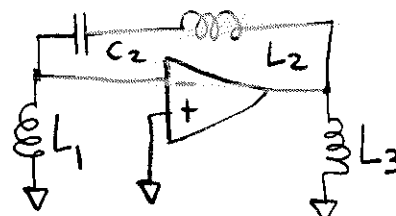


Parte A

1. Si consideri un amplificatore di tensione con $A_{vO}=10^4$, $R_{in} = 100 \text{ K}\Omega$, $R_{out} = 200 \Omega$. Si reazioni l'amplificatore in modo da ottenere una resistenza di ingresso minore di 100Ω , una resistenza di uscita maggiore di $20 \text{ K}\Omega$. Si supponga che il carico sia una resistenza $R_L = 1 \text{ K}\Omega$.

2. Sia dato il circuito mostrato a lato. Verificare le condizioni di innesco dell'oscillazione ed, eventualmente, la frequenza di oscillazione. L'amplificazione ha amplificazione di tensione pari a 10, resistenza di ingresso infinita e resistenza di uscita $1 \text{ K}\Omega$. ($L_1 = L_2 = L_3 = 1 \mu\text{H}$. $C_2 = 0.47 \text{ nF}$).



3. Descrivere un circuito che possa funzionare da filtro notch, eliminando una banda di 500 Hz centrata intorno alla frequenza di 5 KHz. Disegnare il circuito, ricavando l'espressione della funzione di trasferimento, e calcolare i valori dei componenti necessari per il circuito.

4. Disegnare e quotare il circuito della porta logica complessa a tre ingressi la cui uscita sia 1 se e solo se almeno due dei tre ingressi sono 1. Utilizzare il minimo numero di transistori.

Punteggio totale Parte A: 14

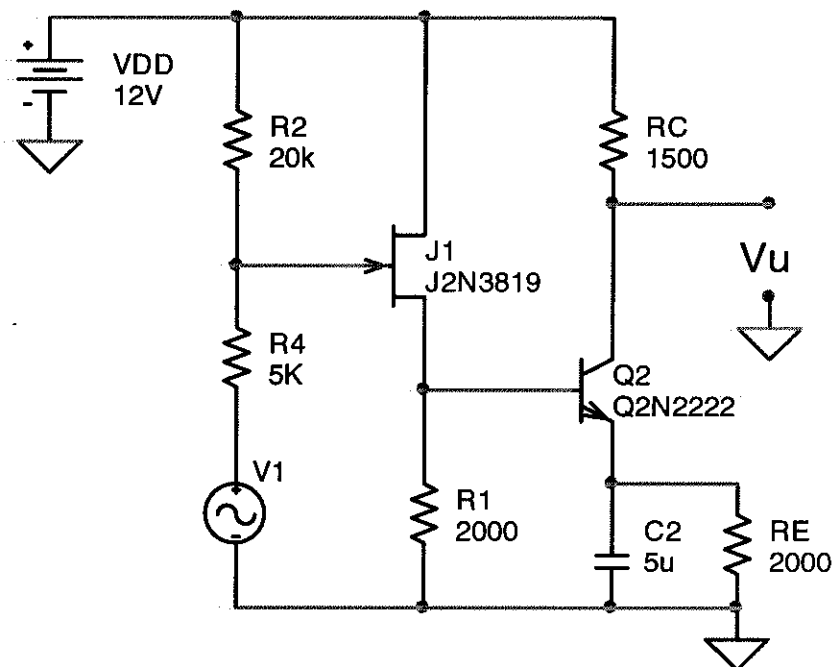
Parte B

Con riferimento al circuito mostrato a lato, calcolare:

- il punto di riposo dei due transistori J1 e Q2 e i parametri del circuito di piccolo segnale
- la funzione di trasferimento a centro banda
- il limite inferiore di banda
- il limite superiore di banda

Fare le seguenti ipotesi semplificative:

J1 totalmente resistivo (non considerare le capacità del circuito di piccolo segnale).



Punteggio totale Parte B: 14/30

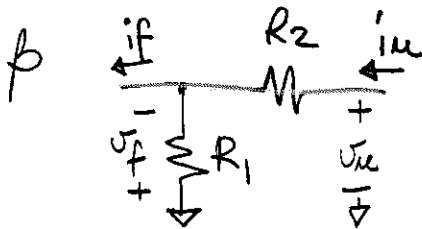
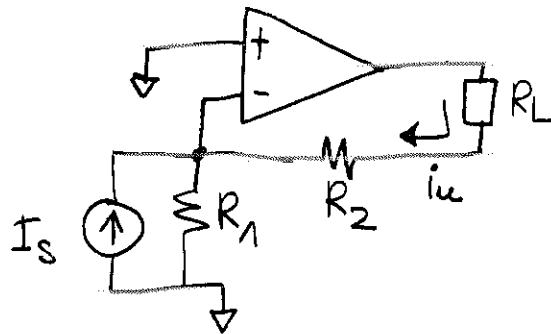
Parte 1

Esercizio 1

- $A_v = 10000$
- $R_{in} = 100\text{K}\Omega$
- $R_{out} = 200\Omega$
- $R_{if} < 100\Omega$
- $R_{of} > 20\text{K}\Omega$
- $R_L = 1\text{K}\Omega$

$R_{if} \ll R_{in}, R_{of} \gg R_{out}$

Scegliamo una reazione con prelievo di corrente e inserzione di corrente



$$\begin{bmatrix} i_f \\ v_{fe} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta & 1/R_{of} \\ R_{if}\beta & \cancel{K} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_u \\ v_f \end{bmatrix}$$

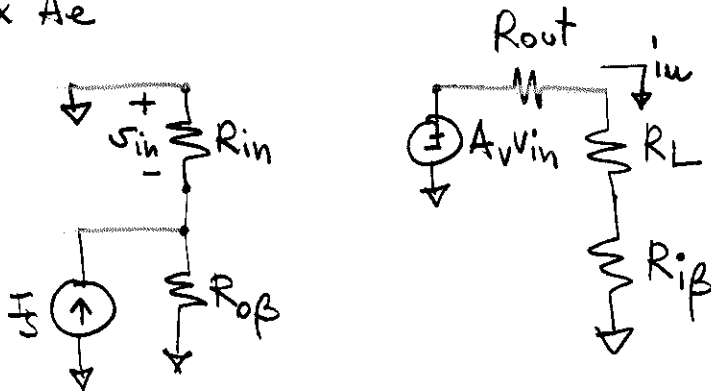
↳ trascuriamo

$$\beta = \left. \frac{i_f}{i_u} \right|_{v_f=0} = 1$$

$$R_{if}\beta = \left. \frac{v_{fe}}{i_u} \right|_{v_f=0} = R_2$$

$$R_{of}\beta = \left. \frac{v_f}{i_f} \right|_{i_u=0} = R_1$$

Rete x Ae



$$A_e = \frac{(R_{of} \parallel R_{in}) A_v}{R_{out} + R_L + R_{if}\beta}$$

$$1 - \beta A_e = 1 + \frac{(R_1 \parallel R_{in}) A_v}{R_{out} + R_L + R_2}$$

$$R_{OF} = \left(R_{out} + R_{i\beta} \right) (1 - \beta A_e) > 20 \text{ k}\Omega$$

\parallel \parallel $R_L=0$
 200 R_2

$$R_{IF} = \frac{R_1 \rightarrow R_{o\beta} \parallel R_{in} = 100 \text{ k}\Omega}{(1 - \beta A_e)} < 100 \Omega$$

Poniamo $(1 - \beta A_e) \approx 1000$, in modo che le condizioni su R_{OF} e R_{IF} siano sicuramente soddisfatte

$$\beta A_e = -1000 = -\frac{(R_1 \parallel R_{in}) 10^4}{R_{out} + R_L + R_2}$$

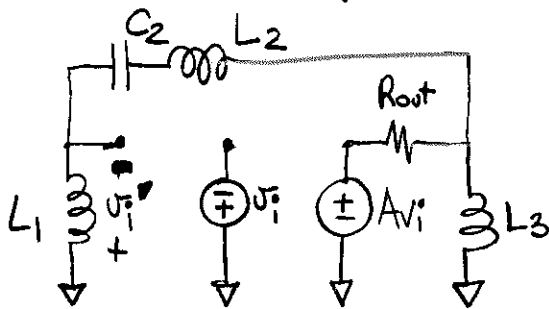
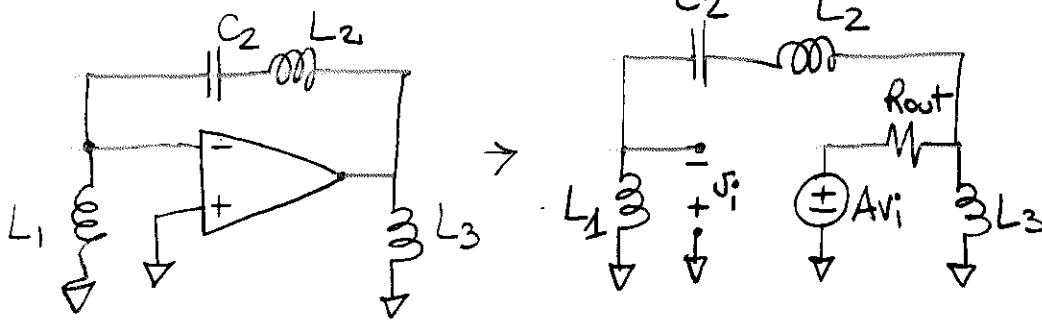
scegliamo $R_1 = 1000 \Omega \rightarrow R_2 = \frac{(R_1 \parallel R_{in}) 10^4}{10^3} - R_{out} - R_L = 8700 \Omega$

otteniamo

$$R_{OF} = (200 + 8800) (1 + 1000) \approx 9 \text{ M}\Omega > 20 \text{ k}\Omega$$

$$R_{IF} = \frac{1000 \parallel 10^5}{1 + 1000} \approx 1 \Omega$$

Esercizio 2



$$\beta A_e = \frac{j\omega L_3 \cdot j\omega L_1}{R_{out} + j\omega L_3 \parallel \left[j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_2} + j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} \right]}$$

$$\beta A_e = \frac{+A \omega^2 L_1 L_3}{\text{Reut} \left[j\omega L_3 + j\omega L_1 + j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} \right] + j\omega L_3 \left(j\omega L_1 + j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} \right)}$$

$$\beta A_e = \frac{+A \omega^2 L_1 L_3}{\frac{L_3}{C_2} - \omega^2 L_1 L_3 - \omega^2 L_2 L_3 + \text{Reut} \left[j\omega (L_1 + L_2 + L_3) - \frac{j}{\omega C_2} \right]}$$

Criterio di Barkhausen

dobbiamo avere $\angle \beta A = 0 \rightarrow \omega(L_1 + L_2 + L_3) = \frac{1}{\omega C_2} \rightarrow$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_2(L_1 + L_2 + L_3)}}$$

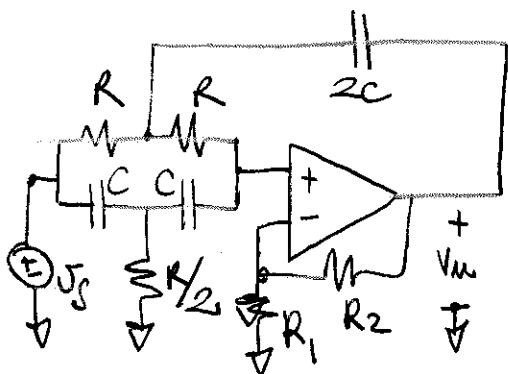
$$\omega_0 = 2,66 \text{ Mrad/s}$$

$$\beta A(\omega_0) = \frac{+A \omega_0^2 L_1 L_3}{\frac{L_3}{C_2} - \omega_0^2 (L_1 + L_2) L_3} = \frac{A L_1 L_3}{\frac{L_3}{C_2} C_2 (L_1 + L_2 + L_3) - (L_1 + L_2) L_3} = \frac{+A L_1 L_3}{L_3^2}$$

$$= + \frac{A L_1}{L_3} = 10 > 1$$

Esercizio 3

Per la descrizione del filtro, si consulti il libro di testo o gli appunti delle lezioni.



$$A = \frac{A_V \left(1 + \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right)}{1 + \frac{\omega^2}{Q\omega_0} + \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}$$

$$Q = \frac{1}{(2 - A_V)2}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} = 31.4 \text{ krad/s}$$

$$C = 47 \text{ nF}$$

$$R = 678 \text{ } \Omega$$

$$\Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q} = 1 \rightarrow Q = 10$$

$$A_V = 1,95 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 9,5 \text{ k}\Omega$$

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	1	1
0	1	0	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	1	1
1	1	0	1

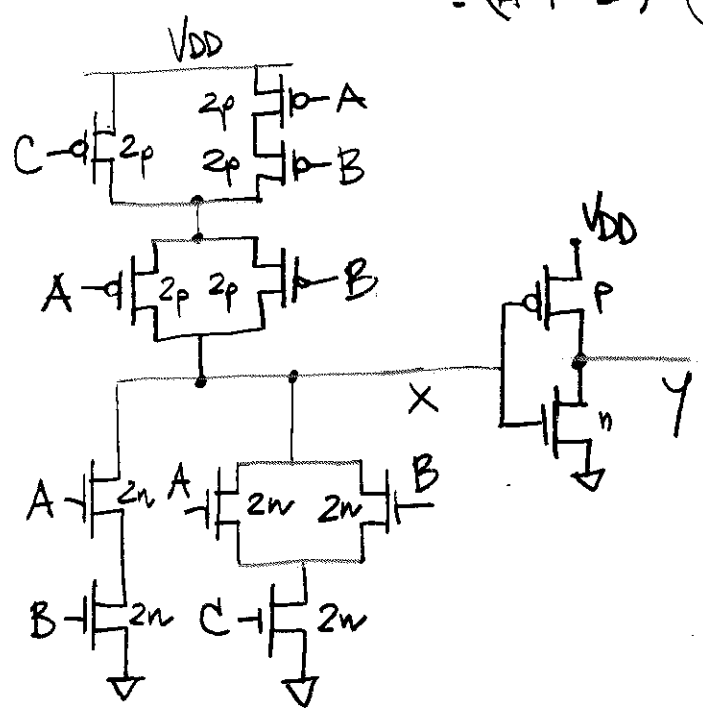
C	AB			
	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	1	1	1

$$Y = AB + BC + AC$$

$$X = \bar{Y} \rightarrow \bar{X} = AB + BC + AC = AB + C(A+B)$$

$$X = \overline{AB + C(A+B)} = \overline{AB} \cdot \overline{C(A+B)}$$

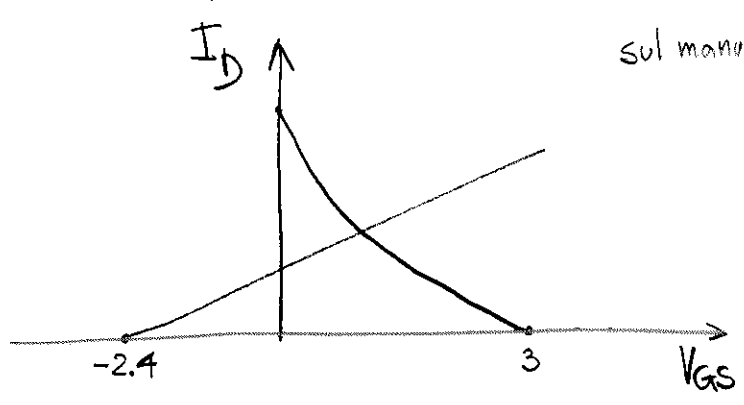
$$= (\bar{A} + \bar{B}) \cdot (\bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B})$$



Parte B

$$V_{G1} = \frac{R4}{R2+R4} V_{DD} = \frac{5}{25} \cdot 12 = 2,4V$$

$$V_{GS1} = V_{G1} - I_D R1 \quad (\text{Hp. } I_B \ll I_D)$$



sol manuale delle caratteristiche.

$$V_{GS} = -1,81V$$

$$I_D = 2mA$$

$$V_{S1} = V_{G1} - V_{GS1} = 2,4 + 1,81 = 4,2V = V_B$$

$$V_E = V_B - V_{\gamma} = 3,5V$$

$$I_C = \frac{V_E}{R_E} = \frac{3,5}{2000} = 1,75mA$$

$$V_C = V_{CC} - R_C I_C = 12 - 1,5 \cdot 1,75 = 9,375V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 5,875V$$

$$V_{DS} = V_{CC} - V_{S1} = 7,8V$$

Parametri di piccolo segnale

$$g_{m1} = 3 \times 10^{-3} \Omega^{-1} \quad \frac{1}{g_{m1}} = 330 \Omega$$

$$\frac{1}{\alpha} = 14 \cdot 10^{-6} \Omega^{-1} \Rightarrow r_d = 71,4 K\Omega$$

$$r_{\pi} = r_{\pi} @ 1mA = 175$$

$$g_{m1} = \frac{I_C}{V_T} = 0,067 \Omega^{-1}$$

$$r_{bb'} @ 1mA = 450 \Omega$$

$$r_{be} = \frac{r_{\pi} V_T}{I_C} = \frac{175 \cdot 26}{1,75} = 2600 \Omega \rightarrow h_{ie} = r_{bb'} + r_{be} = 3050 \Omega$$

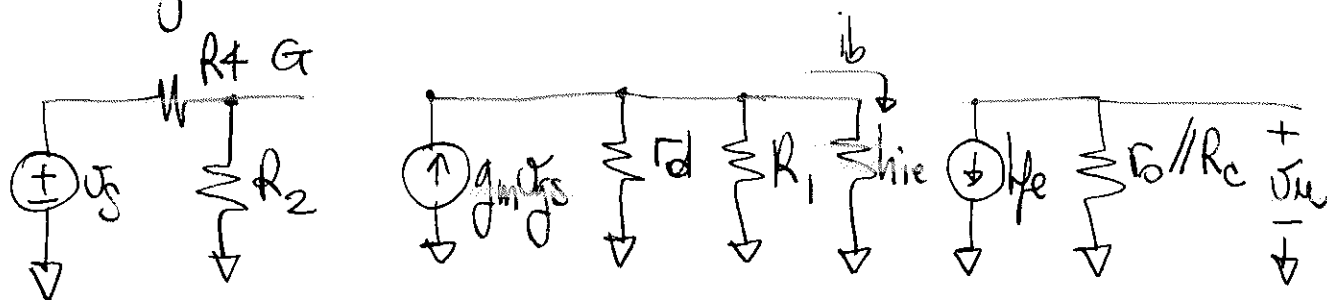
$$V_A = \frac{1 \text{ mA}}{h_{oe} @ 1 \text{ mA}} = \frac{10^{-3}}{20 \cdot 10^{-6}} = 50 \text{ V}$$

$$r_o = \frac{1}{h_{oe}} = \frac{V_A}{I_C} = \frac{50}{1,75 \cdot 10^{-3}} = 28,57 \text{ k}\Omega$$

$$f_T = 130 \text{ MHz}, \quad C_{bc}' = C_{\mu} = 4,5 \text{ pF}$$

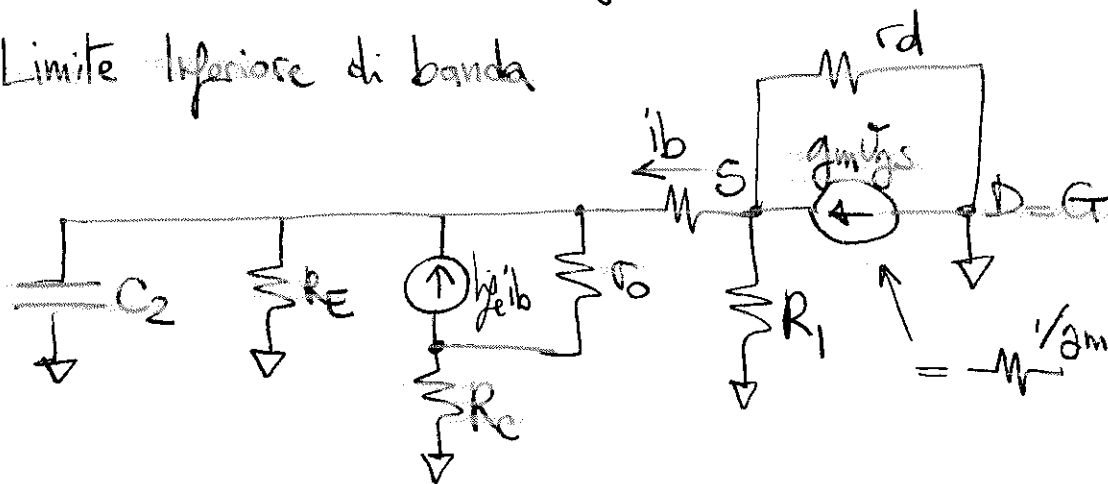
$$f_T = \frac{g_m}{2\pi(C_{\mu} + C_{\pi})} \Rightarrow C_{\pi} = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_{\mu} = \frac{I_C}{2\pi V_T f_T} - C_{\mu} = 78 \text{ pF}$$

Guadagno e Centro banda

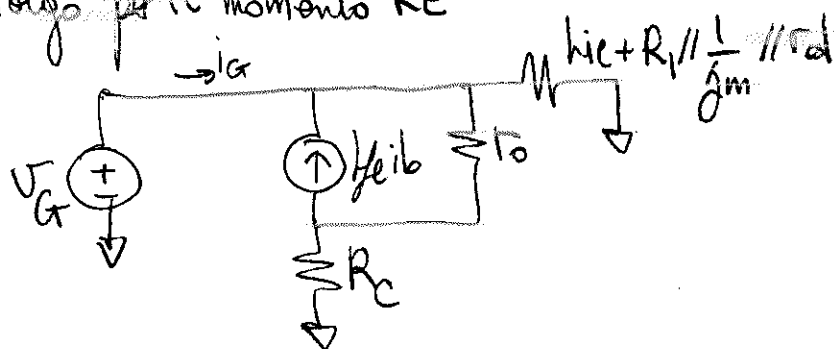


$$A_V = \frac{-h_{fe} (r_o || R_c) g_m \cdot \frac{r_d || R_1 || h_{ie}}{1 + g_m (r_d || R_1 || h_{ie})} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_4}}{h_{ie}} = -51,08$$

Limite inferiore di banda



Tolgo per il momento R_E



$$i_b = \frac{-V_G}{h_{ie} + R_1 // \frac{1}{g_m}}$$

$$R_C (h_{fe} i_b + i_o) + i_o r_o - i_b (h_{ie} + R_1 // \frac{1}{g_m}) = 0$$

$$i_o (R_C + r_o) = i_b \left[-R_C h_{fe} + h_{ie} + R_1 // \frac{1}{g_m} \right]$$

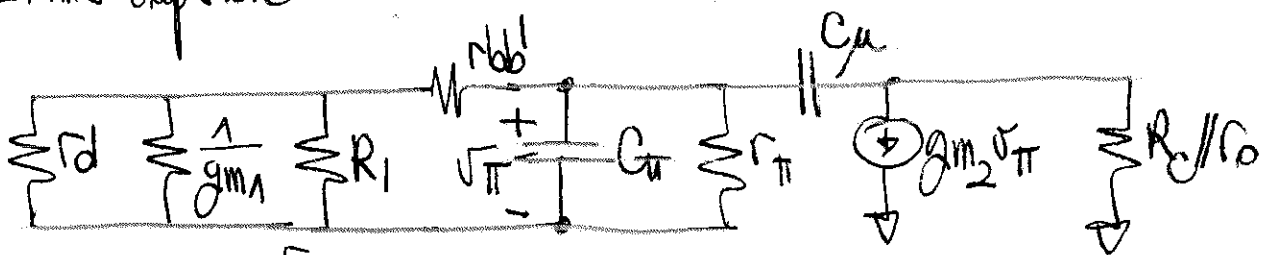
$$i_o = i_b \left[\frac{-R_C h_{fe} + h_{ie} + R_1 // \frac{1}{g_m}}{R_C + r_o} \right]$$

$$i_G = - (h_{fe} + 1) i_b - i_b \left[\frac{-R_C h_{fe} + h_{ie} + R_1 // \frac{1}{g_m}}{R_C + r_o} \right]$$

$$R_{V_C2} = R_E // \left(\frac{V_G}{i_G} \right) = R_E // \frac{h_{ie} + R_1 // \frac{1}{g_m}}{h_{fe} + 1 + \frac{-R_C h_{fe} + h_{ie} + R_1 // \frac{1}{g_m}}{R_C + r_o}} = 20 \Omega$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi C_2 R_{V_C2}} = 1.59 \text{ KHz}$$

Limite Superiore di banda



$$R_{V\pi} = r_{\pi} // \left[r_{bb'} + \frac{1}{g_{m1}} // R_1 // r_d \right] = 573 \Omega$$

$$R_{V\mu} = R_{V\pi} \left[1 + g_{m2} (R_C // r_o) \right] + R_C // r_o = 56.7 \text{ K}\Omega$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi \left[R_{V\pi} C_{\pi} + R_{V\mu} C_{\mu} \right]} = 530.79 \text{ KHz}$$