که باعث تقویت شدت میدان الکتریکی در ناحیه تهی و در نتیجه افزایش ارتفاع سد پتانسیل پیوند شده $(V_J = V_0 + V_r)$ و از نفوذ حاملهای اکثریت نیمه هادی Pیعنی الکترونهای آزاد به سمت چپ پیوند جلوگیری می نماید . بنابراین در اینحالت جریان حاملهای اکثریت صفر می باشد.

بخش دوم : دیود پیوندی

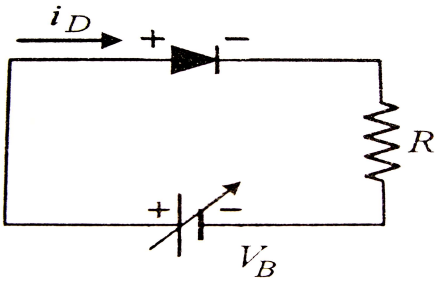
دیود پیوندی : دیود در واقع یک پیوند P-N است که به دو سر آن دو قطعه سیم فلزی جهت اتصال به مدار خارجی تعبیه گردیده است و مجموعه داخل یک پوشش مناسب قرار داده شده است سر طرف P را اصطلاحاً قطب مثبت یا آند و سر طرف N را قطب منفی یا کاتد گویند . پیوند دو بلور P , N دارای خاصیت یکسوکنندگی جریان است.

مشخصه ولتاژ – جریان دیود : در حالت مستقیم اگر ولتاژ دو سر دیود را به تدریج از صفر افزایش دهیم در ابتدا جریان کمی از مدار عبور خواهد کرد. همین که ولتاژ مثبت به حد معین برسد جریان شروع به افزایش می کند این ولتاژ حدی را ولتاژ آستانه هدایت دیود گویند و با $V\gamma$. نمایش می دهند.$V\gamma$ برای دیود ژرمانیم 0.2 و برای سیلیکن حدود 0.6 است.

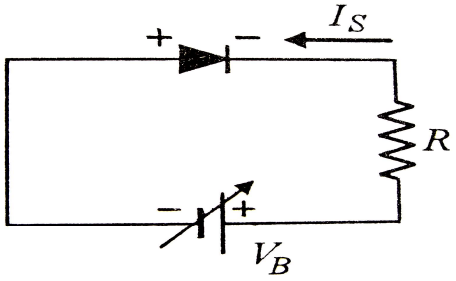
-برای ولتاژ های بزرگتر از $V\gamma$ تغییرات کوچکی در ولتاژ ، جریان را به شدت افزایش می دهد. این جریان همانطوری که گفته شد در پیوند P-N نتیجه نفوذ حاملهای اکثریت

است در بایاس معکوس با افزایش ولتاژ معکوس حاملهای اقلیت بیشتری شروع به حرکت نموده و جریان به شدت افزایش می یابد تا به حد اشباع می رسد.

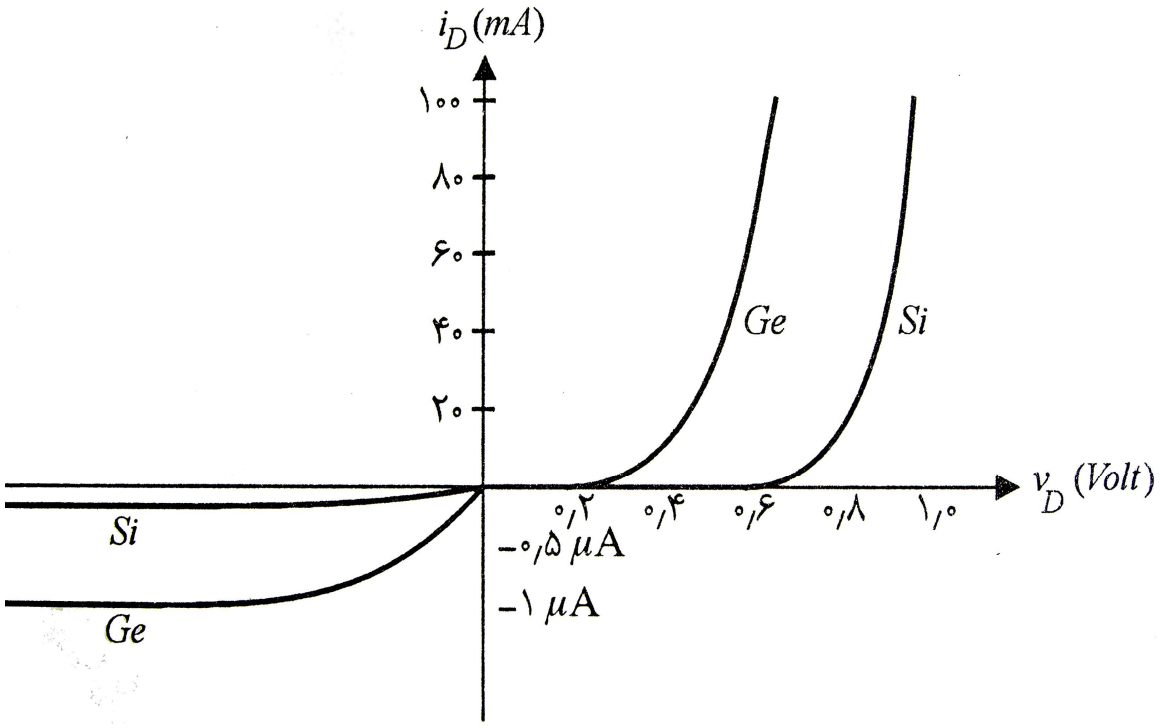
پس از آن که تغییر ولتاژ تا حد معینی تغییری در جریان ایجاد نمی کند جهت این جریان از کاتد به آند می باشد و به آن جریان اشباع معکوس گویند.

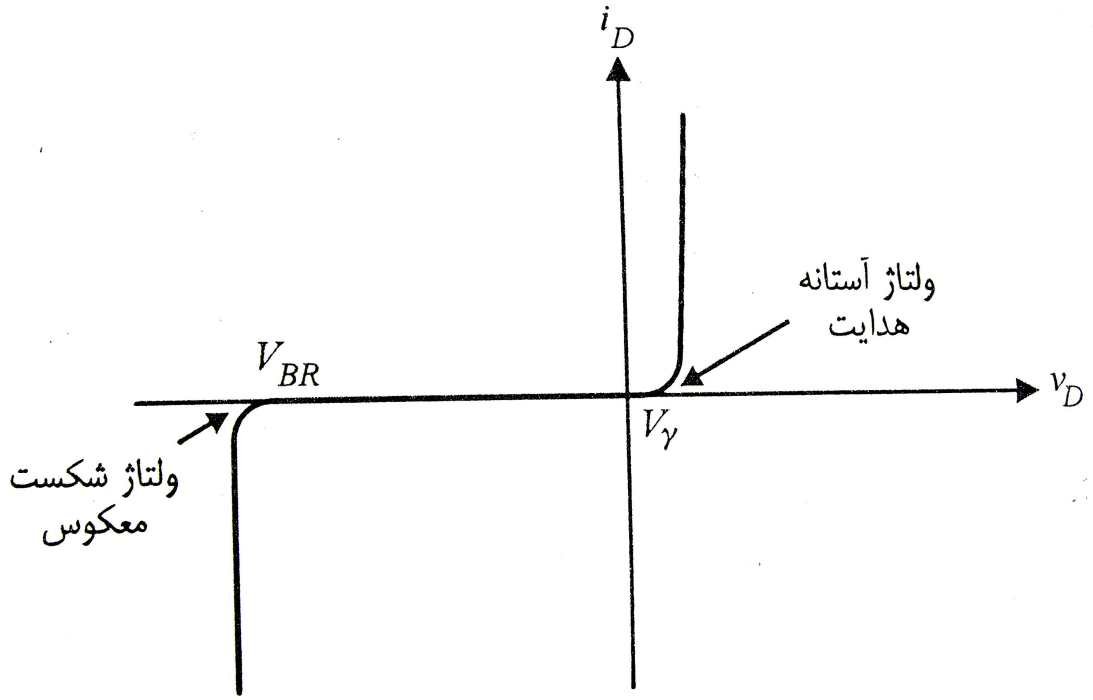


الف) بایاس مستقیم



ب) بایاس معکوس





دیود زنر فقط در منطقه منفی استفاده می شود و در آنجا به عنوان منبع ولتاژ استفاده می شود.

نمودار بالا را می توان به وسیله یک رابطه که به رابطه جریان و ولتاژ دیود معروف است نمایش داد در این معادله در حقیقت معادله مشخصه دیود است I_S جریان اشباع معکوس ، V_T برابر است با $V_T = \frac{KT}{q}$ که در دمای معمولی 26mv می باشد و پارامتر ثابت ما وابسته به جنس دیود و ساختار فیزیکی آن است که مقداری بین ۱و۲ دارد:

$$I_D \cong I_S \left[e^{V_D / n V_T} - 1 \right]$$

ولتاژ شکست معکوس دیود : با افزایش ولتاژ معکوس دیود جریان از مقدار I_S تجاوز نمی کند چنانچه ولتاژ معکوس دیود را باز هم افزایش دهیم به نقطه ای خواهیم رسید که

جریان معکوس دیود به طور ناگهانی شروع به افزایش می کند . پدیده ای که در اینحالت رخ می دهد را پدیده شکست و ولتاژی را که در این پدیده آغاز می شود، ولتاژ شکست معکوس دیود گویند و با V_{BR} نمایش داده می شود .

مقاومت دیود :با توجه به غیر خطی بودن مشخصه دیود دو نوع مقاومت می توان برای دیود تعریف کرد یکی مقاومت استاتیکی یا R_S و دیگری مقاومت دینامکی یا r_d .

مقاومت استاتیکی : منظور از مقاومت استاتیکی دیود در هر نقطه Q از مشخصه آن نسبت ولتاژ و جریان دیود در نقطه مورد نظر است که به صورت زیر تعریف می گردد :

$$R_S = \frac{VD}{ID}\Big|Q = \frac{VDQ}{IDQ}$$

مقاومت استاتیکی مقدار ثابتی ندارد و در نقاط مختلف مشخصه دیود متفاوت است .

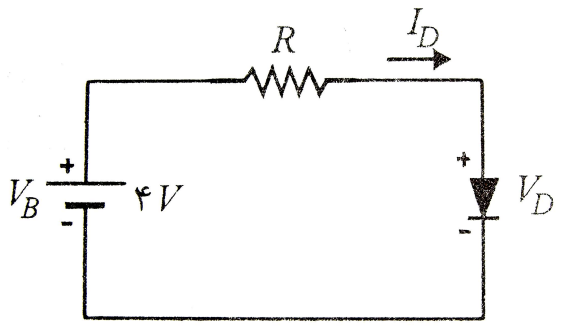
مقاومت دینامیکی : بنا به تعریف مقاومت دینامیکی دیود عبارت است از نسبت تغییرات ولتاژ به دو سر دیود به تغییرات جریان آن :

$$r_d \cong \frac{\Delta VD}{\Delta ID} = \frac{d\ vD}{d\ iD} = \left[\frac{did}{dvd}\right]^{-1} \cong rd = \frac{\eta VT}{IDQ}$$

مثال: در مدار زیر ولتاژ و جریان نامی دیود سیلیکون به ترتیب ۰/۷ولت و 10mAاست

الف)برای اینکه دیود در این ولتاژ و جریان کار کند مقدار مقاومت R چقدر باید باشد؟

ب)مقاومت استاتیکی و دینامیکی دیود را در ولتاژ نامی و در دمای محیط محاسبه نمایید؟



$$\eta = 2$$
$$V_D = 0/7v$$
$$I_D = 10mA$$
$$V_T = 26mV$$

الف)

$$KV\ell : -V_B + I_D R + V_D = 0$$
$$-4 + 0/01R + 0/7 = 0$$
$$\Rightarrow R = \frac{4 - 0/7}{0/01} = 330\Omega$$
$$r_d = \frac{\eta V_T}{I_D} = \frac{2 \times 26}{10} = 5/2\Omega$$

ب)

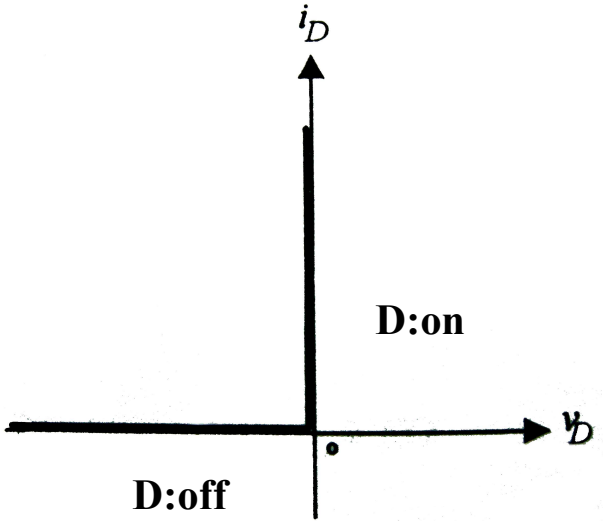
$$R_S = \frac{V_{DD}}{I_{DQ}} = \frac{0/7}{10} = 70\Omega$$

بخش سوم : مدارهای دیودی

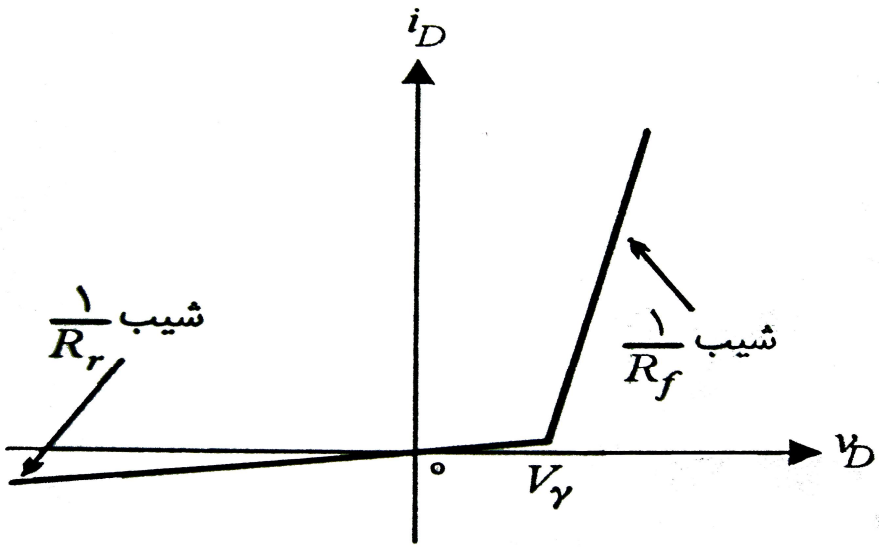
تجزیه و تحلیل مدارهای دیودی : منظور از تجزیه و تحلیل این قبیل مدارها تعیین قطع و وصل بودن دیودها محاسبه ولتاژ و جریان شاخه ها و در صورت لزوم بدست آوردن مشخصه انتقالی مدار (که یک منحنی است)می باشد که تغییرات خروجی را برحسب تغییرات ورودی بیان می نماید

.مدلسازی دیود: برای تحلیل مدارات دیودی ،دیود را با یک مدل مناسب جایگزین نموده و سپس به تجزیه و تحلیل مدار می پردازیم . برای تجزیه و تحلیل از دو مدل استفاده می نماییم ۱- مدل ایده آل ۲-مدل خطی پاره ای

مدل ایده آل :در این مدل مشخصه واقعی دیود با مشخصه ایده آل تقریب زده می شود یعنی دیود را در حالت هدایت یا بایاس مستقیم اتصال کوتاه و در حالت قطع یا بایاس معکوس مدار باز در نظر می گیریم در حقیقت این مدل ولتاژ آستانه هدایت مقاومت دینامیکی دیود (در بایاس مستقیم)و جریان معکوس دیود (بایاس معکوس) برابر صفر در نظر گرفته می شود .

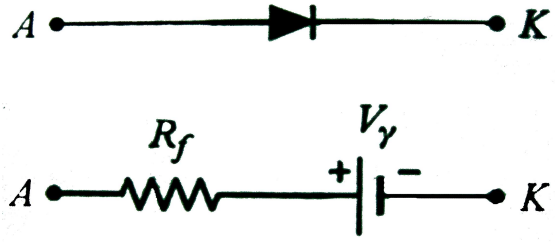


مدل خطی پاره ای : در این مدل مشخصه دیود توسط دو خط مطابق شکل صفحه بعد تقریب زده می شود .



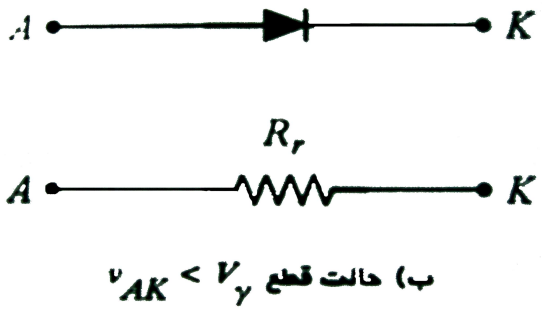
با توجه به شکل بالا برای ولتاژهای بزرگتر از V_γ که دیود در حالت هدایت قرار می گیرد مقاومتی برابر R_f و برای حالت قبل مقاومتی برابر R_r در نظر گرفته می شود.

در این مدل در قسمت $V\gamma \le V_D$ دیود را توسط یک مقاومت و یک منبع ولتاژ به اندازه V_γ مدلسازی می نماییم .



الف) حالت هدایت $v_{AK} \ge V_\gamma$

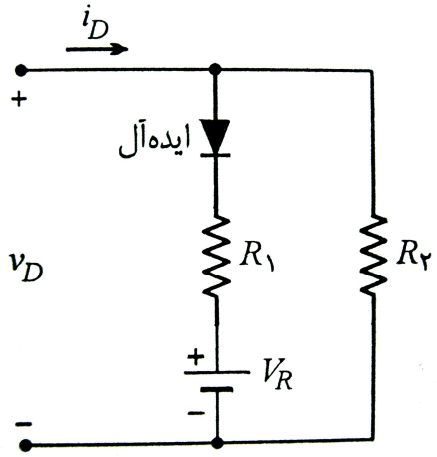
و در ناحیه $V_\gamma \ge V_D$ دیود با یک مقاومت مدلسازی می شود.



ب) حالت قطع $v_{AK} < V_\gamma$

معمولاً مقاومت R_f حدود ۲۰ تا ۳۰ اهم و مقاومت R_r در حدود چند صد کیلو اهم می باشد.

مثال : در مدار زیر با استفاده از مدل خطی پاره ای دیود مقاومتهای V_R, R_2, R_1 را بر حسب V_γ, R_r, R_f بدست آورید.

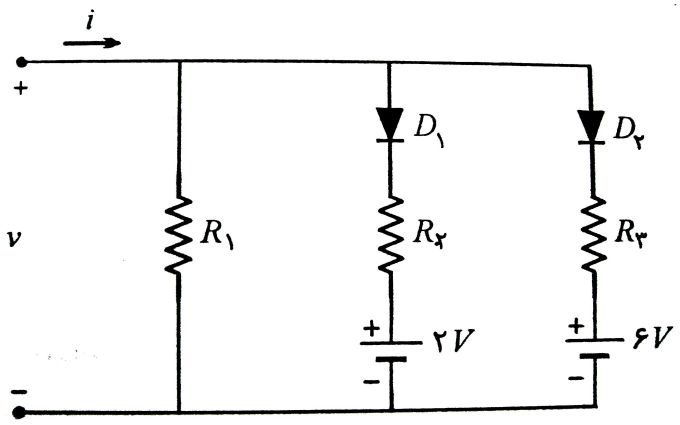


$$V_D < V_R \Rightarrow R_2 = R_r$$

$$V_D > V_R \Rightarrow \begin{cases} V_R = V\gamma \\ R_F = R_1 \| R_2 \end{cases}$$

$$R_F = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \xrightarrow{R2=Rr} R_F = R_1$$

مثال : در مدار زیر با در نظر گرفتن مدل خطی پاره ای و معادله غیر خطی $i = 0/1V^2$ که V بر حسب ولت و I بر حسب 1mA است مقدارهای R2,R1,R3 را طوری تعیین کنید که مدل خطی پاره ای در ولتاژهای ۱و۵و۷ دقیقاً بر مشخصه معادله غیر خطی منطبق باشد. $i = 0/1,2/5,4/9$



$$1)0<V<2\Rightarrow D_1,D_2:OFF\Rightarrow\begin{cases}V=iR_1\\ i=(0.1\times 1)=0/1\end{cases}$$

$$1=0/1R\Rightarrow R_1=10K\Omega$$

هر گاه منبع ولتاژ در یک شاخه بود مرز را هر یک از منابع ولتاژ آن رادر نظر می گیریم .

2)

$$2<V<6\Rightarrow D_1:on,D2:off\Rightarrow$$

$$\begin{cases}KC\ell 1:\dfrac{V}{R_1}+\dfrac{V-2}{R_2}=i\\ i=0/1V^2=2/5mA\end{cases}\Rightarrow 2/5=\frac{5}{10K}+\frac{5-2}{R_2}\Rightarrow R_2=1/5K\Omega$$

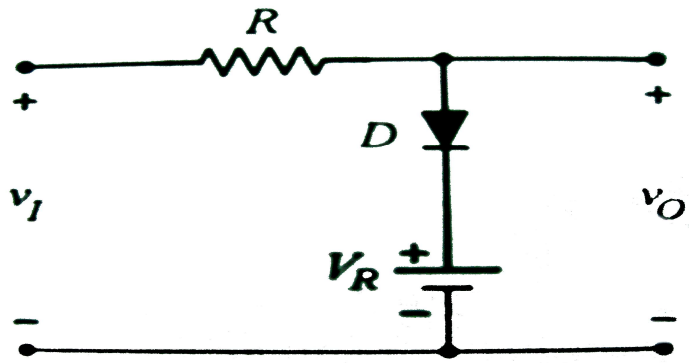
$$3)V>6\Rightarrow D_1,D_2:on\begin{cases}KC\ell=\dfrac{V}{R_1}+\dfrac{V-2}{R_2}+\dfrac{V-6}{R_3}\\ i=0/1(7)^2=4/9mA\end{cases}$$

$$\Rightarrow 4/9m=\frac{7}{10}+\frac{7-2}{1/5}+\frac{V-6}{R_3}\Rightarrow 4/9=0/7+3/3+\frac{1}{R_3}\Rightarrow 0/9=\frac{5}{R_3}$$

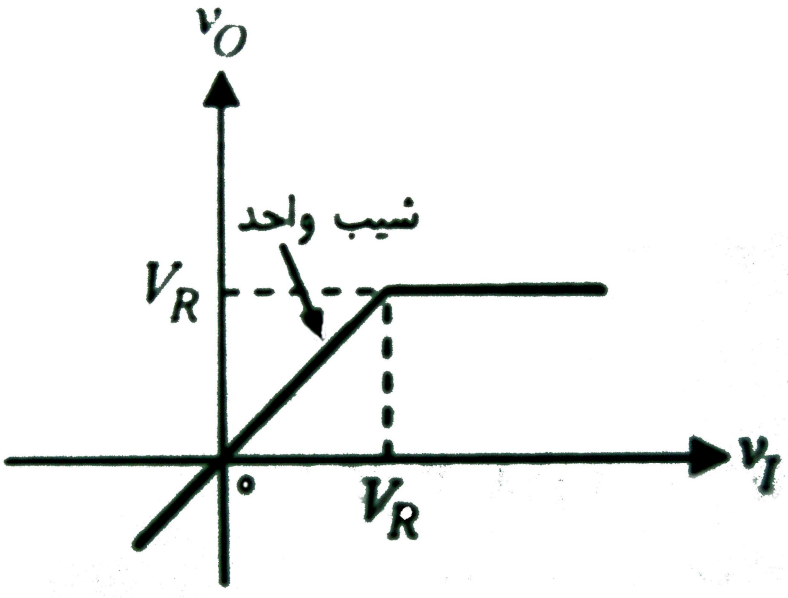
$$\Rightarrow R_3=\frac{10}{9}=1/1K\Omega$$

مدارهای برش : مدارهای محدود کننده نیز نامیده می شوند این مدارها برای انتخاب بخشی از یک سیگنال که بالاتر یا پایین تر از مقدار معینی باشد به کار می رود.

در V_R برش انجام می گیرد :

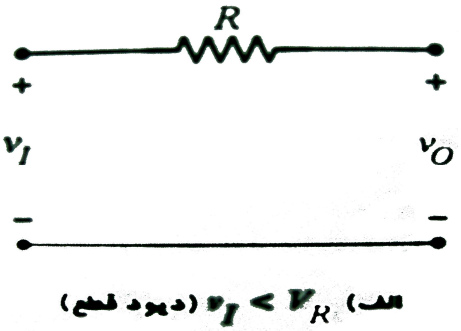


الف) یک مدار برش ساده



ب) مشخصه انتقالی

R افت ولتاژ ندارد و فقط برای توجیه تئوری استفاده می شود .

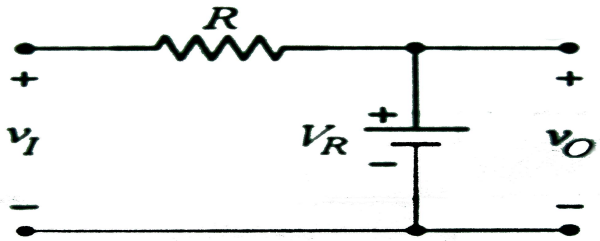


(الف) $v_I < V_R$ (دیود قطع)

$1) Vi < V_R \Rightarrow D : off$

$\Rightarrow Vi = V_0$

از خروجی که نگاه کنیم فقط V_R دیده می شود .



(ب) $v_I \geq V_R$ (دیود وصل)

$2) Vi > V_R \Rightarrow D : on$

$\Rightarrow V_0 = V_R$

مدار فوق یک مدار برش ساده است که موج ورودی را در سطح V_R برش می زند برای تحلیل عملکرد این مدار می توان گفت که به ازای ولتاژهای کوچکتر از V_R ولتاژ آند دیود از ولتاژ کاتد کمتر می شود در نتیجه دیود به صورت مدار باز عمل کرده و چون در این حالت جریانی از مدار عبور نمی کند افت ولتاژ در مقاومت R وجود ندارد و نتیجه ولتاژ ورودی و خروجی با هم برابرند .

به ازای ولتاژهای ورودی بزرگتر از V_R دیود یک نموده بدلیل اینکه ولتاژ آند بزرگتر از

ولتاژ کاتد می شود و ولتاژ در سر شاخه دیگر صفر نیست در نتیجه در خروجی برای ولتاژهای بیشتر از $V_0 = V_R, V_R$ می گردد.

دراین گونه مدارها اگر جای دو سر دیود را عوض کنیم برش باز هم در سطح V_R انجام می پذیرد با این تفاوت که اینبار قسمت زیرین V_R حذف شده (در سیگنال ورودی)و قسمت بالایی باقی می ماند .

نکته :برای V_i های کمتر از V_R دیود روشن و برای V_i های بیشتر از V_Rدیود خاموش می شود .

روش بدست آوردن مشخصه انتقالی :