ e $p=5$.

Punteggio totale Parte A: 14

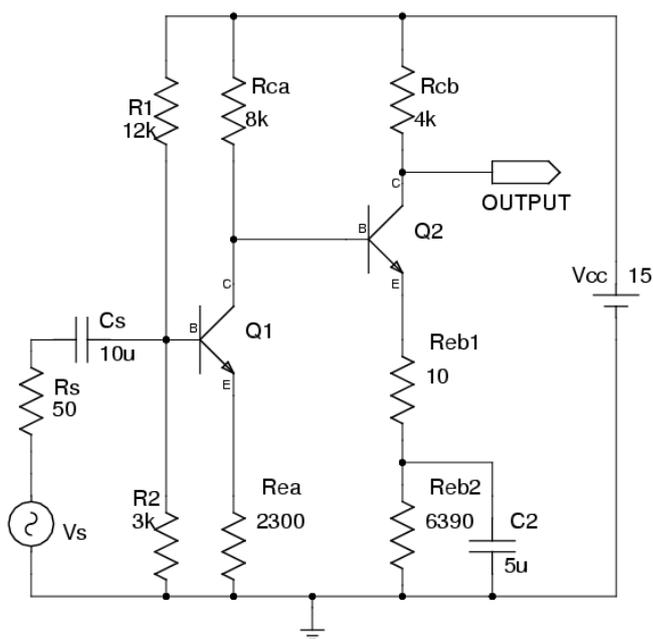
Parte B

Con riferimento al circuito mostrato a lato, calcolare:

- il punto di riposo dei due transistori Q1 e Q2 e i parametri del circuito di piccolo segnale (Q1 e Q2 sono 2N2222)
- la funzione di trasferimento a centro banda
- il limite inferiore di banda
- il limite superiore di banda

Fare le seguenti ipotesi semplificative:

- Q1 e Q2 hanno h_{oe} nullo
- Q1 completamente resistivo.



Punteggio totale Parte B: 14/30

Parte A

Esercizio 1

Vogliamo ottenere $R_{IF} > 10 M\Omega$,
 $R_{OF} > 50 K\Omega$, $f_H = 20 KHz$
 quindi abbiamo bisogno di
 una reazione con prelievo di corrente e inserzione di tensione.

$$R_{in} = 1 M\Omega \quad R_L = 5 K\Omega$$

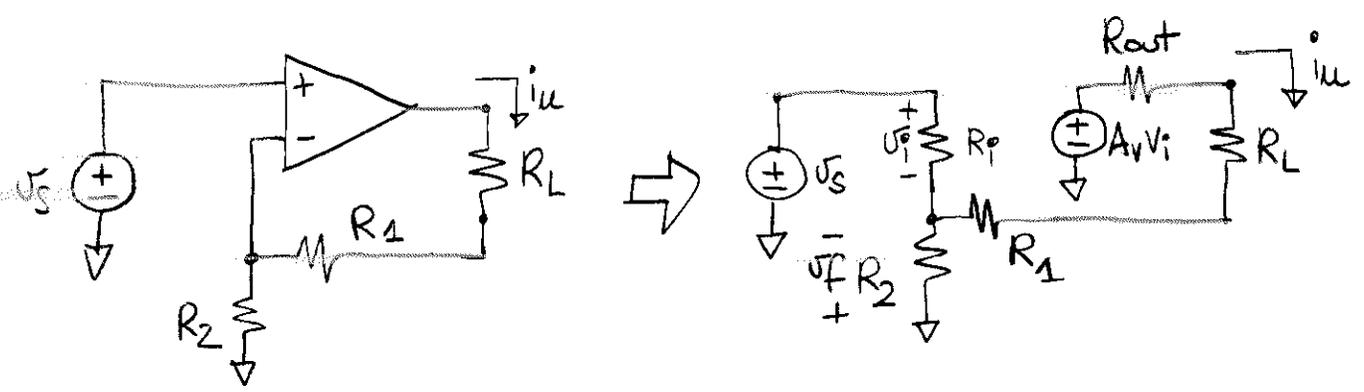
$$R_{out} = 500 \Omega$$

$$A_v = 10^4$$

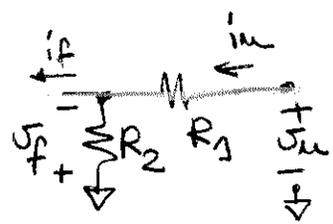
$$f_p = 100 Hz$$

$$f_H = (1 - \beta A_e) f_p \Rightarrow (1 - \beta A_e) = \frac{f_H}{f_p} = \underline{\underline{200}}$$

circuito:



rete del β



$$V_f = \beta i_u + R_o \beta i_f$$

$$V_u = R_o \beta i_u + \cancel{K_A i_f}$$

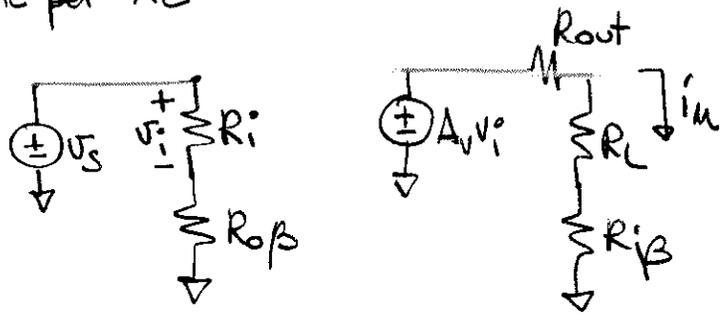
$$\beta = \left. \frac{V_f}{i_u} \right|_{i_f=0} = -R_2$$

$$R_o \beta = \left. \frac{V_f}{i_f} \right|_{i_u=0} = R_2$$

$$R_i \beta = \left. \frac{V_u}{i_u} \right|_{i_f=0} = R_1 + R_2$$

Rete per A_e

(2)



$$A_e = \frac{R_i}{R_i + R_o\beta} A_v \frac{1}{R_{out} + R_L + R_i\beta} = \frac{R_i}{R_i + R_2} A_v \frac{1}{R_{out} + R_L + R_1 + R_2}$$

$$R_{IF} = (R_i + R_o\beta)(1 - \beta A_e) = (10^6 + R_o\beta)(200) > \underline{10 \text{ M}\Omega} \quad \text{SEMPRE VERIFICATO}$$

$$R_{OF} = \left(R_1 + R_2 \right) \left(1 - \beta A_e \Big|_{R_L=0} \right) \Rightarrow 50 \text{ k}\Omega \quad \text{sempre}$$

500 > 200

$$1 - \beta A_e = 200 \Rightarrow \beta A_e = -199$$

$$R_2 \frac{R_i}{R_i + R_2} A_v \frac{1}{R_{out} + R_L + R_1 + R_2} = 199$$

5500

dovrebbe essere molto semplice trovare una coppia di R_1 e R_2

poniamo

$$R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

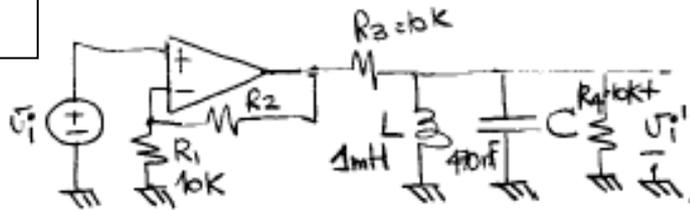
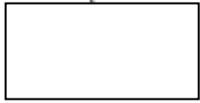
$$\frac{10^3 \cdot 10^6}{1001000} \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{6500 + R_1} = 199$$

$$6500 + R_1 = 50201 \Rightarrow \underline{R_1 = 43701 \Omega}$$

Esercizio 2

3

Si tratta di verificare il criterio di Barkhausen all'ingresso per il βA . Scomponiamo il circuito tra l'ingresso non inv. dell'A.O. e massa



$$\beta A = \frac{v_o}{v_i} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4 L s}{R_3 R_4 L C s^2 + (R_3 + R_4) L s + R_3 R_4}$$

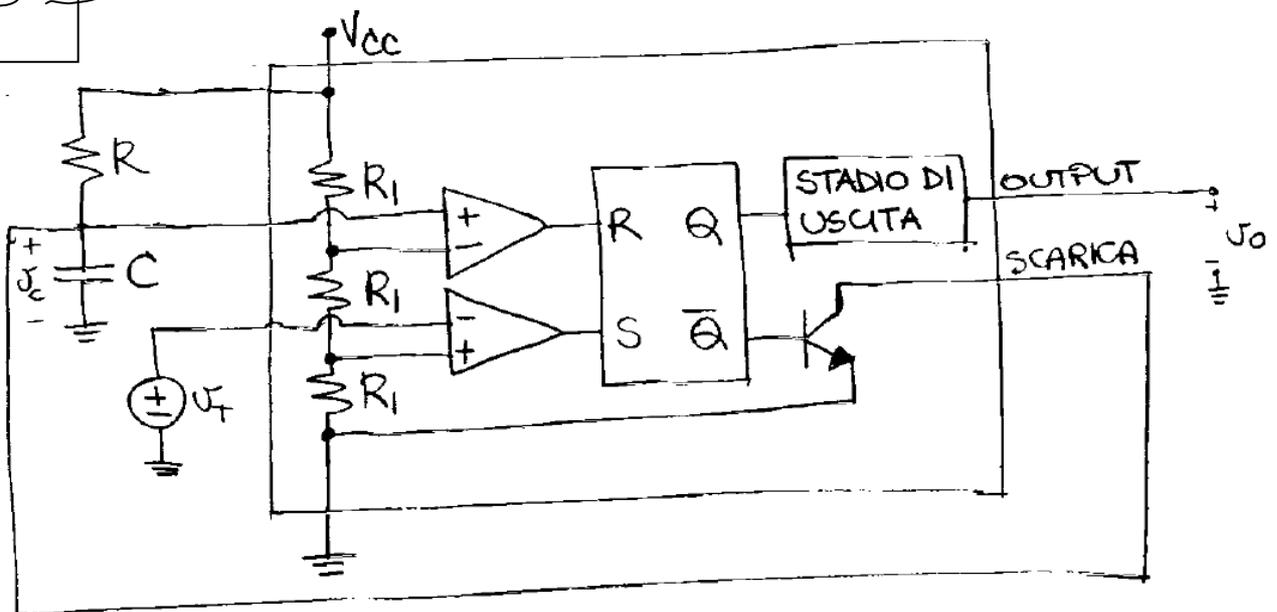
$$\beta A(j\omega) = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{j\omega L R_4}{R_3 R_4 (1 - \omega^2 LC) + j\omega L (R_3 + R_4)}$$

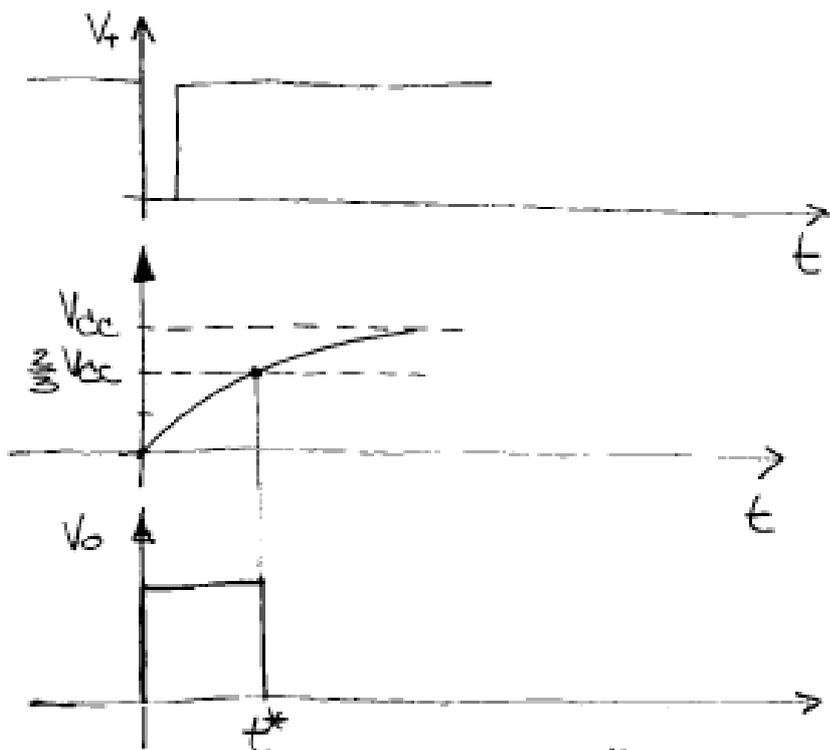
la fase di βA è nulla se $1 - \omega^2 LC = 0 \rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 46.1 \text{ krad/s}$
 $f_0 = 7.34 \text{ kHz}$

$$\beta A(j\omega_0) = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

perché $\beta A(j\omega_0)$ sia > 1 deve essere $R_2 > R_1$

Es 3



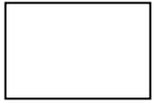


$$\frac{2}{3} V_{cc} = V_{cc} \left[1 - e^{-t^*/RC} \right]$$
$$\frac{1}{3} V_{cc} = V_{cc} e^{-t^*/RC} \quad t^* = RC \ln 3$$

$$RC = \frac{t^*}{\ln 3} = \frac{10^{-3}}{1.099} = 9.1 \cdot 10^{-4} \text{ S}$$

Scegliamo $C = 100 \text{ nF}$

$$R = \frac{9.1 \cdot 10^{-4}}{10^{-7}} = \underline{\underline{9100 \Omega}}$$

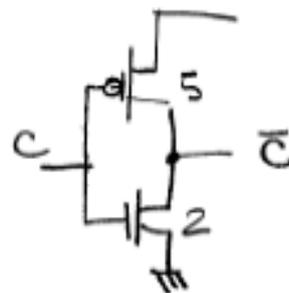
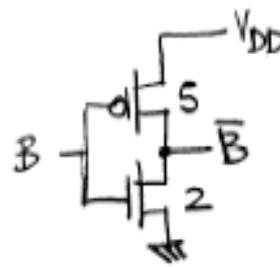
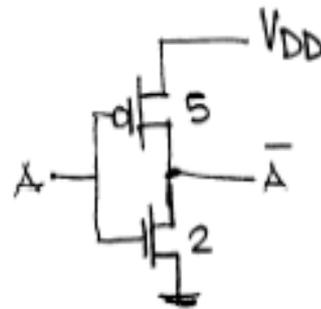
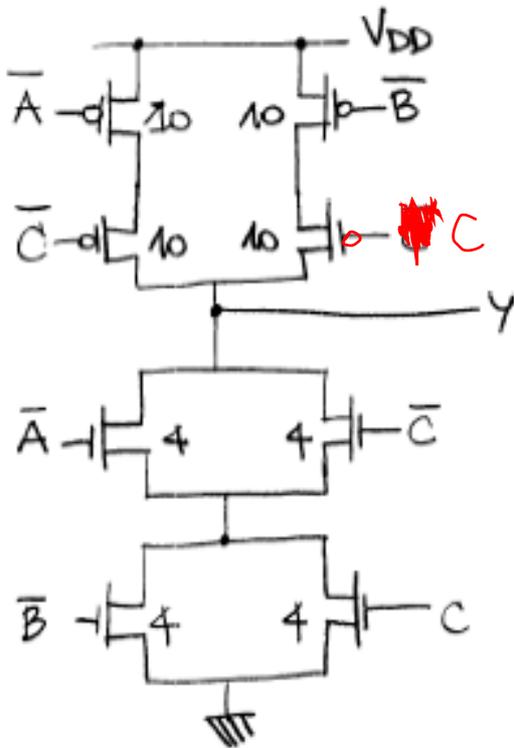


$$Y = AC + B\bar{C}$$

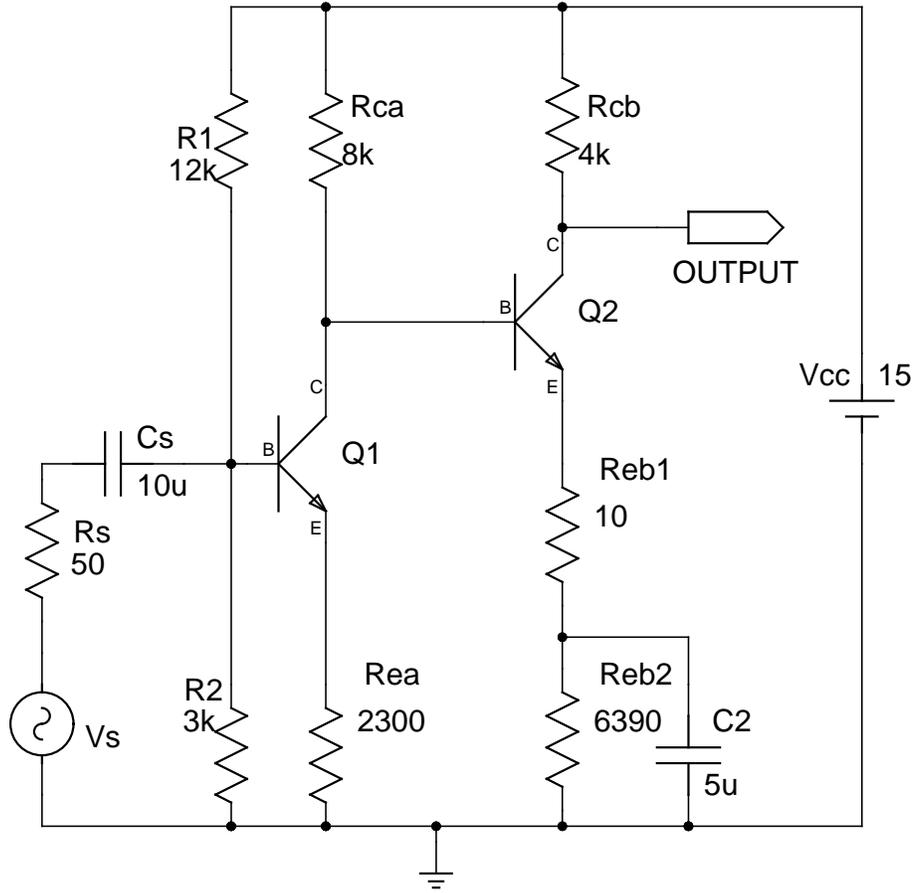
l'espressione logica non si riesce a semplificare ulteriormente

PUN : $Y = AC + B\bar{C}$

PDN : $\bar{Y} = \overline{AC + B\bar{C}} = \bar{A}\bar{C} \cdot \overline{B\bar{C}} = (\bar{A} + \bar{C}) \cdot (\bar{B} + C)$



Punto di riposo



$$I_R = \frac{V_{cc}}{R_1 + R_2} = 15V / 15k\Omega = 1mA$$

$$V_{B1} = \frac{V_{cc}R_2}{R_1 + R_2} = 3V$$

$$V_{E1} = V_{B1} - V_{BEon} = 2.3V$$

$$I_{E1} = 2.3 / 2.3k\Omega = 1mA$$

$$h_{FE} @ (I_c = 1mA) = h_{FE1} = 150$$

$$I_{B1} = \frac{I_{E1}}{h_{FE1}} = 6.6\mu A \ll I_R (1^A \text{ ipotesi P.P. verificata}) \quad V_{cc} - I_{c1}R_{ca} = V_c = 7V$$

$$V_{CE1} = 7 - 2.3 = 4.7V \rightarrow \text{Zona Attiva Diretta}$$

$$V_{E2} = V_{BE2} - V_{BEon} = 6.3V \rightarrow I_{E2} = 6.3 / 6400 = 0.98mA$$

$$I_{B2} \approx I_{B1}$$

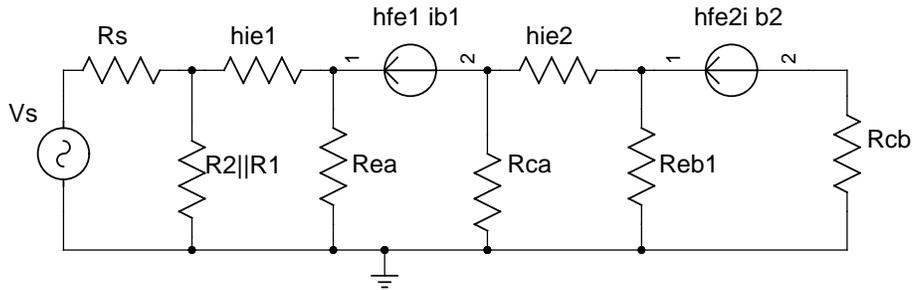
$$I_{B2} \ll I_{C1} (2^A \text{ ipotesi P.P. verificata})$$

$$V_{CE2} = 11V - 6.3V = 4.7V \rightarrow \text{Zona Attiva Diretta}$$

Parametri di piccolo segnale

$$\begin{aligned}
 r_b &= 450\Omega, h_{ie1} = 5055\Omega, h_{ie2} = 5076\Omega \\
 h_{fe1} &\simeq h_{fe2} = 175 \\
 g_{m1} &\simeq 38mS, g_{m2} \simeq 37.8mS \\
 c_{\mu1} &= 4.8pF = c_{\mu2} \\
 c_{\pi1} &= 62pF = c_{\pi2} \\
 f_T &= 90MHz
 \end{aligned}$$

Guadagno a centro banda A_{cb}



$$i_{b1} = v_s \frac{R_1 || R_2}{R_s + R_1 || R_2} \cdot \frac{1}{h_{ie1} + R_{ea}(1 + h_{fe1}) + R_1 || R_2 || R_s} = \theta_1 v_s$$

$$i_{b2} = -i_{b1} \frac{R_{ca}}{R_{ca} + R_{eb1}(1 + h_{fe1}) + h_{ie2}} = \theta_2 i_{b1}$$

$$V_u = R_{cb} h_{fe2} i_{b2} = \theta_3 i_{b2}$$

$$A_{cb} = \theta_1 \theta_2 \theta_3 = 158$$

Limite inferiore di banda

$$R_{vcs} = R_s + R_1 || R_2 || (h_{ie1} + R_{ea}(1 + h_{fe1})) = 2436\Omega$$

$$R_{vc2} = R_{eb2} || \left(R_{eb1} + \frac{h_{ie2} + R_{ca}}{1 + h_{fe1}} \right) = 83\Omega$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi(R_{vcs}C_s + R_{vc2}C_2)} = 384Hz$$

Limite superiore di banda

Q1 e' considerati resistivo:

$$R_{v_{c\pi_2}} = \frac{r_b + R_{ca} + R_{eb1}}{1 + g_m R_{eb1}} = 2609\Omega$$

$$R_{in} = (R_{ca} + r_b) || (r_{\pi_2} + R_{eb1}(1 + h_{fe2}))$$

$$R_{out} = R_{cb}$$

$$G_m = \frac{g_{m2}}{1 + \frac{R_{eb1}(1+h_{fe2})}{r_{\pi_2}}}$$

$$R_{v_{c\mu_2}} = R_{in} + R_{out} + G_m R_{in} R_{out} = 407k\Omega$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi(R_{v_{c\pi_2}} C_{\pi_2} + R_{v_{c\mu_2}} C_{\mu_2})} = 75kHz$$

