

Shockley equation: $i_D = I_S \left[\exp\left(\frac{V_D}{n V_T}\right) - 1 \right]$ سوال اول

$n_{si} = 1$; $i_D = 0.15 \mu A$; $I_S = 1 nA$;

$n_{ge} = 1.4$

$\rightarrow 0.15 \times 10^{-6} = 10^{-9} \left[e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right] \Rightarrow \Delta \dots = e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1$

$\Delta \cdot 1 = e^{\frac{V_D}{V_T}} \Rightarrow \frac{V_D}{V_T} = \ln(\Delta \cdot 1) \Rightarrow V_D \approx 25.8 \times 4.21 \approx 108.711$

$V_T \approx 25.8$

$V_D = 108.711 \text{ v}$

$I_S = 20 \mu A = 2 \times 10^{-5} A$

$V_D = 108.711$

$\frac{V_D}{V_T} = \ln(\Delta \cdot 1) = 4.2144 \Rightarrow i_D = 2 \times 10^{-5} (e^{4.2144} - 1) \Rightarrow i_D = 2 \times 10^{-5} (18.711 - 1) = 0.0014962 A$

$i_D \approx 1 mA$

$\frac{V_D}{n V_T} = \frac{1}{1.4} \times \ln(\Delta \cdot 1) = \frac{\Delta}{V} \times \ln(\Delta \cdot 1) \approx 4.2144$

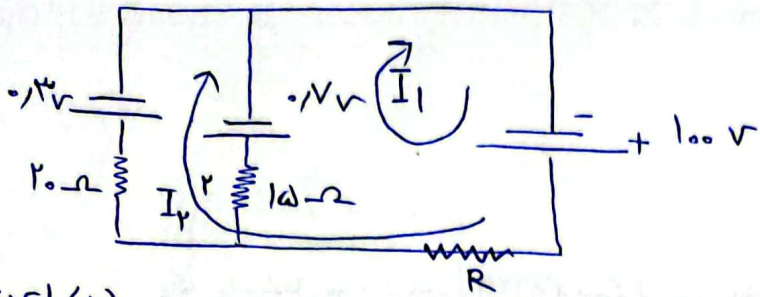
$\frac{i_D}{I_S} = 0.1 \Rightarrow i_D = I_S \left(e^{\left(\frac{V_D}{n V_T}\right)} - 1 \right)$

سوال دوم :

$0.1 = e^{\left(\frac{V_D}{n V_T}\right)} - 1 \Rightarrow e^{\left(\frac{V_D}{n V_T}\right)} = 1.1$

$\frac{V_D}{V_T} = \ln(1.1) \Rightarrow V_D = 25.8 \times \ln(1.1) \approx 2.55 \text{ v}$

سوال ۳ : ۱



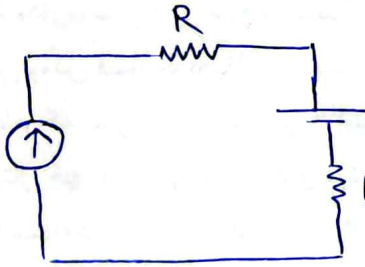
$$\frac{KVL(1)}{KVL(2)} \rightarrow 100 - R(I_1 + I_2) - 10I_1 - 0.1V = 0$$

$$\frac{KvI(\gamma)}{\rightarrow} 100 - R(I_1 + I_2) - \gamma_0 I_\gamma - \gamma_1 = 0$$

$$R = 1 \text{ k}\Omega \Rightarrow \begin{cases} I_1 \approx 0.048 \text{ A} \\ I_2 \approx 0.061 \text{ A} \end{cases}$$

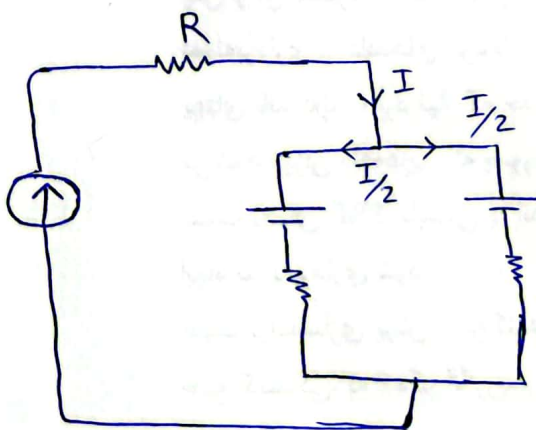
$$R = 10k\Omega \Rightarrow \begin{cases} I_1 \simeq 1.0172 \text{ A} \\ I_2 \simeq 1.3295 \text{ A} \end{cases}$$

(الف - ك)



$$\rightarrow V_D = V - R_2 I$$

سوال ۲۴



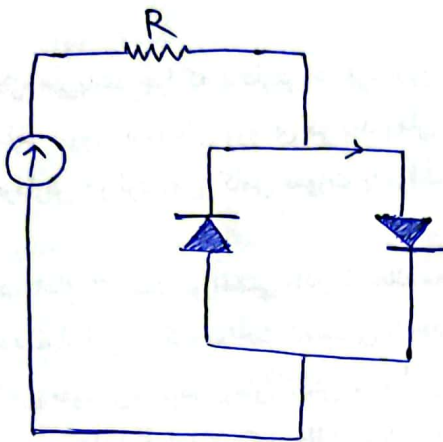
$$V_D = V - \frac{R_2 I}{2}$$

در حالت الف ولتاژ دوسر D_1 ، $\frac{R_2}{2}$ افزایش می یابد.

در حالت سری، ~~ولتاژ~~ که از دیودها می‌گذرد، تغییری نخواهد کرد.
جریان

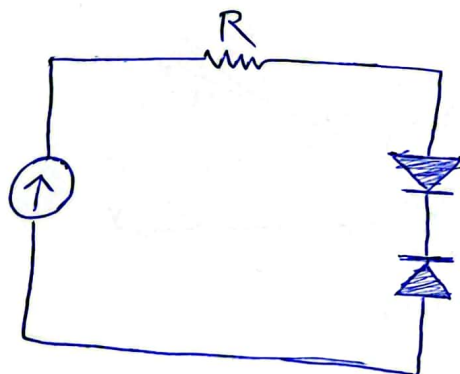
ب- ۴)

ج- ۴)



در این حالت جریان فقط از یک شاخه عبور می‌کند
در نتیجه جریان عبور از دیود D_1 تغییری نمی‌کند و
ولتاژ دیود تغییری نمی‌کند.

د- ۴)



مدار باز خواهد بود.

Active mode:

$$I_B = 0.2 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta I_B \Rightarrow I_C = 100 (0.2) = 20 \text{ mA}$$

$$I_E = 20.2 \text{ mA}$$

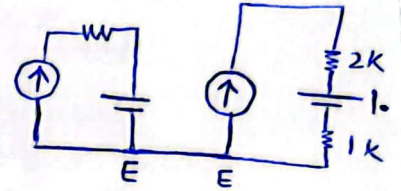
سوال ۵
قسمت ۱

$$V_E = 0 \Rightarrow V_B = 0 \text{ V}$$

$$V_E - 1 \times 10^3 \times 20 \times 10^{-3} + 10 - 2 \times 10^3 \times 20 \times 10^{-3} = V_C$$

$$+10 + 0 - 20 - 40 = -50 \Rightarrow V_C = -50$$

$$V_{BC} = V_B - V_C = 0 \text{ V} + 50 = 50 \text{ V} \quad \text{✗}$$

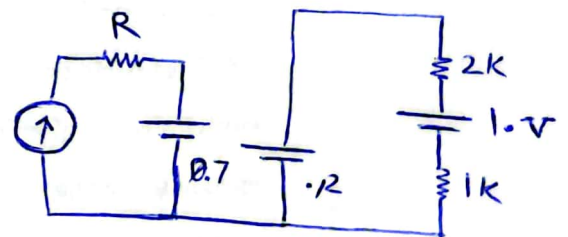


در حالت Active ترانزیستور دو قطبی $V_{BC} < 0.4$ خواهد بود.
در نتیجه این ترانزیستور در حالت Saturation است.

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

مدار معادل

$$V_{CE} = 0.2 \text{ V}$$



$$\text{KVL} \rightarrow -I_C + 10 - 2I_C - 0.2 = 0$$

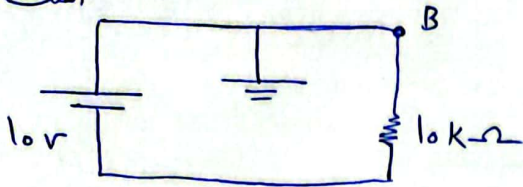
$$3I_C = 9.8 \Rightarrow I_C \approx 3.27 \text{ mA}$$

$$I_B \approx 0.2 \text{ mA}$$

$$I_E \approx 3.47 \text{ mA}$$

فرض: ترانزیستور Active است. $V_{BE} = 0.7V$

سوال ۵ -
قسمت ۲



$$V_B - V_E = 0.7V ; V_B = 0$$

$$V_E = -0.7V$$

$$I_E = \frac{10 - 0.7V}{R} = \frac{9.3}{10 \times 10^3} = 0.93 \text{ mA}$$

$$\frac{I_C}{I_B} = 90 \Rightarrow \alpha = \frac{90}{91} \Rightarrow I_C = \frac{90}{91} \times 0.93 \approx \frac{93}{100} \text{ mA}$$

$$V_C = 10 - 0.93 \times 10^{-3} \times 10^4 \approx 5.35 \text{ V}$$

فرض: ترانزیستور Active

$$V_{EB} = 0.7V$$

$$V_E - V_B = 0.7V$$

سوال ۵ - قسمت ۳

$$\text{KVL} \rightarrow 10 - 2 \times 10^3 I_E - V_{EB} - 4 \times 10^4 I_B = 0$$

$$I_E = I_B (\beta + 1) \Rightarrow I_E = 151 I_B$$

$$I_B = 0.13 \text{ mA}$$

$$I_E = 151 \times 0.13 \text{ mA}$$

$$I_C = 150 \times 0.13 \text{ mA}$$

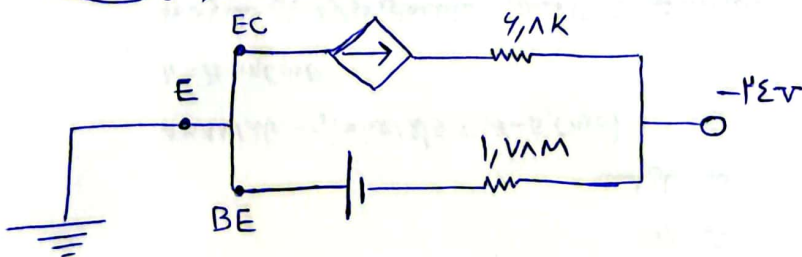
$$I_B = 0.13 \text{ mA}$$

$$I_E = 1.943 \text{ mA}$$

$$I_C = 1.95 \text{ mA}$$

$$\frac{V_C}{10^3 (\Omega)} = I_C \Rightarrow V_C = 1.95 \text{ V}$$

سوال ۵ - قسمت ۴



$$\begin{cases} -24 + 4.8K I_C = V_C \\ -24 + 1.78M I_B = V_{BE} \end{cases}$$

$$\text{فرض: Active بودن} \quad V_{BE} = 0.7V \rightarrow -24 + 1.78M I_B = 0.7V \Rightarrow I_B = 13.87 \mu A$$

$$\Rightarrow I_E = 151 \times 13.87 \mu A = 2.09437 \text{ mA} \Rightarrow I_C = 2.08015 \text{ mA}$$

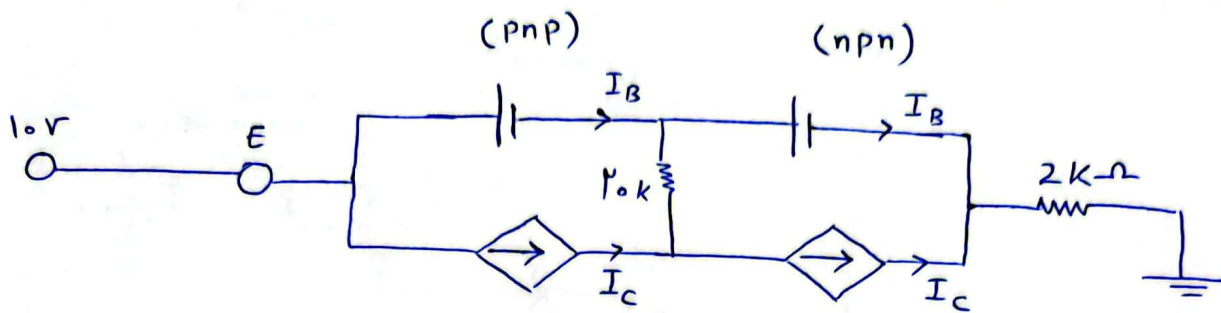
$$V_C = -24 + 4.8 (2.08015) \text{ mV}$$

$$V_{CE} < 0.4$$

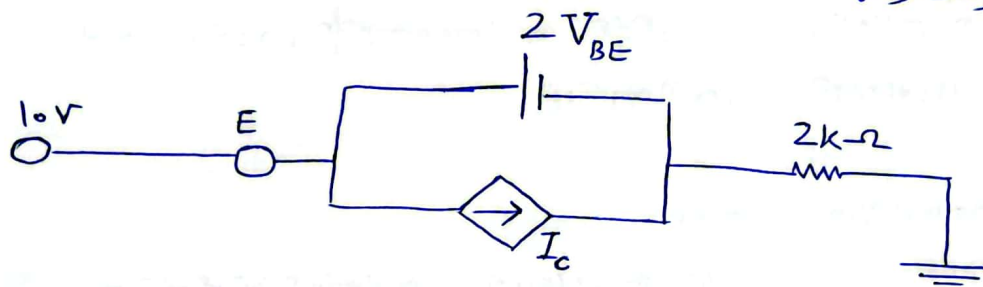
شرط Active بودن
صحیح بوده است.

سوال ۵
قسمت ۵

ابتدا مدار معادل را رسم خواهیم کرد. می دانیم که دو ترانزیستور داریم که یکی مدل npn و دیگری مدل PNP می باشد.



با توجه به جریان هایی که در مدار بالا مشاهده می کنیم، مقاومت $20k\Omega$ مدار باز خواهد شد و هیچ جریانی از آن عبور نخواهد کرد.



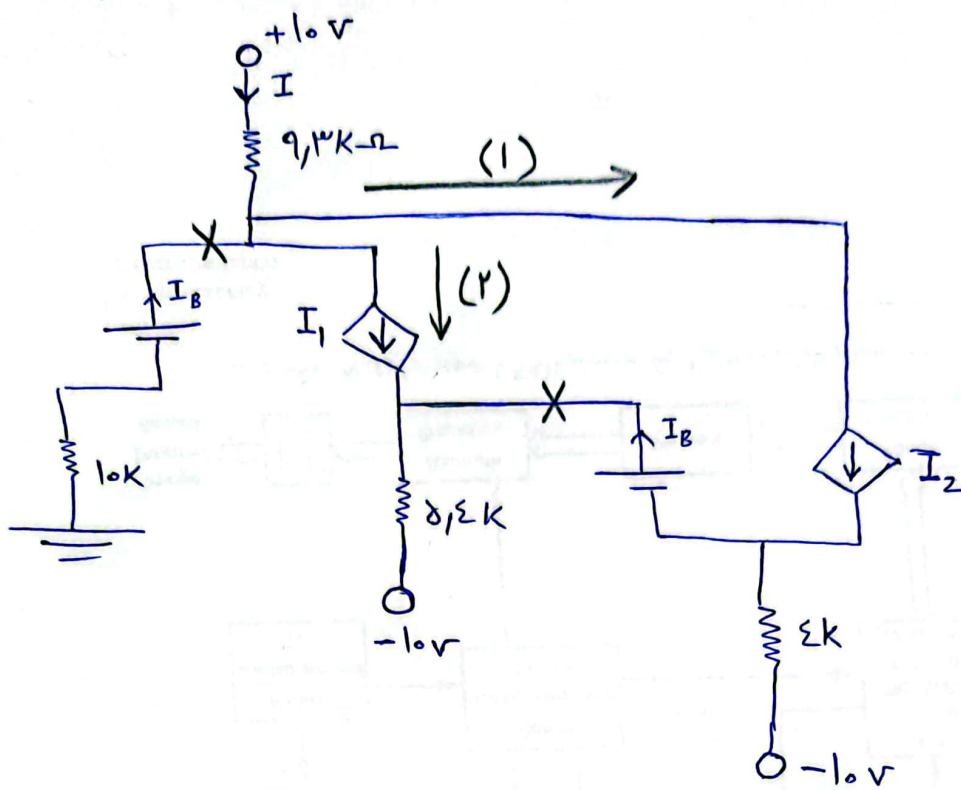
$$\xrightarrow{KVL} 10 - 2V_{BE} - 2kI_E = 0$$

$$\xrightarrow{V_{BE} = 0.7V \text{ Active بودن}} I_E = 4.3 \text{ mA}$$

$$\frac{I_C}{I_B} = 100 \Rightarrow I_B = \frac{4.3 \text{ mA}}{101} \approx 0.04 \text{ mA}$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$\Rightarrow I_C = 4.26 \text{ mA}$$



$$\frac{I_c}{I_B} = \beta \implies I_B = \frac{I_c}{\beta} \xrightarrow{\beta \rightarrow \infty} \boxed{I_B \rightarrow 0}$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$+10 - 9.3k I - 5k I_2 = -10$$

$$+10 - 9.3k I - 8.5k I_1 = -10$$

$$\implies \boxed{\begin{matrix} I_1 = 0.73 \text{ mA} \\ I_2 = 0.99 \text{ mA} \end{matrix}}$$