



Ch. 08 特殊二極體 01

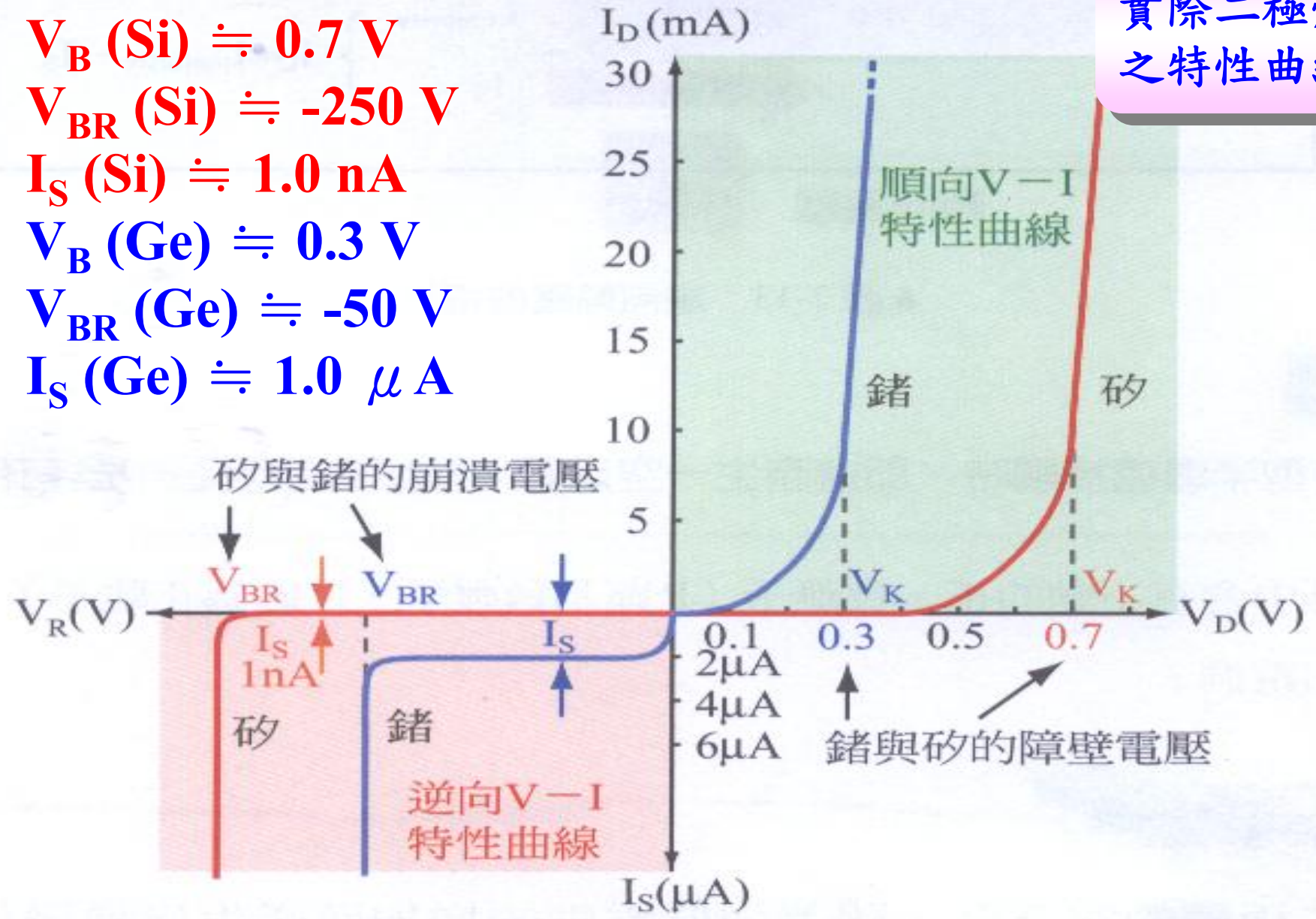


參考資料:

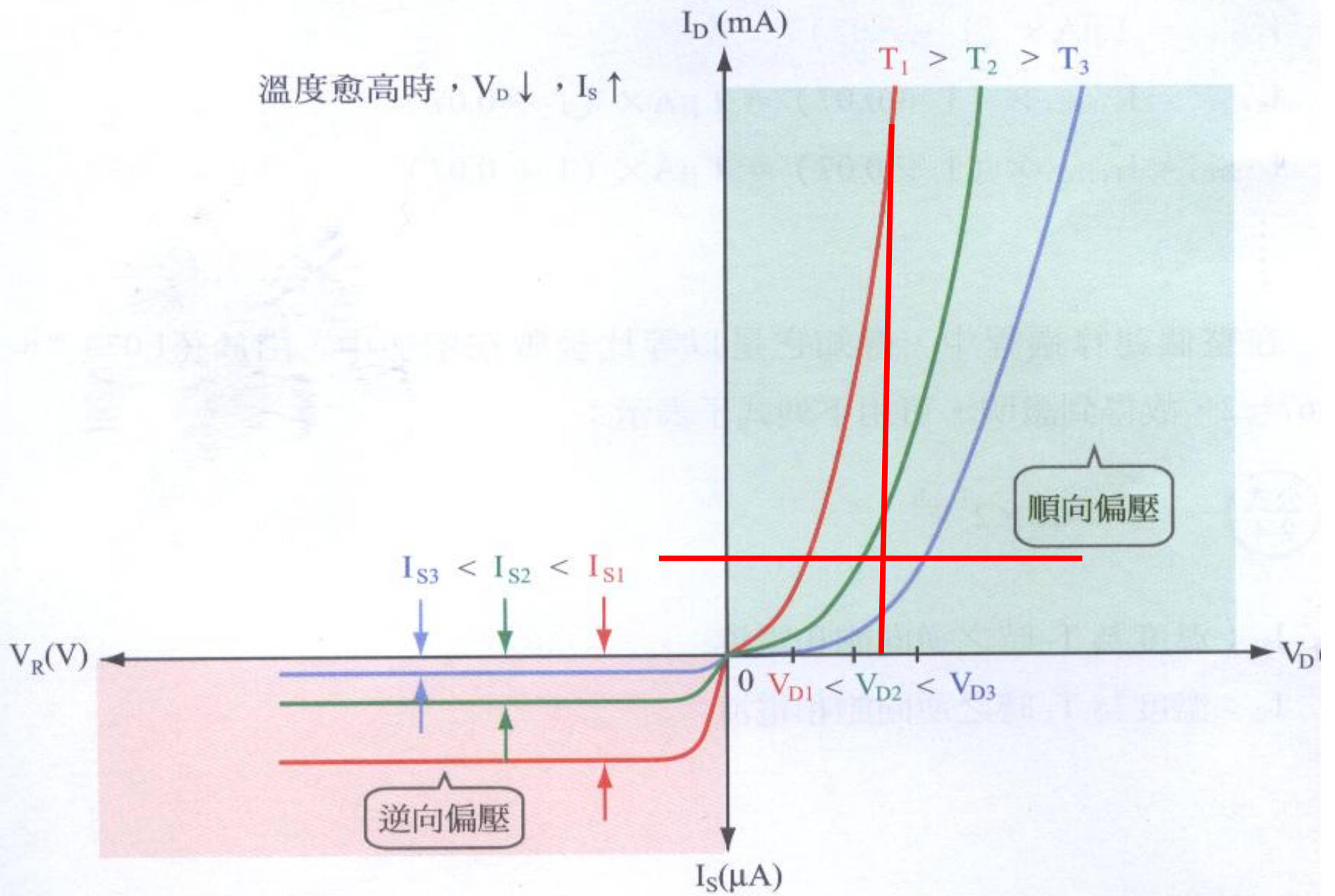
1. 電子學 I/ Ch. 01 - 02 陳清良 編著 龍騰文化
2. 基本電學 I/ Ch. Ch. 01 - 04. 康嘉宗 李天良 李源永 陳昭博 編著 復文書局
3. 電子學/ Ch. 03 /高立圖書出版
原著： Mitchel E. Schultz
審訂： 沈志忠
編譯： 余永平 郭有順 蔡忠良
4. <http://score.ptivs.ptc.edu.tw/chenjy/ELECTRN/ELECTRON.HTM>

實際二極體
之特性曲線

- $V_B (\text{Si}) \doteq 0.7 \text{ V}$
- $V_{BR} (\text{Si}) \doteq -250 \text{ V}$
- $I_S (\text{Si}) \doteq 1.0 \text{ nA}$
- $V_B (\text{Ge}) \doteq 0.3 \text{ V}$
- $V_{BR} (\text{Ge}) \doteq -50 \text{ V}$
- $I_S (\text{Ge}) \doteq 1.0 \mu\text{A}$



▲圖 2-14 矽製與鍺製二極體的順向與逆向特性曲線



▲圖 2-15 二極體特性曲線隨著溫度的改變而發生的變化

▼表 2-2 矽與鍺二極體之特性比較

特性 \ 類別		矽 (Si)	鍺 (Ge)	特性說明
原子序數		14	32	原子序數 = 質子數 = 電子數
電子排列		K - L - M 2 - 8 - 4	K - L - M - N 2 - 8 - 18 - 4	鍺層數較多，受原子核之束縛力較弱
逆向飽和電流		nA ($= 10^{-9}$ A)	μ A ($= 10^{-6}$ A)	同溫時，鍺 > 矽
切入電壓		0.6~0.7V	0.2~0.3V	鍺用於檢波電路 矽用於整流電路
峰值逆向電壓 PIV		約 1000V	約 400V	矽 > 鍺
工作溫度範圍		-65~175°C (上限約為 200°C)	-65~75°C (上限約為 100°C)	矽 > 鍺，IC 元件以矽為主要材料
溫度效應	切入電壓	約 -2.5mV/°C	約 -1mV/°C	矽受溫度影響較大
	逆向飽和電流	約 7%/°C，約每 10°C 增加 1 倍 (nA)	約 7%/°C，約每 10°C 增加 1 倍 (μ A)	鍺受溫度影響較大



特殊二極體



- 二極體的功能除整流之外，還可調節電壓，發出不同顏色的光及當作隨電壓改變的電容器。
- 本章將討論：
發光二極體(Light-Emitting Diode)、
稽納二極體(Zener Diode)、
變容二極體(Varactor Diode)、
蕭特基二極體(Schottky Diode) 等。



8-1 發光二極體



- 在摻雜過程中，加入如鎵(Ga/III)、砷(As/V)、及磷(P/V)等元素時，可製造出發出不同顏色光的二極體，稱為發光二極體(light-emitting diodes, LED)。
- 常用的LED顏色為紅(R)、綠(G)、藍(B)、黃、橙等(可見光)、甚至紅外線(不可見光)。



維基百科
自由的百科全書

建立帳號 登入

條目 討論 台灣正體 漢 漢

閱讀 編輯 檢視歷史

搜尋

臉書台灣維基社群社團, 共同分享維基話題、互助解決編輯難題。使用FB的朋友, 誠心期待您一同加入我們的討論

[關閉]

發光二極體 [編輯]

發光二極體（**英語**：**Light-Emitting Diode**，縮寫：**LED**）^[1]是一種能發光的**半導體**電子元件，透過三價與五價元素所組成的複合光源。此種電子元件早在1962年出現，早期只能夠發出低光度的紅光，被**惠普**買下專利後當作指示燈利用。及後發展出其他單色光的版本，時至今日，能夠發出的光已經遍及可見光、紅外線及紫外線，光度亦提高到相當高的程度。用途由初時的指示燈及顯示板等；隨著白光發光二極體的出現，近年逐漸發展至被普遍用作照明用途。

發光二極體只能夠往一個方向導通（通電），叫作**順向偏壓**（順向偏壓），當電流流過時，電子與電洞在其內重合而發出單色光，這叫**電致發光**效應，而光線的波長、顏色跟其所採用的半導體物料種類與故意摻入的元素雜質有關。具有效率高、壽命長、不易破損、反應速度快、可靠性高等傳統光源不及的優點。白光LED的發光效率近年有所進步；每千流明成本，也因為大量的資金投入使價格下降，但成本仍遠高於其他的傳統照明。雖然如此，近年仍然越來越多被用在照明用途上。



三顆不同顏色的LED



目錄 [隱藏]

- 1 發展歷史
- 2 優點
- 3 缺點
- 4 基本原理
 - 4.1 白光發光二極體的原理
 - 4.2 其他顏色

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%99%BC%E5%85%89%E4%BA%8C%E6%A5%B5%E7%AE%A1>

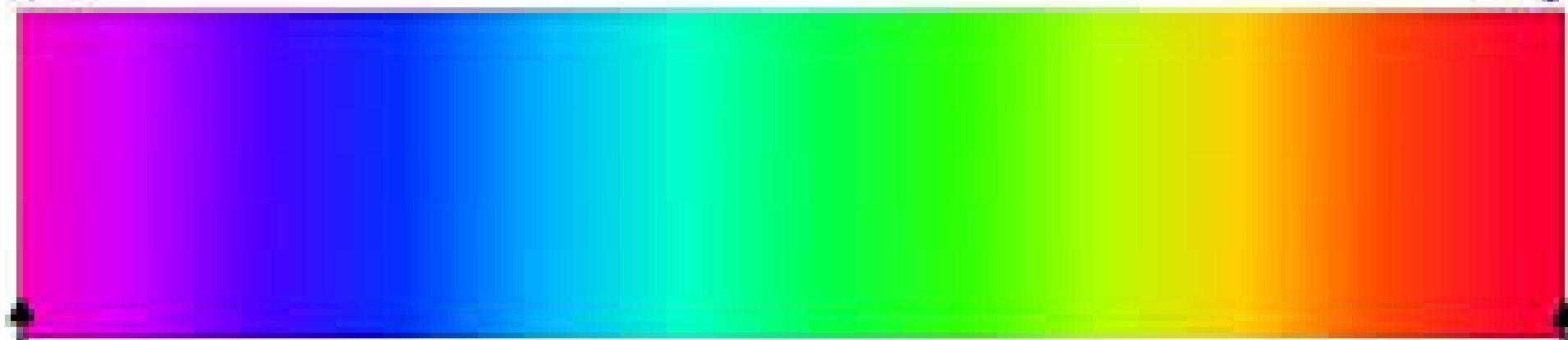
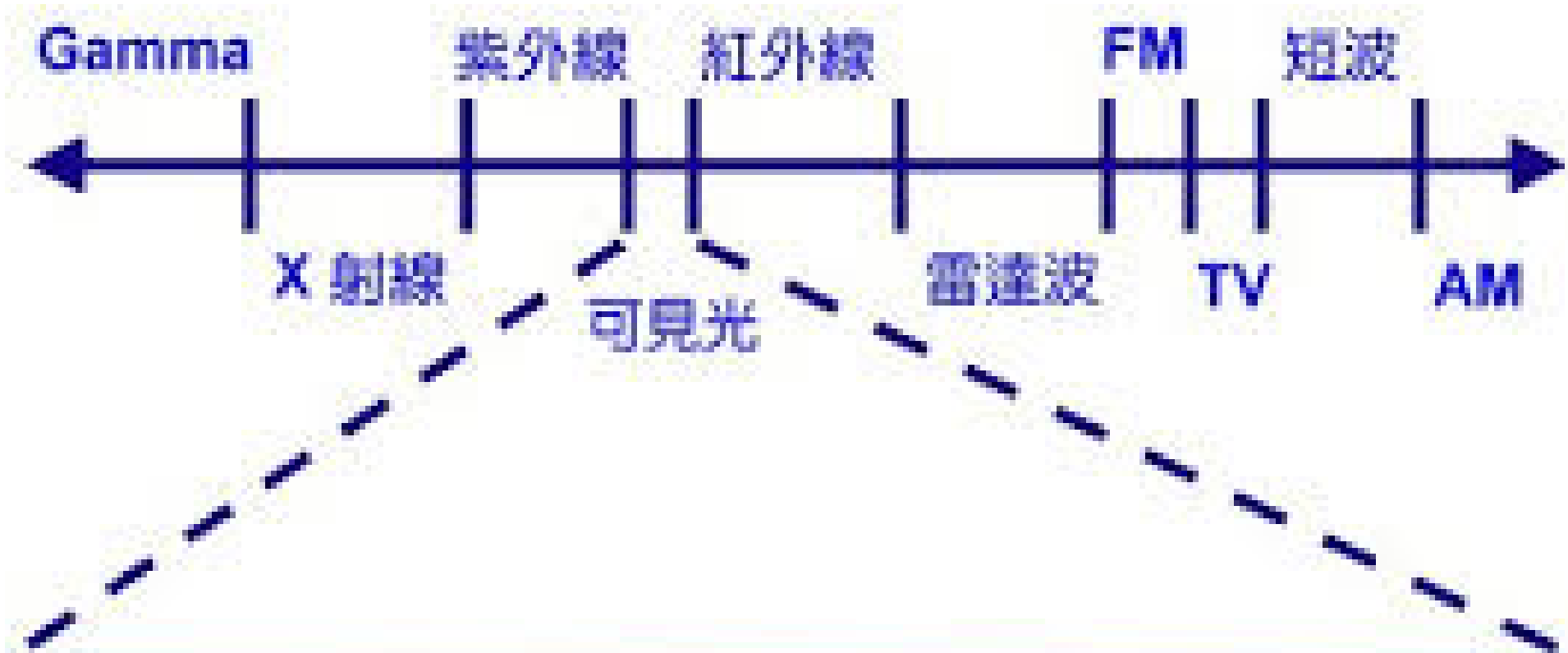
- 主頁
- 分類索引
- 特色內容
- 最新動態
- 近期變動
- 隨機條目

使用說明

- 使用說明
- 社群入口
- 方針與指引
- 互助客棧
- 知識問答
- 字詞轉換
- IRC即時聊天
- 聯繫我們
- 關於維基百科
- 資助維基百科

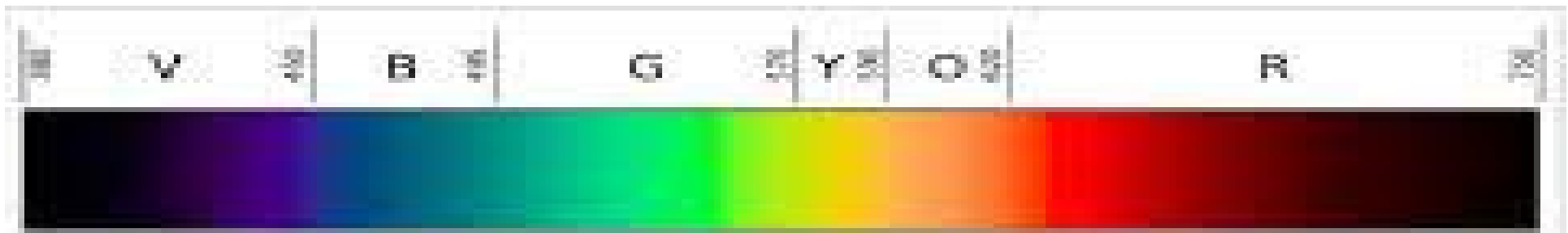
工具箱

- 進入頁面
- 相關頁面修訂記錄



380nm

Graph By Herb How 780nm



顏色	頻率	波長
紫色	668–789 THz	380–450 nm
靛色	631–668 THz	450–475 nm
藍色	606–630 THz	475–495 nm
綠色	526–606 THz	495–570 nm
黃色	508–526 THz	570–590 nm
橙色	484–508 THz	590–620 nm
紅色	400–484 THz	620–750 nm

太赫茲 (Tera Hertz, THz) 稱為太赫，波動頻率的基本單位是赫茲，1太赫茲等於 10^{12} 赫茲。



發光機制



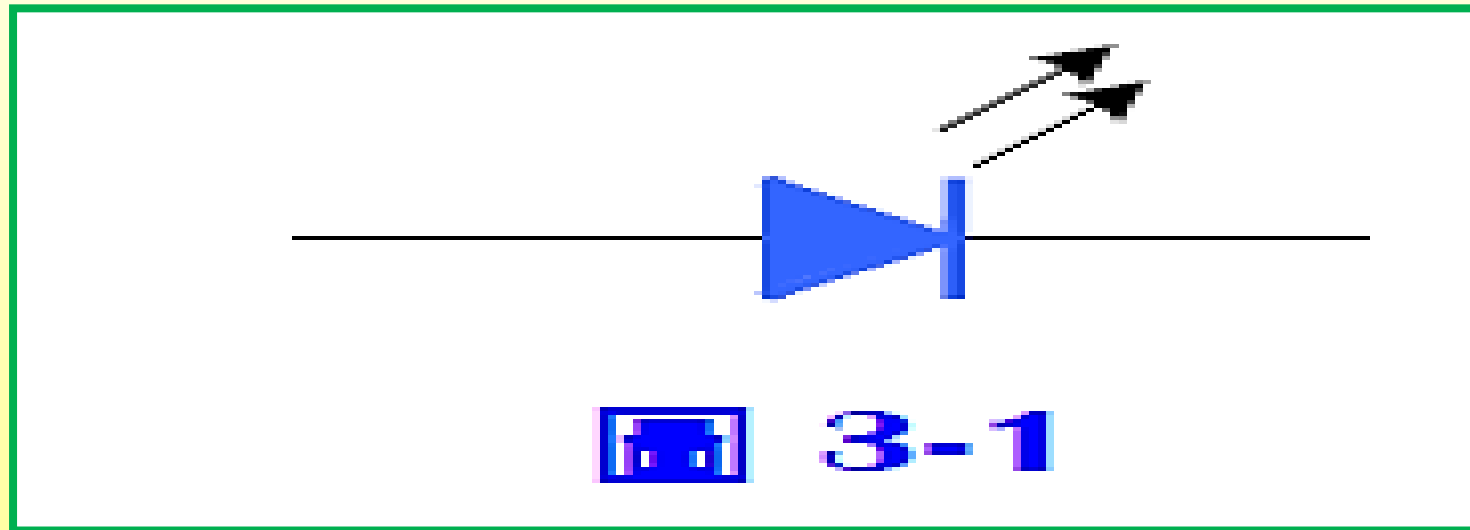
- 二極體在順向偏壓時，自由電子與電洞會在接面處結合。當自由電子從n區跨越(Jump)到p區，它們立即掉落電洞，當電子掉進電洞時，會釋放能量，此能量主要以熱或光(Light)的形式釋放。
- 對於一般矽二極體，光線不能穿透，因為它不是透明的。LED使用半透明材料，故光線可以穿透它到達周圍環境。從LED射出來的光線顏色取決於製造LED時所用之材料元素型態。



發光特性



發光二極體示意圖是以下圖所示之符號表示。
指向外側的箭頭表示所發射的光。





發光特性



- LED之 V_B (Barrier Voltage)典型值範圍約在1.5V到2.5V。其順向電壓降的精確值隨LED的顏色及流經LED之順向電流而改變。
- 對於所有LED顏色及順向電流值，LED的順向電壓可假設為2.0V。

例題 1

A: 計算題 1

計算在圖 3-2(a) 中，LED 之電流值。

答：流經 LED 的電流，可將電阻電壓降除以電阻而得。假設 LED 電壓降為 2.0 V。則計算過程為

$$\begin{aligned} I_{\text{LED}} &= \frac{V_{\text{in}} - V_{\text{LED}}}{R_S} \\ &= \frac{24 \text{ V} - 2 \text{ V}}{2.2 \text{ k}\Omega} \\ &= 10 \text{ mA} \end{aligned}$$

圖 3-2(b) 顯示圖 3-2(a) 之電路圖，此為在一般示意圖中正常的表示方式。一般慣例僅顯示電位差與相對於地之極性。

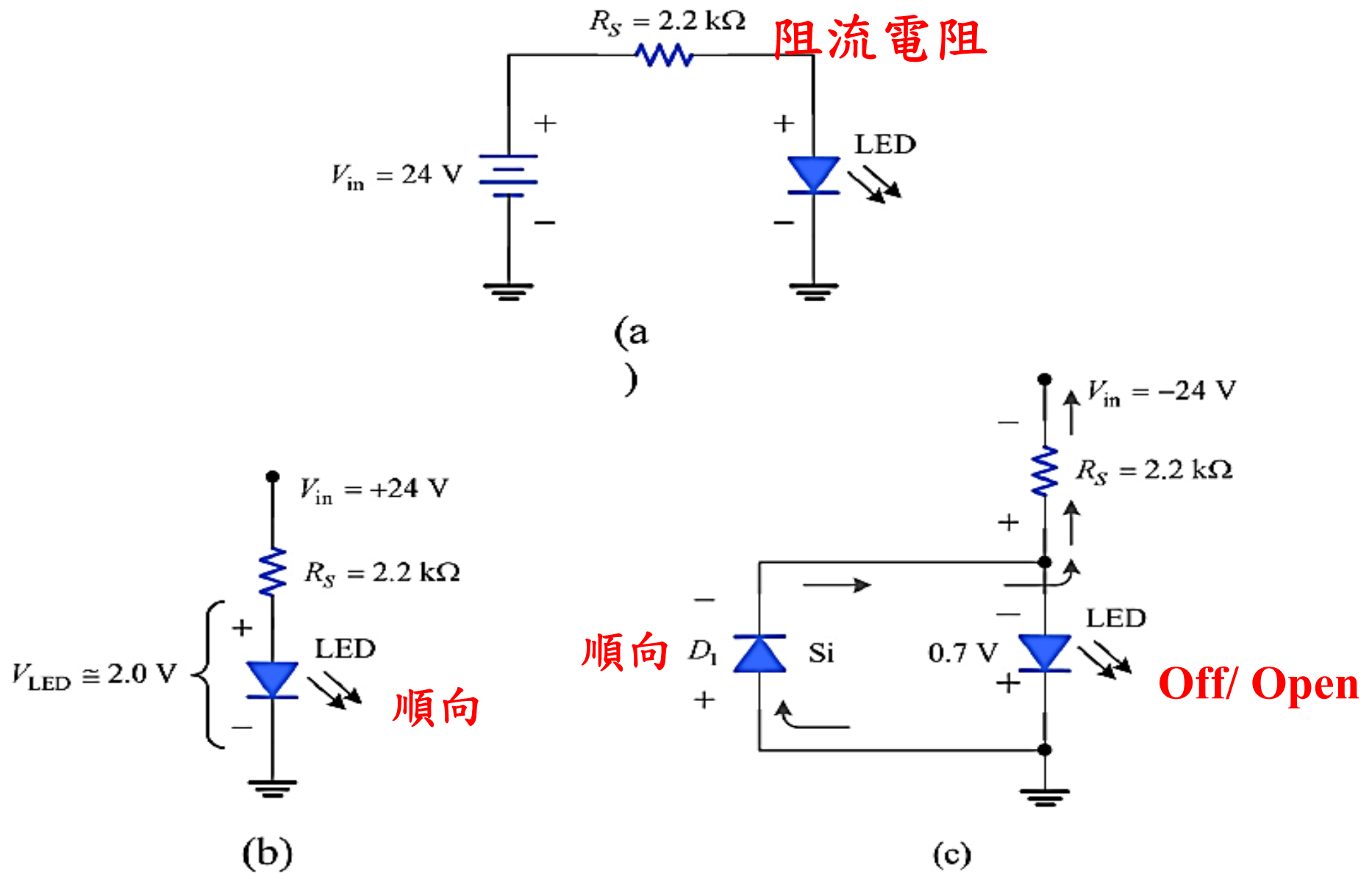


圖 3-2 例題 1 所使用的電路：(a) LED 電路；(b) 在一般示意圖上經常看到的電路圖；(c) D_1 跨接於 LED 兩端，以防止 LED 受到突然加在電路上的負電壓。



例題 2

A: 計算題 2

在圖 3-2(b) 中，計算需要提供 25 mA 的 LED 電流之電阻值 R_S 。

答：如前所述，假設 LED 的順向電壓是 2.0 V。電阻器 R_S 之值可由電阻電壓除以 LED 電流 25 mA 計算出來。計算過程為

$$R_S = \frac{V_m - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{24\text{ V} - 2\text{ V}}{25\text{ mA}} = 880\ \Omega$$

$R_S \downarrow \rightarrow I_{LED} \uparrow$
 $2,200\ \Omega \rightarrow 880\ \Omega$
 $10\text{ mA} \rightarrow 25\text{ mA}$

最接近的標準值為誤差 5% 的 910 Ω ，此值將產生所求的 LED 電流。 ■



LED崩潰電壓額定值 V_{BR}



- **LED具有非常低的崩潰電壓額定值(Breakdown Voltage Rating)。** V_{BR} **的典型值範圍從**- 3**到**-15V**。因為崩潰電壓值很低，即使突然地加上很小的逆向電壓(V_R)也能破壞/燒壞LED或嚴重地降低其特性。**
- **一種防止LED遭受過量的逆向偏壓的方式為如圖3-2(c)所示，以矽二極體並聯LED。此並聯接法可確保LED不可能受到比崩潰電壓額定值 V_{BR} 大的逆向電壓。在此情況中，LED的最大逆向電壓 V_R 等於 D_1 兩端之順向電壓**- 0.7 V**。**



8-2 稽納二極體及其特性



- 稽納二極體是一種特殊的二極體，其最佳工作區是在崩潰區(逆向偏壓)。電壓調節/穩壓是稽納二極體最普遍的應用。
- 稽納二極體與電源供應器並聯連接。無論負載電流(I_L)如何改變，稽納電壓(V_Z)仍保持定值。



伏安(I-V)特性曲線



- **Fig. 3-3b** 矽質稽納二極體的伏安特性曲線。
- 在順向偏壓區，稽納二極體的特性就像一般矽質整流二極體，當導通時具有順向電壓降約**0.7V**。
- 在逆向偏壓小於 V_Z (**-12V**)時，稽納二極體會有一微小的逆向漏電流(數個**mA**)。



伏安(I-V)特性曲線



- 當逆向偏壓大於 $V_Z(-12V)$ 時，流經稽納二極體逆向電流突然增加。
- 以 V_Z 表示的崩潰電壓，當稽納電流 I_Z 持續增加($0 \rightarrow 21 \rightarrow 76 \text{ mA}$)時，其 V_Z 仍然幾乎保持定值($\approx -12 \text{ V}$)
 - 因為此項特性，稽納二極體可用於電路中調節電壓(V_Z 保持定值)

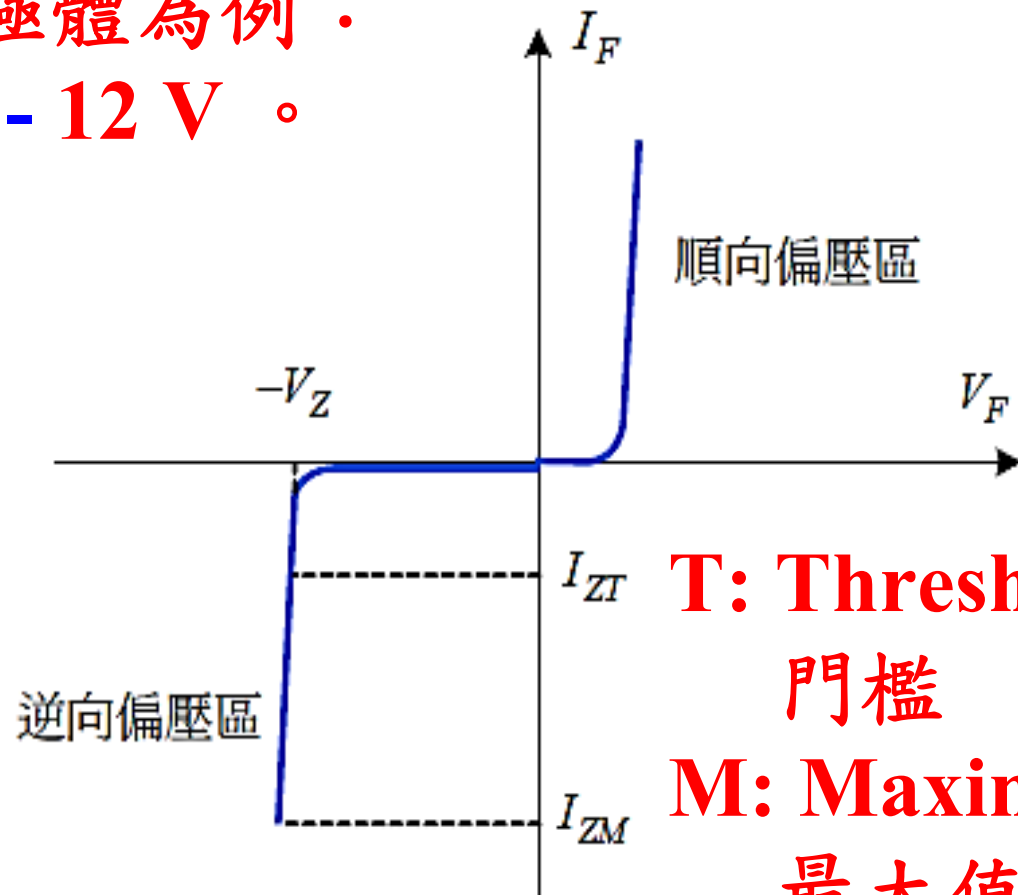
以1N4742A稽納二極體為例：

$$I_{ZT} = 21 \text{ mA}; V_Z = -12 \text{ V}。$$

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



(a)



(b)

**T: Threshold
門檻**
**M: Maximum
最大值**

圖 3-3 稽納二極體：(a) 稽納二極體的示意符號；(b) 顯示順向與逆向偏壓區的稽納二極體曲線圖。

<https://www.google.com.tw/search?q=IN4742A&biw=1170&bih=575&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=qWw6VJq8OYuD8gWVooCYDQ&ved=0CDwQsAQ>

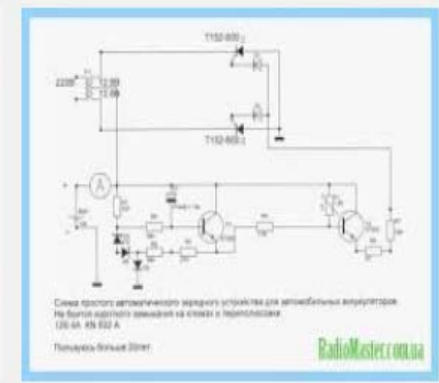
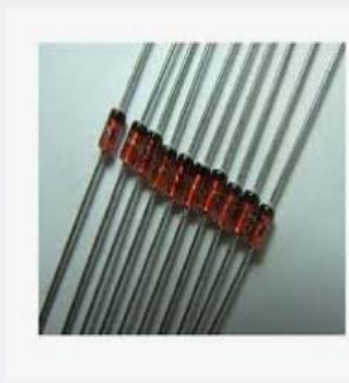
<https://www.google.com.tw/search?q=IN4742A&biw=1170&bih=575&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=qWw6VJq8OYuD8gWVooCYDQ&ved=0CDwQsAQ>

alldatasheet.com

Part No.	Max. V _{RRM}	Max. I _{FSM}	Max. P _{tot}	Max. T _{stg}
IN4728A	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728B	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728C	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728D	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728E	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728F	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728G	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728H	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728J	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728K	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728L	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728M	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728N	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728P	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728Q	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728R	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728S	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728T	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728U	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728V	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728W	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728X	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728Y	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728Z	50V	100mA	1.0W	175°C

Part No.	Max. V _{RRM}	Max. I _{FSM}	Max. P _{tot}	Max. T _{stg}
IN4728A	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728B	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728C	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728D	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728E	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728F	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728G	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728H	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728J	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728K	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728L	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728M	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728N	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728P	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728Q	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728R	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728S	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728T	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728U	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728V	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728W	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728X	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728Y	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728Z	50V	100mA	1.0W	175°C

Part No.	Max. V _{RRM}	Max. I _{FSM}	Max. P _{tot}	Max. T _{stg}
IN4728A	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728B	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728C	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728D	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728E	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728F	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728G	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728H	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728J	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728K	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728L	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728M	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728N	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728P	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728Q	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728R	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728S	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728T	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728U	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728V	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728W	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728X	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728Y	50V	100mA	1.0W	175°C
IN4728Z	50V	100mA	1.0W	175°C



<http://www.vishay.com/docs/85816/1n4728a.pdf>

85816/1n4728a.pdf

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)

PART NUMBER	ZENER VOLTAGE RANGE ⁽¹⁾	TEST CURRENT		REVERSE LEAKAGE CURRENT		DYNAMIC RESISTANCE $f = 1\text{ kHz}$		SURGE CURRENT ⁽³⁾	REGULATOR CURRENT ⁽²⁾
	V_Z at I_{ZT1}	I_{ZT1}	I_{ZT2}	I_R at V_R		Z_{ZT} at I_{ZT1}	Z_{ZK} at I_{ZT2}	I_R	I_{ZM}
	V	mA	mA	μA	V	Ω		mA	mA
	NOM.			MAX.		TYP.	MAX.		MAX.
1N4728A	3.3	76	1	100	1	10	400	1380	276
1N4729A	3.6	69	1	100	1	10	400	1260	252
1N4730A	3.9	64	1	50	1	9	400	1190	234
1N4731A	4.3	58	1	10	1	9	400	1070	217
1N4732A	4.7	53	1	10	1	8	500	970	193
1N4733A	5.1	49	1	10	1	7	550	890	178
1N4734A	5.6	45	1	10	2	5	600	810	162
1N4735A	6.2	41	1	10	3	2	700	730	146
1N4736A	6.8	37	1	10	4	3.5	700	660	133
1N4737A	7.5	34	0.5	10	5	4	700	605	121
1N4738A	8.2	31	0.5	10	6	4.5	700	550	110
1N4739A	9.1	28	0.5	10	7	5	700	500	100
1N4740A	10	25	0.25	10	7.6	7	700	454	91
1N4741A	11	23	0.25	5	8.4	8	700	414	83
1N4742A	12	21	0.25	5	9.1	9	700	380	76
1N4743A	13	19	0.25	5	9.9	10	700	344	69



稽納額定值



稽納額定值是功率額定值 (Power Rating) ，
以功率散逸 (Power Dissipation) 而言

$$\because P = W/t = VQ/t = V * I$$

$$\therefore P_Z = V_Z * I_Z$$

例如，12V 的稽納二極體有 21 mA 的電流，
則其功率散逸 $P_Z = V_Z * I_Z$

$$= 12V * 21 \text{ mA}$$

$$= 252 \text{ mW (Watt)}$$



稽納額定值



- 稽納二極體中的功率散逸(Power Dissipation)必須始終小於功率額定值。
- 稽納的功率額定值以 P_{ZM} 表示。稽納二極體可運作的最大電流 I_{ZM} 以下式示之：

$$I_{ZM} = \frac{P_{ZM}}{V_Z} \quad (3-2)$$



稽納額定值



超過 I_{ZM} (76 mA)值意謂稽納二極體將燒毀。

另一個重要的稽納額定值是稽納阻抗，以 R_Z 表示。稽納阻抗以一個小電阻串聯稽納二極體表示，以Fig. 3-4所示。

- R_Z 的效果是當稽納電流改變時，將發生稽納電壓微小(Fig. 3-3)的變化。

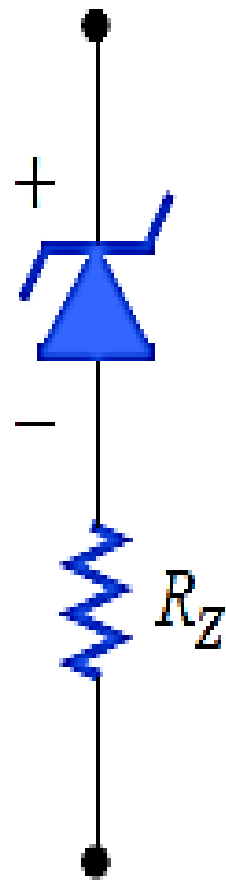


圖 3-4 包含稽納電阻的稽納二極體示意圖。



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

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

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 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

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

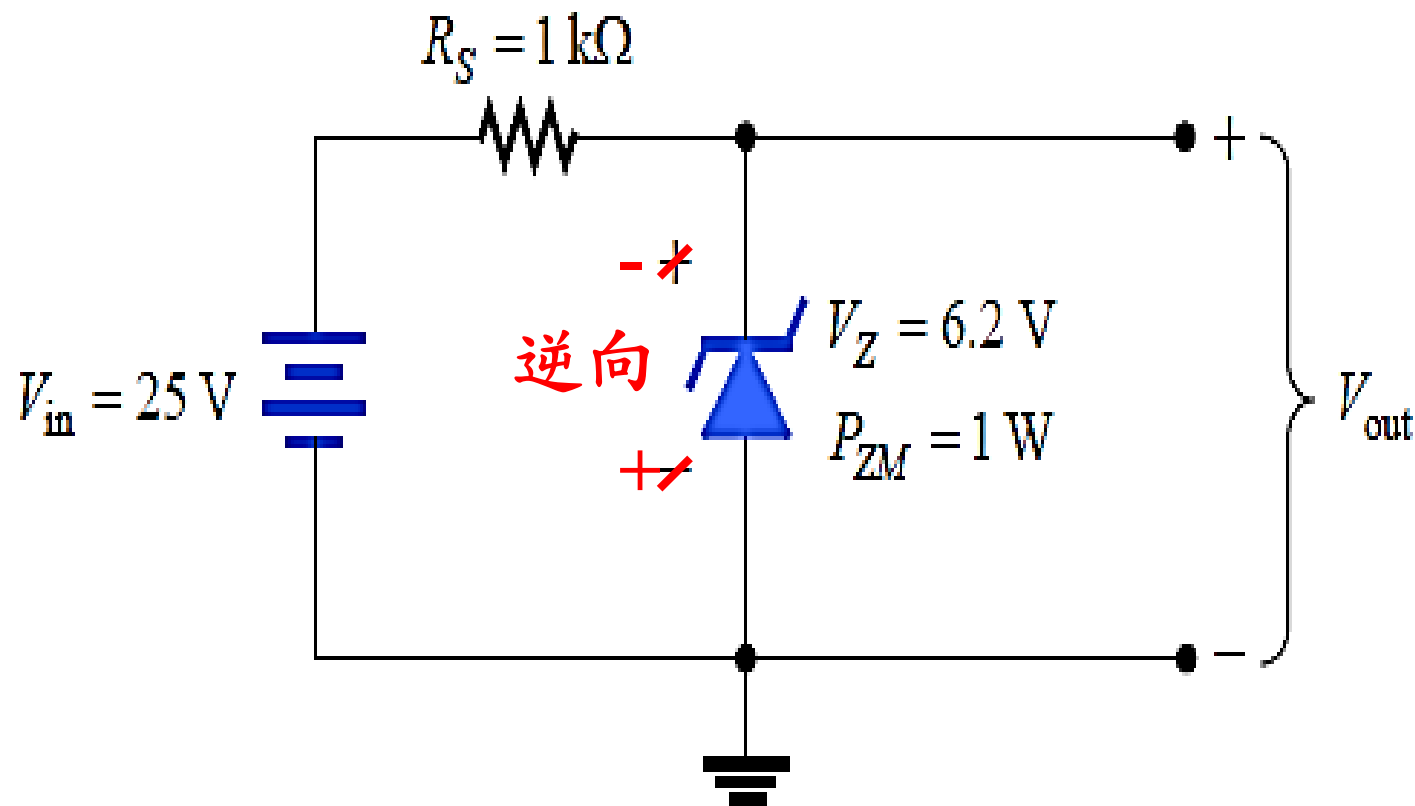


圖 3-5 無負載稽納電壓調節器，輸出跨接於稽納二極體兩端。



- 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

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

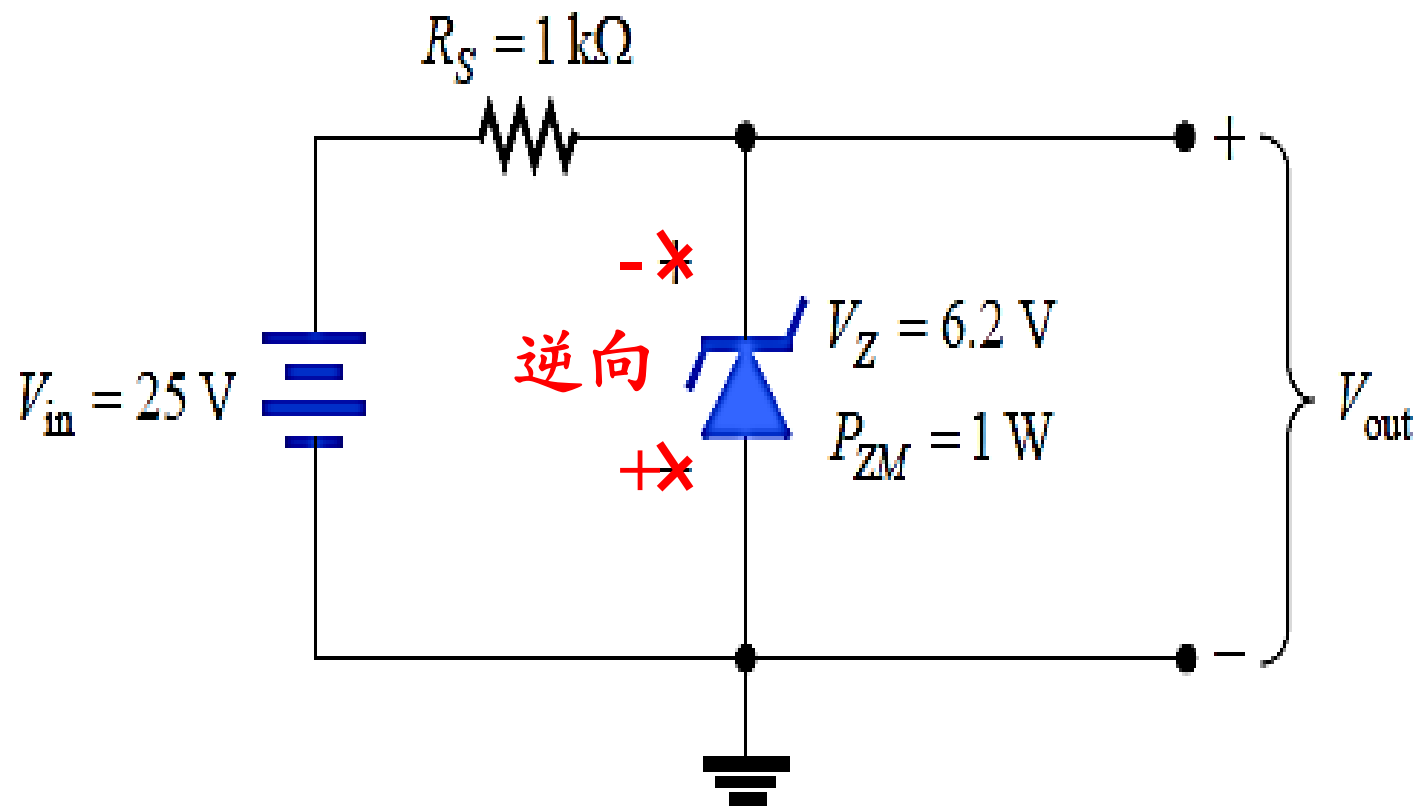


圖 3-5 無負載稽納電壓調節器，輸出跨接於稽納二極體兩端。



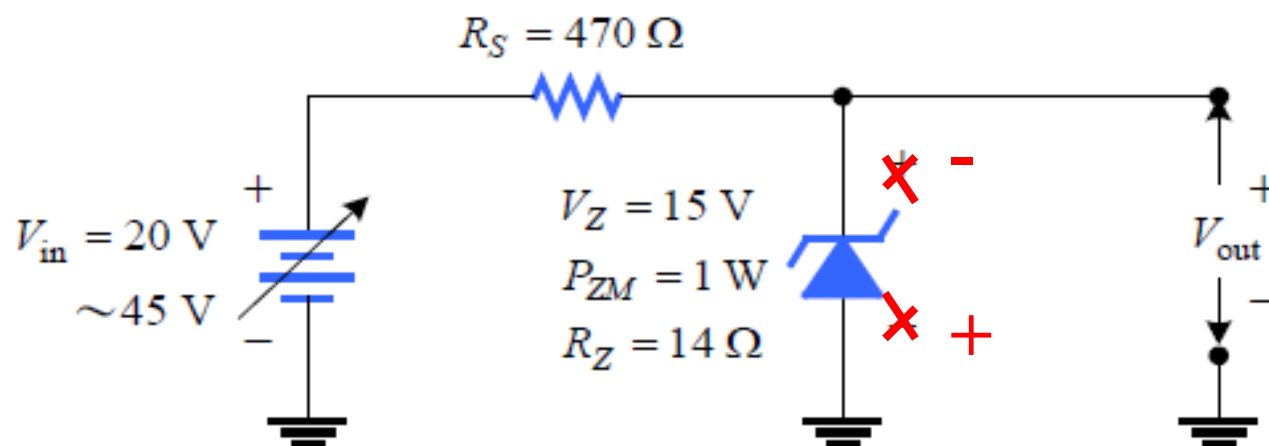
計算題 5



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)

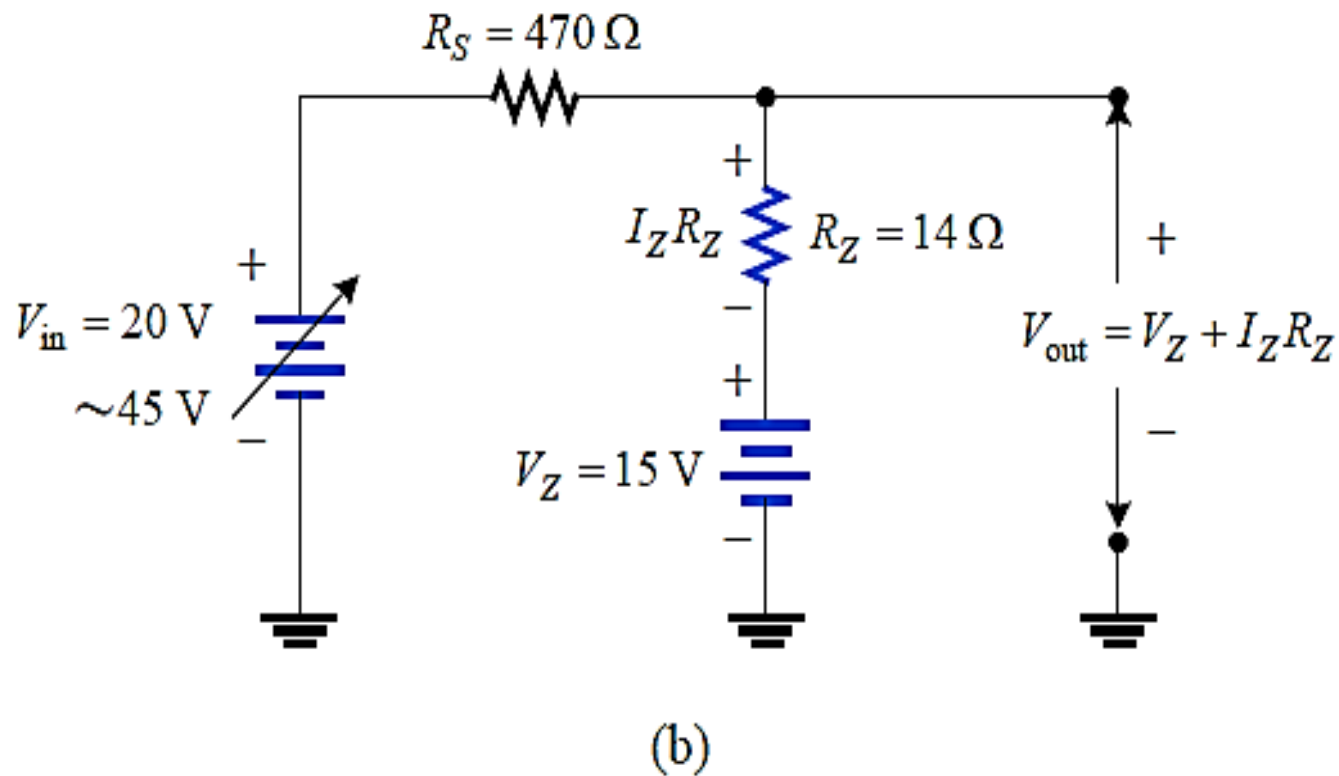


圖 3-7 稽納電壓調節器：(a) 原始電路；(b) 利用第二近似模型表示的稽納二極體。



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 : 限流電阻
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

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

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

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



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：
 $V_S = V_{in} - V_Z$ 。

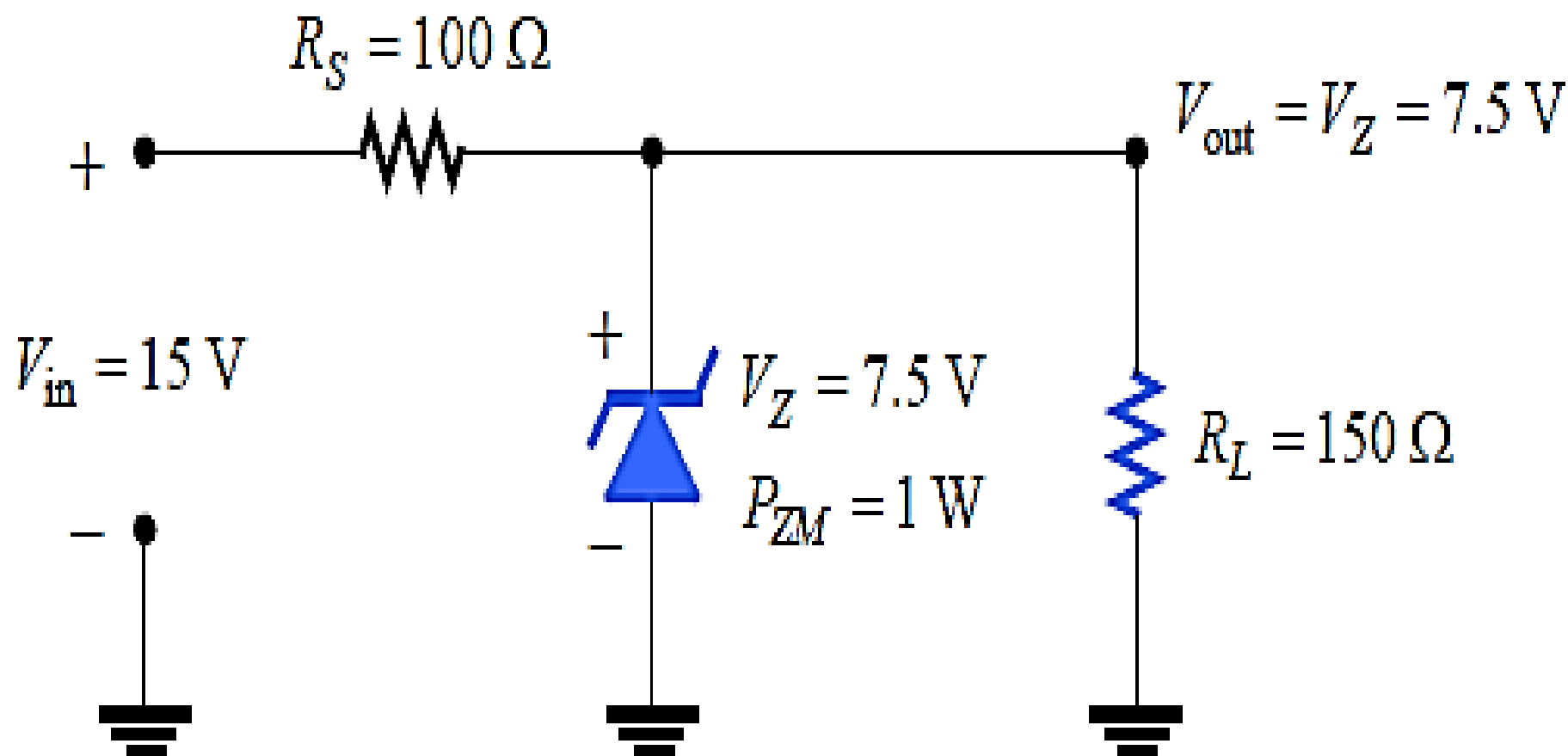


圖 3-8 負載稽納調節器。



- 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
- ∴ $I_S = I_Z + I_L$

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



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。





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 150 Ω 增加至 250 Ω ，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	100 Ω	150 Ω ↓ ↓	75mA	50mA ↑ ↑	25mA ↓ ↓	187.5 mW
15V	7.5V	100 Ω	250 Ω	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

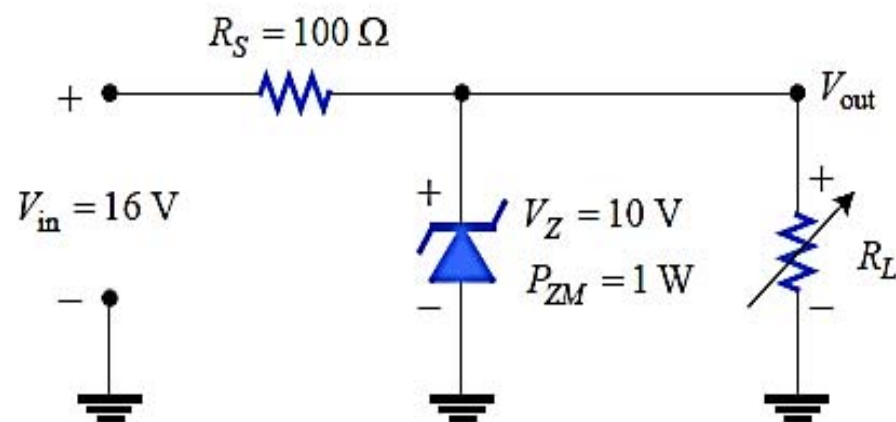


圖 3-9 R_L 可調整的負載稽納調節器。



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	100 Ω	200 Ω ↓ ↓	60mA	50mA ↑ ↑	10mA ↓ ↓	187.5 mW
16V	10V	100 Ω	500 Ω	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。

