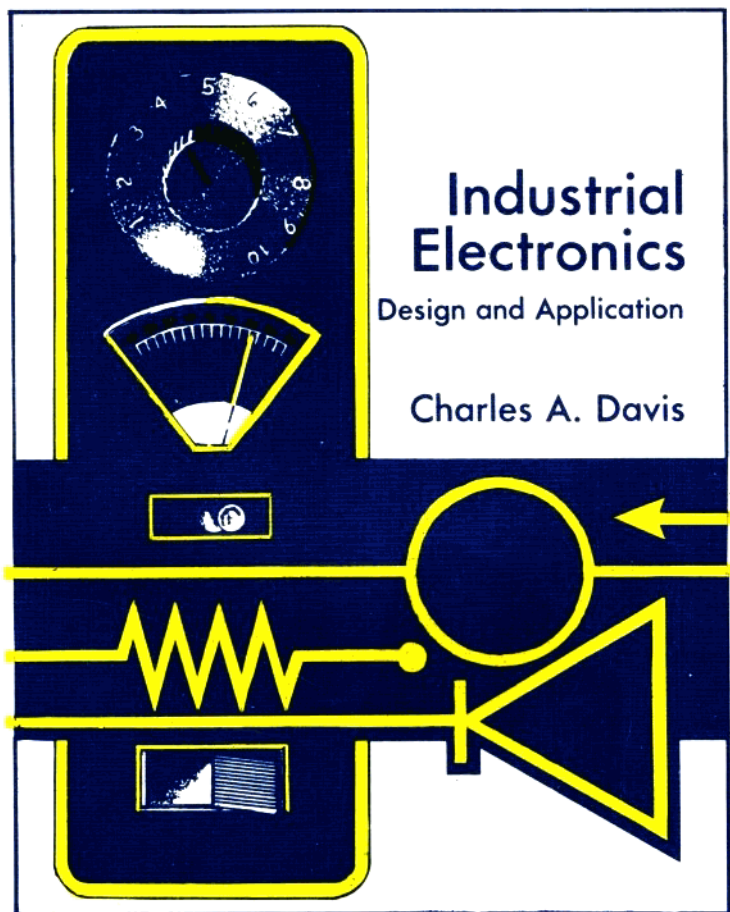


工業電子學詳解



曉園出版社

工業電子學詳解

(目 錄)

第一章	半導體零件	1
第二章	半導體電路的設計	6
第三章	電晶體式的工業控制繼電器	21
第四章	無源時間延遲元件	24
第五章	PNPN控制電路	39
第六章	定時與有源時間延遲器	52
第七章	相移控制	61
第八章	數位控制的概念	69
第九章	數位順序控制	77
第十章	馬達的電子控制	86
第十一章	大電流的控制	91
第十二章	直流電源供給	96

1 Semiconductor Devices

1. Sketch the $V-I$ characteristics for a rectifier diode.
2. How are thyrector diode characteristics different from rectifier diode characteristics?
3. Draw the symbol for a PNP bipolar transistor.
4. Draw the symbol for an NPN bipolar transistor.
5. Explain the difference between the output characteristics of the NPN and PNP bipolar transistor.
6. What is the major difference between the output characteristics of the MOSFET and the JFET?
7. Compare the input impedance of the MOSFET to that of the bipolar transistor.
8. What are the advantages of using thyristors in high-power switching circuits instead of bipolar transistors?
9. What are the differences between the $V-I$ characteristics of the SCR, SCS, SUS, and SBS?
10. What is the usual output parameter of the UJT?
11. A given SCR was tested in the lab and the following data was recorded:

I_G	$V_{(RR)F}$	I_H
0	400V	0.5 mA
0.01 mA	350V	0.5 mA
0.05 mA	300V	0.5 mA
0.1 mA	200V	0.5 mA
0.2 mA	100V	0.5 mA

Sketch the $V-I$ anode characteristics.

12. Why is the TRIAC referred to as two "back-to-back parallel SCRs"?
13. What do we mean by the terminal characteristics of a semiconductor device?

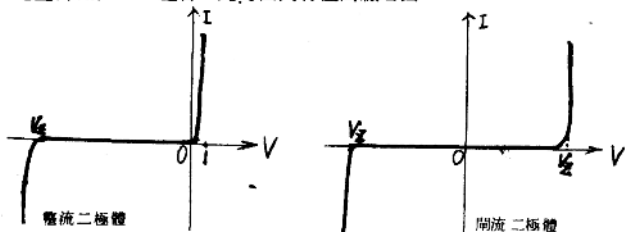
第一章 半導體零件

1 試繪出一整流二極體的 $V - I$ 特性曲線。

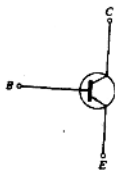
圖：整流二極體 (Rectifier Diode) 的 $V - I$ 特性曲線如 Fig 1-1
 (a) 其前向偏壓在 1 伏特左右，逆向崩潰電壓依設計而各有不同，如圖中在約 300 伏特左右。

2 試說明開流二極體與整流二極體的特性有何差異。

圖：開流二極體 (Thyrector Diode) 之動作如同將陰極相接的二個串聯的齊納二極體 (Zener Diode) 不論前向，後向皆需達到齊納電壓方有電流流過。整流二極體 (Rectifier Diode)，前向電壓降則在 1V 左右，此可由其特性曲線看出：

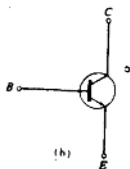


3 試繪出一 PNP 變極性電晶體的電路符號。



(a)

4 試繪出一 NPN 變極性電晶體的電路符號。



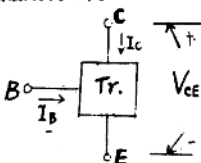
(b)

5. 試說明PNP與NPN雙極性電晶體的輸出特性曲線有何不同。

圖：PNP 電晶體之 V_{CE} , I_C , I_B , 皆為負值。

NPN 電晶體之 V_{CE} , I_C , I_B , 皆為正值。

〔註〕：電流之正負值規定流入為正，流出為負。



6. 試說明MOSFET與JFET在輸出特性上有何主要差異。

圖：JFET 輸出特性如圖 1-18 (a)，對 n -channel 而言， V_{GS} 只在負值範圍內操作，此稱空乏型 (depletion type) (p -channel 則 V_{GS} 正值)。MOSFET，則 V_{GS} 可為正亦可負，包含空乏型與增長型 (enhancement type) 如圖 1-21 (a)，(此為 n -channel 型課文有誤)，甚至 MOSFET 中之增長型者，只有在 V_{GS} 為正之時方能通電流。

7. 試比較MOSFET與雙極性電晶體的輸入阻抗。

圖：MOSFET 之輸入阻抗非常高，通常視為 Open ckt，而雙極性電晶體在前向偏壓時輸入阻抗較 MOSFET 小甚多，換言之，將自基極引入適量電流。

8. 在高功率開關電路中，以開流體取代雙極性電晶體有何優點。

圖：於高功率的開關電路，開流體 (Thyristor) 較之電晶體 (transistor) 更為有效率，而且經濟。甚至功率很高時，電晶體仍無法製出。(但電晶體之 Switching Speed 很快，故用於高速轉換器最優)

9. 試比較SCR、SCS、SUS與SBS各零件的 $V-I$ 特性曲線有何差異。

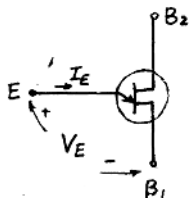
圖：SCR (Silicon Controlled Rectifier) SCS (Silicon Controlled Switches) SUS (Silicon Unilateral Switches) SBS (Silicon Bilateral Switches) 之輸出特性皆很類似，其間之不同點，SCS 因有兩個 Gate，故可給予不同之電壓極性控制 Switch "on" 或 "off"，此與 SCR 於 Switch on 後閘極不再控制 Switch off 不同。SUS 於陽極加了齊納二極體，故於負向電壓達到齊納電壓時，電流劇增，SBS 如同二個反向之 SUS 並聯，故不論外加電壓之極性為何，皆有開關之作用。其

4 工業電子學

特性曲線分別於 Fig 1-27, 1-34, 1-35 (a), (c)

10. 試寫出 UJT 的常用輸出參數。

圖：通常輸出參數為射極電壓 V_E 與射極電流 I_E ，如圖所示：

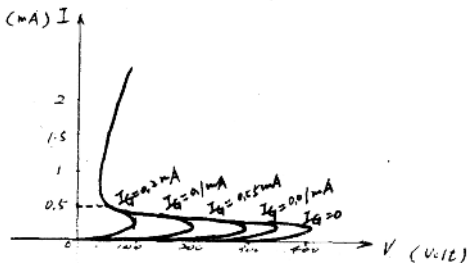


11. 於實驗室作 SCR 測驗，得到下列數據。

I_o	$V_{(BR)F}$	I_B
0	400 V	0.5 mA
0.01 mA	350 V	0.5 mA
0.05 mA	300 V	0.5 mA
0.1 mA	200 V	0.5 mA
0.2 mA	100 V	0.5 mA

試就此數據，繪出 SCR 的 $V-I$ 特性曲線。

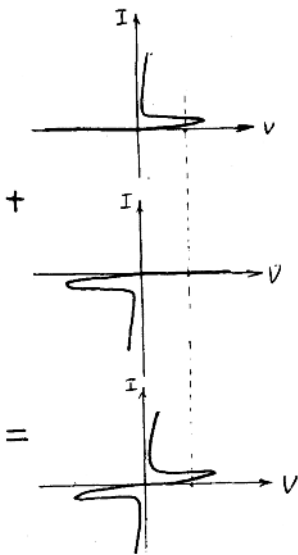
解：



12. 為何一個 TRIAC 的動作相當於兩個反向並聯的 SCR。

解：因兩個背對背並聯的 SCR 當其中之一 Switch on 時，另一個正位於逆向電壓下，故形同開路，不生作用，當電壓極性顛倒時，則操作情況恰好倒過來，此種合成恰與 TRIAC 相同，正反電壓時都有 Sw-

Switch 作用。用電路理論解釋如下圖，並聯時，同電壓處，電流相加。



13 試說明半導體器件的“端子特性”有何用途。

圖：所謂端子特性 (Terminal Characteristics) 就是指端電壓與端電流之間之關係，利用此特性曲線，我們就不需考慮半導體元件內部之電流結構，設計上方便許多。

2 Semiconductor Circuit Design

1. When is a diode forward-biased?
2. Draw the circuit diagram of a series diode-resistor circuit with a dc battery connected for forward bias.
3. The V - I characteristics of a rectifier diode were measured in the lab. The data are shown below:

V_D (volts)	I_D (amps)
-2.00	2×10^{-6}
-1.00	2×10^{-6}
0.00	2×10^{-6}
0.05	2×10^{-6}
0.10	15×10^{-6}
0.20	100×10^{-6}
0.40	6×10^{-3}
0.60	32×10^{-3}
0.70	2
0.80	18
0.9	128

Plot the V - I characteristics.

4. The diode of problem 3 is used in the circuit of Fig. 2-1. If $R_L = 50 \Omega$ and $E = 5 \text{ V}$, draw the dc load line.
5. In problem 4, $V(t) = 0.3 \sin \omega t$. What are I_D , i_d , and I_d ?
6. The full-wave rectifier of Fig. 2-50 has an input voltage $V_{ac} = 30 \sin \omega t$. Assuming the load current is also sinusoidal, plot i_L if $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ and $1T$ is a center-tapped transformer. Ignore any voltage drop across $1D$ and $2D$ during conduction.
7. Specify the voltage and current ratings for $1D$ and $2D$ in problem 6.
8. The DRS-250 diode thermal resistance from junction to case is $0.22^\circ\text{C}/\text{W}$. The maximum junction temperature is 175°C . If the diode is dissipating 60 W , specify the maximum allowable case-to-air thermal resistance at 25°C ambient temperature.
9. If an insulating washer with a thermal resistance of $0.5^\circ\text{C}/\text{W}$ is used between the diode and heat sink in problem 8, specify the maximum heat sink thermal resistance.

10. Specify the type and size heat sink you would use in problem 9 using the data of Fig. 2-12.
11. A rectifier diode is dissipating 25 W in a particular circuit application. The maximum allowable junction temperature is 175°C. The ambient temperature is 30°C. The thermal impedances are $\theta_{JC} = 2.5^\circ\text{C}/\text{W}$ and $\theta_{CS} = 0.5^\circ\text{C}/\text{W}$.
- Specify the minimum diode power rating if an infinite heat sink is used.
 - If $\theta_{SA} = 2.5^\circ\text{C}/\text{W}$, at what temperature will the diode junction operate?
12. The load of Fig. 2-51 requires 100 mA to 200 mA. If $E = 50$ V, specify R_1 , V_1 , R_2 , and P_T to maintain the voltage across the load between 29 and 31 V.
13. In Fig. 2-51, $E = 100$ V, $V_1 = 20$ V, $R_1 = 20 \Omega$, $R_L = 40 \Omega$, and $R_2 = 20 \Omega$. Determine the limits on load current, the load voltage variation, and the wattage rating of R_1 .
14. The voltage source, E , in Fig. 2-51 varies between 80 V and 40 V. If $V_1 = 20$ V, $R_1 = 0 \Omega$, $R_L = 500 \Omega$, $R_2 = 250 \Omega$, determine the maximum load current when E is at maximum voltage. Determine the maximum load current when E is at minimum value.
15. A zener regulator is often used in ac circuits such as Fig. 2-52. If $e_s = 35 \sin \omega t$, $V_z = 14$ V, and $R_z = 1 \text{ k}\Omega$, sketch e_o .
16. Figure 2-53 shows the input rectangular pulse to an amplifier and the resulting output pulse.
- What is the delay time?
 - What is the rise time?
 - What is the storage time?
 - What is the fall time?
17. Use the characteristics of Fig. 2-23 to design the switching amplifier of Fig. 2-54 to the following specifications:
- $$V_{CC} = -60 \text{ V}$$
- $$V_{BB} = +10 \text{ V}$$
- $$V_{EB} = 1 \text{ V with } V_i = 0$$
- $$I_L = 5 \text{ A in "on" state}$$
- $$R_2 = 30 \Omega$$
- $$T_A = .80^\circ\text{C}$$
18. Use the characteristics of Fig. 2-23 to design the switching amplifier of Fig. 2-54 to the following specifications:

$$V_{CC} = -80 \text{ V}$$

$$V_{BB} = +7 \text{ V}$$

$$V_{EB} = 2 \text{ V with } V_i = 0$$

$$I_L = 7.5 \text{ A in the "on" state}$$

$$R_1 = 150 \Omega$$

$$T_A = 25^\circ\text{C}$$

19. Determine the maximum value of R_E that will allow e_o to be 12 V peak-to-peak in Fig. 2-55. Assume $V_{ce(\text{sat})} = 0.2 \text{ V}$.
20. Determine the maximum peak-to-peak ac output voltage of the amplifier in Fig. 2-56. Use the characteristics of the MPS 6518 in Appendix B.
21. In the amplifier of Fig. 2-56, $R_1 = 8 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$, and $\beta = 250$. Calculate I_{CQ} , V_{CEQ} , R_{bc} , R_{in} , A_v , A_i .
22. In the amplifier of Fig. 2-57, $V_i = 10^{-2} \sin \omega t$. Use the bipolar transistor worksheet of Appendix B to determine:
 - (a) R_B to bias at $V_{CEQ} = -6 \text{ V}$
 - (b) The peak-to-peak ac base current
 - (c) The peak-to-peak ac current in the 300- Ω resistor
23. Use the bipolar transistor worksheet of Appendix B to determine the Q point of the amplifier in Fig. 2-58. Determine the peak-to-peak ac current in the 150- Ω load resistor at maximum sinusoidal output.
24. What is the maximum sinusoidal output voltage of the amplifier of Fig. 2-59?
25. Use the bipolar transistor worksheet of Appendix B to determine the values of R_1 and R_2 to bias the amplifier of Fig. 2-60 at $I_{CQ} = -20 \text{ mA}$.
26. The transistor used in Fig. 2-61 has an average $\beta = 100$.
 - (a) Determine I_{CQ} at $\beta = 50$.
 - (b) Find the percentage variation in I_c as β varies from 50 to 200.
27. Using the JFET characteristic worksheet of Appendix B, find R_1 and R_2 to bias the amplifier of Fig. 2-62 at $V_{DSQ} = 7.5 \text{ V}$.
28. Using the JFET characteristic worksheet of Appendix B, find R_1 and R_2 to bias the amplifier of Fig. 2-63 at

$$I_{DQ} = 3 \text{ mA}$$

$$V_{DQ} = 10 \text{ V}$$

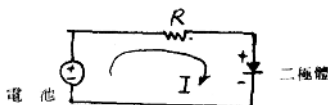
第二章 半導體電路的設計

1. 何時二極體受有順向偏壓？

圖：當陽極 (p-side) 較陰極 (n-side) 電位為高時。

2. 試繪一二極體與電阻串聯電路，且其直流電源須使二極體順向偏壓。

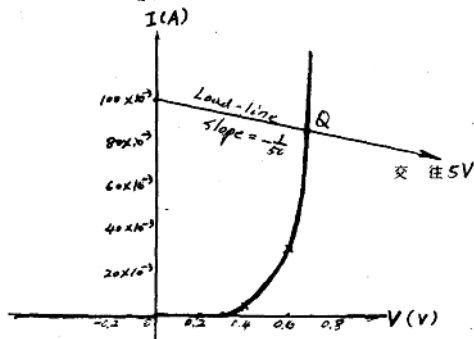
圖：



3. 假設，於實驗室作二極體的 $V-I$ 特性測試，得到下列的數據，試繪出此二極體的 $V-I$ 特性曲線。

V_D (volts)	I_D (amps)	V_D (volts)	I_D (amps)
-2.00	2×10^{-6}	0.40	6×10^{-3}
-1.00	2×10^{-6}	0.60	32×10^{-3}
0.00	2×10^{-6}	0.70	2
0.05	2×10^{-6}	0.80	18
0.10	15×10^{-6}	0.9	128
0.20	100×10^{-6}		

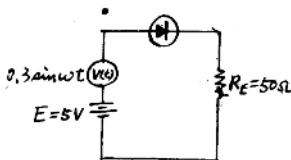
解：



4. 將上題的二極體特性應用於圖 2-1 所示電路，設 $R_L = 50 \Omega$ ， $E = 5V$ ，試繪其直流負載線。

圖：DC 負荷線 $V = 5 - 50I$ 。於上圖中：

$$\text{其交點} \begin{cases} I_D \approx 86 \times 10^{-3} \text{ A} \\ V_{DQ} \approx 0.68 \text{ V} \end{cases}$$



5 上題中，若 $V_D = 0.3 \sin \omega t$ ，試求 I_D 、 i_a 及 I_a 之值。

解：對於交流訊號而言，二極體前向電阻 R_f (Q 點處斜率之倒數) 遠小於 $R_L = 50 \Omega$

$$\text{故 } i_a = \frac{0.3}{R_f + R_L} \sin \omega t \approx \frac{0.3}{R_L} \sin \omega t = 0.006 \sin \omega t \text{ A}$$

$$I_D = 0.086 \text{ A}$$

$$I_a = I_D + i_a \approx (0.086 + 0.006 \sin \omega t) \text{ A}$$

6 圖 2-50 所示全波整流電路的輸入電壓為 $V_{ac} = 30 \sin \omega t$ 。設負載電流亦是正弦變化，若 $R_L = 1 \text{ k} \Omega$ ，且 1T 變壓器是一中間抽頭式；若不考慮 1D 與 2D 導電時的電壓降，試求 i_L 。

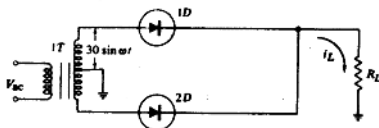
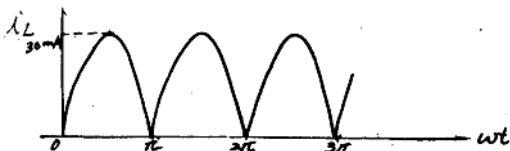


Fig. 2-50

解：



7 試就上題的情況，定出 1D 與 2D 的電壓與電流額定值。

解：電流額定值 = $30 \text{ V} / 1 \text{ k} \Omega = 30 \text{ mA}$ (最大電流值)

電壓額定值 = $2 \times 30 = 60 \text{ V}$ (因於 1D 陽極為 $+30 \text{ V}$ 時，2D 陽極為 -30 V ，但 1D 通電，故陰極處約為 $+30 \text{ V}$ ，因之 2D 此時承受 $30 - (-30) = 60 \text{ V}$ 之反向電壓)

8 DRS-250 二極體，由接合面至外壳的熱阻為 0.22° C/W ，最大接合面溫度為 175° C ，若二極體的消耗功率為 60 W ，試求當周圍溫度為 25° C

時，由外壳至空氣間的最大熱阻為若干。

解：由(2-15)式

$$\theta_{CS} + \theta_{SA} = \frac{T_J - T_A}{P} - \theta_{JC} = \frac{175 - 25}{60} - 0.22 = 2.28^\circ\text{C/W}$$

9. 上題中，若以一熱阻為 0.5°C/W 的絕緣墊圈置於二極體與散熱器之間，試求散熱器的最大熱阻。

解： $\theta_{CS} = 0.5^\circ\text{C/W}$

由 Prob 8 知 $\theta_{SA} = 2.28 - 0.5 = 1.78^\circ\text{C/W}$

10. 茲利用圖 2-12 所示的數據，定出問題 9 所用散熱器的型式與尺寸。

解：於圖 2-12 中， $\theta_{SA} = 1.78^\circ\text{C/W}$

知需平板垂直鑄條黑色鋁 (Flat vertical fins black aluminum) 面積約 120 平方英寸。

11. 某一電路使用一消耗功率為 25 W 的二極體，其最大允許之接合面溫度為 175°C ，周圍溫度為 30°C ，且熱阻 $\theta_{JC} = 2.5^\circ\text{C/W}$ ， $\theta_{CS} = 0.5^\circ\text{C/W}$ 。

(a) 若應用一極大的散熱器，試定出二極體的最小功率額定值。

(b) 若 $\theta_{SA} = 2.5^\circ\text{C/W}$ ，則該二極體的接合面工作溫度為若干。

解：(a) 使用無限大之散熱器時 $\theta_{SA} = 0$

$$\text{由 } T_J - T_A = P(\theta_{JC} + \theta_{CS} + \theta_{SA})$$

$$\text{知 } P = \frac{T_J - T_A}{\theta_{JC} + \theta_{CS} + \theta_{SA}} = \frac{175 - 30}{2.5 + 0.5 + 0} = 48.3 \text{ W}$$

故最低的功率額定值為 48.3W，超過此則會燒壞。

$$(b) T_J = T_A + P(\theta_{JC} + \theta_{CS} + \theta_{SA}) = 30 + 25(2.5 + 0.5 + 2.5) = 167.5^\circ\text{C}$$

12. 於圖 2-51 所示電路中若

$E = 50 \text{ V}$ ，且負載要求在

$100 \text{ mA} \sim 200 \text{ mA}$ 的工作

範圍，欲使負載電壓維

持在 $29 \sim 31 \text{ V}$ 之間，則

其 R_S 、 V_Z 、 R_Z 及 P_Z 應為若干。

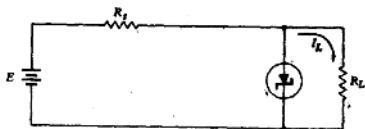


Fig. 2-51

解： $E = 50 \text{ V}$ $I_L = 100 \text{ mA} \sim 200 \text{ mA}$ $V_Z = 29 \text{ V} \sim 31 \text{ V}$

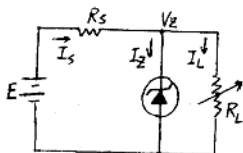
(1) 假定 $I_L = 200 \text{ mA}$ 時， $I_Z = 10\% I_L$

則 $I_Z = 20 \text{ mA}$ 此時 $V_Z = 29 \text{ V}$

$$\begin{aligned} \text{則 } I_s &= I_L + I_z = 200 + 20 \\ &= 220 \text{ mA} = 0.22 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{定 } R_s = \frac{E - V_z}{I_s} = \frac{50 - 29}{0.22} = 95.5 \Omega$$

$$P = I_s^2 R_s = (0.22)^2 (95.5) = 4.62 \text{ W}$$



② 於 $I_L = 100 \text{ mA}$ 時，若 $V_z = 31 \text{ V}$

$$\text{則 } I_s = \frac{E - V_z}{R_s} = \frac{50 - 31}{95.5} = 0.198 \text{ A} = 198 \text{ mA}$$

$$\text{故 } I_z = 198 - 100 = 98 \text{ mA} = 0.098 \text{ A}$$

$$R_z = \frac{\Delta V_z}{\Delta I_z} = \frac{31 - 29}{0.098 - 0.02} = 25.6 \Omega$$

當負荷斷路之時，所有電流將擁向齊納二極體，則此承受功率為

$$P_z = V_z I_z = 29 \times 0.22 = 6.38 \text{ W}$$

$$\text{當 } V_z = 30 \text{ V 中間值時，} I_z \text{ 亦為中間值} = \frac{0.098 + 0.02}{2} = 0.059 \text{ A}$$

$$\text{故定 } \begin{cases} R_s = 95 \Omega, & 5 \text{ W} \\ V_z = 30 \text{ V 於 } I_z = 0.06 \text{ A 時} \\ R_z \leq 25 \Omega \\ P_z = 7 \text{ W} \end{cases}$$

(註)：原圖有誤：齊納二極體極性相反。

13圖 2-51 中，若 $E = 100 \text{ V}$ ， $V_z = 20 \text{ V}$ ， $R_z = 20 \Omega$ ， $R_L = 40 \Omega$ ， $R_s = 20 \Omega$ ，試求負載電流的限制額，負載電壓的變動範圍及 R_s 的功率額定值。

解：(a) 假定於 $I_z = 0$ 時 $V_z = 20 \text{ V}$ ，(因 $R_z = 20 \Omega$ ， $\therefore V_z = 20 + 20 I_z$)

若 R_L 降低，則 I_L 增加，在 $I_L \text{ max} = I_s = \frac{100 - 20}{20} = 4 \text{ A}$ 時，

$I_z = 0$ ，若 I_L 再超過 4 A ，則齊納 diode 兩端電壓將降至 20 V 以內，而於 cut-off 區，毫無 regulator 作用，故負載電流將限制

於 4 A 之內，此時 $R_L = \frac{20 \text{ V}}{4 \text{ A}} = 5 \Omega$

$$(b) V_z = 20 + 20I_z$$

$$I_L = \frac{V_z}{R_L} = \frac{(20 + 20I_z)}{40} = 0.5 + 0.5I_z$$

$$E = R_s(I_z + I_L) + V_z$$

$$100 = 20(I_z + 0.5 + 0.5I_z) + (20 + 20I_z)$$

$$\text{解得 } I_z = 1.4 \text{ A} \quad V_z = 20 + 20I_z = 48 \text{ V}$$

$$\text{電壓變動 } 48 - 20 = 28 \text{ V}$$

$$(c) P = \frac{(E - V_z)^2}{R_s} = \frac{(100 - 48)^2}{20} = \frac{(52)^2}{20} = 135.2 \text{ W}$$

14 圖 2-51 中，若電壓於 40 V 至 80 V 之間變動，設 $V_z = 20 \text{ V}$ ， $R_z = 0$ ， $R_L = 500 \Omega$ ， $R_s = 250 \Omega$ ，試求 (a) 當 $E = 80 \text{ V}$ 時的最大負載電流。(b) 當 $E = 40 \text{ V}$ 時的最大負載電流。

解：當 $E = 80 \text{ V}$ 時，若 R_L 減低，最大限度

$$I_{L\max} = \frac{E - V_z}{R_s} = \frac{80 - 20}{250} = 0.24 \text{ A} \quad E = 40 \text{ V 時}$$

$$I_{L\max} = \frac{40 - 20}{250} = 0.08 \text{ A} \quad \text{因 } R_z = 0, \text{ 故 } V_L = V_z = 20 \text{ V}$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{20}{500} = 0.04 \text{ A} < I_{L\max} \quad \text{故處於正常操作下}$$

15 於圖 2-52 所示的齊納電壓調整電路

，若 $e_s = 35 \sin \omega t$ ， $V_z = 14 \text{ V}$ ， $R_s = 1 \text{ k}\Omega$ ，試繪出 e_o 波形。

解： $e_s = 35 \sin \omega t$ ， $V_z = 14 \text{ V}$

在 (1) $e_s \geq V_z$ 時 $e_o = V_z$

(2) $V_z > e_s > 0$ 時 (齊納二極體形同開路) $e_o = e_s$

(3) $e_s < 0$ 時，二極體如同短路， $e_o \approx 0$

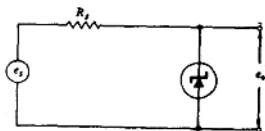
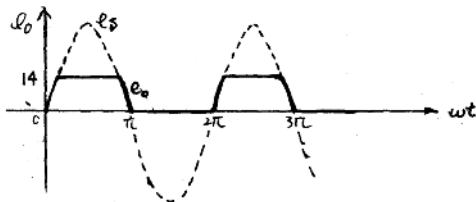


Fig. 2-52



16 圖 2-53 所示為一放大器輸入方形波脈衝與輸出脈衝。試求

- (a) 延遲時間 (Delay Time) 為多少?
 (b) 上昇時間 (Rise Time) 為多少?
 (c) 儲藏時間 (Storage Time) 為多少?
 (d) 下降時間 (Fall Time) 為多少?

解：(a) 延遲時間 (Delay time)

自落後之時刻起至上昇至最高值之 10% 之時刻止。

$$t_d = 1.2 - 0 = 1.2 \mu s$$

(b) 上昇時間 (Rise time)

自 10% ~ 90% 之時間

$$t_r = 2.8 - 1.2 = 1.6 \mu s$$

(c) 儲藏時間 (Storage time)

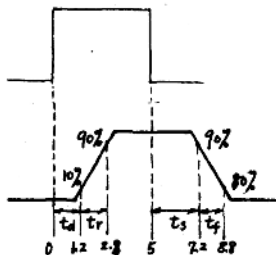
原波形落下之時刻起至輸出波形落至最高值之 90% 止。

$$t_s = 7.2 - 5 = 2.2 \mu s$$

(d) 下降時間 (Fall time)

自 90% ~ 10% 之時間

$$t_f = 8.8 - 7.2 = 1.6 \mu s$$



17 試利用圖 2-23 的特性設計如圖 2-54 所示的交換放大器，且須符合下列規格要求。

$$V_{CC} = -60 \text{ V}$$

$$V_{BB} = +10 \text{ V}$$

$$V_{EB} = 1 \text{ V (在 } V_i = 0 \text{ 時)}$$

$$I_L = 5 \text{ A (在 "on" 狀態)}$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$T_A = 80^\circ \text{ C}$$

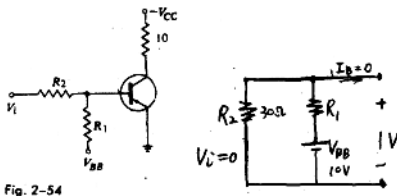


Fig. 2-54

解：(1) OFF State

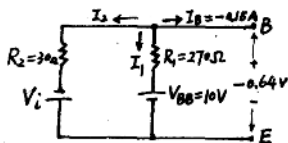
$$1 = V_{BB} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \cdot \frac{30}{R_1 + 30}$$

$$\text{解 } R_1 = 270 \Omega$$

(2) ON - State $I_L = 5A$ $I_C = -5A$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L = -60 - (-5)(10) = -10V$$

於 Fig 2-23(a)中 (注意座標符號應為負)

找 $V_{CE} = -10V$, $I_C = -5A$ 處 $I_B \approx -150mA$ 於 Fig 2-23(b)中, $T_A = 80^\circ C$, $I_B = -150mA$ 得 $V_E \approx -0.64V$ 解此電路 $I_i + I_B + I_E = 0$

$$\left(\frac{-0.64 - 10}{270}\right) + \left(\frac{-0.64 + V_1}{30}\right) + (-0.15) = 0$$

解 $V_1 = 6.32V$

18 試利用圖 2-23 所示的特性曲線, 設計如圖 2-54 所示的交換放大器, 且須滿足下列規格要求。

$$V_{CC} = -80V$$

$$I_L = 7.5A \text{ (在“on”狀態)}$$

$$V_{BB} = +7V$$

$$R_1 = 150\Omega$$

$$V_{EB} = 2V \text{ (在 } V_1 = 0 \text{ 時)}$$

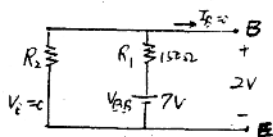
$$T_A = 25^\circ C$$

圖: (1) OFF-State: $V_1 = 0$ $V_{EB} = 2V$

$$V_{EB} = V_{BB} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$2 = 7 \cdot \frac{R_2}{150 + R_2}$$

$$R_2 = 60\Omega$$

(2) ON - State: $I_L = 7.5A$

$$V_{CE} = -80 - (-7.5)(10)$$

$$= -5V$$

於 Fig 2-23(a)中

$$I_C = -7.5A \quad V_{CE} = -5V$$

查知 $I_B \approx -250mA$ 再於 Fig 2-23(b)中 $T_A = 25^\circ C$ 