به نام ایزد

جناب دانش‌فخارزاده

اصول الکترونیک

سری اول

لیلی فلاح
۹۷۱۰۹۹۸۷

سوال ۱

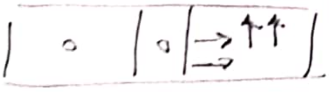
آ) افزایش پهنای بیس ؟

افزایش پهنای بیس باعث می‌شود که الکترون‌هایی که با شتاب از امیتر به بیس می‌آیند و می‌خواهند به کلکتور برسند کم‌تر شوند و در نتیجه خاصیت ما از ترانزیستور به عنوان افزایش I_C است به مشکل بخورد و I_C کم‌تر شود و این موضوع باعث کاهش بهره ترانزیستور به عبارتی همان β است را سبب می‌شود

ب) افزایش سطح بیس امیتر باعث ایجاد بیشتر بار مثبت (حفره‌ها) می‌شود و به سمت بیس حرکت می‌کنند و در نتیجه پایه جریان در I_E تغییر می‌کند

e I_S ⟵ دچار افزایش می‌شود

ج) افزایش ناخالصی در بیس باعث بازترکیب بیشتر e هایی که از E به C می‌خواهند بروند (در راه بیس) می‌شود و در نتیجه بهره جبران شده و β را کاهش می‌دهد که به نوعی آن در کاهش خروجی مطلوب همان I_C اثر می‌باشد



د) افزایش ناخالصی کلکتور باعث افزایش بار آزاد و در سطح اتصال افزایش سطح موثر میدان می‌شود و عرض ناحیه تهی در بیس کم و بهره افزایش می‌یابد که معادل آن افزایش β است .

سوال ۲

آ)

$$Q_+ = A x_{n_0} q N_d^+ \qquad Q_- = -A x_{p_0} q N_a^-$$

برابرند ⟵ $x_{n_0} N_d^+ = x_{p_0} N_a^- \rightarrow \boxed{\frac{x_{p_0}}{x_{n_0}} = \frac{N_d^+}{N_a^-}} \rightarrow x_{p_0} + x_{n_0} = W$

$$\rightarrow \boxed{x_{n_0} = \frac{W}{1+\frac{N_d^+}{N_a^-}}} \qquad \boxed{x_{p_0} = \frac{W\frac{N_d^+}{N_a^-}}{1+\frac{N_d^+}{N_a^-}}}$$

ب)

ج)

$$\frac{dE}{dx} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

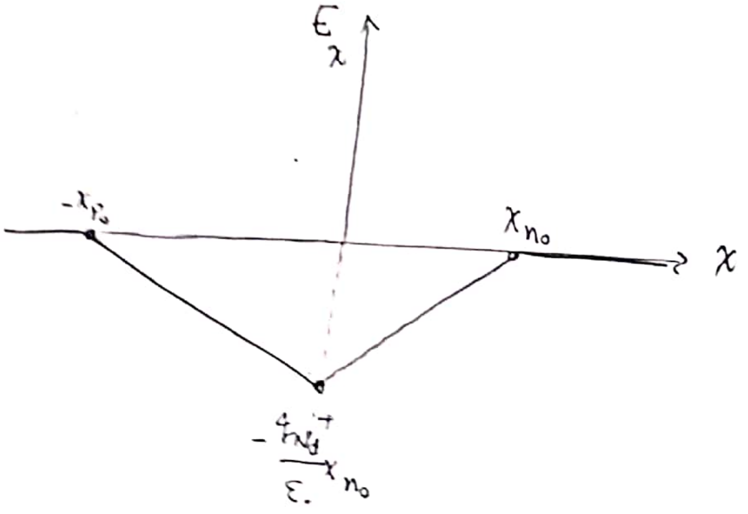
$$\rightarrow E = E_0 + \int \frac{\rho}{\varepsilon} dx$$

$$E \times A = -qN_a^- x_{p_0} A + qN_d^+ x A$$

$$E_x = q\left(N_d^+ x - N_a^- \times \frac{N_d^+}{N_a^-} x_{n_0}\right) = \frac{q}{\varepsilon_0} N_d^+ (x - x_{n_0}) \quad 0 < x < x_{n_0}$$

$$-EA\varepsilon_0 = q(qN_d^+ A x_{n_0} + qN_a^- A x) \to E_{(x)} = -\frac{q}{\varepsilon_0}\Big(N_a^- x + \underbrace{N_d^+ x_{n_0}}_{N_a^- x_p}\Big) \quad -x_{p_0} < x < 0$$

$$= -\frac{q}{\varepsilon_0} N_a^- (x + x_{p_0}) \quad -x_p < x < 0$$



=

(ا

$$\bar{V}_{x_{n_0}} - \bar{V}_{-x_{p_0}} = -\int_{-x_{p_0}}^{x_{n_0}} E_{(x)}\,dx = -\left(\int_0^{x_{n_0}} \frac{qN_d^+}{\varepsilon_0}\underbrace{(x - x_{n_0})}\,dx + \int_{-x_{p_0}}^{0} -\frac{qN_a^-}{\varepsilon_0}\big(x + \underbrace{x_{p_0}}\big)\,dx\right)$$

$$\underbrace{\frac{x_{n_0}^2}{2} - x_n^2}_{-\frac{x_{n_0}^2}{2}} \qquad \underbrace{-\frac{x_{p_0}^2}{2} + x_{p_0}^2}_{\frac{x_{p_0}^2}{2}}$$

$$\circ\bar{V} = \frac{q}{\varepsilon_0}\left(N_d^+ \frac{x_{n_0}^2}{2} + N_a^- \frac{x_{p_0}^2}{2}\right) = \underline{\frac{q}{2\varepsilon_0}\left(N_d^+ x_{n_0}^2 + N_a^- x_{p_0}^2\right)}$$

(ب

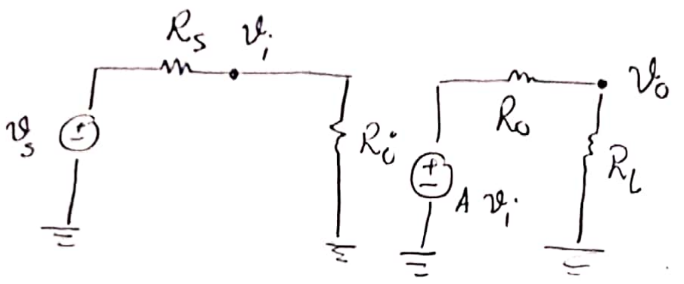
$$\frac{2\bar{V}_0\varepsilon_0}{q} = N_d^+ \frac{w^2}{\left(1 + \frac{N_d^+}{N_a^-}\right)^2} + N_a^- \frac{w^2\left(\frac{N_d^+}{N_a^-}\right)^2}{\left(1 + \frac{N_d^+}{N_a^-}\right)^2} = \frac{w^2 N_d^+}{\left(1 + \frac{N_d^+}{N_a^-}\right)^2}\left(1 + \frac{N_d^+}{N_a^-}\right)$$

$$\to w^2 = \frac{2\bar{V}_0\varepsilon_0}{qN_d^+}\left(1 + \frac{N_d^+}{N_a^-}\right) = \underline{\frac{2\bar{V}_0\varepsilon_0}{q} \times \frac{N_a^- + N_d^+}{N_a^- N_d^+}}$$

= =

$\to 1{,}5 = (1_0 + 15_0 + 1{,}5) \to I_B = 9{,}3 \times 10^{-1}$ mA

سوال ۱۳



آ

$v_i = \frac{R_i}{R_S+R_i} v_s \qquad v_o = \frac{R_L A v_i}{R_o+R_L} = \frac{A R_L}{R_o+R_L} \times \frac{R_i}{R_S+R_i} v_s$

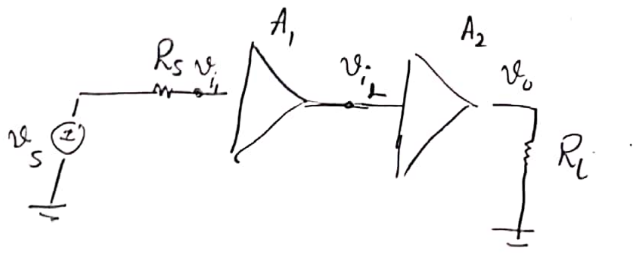
$$\rightarrow A_v = \frac{v_o}{v_s} = \boxed{\frac{A R_L R_i}{(R_o+R_L)(R_S+R_i)}}$$

ب)

$\frac{R_i}{R_S+R_i} \approx 1$ $R_i \rightarrow$ بسیار بزرگ $\frac{R_L}{R_o+R_L}$ $R_o \rightarrow$ بسیار کوچک

$$\rightarrow A_v \approx \frac{A R_L}{R_L} \approx \underline{A}$$

(2.



$$\frac{v_o}{v_{A v_1}} = \frac{A_2 R_L R_{i_2}}{(R_{o_2}+R_L)(R_{o_1}+R_{S i_2})}$$

$v_{i_1} = \frac{v_S R_{i_1}}{R_S+R_{i_1}} \qquad \frac{v_o}{v_{i_2}} = \frac{A_2 R_L}{R_{o_2}+R_L} \rightarrow \qquad \frac{v_{i_2}}{v_{i_1}} = \frac{A_1 R_{i_2}}{R_{o_1}+R_{i_2}}$

$$v_o = v_{i_1} \frac{A_1 A_2 R_L R_{i_2}}{(R_{o_2}+R_L)(R_{o_1}+R_{i_2})} \rightarrow \frac{v_o}{v_S} = \frac{A_1 A_2 R_L R_{i_2} R_{i_1}}{(R_S+R_{i_1})(R_{o_1}+R_{i_2})(R_{o_2}+R_L)}$$

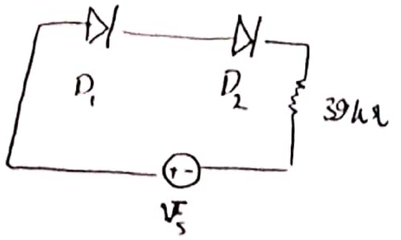
د

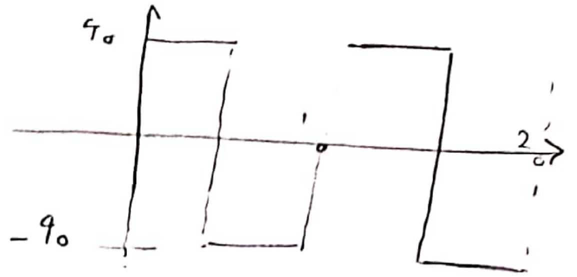
$\frac{1}{R_{o_2}+R_L} \rightarrow R_{o_2} \rightarrow$ بسیار کم باشد $\qquad R_{o_1} \Rightarrow$ بسیار کم

$\frac{R_{i_1}}{R_{i_1}+R_S} \approx 1 \qquad R_{i_1} \Rightarrow$ بسیار زیاد $\qquad R_{i_2} \rightarrow$ بسیار زیاد

$\rightarrow 1,5 = (10 + 150 + 1,5) \rightarrow I_B = 9,3 \times 10 \text{ mA}$

سوال 14





$$I \simeq I_S\, e^{\frac{V_D}{nV_t}} \rightarrow V_D = 25mV \ln\frac{I}{I_S}$$

$$10^{-3} \times 25\ln\left(\frac{I}{I_{S_1}}\right) + 25\ln\frac{I}{I_{S_2}} \times 10^{-3} + 39I = 40V$$

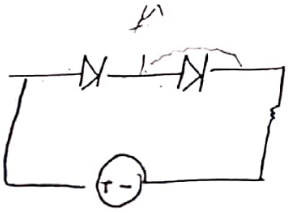
I فرض کنیم

$I = 1mA \rightarrow 10^{-3} \times 25 \rightarrow \underline{39,93 \simeq 40}$

$\rightarrow I \simeq 1mA$

$\rightarrow V_{D_1} = \underline{0,478}$ $\quad V_{D_2} = \underline{0,460}$

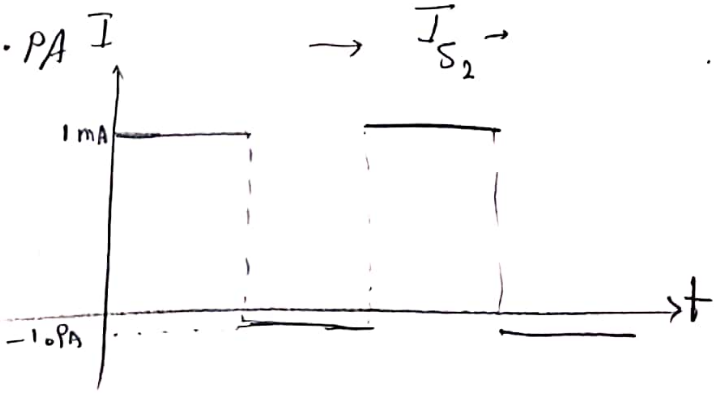
معکوس



$I_{S_1} < I_{S_2} \rightarrow D_1$ خاموش

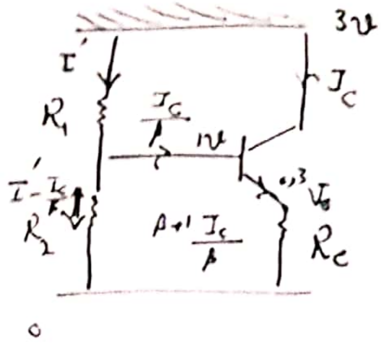
$\rightarrow V_{D_2} = -10V$ $\quad I_{S_2}\left(e^{\frac{V_d}{V_t}} - 1\right)$

$I = -10pA$ $\quad \rightarrow I_{S_2} \rightarrow$



$\rightarrow 1,5 = (10 + 150 + 1,5) \rightarrow I_B = 9,3 \times 10\ mA$

سؤال 15) آ)



$R_1 = R_2 = 100\,k\Omega$

V_E

$\frac{3}{200k\Omega} = 1{,}5\times10^{-5}\,A$

$I_B = \frac{1mA}{100} = 10^{-5}\,A$

می‌شه صرفنظر کرد: x

$100k \times (I' - \frac{1mA}{100}) + 100\,I' = 3$

$2I'^{mA} - 0{,}01 = 0{,}03 \rightarrow I' = 0{,}02\,mA$

$\rightarrow V_B = {}^{3}\,100 \times (0{,}02\,mA - 0{,}01) = \underline{1V}$

$\frac{0{,}3V}{R_C} = 1{,}01 \rightarrow R_C \hat{=} \underline{297\,\Omega}$

ب) $\underline{\beta = 250}$

$0{,}300 \times I_C \times \frac{251}{250} + 0{,}7 =$

$2I' - \frac{I_C}{\beta} = 0{,}03$

$I' = \frac{0{,}03}{2} + \frac{I_C}{2\beta}$

$\rightarrow 100\,(0{,}015 - \frac{I_C}{\underset{1000}{\cancel{2\beta}}}) = 0{,}7 + 0{,}3\,I_C$

$0{,}8 - \frac{I_C}{10} = 0{,}3\,I_C$

$0{,}8 = \frac{5}{10}\,I_C$

$\rightarrow \underline{I_C = 1{,}6\,mA}$

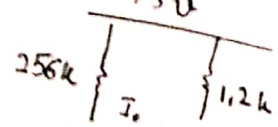
$\beta \rightarrow 150\%$ افزایش $\rightarrow 60\%$ افزایش

ج) $R_1 = R_2 = 1k\Omega$

$1\,(I' - 0{,}01) + 1\,I' = 3$

$2I' = 3{,}01 \rightarrow V_B = 1k\Omega \times (1{,}5mA) = \underline{1{,}5V}$

$\rightarrow I' \simeq 1{,}5\,mA \rightarrow V_E = 1{,}5 - 0{,}7 = 0{,}8V$



$$R_E = \frac{0,8}{1 \times \frac{\beta+1}{\beta}} = \boxed{792\ \Omega}$$

حل $\beta = 250$

$$1\left(I' - \frac{I_C}{\beta}\right) + 1\,I' - I_C = 3$$

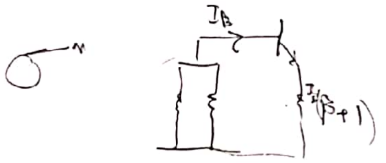
$$\rightarrow I' = 1,5 + \frac{I_C}{2\beta} \quad \rightarrow V_B = 1,5 - \frac{I_C}{2\beta}$$

$$\rightarrow V_E = 0,8 - \frac{I_C}{2\beta}$$

$$\rightarrow I_C \frac{251}{250} = \frac{0,8 - \frac{I_C}{2\beta}}{0,792}$$

$$I_C \, 0,17962 = 0,8 \rightarrow \boxed{I_C = 1,0047\ mA}$$

ضریب حساسیت پایین می‌آید ولی حالت بهینه‌ای نیست به خاطر تلفاتی که در مقاومت بایاس مصرف می‌شود

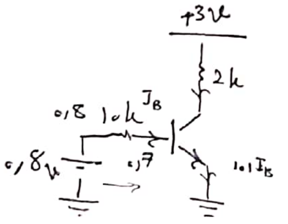


[illegible] β [illegible] !!

د) $R_1 \parallel R_2 \ll \underbrace{(\beta+1)}\, R_E$

سؤال 6)

الف)

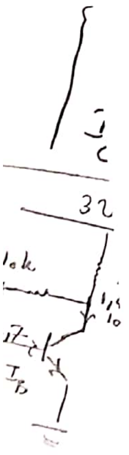


$$I_B = \frac{0,1}{10k} = 0,01\ mA$$

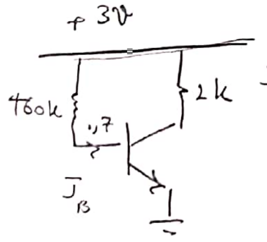
$$V_C = 3 - \underbrace{2k \times 1\ mA}_{2} = 1v$$

$$\rightarrow V_{CE_{sat}} < \boxed{V_{CE} = 1v}\ \checkmark \quad \boxed{I_C = 1mA}$$

$$\begin{cases} I_C = 1mA \\ V_{CE} = 1v \end{cases}$$



ب)

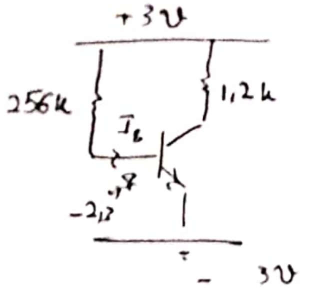


$$J_B = \frac{3v - 0,7}{460k} = 5 \times 10^{-3}\ mA$$

$$\rightarrow I_C = 0,5\ mA \rightarrow V_C = 3 - 2 \times 0,5 = 2v > 0,2$$

$$\rightarrow \begin{cases} I_C = 0,5mA \\ V_{CE} = 2v \end{cases}$$

(2

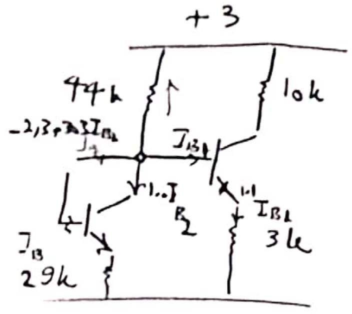


$I_B = \frac{5,3}{256} = 0,0207\ mA$

$\rightarrow V_C = 3 - 1,2 \times 100 \times 8,98 \times 10^{-3} = 0,6\ V$

$\underline{I_C = 0,2mA}$ $\rightarrow \begin{cases} V_{CE} = 3,6V \\ I_C = 0,2mA \end{cases}$

د) فر



$\frac{6}{13k}$

$I_{B_2} \xrightarrow{\text{اردر}} 0,5 \times 10^{-3}$

$\frac{6}{50} = 0,12\ mA$ قابل صرف نظر است

پس از I_{B_2} صرف نظر می‌کنیم :

$3 - 44k\, I_{B_2}(100) - 0,7 - I_{B_2}(101)\, 9k = -3$

$\rightarrow 5,3 = 5309\, I_{B_2} \rightarrow I_{B_2} = 9,98 \times 10^{-4}$

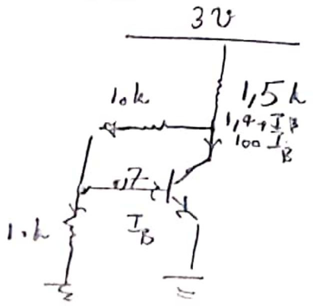
$\rightarrow V_{B_1} = 3 - 44 \times 100 \times 9,98 \times 10^{-4} = \underline{-1,39V}$

$\rightarrow V_{E_2} = -2,09V \rightarrow I_E = 0,30\ mA$

$\rightarrow \underline{I_{C_2} = 0,31\ mA}$ $\rightarrow \begin{cases} I_{B_2} = 3 \times 10^{-3}\ mA \\ I_{C_1} = 1 \times 10^{-1}\ mA \end{cases}$ $\rightarrow$ قابل صرف نظر ابود ✓

$Q_1 \begin{cases} V_{CE_2} = 0,7 \\ I_{C_2} \simeq 0,1mA \end{cases}$ $Q_2 \begin{cases} V_{CE_1} = 2,1V \\ I_{C_1} \simeq 0,3\ mA \end{cases}$

ه)



$\frac{0,7}{10k} = 0,07mA$

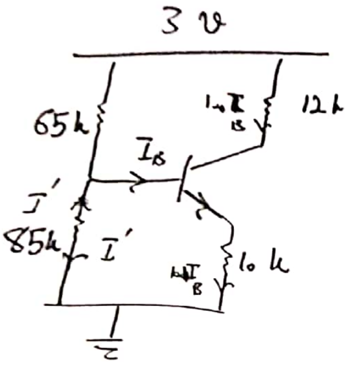
$0,7 + (0,07mA + I_B)10k = 1,4 + 10\,I_B$

$3 - 1,5(100\,I_B + I_B + 0,07) = 1,4 + 10\,I_B$

$\rightarrow 1,5 = (10 + 150 + 1,5) \rightarrow I_B = 9,3 \times 10^{-3}\ mA$

$\bar{V}_C = 1,4 + 10 \times I_B = 1,4 + 10 \times 9,3\times10^{-3} = \underline{1,49}$

$$\to \begin{cases} \bar{V}_{CE} = 1,49 \simeq \underline{1,5v} \\ I_C = 100 \times 9,3\times10^{-3} = \underline{0,93\,mA} \end{cases}$$



≈

1×10^{-3}

$\frac{3}{22}$

$$\begin{cases} 85kI' + 65(I' + I_B) = 3v \\ \to 150I' = 3v - 65I_B \\ 85I' - 0,7 = 10 \times 101 \cdot I_B \end{cases}$$

$$\to \begin{cases} 150I' + 65I_B = 3 \\ 85I' - 1010I_B = 0,7 \end{cases} \to \begin{cases} I' \simeq 0,02\,mA \\ I_B \simeq 10^{-3}\,mA \end{cases}$$

$\underline{I_{\cancel{B}C} = 0,1\,mA}$

$3v - \overbrace{12\times0,1}^{1,2} - \overbrace{10\times0,1}^{1} = 0,8\,v$

$$\to \boxed{\begin{cases} v_{CE} \simeq 0,8\,v \\ I_C = 0,1\,mA \end{cases}}$$