

ب) با فرض اینکه D_1 خاموش و D_2 روشن باشد داریم:

$$V_s = 5 \times \frac{1}{10+1} = \frac{5}{11} = 0.45V$$

که با این ولتاژ قطع بودن D_1 محقق است. چون ولتاژ آن از کاتد کوچکتر می باشد و وصل بودن D_2 نیز

$$I_{D_2} = \frac{5-0}{11} = \frac{5}{11} > 0$$

محقق است چون

ج) با فرض وصل بودن هر دو داریم:

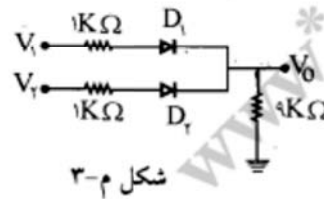
$$\frac{V_s-5}{10} + \frac{V_s-0}{1} + \frac{V_s-0}{1} = 0 \Rightarrow V_s = \frac{5}{19}$$

با این ولتاژ به دست آمده وصل بودن هر دو دیود ثابت می شود.

۳- در مدار شکل م-۳، برای دیودها $V_D(ON) = 0.7V$ است. ولتاژ خروجی را به ازای ولتاژهای ورودی داده شده به دست آورید و وضعیت قطع یا وصل هر یک از دیودها را مشخص کنید.

الف) $V_1 = 10V, V_2 = 0V$ ج) $V_1 = 10V, V_2 = 5V$

ب) $V_1 = 5V, V_2 = 0V$ د) $V_1 = 5V, V_2 = 5V$



شکل م-۳

☑ راه حل:

الف) در این حالت D_1 به صورت مستقیم بایاس شده و دیود D_2 به صورت معکوس بایاس شده پس

داریم: دیود D_1 روشن و دیود D_2 قطع خواهد بود:

$$\frac{V_s}{9K\Omega} = \frac{10 - V_s - 0.7}{1K\Omega} \rightarrow V_s = 9.0 - 9V_s - 6/3$$

$$10V_D = 8.3/7V \rightarrow V_s = 8/37V$$

ب) در این حالت نیز D_1 روشن و D_2 خاموش می باشد پس داریم:

$$\frac{V_s}{9K\Omega} = \frac{5 - V_s - 0.7}{1K\Omega} \rightarrow V_s = 4.5 - 9V_s - 6/3$$

$$\rightarrow 10V_s = 3.8/7V \rightarrow V_s = 3/87V$$

ج) در این حالت هر دو دیود روشن می باشند:

$$\frac{V_1 - 0.7}{1K\Omega} + \frac{V_2 - 0.7}{1K\Omega} = V_s \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} \right)$$

$$\rightarrow V_s (1+9+9) = 9(V_1 - 0.7) + 9(V_2 - 0.7) \rightarrow V_s = \frac{9(10 - 0.7) + 9(5 - 0.7)}{19}$$

$$\rightarrow V_s = 6/44$$

با این V_s به دست آمده مشخص می شود که D_2 خاموش می باشد و D_1 روشن می باشد پس داریم

$$V_s = (V_1 - 0.7) \times \frac{9}{9+1} = 8/37V$$

د) با فرض وصل بودن هر دو دیود داریم:

$$KCL: \frac{V_1 - V_s - 0.7}{1} + \frac{V_2 - V_s - 0.7}{1} = \frac{V_s}{9}$$

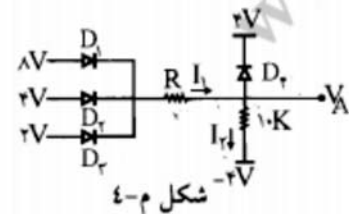
$$5 - V_s - 0.7 + 5 - V_s = \frac{V_s}{9} \rightarrow 8/6 - 2V_s = \frac{V_s}{9} \rightarrow V_s = 4/0.7V$$

با این ولتاژ به دست آمده مشخص می شود که هر دو دیود روشن می باشد پس فرض ما درست است.

۴- در مدار شکل م-۴ دیودها را ایده آل فرض کنید.

الف) مقاومت R را طوری تعیین کنید که V_A برابر $2V$ شود. در این صورت I_1 و I_2 چقدر خواهد بود؟

ب) به ازای $R = 2K\Omega$ مقادیر V_A, I_1 و I_2 را تعیین کنید.



شکل م-۴

☑ راه حل:

الف) D_4 قطع می باشد و دیودهای دیگر هدایت می کنند.

از طرفی $V_A = 2V$

$$KCL: \frac{8 - V_A}{R} + \frac{4 - V_A}{R} + \frac{2 - V_A}{R} = \frac{V_A + 2}{10}$$

$$\frac{6}{R} + \frac{2}{R} + 0 = \frac{6}{10} = 0.6 \rightarrow \frac{8}{R} = 0.6 \rightarrow R = \frac{8}{0.6} = \frac{40}{3} = 13.33K\Omega$$

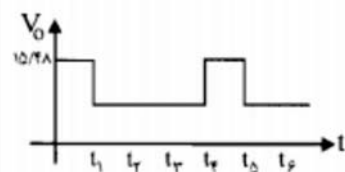
در زمان $t_1 < t < t_2$: هر سه دیود هدایت می‌کنند پس داریم $V_s = 5V$

در زمان $t_2 < t < t_3$: هر سه دیود هدایت می‌کنند پس داریم $V_s = 5V$

در زمان $t_3 < t < t_4$: هر سه دیود هدایت می‌کنند پس داریم $V_s = 5V$

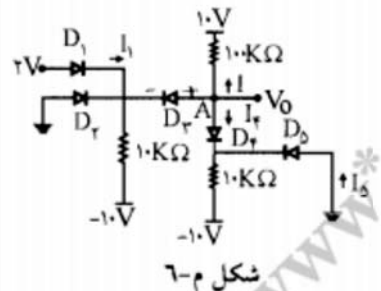
در زمان $t_4 < t < t_5$: باز دیود D_3 قطع و دیود D_1 و D_2 روشن هستند و همانند حالت اول می‌باشد پس

$$V_s = 15/4 \text{ V}$$



پس مدار معادل V_s به صورت زیر خواهد بود:

۶- در مدار شکل م-۶، با فرض ایده‌آل بودن همه دیودها، ولتاژ V_s و جریان‌های I_1 و I_5 را تعیین کنید.



شکل م-۶

✓ (۱۵۰ حل):

$D_1: \text{ON} \quad D_2: \text{OFF} \quad D_3: \text{OFF} \quad D_4: \text{ON} \quad D_5: \text{ON}$

با توجه به مدار داریم:

$$I_1 = \frac{2V - (-10V)}{10K\Omega} = 1/2 \text{ mA}$$

و چون D_4 و D_5 روشن می‌باشند پس $V_s = 0V$ می‌باشد.

$$\text{KCL در نقطه A: } \frac{V_s - 10V}{100K\Omega} - I_5 + \frac{V_s - (-10V)}{10K\Omega} = 0$$

$$V_s = 0V \rightarrow \frac{-10}{100} - I_5 + \frac{10}{10} = 0 \rightarrow I_5 = 1 - 0/1 = 0/9 \text{ mA}$$

و چون داریم دیود D_3 قطع می‌باشد پس I_1 و I_2 برابرند پس داریم:

$$I_1 = I_2 = \frac{V_A + 4}{10} = \frac{4}{10} = 1/25 \text{ mA}$$

(ب) چون نمی‌دانیم مقدار V_A چند است پس ابتدا فرض می‌کنیم D_3 قطع است پس داریم:

$$\text{KCL: } \frac{10 - V_A}{2} + \frac{4 - V_A}{2} + \frac{2 - V_A}{2} = \frac{V_A + 4}{10} \rightarrow \frac{14 - 3V_A}{2} = \frac{V_A + 4}{10}$$

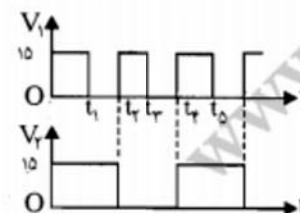
$$140 - 30V_A = 2V_A + 8 \rightarrow 32V_A = 132 \rightarrow V_A = 4/125 \text{ V}$$

پس فرض قطع بودن D_3 اشتباه است پس مسأله را با فرض روشن بودن D_3 حل می‌کنیم در این حالت V_A برابر $4V$ می‌باشد.

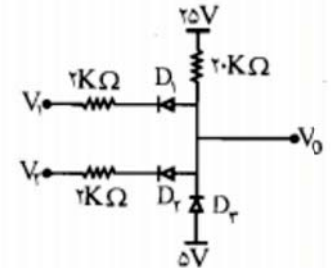
$$\text{پس } I_2 = \frac{4 + 4}{10} = 0/8 \text{ mA}$$

$$\text{پس } I_1 = \frac{10 - V_A}{R} + \frac{4 - V_A}{R} + \frac{2 - V_A}{R} = \frac{10 - 4}{2} + \frac{4 - 4}{2} + \frac{2 - 4}{2} = 2 + 0 - 1 = 1 \text{ mA}$$

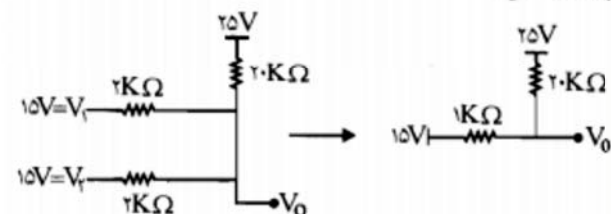
۵- در مدار شکل م-۵ دیودها ایده‌آل هستند. با توجه به شکل موج ولتاژهای V_1 و V_2 ، شکل موج ولتاژ خروجی را رسم کنید.



شکل م-۵



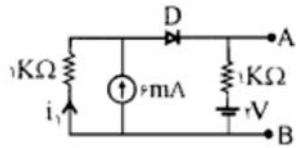
در زمان $0 < t < t_1$ داریم دیود D_3 قطع و دیودهای D_1 و D_2 روشن هستند پس مدار معادل به صورت زیر خواهد بود: (دیودها ایده‌آل)



$$V_s = 15 + \frac{(25 - 15)}{20 + 1} = 15/48 \text{ V}$$

☑ (اه حل:

الف) برای تعیین نقطه کار DC دیود مدار را تحلیل DC می‌کنیم:



$$\text{KVL: } 1k\Omega \times i_1 + V_D + i_D \times 1k\Omega + 1 = 0 \rightarrow i_1 + V_D + i_D + 1 = 0$$

$$\text{KCL: } i_1 = i_D - 1 \text{ mA}$$

$$\rightarrow \begin{cases} V_D + 1i_D = -1 \\ i_D = I_s e^{\frac{V_D}{V_T}} \end{cases} \rightarrow V_D + 1I_s e^{\frac{V_D}{V_T}} = -1 \rightarrow V_D + 1 \times 1 \text{ nA} e^{\frac{V_D}{0.026}} = -1$$

$$\frac{V_D}{0.026} = x \rightarrow V_D = 0.026x \rightarrow 0.026x + 1 \times 10^{-9} e^x = -1$$

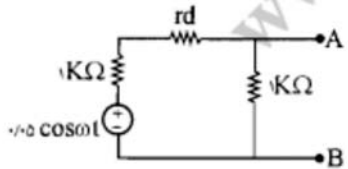
از حل این معادله مقادیر زیر به دست می‌آید $I_{DQ} = 1/6 \text{ mA}$ و $V_{DQ} = 0.74 \text{ V}$

$$r_d = \frac{\eta V_T}{I_D} = \frac{2 \times 26}{1/6} = 312 \Omega \quad (\text{ب})$$

ج) تحلیل ac:

$$V_{AB}(t) = \frac{1000 \times 0.05}{1000 + 312 + 1000} \cos \omega t = 0.024 \cos \omega t$$

با استفاده از تقسیم ولتاژ داریم:

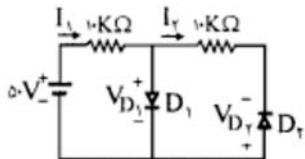


۱۴- در مدار شکل م- ۱۴، دیودها دارای $V_T = 0.7 \text{ V}$ و $R_f = r_z = 50 \Omega$ و ولتاژ شکست 25 V

هستند. مطلوب است:

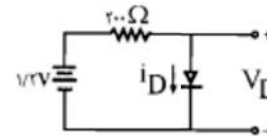
الف) V_{D1}, V_{D2}, I_1, I_2

ب) با تغییر جهت هر دو دیود، بند (الف) را تکرار کنید.



شکل م- ۱۴

ب) برای به دست آوردن جریان dc دیود منبع سینوسی در مدار معادل تون اتصال کوتاه می‌شود:



$$V_D = 1/2 \text{ V} - 200 \times 10^{-3} i_D = 1/2 \text{ V} - 0.2 i_D$$

$$\text{فرض مسئله: } i_D = 10^{-6} (e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1) \text{ از طرفی داریم}$$

$$\Rightarrow i_D = 10^{-6} (e^{\frac{1/2 - 0.2 i_D}{26}} - 1) \times 10^3$$

$$\Rightarrow 10^3 i_D = \left[e^{\left(\frac{1/2 - 0.2 i_D}{26} \times 1000 \right)} - 1 \right]$$

از روش سعی و خطا استفاده می‌کنیم:

$$\text{فرض } V_D = 0.2 \text{ V} \Rightarrow I_D = \frac{1/2 - V_D}{0.2} = \frac{1/2 - 0.2}{0.2} = 5 \text{ mA}$$

$$\rightarrow 10^3 \times 5 = e^{\left(\frac{1/2 - 0.2 \times 5}{26} \right) \times 1000} - 1 \Rightarrow 5000 \neq 219.1/4$$

پس طرف دوم باید بزرگتر شوند لذا I_D را باید کوچکتر انتخاب کنیم:

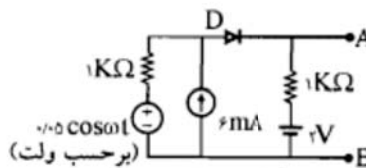
$$i_D = 4/9 \text{ mA} \Rightarrow 4/9 \times 10^3 = e^{\left(\frac{1/2 - 4/9 \times 0.2}{26} \right) \times 1000} - 1 = 4728$$

پس $I_D = 4/9 \text{ mA}$ را می‌پذیریم.

$$r_d = \frac{V_T}{I_D} = \frac{26 \text{ mV}}{4/9 \text{ mA}} = 5/3 \Omega \quad (\text{ج})$$

$$V_o = V_D = 1/2 - 0.2 i_D = 1/2 - 0.2 \times 4/9 = 0.22 \text{ V} \quad (\text{د})$$

۱۳- در مدار شکل م- ۱۳، دیودها دارای $I_s = 1 \text{ nA}$ مطلوبست محاسبه مقادیر زیر:



شکل م- ۱۳

الف) نقطه کار DC دیود *

ب) مقاومت دینامیکی دیود

ج) $V_{AB}(t)$

✓ راه حل:

با فرض قطع بودن دیود D_2 داریم:

$$I_2 = 0, \quad I_1 = \frac{50 - 0.7}{10000 + 50} = 4.9 \text{ mA}$$

$$V_{D1} = 50 \cdot I_1 + 0.7 = 50 \times 4.9 \text{ mA} + 0.7 = 0.945 \text{ V}$$

پس فرض قطع بودن دیود D_2 درست می باشد و D_2 به شکست نمی رود.

$$\rightarrow V_{D2} = -V_{D1} = -0.945 \text{ V}$$

ب) وقتی جهت دیودها عوض می شود فرض می کنیم دیود D_1 قطع می باشد و با این فرض مسئله را حل می کنیم.

$$I_1 = \frac{50 - 0.7}{20000 + 50} = 2.46 \text{ mA}$$

$$V_{D1} = 50 - 10 \times 2.46 = 25.4$$

پس فرض قطع بودن D_1 اشتباه می باشد و دیود D_1 به شکست می رود.

$$\rightarrow V_{D1} = 25.4$$

$$I_2 = \frac{25.4 - 0.7}{10000 + 50} = 2.45 \text{ mA}, \quad V_{D2} = 2.45 \times 0.5 + 0.7 = 0.822 \text{ V}$$

۱۵- در مدار شکل م- ۱۵ معادله مشخصه دیود را به صورت زیر در نظر بگیرید.

$$i_D = \begin{cases} 200(V_D - 0.5)^2 & V_D \geq 0.5 \\ 0 & V_D \leq 0.5 \end{cases}$$

(i_D بر حسب mA و V_D بر حسب V) مطلوب است محاسبه مقادیر زیر:

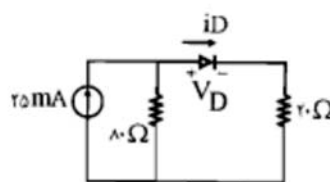
الف) نقطه کار DC دیود.

ب) مقاومت دینامیکی دیود

ج) $i_D(t)$

✓ راه حل:

الف) برای به دست آوردن نقطه کار DC دیود مدار را تحلیل DC می کنیم:



$$\text{KVL: } 80(I_D - 25 \times 10^{-3}) + V_D + 20 I_D = 0$$

$$\rightarrow 100 I_D + V_D - 2 = 0 \quad (I)$$

طبق فرض مسئله داریم: (II) $I_D \cdot I_D = 200(V_D - 0.5)^2$ بر حسب mA می باشد.

با قرار دادن رابطه (II) در رابطه (I) داریم:

$$100 \times \left[0.2(V_D - 0.5)^2 \right] + V_D - 2 = 0$$

$$\rightarrow 20(V_D - 0.5)^2 + V_D - 2 = 0$$

$$20 V_D^2 - 20 V_D + 5 + V_D - 2 = 0 \rightarrow$$

$$20 V_D^2 - 19 V_D + 3 = 0$$

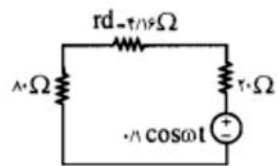
از حل این معادله $V_D = 0.75 \text{ V}$ به دست می آید. با قرار دادن این مقدار در رابطه (II) مقدار

$I_D = 12/5 \text{ mA}$ به دست می آید.

$$r_d = \frac{\eta V_T}{I_D} = \frac{52}{12/5} = 4/16 \Omega$$

ب)

ج) تحلیل ac:



$$i_D = \frac{-0.1 \cos \omega t}{80 + 20 + 4/16} = -0.96 \cos \omega t \text{ (A)}$$

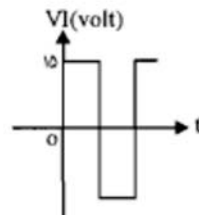
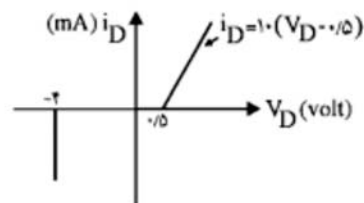
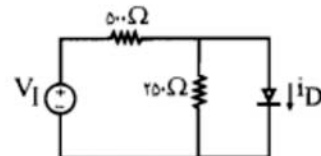
$$i(t) = i_D + I_D = -0.96 \cos \omega t + 12/5 \times 10^{-3} \text{ (A)}$$

۱۶- شکل موج ورودی، مشخصه ولتاژ-جریان دیود و مدار شکل م- ۱۶ را در نظر بگیرید.

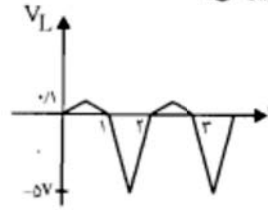
الف) مدار معادل تونن دو سر دیود را به دست آورید.

ب) $i_D(t)$ را رسم کنید.

ج) جریان متوسط دیود را به دست آورید.



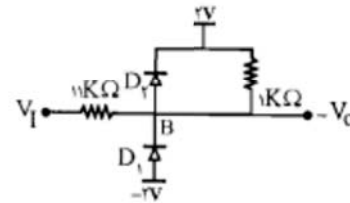
ب) اگر ورودی موج مثلثی با دامنه ۱۰ ولت باشد خروجی به صورت شکل زیر می باشد:



۱۸- در مدار شکل م- ۱۸ دیودها را ایده آل در نظر بگیرید.

الف) مشخصه انتقالی را رسم کنید. ($-8V < V_I < 8V$)

ب) پس از حذف مقاومت موازی D_2 مشخصه را مجدداً رسم نمایید.



شکل م- ۱۸

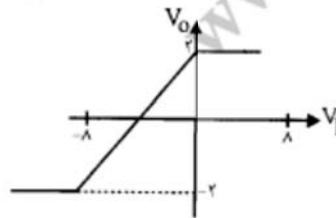
☑ (اه حل:

الف)

$$V_B = 2 + \frac{1K\Omega \times V_I}{1K\Omega + 1K\Omega} = 2 + 0.5V_I$$

$$\begin{cases} D_1: ON \\ D_2: Off \end{cases} : V_B < -2V \rightarrow 2 + 0.5V_I < -2V \rightarrow V_I < -8, V_O = -2V$$

$$\begin{cases} D_1: ON \\ D_2: Off \end{cases} : V_B > 2V \rightarrow 2 + 0.5V_I > 2 \rightarrow V_I > 0, V_O = 2V$$

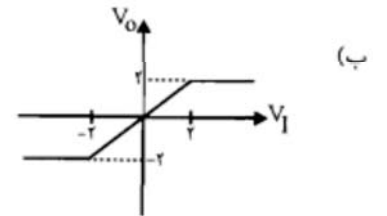


$$\begin{cases} D_1: Off \\ D_2: Off \end{cases} : -2 < V_B < 2 \rightarrow V_O = V_B = 2 + 0.5V_I$$

$$\begin{cases} D_1: Off \\ D_2: ON \end{cases} : V_I > 2 \rightarrow V_O = 2V$$

$$\begin{cases} D_1: ON \\ D_2: Off \end{cases} : V_I < -2V \rightarrow V_O = -2V$$

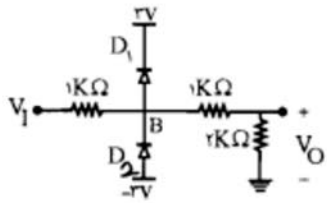
$$\begin{cases} D_1: off \\ D_2: Off \end{cases} : -2V < V_I < 2V \rightarrow V_O = V_I$$



۱۹- در مدار شکل م- ۱۹ دیودها را ایده آل فرض کنید.

الف) مشخصه انتقالی را رسم کنید ($-7V \leq V_I \leq 7V$)

ب) اگر جهت D_1 عوض شود مشخصه جدید را رسم نمایید.



شکل م- ۱۹

☑ (اه حل:

الف) ابتدا ولتاژ نقطه B را بر حسب V_I می نویسیم:

$$V_B = \frac{(1+2)k\Omega \times V_I}{(1+2)k\Omega + 1k\Omega} = \frac{3}{4}V_I$$

از تقسیم ولتاژ استفاده می کنیم:

$$V_* = \frac{2k\Omega \times V_B}{2k\Omega + 1k\Omega} = \frac{2}{3}V_B$$

برای اینکه دیود D_2 روشن باشد باید ولتاژ نقطه B از ۳V- کمتر باشد:

$$D_2: ON ; V_B < -3 \rightarrow \frac{3}{4}V_I < -3V_I < -4V$$

$$\rightarrow V_B = -3V \rightarrow V_* = \frac{2}{3} \times -3V = -2V$$

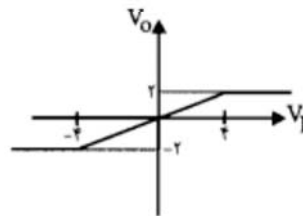
برای اینکه دیود D_1 روشن باشد باید ولتاژ نقطه B از ۳V+ بیشتر باشد:

$$D_1: ON ; V_B > 3V \rightarrow \frac{3}{4}V_I > 3V \rightarrow V_I > 4V \rightarrow V_B = 3V \rightarrow$$

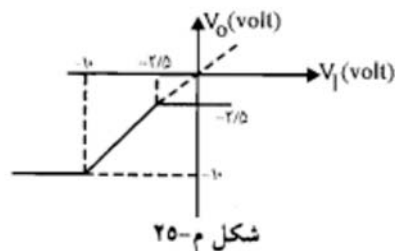
$$V_* = \frac{2}{3} \times 3 = 2V$$

و در حالتی که $3V- < V_B < 3V+$ باشد هر دو دیود خاموش می باشند:

$$D_1, D_2: Off ; -3V < V_B < 3V \rightarrow -4V < V_I < 4V \rightarrow V_* = \frac{2K\Omega \times V_I}{(2K\Omega + 1K\Omega + 1K\Omega)} = \frac{1}{3}V_I$$



۲۵- مشخصه انتقالی شکل م- ۲۵ را در نظر بگیرید. یک مدار برای مشخصه مذکور طراحی نموده و مقادیر قطعه‌های به کار رفته را مشخص نمایید. (از دیودهای ایده‌آل، مقاومت و منابع استفاده کنید).



✓ راه حل:

با توجه به شکل م- ۲۵ داریم:

وقتی V_I کوچکتر از $-1V$ است V_O مقدار ثابت می‌باشد

$$V_I < -1V \rightarrow V_O = -1V$$

تا به اینجا شکل مدار به صورت مقابل می‌باشد.

وقتی V_I بزرگتر از $-2/5V$ است V_O مقدار ثابت می‌باشد.

$$V_I > -2/5V \rightarrow V_O = -2/5V$$

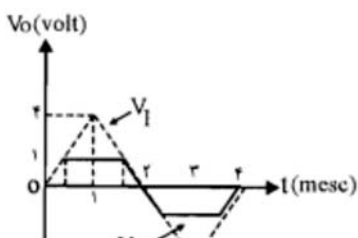
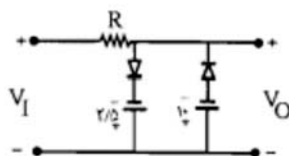
در این حالت مدار به صورت مقابل می‌باشد.

وقتی V_I بین این دو مقدار می‌باشد رابطه خطی $V_O = V_I$ برقرار می‌باشد.

$$-1V < V_I < -2/5V \rightarrow V_O = V_I$$

در حالت سوم هر دو دیود قطع هستند و همچنین یک مقاومت برای کنترل جریان و حفاظت دیودها

نیاز داریم، پس مداری کلی به صورت زیر می‌باشد.



شکل م- ۲۶

۲۶- مداری طراحی کنید که از شکل موج مثلثی ورودی نشان داده شده در شکل م- ۲۶، شکل موج ذوزنقه‌ای نشان داده شده را ایجاد نماید (از دیودهای ایده‌آل، مقاومت و منابع استفاده نمایید).

و برای اینکه D_1 روشن باشد و D_2 خاموش V_O باید از $6V$ کوچکتر باشد یعنی داریم:

$$V_O = \frac{V_I}{2} + \frac{3}{2} < 6V \Rightarrow V_I < 9V$$

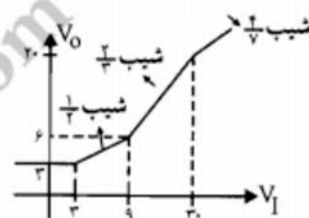
$$9V < V_I < 30V \rightarrow \begin{cases} D_1: \text{ON} \\ D_2: \text{Off} \\ D_3: \text{Off} \end{cases} \rightarrow V_O = V_I \times \frac{5}{5+2.5} = \frac{2}{3} V_I$$

برای اینکه D_2 همچنان خاموش باشد باید V_O کوچکتر از $20V$ باشد:

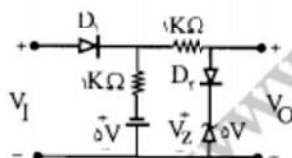
$$V_O = \frac{2}{3} V_I < 20 \rightarrow V_I < 30V$$

$$V_I > 30V \rightarrow \begin{cases} D_1: \text{ON} \\ D_2: \text{Off} \\ D_3: \text{ON} \end{cases} \rightarrow \frac{V_O - V_I}{2/5} + \frac{V_O - 20}{10} + \frac{V_O}{5} = 0$$

$$\rightarrow V_O = \frac{4}{5} V_I + \frac{20}{5}$$



۲۴- در مدار برش شکل م- ۲۴، مشخصه انتقالی را محاسبه و رسم نمایید (دیودها را ایده‌آل فرض کنید).

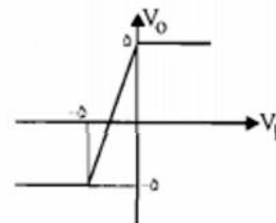


شکل م- ۲۴

$$V_I < -5V \rightarrow \begin{cases} D_1: \text{Off} \\ D_2: \text{Off} \end{cases} \rightarrow V_O = -5V$$

$$V_I > -5V \rightarrow \begin{cases} D_1: \text{ON} \\ D_2: \text{Off} \end{cases} \Rightarrow \frac{V_I + 5V}{1} + \frac{V_I - V_O}{1} = 0$$

$$\rightarrow V_O = 2V_I + 5$$



برای اینکه D_2 روشن شود باید V_O بزرگتر از $5V$ شود.

$$D_2: \text{ON} \rightarrow V_O > 5V \rightarrow 2V_I + 5V > 5 \rightarrow V_I > 0 \rightarrow V_O = 5V$$

✓ راه حل:

به ازای V_1 های بزرگتر و کوچکتر از یک مقدار خاصی مقدار V_O برابر ± 1 می شود پس قسمت زیر حتماً باید در مدار باشد:

$$\begin{aligned} & \begin{cases} D_1: \text{ON} \\ D_2: \text{Off} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_1 < -2V : V_O = -1V \\ V_1 > 2 : V_O = 1V \end{cases} \\ & \begin{cases} D_1: \text{Off} \\ D_2: \text{ON} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_1 < -2V : V_O = -1V \\ V_1 > 2 : V_O = 1V \end{cases} \end{aligned}$$

و در بقیه V_1 ها، V_O کسری از V_1 می باشد پس باید مقاومت های زیر را در مدار قرار دهیم تا تقسیم ولتاژ صورت گیرد.

$$\begin{aligned} & -2 < V_1 < 2 \Rightarrow V_O = \frac{1}{2} V_1 \Rightarrow \begin{cases} D_1: \text{Off} \\ D_2: \text{Off} \end{cases} \\ & V_O = \frac{R_2 V_1}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

مقادیر R_1 و R_2 با توجه به نسبت V_1 و V_O مشخص می شوند.

۲۷- در مدار شکل م- ۲۷، دیودها ایده آل هستند. مشخصه انتقالی را محاسبه و رسم نمایید.

✓ راه حل:

شرط ON بودن دیود D_2 به صورت زیر می باشد:

$$I_{D_2} > 0 \Rightarrow V_1 + 5 > 0 \Rightarrow V_1 < 5$$

و شرط ON بدن دیود D_1 نیز چنین می باشد:

$$I_{D_1} > 0 \Rightarrow I_{D_1} = I_1 - I_{D_2}$$

$$\Rightarrow I_{D_1} = \frac{V_1 - 2}{4} + \frac{V_1 - 5}{2} \Rightarrow I_{D_1} = \frac{3V_1 - 12}{4} > 0 \Rightarrow V_1 > 4V$$

پس برای اینکه دیود D_1 خاموش باشد باید $V_1 < 4V$ باشد. با توجه به مطالب بالا وقتی $V_1 < 4$ است D_1 خاموش و D_2 روشن می باشد.

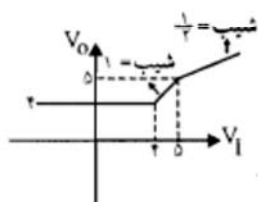
$$V_1 < 4V \rightarrow \begin{cases} D_1: \text{Off} \\ D_2: \text{ON} \end{cases} \rightarrow V_O = 5 - \frac{(5-2) \times 2K\Omega}{2+4} = 5-1 = 4V$$

وقتی V_1 از $4V$ بزرگتر می شود D_1 نیز روشن می گردد

$$4V < V_1 < 5V \rightarrow \begin{cases} D_1: \text{ON} \\ D_2: \text{ON} \end{cases} \rightarrow V_O = V_1 = 5V$$

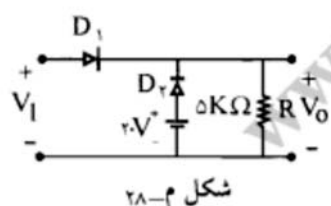
و D_2 تا وقتی روشن می باشد که V_1 از $5V$ کوچکتر باشد وقتی V_1 از $5V$ بزرگتر می شود D_2 خاموش می شود.

$$V_1 > 5V \rightarrow \begin{cases} D_1: \text{ON} \\ D_2: \text{Off} \end{cases} \rightarrow V_O = 5 + \frac{V_1 - 5}{2+2} \times 2 = 2/5 + \frac{1}{2} V_1$$



۲۸- در مدار برش شکل م- ۲۸، برای دیودهای مدار $R_f = 20\Omega$ ، $R_r = \infty$ و $V_{\gamma} = 0$ است.

الف) مشخصه انتقالی را رسم نمایید. نشان دهید که مدار دارای یک نقطه شکست گسترش یافته (دو نقطه شکست نزدیک به هم) است.



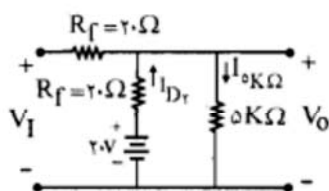
ب) با فرض تعویض دیود D_2 با یک مقاومت $5K\Omega$ ، مشخصه انتقالی را به دست آورید.

ج) نشان دهید در صورتی که R_f دیود خیلی کوچکتر از R باشد، دو نقطه شکست بند (الف) به یک نقطه شکست

بند (ب) تبدیل می شود.

✓ راه حل:

الف) فرض می کنیم D_1 و D_2 روشن باشند در این صورت داریم:



$$V_O \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_f} + \frac{1}{R_f} \right) = \frac{V_1}{R_f} + \frac{2}{R_f} \Rightarrow V_O (2R + R_f) = R V_1 + 2R \Rightarrow V_O = \frac{R}{2R + R_f} V_1 + \frac{2R}{2R + R_f}$$

$$\rightarrow I_{EQ} = \frac{1 - 0.7}{0.7 + \frac{0.7}{100}} = \frac{0.3}{0.7 + 0.007} = 0.3/0.707 \text{ mA}$$

$$\rightarrow I_{CQ} = 0.3/0.707 \text{ mA}$$

برای اینکه دامنه نوسان متقارن حداکثر شود باید:

$$V_{CEQ} = \frac{V_x - 0.7}{2} \quad (I)$$

$$\text{KVL: } V_{CEQ} = V_{CC} - (R_C + R_E)I_C = 10 - (0.7 + R_C) \times 0.3/0.707 \quad (II)$$

$$V_x = V_{CE} = V_{CEQ} = -R_{ac}(I_C - I_{CQ})$$

$$V_x = 0 \rightarrow I_C = 0 \rightarrow V_x = R_{ac}I_{CQ} + V_{CEQ} \quad (III)$$

$$R_{ac} = 1K\Omega \parallel R_C = \frac{R_C}{1 + R_C}$$

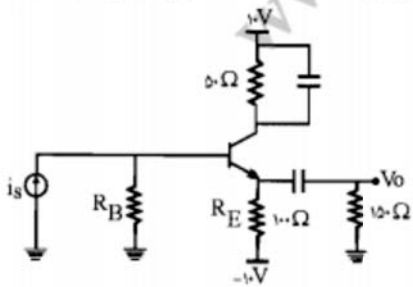
(II) و (III) را در رابطه (I) قرار می‌دهیم:

$$10 - 0.3/0.707(0.7 + R_C) = \frac{\left(\frac{R_C}{1 + R_C}\right) \times 0.3/0.707 + 10 - (0.7 + R_C) \times 0.3/0.707 - 0.7}{2}$$

این معادله یک معادله درجه (۲) می‌باشد که با حل آن مقدار $R_C = 2/83 K\Omega$ به دست می‌آید.

۲- در مدار شکل م-۲، با فرض $R_B \ll \beta R_E$ ، نقطه کار را به دست آورده، خط بارها را رسم نمایید.

حداکثر دامنه نوسان متقارن V_o را مشخص کنید.



شکل م-۲

$$\text{KVL: } V_{CEQ} = V_{CC} - V_{EE} - (R_C + R_E)I_{CQ} \quad (I)$$

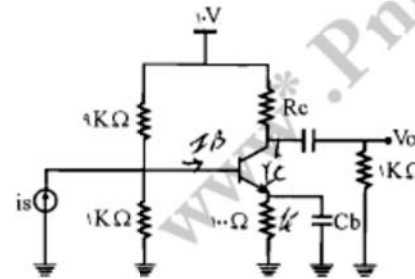
$$I_{CQ} = ? \rightarrow V_{EE} \text{ و } R_E \text{ و } V_{BE} \text{ و } R_B \text{ در حلقه KVL:}$$

$$\rightarrow \frac{R_B}{\beta} I_{CQ} + 0.7 + R_E I_E - 10 = 0 \rightarrow I_{CQ} = \frac{9.3}{R_E + \frac{R_B}{\beta}}$$

☑ راه حل:

فصل ۵ طراحی مدارهای بایاس ترانزیستور

۱- در مدار شکل م-۱، با فرض $\beta = 100$ و $V_{CE(sat)} = 0.2V$ ، مقدار R_C را طوری تعیین نمایید که دامنه نوسان متقارن ولتاژ V_o حداکثر شود.



شکل م-۱

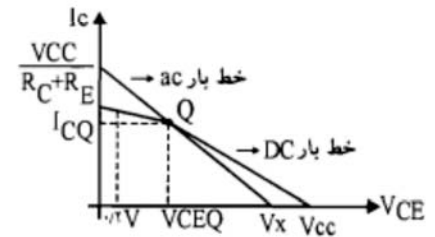
☑ راه حل:

مدار معادل ورودی به صورت زیر می‌باشد:

$$\begin{cases} V_{th} = \frac{10V \times 1K\Omega}{1K\Omega + 9K\Omega} = 1V \\ R_{th} = 1K\Omega \parallel 9K\Omega = \frac{9}{10} = 0.9K\Omega \end{cases}$$

$$I_{EQ} \approx I_{CQ}$$

$$I_{EQ} = \frac{V_{th} - 0.7}{R_E + \frac{R_{th}}{\beta}}$$



✓ راه حل:

معادله خط بار DC:

$$\text{KVL: } V_{CEQ} = V_{CC} - (R_C + R_E) I_C = 10 - (2 + 0.5) I_C \quad (I)$$

$$\text{KVL: } 10 - 2(1 + \beta) I_B - 200 I_B - 0.7 - 0.5(1 + \beta) I_B = 0$$

$$\rightarrow I_B = \frac{10 - 0.7}{(2 + 0.5) \times 4 / 1 + 200} = 7/7 \text{ mA} \rightarrow I_{CQ} = \beta I_B = 400 \times 7/7 \mu\text{A} = 3/0.8 \text{ mA}$$

$$(I) \rightarrow V_{CEQ} = 10 - 2/5 \times 3/0.8 = 2/3 \text{ V}$$

$$R_{ac} = 2 \text{ K}\Omega \parallel 100 \text{ K}\Omega = \frac{2 \times 100}{2 + 100} = 1/96 \text{ K}\Omega$$

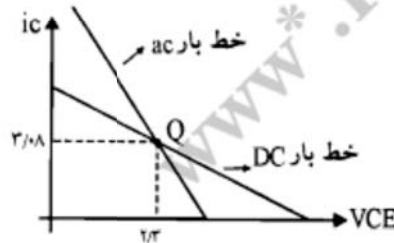
$$\text{ac بار خط: } V_{CE} - V_{CEQ} = -R_{ac} (i_C - 3/0.8)$$

$$V_{CE} = 0 \rightarrow i_C = 4/26 \text{ mA}$$

$$i_{C \max} = i_C - I_{CQ} = 4/26 - 3/0.8 = 1/18 \text{ mA}$$

حداکثر دامنه نوسان متقارن جریان کلکتور

مختصات نقطه کار:



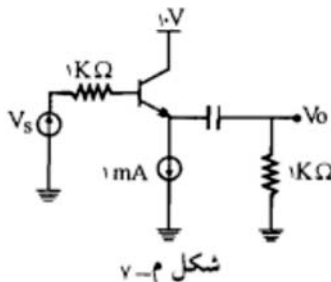
$$\begin{cases} I_{CQ} = 3/0.8 \text{ mA} \\ V_{CEQ} = 2/3 \text{ V} \end{cases}$$

۷- در مدار شکل م- ۷، حداکثر دامنه ولتاژ ورودی V_s برای هر یک از حالت‌های زیر با فرض

$V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ و $V_{CE}(\text{sat}) = 0.2 \text{ V}$ و $\beta = \infty$ چقدر می‌تواند باشد؟

(الف) در سیکل منفی ولتاژ خروجی برش ایجاد شود.

(ب) در سیکل مثبت ولتاژ خروجی برش ایجاد شود.

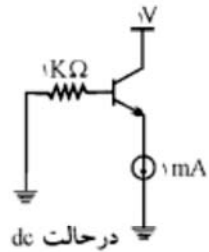


شکل م-۷

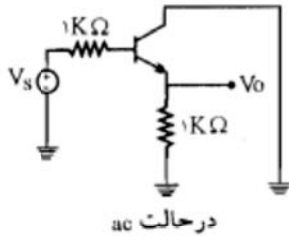
✓ راه حل:

الف) مدار معادل DC و ac را رسم می‌کنیم:

$$I_{CQ} = 1 \text{ mA}$$



در حالت dc



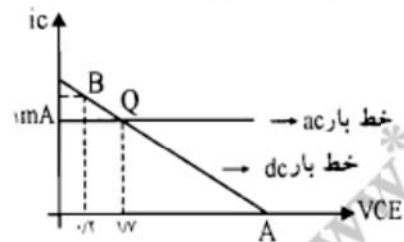
در حالت ac

$$\text{DC بار خط: } V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$$

در مدار dc: $V_B = 0$ چون $I_B = 0$ (می‌باشد). پس داریم:

$$V_{CE} = V_C - V_B + V_{BE} = 10 - 0 + 0.7 = 1/7 \text{ V}, \quad I_{CQ} = 1 \text{ mA} = I_E$$

$$\text{ac بار خط: } V_{ce} = -1 \times i_C = -i_C$$



برای اینکه سیگنال برش نخورد باید: $V_{CE}(B) \leq V_{CE} \leq V_{CE}(A)$ که نقاط A و B محل تلاقی خط بار

ac با $V_{CE} = 0.7$ و $i_C = 0$ می‌باشد:

$$\text{نقطه A: } i_C = 0$$

$$\text{نقطه B: } V_{CE} = 0.7$$

$$\Rightarrow V_{CE} - V_{CEQ} = -(i_C - I_{CQ})$$

$$\begin{cases} V_{CEQ} = 1/7 \text{ V} \\ I_{CQ} = 1 \text{ mA} \end{cases} \quad \begin{cases} V_{CE}(B) = 0.7 \\ V_{CE}(A) = V_{CE}(Q) + I_{CQ} = 1/7 + 1 = 2/7 \end{cases}$$

$$V_{CE} = V_{ce} + V_{CEQ} \quad \text{از طرفی } 0.7 \leq V_{CE} \leq 2/7$$

$$\Rightarrow 0.7 \leq V_{ce} + V_{CEQ} \leq 2/7 \Rightarrow 0.7 \leq V_c - V_e + 1/7 \leq 2/7$$

در مدار معادل ac داریم: $V_c = V_s$ و $V_c = 0$

$$\Rightarrow 0/2 \leq 0 - V_s + 1/V \leq 2/V \Rightarrow 0/2 \leq -V_s + 1/V \leq 2/V$$

پاسخ خواسته شده به صورت زیر می باشد:

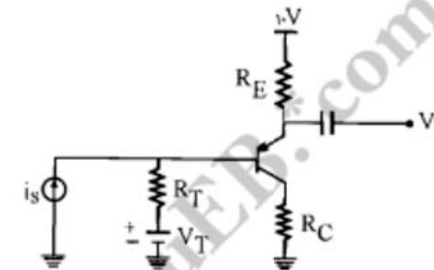
الف) $V_s \geq 1$ در سیکل منفی: $-V_s + 1/V \leq 2/V \Rightarrow V_s \geq -1$

ب) $V_s \leq 1/5$ در سیکل مثبت: $-V_s + 1/V \geq 0/2 \Rightarrow V_s \leq 1/5$

۸- در مدار بیس مشترک شکل م-۸ با شرط پایداری نقطه کار نسبت به تغییرات β و اینکه نقطه کار

وسط خط بار ac قرار داشته باشد، نشان دهید:

$$\frac{R_C}{R_E} = \frac{V_T}{2(9/3 - V_T)}$$



۹- برای تقویت کننده شکل م-۹ با فرض $V_{BE} = 0.7V$ و $V_{CE(sat)} = 0.2V$ حداکثر ولتاژ مثبت و منفی خروجی چقدر است؟

✓ (۹ه حل:

حداکثر دامنه ولتاژ مثبت و منفی از روابط زیر به دست می آید:

$$\begin{cases} V_+^* = V_{CE \max} - V_{CEQ} \\ V_-^* = V_{CEQ} - V_{CE(sat)} \end{cases} \quad (I)$$

با توجه به این روابط مشخص می شود که باید معادله خط بار DC و ac را مشخص کنیم.

مختصات نقطه کار:

$$\begin{cases} I_{CQ} = 1mA \\ V_C = 10 - R_C I_C = 10 - 7 \times 1 = 3V \\ V_{BE} = V_B - V_E \rightarrow 0.7V = 0 - V_E \rightarrow V_E = -0.7V \end{cases} \rightarrow V_{CEQ} = V_C - V_E = 4.7V$$

$$\text{ac بار: } V_{Ce} - V_{CEQ} = -R_{ac}(i_C - I_{CQ}) \quad (II)$$

$$\text{از طرفی: } R_{ac} = 7K\Omega \parallel 1K\Omega = \frac{7K\Omega \times 1K\Omega}{7K\Omega + 1K\Omega} = 0.875K\Omega$$

$$(II) \rightarrow V_{Ce} - 4.7V = -0.875(i_C - 1) \rightarrow V_{Ce \max} = ?$$

$V_{Ce \max}$ وقتی به دست می آید که $i_C = 0$ باشد.

$$\rightarrow V_{Ce \max} = 3.7V + 0.875V = 4.575V$$

سپس با استفاده از روابط (I) داریم:

$$\begin{cases} V_+^* = 4.575 - 3.7V = 0.875V \\ V_-^* = 3.7V - 0.2 = 3.5V \end{cases}$$

۱۰- در شکل م-۱۰، برای ترانزیستور $40 < \beta < 60$ و $V_{BE} = 0.7V$ است. R_E و R_C را طوری