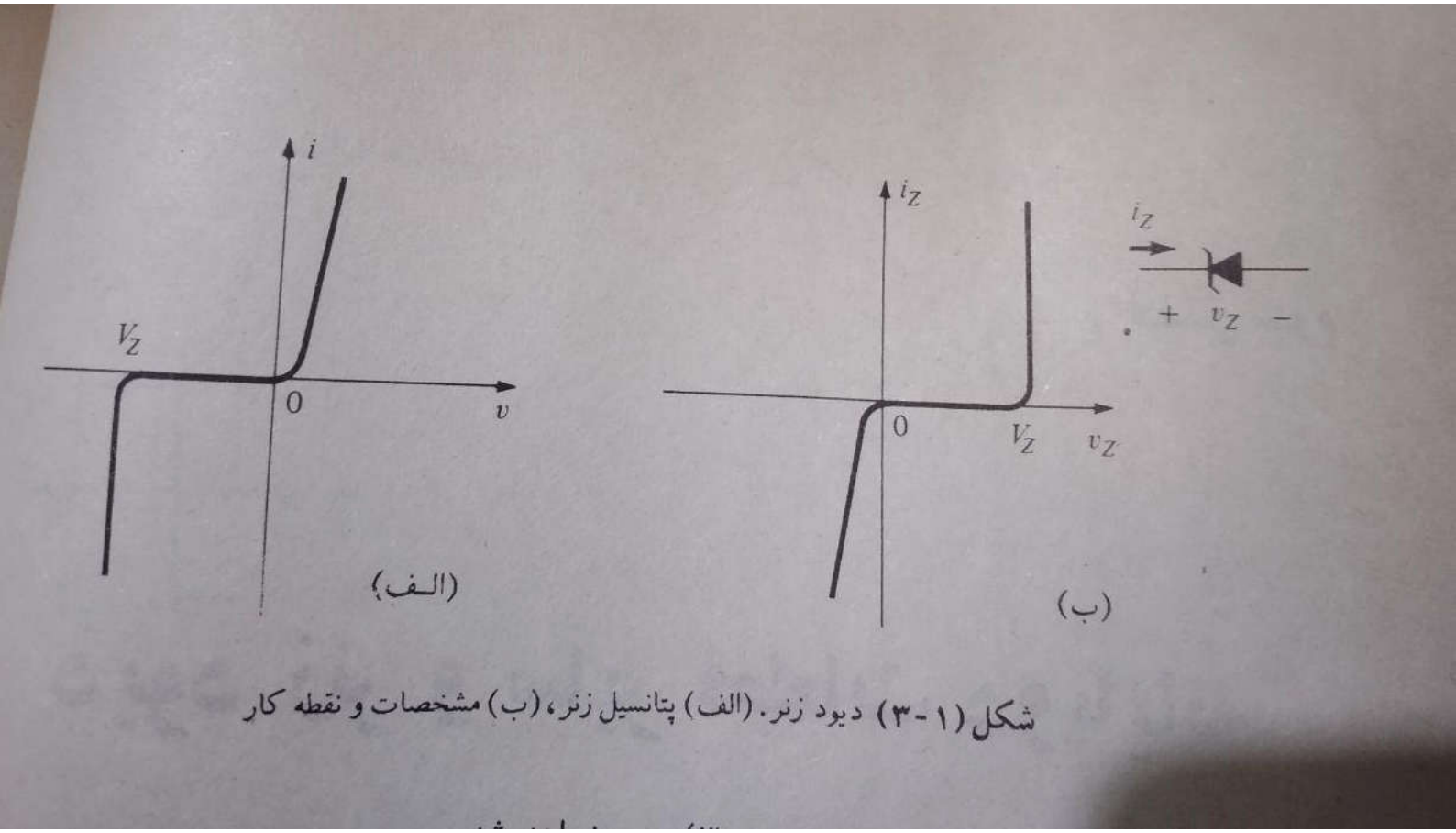
به نام خدا

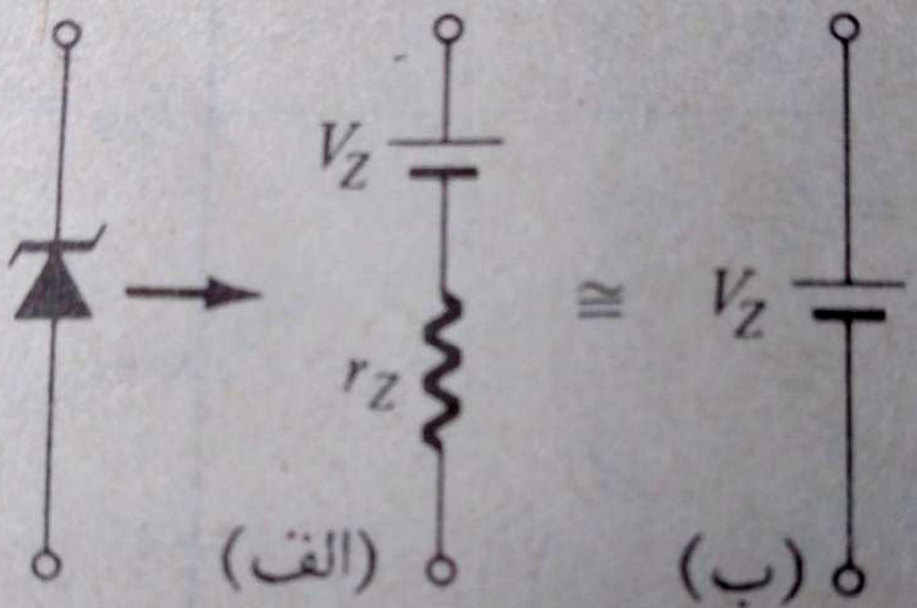
جزوه مبانی الکترونیک و کارگاه

مهندس بابایی

اردیبهشت ۹۹



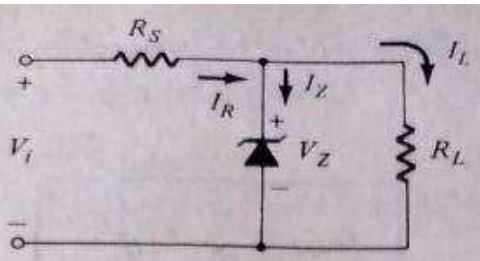
شکل (۱-۳) دیود زنر. (الف) پتانسیل زنر، (ب) مشخصات و نقطه کار



شکل (۲-۳) مدار معادل زنر. (الف) کامل، (ب) تقریبی.

۳-۳ کاربردهای دیود زنر

معمول ترین کاربرد دیود زنر، استفاده از آن در تولید یک ولتاژ مرجع ثابت برای اهداف مقایسه و تغذیه می باشد. مدار شکل (۷-۳) را، که برای نگهداری ولتاژ ثابت V_Z در دوسر بار به ازای تغییرات در V_i یا R_L طراحی شده، ملاحظه نمائید. دو وضعیت برای بررسی وجود دارد: یکی اینکه ولتاژ ورودی ثابت و R_L متغیر باشد و دیگری R_L ثابت و V_i تغییر خواهد نمود. هر یک از این حالات جداگانه بررسی شده اند.



شکل(۳-۷)

V_i ثابت، R_L متغیّر

با توجه به ولتاژ آفست V_Z، محدوده مشخصی از مقادیر مقاومت وجود دارند که روشن ماندن دیود زنر را تضمین می نمایند. مقدار خیلی کم مقاومت بار R_L سبب تولید ولتاژ V_L کمتر از V_Z در دوسر مقاومت بار شده و دیود زنر را در حالت خاموش نگه می دارد.

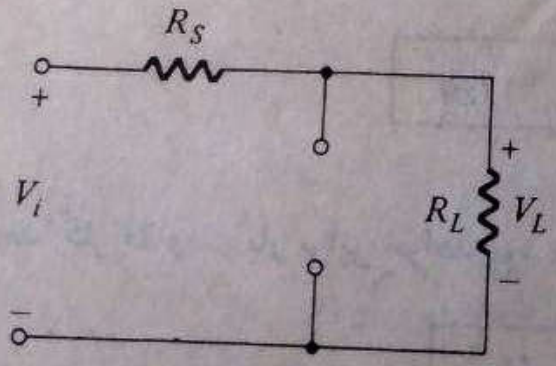
در تعیین حداقل مقاومت بار (وبنابراین حداکثر جریان) که دیود زنر را روشن نماید، دیود زنر را طبق شکل (۳-۸) حذف نموده و مقدار R_L، که ولتاژ $V_L = V_Z$ را تولید می نماید محاسبه کنید. یعنی

$$V_L = V_Z = \frac{R_L V_i}{R_L + R_s}$$

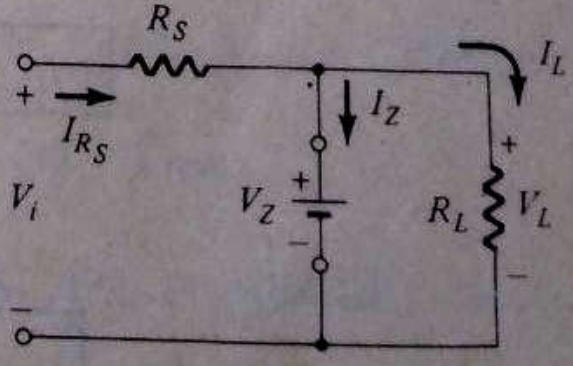
با استفاده از قانون تقسیم ولتاژ و حل R_L داریم

$$R_{L_{\min}} = \frac{R_s V_Z}{V_i - V_Z}$$

هر مقدار بیشتر برای R_L در مقایسه با آنچه از معادله (۳-۲) می آید، دیود زنر را در وضعیت روشن نگه می دارد و می توان دیود را با منبع معادل V_Z طبق شکل (۳-۹) جایگزین کرد.



شکل (۳-۸)



شکل (۳-۹)

حالتی که بوسیله معادله (۲-۳) تعریف شده است حداقل R_L را بدست می دهد، ولی جر

حداکثر I_L برابر است با

$$I_{L_{max}} = \frac{V_L}{R_L} = \frac{V_Z}{R_{L_{min}}} \qquad (۳-۳)$$

هر گاه دیود در وضعیت روشن باشد، ولتاژ دوسر R_S در مقدار زیر ثابت می ماند

$$V_{R_s} = V_i - V_Z \qquad (۳-٤)$$

و I_R در مقدار زیر ثابت خواهد ماند.

$$I_{R_s} = \frac{V_{R_s}}{R_s} \qquad (۳-۵)$$

در جریان زنر

$$I_Z = I_R - I_L \qquad (۳-٦)$$

وقتی که I_L ماکزیمم باشد I_Z حداقل و هنگامی که I_L می نیمم باشد حداکثر مقدار را دارد زیرا I_R ثابت است.

چون I_Z همانطور که در برگه اطلاعاتی مشخص شده، به I_{ZM} محدود است روی محدوده I_L و تاثیری ندارد.

از جایگزینی I_Z با I_{ZM} حداقل جریان I_L بصورت زیر نتیجه می شود

(۳-۷)

$$I_{L_{min}} = I_{R_s} - I_{ZM}$$

و بنابراین حداکثر مقاومت بار برابر خواهد بود با

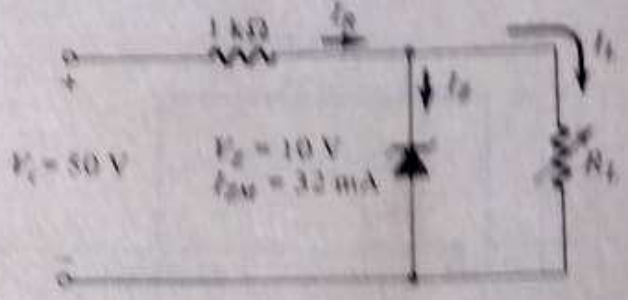
(۳-۸)

$$R_{L_{max}} = \frac{V_Z}{I_{L_{min}}}$$

مثال ۳-۲

(الف) برای شبکه شکل (۳-۱۰)، محدوده R_L و I_L را برای نگهداری V_{R_L} در 10 ولت معین کنید.

(ب) حداکثر محدوده وات دیود را وقتی به عنوان رگولاتور بکار رفته معین نمائید.



شکل (۳-۱۰)

حل:

(الف) برای تعیین مقداری از R_L که دیود زنر را روشن کند، معادله (۳-۲) را بکار برید:

$$R_{L_{min}} = \frac{R_s V_2}{V_i - V_2} = \frac{(1\text{ k}\Omega)(10)}{50 - 10} = \frac{10 \times 10^3}{40} = \mathbf{250\ \Omega}$$

سپس ولتاژ دو سر R_s بوسیله معادله (۳-٤) تعیین می گردد.

$$V_{R_s} = V_i - V_2 = 50 - 10 = \mathbf{40\ V}$$

و معادله (۳-۵) نیز اندازه I_{R_s} را معین می نماید:

$$I_{R_s} = \frac{V_{R_s}}{R_s} = \frac{40}{1\text{ k}\Omega} = \mathbf{40\ mA}$$

سپس حداقل I_L بوسیله معادله (۳-۷) بدست می آید:

$$I_{L_{min}} = I_{R_s} - I_{ZM} = 40 - 32 = \mathbf{8\ mA}$$

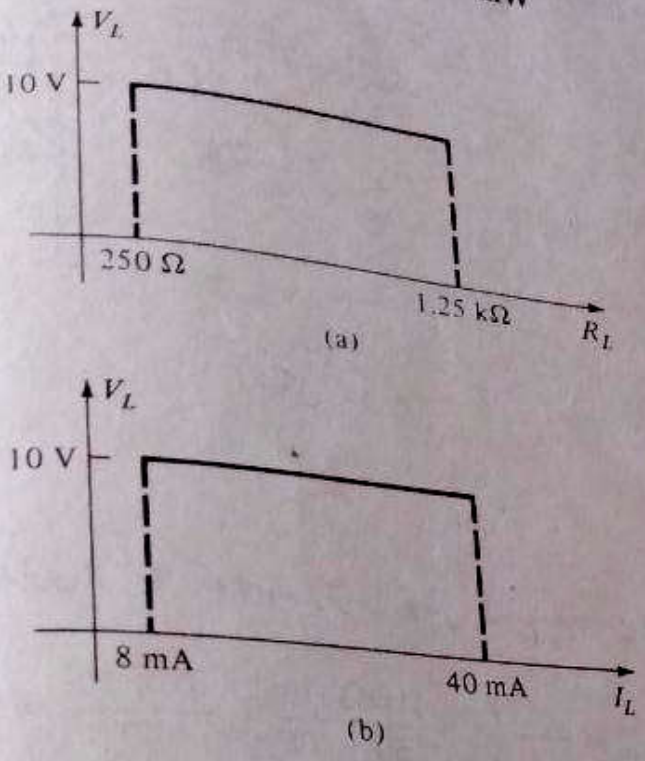
با استفاده از معادله (۳-۸) حداکثر مقدار R_L نتیجه می گردد

$$R_{L_{max}} = \frac{V_2}{I_{L_{min}}} = \frac{10}{8\text{ mA}} = \mathbf{1.25\ k\Omega}$$

نمودار V_L در مقابل R_L در شکل (الف ۱۱-۳) و V_L در برابر I_L در شکل (ب ۱۱-۳) دیده می شوند.

$$P_{max} = V_Z I_{ZM}$$
$$= (10)(32\text{ mA}) = \mathbf{320\text{ mW}}$$

(ب)



شکل (۱۱-۳)

R_L ثابت، V_i متغیر

برای مقادیر ثابت R_L در شکل (۷-۳)، ولتاژ V_i باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا دیود زنر را روشن کند. ولتاژ راه اندازی برابر است با

$$V_L = V_Z = \frac{R_L V_i}{R_L + R_s}$$

و

$$V_{i\,min} = \frac{(R_L + R_s)\,V_Z}{R_L} \qquad (۹-۳)$$

حداکثر مقدار V_i بوسیله حداکثر جریان زنری I_{ZM} محدود می شود. چون $I_{ZM} = I_R - I_L$

(۳-۱۰)

$$I_{R_{max}} = I_{ZM} + I_L$$

چون I_L در V_Z/R_L ثابت است و I_{ZM} حداکثر مقدار I_Z می باشد، حداکثر V_i بوسیله رابطه زیر تعریف می گردد.

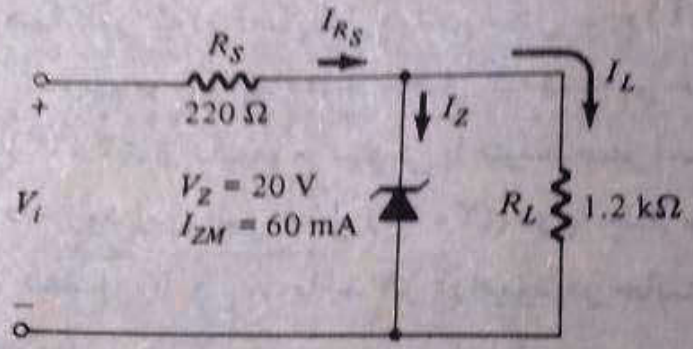
$$V_{i_{max}} = V_{R_{s\,max}} + V_Z$$

یا

$$V_{i_{max}} = I_{R_{max}} R_s + V_Z \qquad (۳-۱۱)$$

مثال ۳-۳

محدوده مقادیر V_i که دیود زنر شکل (۳-۱۲) را در حالت روشن نگه می دارد معین کنید.



شکل (۳-۱۲)

از معادلهٔ (۳-۹)

$$V_{i_{min}} = \frac{(R_L + R_s)V_Z}{R_L} = \frac{(1200 + 220)(20)}{1200} = \mathbf{23.67\ V}$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{20}{1.2\ \text{k}\Omega} = 16.67\ \text{mA}$$

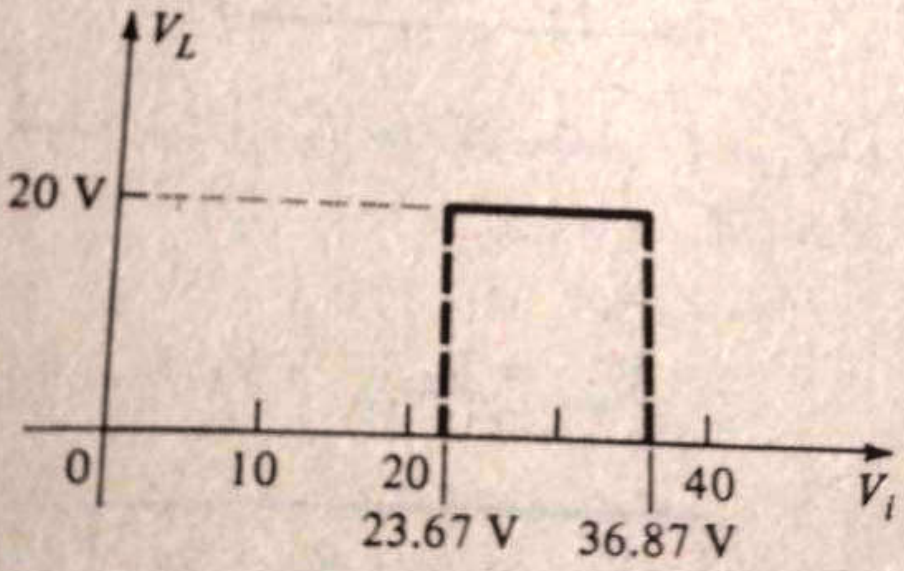
از معادلهٔ (۳-۱۰)

$$I_{R_{max}} = I_{ZM} + I_L = (60 + 16.67)\ \text{mA}$$
$$= 76.67\ \text{mA}$$

از معادلهٔ (۳-۱۱)

$$V_{i_{max}} = I_{R_{max}} R_s + V_Z$$
$$= (76.67\ \text{mA})(0.22\ \text{k}\Omega) + 20$$
$$= 16.87 + 20$$
$$= \mathbf{36.87\ V}$$

ودار V_L در برابر V_i در شکل (۱۳-۳) دیده می شود.



شکل (۱۳-۳)

ح مثال ۳-۳ بیان می دارد که با مقدار ثابتی برای R_L، ولتاژ خروجی، به
23.67 تا 36.87 V، در 20 V ثابت خواهد ماند.