# بسم الله الرحمن الرحیم

# عنوان درس : الکترونیک ۱

مدرس : دکتر مهرداد طهماسبی

## شیوه ارزیابی :

1. امتحان پایان ترم ۱۵ نمره
2. حل تمرین ۵ نمره

ارتباط با مدرس : IAU.TAHMASEBI@GMAIL.COM

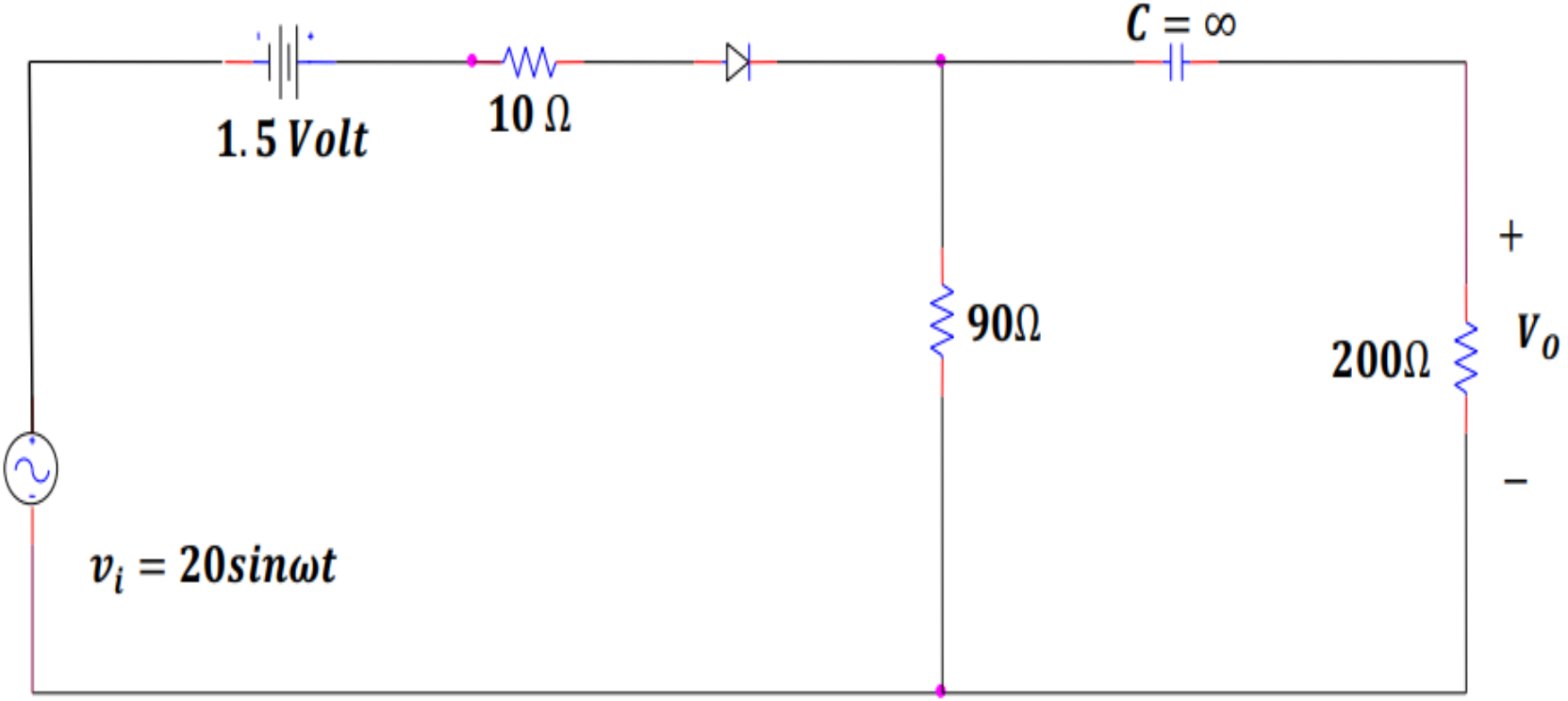
## ❖ مدارهای مقاومتی خطی شامل منابع $DC$ , $AC$ :

در حل این مدارها ابتدا باید تحلیل $DC$ به کمک مراحل سه گام ، را انجام داد تا اینکه نقطه کاری دیود را پیدا نماییم و سپس به کمک نقطه کاری دیود مقاومت دینامیکی را محاسبه کرده و در تحلیل $AC$ جایگزین دیود نموده و سپس مجهولات مسئله را پیدا می نماییم .

$$r_d = \frac{\eta V_T}{I_{DQ}}$$

مثال ٤) در مدار شکل زیر مفروضات داده شده است مطلوبست محاسبه نقطه کاری دیود و $V_O$ ؟

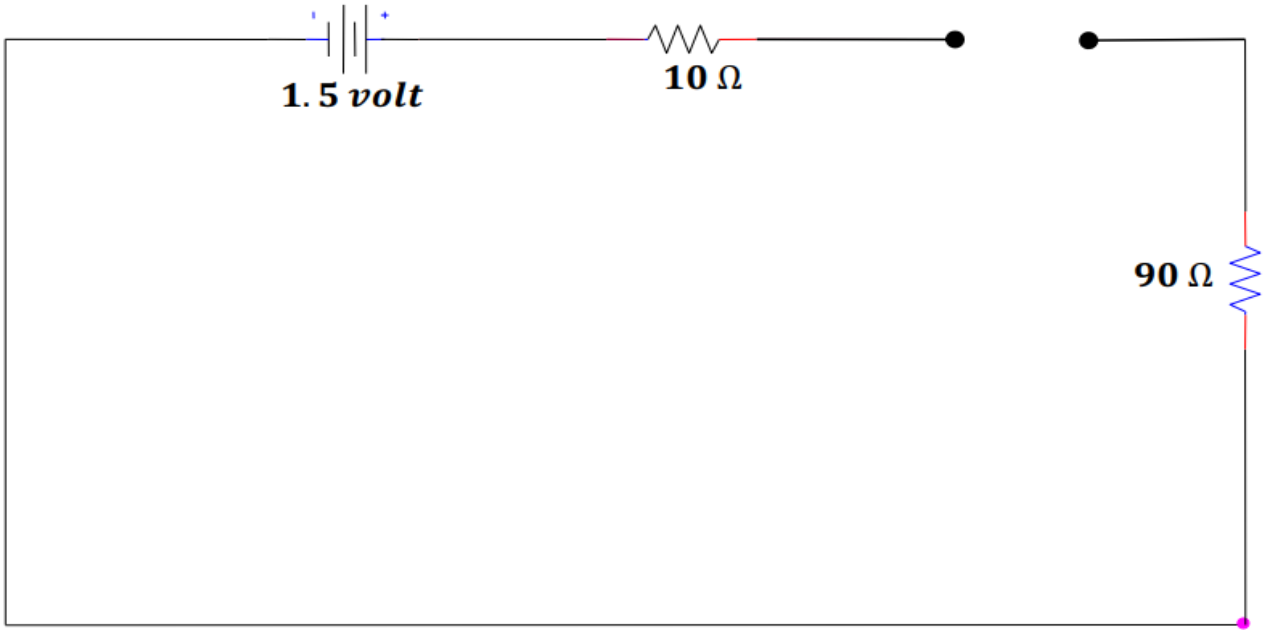
مفروضات مسئله : دیود از جنس سیلکن ، $\eta V_T = 26\,mV$ ، $I_S = 10\,\mu A$



حل : در حل این سوال به بیان یادآوری درسی تحلیل مدارهای دیودی شامل منابع $AC$ & $DC$ خواهیم پرداخت .در حل این طور مسائل ابتدا باید تحلیل $DC$ را انجام داد تا اینکه نقطه کاری دیود را پیدا نماییم و سپس به کمک نقطه کاری دیود مقاومت دینامیکی را محاسبه کرده و در تحلیل $AC$ جایگزین دیود نمود و سپس مجهولات مسئله را پیدا نماییم .

الف ) تحلیل $DC$ :

در تحلیل $DC$ ، منابع $AC$ خاموش و هم چنین خارنها در حالت مدار باز خواهند بود پس شکل مداری به صورت نشان داده شده در زیر خواهد بود :



در مدار شکل زیر به کمک مراحل سه گام خواهیم داشت :

$$R_{th} = 90 + 10 = 100\,\Omega \qquad \& \qquad v_{th} = 1.5\,Volt$$

$$I_D = \frac{V_{th} - V_D}{R_{th}} = \frac{1.5 - V_D}{0.1\,k} = 2 - V_D \quad , \quad \text{خط بار } DC \left(\text{معادله شماره } 1\right)$$

$$I_D = I_S\left(e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - 1\right) \Rightarrow V_D = \eta V_T ln\left(\frac{I_D}{I_S}\right) \Rightarrow V_D = 26.ln\left(\frac{I_D}{10\mu A}\right) \left(\text{معادله شماره } 2\right),$$

بعد از حل عددی معادلات شماره ۱ و۲، نقطه کار دیود به صورت زیر یافت می شود .

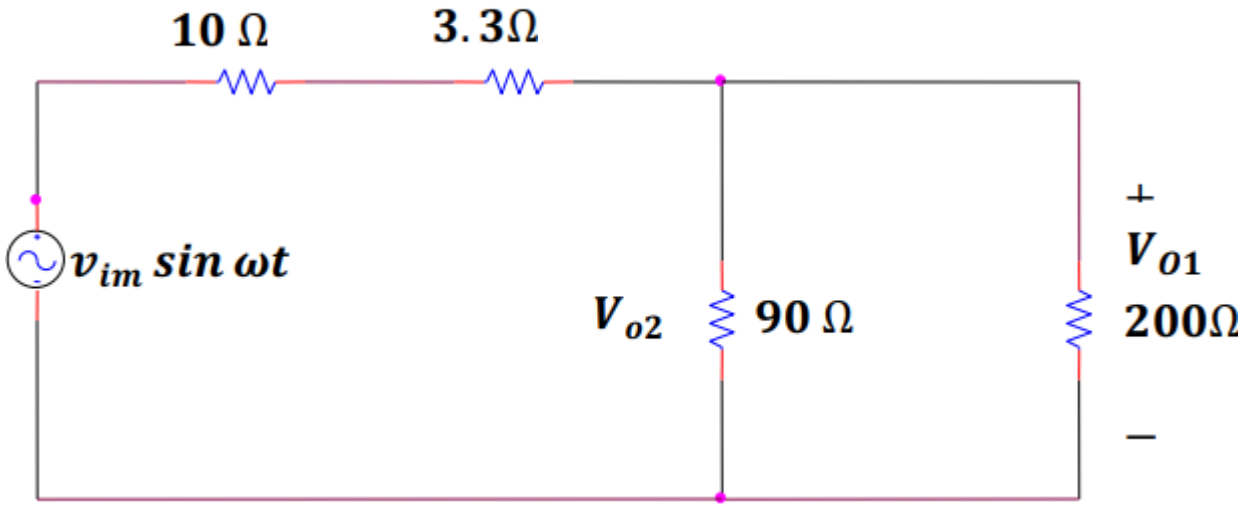
$$Q(I_D = 7.5\,mA\,, V_D = 0.75\,volt)$$

ب ) تحلیل $AC$ :

در تحلیل $AC$ احتیاج به مقاومت دینامیکی خواهیم داشت به کمک قسمت الف حل داریم :

$$Q(I_D = 7.5\,mA\,, V_D = 0.75\,volt) \Rightarrow r_d = \frac{\eta V_T}{I_{DQ}} = \frac{26\,mv}{7.5\,mv} = 3.3\,\Omega$$

مدار در تحلیل $AC$ به صورت زیر خواهد بود .




$$V_O(t) = V_O(DC) + V_O(AC) = 0 + V_O(AC) = V_O(AC)$$

$$V_O(t) = V_O(DC) + V_O(AC) = 0 + V_O(AC) = V_O(AC)$$

$$V_O\,(AC) = \frac{V_{im}\,sin\,\omega t\,(90||200)}{(90||200) + 10 + 3.3} = 17\,sin\,\omega t$$

$$V_{01}\,(t) = 0 + 17\,sin\,\omega t = 17\,sin\,\omega t$$

$$V_{02}\,(t) = I_{DQ} * 90 + 17 sin\,\omega t = 675\,mv + 17\,sin\,\omega t$$

نکتــه : در برخــی از ســوالات ممکــن اســت بــه جــای مقــادیر $\eta V_T$ و $I_S$ ، دو نقطــه تســت بــرای دیــود داده باشند . در این صورت از رابطه زیر مقادیر $\eta V_T$ و $I_S$ را محاسبه می کنیم .

$$\eta V_T = \frac{V_{D1} - V_{D2}}{ln\left(\frac{I_{D1}}{I_{D2}}\right)} \qquad ,V_{D1} = \eta V_T ln\left(\frac{I_{D1}}{I_S}\right)$$

اثبات : تصور کنید دو نقطه تست داده شده به صورت زیر مفروض باشند .

$$Q_1(I_{D1}, V_{D1}) \quad , \quad Q_2(I_{D2}, V_{D2})$$

| $V_D$ | $I_D$ | $V_D = \eta V_T ln\left(\frac{I_D}{I_S}\right)$ |
|---|---|---|
| $V_{D1}$ | $I_{D1}$ | $V_{D1} = \eta V_T ln\left(\frac{I_{D1}}{I_S}\right)$ , معادله شماره 1 |
| $V_{D2}$ | $I_{D2}$ | $V_{D2} = \eta V_T ln\left(\frac{I_{D2}}{I_S}\right)$ , معادله شماره 2 |

$$V_{D1} - V_{D2} = \eta V_T \left[\left(ln\left(\frac{I_{D1}}{I_S}\right) - ln\left(\frac{I_{D2}}{I_S}\right)\right)\right] = \eta V_T \left[ln\left(\frac{\frac{I_{D1}}{I_S}}{\frac{I_{D2}}{I_S}}\right)\right] = \eta V_T ln\left(\frac{I_{D1}}{I_{D2}}\right)$$

$$\Rightarrow V_{D1} - V_{D2} = \eta V_T ln\left(\frac{I_{D1}}{I_{D2}}\right)$$

تـــذکر : بـــا جایگـــذاری $\eta V_T$ در یکـــی از معـــادلات شـــماره ۱ و یـــا ۲ مـــی تـــوان مقـــدار $I_S$ را محاســـبه کرد .

# ➢ مدل های تقریبی دیود

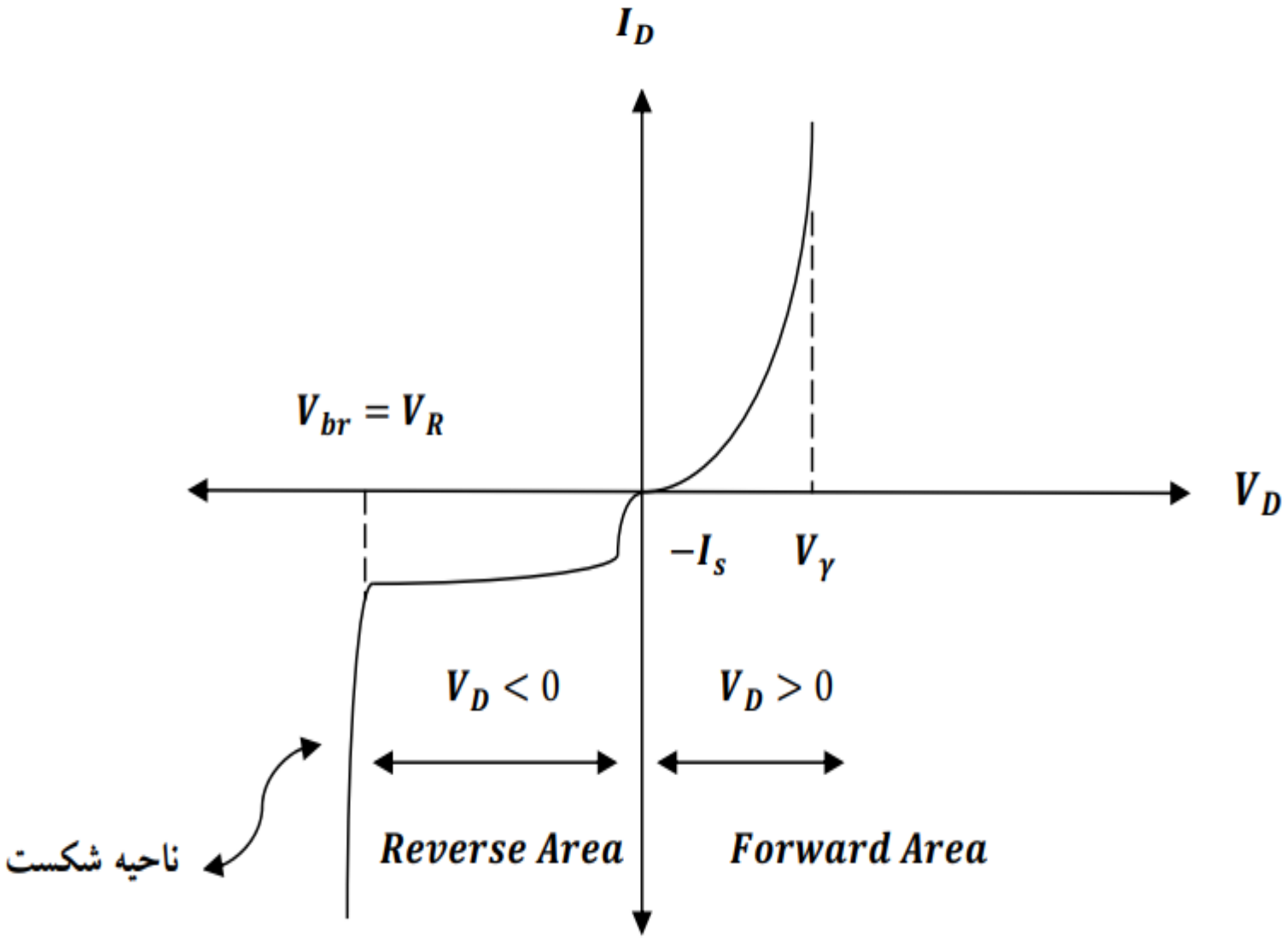
در این قسمت به تحلیل مدارهایی خواهیم پرداخت که شامل بیش از یک دیود هستند .به عبارت کامل تر هر گاه بخواهیم یک مدار خطی شامل بیش از یک دیود را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهیم باید از مدل های تقریبی دیود ها کمک بگیریم . برای این منظور به مدل های تقریبی دیود در زیر توجه کنید :

## ۱) مدل ایده آل

اولین مدل تقریبی را که برای دیود برای شما معرفی می کنیم، مدل تقریبی ایده آل برای دیود می باشد .

قوانین این مدل تقریبی به قرار زیر است :

ابتدا قبل از اینکه قوانین این مدل تقریبی را ارئه کنیم بهتر است، یادآوری درباره با رابطه کلی و دیود و منحنی آن داشته باشیم .


$I_D$
$V_{br} = V_R$
$V_D$
$-I_s$
$V_\gamma$
$V_D < 0$
$V_D > 0$
ناحیه شکست
Reverse Area
Forward Area

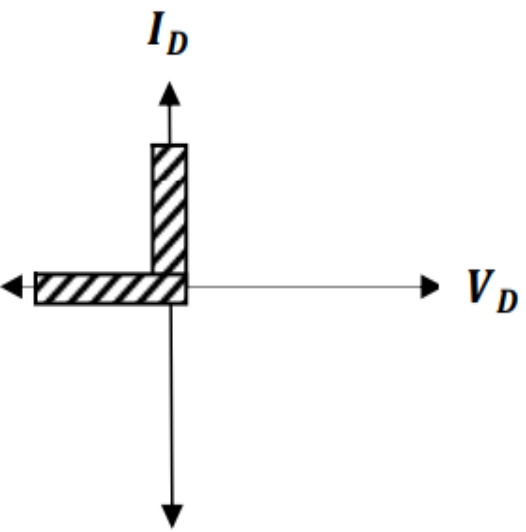
## ✓ رابطه کلی برای دیود

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

## قوانین مدل تقریبی ایده آل :

تقریب ایده آل $\Rightarrow$

- $i_D > 0 \Rightarrow V_D = 0 \Rightarrow ON : Diode \Rightarrow$ اتصال کوتاه : $Short\ Circuit$
- $V_D < 0 \Rightarrow I_D = 0 \Rightarrow OFF : Diode \Rightarrow$ مدار باز : $Open\ Circuit$




نکته :

مدار باز یعنی :

اتصال کوتاه یعنی :

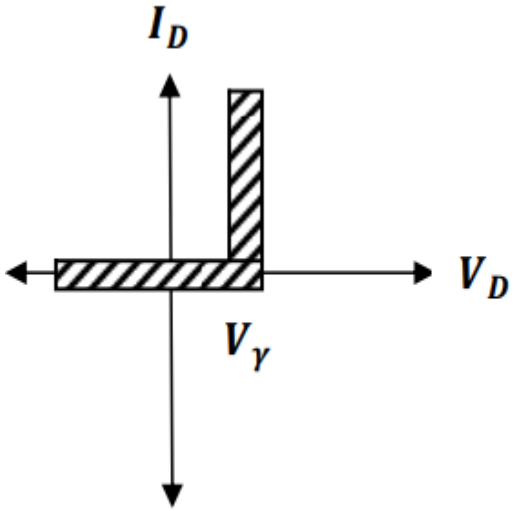
## ۲) مدل تکه ای – خطی :

قوانین حکفرما بر این مدل :

مدل تکه ای – خطی $\Rightarrow$

$i_D > 0 \Rightarrow V_D = V_\gamma \Rightarrow ON : Diode \Rightarrow$ منبع ولتاژ $V_\gamma$

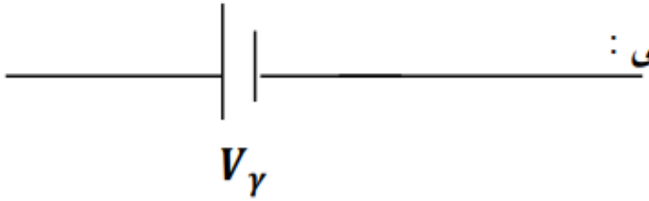
$V_D < V_\gamma \Rightarrow I_D = 0 \Rightarrow OFF : Diode \Rightarrow$ مدار باز : $Open\ Circuit$




نکته :

مدار باز یعنی :

منبع ولتاژ $V_\gamma$ یعنی :



## مدل سوم :

## قوانین مکمفرما بر این مدل :

مدل سوم $\Longrightarrow$
$$\begin{cases} i_D > 0 \implies V_\gamma \; And \; R_f \Rightarrow ON : Diode \Longrightarrow R_f \text{ مقاومت } V_\gamma \text{ و منبع ولتاژ} \\ V_D < V_\gamma \implies OFF : Diode \implies R_r \text{ مقاومت} \end{cases}$$

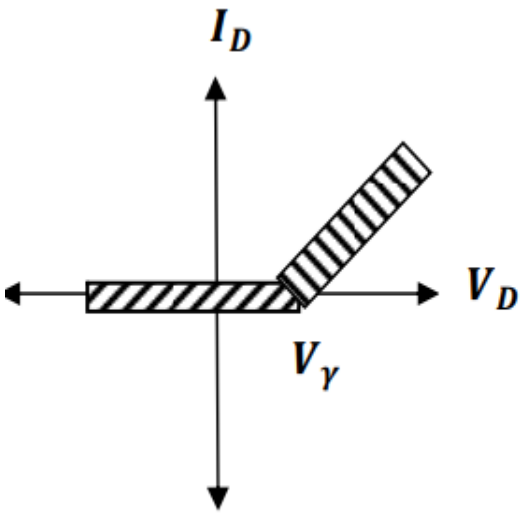
تذکر : مقاومت $R_r$ ، مقاومتی است که در دیود در ناحیه معکوس از خود نشان می دهد و این مقاومت دارای مقدار خیلی بزرگ در حد مگا اهم می باشد . ولی مقاومت $R_f$، مقاومتی است که دیود در ناحیه مستقیم از خود نشان می دهد و دارای مقدار بسیار کوچکی در حد ۲۰ الی ۳۰ اهم می باشد .

## مدل چهارم :

## قوانین حکمفرما بر این مدل :

مدل چهارم $\Rightarrow$

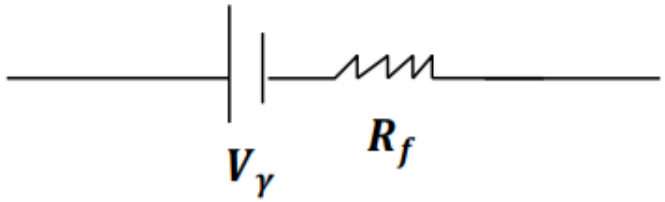
- $i_D > 0 \Rightarrow V_\gamma \; And \; R_f \Rightarrow ON : Diode \Rightarrow$ منبع ولتاژ $V_\gamma$ و مقاومت $R_f$
- $V_D < V_\gamma \Rightarrow I_D = 0 \Rightarrow OFF : Diode \Rightarrow$ باز مدار : $open\ circuit$




نکته :

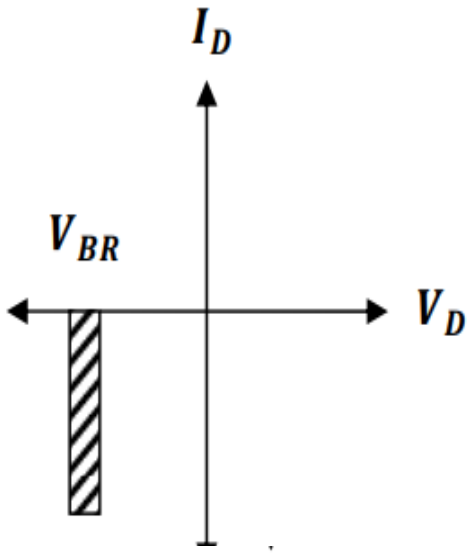
مدار باز یعنی :

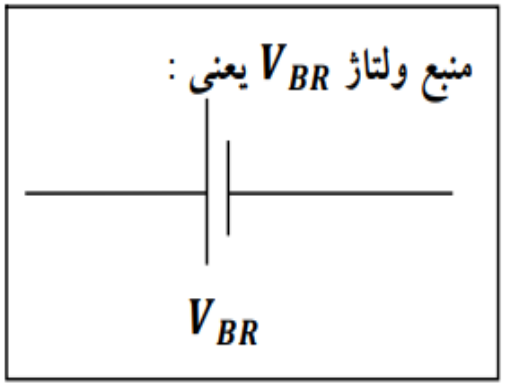
منبع ولتاژ $V_\gamma$ و مقاومت $R_f$ یعنی :



مدل پنجم : مدل تقریبی دیود در ناحیه شکست :

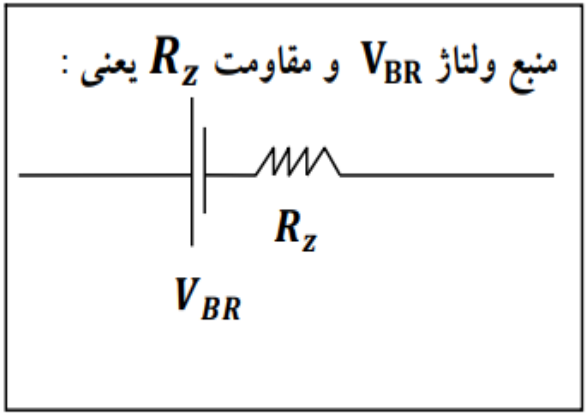
قوانین حکمفرما در این مدل :

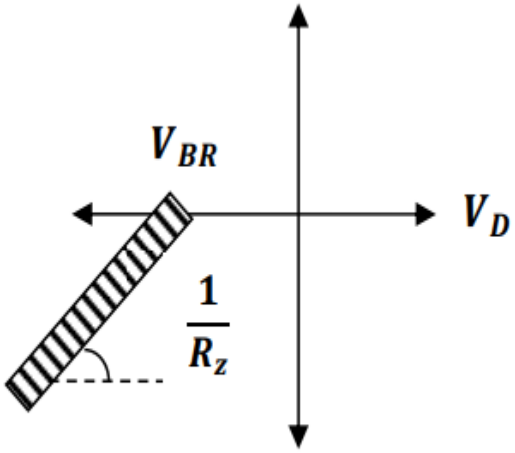



$Diode \Rightarrow V_{BR}$ منبع ولتاژ

حالت دوم در این مدل :



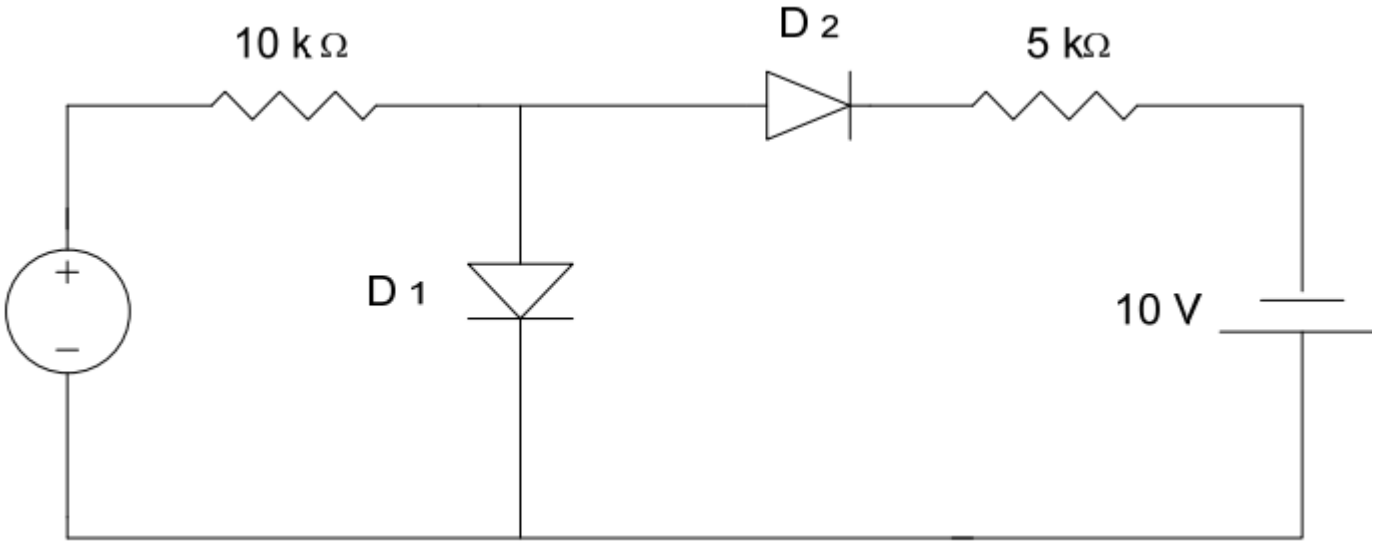



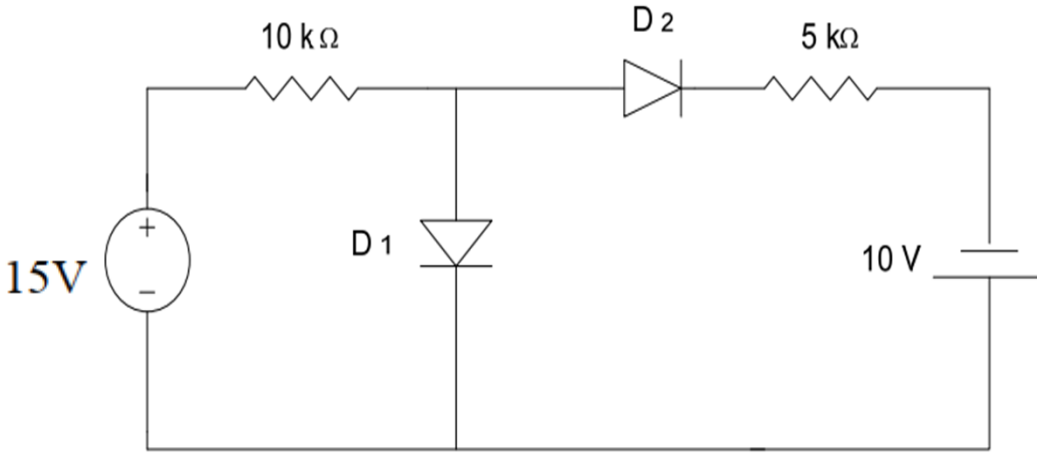

$Diode \Rightarrow V_{BR} \,\&\, R_z$

مثال ۶ : در مدار شکل زیر نقطه کار هریک از دیود ها را تعیین نمائید

الف ) از تبدیل به دیود ایده آل استفاده کنید .

ب ) از تبدیل به دیود با $V\gamma = 0/7$ استفاده کنید :






حل : ابتدا همه حالت های دیودها را می نویسیم :

| حالت / دیود | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ |
|---|---|---|---|---|
| D1 | ON | ON | Off | Off |
| D2 | ON | Off | ON | Off |

D1 : منبع 15V سعی می کند دیود D1 را روشن کند ولی منبع 10V سعی دارد دیـود را خـاموش کنـد پـس نمی توان در مورد D1 نظر قطعی دارد .

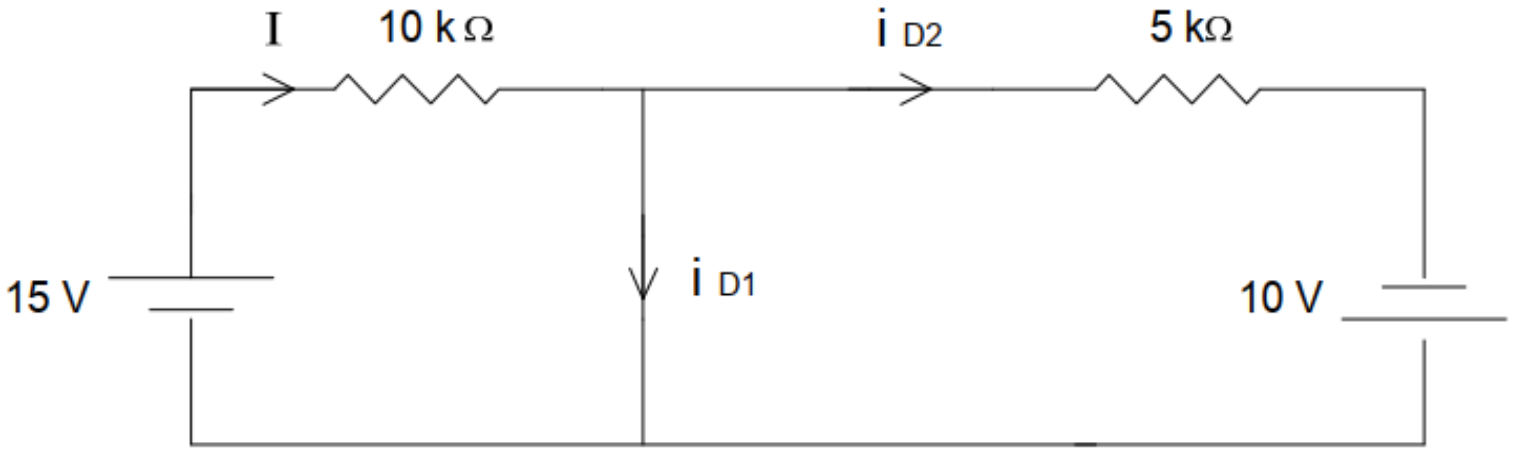
D2 : هم منبع 15V و هم منبع 10V سعی دارند دیود D2 را روشن کنند پس دیود D2 همیشه روشن است .

از توضیحات بالا نتیجه می گیریم که فقط باید حالات ۱ و ۳ را بررسی کرد چون D2 همیشه روشن است .

ابتدا فرض می کنیم که حالت ۱ بر قرار است .

از توضیحات بالا نتیجه می گیریم که فقط باید حالات ۱ و ۳ را بررسی کرد چون D2 همیشه روشن است .

ابتدا فرض می کنیم که حالت ۱ بر قرار است .



$$I = \frac{15-0}{10k} = 1/5mA$$

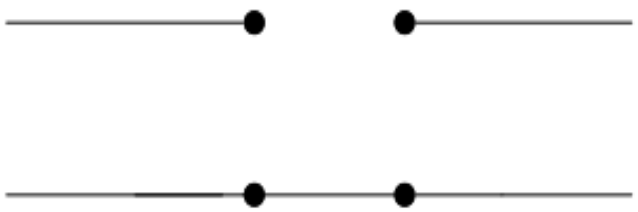
با توجه به اینکه دیود ایده آل هستند برای روشن شدن دیودها باید جریان دیودها مثبت باشند در غیر اینصورت دیود خاموش است .

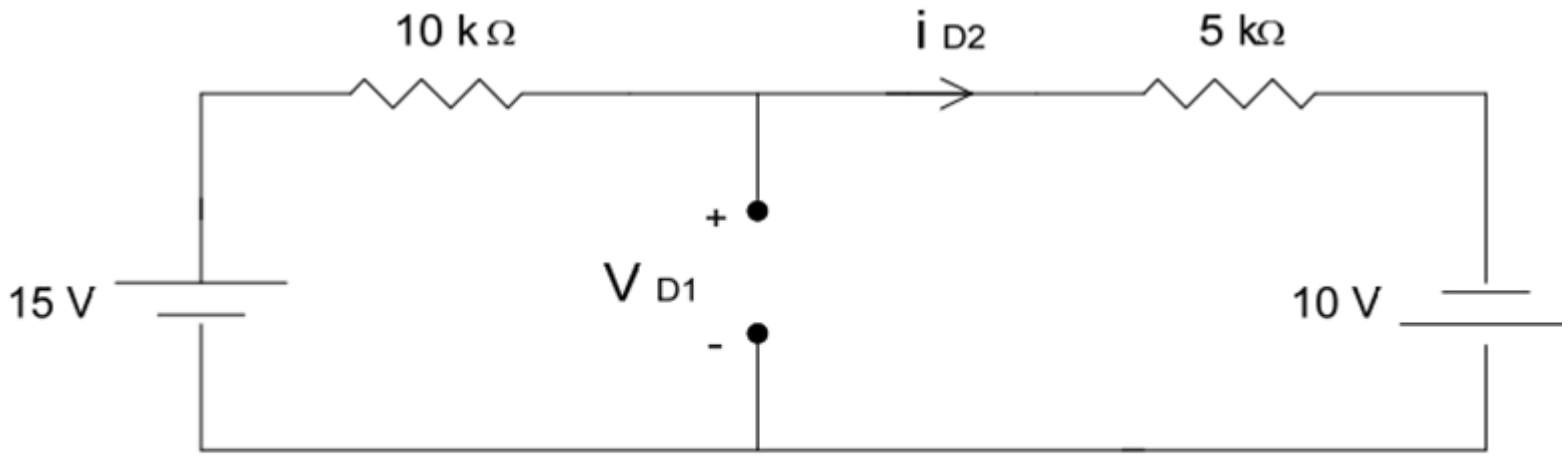
$$i_{D2} = \frac{0-(-10)}{5} = 2mA > 0$$

$$I_{D1} = I - i_{D2} = 1/5 - 2 = -0/5mA$$

D1 : OFF

D2 : ON





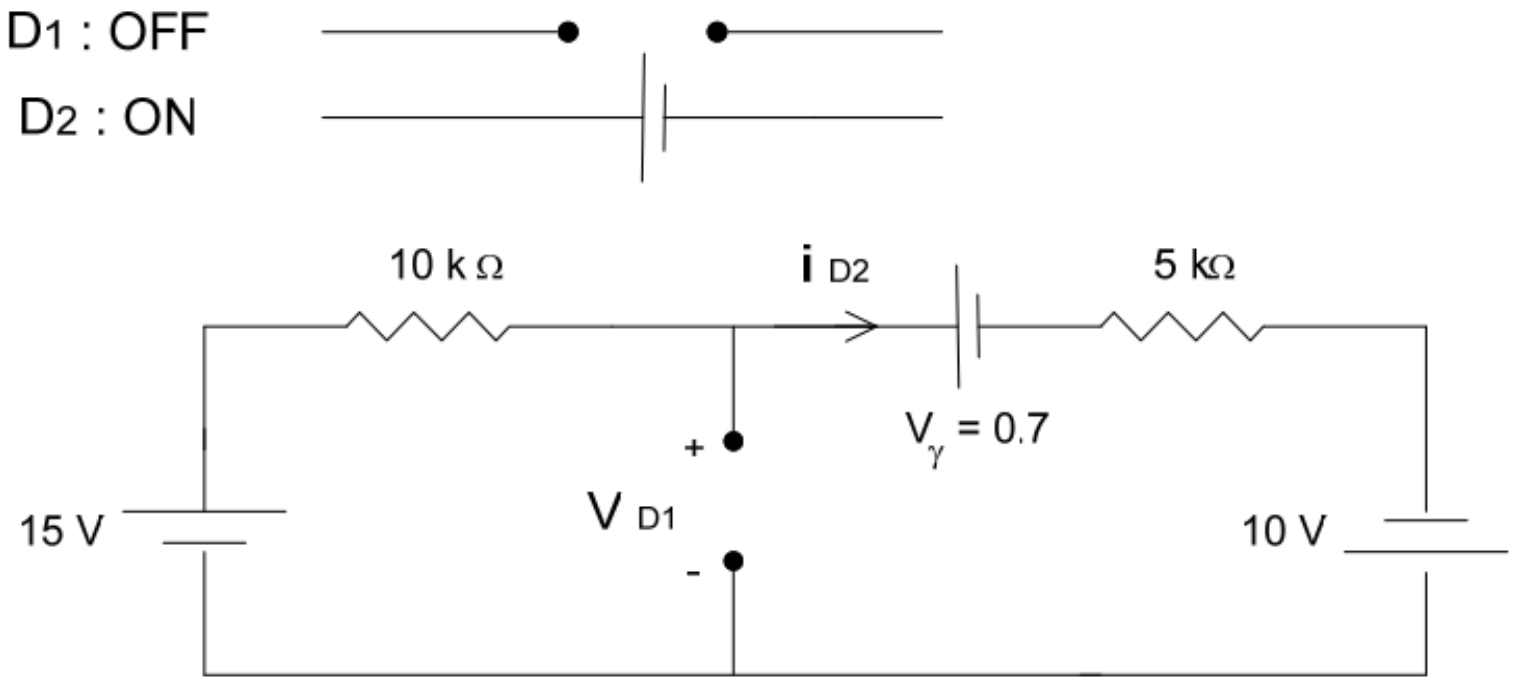

$$KVl1: -15+10i_{D2}+5i_{D2}-10=0 \Rightarrow i_{D2}=\frac{25}{15}=\frac{5}{3}>0$$

فرض D2:on درست است

$$KVl\,\mathbf{2}: -15+10i_{D2}+V_{D1}=0 \Rightarrow V_{D1}=15-(10\times\frac{5}{3})=-\frac{5}{3}<0$$

فرض D1:off درست است

ب ) می دانیم که D1:off و D2:on است




کلی KV1 : $-15+10i_{D2}+0/7+5i_{D2}-10=0$

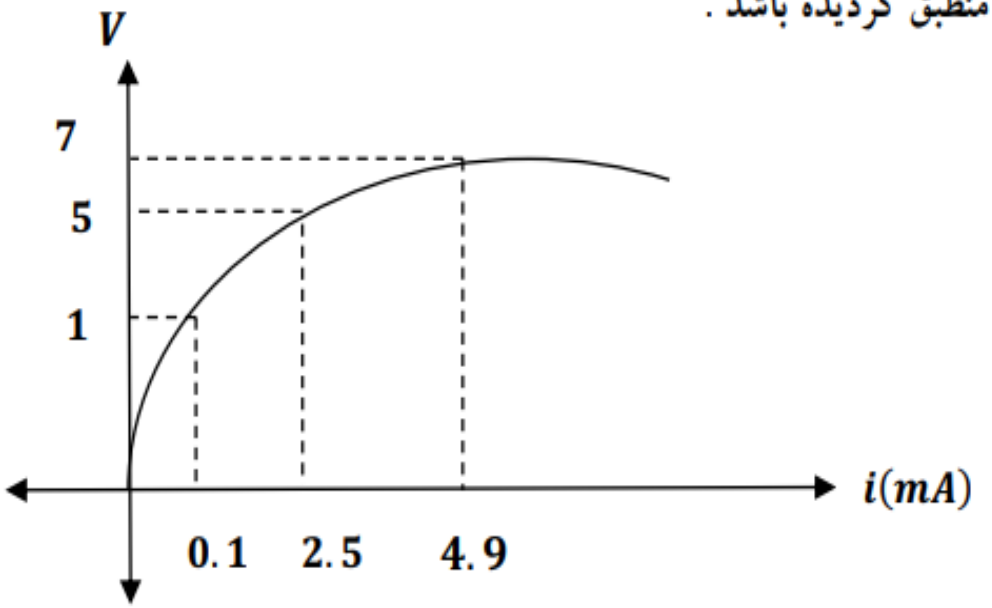
$$\Rightarrow i_{D2} = \frac{15 - 0/7 + 10}{10 + 5} = 1/62mA > 0$$

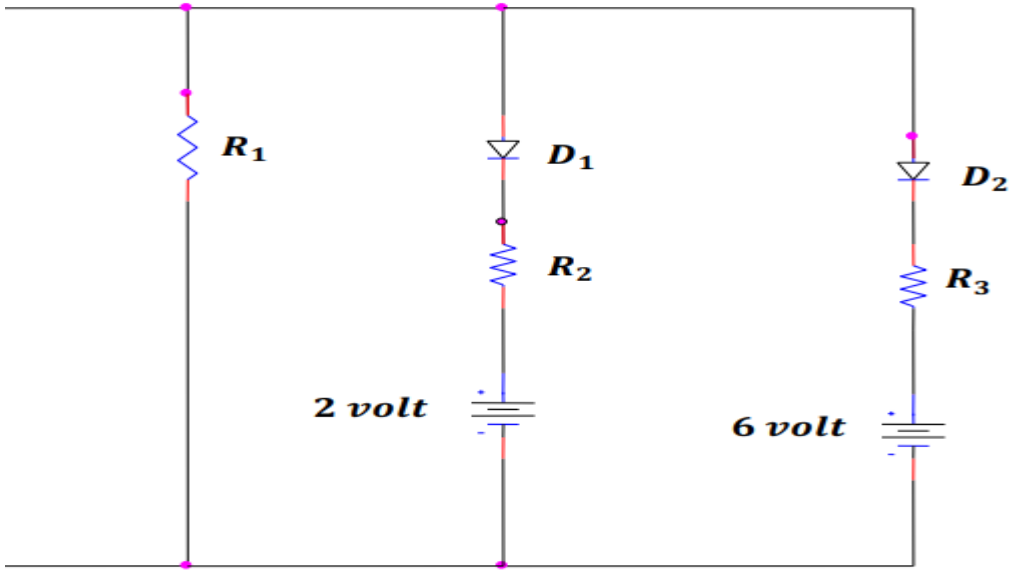
فرض D2:on درست است

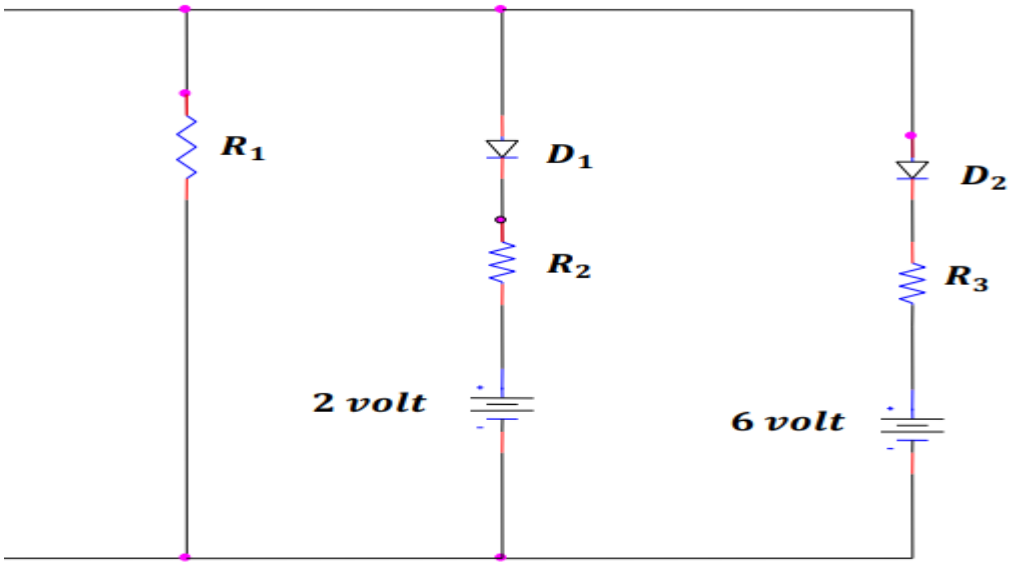
$$KV11: -15 + 10i_{D2} + V_{D1} = 0 \Rightarrow 15 - 10i_{D2} = V_{D1} \Rightarrow V_{D1} = 15 - 10(1/62) = -1/2 < 0/7$$

فرض D1:off درست است .

مثال۷ ) در مدار شکل زیر دیود ها را ایده آل را تصور کنید . مقادیر $R_1 , R_2, R_3$ را طوری تعیین نمایید که مدار در تقریب خطی سه قسمتی برای مشخصه $i = 0.1\, v^2$ و در مقادیر $v = 1 , 5 , 7\ volt$ منطبق گردیده باشد .

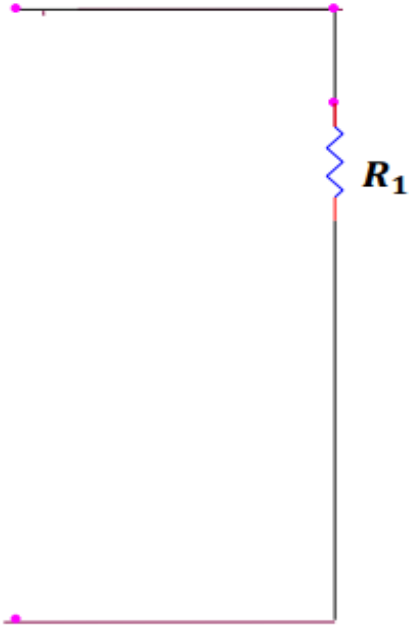





حل : در حل این مثال ۳ قسمت را به صورتی که در زیر مشاهده می کنید در نظر خواهیم داشت :

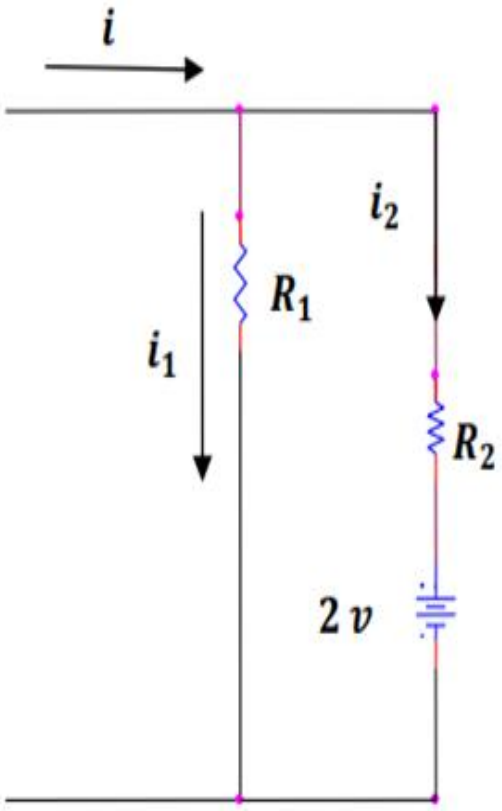
حالت اول : $v_i < 2$




$$v_i < 2 \Rightarrow \begin{cases} D_1 : Off \\ D_2 : Off \end{cases} \Rightarrow i = \frac{v_i}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{1}{0.1} = 10\ K$$

$$V_i = 1 \Rightarrow i = 0.1\ v^2 \Rightarrow i_i = 0.1$$

حالت دوم : $2 < v_i < 6$



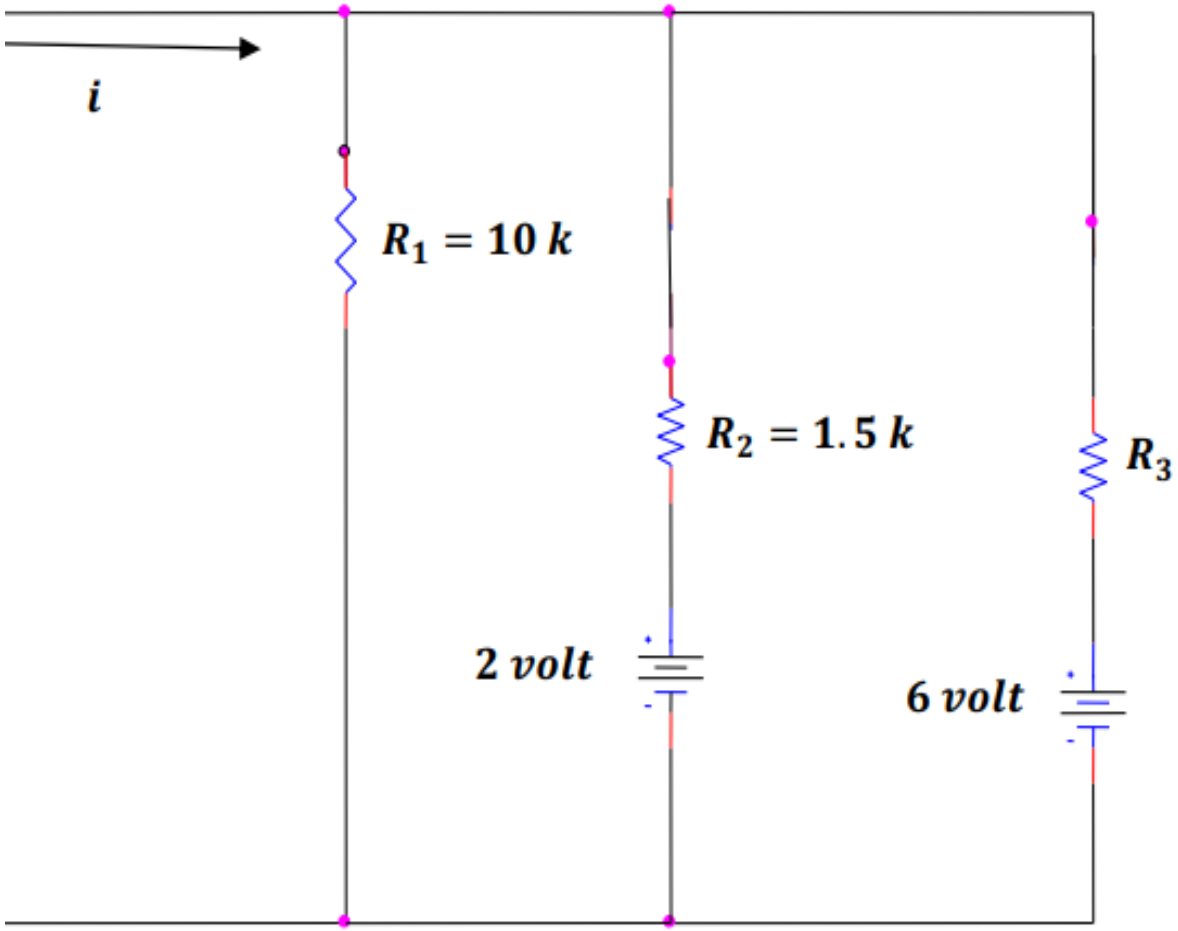

$$2 < v_i < 6 \Rightarrow \begin{cases} D_1 : on \\ D_2 : Off \end{cases} \Rightarrow i = \frac{v_i}{10} + \frac{v_i - 2}{R_2} \Rightarrow$$

$$i = 0.1(0.5)^2 = 2.5 \Rightarrow V_i = 5 \Rightarrow 2.5 = \frac{v_i}{10} + \frac{v_i - 2}{R_2}$$

از روی نمودار

$$\Rightarrow 2.5 = \frac{5}{10} + \frac{5-2}{R_2} \Rightarrow R_2 = 1.5\,K$$

حالت سوم ) $v_i > 6$




$$v_i > 6 \Rightarrow \begin{cases} D_1 : on \\ D_2 : on \end{cases} \Rightarrow i = \frac{v_i}{R_1} + \frac{v_i - 2}{R_2} + \frac{v_i - 6}{R_3} \Rightarrow i = \frac{v_i}{10} + \frac{v_i - 2}{1.5} + \frac{v_i - 6}{R_3}$$

$$i = 4.9 \quad \& \quad V_i = 7 \Rightarrow 4.9 = \frac{7}{10} + \frac{7-2}{1.5} + \frac{7-6}{R_3} \Rightarrow R_3 = 1.15\ K$$

# پایان جلسه چهارم