

科學圖書大庫

科技訓練自修教材

# 工業電子學

- 半導體
- 電源器
- 放大器
- 振盪器與多諧振動器
- 邏輯電路

譯者 何金滿

徐氏基金會出版

PDG

71  
2  
科學圖書大庫

科技訓練自修教材

# 工業電子學

- 半導體
- 電源器
- 放大器
- 振盪器與多諧振動器
- 邏輯電路

譯者 何金滿



徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 石開朗

# 科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十九年九月十五日初版

## 工業電子學

基本定價 6.80

譯者 何金滿 中原大學電機系副教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

(67)局版臺業字第1801號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號

電話 9221763  
9446842

電話 9719739

## 譯 序

科學日新月異，電子學更是一日千里，而電子的工業應用也與日俱增。為求能跟上時代，為求能與電子學保持並駕齊驅，唯有不斷的求知。為應付需要，而有各種不同的工業電子有關書籍出現。

本書為一訓練及自修教材，內容專注於工業電子的基本概念，實際及應用，甚少有高深的理論與繁雜的計算。內容由淺而深，由易而繁，故最適宜做為工業電子學的訓練與自修之用。

本書因取材甚新，故有些專有名詞此間乃無適當統一之譯名。因此，譯者有時只好自己創用。如有疑問，則請參照書末之名詞索引。

開卷有益，希望本書能對你有所幫助。

譯者 何金滿譯

六十八年八月

## 學員指南

WCS01/23

- 一、本課程目標：在對工業上所應用的電子系統作一詳細的介紹。由基本的半導體開始，經電源器、放大器、振盪器，到複雜的邏輯電路等。說明扼要清晰，以使你對組成工業電子的各種電子設備充份了解，進而能利用它們做為設計及維護工業電子系統的基礎及有效的參考。
- 二、課程編排：本課程共分五個單元，每單元又各分五課。每課包含課文、編序練習、及自我測驗。這些材料都是設計來供你個人的學習。  
每課所需要的時間約 1 個半到 2 個半鐘頭。但實際的需要時間則依個人的原有知識及經驗而定。但花多少時間本身並不重要，重要的是學到多少。  
每課程中的編序練習都包含一系列的問題，或未完成的敘述等。而要求你將空格寫出。每題的最後都有正確的答案，但使用它之前，應儘可能由自己作答。每課之後，有一自我測驗，以複習該課中重要的部分。此自我測驗為多重選擇題，但其中只有一個答案是最適當的，應先自行選答，再與解答對照。  
每單元之後，有一 50 題的單元測驗。題目與該單元各課中的習題類似，應不難作答。此測驗亦為一多重選擇題，其中只有一個答案是最適當的，應仔細閱讀題目後，再選答。將答案寫在隨附的答案紙中。完成後，將之交給你的指導人或直接寄回徐氏基金會，以核對答案。
- 三、先修課程：為能有效的應用本教材並了解它。最好有電子學的基本知識——直流電子、基本電路、交流電子、電儀表等當更有幫助。

# 目 錄

譯 序 ..... I

學員指南 ..... II

## 第一單元 半導體

第一課 半導體介紹 ..... 1

電子管二極體 ..... 2

半導體二極體 ..... 3

半導體材料 ..... 3

半導體的摻雜 ..... 4

練習 ..... 6

接合型二極體 ..... 7

二極體的偏壓 ..... 7

二極體的特性 ..... 8

練習 ..... 10

限流電阻器 ..... 11

消耗功率 ..... 11

特種半導體二極體 ..... 12

練習 ..... 14

自我測驗及解答 ..... 15

第二課 電晶體 ..... 17

電晶體的定義 ..... 17

n p n 及 p n p 電晶體 ..... 17

雙極電晶體的動作 ..... 18

練習 ..... 21

電流增量 ..... 22

電壓及功率增益 ..... 23

場效電晶體 ..... 23

練習 ..... 25

電晶體與三極管比較 ..... 28

達靈頓偶對 ..... 28

練習 ..... 30

自我測驗及解答 ..... 31

第三課 積體電路 ..... 33

積體電路 ( I C ) 的發展 ..... 33

前言 ..... 33

I C 的製造 ..... 33

I C 型式 ..... 35

綫性 I C ..... 35

練習 ..... 36

綫性 I C ( 續 ) ..... 37

數位 I C ..... 38

練習 ..... 41

數位 I C ( 續 ) ..... 42

數位 I C ( 續 ) ..... 44

類比與數位組合 ..... 45

練習 ..... 46

自我測驗及解答 ..... 47

第四課 印刷電路板 ..... 49

前言 ..... 49

印刷電路 ..... 49

印刷板及導體的材料	50
單面印刷電路板	50
練習	53
雙面印刷電路板	54
零件安裝	55
印刷電路板連接器	55
印刷電路板組合的安裝	56
修理印刷電路組合的工具	56
練習	58
印刷電路組合的修理	59
表面污染及腐蝕	61
練習	62
自我測驗及解答	63

## 第五課 半導體包裝的辨識與更換

前言	65
半導體包裝	65
引綫的辨識	67
練習	69
零件的替代	70
安裝於底架的零件	71
安裝於印刷電路板的零件	72
插座	72
工具	72
技巧	73
練習	76
自我測驗及解答	77
單元	
單元測驗	79

## 第二單元 電源器

第一課 電源器介紹	88
-----------	----

前言	88
何以需要電源器	88
電源器種類	89
電池	89
直流變交流電源器	90
練習	92
直流變直流電源器	93
交流變交流電源器	94
交流變直流電源器	94
練習	97
綜結	101
練習	102
自我測驗及解答	103

## 第二課 整流器

二極體整流器	105
半波整流器	105
全波整流器	106
橋式整流器	107
練習	109
三相整流器	110
三相Y接半波整流器	110
三相Y接全波整流器	111
倍壓電路	111
二極體定額	112
練習	114
二極體並聯	115
二極體串聯	116
矽控整流器	116
練習	119
自我測驗及解答	120

## 第三課 濾波器

前言	122
何以需要濾波器	122
漣波	123

練習	126
濾波器電路零件	127
電容濾波器	129
電感濾波器	130
練習	131
R C 濾波器	132
L C 濾波器	132
分壓器	135
旁路濾波器	136
練習	137
自我測驗及解答	138
<b>第四課 電壓調整器</b>	<b>140</b>
何以需要調整器	140
並聯調整器	140
練習	143
串聯調整器	144
I C 電壓調整器	146
練習	148
交換式調整器	150
練習	152
自我測驗及解答	153
<b>第五課 電源器故障排除</b>	<b>155</b>
前言	155
一般故障排除方法	155
初步檢查	156
斷電檢查	156
通電檢查	157
找出故障的主要區域	159
練習	161
信號追蹤	162
電源故障排除	165
換流器故障排除	165
調整器故障排除	166

最後輸出測試	168
練習	169
自我測驗及解答	170
<b>單元測驗</b>	<b>172</b>

## 第三單元 放大器

<b>第一課 放大器介紹</b>	<b>180</b>
前言	180
什麼是放大器	180
放大器特性	181
練習	183
電晶體放大器	184
電晶體特性曲綫	
輸出特性曲綫	185
練習	188
輸入特性曲綫	189
溫度的影響	189
運算放大器	191
交換放大器	191
綜結	192
練習	193
自我測驗及解答	194

<b>第二課 單級放大器</b>	<b>196</b>
電晶體的允許動作區域	196
工作點與負載綫	197
練習	200
工作點的穩定性	201
偏壓電路	201
共集極及其基極放大器的偏壓	
.....	202
練習	205
F E T 放大器	206



放大器分類	207	帶回授的差異放大器	233
A類放大器動作	208	理想運算放大器	235
B類放大器動作	208	練習	237
A B類放大器動作	208	反相放大器	238
C類放大器動作	208	實質接地與綜合點	238
推挽放大器動作	209	運算綜合器	239
綜結	209	非反相放大器	240
練習	210	運算積分器	241
自我測驗及解答	211	特殊運算放大器電路	243
<b>第三課 多級放大器</b>	<b>213</b>	練習	244
前言	213	自我測驗及解答	245
放大器性能	213	<b>第五課 放大器的故障排除</b>	
功率增益	213	.....	247
放大器效率	214	前言	247
電流增益	215	單級放大器的故障排除	247
電壓增益	216	用直流分析做故障排除	248
練習	217	用交流分析做故障排除	248
失真	218	三級放大器的故障排除	249
最大功率傳送	219	故障排除樹	254
練習	222	練習	255
多級放大器	223	故障排除程序	256
多級放大器增益	223	增益測量	257
多級放大器頻寬	223	電源器性能測量	257
放大器耦合	224	零件的故障排除	258
電容器耦合	224	運算放大器的故障排除	259
變壓器耦合	225	綜結	260
直接耦合放大器	225	練習	262
綜結	226	自我測驗及解答	263
練習	227	<b>單元測驗</b>	<b>265</b>
自我測驗及解答	228	<b>第四單元 振盪器與多諧振動器</b>	
<b>第四課 運算放大器</b>	<b>231</b>	<b>第一課 振盪器</b>	<b>274</b>
前言	231		
差作用放大器	231		

前言	274
振盪	274
振盪器與放大器	274
振盪頻率	276
貯槽電路	276
練習	277
晶體控制振盪器	278
移相振盪器	278
振盪器種類	279
阿姆斯特壯振盪器	279
皮爾斯振盪器	280
練習	282
R C 移相振盪器	283
柯耳必茲振盪器	283
柯拉柏振盪器	283
哈特立振盪器	283
I C 振盪器	286
綜結	286
練習	287
自我測驗及解答	288
<b>第二課 反用換流器與換流器</b>	<b>290</b>
前言	290
功率轉換系統之型式	290
何以需要功率轉換系統	290
反用換流器與換流器的應用	291
靜態反用換流器與轉換器	295
反用換流器	295
練習	296
基本磁學	297
單變壓器反用換流器	298
雙變壓器反用換流器	299
推動式反用換流器	299
S C R 反用換流器	300
換流器	302

練習	303
自我測驗及解答	304
<b>第三課 多諧振動器</b>	<b>306</b>
前言	306
交換電路	306
多諧振動器種類	307
單穩多諧振動器	308
練習	311
雙穩多諧振動器	312
雙觸發正反器	314
練習	315
不穩多諧振動器	316
綜結	318
練習	319
自我測驗及解答	320
<b>第四課 波形修整及脈波產生</b>	<b>322</b>
前言	322
振盪器波形分析	322
電晶體限制器	323
截止限制	323
飽和限制	323
多諧振動器波形分析	325
不穩多諧振動器	326
練習	327
單穩多諧振動器	328
R C 時間電路	328
萬用時間常數表	332
R 及 C 變化的影響	333
微分脈波產生器	337
綜結	337
練習	338
自我測驗及解答	339

## 第五課 振盪器及多諧振動

器故障排除	339
前言	339
追踪振盪器的動作	339
故障排除程序	341
振盪電路零件的檢查	342
反用換流器的了解	343
追踪反用換流器的動作	343
練習	344
反用換流器故障排除	345
檢查反用換流器電晶體	345
保護網路故障排除	347
反用換流器故障排除步驟綜結	347
不穩多諧振動器故障排除	347
單穩多諧振動器故障排除	348
雙穩多諧振動器故障排除	349
綜結	351
練習	352
自我測驗及解答	353
單元測驗	355

## 第五單元 邏輯電路

第一課 基本數位 I C	364
前言	364
數位邏輯	364
布氏代數	365
及邏輯作用	365
或邏輯作用	366
反邏輯作用	366
固態開關	367
固態開關	368
正及負邏輯	369

練習	371
邏輯符號的傳統	372
反及邏輯	372
邏輯電路組合	373
T T L 邏輯	374
I C 邏輯裝置	375
7400 系列 T T L 邏輯	376
綜結	377
練習	379
自我測驗及解答	382

## 第二課 邏輯的堆造方塊

順序邏輯	382
正反器	382
定時正反器	385
練習	386
時鐘電路	388
史密特觸發器	389
練習	391
分頻器	392
脈波計數器	392
數目系統	393
其他數目系統	394
綜結	396
練習	397
自我測驗及解答	398

## 第三課 中規模與大規模 I C

前言	400
SS1, MS1, 及 LS1 的定義	400
計數器	400
記錄器	404
練習	407
多工器	408
譯碼器 / 反多工器	409

算術電路.....	412	第五課 邏輯系統故障排除.....	435
L S I 記憶體.....	413	前言.....	435
綜結.....	415	一般故障排除的實施.....	435
練習.....	416	資料收集.....	435
自我測驗及解答.....	417	將故障隔離到一主要次系統.....	437
第四課 有功能的邏輯系統.....	419	練習.....	439
一般邏輯系統.....	419	找出故障處.....	441
邏輯次系統.....	419	解釋邏輯圖.....	442
ROM邏輯次系統.....	420	練習.....	445
微處理機.....	421	時間波形.....	446
練習.....	423	找出故障的零件.....	446
輸入/輸出(I/O)次系統.....	424	測試設備.....	446
多數元I/O裝置.....	426	綜結.....	448
練習.....	427	練習.....	449
資料規則.....	428	自我測驗及解答.....	450
資料顯示.....	428	單元測驗.....	452
資料傳送.....	430	指導人指南.....	460
綜結.....	431	.....	468
練習.....	432	中英文名詞對照索引.....	468
自我測驗及解答.....	433		

## 第一單元 半導體

# 第一課 半導體介紹

## 前言

電子學所討論的主要是資訊的傳送，資訊可經由電子而在人與人間，人與設備間或設備與設備間予以傳送。所有的資訊皆由所謂的信號來傳送，基本上，信號以頻率、電流、電壓或其他變數的形式而隨時在變化。電子信號用於工業以控制、測量及監視生產過程及設備。此種應用為本書的主題。本單元將詳述構成現代電子學的一些基本裝置。本課則泛論這些基本裝置中最簡單的一種—二極體。

## 電子管二極體

**1.01** 二極體是一種二電極的裝置它在某一方向的導電比另一方向的導電容易。在電子管二極體中，此二電極稱為陰極及陽極，而被密封在真空的玻璃或金屬中。因此電子管通稱真空管。

**1.02** 圖 1-1 示一電子管二極體的綫路符號。當陰極加熱時，接近其表面的電子即獲得足夠的能量而脫離。如陰極陽極間無電壓存在，則這些脫離的電子即在封蓋內雜散移動。

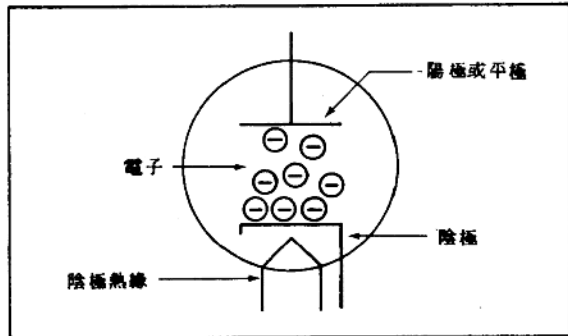


圖 1-1 電子管二極體圖

**1.03** 如接上電源使陽極電位比陰極正，則陽極將吸收陰極所釋放的電子，使電子由陰極流向陽極，再沿外電路流回陰極。此時電流即存在，此稱導電。

**10.4** 如所加電源極性相反，即陽極比陰極為負，雖然陰極乃繼續釋放電子，但較負的陽

極則排斥電子而無電流流動。

## 半導體二極體

**1.05** 一半導體的廣意定義由電阻為介於導體與絕緣體之間的材料所做成的一種電子導體。半導體二極體工作上與電子管二極體相同，但半導體二極體另有底下幾個特點：①比電子管有更長的工作及儲存壽命，②遠比電子管輕且小，③所產生的熱甚小，故不須複雜的冷卻系統，④較不易受振動的影響，⑤不需要如電子管的加熱，⑥功率通常比較低，⑦較易受溫度及放射線的影響。

## 半導體材料

**1.06** 矽為大部份半導體的構成材料，其最外層軌道上有四個電子，當矽原子結合成一晶體時，外層軌道即為相鄰的原子共用，如圖 1-2 示。

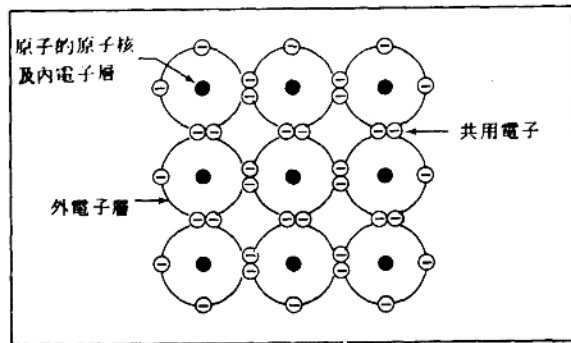


圖 1-2 矽晶體的原子結構

**1.07** 一矽晶體能否傳導電流全由晶體內自由電子的數目而定，此電子數與周圍溫度有關。在絕對溫度零度 ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) 時電子得不到熱能而完全不能移動，在此溫度，矽晶體即成為絕緣體。當溫度上昇時，一部份電子即吸收熱能而能移動，此種電子的移離使原子內留有電洞存在。在純矽晶導內，電洞的數目與自由電子的數目相等。帶有一個電洞的原子即帶有一單位的正電荷。由熱能所創造的電洞及自由電子叫電子—電洞偶對。

**1.08** 外界溫度愈高，即有更多的自由電子及電洞存在。電洞增加使電子能在原子間移動。因此，如晶導加以電壓，即有電流流動。在常溫時，此電流非常小，而晶體既不是好絕緣體也不是好導體。故稱之為半導體。

**1.09** 純鍺晶體在常溫也是半導體，但在外溫較高時，矽晶體的性能比鍺晶體好。故矽晶體取代了鍺而成為最廣泛的半導體材料。除非特別指明，本書所討論的都將是矽。

## 半導體的摻雜

1.10 不含任何雜質的半導體材料叫實質的半導體。純質半導體的特性可由加入受控制的特種雜質而有極大的改變。此種將雜質加入晶體的處理叫摻雜。

1.11 摻雜可使晶體的載流能力大增，例如晶體可被摻雜以增加大量的自由電子，此種晶體叫 n - 型半導體。如摻雜的結果是增加電洞的數目，則此種晶體叫 P - 型半導體。自由電子及電洞都是電流的載體。

1.12 n - 型半導體：為獲得額外的自由電子，加到純矽晶體內的材料通常為砷、銻、或磷。這些元素的外層軌道都有五個電子。如在矽成形時加入一點砷，一些砷原子將與矽原子共用電子如圖 1-3 所示。

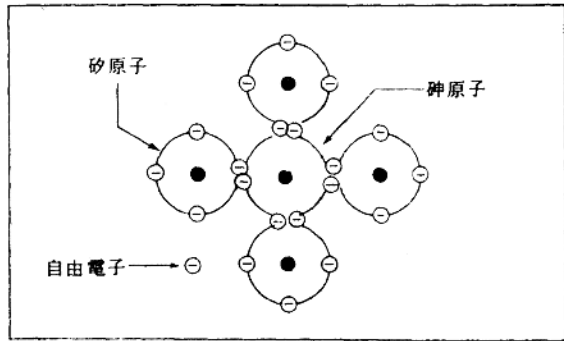


圖 1-3 n - 型摻雜

1.13 因外電子軌道層只能容納 8 個電子，因此砷原子外層第五個電子即無位置可佔而成爲自由電子。此種自由電子的數目可由加入的砷原子數目所控制。

1.14 在 n - 型半導體中還是有一些電洞存在，但其數目遠比自由電子少。因此自由電子稱爲電流主載體，而電洞則爲電流副載體。

1.15 P - 型半導體：為獲得更多的電洞，純矽晶體通常摻雜鋁、硼、或鎵。這些元素的外層軌道只有三個電子。如加入鋁到純矽晶體

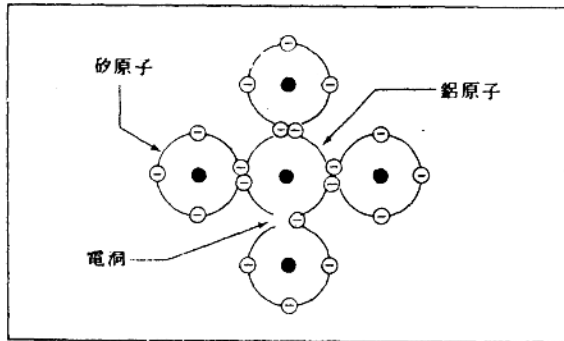


圖 1-4 P - 型摻雜

中，此兩種元素將共用 7 個電子，如圖 1-4 示。並無如 n - 型半導體般有額外自由電子產生，而是有一電洞存在以代替第八個電子。因而電洞的數目遠多於自由電子數，在此情形，電洞即爲主載體，而自由電子爲副載體。



**i.16** 雖然摻雜大大地增加了半導體的載流能力，但它乃有電阻。通常摻雜量愈多，則電阻即愈低。但此並非摻雜的主要理由。經由選擇並控制雜質的量及種類，摻雜可使半導體的電特性如我們所願。