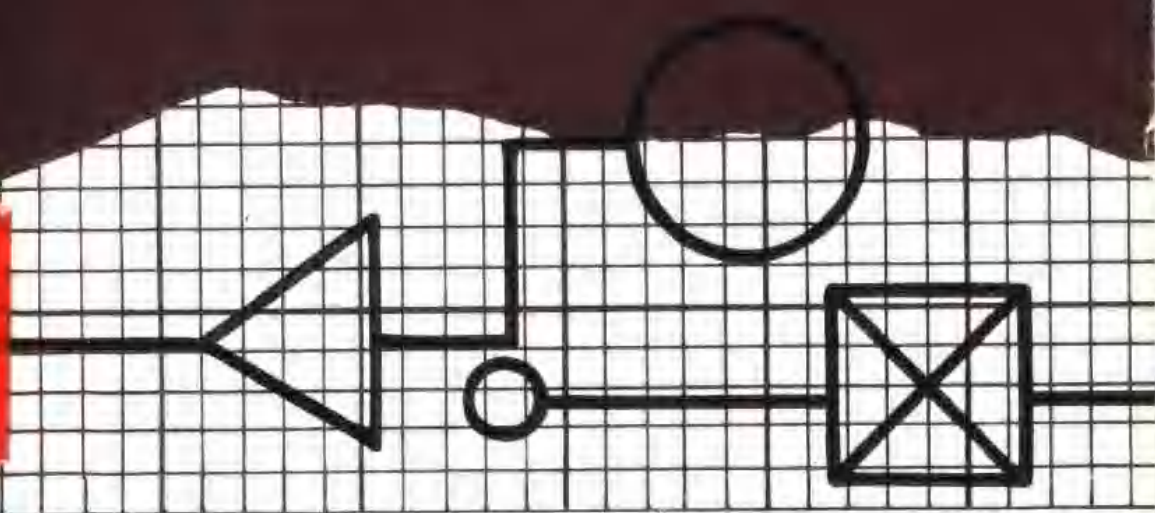


工業電子學

設計與應用

魏榮堂 校訂 歐文雄 編譯

INDUSTRIAL
ELECTRONICS
DESIGN & APPLICATION



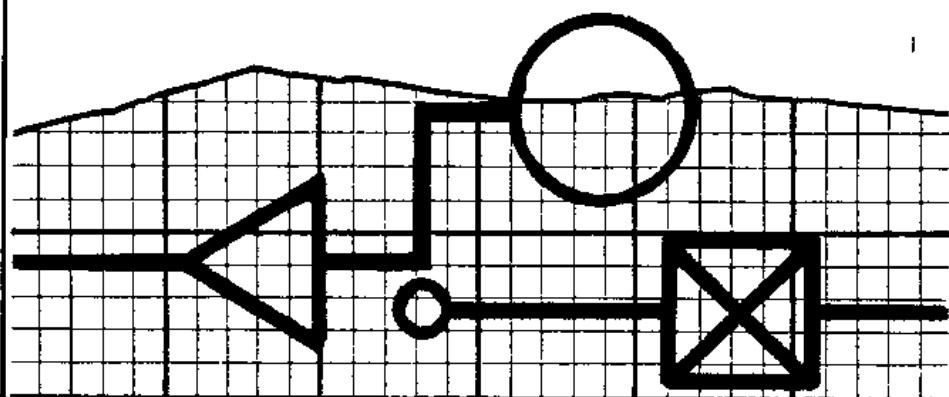
全華科技圖書公司印行

工業電子學

設計與應用

魏榮堂校訂 歐文雄 譯

**INDUSTRIAL
ELECTRONICS**
DESIGN & APPLICATION



全華科技圖書公司印行



全華圖書 版權所有 翻印必究

局版台業字第0223號 法律顧問：陳培豪律師

工業電子學設計與應用

魏榮堂 校訂

歐文雄 譯

出版者 全華科技圖書股份有限公司

台北市松江路76巷20-2號

電話 581-1300・564-1819

581-1362・581-1347

郵政帳號 100836

發行者 陳 本 源

印刷者 華一彩色印刷廠

定價 新臺幣 170 元

再版 中華民國73年5月

作者原序

本書是從設計的觀點說明工業上應用的電子裝置、電路、與系統。工業上所有重要的固態裝置都是用適當的實例而從設計的立場加以講解。

本書是作者在 Western Michigan University 講授工業電子時所撰寫，並試教過。所採用的原則，若能以設計的方法傳授，則學生更能夠徹底瞭解電子學。本書討論到類比與數位電子學，而且還附具了商用設備的電路圖。

本書的撰寫是假定讀者業已瞭解基本代數，並且對應用交流及直流負載線圖解半導體電路的方法亦已有若干認識。

第 1 章復習固態裝置的端點特性。第 2 章詳細說明半導體電路的設計。如果讀者認為本章的題材已經完全了解即可跳過。第 3 章討論若干工業用的繼電器。根據作者的經驗工業電子電路裏最令人困惑的零件是電容器，所以第 4 章就徹底研究電容電路。第 5 章說明全族的 PNP 轉換裝置。設計者最常要控制的參數為時間，因此第 6 章討論定時與延時電路。第 7 章詳細處理相移控制這個重要的課題。針對完全不認識數位電子學的讀者，在第 8 章說明數位電路的基本觀念。第 9 章研究數位順序控制的設計與應用。從繼電器梯階圖為出發點而討論到現代的程序控制器。第 10 章中溫習馬達的原理及其特性，通常電子學的讀本都不含有本章的題材，但是作者發現這是許多電子工程從事人員的弱點，所以加添本章。而第 10 章也包括不同種類馬達的電子控制。第 11 章解析電焊機，特別強調一些同時適用於其他電子系統的電焊機設計技巧。第 12 章詳細討論類比與數位控制直流電源的設計。針對不懂半導體物理的讀者，附錄 A 中對此有所簡介。

每章末的習題，讀者可以應用課文中的題材來解問題。

作者對下列提供本書題材與閱讀本書部分手稿的公司深致感激之意：

Bodine Electric Company ; Delco Electronics Division , General Motors Corporation ; Electronic Engineering ; Fairchild Corp. ; General Electric Company ; ITT Semiconductors ; Kepco Inc. ; Lambda Electronics Corp. ; Loyola Industries , Inc. ; McGraw-Hill Book Company ; Modicon Corporation ; Motorola Corporation ; Radio Corporation of America ; Reliance Electric Company ; Robotron Corporation ; Signetics Corporation ; Superior Electric Company ; 以及 Technical Publishing House . 特別要謝謝擔任大部份原稿打字工作的 Ruth Barrett 夫人。

1973 , 3 月

Charles A. Davis

譯 者 序

“工業電子學”是以討論工業用電子裝置的應用與系統的學科，由於工業技術發展的突飛猛進，促成了工業控制與應用的日新月異，目前坊間研討此種工業電子應用的專著似不多見，本書的主旨係以設計為着眼點，闡述工業電子控制的基本原理、應用、設計方法，及商用實際控制系統的分析，其主要內容，詳見於作者原序中，誠屬取材新穎，切合時代潮流的專著，宜於供作大專電子、電機系科工業電子學之教材，同時亦屬電子工程人員實際上之優良參考書。

本書係就 Charles A. Davis 原著 “Industrial Electronics: Design and Application 1974” 翻譯而成，原書中編印錯誤之處甚多，均經一一修正。

本書之譯成承魏主任榮堂費神校訂，關於專門術語之統一，復蒙林元三先生與陸大任先生的熱誠協助，謹此申謝。

譯述本書時原則上力求通順易懂，惟譯者學養不足，難免力有未逮之處，尚祈先進隨時賜予指正幸。

歐文雄 於台北工專

中華民國六十三年五月

目 次

第一章 半導體零件	1
1-1 簡 介.....	1
1-2 二極體 (Diodes)	1
1-3 雙極性接合電晶體.....	4
1-4 場效 (Field-effect) 電晶體	7
1-5 SCR 與 TRIAC.....	10
1-6 PNP 矽開關	14
1-7 單接合電晶體.....	16
1-8 摘 要.....	17
第二章 半導體電路的設計	19
2-1 簡 介.....	19
2-2 整流二極體電路.....	19
2-3 齊納二極體電路.....	29
2-4 電晶體交換電路.....	32
2-5 電晶體放大器.....	42
2-6 場效電晶體 (FET) 電路.....	54
2-7 摘 要.....	59
第三章 電晶體式的工業控制繼電器	65

3-1 簡 介.....	65
3-2 電晶體式的光電控制.....	66
3-3 LED光電控制	69
3-4 電阻靈敏繼電器.....	71
3-5 摘 要.....	74

第四章 無源時間延遲元件..... 77

4-1 簡 介.....	77
4-2 電容器的能量儲存.....	77
4-3 直流電路中的電容器.....	80
4-4 電容器作為電流及電壓電源.....	87
4-5 多迴路的直流電容電路.....	92
4-6 交流電路中的電容器.....	95
4-7 電感器的能量儲存.....	97
4-8 直流電路中的電感器.....	98
4-9 交流電路中的電感器.....	101
4-10 無源時間延遲元件的應用.....	103
4-11 摘 要.....	105

第五章 PNP控制電路.....111

5-1 簡 介.....	111
5-2 SCR電路	111
5-2.1 阻 斷.....	112
5-2.2 激 發.....	114
5-2.3 SCR的開啓 (Turn on)	117
5-2.4 導電中的SCR	120
5-2.5 SCR的關閉 (Turn off)	123

5-2.6 SCR的反向並聯工作	126
5-3 TRIAC 電路	127
5-3.1 阻 斷	128
5-3.2 激 發	129
5-3.3 導電中的 TRIAC	130
5-4 矽控開關元件 (SCS)	130
5-5 PUT (Programmable Unijunction Transistor)	135
5-6 蕭克雷二極體 (Shockley Diode)	137
5-7 SCR與 TRIAC 的激發電路	137
5-7.1 弛張振盪器	138
5-7.2 SCR與 TRIAC 激發電路中的 PNP 裝置	142
5-8 摘 要	143
第六章 定時與有源時間延遲器	149
6-1 簡 介	149
6-2 類比時間延遲器	149
6-2.1 交流時間延遲器	150
6-2.2 直流時間延遲器	153
6-3 定時源	155
6-3.1 史密特激發電路	155
6-3.2 小穩式多諧振盪器	159
6-3.3 振盪器	163
6-4 數位時間延遲器	166
6-4.1 分 類	167
6-4.2 數位計數器	168
6-5 時間延遲器與定時器的應用	171
6-5.1 60 秒之類比定時器	171

6-5.2 二進位焊接定時器	174
6-6 摘要	177

第七章 相移控制.....181

7-1 簡介	181
7-2 AC 相移電路	181
7-3 交流相移控制的設計	185
7-4 交流相移控制的應用	192
7-4.1 風箱馬達控制	192
7-4.2 熱元件的相位控制	194
7-5 數位相移控制	196
7-6 數位相移電路的設計	197
7-7 數位電壓控制的相移電路	203
7-7.1 直流電源供給部份	205
7-7.2 激發控制訊號	205
7-7.3 激發脈波產生器	207
7-7.4 同步激發脈波	208
7-7.5 SCR 功率控制器	209
7-8 摘要	212

第八章 數位控制的概念.....217

8-1 簡介	217
8-2 二進位數字系統	217
8-3 數位邏輯	219
8-4 電子邏輯閘	222
8-4.1 AND 閘	222

8-4.2	OR 閘	224
8-4.3	NOT 閘	225
8-4.4	NAND 閘與 NOR 閘	226
8-5	布林代數	228
8-6	電子邏輯裝置	232
8-6.1	正反器	233
8-6.2	計數器	236
8-6.3	解碼器	238
8-7	邏輯函數的執行	239
8-7.1	需求狀態的說明	240
8-7.2	輸入數與閘數的減少	242
8-7.3	電子邏輯閘的負載	243
8-8	摘 要	245
第九章 數位順序控制		249
9-1	簡 介	249
9-2	繼電器階梯圖	250
9-3	順序系統的設計	252
9-3.1	經驗法	253
9-3.2	順序表	256
9-4	同態邏輯於順序系統中的應用	259
9-4.1	General Electric 公司的電晶體式靜態控制	260
9-4.2	Digital Equipment 公司的 K 系統邏輯	266
9-5	程式控制器	267
9-5.1	Modicon 084 控制器	267
9-5.2	程式控制器的順序控制設計	272
9-5.3	084 控制器的動作程序	273

9-6 摘要	276
--------	-----

第十章 馬達的電子裝置 281

10-1 簡介	281
10-2 馬達及其特性	282
10-2.1 分相式感應馬達	282
10-2.2 電容式馬達	284
10-2.3 蔽極式馬達	284
10-2.4 通用馬達	285
10-2.5 多相感應馬達	285
10-2.6 同步馬達	286
10-2.7 串激式直流馬達	286
10-2.8 分激式直流馬達	287
10-2.9 數位步進馬達	288
10-3 中型馬力級交流馬達的控制	289
10-3.1 高轉矩馬達轉速控制	290
10-3.2 通用馬達的 TRIAC 控制電路	291
10-4 可調速的直流馬達控制	294
10-4.1 中型馬力級馬達的速度控制	296
10-4.2 三馬力的直流分激馬達控制	299
10-5 數位馬達的控制	304
10-6 電池操作的直流馬達控制	306
10-6.1 中型馬力級電池操作車輛的速度控制	308
10-6.2 大馬力級電池操作車輛的控制	309
10-7 摘要	311

第十一章 大電流的控制 313

11-1 簡 介	313
11-2 固態電阻焊接機	316
11-2.1 焊接程序	317
11-2.2 Robotron 固態電阻焊接機	317
11-2.3 起動電路	321
11-2.4 程序起動電路	322
11-2.5 加壓程序的定時	325
11-2.6 焊接程序的定時	327
11-2.7 保持程序的定時	327
11-2.8 斷路程序的定時	329
11-2.9 熱控制電路	330
11-2.10 點火焊接電流電路	333
11-3 SCR 接觸器	334
11-4 摘 要	336
第十二章 直流電源供給	339
12-1 簡 介	339
12-2 整流電路	339
12-2.1 單相半波整流	340
12-2.2 中間抽頭全波整流	343
12-2.3 單相橋式整流	344
12-2.4 三相半波整流	345
12-2.5 三相橋式整流	347
12-2.6 六相星形整流	349
12-2.7 整流電路的設計	350
12-3 濾波與電壓調整	351
12-3.1 濾 波	351

12-3.2 電源供給的電壓調整	353
12-4 大電流電壓調整直流電源供給器	355
12-5 直流電源供給器之數位控制	359
12-5.1 運算電源供給器	359
12-5.2 數位控制的電源供給系統	362
12-6 The Electronic Crowbar	366
12-7 摘要	366
附錄 A 基本半導體物理	371
A-1 物質的構造	371
A-1.1 原子模型	371
A-1.2 能帶	372
A-2 材料的電氣特性	374
A-2.1 導體、絕緣體、與半導體	374
A-2.2 本質矽	376
A-2.3 矽的摻雜	377
A-3 PN接面裝置	379
A-3.1 二極體接面	379
A-3.2 雙極性電晶體	381
A-3.3 場效電晶體	383
A-3.4 PNP裝置	385
附錄 B 半導體特性資料	388
附錄 C 自然對數表及常用積分公式	410
附錄 D NEMA-JIC 圖形符號	412
附錄 E 半導體裝置與符號	413

1

半導體零件 Semiconductor Devices

1-1 簡 介

我們從最常用於電路上的半導體零件開始來討論，以作為研究近代工業電子學的開始。或許讀者已經從所學的課程中，或是由自己所接觸到的裝置中認識了一些零件，但是本書將以端電壓及端電流來討論這些零件，在以後諸章中，讀者會發現這種方式，對於電路設計相當有用。

已經應市的半導體零件，其種類相當繁多，本章僅討論一些與工業電子學有關，且具代表性零件的特性。（一些常用的零件摘要列表於附錄E）

1-2 二極體（Diodes）

二極體是最簡單的半導體零件，它是一個具有陽極與陰極的二端子零件。為了適用於許多不同的應用環境，製造商也生產了許多不同特性的二極體。茲分述如下

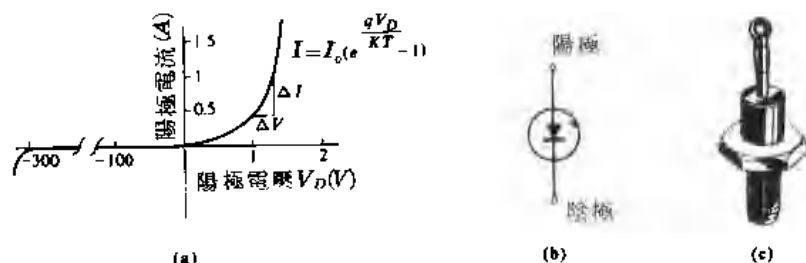


圖 1-1 (a)整流二極體的特性曲線 (c)典型的二極體外型
(b)電路符號

整流二極體 (Rectifier Diodes)

圖 1-1 所示為典型的整流二極體特性曲線。當陽極電壓較陰極為正時，電流自陽極流向陰極，此時二極體兩端的電壓降小於 1 V。如果於陽極施加較陰極負 50 V，或更多的電壓，仍不會產生足可量度的電流量。

齊納 (Zener) 二極體

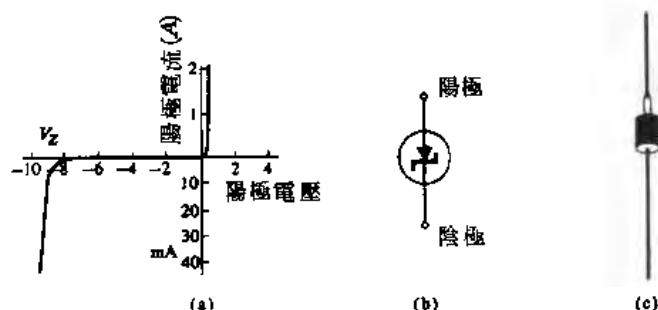


圖 1-2 (a)齊納二極體的特性曲線 (c)典型的齊納二極體
(b)電路符號

當陽極電壓較陰極為正時，齊納二極體的特性與整流二極體相似。倘若，陽極電壓較陰極為負時，除非陽極電壓達到某一特定電壓值 (Preset Value)，否則就無電流產生。在這特定電壓值時，陽極電流迅速地增加；電壓且維持固定不變，如圖 1-2 所示。這特定電壓稱為齊納電壓，其數值依二極體所用的材料而定。

閘流二極體 (Thyrector Diodes)

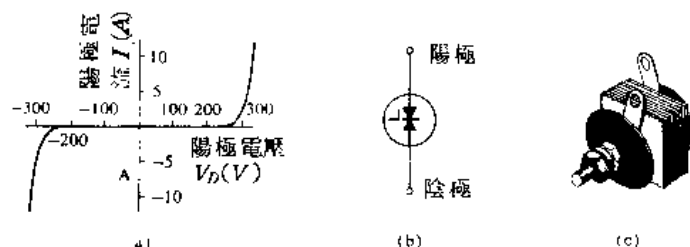


圖 1-3 (a)閘流二極體的特性曲線

(b)電路符號

(c)典型的閘流二極體

當閘流二極體的陽極電壓較陰極為負時，它的特性與齊納二極體相似。當陽極電壓較陰極為正時的特性，又與陽極電壓較負時相同。換言之，閘流二極體的動作就如同將陰極相接的二個串聯齊納二極體，不論其電壓極性如何，若未到達其特定電壓值，是不會有電流通過二極體的，如圖 1-3 所示。

雙向激發二極體 (DIAC)

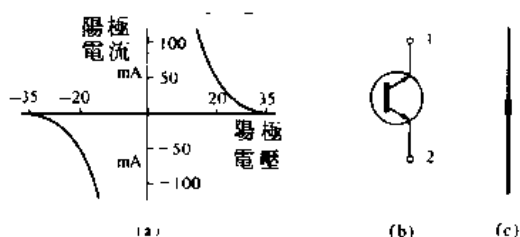


圖 1-4 (a)DIAC 的特性曲線 (c)典型的 DIAC

(b)電路符號

DIAC 的特性與 Thyrector Diode 相同，其兩者間主要的差異是：當 DIAC 兩端電壓達到特定電壓值時，二極體導電，但其端壓只降至 10 V 左右。DIAC 的特性如圖 1-4 所示。

蕭克雷 (Shockley) 二極體

蕭克雷二極體係一四層的 PNP 零件。它具有二個穩定的動作狀態：