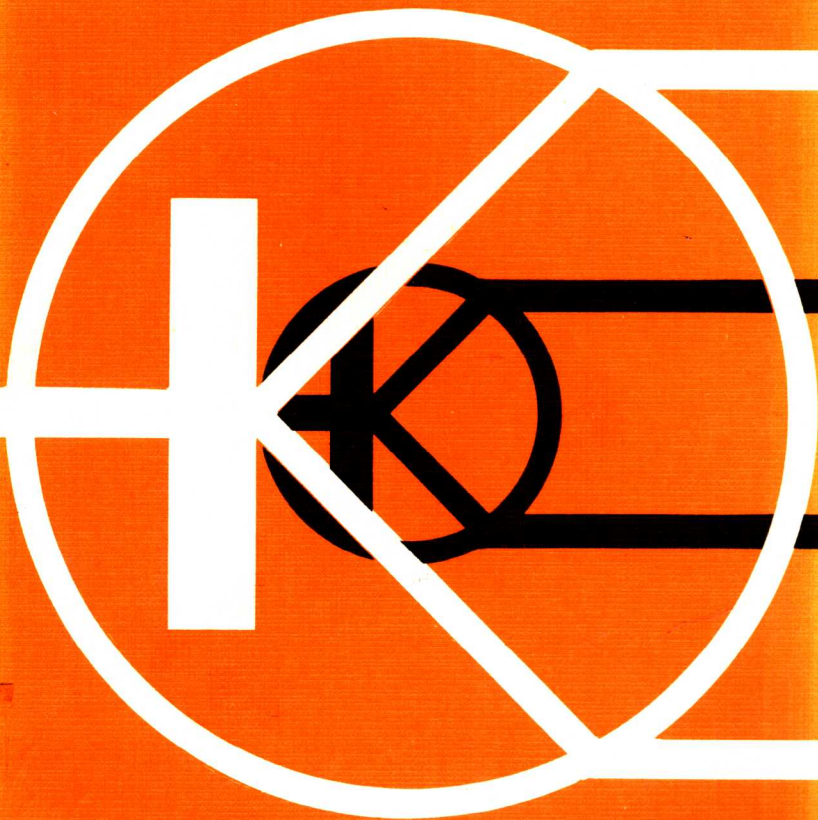


全華升學叢書

升技術學院、二專、師大工教、教育學院必備

電子學總整理(上)

陳文山 編著



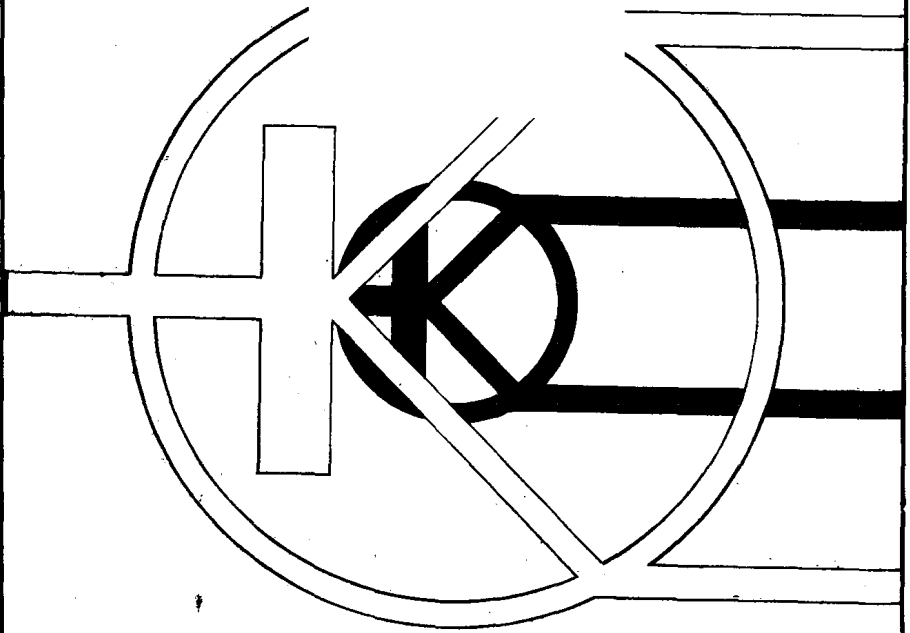
全華科技圖書公司印行

全華升學叢書

升技術學院、二專、師大工教、教育學院必備

電子學總整理(上)

陳文山 編著



全華科技圖書公司印行

序

1. 本書係依據教育部最新修訂之「高級工業職業學校電子設備修護科電子學課程標準」及各大書局印行之教科書，並配合編者多年親自教學之經驗編輯而成。
2. 本書專供高工電子科同學升學就業，及兼顧在校高一、高工同學平日複習與準備考試之用，因此乃按照課程標準之章次依序編寫，並經作多年教學資料收效甚宏。
3. 本書內容之編排與特色：
 - (1) 取材廣泛：本書參照中外各名著，舉凡電子學之重要觀念，均摘要錄於書中而無所遺漏。內容包含電子學與電子設備修護。此為本書特色之一。
 - (2) 重點整理：本書內容擷取各書精華的重點，做最簡明扼要的說明，並作有系統之整理，務期讀者易懂易學易記。
 - (3) 歷屆試題分析：將各章節相關之歷屆試題（自民國59年至69年），依年分有系統地收集在一起，並在每一試題之後即做最詳細

我們的宗旨：



感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

為保護您的眼睛，本公司特別採用不反光的米色印書紙。//

的說明與解答，使讀者明瞭各試題之正確解法與答案，並能瞭解每年命題之性質與趨向。務期讀者能把握正確方向，以獲得最佳學習的效果與各類考試之勝利。此為本書最大之特色。

(4) 例題與精選綜合測驗：本書取材廣，內容充實，例題與測驗最多，每題皆作詳盡之解答及分析，使讀者有充分的演練機會，並能悟出「熟能生巧」的道理。此為本書特色之一。

4. 本書之編成，承蒙本校電子科各同仁之不時鼓勵與指導，及郭清池老師熱心協助校稿，得以順利完成，特此謹申謝意。
5. 本書雖經多次校訂，力求盡善盡美，然疏漏之處恐所難免，尚祈諸位先進不吝指正為禱。

編者謹識 於嘉義

目 錄

第一章 電子概論

1-1 元素原子的結構.....	1
1-2 電子、離子及其運動.....	3
1-3 原子的能階.....	8
1-4 導體、半導體及絕緣體.....	10
1-5 電子的放射.....	13
1-6 波.....	14
本章歷屆考題總集.....	16
精選綜合測驗題.....	22

第二章 電子管特性

2-1 電子管.....	29
2-2 電子管之種類.....	29
2-3 二極管的構造.....	29
2-4 空間電荷.....	31
2-5 二極管的特性.....	31
2-6 三極管.....	32
2-7 電子管的參數.....	33
2-8 四極管.....	35
2-9 五極管.....	35

2-10 束射功率管	36
2-11 複合管	37
2-12 調諧指示管	37
2-13 閘流管	38
本章歷屆考題總集	40
精選綜合測驗題	47

第三章 半導體特性

3-1 本質半導體內的電子和電洞	53
3-2 施體和受體雜質	55
3-3 弗米階	57
3-4 霍爾效應	58
3-5 P - N 接合	59
3-6 二極體的特性曲線	62
3-7 PN 二極體內的電內的電容效應	67
本章歷屆考題總集	70
精選綜合測驗題	79

第四章 二極體電路與種類

4-1 二極體特性曲線及負載線等用	91
4-2 二極體特性曲線的分析	93
4-3 二極體剪截器	101
4-4 二極體之串聯與並聯用	118
4-5 二極體箝拉器	119
4-6 二極體的種類—特殊三極體	124
本章歷屆考題總集	136
精選綜合測驗題	152

第五章 變態裝置

5-1 直流與交流電能的轉換.....	159
5-2 聲能與電能的轉換.....	194
精選綜合測驗題.....	223

第六章 電晶體特性及其三種放大電路

6-1 電晶體特性及其三種放大電路.....	231
6-2 電晶體的工作.....	232
6-3 電晶體基本放大電路.....	234
6-4 電晶體三種電流增益的數學關係.....	240
6-5 電晶體的交換時間.....	241
6-6 電晶體的其他特性.....	243
6-7 電晶體放大電路優劣之比較.....	249
本章歷屆考題總集.....	254
精選綜合測驗.....	270

第七章 電晶體偏壓與其熱穩定

7-1 電晶體的偏壓.....	279
7-2 直流偏壓的圖解分析法.....	296
7-3 偏壓之穩定性.....	299
7-4 共射極放大器偏壓電路之穩定因數求法.....	308
7-5 偏壓補償.....	315
本章歷屆考題總集.....	322
精選綜合測驗題.....	352

第八章 小信號電路分析

8-1 概 說.....	359
--------------	-----

8-2	放大器的分類	359
8-3	電晶體等效電路	363
8-4	三種電晶體組織之 h 參數的轉換	394
8-5	密勒定理及其對偶定理的運用	394
8-6	電晶體三種組織的典型 h - 參數值	396
	本章歷屆考題總集	397
	精選綜合測驗題	416

第九章 場效應電晶體

9-1	緒論	423
9-2	接合式場效應電晶體	425
9-3	FET 的小型信號模型	430
9-4	金屬氧化物半導體場效電晶體	432
9-5	CMOS 反相器	437
9-6	MOSFET 的閘極保護	437
9-7	CMOS 邏輯積體電路的特點	438
9-8	JFET 與 MOSFET 的偏壓法	439
9-9	FET 的小信號分析	443
9-10	靴帶式源極耦合電路—高輸入阻抗電路	447
9-11	FET 作為壓變電阻器	448
9-12	場效應二極體	449
	本章歷屆考題總集	459
	精選綜合測驗題	468

第十章 多級放大系統、分貝及其頻率考慮

10-1	多級放大系統、分貝及其頻率考慮	483
10-2	電阻電容交連放大器	484
10-3	電感交連放大器—又稱為阻抗交連放大器	485

10-4 變壓器交連放大器.....	486
10-5 直接交連放大器.....	488
10-6 分貝及其應用.....	496
10-7 一般頻率的考慮.....	500
10-8 串級放大器的頻率響應.....	506
10-9 高頻截止的近似值.....	507
10-10 射極電阻及其旁路電容器對電路的影響.....	508
本章歷屆考題總集.....	519
精選綜合測驗題.....	535

第 1 章

電子概論

1-1 元素原子的結構

1. 物質若僅由一種原子所組成者稱為元素。
2. 物質由分子組成，而分子則由原子組成。
3. 分子為物質利用物理方法，分割成最小微粒而保有原物質特性者。
4. 原子為分子利用化學方法，分割成最小微粒而失去原物質特性者。
5. 原子結構：

原子 { 核內 { (1) 質子 (Proton) — 帶正電荷 (+)。^c
(2) 中子 (Neutron) — 不帶電性。
核外：(3) 電子 (Electron) — 帶負電荷 (-)。繞核外軌道運行。

6. 原子量 = 質子數 + 中子數。(電子因質量太小被省略)
7. 原子序數 = 電子數 = 質子數。
8. 某週期元素：表示電子環繞原子核運行共有某層軌道。
9. 電子，質子與中子之比較：

2 電子學總複習(上)

	電 子	質 子	中 子
質量	9.11×10^{-28} 克	1.672×10^{-24} 克	1.675×10^{-24} 克
電性	-1.602×10^{-19} 庫倫	$+1.602 \times 10^{-19}$ 庫倫	0 (中性)
直徑	10^{-13} 厘米	2.8×10^{-13} 厘米	2.8×10^{-13} 厘米

質子質量 = 中子質量 = 1850 倍電子質量

1 庫倫 = 6×10^{18} 個電子

電流 $I = \frac{Q}{t}$ ，即單位時間通過某截面之電子數目或庫倫數。

10. 電子軌道由核內向核外數共分 K、L、M、N、O、P、Q 等七層主層，並以 S、P、d、f 等四層表示副層，（在已知元素中，尙未有包括第五副層者）。

11. 每一主層軌道所佔據之電子數以 $2n^2$ 式決定之，其中 n 表示層次。

即電子數 = $2 \times (\text{軌道層次})^2$ 個

副層所能容納之最多電子數為：

S 層 = 2 個，P 層 = 6 個，d 層 = 10 個，f 層 = 14 個。

12. 某主層軌道就具有某個副層數（如 N 層有 4 個副層： $4S^2, 4P^6, 4d^{10}, 4f^{14}$ ）。

主 層	K(n=1)	L(n=2)	M(n=3)	N(n=4)
副 層	$1S^2$	$2S^2, 2P^6$	$3S^2, 3P^6, 3d^{10}$	$4S^2, 4P^6, 4d^{10}, 4f^{14}$
層 次	n=1	n=2	n=3	n=4
電子數	$2n^2=2$	$2n^2=8$	$2n^2=18$	$2n^2=32$

13. 原子「八隅體學說」——原子最外層軌道電子數最多不得超過八個。

若元素最外層軌道有八個價電子者稱為安定元素（如氦，氖等）。

14. 價電子：原子最外層軌道上的電子之稱。可決定該元素的化學性質。

通常電子數目等於 4 為半導體，小於 4 為良導體，大於 4 為不良導體（絕緣體）。

15. 鋅，矽原子結構圖：

(1) 已知銻元素(Ge)原子量 = 72, 原子序 = 32, 第四週期元素。

則： 電子數 = 質子數 = 原子序數 = 32

中子數 = 原子量 - 質子數 = 72 - 32 = 40

各軌道上的電子數：因銻為第四週期元素，故共有四層主層軌道。

第一層：K層 ($n=1$)，電子數 = $2n^2 = 2 \times 1^2 = 2 \Rightarrow 1S^2$

第二層：L層 ($n=2$)，電子數 = $2n^2 = 2 \times 2^2 = 8 \Rightarrow 2$ 個副層
($2S^2, 2P^6$)。

第三層：M層 ($n=3$)，電子數 = $2n^2 = 2 \times 3^2 = 18 \Rightarrow 3$ 個副層
($3S^2, 3P^6, 3d^{10}$)。

第四層：N層 ($n=4$)，電子數 = $32 - (2 + 8 + 18) = 4$ ，本應有 4 個副層，但因只有 4 個電子，故分為 2 個副層
($4S^2, 4P^2$)。

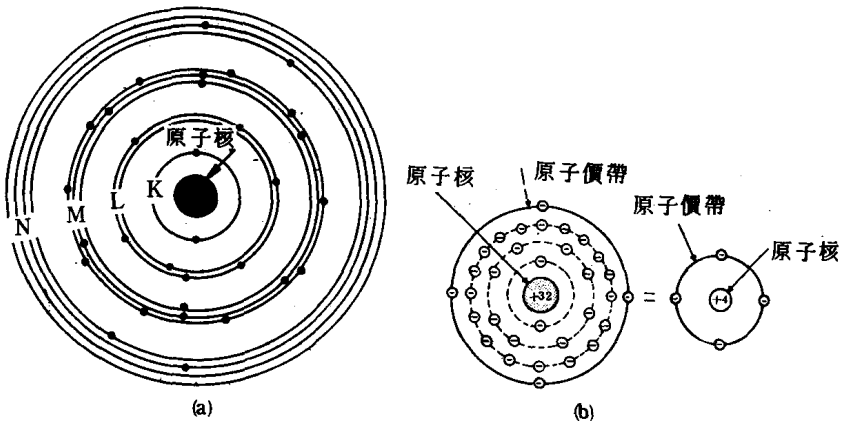


圖 1-1 銻原子結構圖 (a)分層圖 (b)簡圖

(2) 矽(Si)原子量 = 28, 原子序 = 14, 第三週期元素，試依上述方法繪出其原子結構圖。

其層次分佈電子數為： $1S^2; 2S^2, 2P^6; 3S^2, 3P^2$ 。

1-2 電子，離子及其運動

1. 原子最外層電子受光，熱或其他能量作用，而脫離原子核的束縛力，

4 電子學總複習(上)

稱為自由電子，為構成電流的主載體。

- 2. 電子所帶能量的最小單位稱為量子，為一整數單位。
- 3. 帶電的原子稱為離子；原子若帶正電荷稱為正離子；若原子帶負電荷稱為負離子。
- 4. 電子與原子核間的引力：

在軌道中運轉的電子，所產生的離心力與原子核所發之向心力相等，故電子受原子核心所束縛。

$$\text{依庫倫定律： } F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 \times r^2} = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

式中：F = 引力 (牛頓)

Q_1 及 Q_2 = 電荷量 (庫倫)

r = 原子核與電子間的距離 (米)

$$\epsilon_0 = \text{空氣中介電係數} = \frac{1}{36\pi \times 10^9} \text{ (法拉 - 米)}$$

5. 在電場中運動的電子：

帶電質點 (電子或離子) 在電場中所受之力與其所荷電量及電場強度之積成正比。即 $F = g \times E$

式中：F = 作用力 (牛頓)

g = 電量 (庫倫)

E = 電場強度 (伏特 / 米或牛頓 / 庫倫)

另由牛頓第二運動定律得：帶電質點受電場作用，必在電場之方向上產生一加速度。即 $f_1 = m\alpha$ (牛頓)

式中 m = 質量 (仟克)

α = 加速度 (米 / 秒²)

故在定電場中： $F = m\alpha = g \cdot E$

$$\therefore \alpha = \frac{g \cdot E}{m} \dots\dots\dots \text{常數}$$

速度： $v = v_0 + \alpha t$

v_0 = 初速

移動距離： $S = S_0 + v_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$ ， $S_0 =$ 初距離

動能： $eV = \frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2)$

若 $v_0 = 0$ ，則 $eV = \frac{1}{2} m v^2$

式中： $e =$ 電荷量 (庫倫)

$m =$ 質量 (仟克)

$V =$ 加速電壓 (伏特)

因此可知：一電子或離子通過兩點電位差，將受電場作用而運動，其運動速度為：

$$v = \sqrt{\frac{2Ve}{m}} \left(= \sqrt{\frac{2 \times V \times 1.60 \times 10^{-19}}{9.11 \times 10^{-31}}} = 5.92 \times 10^5 \times \sqrt{V} \right)$$

例 1-1：設一陰極射線管電場強度為 15,000 伏特 / 公尺，(1) 試求一電子受力多少？(2) 質子受力多少？(3) 電子所產生之加速度為多少？(4) 質子所產生的加速度為多少？

解：(1) $F = q \cdot E$

$$= -1.602 \times 10^{-19} \text{ 庫倫} \times 15000 \text{ 牛頓 / 庫倫}$$

$$= -2.403 \times 10^{-15} \text{ 牛頓 (負號表受力方向與電場方向相反)}$$

(2) 同理： $F = q \cdot E$

$$= +1.602 \times 10^{-19} \text{ 庫倫} \times 15000 \text{ 牛頓 / 庫倫}$$

$$= +2.403 \times 10^{-15} \text{ 牛頓 (受力方向與電場方向相同)}$$

(3) 由 $F = m\alpha = q \cdot E$

$$\text{得 } \alpha = \frac{q \cdot E}{m} = \frac{2.403 \times 10^{-15} \text{ 牛頓}}{9.11 \times 10^{-31} \text{ 仟克}} = 2.637 \times 10^{15} \text{ 公尺 / 秒}^2$$

(4) 質子加速度：

$$\alpha = \frac{F}{m} = \frac{2.403 \times 10^{-15} \text{ 牛頓}}{1.672 \times 10^{-27} \text{ 仟克}} = 1.437 \times 10^{12} \text{ 公尺 / 秒}^2$$

例 1-2：(1) 一電子以零初速度自陰極射出，其加速電位為 1000 V，試求

6 電子學總複習(上)

電子之末速度多少？(2)若換成氘離子(重氫離子，其原子量2.01)以初速 10^5 m/sec 進入此電場，則其末速度多少？

解：(1) 初速 $V_i = 0$ ，動能為 $1 \times 1000 = 1000 \text{ eV}$

$$\therefore 1000 \text{ eV} = \frac{1}{2} m (V_f^2 - V_i^2) = \frac{1}{2} m (V_f^2 - 0) = \frac{1}{2} m V_f^2$$

$$\therefore V_f = \sqrt{\frac{2 \times 1000 \text{ eV}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1000 \times 1.60 \times 10^{-19}}{9.11 \times 10^{-31}}}$$

$$\doteq 1.87 \times 10^7 \text{ m/sec}$$

(2) 初速 $V_i = 10^5 \text{ m/sec}$ ， $m = 2.01 \times 1.67 \times 10^{-27}$ 仟克

$$\therefore \frac{1}{2} m (V_f^2 - V_i^2) = 1000 \text{ eV}$$

$$V_f^2 = V_i^2 + \frac{2 \times 1.60 \times 10^{-19} \times 10^3}{2.01 \times 1.67 \times 10^{-27}}$$

$$= (10^5)^2 + 9.6 \times 10^{10}$$

$$= 1.06 \times 10^{11}$$

$$\therefore V_f = \sqrt{1.06 \times 10^{11}} \doteq 3.26 \times 10^5 \text{ m/sec}$$

例 1-3：有一二極管是由一片陰極及平行板陽極所組成，相隔 0.5 厘米，陽極保持相對於陰極為 10 伏特，(1)若電子以 10^6 米/秒之初速離開陰極而移向陽極，試求電子將於距陰極多遠處碰撞到位能障壁？(2)若要到達陽極，電子應具多大之初速離開陰極？

解：(1) 電場強度 $\epsilon = \frac{V}{d} = \frac{10}{5 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^3$ 伏/米

碰到位能障壁時電子之動能轉變為位能

$$\text{故：} \frac{1}{2} m V_0^2 = eV = e \cdot \epsilon \cdot d \quad \left(\frac{e}{m} = \frac{1.602 \times 10^{-19} \text{ 庫倫}}{9.11 \times 10^{-31} \text{ 仟克}} = 1.76 \times 10^{11} \right)$$

$$\therefore d = \frac{m V_0^2}{2e\epsilon} = \frac{(10^6)^2}{2 \times 1.76 \times 10^{11} \times 2 \times 10^3} = 0.142 \text{ cm}$$

(2) 若欲使電子到達陽極，則其動能至少應等於陽極之位能

$$\therefore \frac{1}{2} mV_0^2 = 10\text{eV} = 10 \times 1.60 \times 10^{-19}$$

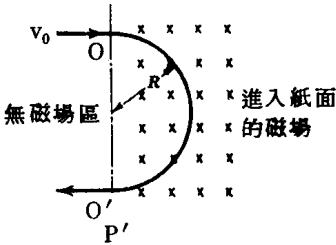
$$\therefore V_0^2 = \frac{20 \times 1.60 \times 10^{-19}}{9.11 \times 10^{-31}} = 3.5 \times 10^{12}$$

$$V_0 = \sqrt{3.5 \times 10^{12}} \doteq 1.87 \times 10^6 \text{ m/sec}$$

6. 在磁場中運動的電子。

依左手定則：磁場，電流及導線所受的力，三者之間的關係為

$$F = I \cdot \ell \cdot B_{\perp} = q \cdot v \cdot B_{\perp}$$



式中：F：作用力（牛頓），其運動方向與B及v垂直，故為圓形軌跡，如圖1-2所示。因電子帶負電量，故受力方向相反。

B：磁場強度（韋伯/米²）

v：帶電質點的速度（米/秒），與磁場垂直。

q：電子的電量，單位庫倫（= 1.602×10^{-19} 庫倫）

圖 1-2 電子在定磁場中電軌跡

當一電子在通過垂直磁場時，將循“圓周運動”的軌跡行進。其通路之半徑為：因向心加速度 $\alpha = \frac{v^2}{R}$

$$\therefore F = m\alpha = m \times \frac{v^2}{R} = q \cdot B \cdot v$$

$$\text{故 } R = \frac{mv}{q \cdot B}$$

式中：R：螺旋通路半徑，單位（公尺）

m：電子質量（ 9.11×10^{-31} 仟克）