

目錄

CONTENTS

003 主編序

005 作者序

1 考點速習掃描 011

013 第一章 半導體概論

017 第二章 PN 接面二極體

031 第三章 雙極性電晶體 BJT

051 第四章 JFET 與 MOSFET

067 第五章 數位式電路

075 第六章 差動放大器

085 第七章 頻率響應

093 第八章 運算放大器

105 第九章 回授和振盪器

115 第十章 功率放大器

2 考例迅學研析 121

123 第一章 半導體概論考例

125 第二章 PN 接面二極體考例

CONTENTS

- 131 第三章 雙極性電晶體 BJT 考例
- 137 第四章 JFET 與 MOSFET 考例
- 143 第五章 數位式電路考例
- 147 第六章 差動放大器考例
- 153 第七章 頻率響應考例
- 161 第八章 運算放大器考例
- 167 第九章 回授和振盪器考例
- 175 第十章 功率放大器考例

3 考型分類快通 181

- 183 第一章 半導體概論考型
- 187 第二章 PN 接面二極體考型
- 197 第三章 雙極性電晶體 BJT 考型
- 213 第四章 JFET 與 MOSFET 考型
- 231 第五章 數位式電路考型
- 237 第六章 差動放大器考型
- 247 第七章 頻率響應考型
- 257 第八章 運算放大器考型

267 第九章 回授和振盪器考型

273 第十章 功率放大器考型

4 考前猜題精練 275

277 考題第一回

280 考題第一回解答

289 考題第二回

292 考題第二回解答

301 考題第三回

304 考題第三回解答

313 考題第四回

317 考題第四回解答

325 考題第五回

329 考題第五回解答

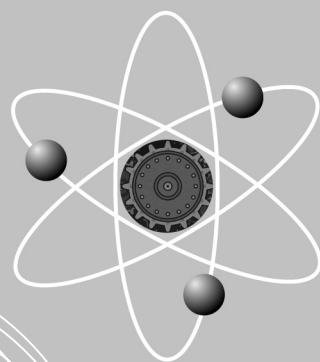
337 考題第六回

340 考題第六回解答

CONTENTS

5 考古題集觀摩 349

- 351 經濟部所屬事業機構 95 年新進職員甄試試題
- 363 經濟部所屬事業機構 96 年新進職員甄試試題
- 371 經濟部所屬事業機構 97 年新進職員甄試試題
- 383 98 年公務人員特種考試身心障礙人員考試試題
等別：三等考試
- 387 98 年公務人員特種考試身心障礙人員考試試題
等別：四等考試
- 391 98 年公務人員特種考試身心障礙人員考試試題
等別：五等考試



1 考點速習掃描





● 考點 1. 半導體週期表

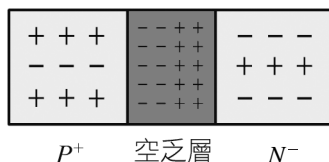
(1)	III	IV	V
	Al 鋁	Si 矽	P 磷
	Ga 鎵	Ge 鍺	As 砷
	In 銦		Sb 銻

(2) 35 族化合物

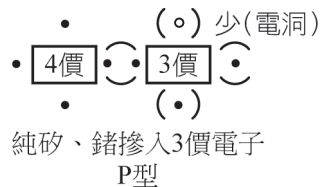
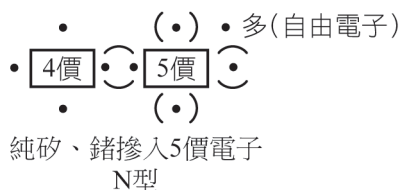
砷化鎵 (GaAs)，氮化鎵 (GaN)、磷化鎵 (GaP)、砷化銦 (InAs)

⇒ 良好發光特性，快速電子傳導性

● 考點 2. P 型與 N 型半導體



P	3 價	多數載子 電洞	受體	鋁、鎵、銦	少數載子 熱能電子
N	5 價	多數載子 電子	施體	磷、砷、銻	少數載子 熱能電洞



● 考點 3. 半導體原子結構

	1	2	3	4 (最外層)
矽	2	8	4	
鍺	2	8	18	4

● 考點 4. PN 介面

(1) P型和N型半導體結合處會因為電子和電洞結合，形成空乏區，此區域會阻隔電子、電洞中和也稱障壁區。

障壁電壓 矽 0.6~0.7V

鍺 0.2~0.3V

(2) 順向偏壓 擴散電流 空乏區窄

逆向偏壓 漂移電流 空乏區寬

● 考點 5. 質量作用和電中性定律

(1) 質量作用定律

$$np = n_i^2 \quad (\text{熱平衡下})$$

與施體或受體雜質量無關

(2) 電中性定律

$$N_D + p = N_A + n \quad \text{濃度 (1/cm}^3\text{)}$$

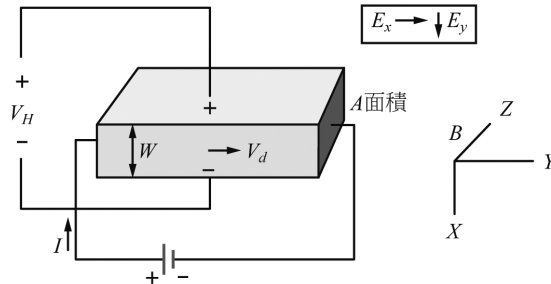
N_A : 3 價受體

N_D : 5 價施體

電洞總濃度 = 電子總濃度

● 考點 6. 霍爾效應 (Hall effect)

利用導體中導入電流，將導體置於外加磁場中量測感應霍爾電壓判斷傳導載子極性與濃度使用於半導體中，參雜載子性質與濃度量測



作用力平衡

$$F_E = F_B$$

霍爾電壓

$$V_H = V_d BW = IBWA$$

$$= E_y W$$

$$V_H > 0 \quad \text{P 型}$$

$$V_H < 0 \quad \text{N 型}$$

● 考點 7. 半導體溫度特性

(1) 溫度對能隙 (E_g) 的影響

T 上升則 E_g 下降

(2) 溫度對載子濃度的影響

a. 本質半導體： T 上升， n_i 上升

本質濃度提高

b. 雜質半導體

T 上升，則多數載子濃度 \approx 摻雜濃度

少數載子濃度 $\approx n_i^2 /$ 摻雜濃度，(升高 \uparrow)

(3) 溫度對遷移率 (μ) 的影響

a. T 介於 100K \sim 400K，則晶格散射

此時 T 上升，且 μ 下降

b. T 小於 100K，則離子散射， T 上升且 μ 上升

(4) 溫度對電導係數 (σ) 的影響

a. 本質半導體： T 上升， σ 上升， ρ 下降 負溫度電阻係數

b. 雜質半導體： T 上升， σ 下降， ρ 上升 正溫度電阻係數

● 考點 8. 半導體導電特性

(1) 遷移率 (Mobility, μ)

在單位電場環境下，載子可移動的能力， μ 值高，代表工作速度快，導通能力好 $\mu_n > \mu_p$

(2) 漂移電流 (Drift Current)

電場影響而形成載子流動稱之

(3) 擴散電流 (Diffusion Current)

因為載子濃度彼此不均勻，導致載子流動

D_n : 電子擴散係數

D_p : 電洞擴散係數

$$D_p < D_n$$

(4) 愛因斯坦關係式 (Einstein's Relation)

$$\frac{D_p}{\mu_p} = \frac{D_n}{\mu_n} = \frac{KT}{q} = V_T$$

$$V_T \text{ (熱電壓)} = \frac{KT}{q} = \frac{T}{11600}$$

$$T = 300\text{K} \quad V_T = 26\text{mV}$$

(5) 波茲曼方程式 (Boltzmann Equation)

$$P_1 = P_2 e^{V_{21}/V_T}$$

$$n_1 = n_2 e^{V_{21}/V_T}$$

任二點電位差與濃度比有關，無關於距離，正比於濃度比的對數

(6) 接觸電位

在 P、N 型半導體界面處會形成類似步級函數變化，稱為步級界面

$$P_1 = P_2 e^{V_{21}/V_T}$$

對於此界面處：

$$P_1 = P_{p0}, P_2 = P_{n0} \quad P_{p0} : p \text{ 端熱平衡電洞濃度}$$

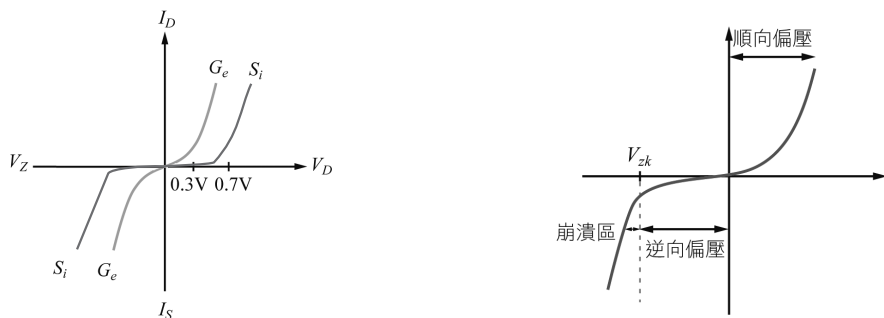
$$V_{21} = V_T \ln \frac{P_{p0}}{P_{n0}} \quad P_{n0} : n \text{ 端熱平衡電洞濃度}$$

接觸電位 (Contact potential)

$$V_{21} = V_0$$



● 考點 1. 二極體特性



順向電流 I_D ：順向電壓 > 障壁電壓，多數載子通過空乏區

逆向飽和電流 I_S ：逆向電壓，空乏區加大，只剩少數載子通行

● 考點 2. 二極體方程式

$$I_D = I_S \cdot (e^{V_D/\eta V_T} - 1) \quad V_T = \frac{KT}{q} = \frac{T(^{\circ}\text{K})}{11600}$$

I_D	順向電流
I_S	逆向飽和電流
V_D	順向偏壓電流
V_T	溫度等效電壓
η	理想因數 $\eta = 1 \sim 2$ 矽 = 2 鎢 = 1
K	波茲曼常數 $K = 1.38 \times 10^{-23} \text{JK}$
T	凱思絕對溫度 $T = 273 + \text{攝氏溫度}$
q	電荷 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ (庫侖)

$$V_T = 26\text{mV} (25^{\circ}\text{C})$$

$$I_S \text{ 正比 } \text{溫度} \quad \begin{array}{c} + \\ | \\ \text{P} \rightarrow | \leftarrow \text{N} \\ | \\ - \end{array}$$

$$I_S \text{ 反比 } \text{摻雜濃度}$$

● 考點 3. 順向偏壓區

$$I_D \quad I_D = I_S \cdot (e^{V_D/\eta V_T} - 1)$$

$$I_S \quad qA \cdot \left(\frac{D_p}{L_p N_D} + \frac{D_n}{L_n N_A} \right) n_i^2$$

不同溫度下

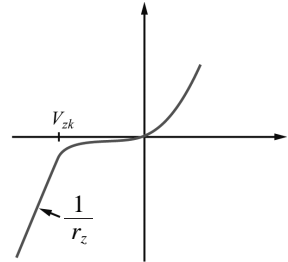
$$I_S(T_b) = I_S(T_a) \cdot 2^{\frac{T_b - T_a}{10}}$$

求二極體電壓電流

$$V_1 - V_2 = n \cdot V_T \ln \frac{I_1}{I_2}$$

● 考點 4. 逆向偏壓和崩潰區

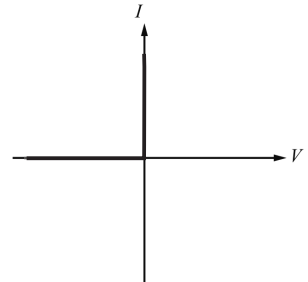
- (1) 逆向偏壓區 $I \cong -I_S$ 二極體電流幾乎恆定
- (2) 逆向偏壓超過崩潰電壓 V_{ZK} 時，進入崩潰區
- (3) 崩潰區逆向電流增加快，電壓降增加小
- (4) 在崩潰區若功率消耗在額定範圍內不會產生破壞



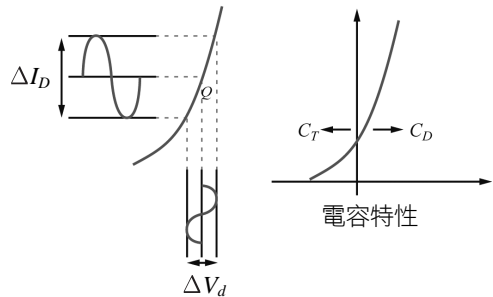
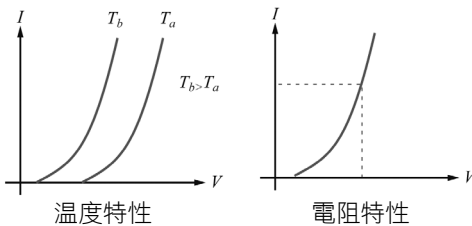
● 考點 5. 理想二極體

I : 無窮大 (順向偏壓) 電阻 = 0

I : 0 (逆向偏壓) 電阻 = ∞



● 考點 6. 溫度、電阻、電容效應



- (1) 溫度增加時，二極體吸收熱能，導致共價鍵斷裂，形成障壁電壓下降，逆向飽和電流增加

$$\frac{dV}{dT} = -2\text{mV}/^\circ\text{C}$$

- (2) 直流 (靜態) 電阻

$$R_D = \frac{V_D}{I_D}$$

交流（動態）電阻

$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_D} \cong \frac{26\text{mV}}{I_D}$$

$$r_d = \frac{\eta V_T}{I_D} \quad n=1 \quad V_T = 26\text{mV}$$

(3) 電容效應

$$\text{過渡電容 } C_T: \text{ 逆向偏壓 } \uparrow C_T \downarrow \quad C_T = \epsilon \frac{A}{W}$$

$$\text{擴散電容 } C_D: \text{ 順向偏壓 } \uparrow C_D \uparrow \quad C_D = \frac{TI_D}{\eta V_T}$$

T : 載子復合時間 10^{-6} (秒)

● 考點 7. 恢復時間

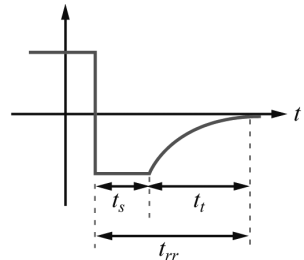
順向恢復時間：二極體外加偏壓由反向偏壓轉成順向偏壓，會有暫態時間狀態，再恢復穩定，定義電壓由 10% 至 90% 的時間

反向恢復時間：二極體外加偏壓由順向偏壓轉成反向偏壓，會有少數載子濃度變化，分兩段討論

t_s : 儲存時間，少數載子需要一段時間回復

t_t 過渡期間：電流持續減少到微量反向電流

t_{rr} : 反向恢復時間 $t_{rr} = t_s + t_t$



● 考點 8. 稽納崩潰與累增崩潰

累增崩潰：(1) 逆向偏壓增加，空乏區電場增加

(2) 自由電子增加到某極限值，會撞擊周遭共價鍵內的電子，循環終至崩潰（溫度係數正）

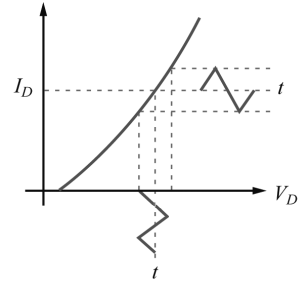
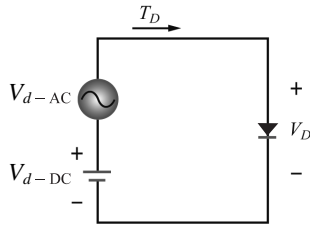
稽納崩潰：(1) 逆向偏壓增加，空乏區電場增加

(2) 外加於共價鍵超過共價鍵本身束縛力會強行加出共價鍵內的電子，當自由電子達到一臨限值，產生崩潰現象

通常 累增崩潰 $V_Z > 7\text{V}$ 溫度係數正

稽納崩潰 $V_Z < 5\text{V}$ 溫度係數負

● 考點 9. 小信號模型

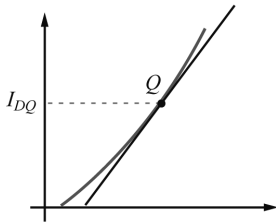


$$T_D = I_D \left(1 + \frac{V_d}{\eta V_T} \right)$$

假設 $\frac{V_d}{\eta V_T} \ll 1$ (小信號條件)

$$i_D = I_{DQ} + i_d \quad v_D : \text{總電壓}$$

$$v_D = V_D + v_d \quad i_D : \text{總電流}$$



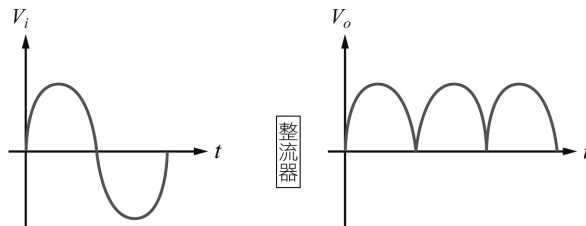
$$\text{斜率} = \frac{I_D}{\eta V_T} = \frac{1}{r_d} \quad r_d = \frac{\eta V_T}{I_D}$$

$$\text{直流偏壓 } I_{DQ} = I_S e^{V_D / \eta V_T}$$

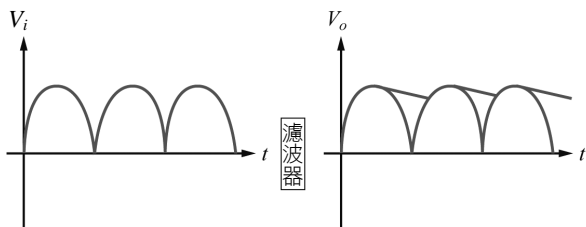
$$\text{小信號 } i_d = \frac{v_d}{r_d}$$

● 考點 10. 二極體應用

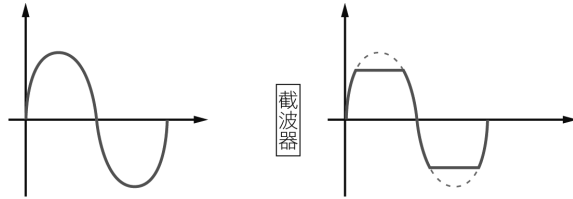
整流器



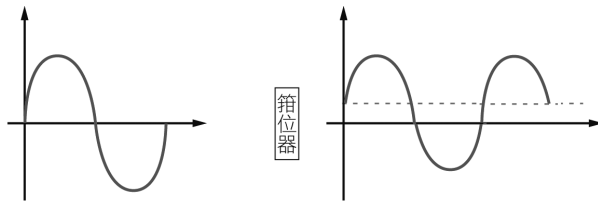
濾波器



截波器

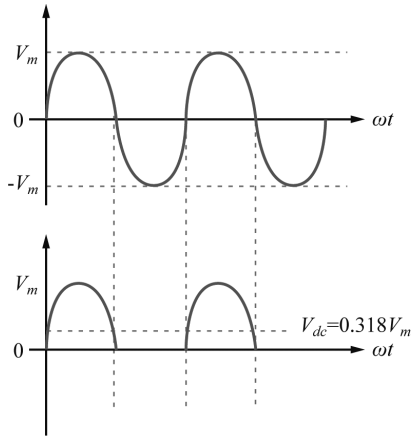
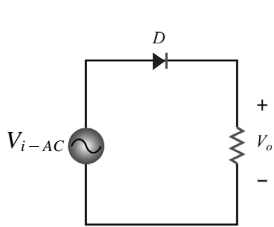


箝位器



● 考點 11. 整流器

(1) 半波整流



正半週 D 通 $V_o = V_s$

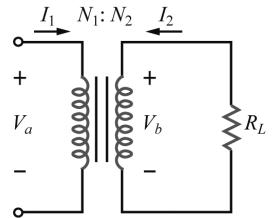
負半週 D 不通 $V_o = 0$

$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \quad \frac{Z_1}{Z_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$$Z_1 = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \cdot R_L$$

PIV : 峰值逆向電壓 $Z_2 = R_L$

PIV (半波整流) = V_m



$$V_{dc} = 0.318V_m = \frac{V_m}{\pi}$$

$$V_{rms} = 0.5V_m$$

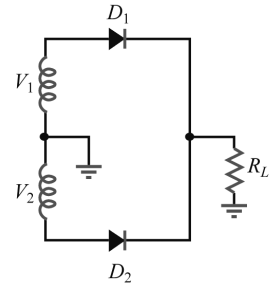
$$PIV = V_m$$

(2) 全波整流

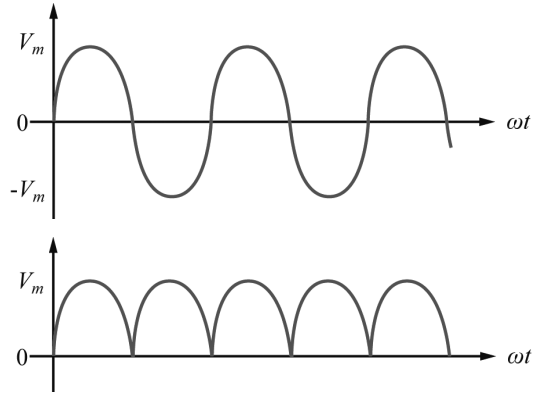
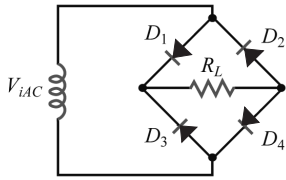
$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} = 0.636V_m$$

$$PIV = 2V_m$$

$$V_{rms} = 0.707V_m$$



(3) 橋式整流

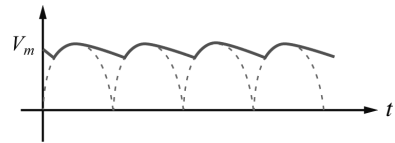
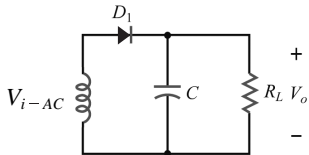


$$V_{dc} = \frac{2}{\pi}V_m = 0.636V_m$$

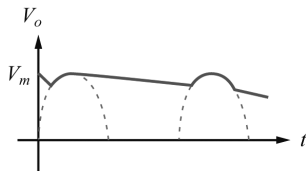
$$V_{rms} = 0.707V_m$$

$$PIV = V_m$$

(4) 濾波器



全波整流濾波 120Hz

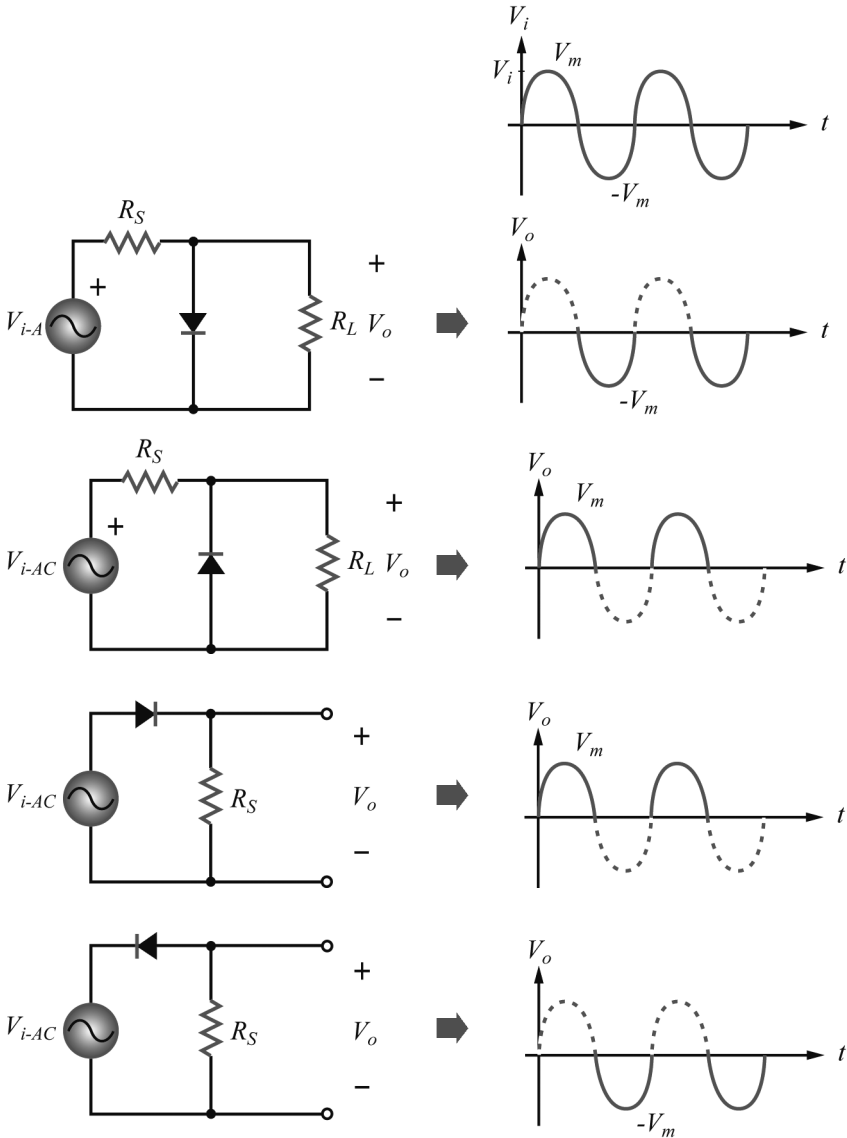


半波整流濾波 60Hz

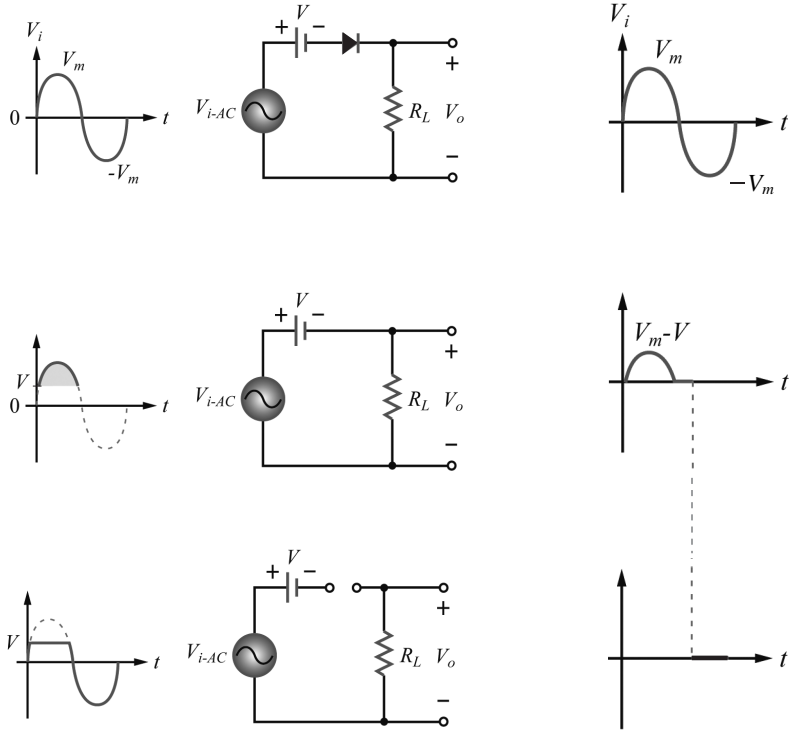
$V_{dc} = V_m - \frac{8.32I_{dc}}{C}$	$V_{dc} = V_m - \frac{4.16I_{dc}}{C}$
$V_{rms} = \frac{4.8V_{dc}}{R_L \cdot C}$	$V_{rms} = \frac{2.4V_{dc}}{R_L \cdot C}$

● 考點 12. 截波器 (Clipper)

(1) 未加偏壓



(2) 加偏壓



a. 正半週 D (二極體) 導通

$V_i > V$, 二極體導通

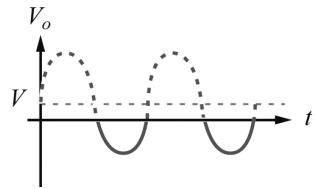
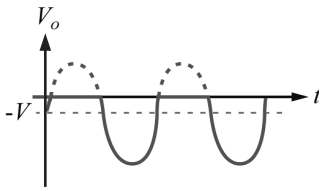
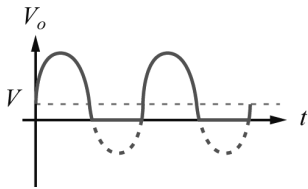
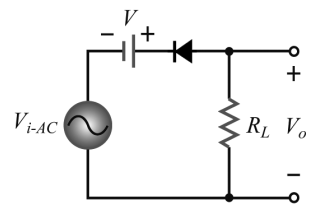
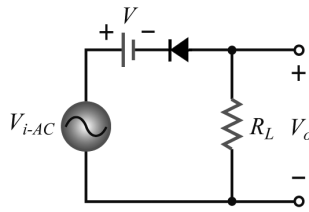
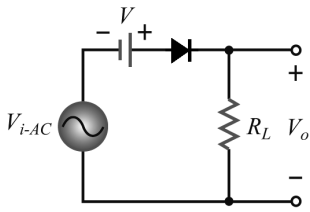
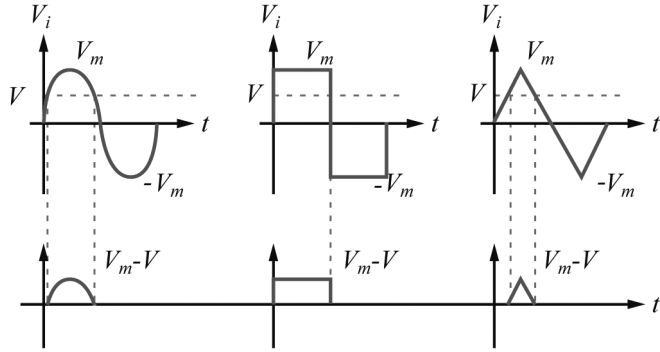
b. $V_o = V_i - V$

c. 正半週 若 $V_i < V$

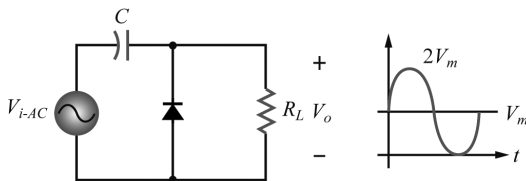
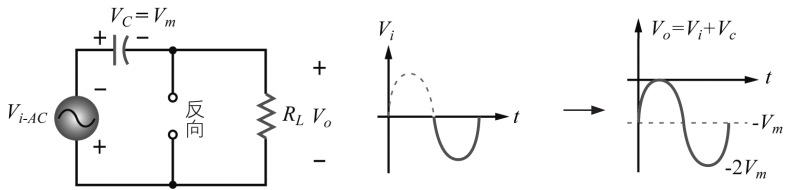
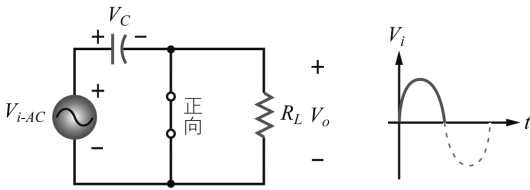
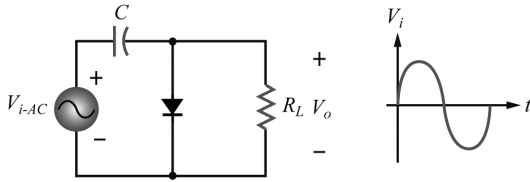
負半週 若二極體逆向偏壓

則斷路, 輸出電壓 = 0

d. 繪出波形

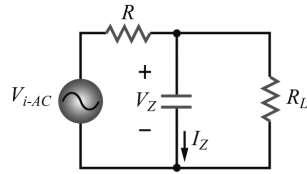
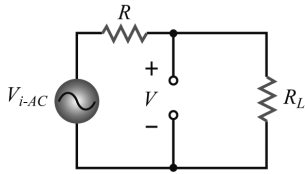
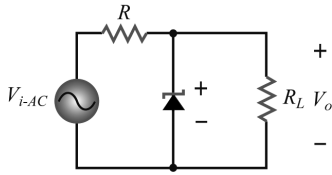


● 考點 13. 定位器 (Clamper)



- a. 正半週，二極體導通
- b. 負半週，二極體截止
- c. $V_C = V_m$
 $V_O = V_i + V_C$
- d. 繪出波形

● 考點 14. 稽納二極體

 (1) V_i 、 R_L 固定


$$V = V_L = \frac{R_L V_i}{R + R_L}$$

$$V_L = V_Z \quad I_L = \frac{V_L}{R_L}$$

$$I_R = I_Z + I_L \quad I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_i - V_L}{R}$$

$$I_Z = I_R - I_L \quad P_Z = V_Z I_Z$$

① 移走 Zener，計算跨在開路電壓

② 替換符合的電路，解出需求的數值

 (2) V_i 固定， R_L 可變

$$R_{L\min} = \frac{R V_Z}{V_i - V_Z}$$

$$I_{L\max} = \frac{V_L}{R_L} = \frac{V_Z}{R_{L\min}}$$

$$V_R = V_i - V_Z \quad I_R = \frac{V_R}{R} \quad I_Z = I_R - I_L$$

$$I_{L\min} = I_R - I_{ZM} \quad R_{L\max} = \frac{V_Z}{I_{L\min}} \quad I_{ZM} : \text{資料表提供值}$$

 (3) R_L 固定， V_i 可變

$$V_L = V_Z = \frac{R_L V_i}{R_L + R}$$

$$V_{i\min} = \frac{R_L + R}{R_L} \cdot V_Z$$

$$I_{R\max} = I_{ZM} + I_L$$

$$V_{i\max} = V_{R\max} + V_Z$$

$$V_{i\max} = I_{R\max}R + V_Z$$

(4) V_i 固定， R_L 可變

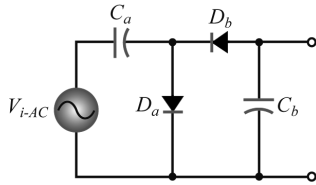
R_L 電阻最小可使稽納二極體導通

R_L 固定， V_i 可變

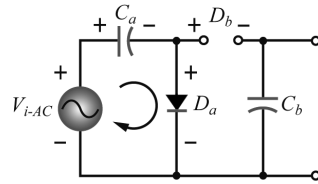
V_i 必須夠大，稽納二極體導通

● 考點 15. 倍壓器

(1) 半波倍壓器



C_a 充電， D_b 截止



(正半週) D_a 順偏

D_b 截止

得到峰值電壓 V_p

(負半週) D_b 導通

D_a 截止

C_b 充電，又 V_i 與 V_p 同極性

則 $V_{C_b} = 2V_p$

