

二極體及稽納電路

重點整理

1. 二極體電路：

- ◎ 答題要訣：二極體電路分析依據題目所給條件決定使用何種模型，利用先假設後驗證來解題
- ◎ 詳細說明：一般在分析二極體電路時，常用的等效電路有四種，理想二極體模型、定值電壓模型、片斷線性模型、實際二極體模型，等效電路如下：

a. 理想二極體

特性曲線	等效電路	
	順偏	
	逆偏	

b. 定值電壓模型

特性曲線	等效電路	
	順偏	
	逆偏	

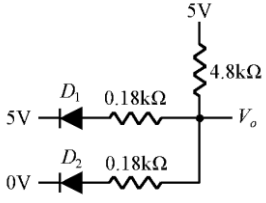
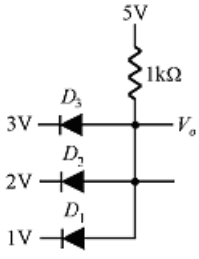
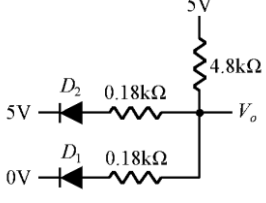
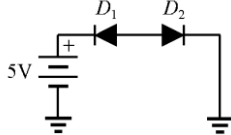
c. 片斷線性模型

特性曲線	等效電路	
	順偏	
	逆偏	

d. 實際二極體

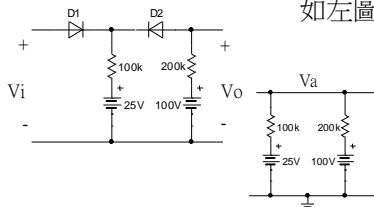
特性曲線	等效電路	
	順偏	利用方程式 $I_D = I_S \cdot \left(e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - 1 \right)$ 求解， V_D 為正值
	逆偏	利用方程式 $I_D = I_S \cdot \left(e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - 1 \right)$ 求解， V_D 為負值

- ◎ 例題解說：

<p>理想二極體模型</p>  <p>上圖中採用理想二極體模型，試求上圖之輸出電壓 $V_o = ?$</p>	<p>假設 D_1 導通, D_2 不導通 利用節點電壓法(KCL) $\frac{V_o - 5}{4.8k} + \frac{V_o - 5}{0.18k} = 0 \Rightarrow V_o = 5V$ $V_o = 5V$, 驗證檢查 D_2 應導通, 假設錯誤, 重新假設 假設 D_2 導通, D_1 不導通 利用節點電壓法(KCL) $\frac{V_o - 5}{4.8k} + \frac{V_o - 0}{0.18k} = 0 \Rightarrow V_o = 0.18V$ $V_o = 0.18V$, 檢查 D_1 導通, D_2 不導通, 正確</p>
<p>定值電壓模型</p>  <p>上圖二極體採用定電壓模型，導通壓降 0.7V，試求上圖之輸出電壓 $V_o = ?$</p>	<p>假設 D_2 導通, D_1 及 D_3 不導通 則 $V_o = 2.7V$ $V_o = 2.7V$, 驗證檢查 D_1 應導通, 假設錯誤, 重新假設 假設 D_1 導通, D_2 及 D_3 不導通 則 $V_o = 1.7V$ $V_o = 1.7V$, 檢查 D_1 導通, D_2 及 D_3 不導通, 正確</p>
<p>片斷線性模型</p>  <p>上圖二極體採用片斷線性模型，導通壓降 0.7V，導通電阻為 20Ω，試求上圖之輸出電壓 $V_o = ?$</p>	<p>假設 D_1 導通, D_2 不導通 利用節點電壓法(KCL) $\Rightarrow \frac{V_o - 5}{4.8k} + \frac{V_o - 0.7}{(0.18 + 0.02)k} = 0 \Rightarrow V_o = 0.872V$ $V_o = 0.872V$, 驗證檢查 D_1 導通, D_2 不導通, 正確</p>
<p>二極體模型</p>  <p>如上圖所示 D_1 與 D_2 為相同特性之二極體(其中 $\eta V_T = 26mV$)，試求 D_2 兩端之壓降？</p>	$I_{D2} = I_S \cdot \left(e^{\frac{V_{D2}}{\eta V_T}} - 1 \right) = I_S \Rightarrow V_{D2} = 0.018V$

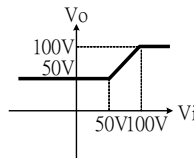
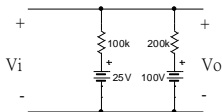
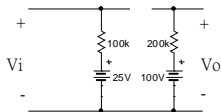
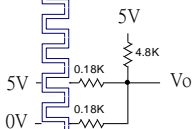
範例練習：

如左圖所示電路，試求其輸入輸出轉移曲線？



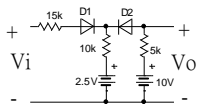
分析：
$$\frac{V_a - 25}{100k} + \frac{V_a - 100}{200k} = 0 \Rightarrow V_a = 50V$$

- (1) $V_i < 50V$, D_1 : OFF , D_2 : ON 得 $V_o = 50V$
- (2) $50V < V_i < 100V$, D_1 : ON , D_2 : ON 得 $V_o = V_i$
- (3) $100V < V_i$, D_1 : ON , D_2 : OFF 得 $V_o = 100V$



範例練習：

試求左圖之輸入輸出轉移曲線？

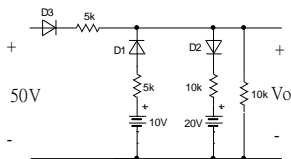


$$\frac{V_a - 2.5}{10k} + \frac{V_a - 10}{5k} = 0 \Rightarrow V_a = 7.5V$$

- (1) $V_i < 7.5V$, D_1 : OFF , D_2 : ON 得 $V_o = 7.5V$
- (2) $7.5V < V_i < V$, D_1 : ON , D_2 : ON 得 $V_o = \frac{1}{11} \times (2 \cdot V_i + 67.5)$
- (3) $V < V_i$, D_1 : ON , D_2 : OFF 得 $V_o = 10V$
- (4) 將 $V_o = 7.5V$ 及 $10V$ 帶入上式可得 $V_i = 7.5$ 及 $21.25V$

範例練習：

試求左圖之輸出電壓？



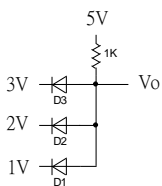
假設 D_1 : off , D_2 : on , D_3 : on

$$\frac{V_o - 50}{5k} + \frac{V_o - 20}{10k} + \frac{V_o}{10k} = 0$$

$$V_o = 30V, \text{ 驗證, 假設正確}$$

範例練習：

左圖二極體採用定電壓模型，導通壓降 0.7V，試求左圖之輸出電壓 $V_o = ?$



假設 D_2 導通, D_1 及 D_3 不導通

則 $V_o = 2.7V$

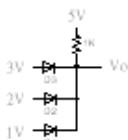
$V_o = 2.7V$, 檢查 D_1 應導通, 假設錯誤

假設 D_1 導通, D_2 及 D_3 不導通

則 $V_o = 1.7V$

$V_o = 1.7V$, 檢查 D_1 導通, D_2 及 D_3 不導通, 正確

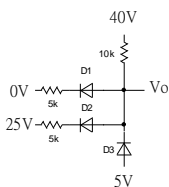
自我練習：



左圖二極體採用定電壓模型，導通壓降 0.7V，試求左圖之輸出電壓 $V_o = ?$

範例練習：

左圖二極體採用定電壓模型，導通壓降 0.7V，試求流過 D_1 、 D_2 、 D_3 及 $10k$ 電阻之電流及 V_o 電壓？



假設 $D_1 : on, D_2 : off, D_3 : on \Rightarrow V_o = 4.3V$

$$I_{D1} = \frac{4.3 - 0.7}{5k} = 0.72mA, I_{D2} = 0, I_{10k} = \frac{40 - 4.3}{10k} = 3.57mA$$

$$I_{D3} = 0.72 - 3.57 = -2.85mA(\text{不合})$$

$$\text{假設 } D_1 : on, D_2 : off, D_3 : off \Rightarrow V_o = (40 - 0.7) \times \frac{5k}{10k + 5k} + 0.7 = 13.8V$$

2. 稽納二極體電路

- ◎ 答題要訣：稽納二極體使用於逆向偏壓，電路分析方式先將稽納二極體開路計算開路兩端之電壓，若電壓大於崩潰電壓帶入模型計算，電壓小於崩潰電壓該電壓即為稽納二極體兩端之電壓，稽納二極體使用於順向偏壓與二極體順偏相同
- ◎ 詳細說明：一般在分析稽納二極體電路時，常用的等效電路有兩種。一是理想稽納二極體模型，崩潰時只有一定值電壓，二是非理想稽納二極體模型，崩潰時有一定值電壓及一串聯稽納電阻，等效電路如下

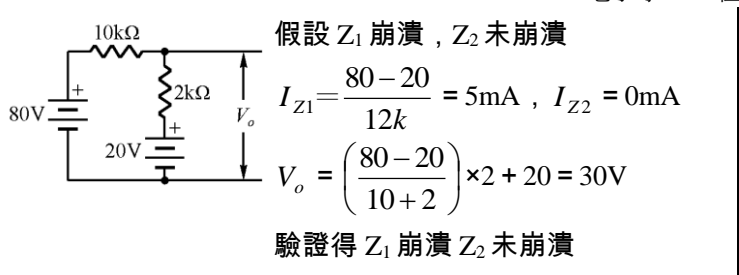
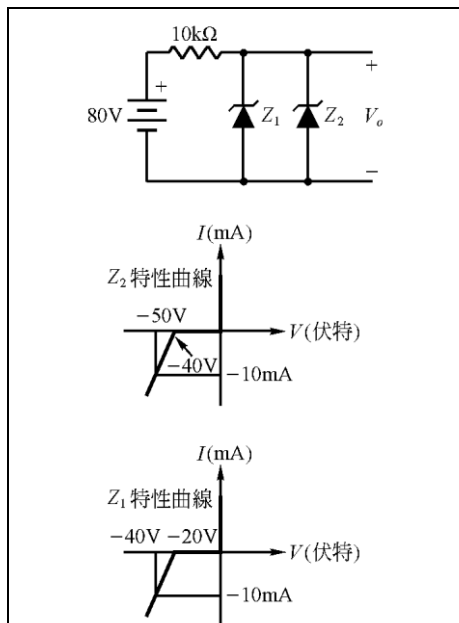
稽納二極體模型：

特性曲線	等效電路		
	順偏	利用方程式 $I_D = I_S \cdot \left(e^{\frac{V_D}{nV_T}} - 1 \right)$ 求解	
	逆偏	未崩潰	
	崩潰		

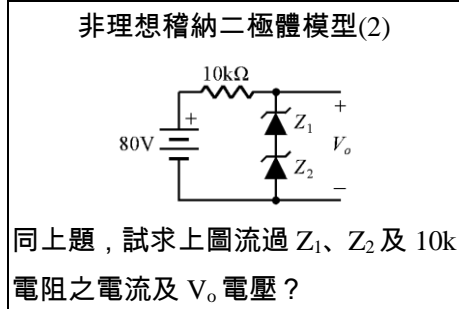
◎

例題解說：

<p>理想稽納二極體模型</p> <p>如上圖所示，若 $V_i=50V$，$V_Z=10V$、$I_{ZM}=32mA$，求 R_L 與 I_L 範圍？</p>	$50 \times \frac{R_L}{1k + R_L} = 10V \Rightarrow R_{L\min} = 250\Omega, R_L \text{ 大於 } 250\Omega \text{ 稽納即可崩潰}$ $I_{RS} = \frac{50-10}{1k} = 40mA, I_{L\min} = 40 - 32 = 8mA$ <p>I_L 最小要 $8mA$ 以上，否則 $I_Z > I_{ZM}$，稽納會燒燬</p> $R_{L\max} = \frac{10V}{I_{L\min}} = \frac{10V}{8mA} = 1.25k\Omega$
<p>非理想稽納二極體模型(1)</p>	<p>由特性曲線將稽納二極體之等效電路求出，利用先假設後驗證</p> <p>假設 Z_1, Z_2 均崩潰</p> $\frac{V_a - 80}{10k} + \frac{V_a - 20}{2k} + \frac{V_a - 40}{1k} = 0$ $\Rightarrow V_a = 36.25V$ <p>Z_2 未崩潰，假設錯誤，重解</p>



試求上圖流過 Z_1 、 Z_2 及 $10k$ 電阻之電流及 V_o 電壓？



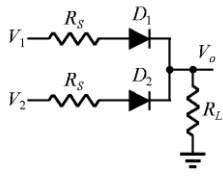
$$I_{Z1} = I_{Z2} = I_{10k} = \frac{80 - 60}{13k} = \frac{20}{13} mA$$

$$V_o = 80 - \frac{20}{13} \times 10 = \frac{840}{13} V > 60V, Z_1 \text{ 及 } Z_2 \text{ 均崩潰}$$



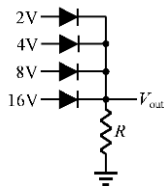
歷屆試題精選

- () 1. 請使用二極體近似模型計算圖之電路，假設二極體 D_1 與 D_2 之切入電壓 $V_f=0.7V$ 、順向電阻 $R_f=200\Omega$ 及逆向電阻 $R_r=\infty$ ，電路中之 $R_s=1.8K\Omega$ 及 $R_L=12k\Omega$ ，當 $V_1=V_2=2V$ ，請問 $V_o=?$
 (A)0.15V (B)1.8V (C)0.1V (D)1.2V。 【93 四技二專】



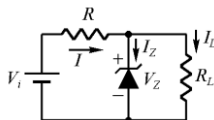
- () 2. 在圖之理想二極體電路中，輸出之電壓 V_{out} 為多少？ (A)2V (B)4V (C)8V (D)16V。

【93 四技二專---電機專二】

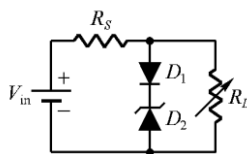


- () 3. 稽納(Zener)電壓調整電路如圖所示，其中稽納二極體之 $V_Z=10V$ ， $I_Z=5mA\sim 20mA$ 。若 $V=100V$ ，請問電阻 R 的值需為多少，才能使稽納二極體在 $I_L=0\sim I_{L(max)}$ 之間進行調節？且 $I_{L(max)}=?$ (A) $R=4.5K\Omega$ ， $I_{L(max)}=40mA$ (B) $R=4.5K\Omega$ ， $I_{L(max)}=15mA$ (C) $R=4.5K\Omega$ ， $I_{L(max)}=25mA$ (D) $R=18K\Omega$ ， $I_{L(max)}=15mA$ 。

【93 四技二專】

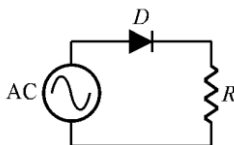


- () 4. 圖中 $V_{in} = 20V$ 、 $R_S = 1k\Omega$ ，稽納二極體 D_2 的參數為 $V_Z = 9.3V$ 、 $I_{ZK} = 1mA$ 及 $I_{ZM} = 6mA$ ，若忽略其稽納電阻，且二極體 D_1 之膝點電壓(knee voltage)為 $0.7V$ ，則可讓稽納二極體 D_2 正常運作之最低負載電阻 R_L 為： (A)959 Ω (B)1.11k Ω (C)1.98k Ω (D)2.5k Ω 。【92 四技二專】

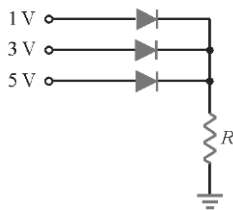


- () 5. 如圖所示之電路為何種電路？ (A)箝位電路 (B)截波電路 (C)震盪電路 (D)穩壓電路。

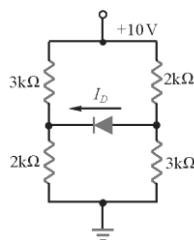
【92 四技二專---電機專二】



- () 6. 如圖所示之理想二極體電路中，若 $R=1k\Omega$ ，則流經此電阻的電流為何？ (A)1mA (B)3mA (C)5mA (D)9mA。 【92 四技二專---電機專二】

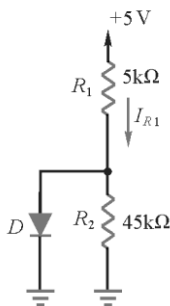


- () 7. 假設圖之二極體為一理想元件，試求 I_D 之值約為何？ (A)0.83mA (B)1.0mA (C)1.87mA (D)2.5mA。 【91 二技電子類】

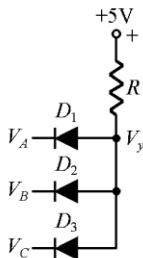


- () 8. 將一個二極體串接一個 220Ω 電阻，當二極體順向偏壓降為 $0.8V$ 、電阻兩端電壓為 $4V$ 時，流經二極體的電流為： (A) $\frac{160}{11}$ mA (B) $\frac{200}{11}$ mA (C) $\frac{240}{11}$ mA (D) $\frac{280}{11}$ mA。 【91 二技電機類】

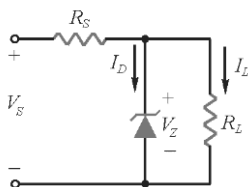
- () 9. 如圖所示電路，假設二極體 D 導通時兩端的電壓降為 $0.7V$ ，試求 I_{R1} 與 R_1 兩端的電壓值分別為何？ (A)0.86mA，4.3V (B)0.5mA，2.5V (C)1mA，5V (D)0mA，5V。 【92 二技電子學】



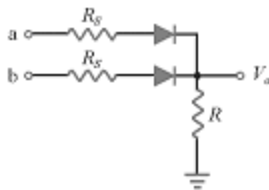
- () 10. 如圖所示電路，若該電路中 D_1 、 D_2 和 D_3 皆為理想二極體，且以正邏輯系統來看，接近 0V 之電壓值代表邏輯 0，而靠近 +5V 之電壓值代表邏輯 1，則該電路輸出 V_Y 與輸入 v_A 、 v_B 和 v_C 為何種邏輯閘？ (A)及閘(AND gate) (B)或閘(OR gate) (C)反或閘(NOR gate) (D)反及閘(NAND gate)。【92 年二技電子學】



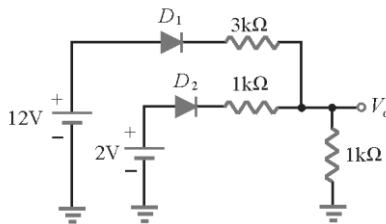
- () 11. 如圖所示之稽納二極體(Zener diode)穩壓電路，設 $V_S = 170V$ 、 $V_Z = 50V$ ， I_L 之變動範圍由 0 至 I_{max} ，若 I_D 最小為 5mA、最大為 40mA，則 R_S 為： (A)1k Ω (B)2k Ω (C)3k Ω (D)4k Ω 。【91 年二技電機類】



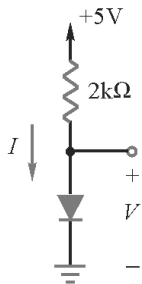
- () 12. 如圖所示， $R = 25k\Omega$ ， $R_S = 1.3k\Omega$ ，假設二極體的切入電壓為 0.6V，順向電阻 $R_f = 200\Omega$ ，當 $V_a = V_b = 5V$ 時， V_o 等於 (A)0V (B)4.27V (C)2.81V (D)5V (E)3.12V。【89 四技推甄電子】



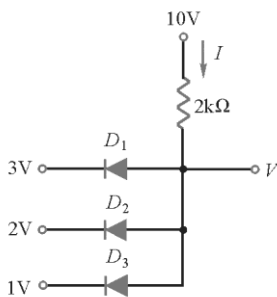
- () 13. 如圖所示，設 D_1 、 D_2 為理想二極體，試求 $V_o = ?$ (A)1V (B)2V (C)3V (D)4V (E)5V。【86 四技電子】



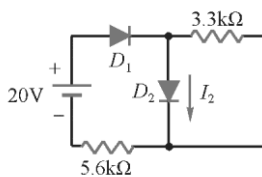
- () 14. 如圖，求 I 與 V (假設二極體為理想)， (A) 2.5mA, 0V (B) 0mA, 0V (C) 0.5mA, 0V (D) 5mA, 0V。
【86 二技電子學】



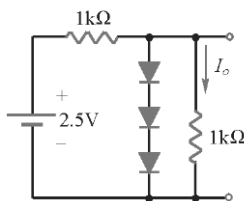
- () 15. 如圖所示電路，二極體為理想。電路中之 V 與 I 分別為 (A) 3 伏特, 1.5 毫安培 (B) 1 伏特, 4.5 毫安培 (C) 3 伏特, 4.5 毫安培 (D) 1 伏特, 1.5 毫安培。
【88 中區夜二專電機】【89 二技電子學】



- () 16. 如圖之迴路中， D_1 、 D_2 為矽二極體，則 I_2 約為何值？ (A) 2.7mA (B) 3.1mA (C) 3mA (D) 3.9mA。
【89 電機保甄】【84 保甄電機原理】

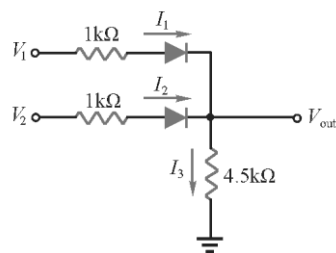


- () 17. 如圖所示之電路，其 I_o 為何 (設二極體在順向壓降為 0.7V 時導通)？ (A) 0mA (B) 1.25mA (C) 2.1mA (D) 2.5mA。
【85 保甄電子】【89 電機保甄】



- () 18. 在下圖電路中，二極體之導通電壓 $V_D = 0.7V$ ，順向電阻 $R_f = 0\Omega$ ，逆向電阻 $R_r = \infty$ ，若 $V_1 = V_2 = 5V$ ，則 (A) $I_1 = 0.3mA$ (B) $I_2 = 0.43mA$ (C) $I_3 = 0.7mA$ (D) $V_{out} = 2.5V$ 。

【85 二技電子電路】

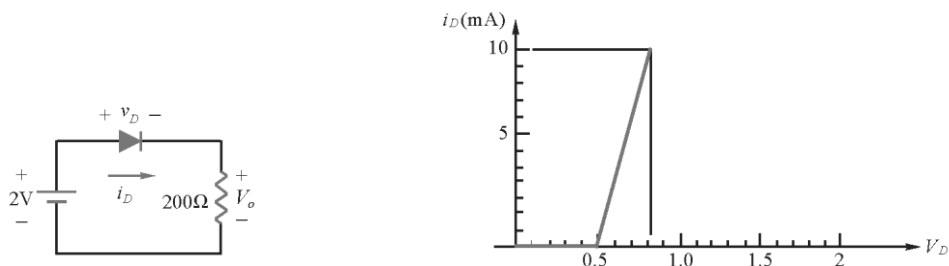


- () 19. 續上題，若 $V_1 = 5V$ ， $V_2 = 0V$ ，則 (A) $I_1 = 0.5mA$ (B) $I_2 = 0.78mA$ (C) $I_3 = 0.6mA$ (D) $V_{out} = 3.52V$ 。

【85 二技電子電路】

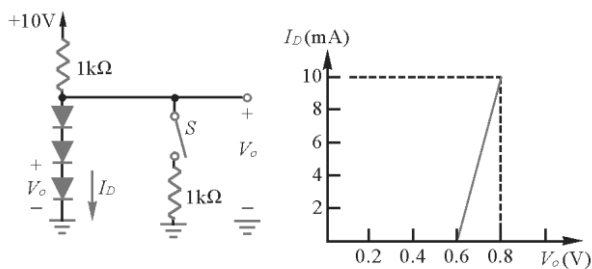
- () 20. 下左圖電路中，二極體 D 具有下右圖所示的順向特性曲線，則 V_o 為 (A) 1.3V (B) 1.5V (C) 1.1V (D) 2V。

【87 二技電子學】



- () 21. 下圖中，三個二極體均具有圖二所示的順向特性曲線，當開關 S 開啟 (OPEN) 時， V_o 的電壓為：(A) 1.99V (B) 2.15V (C) 2.26V (D) 2.48V。

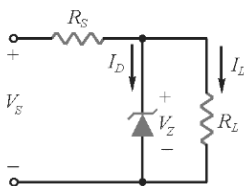
【88 二技電子學】



- () 22. 續上題，當開關 S 關閉 (CLOSE) 時， V_o 的電壓為：(A) 1.97V (B) 2.05V (C) 2.14V (D) 2.34V。

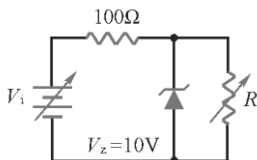
【88 二技電子學】

- () 23. 如圖所示之稽納二極體(Zener diode)穩壓電路，設 $V_S = 170V$ 、 $V_Z = 50V$ ， I_L 之變動範圍由 0 至 I_{max} ，若 I_D 最小為 5mA、最大為 40mA，則 $R_{L(min)}$ 為： (A)10kΩ (B)3kΩ (C)1.42kΩ (D)1.25kΩ。



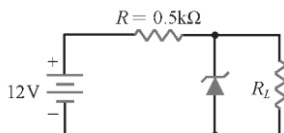
- () 24. 如圖所示，若 Zener 二極體崩潰電壓為 10V，且 $12V \leq V_i \leq 15V$ ， $500\Omega \leq R_L \leq 1000\Omega$ ，則 Zener 二極體所消耗之最大功率為 (A)0.5W (B)0.4W (C)0.3W (D)0.2W。

【88 四技電子】



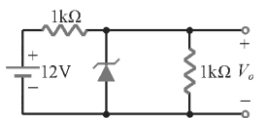
- () 25. 如下圖所示電路，假設稽納(zener)二極體之 $r_z = 20\Omega$ ， $I_{ZK} = 2mA$ ， $V_Z = 6.7V$ ，試求稽納二極體能適當工作在崩潰區之最小負載電阻值 R_L 約為何？ (A)1.2kΩ (B)0.8kΩ (C)2.5kΩ (D)0.5kΩ。

【90 年四技電子-統一入學測驗】

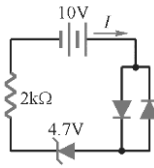


- () 26. 如圖所示，稽納二極體之稽納電壓為 9V，則輸出電壓 $V_o = ?$ (A)12V (B)9V (C)6V (D)1。

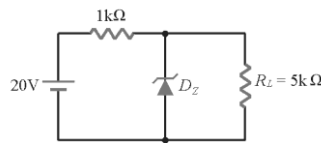
【87 四技電子】



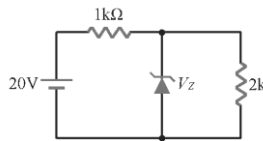
- () 27. 如圖所示，給一二極體相關電路，假設一般二極體及稽納二極體順向偏壓為 $0.7V$ ，請問電流 I 為何？ (A) $2.76mA$ (B) $3.6mA$ (C) $4.3mA$ (D) $6.25mA$ 。 【87 電子保甄】



- () 28. 如圖所示，若稽納二極體(Zener diode)之崩潰電壓為 $10V$ ，負載電阻 $R_L = 5k\Omega$ ，則該負載電阻之消耗功率為多少？ (A) $5mW$ (B) $20mW$ (C) $50mW$ (D) $100mW$ (E) $200mW$ 。 【86 四技電子】【86 夜二專電子北】

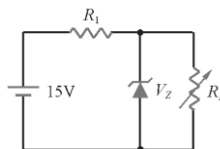


- () 29. 如圖，稽納(Zener)二極體之崩潰電壓 $V_Z = 8V$ ，此稽納二極體之消耗功率大小為 (A) $16mW$ (B) $64mW$ (C) $24mW$ (D) $0W$ 。 【88 四技推甄】



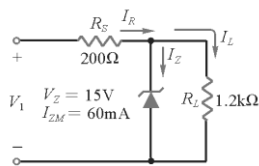
- () 30. 承上題，若電源改為 $10V$ ，則此稽納二極體消耗功率為 (A) $16mW$ (B) $64mW$ (C) $24mW$ (D) $0W$ 。 【88 四技推甄】

- () 31. 如圖所示，其中稽納二極體(zener diode)電壓 $V_Z = 5V$ ，且其最大工作電流為 $15mA$ ，若負載的範圍為 $100\Omega \leq R_L \leq 500\Omega$ ，則 R_1 值型少為若干？ (A) 200Ω (B) 300Ω (C) 400Ω (D) 500Ω 。 【89 四技保甄電子】



- () 32. 如圖 11 所示電路，為使稽納二極體保持在稽納區工作，輸入電至 V_i 最小不得低於 (A)23.67 伏特 (B)36.87 伏特 (C)45.43 伏特 (D)52.21 伏特。

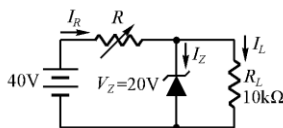
【89 四技保甄電機】



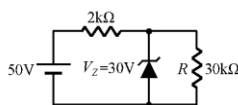
- () 33. 續上題電路，為使稽納二極體保持在稽納區工作，輸入電至 V_i 最大不得高於 (A)23.67 伏特 (B)36.87 伏特 (C)45.43 伏特 (D)52.21 伏特。

【89 四技保甄電機】

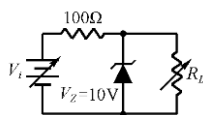
- () 34. 圖所示電路中，欲使 $I_z=6mA$ ，則 R 值應為若干？ (A)2kΩ (B)2.5kΩ (C)3kΩ (D)4KΩ。



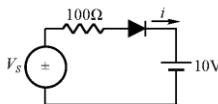
- () 35. 如圖所示，求通過稽納二極體之電流為 (A)4mA (B)5mA (C)9mA (D)10mA。



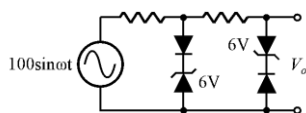
- () 36. 如圖所示，若 Zener 二極體崩潰電壓為 10V，且 $12V \leq V_i \leq 15V$ ， $500\Omega \leq R_L \leq 1000\Omega$ ，則 R_L 所消耗之最大功率為 (A)0.5W (B)0.4W (C)0.3W (D)0.2W。



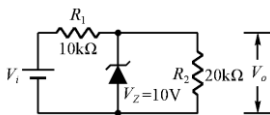
- () 37. 如圖所示電路， $v_s=20\sin\omega t$ 伏特，二極體為理想。求二極體導通的時間是一週期的幾分之幾？ (A) $\frac{1}{4}$ (B) $\frac{3}{4}$ (C) $\frac{2}{3}$ (D) $\frac{1}{3}$ 。



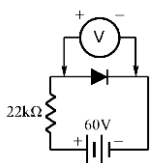
- () 38. 如圖所示， V_o 輸出波形近似於 (A) 正弦波 (B) 三角波 (C) 階梯波 (D) 方波。



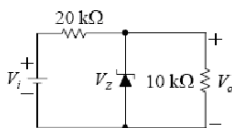
- () 39. 如圖所示電路，當 $V_i=20V$ 時， V_o 等於多少伏特？ (A) 10V (B) 12V (C) 15V (D) 20V。



- () 40. 圖中之二極體為矽二極體，伏特計之讀值應為 (A) 0.3V (B) 0.7V (C) 1.0V (D) 1.2V。

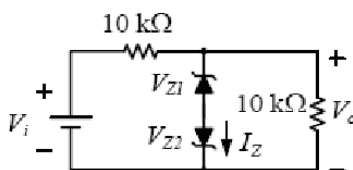


- () 41. 如圖所示， $V_i = 30V$ ，稽納二極體的 $V_Z = 15V$ ，則輸出電壓 V_o 為多少？ (A) 5V (B) 10V (C) 15V (D) 30V 【94 四技二專】

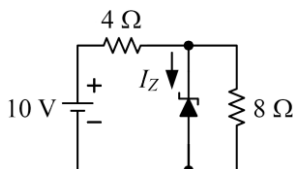


- () 42. 下列關於二極體導通特性敘述，何者最適宜？ (A) 單向導通 (B) 雙向導通 (C) 短路 (D) 斷路 【94 四技二專補考】

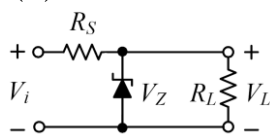
- () 43. 如圖所示， $V_i = 30V$ ，稽納二極體具理想特性， $V_{Z1} = 12V$ ， $V_{Z2} = 15V$ ，則電流 I_Z 為多少？ (A) 0.6 mA (B) 1.6 mA (C) 2.6 mA (D) 3.6 mA 【94 四技二專補考】



- () 44. 如圖所示電路，稽納二極體的崩潰電壓為 6V，則 $I_Z = ?$ (A) 0.05 A (B) 0.1 A (C) 0.25 A (D) 0.5 A 【95 四技二專】



- () 45. 如圖所示電路， $R_S=1k\Omega$ ， $R_L=5k\Omega$ ， $V_Z=10V$ ，則能使稽納二極體崩潰導通的最小輸入電壓 V_i 為多少？(A) 9 V(B) 10 V(C) 12 V(D) 15 V 【95 四技二專】



● 歷屆試題解答

1. (D) 2. (D) 3. (B) 4. (B) 5. (B) 6. (C) 7. (A) 8. (B) 9. (A) 10. (A)
 11. (C) 12. (B) 13. (C) 14. (A) 15. (B) 16. (B) 17. (B) 18. (B) 19. (D) 20. (A)
 21. (C) 22. (C) 23. (C) 24. (B) 25. (B) 26. (C) 27. (C) 28. (B) 29. (B) 30. (D)
 31. (A) 32. (A) 33. (A) 34. (B) 35. (C) 36. (D) 37. (D) 38. (D) 39. (A) 40. (B)
 41. (B) 42. (A) 43. (A) 44. (C) 45. (C)

1. 假設 D_1 與 D_2 均導通，將二極體等效電路代入分析
 列節點電壓方程式

$$\frac{V_o - (2 - 0.7)}{1.8k + 0.2k} + \frac{V_o - (2 - 0.7)}{1.8k + 0.2k} + \frac{V_o}{12k} = 0 \Rightarrow V_o = 1.2V$$

2. 假設 16V 之二極體導通， $V_{out}=16V$

驗證： $V_{out}=16V$ 時其他二極體不導通

3. 當 $I_L=0A$ ，表示 I_Z 流過最大電流 20mA

$$I = I_Z = \frac{100V - 10V}{R} = 20mA \Rightarrow R = 4.5K\Omega$$

當 I_Z 流過最小電流 5mA 時，表示 $I_{L(max)}=15mA$

$$R_{L(min)} = \frac{10V}{15mA} = 666.6\Omega$$

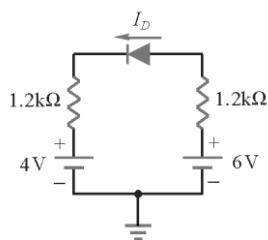
4. $I_{L(max)} = \frac{20 - (9.3 + 0.7)}{1k\Omega} - 1mA = 9mA$ $R_{L(min)} = \frac{9.3 + 0.7}{I_{L(max)}} = \frac{10V}{9mA} = 1.11k$

5. 半波整流電路，截波電路

6. 5V 之二極體導通

$$I = \frac{5V}{1K\Omega} = 5mA$$

7. 兩邊取戴維寧等效： $I_D = \frac{6V - 4V}{1.2k + 1.2k} = \frac{2V}{2.4V} = 0.83mA$



8. 串聯，電流相同 $\Rightarrow I_D = I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{4V}{220\Omega} = \frac{200}{11} mA$

9. 1.D 順向 $\rightarrow V_{R2} = 0.7V \rightarrow V_{R1} = 5V - V_{R2} = 4.3V$

$$2. I_{R1} = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{4.3V}{5k\Omega} = 0.86mA$$

10. 有一輸入為低態時輸出為低態，故為及閘

11. 取最大值電流： $R_S = \frac{V_S - V_Z}{I_{Dmax}} = \frac{170V - 50V}{40mA} = 3k\Omega$

12. 假設二極體均導通，將二極體等效電路代入分析
列節點電壓方程式

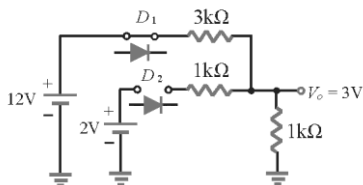
$$\frac{V_o - (5 - 0.6)}{1.5K} + \frac{V_o - (5 - 0.6)}{1.5K} + \frac{V_o}{25K} = 0$$

$$V_o = 4.27V$$

13. (1) 假設 D_1 ON, D_2 OFF,

$$\Rightarrow V_o = \frac{\frac{12V}{3k} + \frac{0V}{1k}}{\frac{1}{3k} + \frac{1}{1k}} = 3V \Rightarrow V_o = 3V, D_1、D_2 \text{ 之假設成立}$$

(2) 請自假設 D_1 ON, D_2 OFF, 或 D_1 OFF, D_2 ON, 是否會矛盾？



14. $I = \frac{5V}{2K\Omega} = 2.5mA$

15. $V = 1V$

$$I = \frac{10V - 1V}{2K\Omega} = 4.5mA$$

16. (1) 兩個 Diode 皆順向、導通，沒有列出內阻，所以“定電壓模式”分析之。

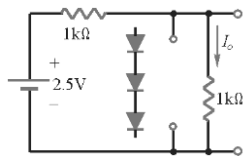
(2) $I_T = \frac{20 - 0.7 \times 2}{5.6k} = 3.32mA$

(3) $I_1 = \frac{0.7V}{3.3k} = 0.21mA$

(4) $I_2 = I_T - I_1 = 3.11mA$

17. (1) 假設 Diode 開路，並聯電阻 $1k\Omega$ 分壓 = $1.25V \Rightarrow$ 未達 $2.1V \Rightarrow$ 三個二極體未達到導通 \Rightarrow 開路。

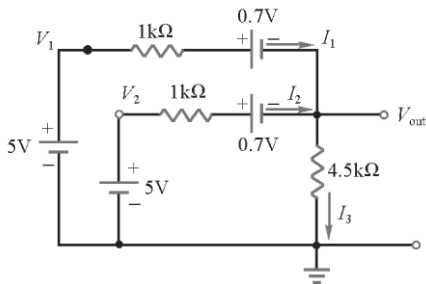
(2) $I_o = \frac{2.5V}{1k + 1k} = 1.25mA$



18. (1) $V_{out} = \frac{\frac{4.3}{1k} + \frac{4.3}{1k} + \frac{0}{4.5k}}{\frac{1}{1k} + \frac{1}{1k} + \frac{1}{4.5k}} = 3.87V$

(2) $I_3 = \frac{V_{out}}{4.5k} = 0.86mA$

(3) $I_1 = I_2 = \frac{5V - 0.7V - 3.87V}{1k\Omega} = 0.43mA$



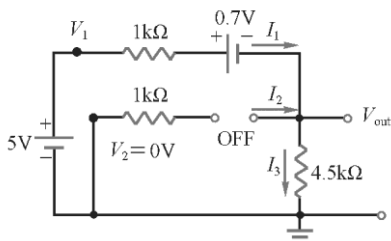
19.

(1) $V_{out} = \frac{\frac{4.3}{1k} + \frac{0}{4.5k}}{\frac{1}{1k} + \frac{1}{4.5k}} = 3.518V$

(2) $I_3 = \frac{V_{out}}{4.5k} = 0.782mA$

(3) $I_1 = \frac{5V - 0.7V - 3.518V}{1k} = 0.782mA$

(4) $I_2 = 0$



20.

(1) 內阻 $R_f = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D} = \frac{0.8V - 0.5V}{10mA - 0} = 30\Omega$

(2) $\Rightarrow 2V = V_D + i_D \times 0.2$

\Rightarrow 取截距，繪直流負載線

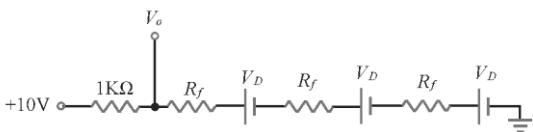
\Rightarrow 交點： $V_D = 0.7V \Rightarrow V_o = 1.3V$

(3) 或解 $V_o = (2 - 0.5) \times \frac{200}{30 + 200} = 1.3V$

21.

(1) 每顆 diode 之內阻 $R_f = \frac{0.8 - 0.6}{10m - 0} = 20\Omega$ ， $V_D = 0.6V$

(2) $V_o = \frac{\frac{10V}{1K} + \frac{1.8V}{60K}}{\frac{1}{1K} + \frac{1}{60}} = 2.26V$



22.

(1) 取戴維寧等效電路： $R_{th} = 1k // 1k = 500\Omega$ ， $V_{th} = 5V$

(2) 由於 $V_{th} > 3 \times V_D \Rightarrow$ 三個二極體仍維持順向

$$\Rightarrow V_o = \frac{\frac{10V}{1k} + \frac{1.8V}{60} + \frac{0}{1k}}{\frac{1}{1k} + \frac{1}{60} + \frac{1}{1k}} = \frac{240}{112} = 2.143V$$

23. $R_{L(\min)} = \frac{50V}{40mA - 5mA} = 1.42K$

24. (1) 取 I_z 發生最大之條件

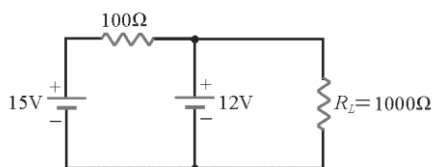
(2) I_{RL} 要小 \rightarrow 分流少 $\rightarrow R_L \rightarrow R_L$ 取大
 $= 1000 \Omega$

(3) I_{total} 要大 $\rightarrow V_i$ 取大 $\rightarrow V_i = 15V$

(4) $R_L = 1000 \Omega$, $V_i = 15V$

(5) $I_{z \max} = I_T - I_L = \frac{15 - 10}{100 \Omega} - \frac{10V}{1000 \Omega} = 50m - 10m = 40mA$

(6) $P_{z \max} = V_z \times I_{z \max} = 10V \times 40mA = 0.4W$



25. (1) V_{RL} 本身分壓必須大於 V_z 。

(2) $12V \times \frac{R_L}{R + R_L} \geq V_z \Rightarrow 12 \times \frac{R_L}{0.5k + R_L} \geq 6.7V \Rightarrow R_L \geq 0.63k \Omega$

26. $V_o = 12V \times \frac{1K\Omega}{1K\Omega + 1K\Omega} = 6V$, 稽納二極體 , 未崩潰

27. $I = \frac{10V - 0.7V - 0.7V}{2K\Omega} = 4.3mA$

28. $I_z = \frac{20V - 10V}{1K\Omega} - \frac{10V}{5K\Omega} = 8mA$

$P_z = 10V \times 8mA = 80mW$

$P_{R_L} = \frac{10^2}{5K\Omega} = 20mW$

29. $I_z = \frac{20V - 8V}{1K\Omega} - \frac{8V}{2K\Omega} = 8mA$

$P_z = 8V \times 8mA = 64mW$

30. 電源改為 10V , 則此稽納二極體未崩潰 , 消耗功率為 0W

31. $\frac{5V}{0.1K\Omega} \geq I_L \geq \frac{5V}{0.5K}$

$50mA \geq I_L \geq 10mA$

$R_1 = \frac{15V - 5V}{50mA} \sim \frac{15V - 5V}{25mA} = 200\Omega \sim 400\Omega$

32. $V_i \geq 15V + \frac{15}{1.2K\Omega} \times 0.2K\Omega$

$\Rightarrow V_i \geq 17.5V$

33. $V_i \leq 15V + \left(\frac{15}{1.2K\Omega} + 60mA \right) \times 0.2K\Omega$
 $\Rightarrow V_i \leq 29.5V$
34. $R = \frac{40V - 20V}{6mA + \frac{20V}{10K\Omega}} = 2.5K\Omega$
35. $I_z = \frac{50V - 30V}{2K\Omega} - \frac{30V}{30K\Omega} = 9mA$
36. $\frac{10V}{0.5K\Omega} \geq I_L \geq \frac{10V}{1K}$
 $20mA \geq I_L \geq 10mA$
 $P_{R(\max)} = (20mA)^2 \times 0.5K = 200mW$
37. $20 \sin \omega \cdot t = 10$
 $\theta = 30^\circ \text{ 或 } 150^\circ$
 $T = \frac{150^\circ - 30^\circ}{360^\circ} = \frac{1}{3}$
39. 先將稽納移除
 $V_o = 20V \times \frac{20K\Omega}{10K\Omega + 20K\Omega} = 13.3V \geq 10V$
 稽納崩潰 $V_o = 10V$
40. 矽二極體順偏壓降 0.7V
41. 先將稽納開路得 $V_o = \frac{10k\Omega}{20k\Omega + 10k\Omega} \times 30V = 10V$
 稽納未崩潰得 $V_o = 10V$
42. 二極體為單向導通元件
43. 先將稽納開路得 $V_o = \frac{10k\Omega}{10k\Omega + 10k\Omega} \times 30V = 15V > 12V$
 稽納崩潰得 $V_o = 12V$
 $I_z = \frac{30V - 12V}{10k\Omega} - \frac{12V}{10k\Omega} = 0.6mA$
44. $V_z = \frac{8\Omega}{4\Omega + 8\Omega} \times 10V = \frac{80}{12}V > 6V$ 稽納崩潰
 $I_z = \frac{10V - 6V}{4\Omega} - \frac{6V}{8\Omega} = 0.25A$
45. $\frac{5k\Omega}{1k\Omega + 5k\Omega} \times V_i \geq 10V \Rightarrow V_i \geq 12V$