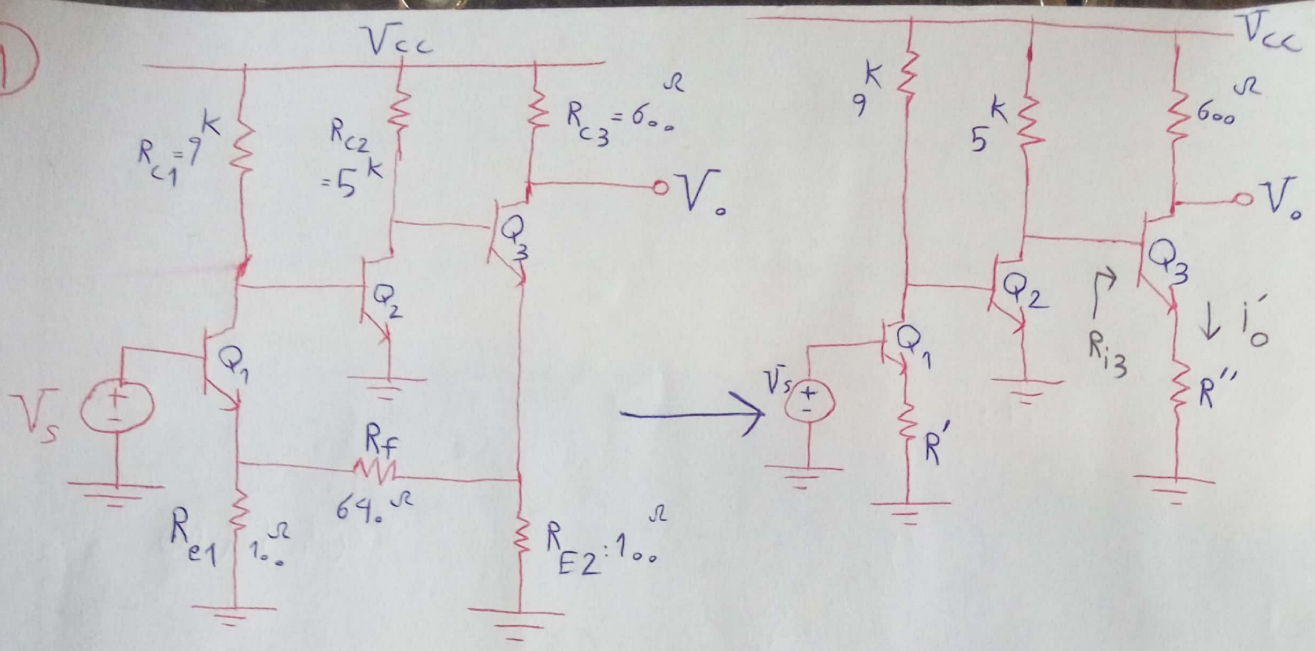
(1)



$\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 100$ است. $h_{ie1,2,3}$ و $\beta_{1,2,3}$

$$\frac{V_f}{i_o} = \beta_f = R_{e1} \times \frac{R_{e2}}{R_{e1}+R_{e2}+R_f} = 11.9 \left(\frac{V}{A}\right)$$

$$R' = R_{e1} \| (R_f + R_{e2}) = 88.1\ \Omega$$

$$R'' = R_{e2} \| (R_f + R_{e1}) = 88.1\ \Omega$$

$$r_{\pi 1} = h_{ie1} = \frac{h_{fe} V_T}{I_{c1}} = 4.167\ k\Omega$$

$$r_{\pi 2} = h_{ie2} = \frac{V_T \times h_{fe}}{I_{c2}} = 2.5\ k$$

$$r_{\pi 3} = h_{ie3} = \frac{V_T \times h_{fe}}{I_{c3}} = 625\ \Omega$$

$\beta = h_{fe}$

$$I'_o = I_{c3} \qquad \frac{i_o}{V_{b_3}} = \frac{i_{c3}}{v_{b3}} = \frac{i_{c3}}{R_{i3} \times i_{b3}} = \frac{1}{R_{i3}} \times \frac{i_{c3}}{i_{b3}} = \frac{1}{r_{\pi 3} + \beta \times R''} \times \beta = 10.6\ mA/V$$

$$V_{b3} = V_{c2} \qquad \frac{V_{c2}}{V_{b2}} = -\frac{R_{c2} \| R_{i3}}{\frac{r_{\pi 2}}{\beta}} = -131 \qquad , V_{b2} = V_{c1} \quad \frac{V_{c1}}{V_s} = \frac{-(R_{c1} \| r_{\pi 2})}{R' + \frac{r_{\pi 1}}{\beta}} = -15$$

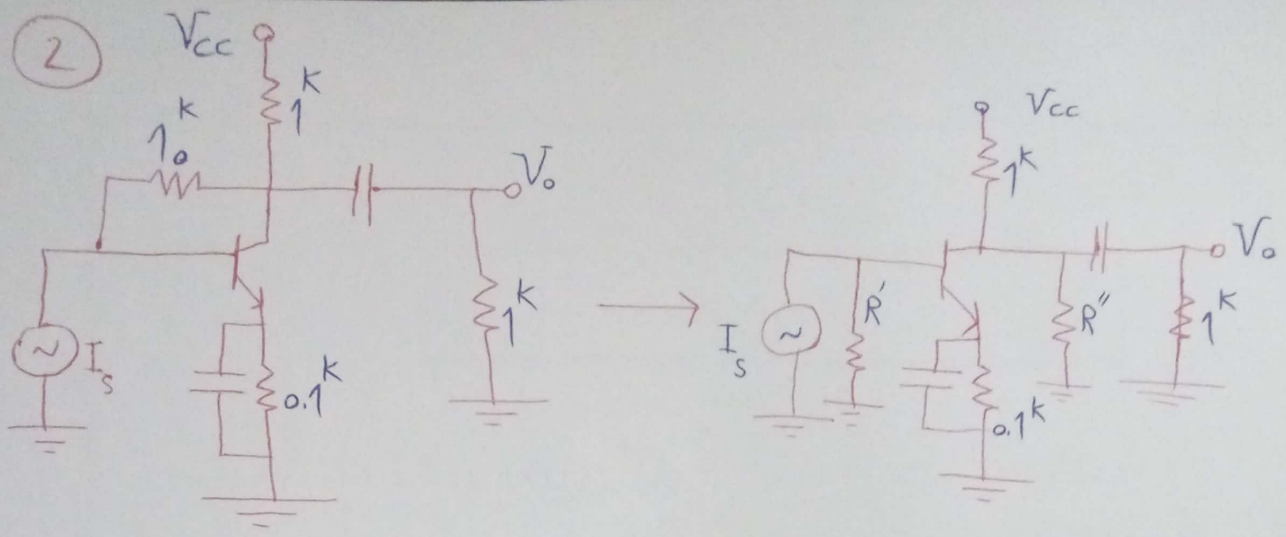
$$G'_m = \frac{i'_o}{V_{b3}} \times \frac{V_{b3}}{V_{b2}} \times \frac{V_{b2}}{V_s} = 20.8 \left(\frac{A}{V}\right)$$

$$, G_{mf} = \frac{G'_m}{1 + \beta_f G'_m} = \frac{i'_o}{V_s} = \boxed{83.7\ mA/V}$$

$$A_{V_s} = \frac{V_o}{V_s} = -R_{C3} \times \underbrace{\frac{i'_o}{V_s}}_{G_{mf}} = \boxed{-50.22}$$

$$R_{if} = (1 + \beta_f G'_m)(r_{\pi 1} + \beta_1 \times R') = \boxed{3.3\ M\Omega} \qquad R_o = R_{C3} = \boxed{600\ \Omega}$$

(2)



$R' = R'' = 10^{k}$ $\qquad \beta_f = \frac{i_f}{V_o} = \frac{-1}{10^{k}} = -0.1^{mA/V}$

$$\frac{V_o'}{V_b} = -\frac{1^{k} \parallel 1^{k} \parallel 10^{k}}{\frac{h_{ie}}{h_{fe}}} = -\frac{476.2^{\Omega}}{10^{\Omega}} = \boxed{-47.62}$$

$\frac{V_b}{I_s} = R' \parallel h_{ie} = 909.1$ $\qquad R_m' = \frac{V_o'}{I_s} = 909.1 \times (-47.62) = \boxed{-43.29^{k}}$

$$R_{mf} = \frac{R_m'}{1+\beta R_m'} = -8.12^{k}$$

$$A_{Vsf} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{R_{if} \times I_s} = R_{mf} \times \frac{1}{R_{if}} = \boxed{-47.6}$$

$$R_{if} = \frac{R_i'}{1+\beta R_m'} = \frac{909.1}{1+4.329} = \boxed{170.6^{\Omega}}$$

$R_i' = R' \parallel h_{ie} = 909.1^{\Omega}$ ، $R_o = 1^{k}$

برای به دست آوردن R_{of} باید $R'_{ms-N.L.}$ را به دست آوریم که همان R_m' است بدون در نظر گرفتن R'' و R_L.

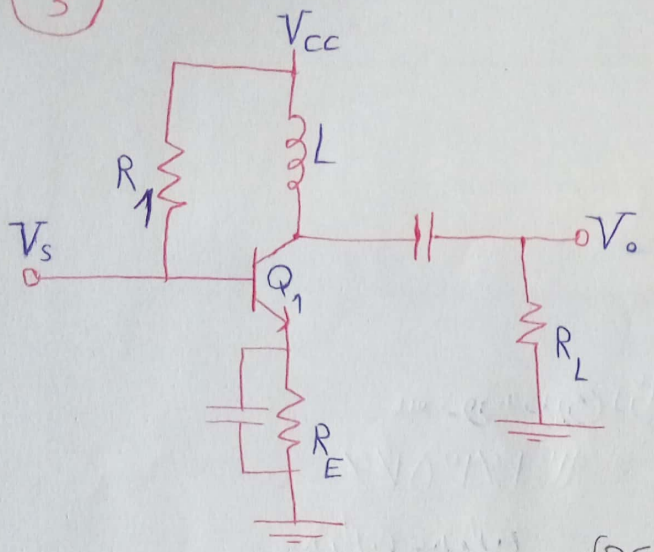
$$\frac{V_o'}{V_b} = -\frac{1^{k}}{\frac{h_{ie}}{h_{fe}}} = -100$$

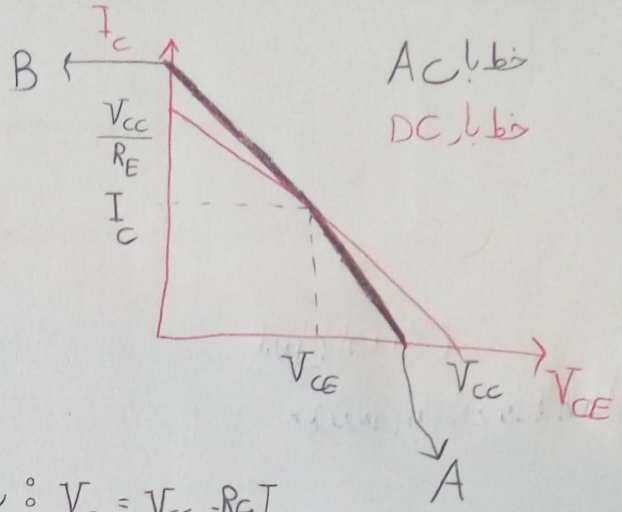
$\frac{V_b}{I_s}$ همان مقدار به دست آمده در بالاست $\longrightarrow = 909.1$

$$\rightarrow R'_{ms-N.L.} = -100 \times 909.1 = \boxed{-90.91^{k}}$$

$$\rightarrow R_{of} = R'' \parallel \frac{R_o}{1+\beta R'_{ms-N.L.}} = 10^{k} \parallel 99.1^{\Omega} = \boxed{98.1^{\Omega}}$$

3





نقطه کار $\begin{cases} \text{DC روی خط بار} : V_{CE} = V_{cc} - R_E I_c \\ \text{AC} \quad \text{,,} \quad \text{,,} : v_{ce} = -R_L i_c \end{cases}$

تقویت کننده کلاس A است.

چون می‌خواهیم نقطه کار وسط خط بار AC باشد پس داریم:

$$I_c = \frac{I_B}{2} \quad , \quad V_{CE} = \frac{V_A}{2}$$

$$V_A = V_{CE} + R_L I_c = 2V_{CE} \rightarrow \boxed{V_{CE} = R_L I_c}$$ ← در رابطه خط بار DC قرار می دهیم

$$R_L I_c = V_{cc} - R_E I_c \rightarrow \boxed{I_c = \frac{V_{cc}}{R_L + R_E}}$$

در رابطه با را می گذاریم:

$$\boxed{V_{CE} = \frac{R_L}{R_L + R_E} \times V_{cc}}$$

$$P_o = \frac{R_L I_c^2}{2} = \frac{V_{cc}^2}{2(R_L + R_E)^2} R_L$$

$$P_t = V_{cc} \times I_c = \frac{V_{cc}^2}{R_L + R_E}$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_t} = \boxed{\frac{R_L}{2(R_L + R_E)}} \xrightarrow{R_E \simeq 0} \boxed{\eta = \frac{R_L}{2R_L} = 50\%}$$

(4)

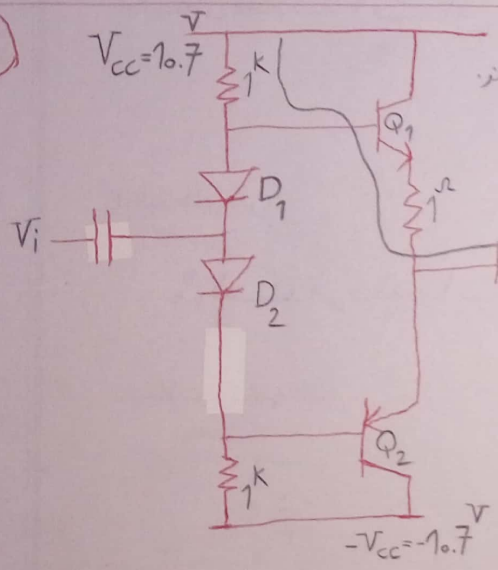
$P_o = \frac{1}{2} V_m I_m = \frac{1}{2} \frac{V_m^2}{R_L} = 20^W \rightarrow \boxed{V_m = 18^V}$ — V_{op} یعنی همان V_m

$V_{CC} = V_{op} + 5 = \boxed{23^V}$ $\quad I_{C,max} = \frac{V_m}{R_L} = \boxed{2.24^A}$ $\quad P_{CC} = \frac{2}{\pi} I_m V_{CC} = \boxed{32.8^W}$

$\eta = \frac{20}{32.8} = \%61$

توان مصرفی هر دو ترانزیستور $= 32.8 - 20 = 12.8^W \xrightarrow{\text{توان هر کدام}} \frac{12.8}{2} = \boxed{6.4^W}$

(5)



ازین حالات مختلف باید حالتی که V_o حداقل می شود را بیابیم تا توان ها متقارن شوند.

پس باید حداقل I_L را بیابیم. اگر مسیر جریان مشخص شده را در نظر بگیریم:

(جریان D_1 صفر است)

$10.7 - \frac{I_L}{10} \times 1^K - 0.7 - I_L(90+1) = 0 \rightarrow \boxed{I_L = 100^{mA}}$

اگر اشباع شدن ترانزیستورها را در نظر بگیریم، I_L بیشتری بدست می آید که به دلیل بالا شده آن را در نظر نمی گیریم. ضمن این که اگر $I_L = 100^{mA}$ باشد، می توان مشاهده کرد که $V_{CE1} > V_{CE1,sat}$ خواهد بود و ترانزیستور اشباع نمی شود.

$P_{o,max} = \frac{1}{2} \frac{V_{o,max}^2}{R_L} = \boxed{0.45^W}$ $\quad P_{CC^+} = P_{CC^-} = \frac{1}{\pi} \times 100^{mA} \times 10.7^V = 0.34^W \rightarrow P_{CC} = 2 \times 0.34 = \boxed{0.68^W}$

$\eta = \frac{0.45}{0.68} = \boxed{\%66}$ $\quad P_{Q_1} + P_{Q_2} = 0.68 - 0.45 - \frac{1}{2} \times 1^\Omega \times (100^{mA})^2 = \boxed{0.225^W}$

$P_{Q_1} = P_{Q_2} = \frac{0.225}{2} = \boxed{0.1125^W}$ $\quad P_{Q_1,Max} = P_{Q_2,Max} = 20\% \times P_o = \boxed{0.09^W}$

می خواهیم ببینیم اگر $I_L = 100^{mA}$ باشد V_i چقدر باید باشد؟ از V_i تا V_o KVL می زنیم.

$V_i = (90+1) \times 100^{mA} + 0.7 - V_{D1} \overset{0.7}{=} \boxed{9.1^V}$

اگرچه جواب نهایی و درست در بالا بیان شد اما می‌خواهیم بررسی کنیم اگر ترانزیستور پایین هدایت می‌کرد چه اتفاقی می‌افتاد: (از V_i تا V_0 ۷۱ kΩ می‌زنیم؛ از مسیر پایین)

طبق بالا: $V_1 = 9.1^{V} \rightarrow V_i - 0.7 + 0.7 - 90 \times I_L = 0 \rightarrow \boxed{I_L = 101.1^{mA}}$

که باز هم از 100^{mA} که محاسباتمان را با آن انجام دادیم بیش‌تر است.