



Fundamentals of Microelectronics II

ادامه فصل ۱۴ -

چندمثال از تنظیم کننده ولتاژ

Mohammad Ali Mansouri- Birjandi

Majid Ghardan

Faculty of Electrical and Computer Engineering
University of Sistan and Baluchestan (USB)

mansouri@ece.usb.ac.ir ,
mamansouri@yahoo.com و



مرجع

رهیافت حل مسأله در الکترونیک جلد ۱ و ۲

تالیف: محمود دیانی

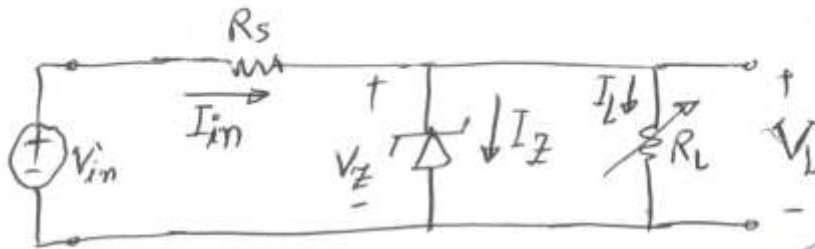
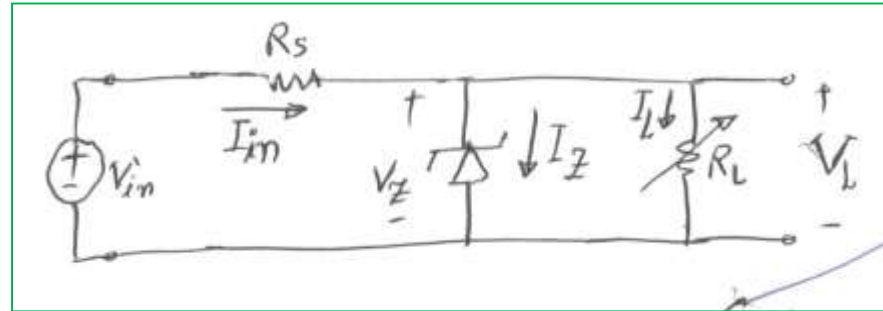
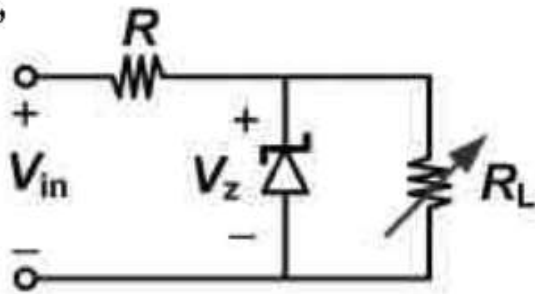
انتشارات: موسسه علمی فرهنگی نص،

چاپ اول: ۱۳۷۸

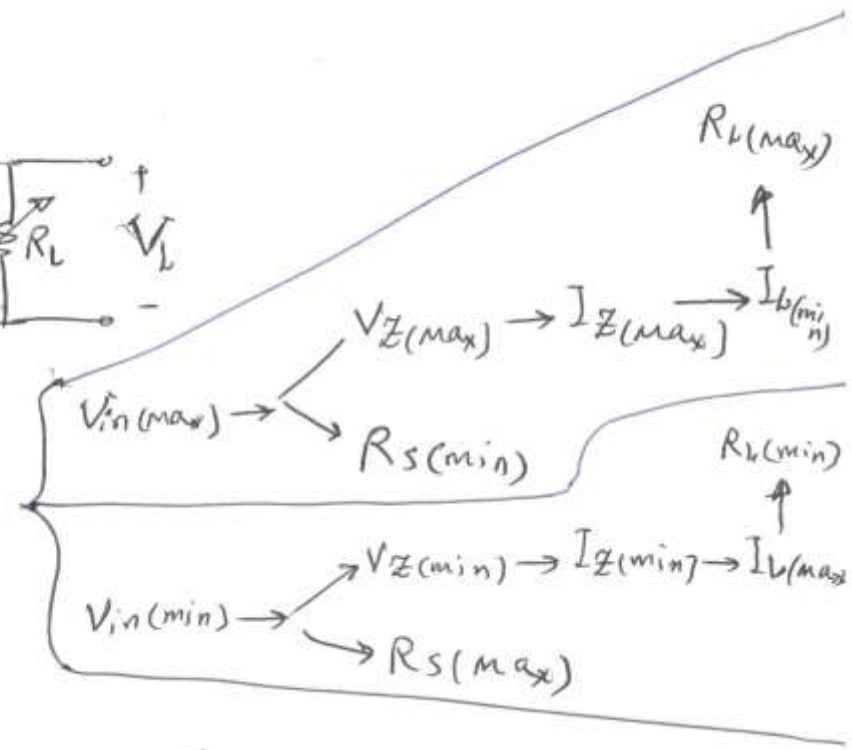


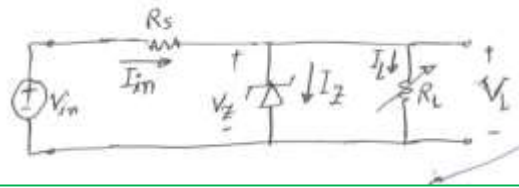
رگولاتور دیود زنری

دانشگاه میهن‌پویان



$$\begin{cases} V_{in} = R_s I_{in} + V_Z \\ I_{in} = I_Z + I_L \end{cases}$$





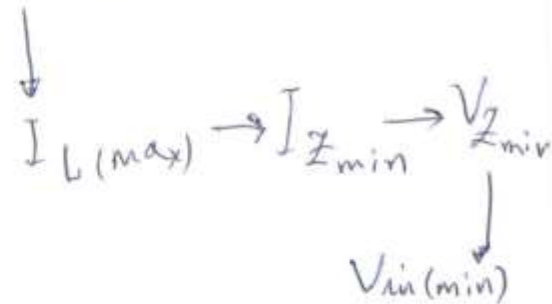
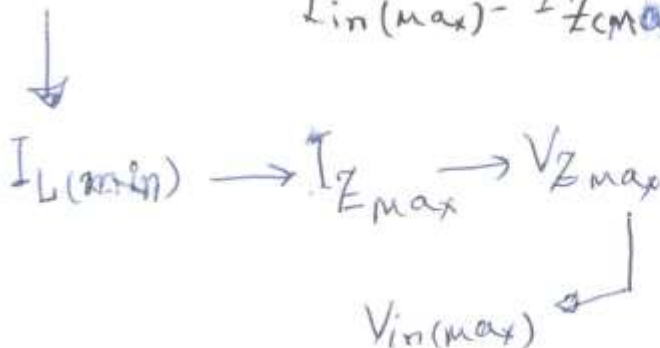
نکات مهم در طراحی و تحلیل مدار رگولاتور زنری

$$R_s = \frac{V_{in} - V_Z}{I_{in} = I_Z + I_L}$$

$$R_L = \frac{V_L = V_Z}{I_L = I_{in} - I_Z}$$

$$R_{s(max)} = \frac{V_{in(min)} - V_{Z(min)}}{I_{Z(min)} + I_{L(max)}}, \quad R_{s(min)} = \frac{V_{in(max)} - V_{Z(max)}}{I_{Z(max)} + I_{L(min)}}$$

$$R_{L(max)} = \frac{V_{Z(max)}}{I_{in(max)} - I_{Z(max)}}, \quad R_{L(min)} = \frac{V_{Z(min)}}{I_{in(min)} - I_{Z(min)}}$$





مثال ۱ -

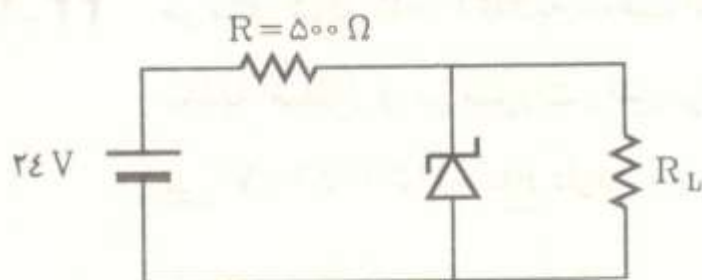
دانشگاه بیرجند

۳۷-۳ برای دیود زنر مدار شکل ۳-۳۷ داریم

$$I_{ZK} = 3 \text{ mA} ; V_Z = 12 \text{ V}$$

ماکزیمم توان مجاز دیود زنر ۱ W است. R_L در چه محدوده‌ای می‌تواند تغییر کند، تا ولتاژ روی

آن ۱۲ V بماند؟



شکل ۳-۳۷

$$R_L(\max) = \frac{V_{Z(\max)}}{I_{in(\max)} - I_{Z(\max)}} \quad , \quad R_L(\min) = \frac{V_{Z(\min)}}{I_{in(\min)} - I_{Z(\min)}}$$

$\downarrow$
 $I_L(\min) \rightarrow I_{Z(\max)} \rightarrow V_{Z(\max)}$
 $V_{in(\max)}$

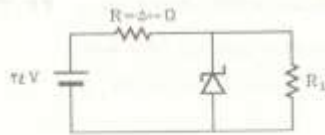
$\downarrow$
 $I_L(\max) \rightarrow I_{Z(\min)} \rightarrow V_{Z(\min)}$
 $V_{in(\min)}$

حل مثال ۱-

۳۷-۳ برای دیود زیر مدار شکل ۳۷-۳ داریم

$$I_{ZK} = 3 \text{ mA} \quad V_Z = 12 \text{ V}$$

ما می‌توانیم توان مجاز دیود زیر ۱ W است. در R_L چه محدوددهای می‌تواند تغییر کند، تا ولتاژ روی آن ۱۲ V بماند؟



شکل ۳۷-۳

۳۷-۳ KCL در گره بالای دیود زیر عبارت است از

$$\begin{aligned} \frac{24 - V_Z}{R} &= I_Z + \frac{V_Z}{R_L} \\ I_Z &= \frac{24 - V_Z}{R} - \frac{V_Z}{R_L} = \frac{24 - 12}{500 \Omega} - \frac{12}{R_L} \\ &= 24 \text{ mA} - \frac{12}{R_L} \end{aligned}$$

I_Z باید از ۳ mA بزرگتر باشد تا روشن بماند ولی جریان آن نباید از مقدار زیر تجاوز کند

$$\frac{P_{\max}}{V} = \frac{1 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 83.3 \text{ mA}$$

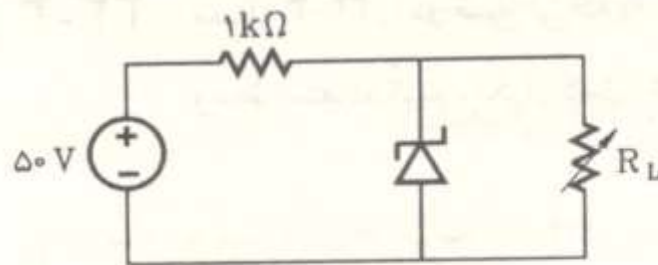
ارضای شرط دوم هیچ محدودیتی روی R_L ایجاد نمی‌کند، زیرا در این مدار حداکثر جریانی که از دیود زener می‌گذرد (به ازای $R_L = \infty$) ۲۴ mA است. برای ارضای شرط اول باید داشته باشیم

$$\begin{aligned} I_Z &= 24 \text{ mA} - \frac{12}{R_L} \geq 3 \text{ mA} \\ R_L &\geq 571 \Omega \end{aligned}$$



مثال ۲-

دانشگاه موهج



شکل ۳-۳۸

۳۸-۳ در مدار شکل ۳-۳۸ برای دیود زنر داریم

$$I_{Z\max} = 32 \text{ mA} ; I_{ZK} = 2 \text{ mA} ; V_Z = 10 \text{ V}$$

برای این که ولتاژ را روی مقاومت R_L برابر

۱۰ V باشد، مقدار R_L باید از چه گستره‌ای

تجاوز نکند؟

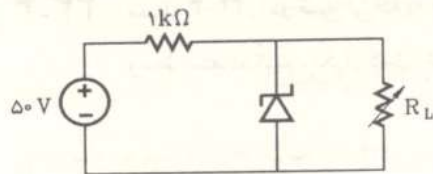
$$R_{L(\max)} = \frac{V_{Z(\max)}}{I_{in(\max)} - I_{Z(\max)}} \quad \text{و} \quad R_{L(\min)} = \frac{V_{Z(\min)}}{I_{in(\min)} - I_{Z(\min)}}$$

$\downarrow$
 $I_{L(\min)} \rightarrow I_{Z\max} \rightarrow V_{Z\max}$
 $V_{in(\max)}$

$\downarrow$
 $I_{L(\max)} \rightarrow I_{Z\min} \rightarrow V_{Z\min}$
 $V_{in(\min)}$



حل مثال ۲-



شکل ۳-۳۸

۳-۳۸ در مدار شکل ۳-۳۸ برای دیود زener داریم
 $I_{Zmax} = 32 \text{ mA}$; $I_{ZK} = 2 \text{ mA}$; $V_Z = 10 \text{ V}$
 برای این که ولتاژ را روی مقاومت R_L برابر
 10 V باشد، مقدار R_L باید از چه گستره‌ای
 تجاوز نکند؟

۳-۳۸ اگر ولتاژ روی R_L برابر 10 V باشد، آنگاه جریان مقاومت $1 \text{ k}\Omega$ برابرست با

$$I = \frac{50 - 10}{1 \text{ k}\Omega} = 40 \text{ mA}$$

از این جریان، حداقل 2 mA باید از دیود زener بگذرد، پس

$$R_{Lmin} = \frac{10 \text{ V}}{I_{Lmax}} = \frac{10 \text{ V}}{(40 - 2) \text{ mA}} = 263 \Omega$$

همچنین جریان زener نباید از 32 mA بگذرد، پس از مقاومت بار باید حداقل $40 - 32 = 8 \text{ mA}$ جریان بگذرد

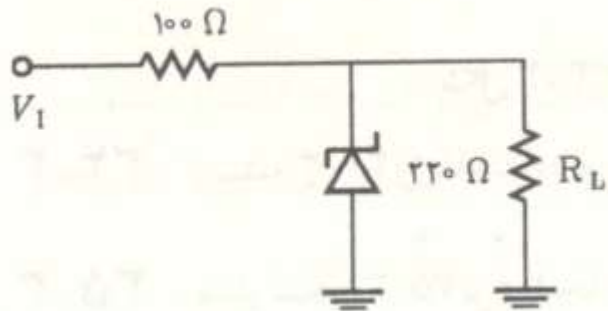
$$R_{Lmax} = \frac{10 \text{ V}}{I_{Lmin}} = \frac{10 \text{ V}}{8 \text{ mA}} = 1,25 \text{ k}\Omega$$





مثال ۳-۳

دانشگاه گیلان و بروجرد



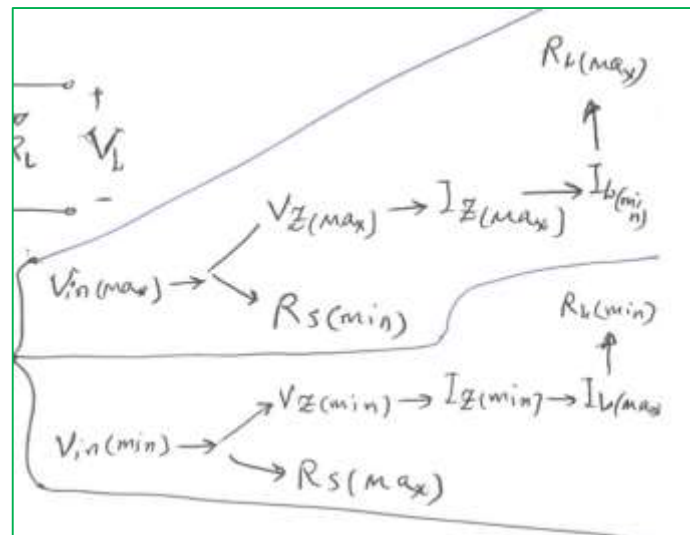
در مدار شکل ۳-۳۹ برای دیود زنر داریم

$$P_{Zmax} = 500 \text{ mW} ; I_{ZK} = 1 \text{ mA} ; V_Z = 6.1 \text{ V}$$

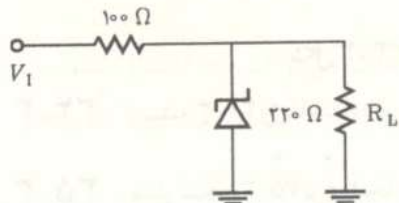
برای این که ولتاژ روی R_L برابر 6.1 V باشد، V_1

باید در چه محدوده‌ای باشد ؟

شکل ۳-۳۹



حل مثال ۳-۳



۳۹-۳ در مدار شکل ۳۹-۳ برای دیود زنر داریم
 $P_{Zmax} = 500 \text{ mW}$; $I_{ZK} = 1 \text{ mA}$; $V_Z = 6.1 \text{ V}$
 برای این که ولتاژ روی R_L برابر 6.1 V باشد، V_1 باید در چه محدوده‌ای باشد؟
 شکل ۳۹-۳

۳۹-۳ موقعی که ولتاژ روی R_L برابر 6.1 V است، از آن جریان زیر می‌گذرد

$$I_L = \frac{6.1 \text{ V}}{220 \Omega} = 27.7 \text{ mA}$$

چون جریان دیود باید حداقل 1 mA باشد، می‌نیمم جریان مقاومت 100Ω برابر $I_L + I_{ZK}$ است

و $V_{Imin} = 100 \Omega (I_L + I_{ZK}) + V_Z = 8.19 \text{ V}$ همچنین داریم

$$V_{Imax} = 100 \Omega (I_L + I_{max}) + V_Z$$

که در آن I_{max} ماکزیمم جریان دیود زنر، عبارت است از

$$I_{max} = \frac{P_{Zmax}}{V_Z} = \frac{500 \text{ mW}}{6.1 \text{ V}} = 81.97 \text{ mA}$$

پس

$$V_{Imax} = 100 \Omega (1 + 81.97) + 6.1 = 14.4 \text{ V}$$

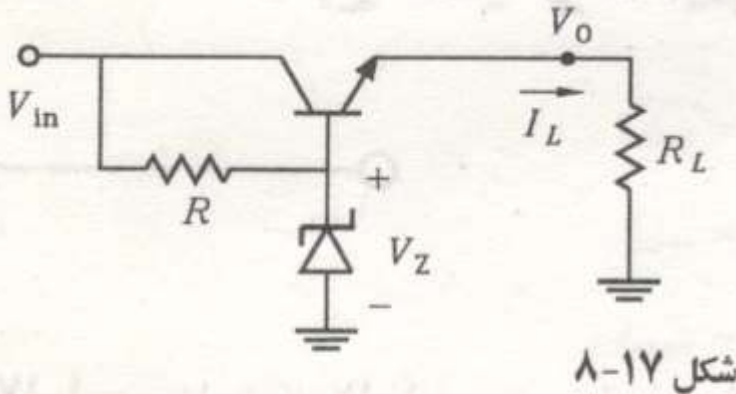




مثال ۴ -

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعیین کنید.



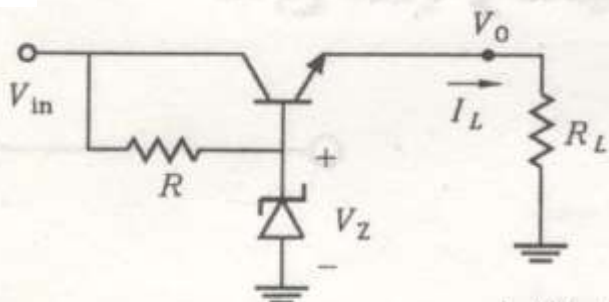
۸-۱۷ در مدار شکل ۸-۱۷ $V_{in} = 20\text{ V}$ ، $R = 200\ \Omega$ ، $V_{BE} = 0.7\text{ V}$ و $V_Z = 12\text{ V}$ و V_O و جریان مقاومت R و دیود زنر را بیابید. برای ترانزیستور $\beta = 50$ و $R_L = 100\ \Omega$.

۹-۱۷ بازده مدار تنظیم کننده ولتاژ شکل ۸-۱۷ را بیابید. توان تلف شده در ترانزیستور چقدر است؟



حل مثال ۴-

تعیین کنید.



شکل ۸-۱۷

۸-۱۷ در مدار شکل ۸-۱۷ $V_{in} = 20\text{ V}$ و $R = 200\ \Omega$ ،
 $V_{BE} = 0.7\text{ V}$ و $V_Z = 12\text{ V}$ و V_O و جریان
 مقاومت R و دیود زنر را بیابید. برای
 ترانزیستور $\beta = 50$ و $R_L = 100\ \Omega$.

۸-۱۷ ولتاژ خروجی $V_O = 12.7\text{ V}$ است. ولتاژ روی مقاومت R برابر $V_{in} - V_Z = 8\text{ V}$ است، پس
 از آن جریان $I_R = 8\text{ V} / R = 40\text{ mA}$ می‌گذرد. جریان بیس ترانزیستور $I_B = I_L / \beta = 127\text{ mA} / 50 = 2.54\text{ mA}$
 است، پس $I_Z = 40 - 2.54 = 37.46\text{ mA}$.



مثال ۵-

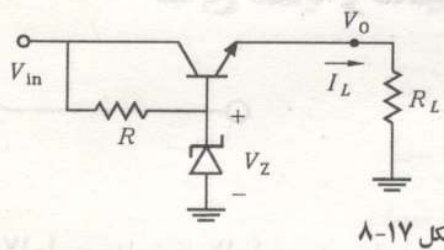
تعیین کنید.

۸-۱۷ در مدار شکل ۸-۱۷ $V_{in} = 20\text{ V}$ ، $R = 200\ \Omega$ ، $V_{BE} = 0.7\text{ V}$ و V_o و جریان $V_z = 12\text{ V}$ و R_L و دیود زنر را بیابید. برای ترانزیستور $\beta = 50$ و $R_L = 100\ \Omega$.

شکل ۸-۱۷

۹-۱۷ بازده مدار تنظیم کننده ولتاژ شکل ۸-۱۷ را بیابید. توان تلف شده در ترانزیستور چقدر است؟

حل مثال ۵-



تعیین کنید.
۸-۱۷ در مدار شکل ۸-۱۷ $V_{in} = 20\text{ V}$ ، $R = 200\ \Omega$ ، $V_{BE} = 0.7\text{ V}$ و $V_Z = 12\text{ V}$ و V_o و جریان مقاومت R و دیود زنر را بیابید. برای ترانزیستور $\beta = 50$ و $R_L = 100\ \Omega$.
شکل ۸-۱۷

۹-۱۷ بازده مدار تنظیم کننده ولتاژ شکل ۸-۱۷ را بیابید. توان تلف شده در ترانزیستور چقدر است؟

۹-۱۷ توان خروجی عبارت است از

$$P_o = \frac{V_o^2}{R_L} = \frac{12.7^2}{100} = 1.61\text{ W}$$

جریانی که از منبع ورودی کشیده می شود، مجموع جریان بار و جریان زنرست، یعنی

$$I_{in} = I_L + I_Z = 127 + 37.46 = 164.46\text{ mA}$$

پس توان ورودی برابر است با

$$P_i = V_{in} I_{in} = 3.129\text{ W}$$

بازده عبارت است از:

$$\tau = \frac{P_o}{P_i} = 48.9\%$$

از ۵۱ درصد توان تلف شده مقدار زیر در ترانزیستور تلف می شود.

$$\begin{aligned} P_Q &= V_{CE} I_C = (V_{in} - V_o) I_L \\ &= (20 - 12.7) \times (0.127) = 0.93\text{ W} \end{aligned}$$

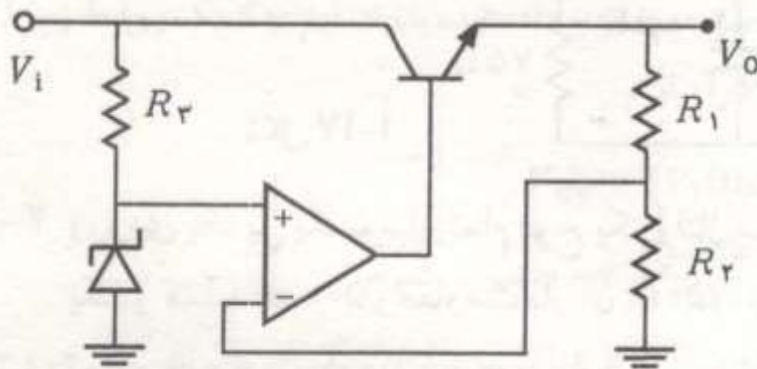




مثال ۶-

دانشگاه سیستان و بلوچستان

۱۰-۱۷ با استفاده از یک دیود زener ۶-۷ و مداری با آرایش شکل ۱۰-۱۷ تنظیم کننده‌ای برای داشتن ولتاژ خروجی ۱۸۷ طراحی کنید. ولتاژ ورودی بین ۲۰ V تا ۳۰ V است. می‌نیمم جریان زener را ۲۰ mA بگیریید.

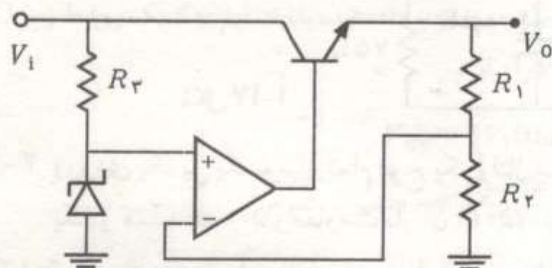


شکل ۱۰-۱۷



حل مثال ۶-

۱۰-۱۷ با استفاده از یک دیود زبر ۶-۷ و مداری با آرایش شکل ۱۰-۱۷ تنظیم کننده‌ای برای داشتن ولتاژ خروجی ۱۸V طراحی کنید. ولتاژ ورودی بین ۲۰V تا ۳۰V است. می‌نیمم جریان زبر را ۲۰mA بگیرد.



شکل ۱۰-۱۷

۱۰-۱۷ ولتاژ روی مقاومت R_2 باید برابر ولتاژ زبر، یعنی ۶V باشد، پس

$$6 = V_o \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) = 18 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

که نتیجه می‌دهد $R_1 = 2R_2$. مقادیر $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$ و $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ مقادیر مناسبی هستند. می‌نیمم ولتاژ روی

مقاومت R_2 برابر $20 - 6 = 14 \text{ V}$ است و حداقل جریان آن باید ۲۰mA باشد، پس

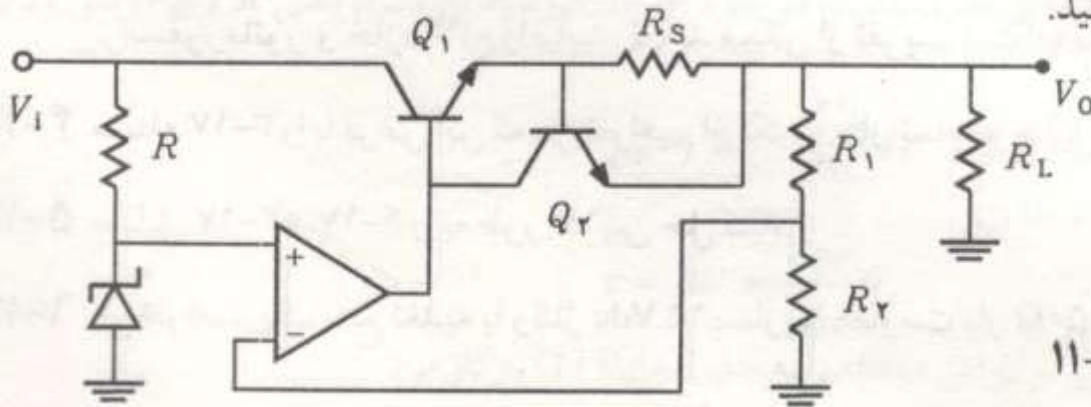
$$R_2 = \frac{14 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = 0.7 \text{ k}\Omega$$



مثال ۷ -

دانشگاه یزد و بروجرد

۱۱-۱۷ تنظیم کننده ولتاژ شکل ۱۱-۱۷ ولتاژ خروجی ثابت ۲۵ V را تولید می کند. R_s چه باشد تا جریان مقاومت R_L به ۰٫۵ A محدود شود؟ به ازای این مقدار جریان خروجی را به ازای $R_L = ۱۰۰ \Omega$ و $R_L = ۱۰ \Omega$ تعیین کنید.

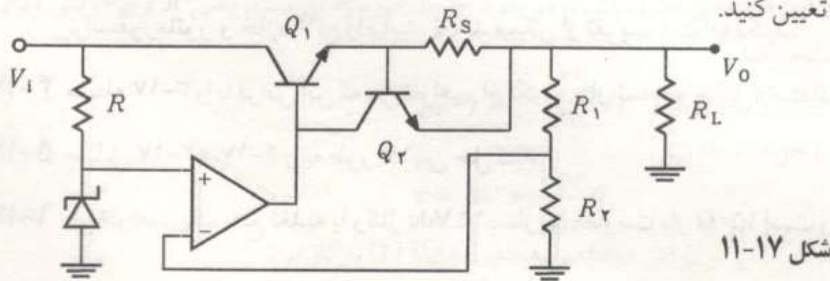


شکل ۱۱-۱۷



حل مثال ۷-

۱۱-۱۷ تنظیم کننده ولتاژ شکل ۱۱-۱۷ ولتاژ خروجی ثابت ۲۵ V را تولید می کند. R_s چه باشد تا جریان مقاومت R_L به ۰٫۵ A محدود شود؟ به ازای این مقدار جریان خروجی را به ازای $R_L = ۱۰۰ \Omega$ و $R_L = ۱۰ \Omega$ تعیین کنید.



شکل ۱۱-۱۷

۱۱-۱۷ با رسیدن ولتاژ روی R_s به حدود ۰٫۶ V ترانزیستور Q_2 روشن شده، جریان بیس Q_1 را کاهش می دهد. پس باید داشته باشیم

$$R_s = \frac{0.6 \text{ V}}{0.5 \text{ A}} = 1.2 \Omega$$

به ازای $R_L = ۱۰۰ \Omega$ جریان خروجی ۰٫۲۵ A است، ولتاژ روی R_s برابر ۰٫۳ V است، پس Q_2 خاموش بوده، ولتاژ خروجی ۲۵ V می ماند. به ازای $R_L = ۱۰ \Omega$ جریان خروجی باید ۲٫۵ A باشد که امکان ندارد، زیرا جریان خروجی به ۰٫۵ A محدود می شود. پس $V_o = 0.5 \times 10 = 5 \text{ V}$.