



Ch. 09 特殊二極體 02



參考資料:

1. 電子學 I/ Ch. 01 - 02 陳清良 編著 龍騰文化
2. 基本電學 I/ Ch. Ch. 01 - 04. 康嘉宗 李天良 李源永 陳昭博 編著 復文書局
3. 電子學/ Ch. 03 /高立圖書出版
原著：Mitchel E. Schultz
審訂：沈志忠
編譯：余永平 郭有順 蔡忠良



A: 計算題 3



例題 3

對於 1 W，10 V 的稽納二極體，計算其最大額定電流。

答：利用 (3-2) 式，計算過程如下

$$P = I * V$$

$$\begin{aligned} I_{ZM} &= \frac{P_{ZM}}{V_Z} \\ &= \frac{1 \text{ W}}{10 \text{ V}} \\ &= 100 \text{ mA} \end{aligned}$$

以 1N4742A

稽納二極體為例：

$$I_{ZT} = 21 \text{ mA};$$

$$V_Z = -12 \text{ V}。$$

$$I_{ZM} = 76 \text{ mA}$$

對於這個二極體，電流 I_Z 不可超過 100 mA。若 I_Z 若超過 100 mA，二極體可能因為太多的功率散逸而壞掉。 ■



8-3 稽納二極體的應用



- 圖3-5顯示一個使用6.2V稽納二極體的無負載電壓調節器。稽納二極體是逆向偏壓， V_{in} 的正端經串聯限流電阻 R_S 而接在稽納二極體的陰極。
- 稽納電流

$$\begin{aligned} I_Z &= \frac{V_{in} - V_Z}{R_S} \\ &= \frac{25 \text{ V} - 6.2 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} \\ &= 18.8 \text{ mA} \end{aligned}$$

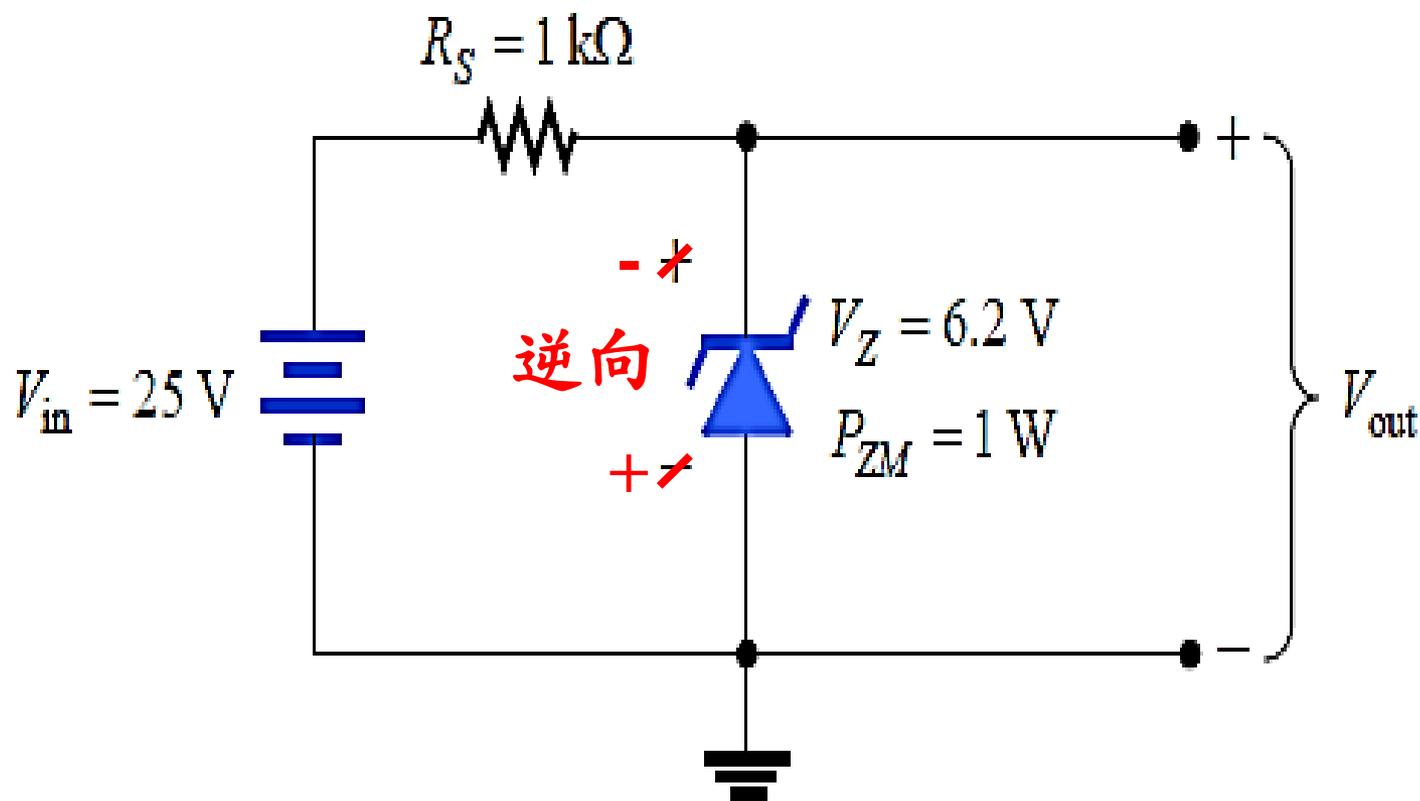


圖 3-5 無負載稽納電壓調節器，輸出跨接於稽納二極體兩端。



- 圖3-5顯示一個使用6.2V稽納二極體的無負載電壓調節器。稽納二極體是逆向偏壓， V_{in} (25→50V)的正端經串聯限流電阻 R_S 而接在稽納二極體的陰極。

- 稽納電流：

$$\begin{aligned} I_Z &= V_{in} - V_Z / R_S \\ &= 50 \text{ V} - 6.2 \text{ V} / 1 \text{ k}\Omega \\ &= 43.8 \text{ mA} \end{aligned}$$



- 若輸入電壓 V_{in} 改變，則稽納電流 I_Z 亦隨之改變。然而， V_Z (6.2V) 仍保持相當的穩定值。
- 稽納電壓 V_Z 有任何波動，是由於稽納電阻 R_Z 兩端之微小電壓降變化之故。



第一與第二近似模型



- 第一種近似模型是把稽納二極體當作是零內電阻($R_z = 0 \Omega$)的定電壓源。在偵錯或簡單設計電路時，通常以第一種近似模型就足了。



第二種近似模型則包含一個稽納內電阻 R_Z 。
稽納電壓的變化量可用(3-3)式計算。

$$\Delta V_Z = \Delta I_Z R_Z \quad (3-3)$$

ΔV_Z 稽納電壓的變化量。

ΔI_Z 稽納電流的變化量。



稽納總電壓可用(3-4)式計算。

$$V_{\text{out}} = V_Z + I_Z * R_Z$$

V_{out} 代表輸出總電壓，包含 $I_Z * R_Z$ 的效應。



A: 計算題 4



例題 4

在圖 3-5 中，若 $V_Z = 10\text{ V}$ ，試計算 I_Z 。

答：計算過程如下

$$I_Z = \frac{V_{\text{in}} - V_Z}{R_S} = \frac{25\text{ V} - 10\text{ V}}{1\text{ k}\Omega} = 15\text{ mA}$$

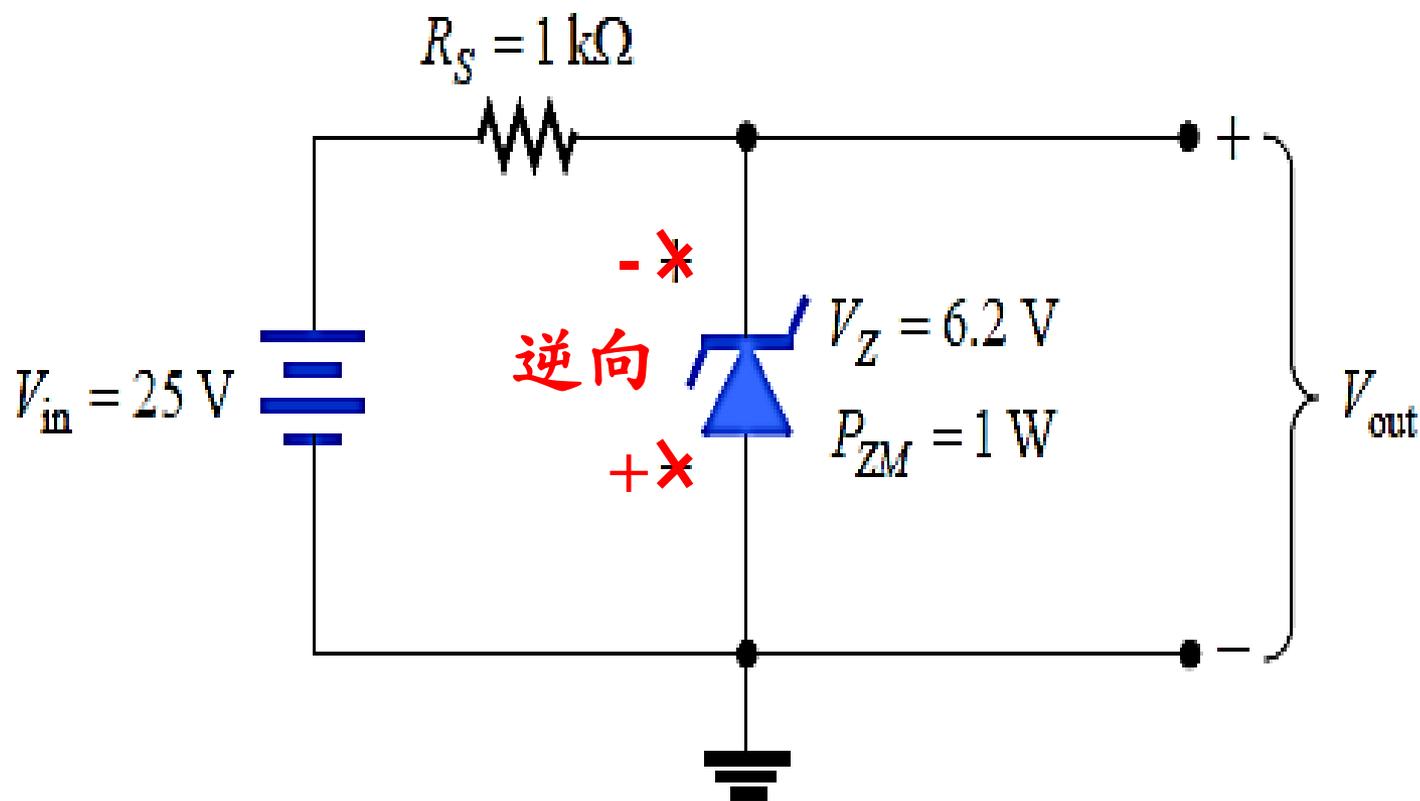


圖 3-5 無負載稽納電壓調節器，輸出跨接於稽納二極體兩端。



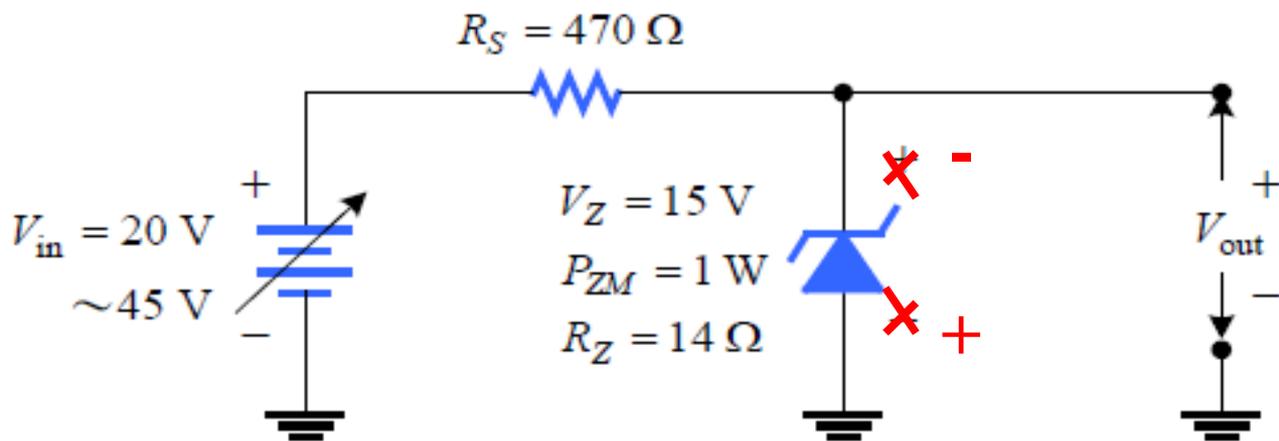
計算題 5



例題 5

無負載電壓調節器

參考圖 3-7(a)。利用第二種近似模型，計算最小及最大稽納電流。同時也計算最小與最大稽納電壓。



(a)

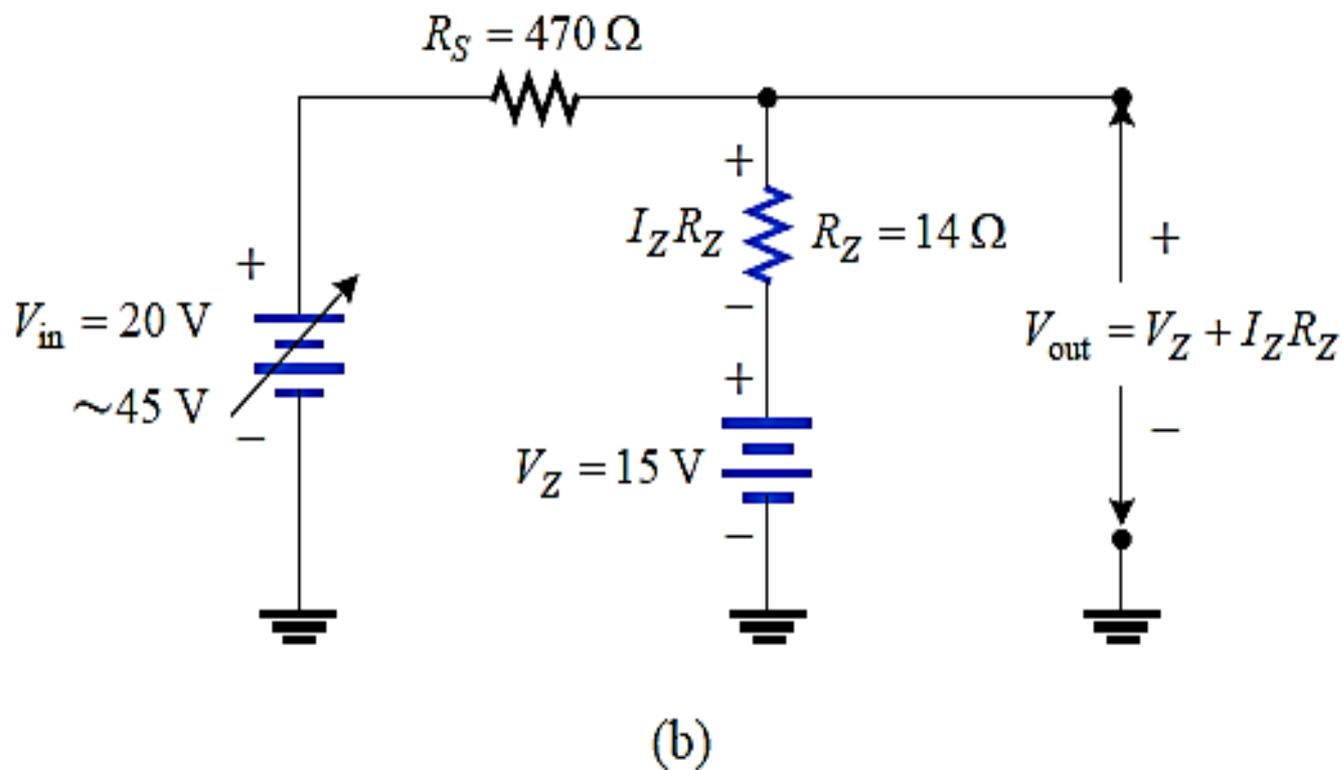


圖 3-7 稽納電壓調節器：(a) 原始電路；(b) 利用第二近似模型表示的稽納二極體。



A: 計算題 5



答：圖 3-7(b) 顯示等效電路。包含 R_Z ，則總電阻 $R_T = R_S + R_Z$ ，代入 R_S 與 R_Z 之值得

$$\begin{aligned}R_T &= R_S + R_Z \\ &= 470 \Omega + 14 \Omega \\ &= 484 \Omega\end{aligned}$$

當 V_{in} 等於 20 V， I_Z 計算如下

$$\begin{aligned}I_Z &= \frac{V_{in} - V_Z}{R_S + R_Z} \\ &= \frac{20 \text{ V} - 15 \text{ V}}{470 \Omega + 14 \Omega}\end{aligned}$$

$$I_{Z \text{ min.}} = 10.33 \text{ mA}$$

T: Total/ 總
S: Series/ 串
 R_S : 串聯電阻
Z: Zener



當 V_{in} 等於 45 V， I_Z 計算如下

$$I_Z = \frac{45 \text{ V} - 15 \text{ V}}{470 \Omega + 14 \Omega}$$

$$I_{Z \text{ max.}} = 61.98 \text{ mA}$$



為計算最小與最大輸出電壓，利用 (3-4) 式

$$\begin{aligned}V_{\text{out(min)}} &= V_Z + I_Z R_Z \\ &= 15 \text{ V} + \underline{(10.33 \text{ mA} \times 14 \ \Omega)} \\ &= \underline{15.14 \text{ V}}\end{aligned}$$

$$V_{\text{out(min)}} = 15 \text{ V} + \underline{(61.98 \text{ mA} \times 14 \ \Omega)}$$

$$I_Z \uparrow \rightarrow V_Z \text{ 為定值} \quad \approx \underline{15.86 \text{ V}}$$



稽納電壓之變化量計算如下

$$\Delta V_Z = \underline{15.86 \text{ V} - 15.14 \text{ V}} = 0.72 \text{ V}$$

ΔV_Z 亦可用 (3-3) 式計算

$$\begin{aligned}\Delta V_Z &= \Delta I_Z R_Z \\ &= \underline{(61.98 \text{ mA} - 10.33 \text{ mA}) 14 \Omega} \\ &= 0.72 \text{ V}\end{aligned}$$



有負載電壓調節器



- R_L 跨接於稽納二極體兩端(如下圖)，負載電壓 V_L 等於稽納二極體電壓 V_Z ，
或者 $V_L = V_Z$ (並聯/ Parallel; L: Load)。
- 跨在串聯(Series)電阻 R_S 兩端之電壓降為：
 $V_S = V_{in} - V_Z$ 。

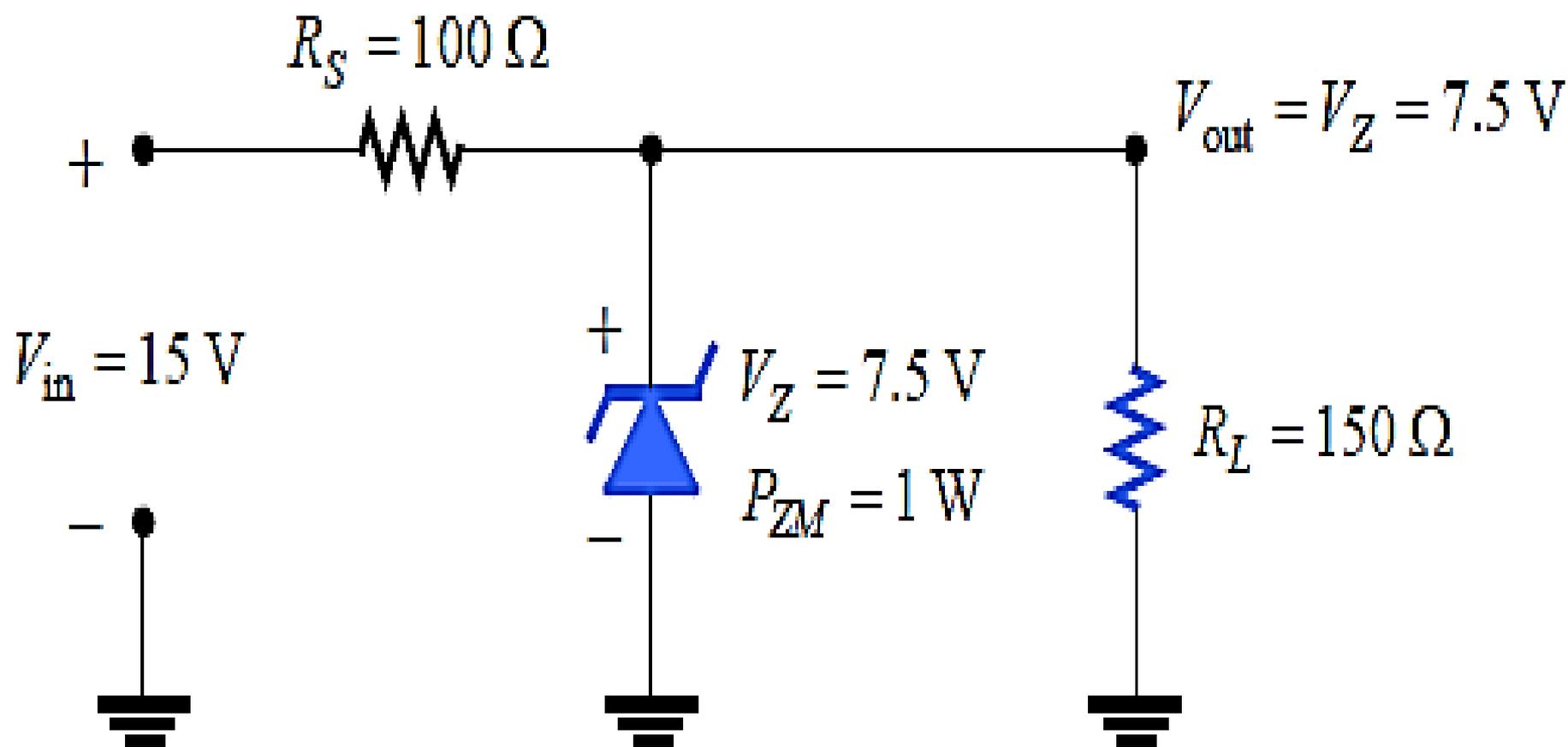


圖 3-8 負載稽納調節器。



- 因此，流經串聯電阻的電流 I_S 可計算如下：

$$\begin{aligned} I_S &= \frac{V_{in} - V_Z}{R_S} \\ &= \frac{15 \text{ V} - 7.5 \text{ V}}{100 \ \Omega} \\ &= 75 \text{ mA} \end{aligned}$$



流經負載電阻的電流 I_L 可計算如下

$$\begin{aligned} I_L &= \frac{V_Z}{R_L} \\ &= \frac{7.5 \text{ V}}{150 \Omega} \\ &= 50 \text{ mA} \end{aligned}$$

因為稽納二極體並聯 R_L ，串聯電流 I_S 等於 $I_Z + I_L$

$$I_S = I_Z + I_L \quad (3-5)$$



- 為計算負載電壓調節器中的電流，首先應計算 I_S ，然後 I_L ，最後再算出稽納電流 I_Z 。
- ∴ 並聯電路之總電流等於各分支電流之總和
- ∴ $I_S = I_Z + I_L$

$$\begin{aligned} I_Z &= I_S - I_L \\ &= 75 \text{ mA} - 50 \text{ mA} \\ &= 25 \text{ mA} \end{aligned}$$



A: 計算題 6



例題 6

$$R_L = 150 \Omega \rightarrow 250 \Omega$$

在圖 3-8 中，若 R_L 增加至 250Ω ，計算下列各值： I_S, I_L, I_Z 與 P_Z 。

答：即使 R_L 改變， I_S 仍維持 75 mA 之定值。這是因為 V_{in}, V_Z 和 R_S 仍保持常數。

為計算 I_L ，把 V_Z 除以 R_L 之值 250Ω 。



$$\begin{aligned} I_L &= \frac{V_Z}{R_L} \\ &= \frac{7.5 \text{ V}}{250 \Omega} \\ &= 30 \text{ mA} \end{aligned}$$

計算 I_Z 之過程如下

$$\begin{aligned} I_Z &= I_S - I_L \\ &= 75 \text{ mA} - 30 \text{ mA} \\ &= 45 \text{ mA} \end{aligned}$$



$$P = W / t = V Q / t = V I$$



P_Z 的計算如下

$$\begin{aligned} P_Z &= V_Z I_Z \\ &= 7.5 \text{ V} \times 45 \text{ mA} \\ &= 337.5 \text{ mW} \end{aligned}$$

注意，在圖 3-8 中， R_L 從 150Ω 增加至 250Ω ，使得 I_L 減少而 I_Z 增加。這個現象可歸因於 I_S 必須維持 75 mA 之定值。

同時注意，在此例中，稽納二極體之功率散逸比 1 W 的功率額定值小許多。 ■



V_{in}	V_Z	R_S	R_L	I_S	I_L	I_Z	P_Z
15V	7.5V	100Ω	150Ω ↓ ↓	75mA	50mA ↑ ↑	25mA ↓ ↓	187.5 mW
15V	7.5V	100Ω	250Ω	75mA	30mA	45mA	337.5 mW



計算題 7



例題 7

在圖 3-9 中，針對：(a) $R_L = 200 \Omega$ ；(b) $R_L = 500 \Omega$ ，計算 I_S 、 I_L 及 I_Z 。

答：由計算流經 R_S 之電流 I_S 開始

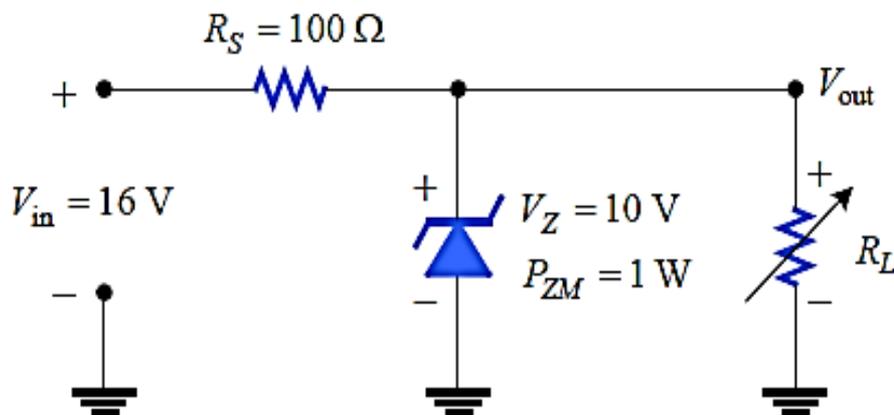


圖 3-9 R_L 可調整的負載稽納調節器。



A: 計算題 7



$$\begin{aligned} I_S &= \frac{V_{in} - V_Z}{R_S} \\ &= \frac{16 \text{ V} - 10 \text{ V}}{100 \Omega} \\ &= 60 \text{ mA} \end{aligned}$$

此電流對於 (a) 與 (b) 之負載電阻皆相同。

當 $R_L = 200 \Omega$ ，計算 I_L

$$\begin{aligned} I_L &= \frac{V_Z}{R_L} \\ &= \frac{10 \text{ V}}{200 \Omega} \\ &= 50 \text{ mA} \end{aligned}$$



接著，計算解稽納電流 I_Z

$$\begin{aligned} I_Z &= I_S - I_L \\ &= 60 \text{ mA} - 50 \text{ mA} \\ &= 10 \text{ mA} \end{aligned}$$

當 $R_L = 500 \Omega$ ， I_L 計算如下

$$\begin{aligned} I_L &= \frac{V_Z}{R_L} \\ &= \frac{10 \text{ V}}{500 \Omega} \\ &= 20 \text{ mA} \end{aligned}$$

接著求解 I_Z 電流

$$\begin{aligned} I_Z &= I_S - I_L \\ &= 60 \text{ mA} - 20 \text{ mA} \\ &= 40 \text{ mA} \end{aligned}$$



V_{in}	V_Z	R_S	R_L	I_S	I_L	I_Z	P_Z
16V	10V	100Ω	200Ω ↓ ↓	60mA	50mA ↑ ↑	10mA ↓ ↓	187.5 mW
16V	10V	100Ω	500Ω	60mA	20mA	40mA	337.5 mW



對於 $R_L = 200 \Omega$ 與 500Ω ，比較 I_Z 及 I_L 值。當 R_L 從 200Ω 增加到 500Ω 時， I_L 從 50 mA 減少到 20 mA ，因而使得 I_Z 從 10 mA 增加到 40 mA 。注意，稽納電流 I_Z 的增加量為 30 mA ，等於負載電流 I_L 之減少量。

當 V_{in} 為定值時， I_Z 與 I_L 將始終具有相等而反向的變化量值。 ■



課後重點整理



- 當LED順向偏壓時，電子和電洞在接面結合；當電子從n區跨越到p區，它們掉入電洞，掉落的電子以光的形式釋出能量。
- LED的障壁電壓 V_B 範圍在1.5V到2.5V之間，由LED的顏色及順向電流量決定。LED的崩潰電壓額定值 V_{BR} 相當低，大約於-3V到-15V之間。
- 稽納二極體一般為逆向偏壓，主要的應用在於電壓調節電路中。無論輸入電壓或負載電流如何變化，稽納二極體將保持定值電壓。

