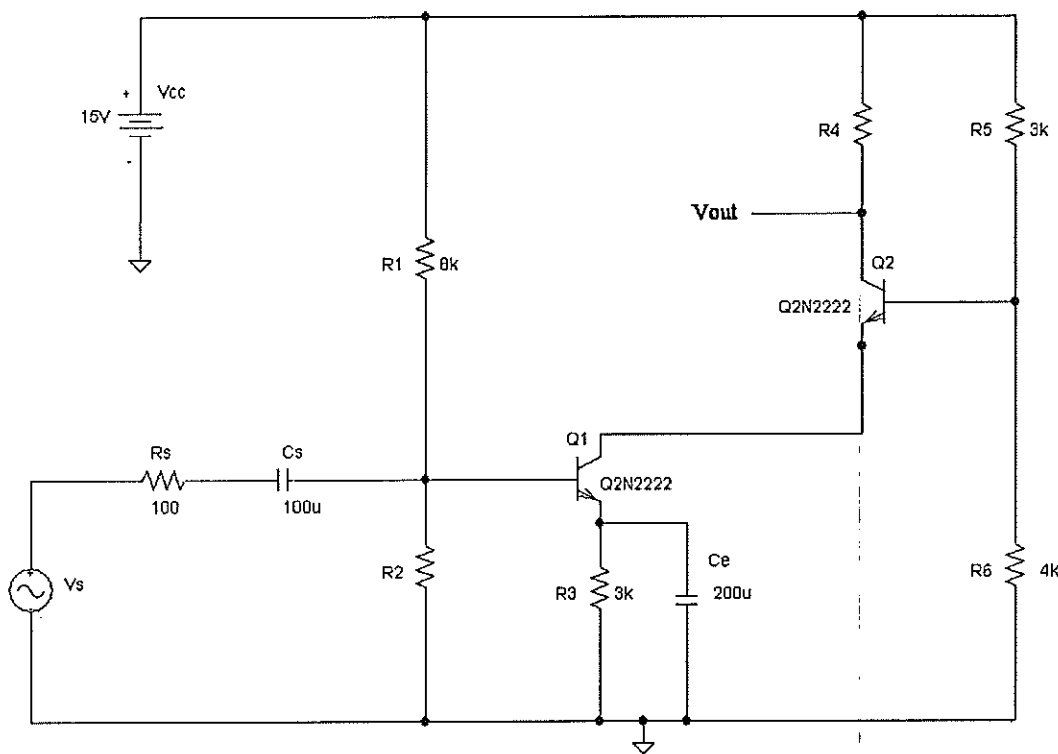


Prova scritta di Elettronica – Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni

12 Gennaio 2012

1. Si consideri un amplificatore di tensione con  $A_v = 10000$ ,  $R_{in} = 1.5 \text{ M}\Omega$ ,  $R_{out} = 2 \text{ K}\Omega$ . Si reazioni in modo da ottenere un amplificatore con impedenza di ingresso minore di  $1 \text{ K}\Omega$  e impedenza di uscita maggiore di  $1 \text{ M}\Omega$ . Una volta scelta e dimensionata la rete di reazione, si calcolino le resistenze di ingresso e uscita così ottenute.
2. Facendo riferimento al modello di Ebers e Moll del transistor bipolare, ricavare l'espressione della corrente di emettitore nel caso in cui  $I_c=0$  in funzione della  $V_{BE}$  e dei parametri caratteristici del modello.
3. Con riferimento al circuito calcolare:
  - Il valore delle resistenze  $R_2$  ed  $R_4$  e la tensione  $V_{CE1}$  in modo da avere delle correnti  $I_{C1} = 2.2 \text{ mA}$  e  $I_{C2} = 2.2 \text{ mA}$  e una tensione  $V_{CE2} = 2.7 \text{ V}$  (Punteggio 5/30)
  - La funzione di trasferimento a centro banda (Punteggio 4/30)
  - Il limite inferiore e il limite superiore di banda (Punteggio 8/30)

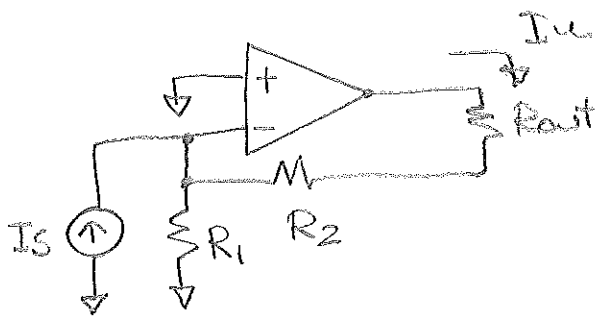
I BJT sono QN2222 con  $h_{oe} = 0$



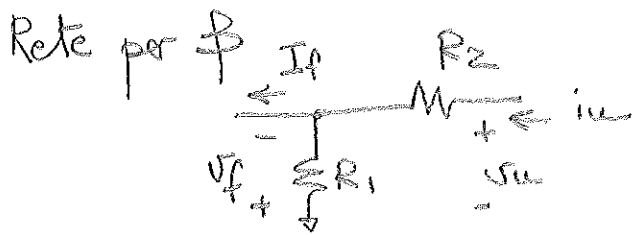
12 gennaio 2012

1)  $A_V = 10000$   
 $R_{in} = 1,5 \text{ M}\Omega \rightarrow R_{IF} < 1 \text{ K}\Omega$   
 $R_{out} = 2 \text{ k}\Omega \rightarrow R_{OF} > 1 \text{ M}\Omega$

→ Reazione con prelievo di corrente e inserzione di corrente (parallelo-serie)



consideriamo  $R_{out} = 0$  perché non ci sono altre indicazioni

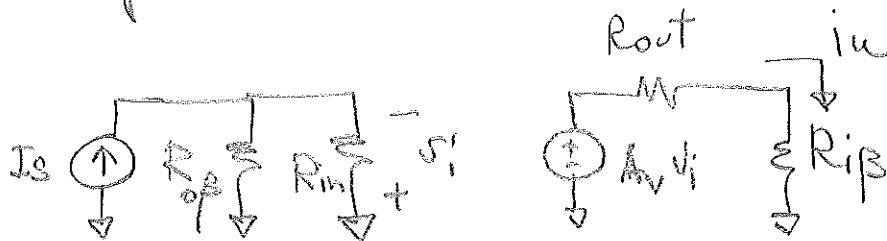


$$i_f = \beta i_u + \frac{V_p}{R_{of}}$$

$$V_u = R_{if} i_u = \cancel{R_{of} \beta i_u}$$

$$\beta = \left. \frac{i_f}{i_u} \right|_{V_p=0} = 1 ; R_{of} = \left. \frac{V_p}{i_f} \right|_{i_u=0} = R_1 ; R_{if} = \left. \frac{V_u}{i_u} \right|_{V_p=0} = R_2$$

Reto per  $A_e$



$$A_e = \left. \frac{i_u}{i_s} \right|_{\beta=0} = \frac{A_v (R_{of} \parallel R_{in})}{R_{out} + R_{if}} = \frac{A_v (R_1 \parallel R_{in})}{R_{out} + R_2}$$

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

$$R_{IF} = \frac{R_1 \parallel R_{in}}{1 - \beta A_c} = \frac{R_1 \parallel R_{in}}{1 + \frac{A_v (R_1 \parallel R_{in})}{R_{out} + R_2}} < 4 k\Omega$$

2

$$R_{OF} = (R_{out} + R_2)(1 - \beta A_c) = \underset{\substack{\uparrow \\ 2k\Omega}}{R_{out} + R_2} + \underset{\substack{\uparrow \\ 10^4}}{A_v} (R_1 \parallel R_{in}) > 1 M\Omega$$

poniamo  $R_1 \ll R_{in}$

dalla espressione di  $R_{OF}$  si vede che basta  $R_1$  dell'ordine del  $k\Omega$  per avere  $R_{OF} > 10^6 \Omega$ .

Scegliamo quindi  $R_1 = 1 k\Omega$  (quindi  $\ll R_{in}$ )

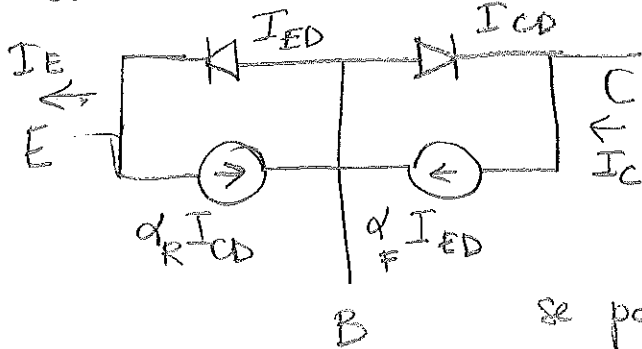
così è verificata automaticamente anche la condizione su  $R_{in}$ .

Così rimane  $R_2$  completamente libera dai vincoli del problema.

Scegliamo  $R_2 = 10 k\Omega$ .

Otteniamo  $1 - \beta A_c = 833$ ,  $R_{IF} = 1,2 \Omega$ ,  $R_{OF} = 10 M\Omega$

2) Consideriamo un transistoro npn



scegliamo  $I_E$  uscente dal disp

$$I_E = I_{ED} - \alpha_R I_{CD}$$

$$I_C = \alpha_F I_{ED} - I_{CD}$$

se poniamo  $I_C = 0$

$$I_{CD} = \alpha_F I_{ED}$$

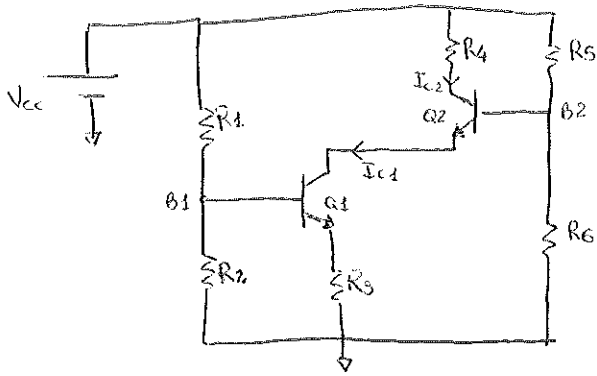
sostituendo nella prima abbiamo

$$I_E = I_{ED} - \alpha_R \alpha_F I_{ED} =$$

$$I_E = \underbrace{(1 - \alpha_R \alpha_F)}_{I_{E0}} I_{ES} \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) = I_{E0} \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

ES. 3

PUNTO DI RIPOSO



Hp. PARTITORE PESANTE

$$V_{B1} = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_{BE1} = V_{\gamma} = V_{B1} - V_{E1}$$

$$V_{E1} = R_3 \cdot I_{E1} \cong R_3 \cdot I_{C1} = 3 \cdot 2.2 = 6.6 \text{ V}$$

$$V_{B1} = V_{E1} + V_{\gamma} = 7.3 \text{ V}$$

$$(R_1 + R_2) V_{B1} = V_{CC} \cdot R_2$$

$$R_2 = \frac{R_1 \cdot V_{B1}}{V_{CC} - V_{B1}} = \frac{8 \cdot 7.3}{15 - 7.3} \cong 7.6 \text{ k}\Omega$$

$$V_{E2} = V_{E1}$$

$$V_{B2} = V_{CC} \cdot \frac{R_6}{R_5 + R_6} \cong 8.571 \text{ V}$$

$$V_{BE2} = V_{\gamma} = V_{B2} - V_{E2} \rightarrow V_{E2} = V_{B2} - V_{\gamma} \cong 7.871 \text{ V}$$

$$V_{CE1} = V_{C1} - V_{E1} \cong 1.271 \text{ V}$$

$$V_{CE2} = V_{CE2} + V_{E2} \cong 10.57 \text{ V}$$

$$R_4 = \frac{V_{CC} - V_{CE2}}{I_{C2}} \cong 2 \text{ k}\Omega$$

VERIFICA HP. PARTITORE RISONANTE

$$h_{FE1} \cong 160$$

$$h_{FE2} \cong 160$$

$$I_{B1} = \frac{I_{C1}}{h_{FE1}} \cong 14 \mu A$$

$$I_{B2} = \frac{I_{C2}}{h_{FE2}} \cong 13 \mu A$$

$$I_{R1} = \frac{V_{CC} - V_{B1}}{R_1} \cong 0.96 \text{ mA}$$

$$I_{RS} = \frac{V_{CC} - V_{B2}}{R_S} \cong 2.163 \text{ mA}$$

$$I_{R2} = \frac{V_{B1}}{R_2} \cong 0.96 \text{ mA}$$

$$I_{R6} = \frac{V_{B2}}{R_6} \cong 2.163 \text{ mA}$$

$$I_{B1} \ll I_{R1}, I_{R2}$$

$$I_{B2} \ll I_{RS}, I_{R6}$$

PARAMETRI DI PICCOLO SEGNALE

$$R_{FE1} = R_{FE2} = \frac{50 + 300}{2} = 175$$

$$r_{ie} @ 1 \text{ mA} = \frac{V_T \cdot h_{FE}}{I_C @ 1 \text{ mA}} = 4.85 \text{ k}\Omega$$

$$V_{bb1} = h_{ie} - V_{be} = 450 \Omega$$

$$V_{be} = \frac{V_T \cdot h_{FE}}{I_C} \cong 2.07 \text{ k}\Omega$$

$$r_{ie2} = r_{ie2} = V_{be} + V_{bb1} \cong 2.5 \text{ k}\Omega$$

$$f_{T1} = f_{T2} \cong 150 \text{ MHz}$$

$$g_{m1} = g_{m2} \cong 85 \text{ mS}$$

Q1

$$V_{CE1} = V_{CC1} - V_{BE1} = V_{CC1} - V_{BE} \cong 0.57 \text{ V}$$

$$C_{b'c1} \cong 8.5 \text{ pF}$$

$$C_{b'e1} = \frac{g_m}{2\pi f_T} - C_{b'c1} \cong 83 \text{ pF}$$

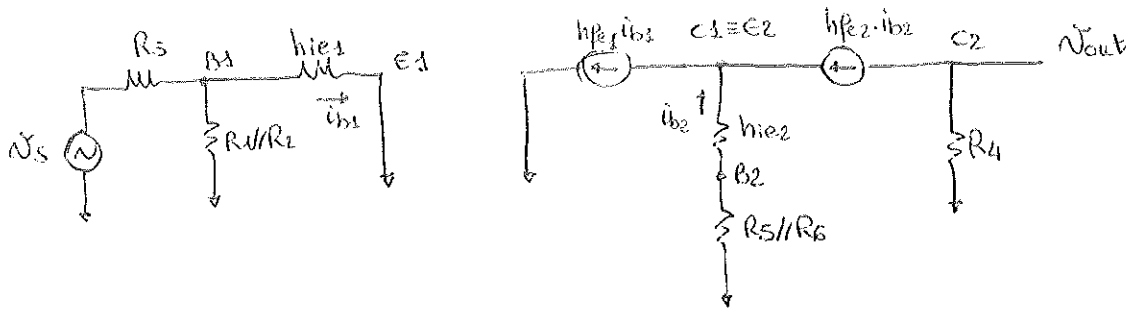
Q2

$$V_{CE2} = V_{CC2} - V_{BE2} = V_{CC2} - V_{BE} \cong 2 \text{ V}$$

$$C_{b'c2} \cong 6 \text{ pF}$$

$$C_{b'e2} \cong 85 \text{ pF}$$

## GUADAGNO A CENTRO BANDA



$$N_{out} = -R_4 \cdot h_{fe2} \cdot i_{b2}$$

$$i_{b2} = h_{fe1} \cdot i_{b1} - h_{fe2} \cdot i_{b2}$$

$$i_{b2} (1 + h_{fe2}) = h_{fe1} \cdot i_{b1}$$

$$i_{b2} = \frac{h_{fe1}}{1 + h_{fe2}} \cdot i_{b1}$$

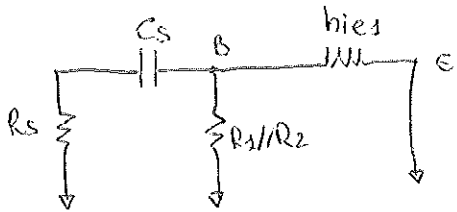
$$i_{b1} = \frac{N_{B1}}{h_{ie1}}$$

$$N_{B1} = \frac{R_1 // R_2 // h_{ie1}}{R_1 // R_2 // h_{ie1} + R_s} \cdot N_s$$

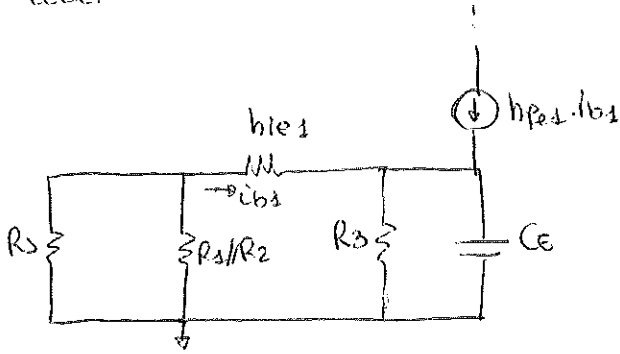
$$i_{b2} = \frac{R_1 // R_2 // h_{ie1}}{R_1 // R_2 // h_{ie1} + R_s} \cdot \frac{1}{h_{ie1}} \cdot N_s$$

$$A_{CS} = \frac{N_{out}}{N_s} = -R_4 h_{fe2} \cdot \frac{h_{fe1}}{1 + h_{fe2}} \cdot \frac{R_1 // R_2 // h_{ie1}}{R_1 // R_2 // h_{ie1} + R_s} \cdot \frac{1}{h_{ie1}} \cong -130$$

# LIMITE INFERIORE DI BANDA



$$R_{V_{CS}}|_{c.c.} = R_1 // R_2 // h_{ie1} + R_s \cong 1.63 \text{ k}\Omega$$

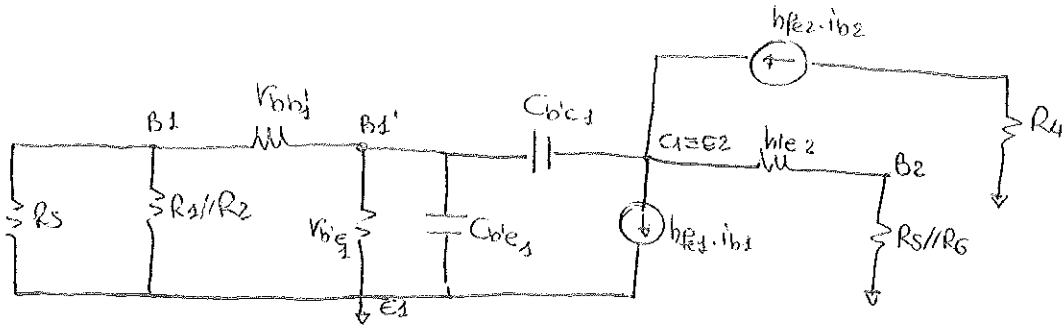


$$R_{V_{CE}}|_{c.s.c.} = R_3 // \frac{h_{ie1} + R_1 // R_2 // R_s}{h_{\beta} + 1} \cong 14.5 \Omega$$

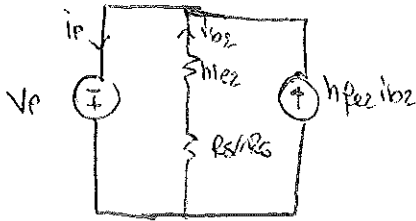
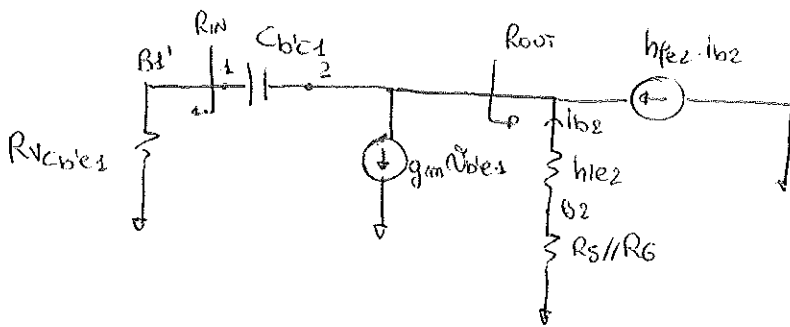
$$f_l = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{1}{R_{V_{CS}} \cdot C_S} + \frac{1}{R_{V_{CE}} \cdot C_E} \right) \cong 56 \text{ Hz}$$

# ALTE SUPERIORE DI BANDA

- Q1



$$R_{V_{be1}} = V_{be1} // (V_{be1} + R_1 // R_2 // R_S) \cong 430 \Omega$$



$$i_p = i_{b2} + h_{fe2} \cdot i_{b2}$$

$$V_p = (h_{ie2} + R_S // R_6) i_{b2}$$

$$R_{out} = \frac{V_p}{i_p} = \frac{h_{ie2} + R_S // R_6}{1 + h_{fe2}} \cong 24 \Omega$$

$$V_2 = -g_{m1} R_{out} V_{be1}$$

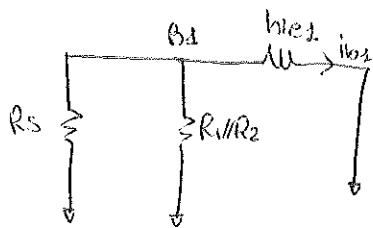
$$V_1 = V_{be1}$$

$$A_V = -g_{m1} R_{out}$$

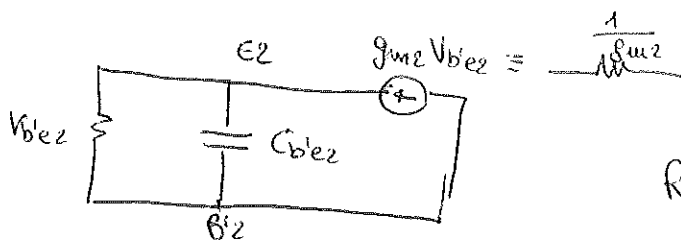
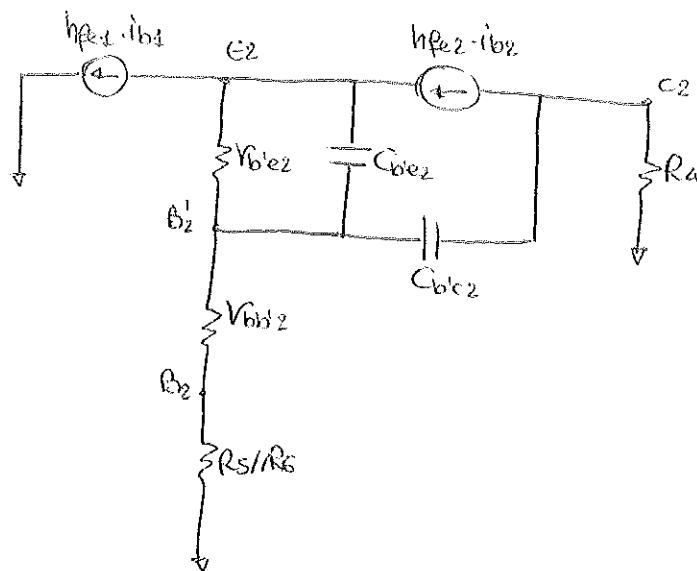
$$R_{V_{be1}} = R_{in} (1 + |A_V|) + R_{out} \cong 1.34 K\Omega$$



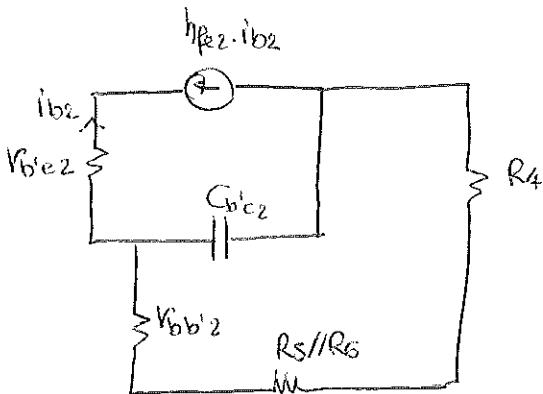
- Q8



$i_{b1} = 0 \rightarrow h_{fe1} \cdot i_{b1} = 0$



$R_{V_{b'e2}} = V_{b'e2} // \frac{1}{g_{m2}} \cong 12 \Omega$



$i_{b2} = h_{fe2} \cdot i_{b2} \rightarrow i_{b2} = 0$

$R_{V_{b'c2}} = V_{b'b'2} + R_s // R_6 + R_L \cong 4.16 \text{ k}\Omega$

$f_H = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{1}{R_{V_{b'e2}} \cdot C_{b'e2} + R_{V_{b'c2}} \cdot C_{b'c2} + R_{V_{b'e2}} \cdot C_{b'e2} + R_{V_{b'c2}} \cdot C_{b'c2}} \right) \cong 2.2 \text{ MHz}$