

數位邏輯設計

原理與應用

第八版

Digital Electronics: Principles & Applications, 8e

Roger L. Tokheim 著

林熊徵 審閱 謝韶徽、洪玉城、游信強 譯

Mc
Graw
Hill
Education

美商麥格羅·希爾

電子 / 電機工程 系列叢書



東華書局

數位邏輯設計 原理與應用

第八版

Digital Electronics: Principles and Applications
Eighth Edition

Roger Tokheim

著

林熊徵

審閱

謝韶徽 洪玉城 游信強

譯

**Mc
Graw
Hill**
Education

數位邏輯設計：原理與應用 / Roger Tokheim 著；林熊徵等譯。

-- 三版. -- 臺北市：麥格羅希爾，2014.05

面；公分. -- (電子/電機工程叢書；EE032)

譯自：Digital electronics : principles and applications, 8th ed.

ISBN 978-986-341-087-4(平裝)

1.積體電路

448.62

103005839

電子／電機工程叢書 EE032

數位邏輯設計：原理與應用 第八版

作 者 Roger Tokheim

審 閱 者 林熊徵

譯 者 謝韶徽 洪玉城 游信強

教科書編輯 胡天慈

特 約 編 輯 張文惠

企 劃 編 輯 陳佩狄

業 務 行 銷 李本鈞 陳佩狄

業 務 副 理 黃永傑

出 版 者 美商麥格羅·希爾國際股份有限公司台灣分公司

地 址 台北市 10044 中正區博愛路 53 號 7 樓

網 址 <http://www.mcgraw-hill.com.tw>

讀 者 服 務 E-mail: tw_edu_service@mheducation.com

TEL: (02) 2383-6000 FAX: (02) 2388-8822

法 律 顧 問 惇安法律事務所盧偉銘律師、蔡嘉政律師

總經銷(台灣) 臺灣東華書局股份有限公司

地 址 台北市 10045 重慶南路一段 147 號 3 樓

TEL: (02) 2311-4027 FAX: (02) 2311-6615

郵撥帳號：00064813

網 址 <http://www.tunghua.com.tw>

門 市 一 台北市 10045 重慶南路一段 77 號 1 樓 TEL: (02) 2371-9311

門 市 二 台北市 10045 重慶南路一段 147 號 1 樓 TEL: (02) 2382-1762

出 版 日 期 2014 年 5 月 (三版一刷)

Traditional Chinese Adaptation Copyright © 2014 by McGraw-Hill International Enterprises, LLC., Taiwan Branch

Original title: Digital Electronics: Principles and Applications, 8e ISBN: 978-0-07-337377-5

Original title copyright © 2014 by McGraw-Hill Education

All rights reserved.

ISBN：978-986-341-087-4

※著作權所有，侵害必究。如有缺頁破損、裝訂錯誤，請寄回退換

審閱序

尊重智慧財產權！

本著作受銷售地著作權法令暨
國際著作權公約之保護，如有
非法重製行為，將依法追究一
切相關法律責任。



審閱序

本書譯自原文書 *Digital Electronics* 第八版，作者是 Roger L. Tokheim 教授。內容淺顯易懂，編排兼具邏輯性與嚴謹的架構，是一本相當優質的國際版教科書。此書提供了數位邏輯基礎性的知識，輔以圖表、自我測驗等內容，可完全掌握學習重點。本書的特點包括：簡易的學習目標、豐富的圖片說明、自我測驗、章節回顧問題、有關電子學的專欄短文等。對於此一領域剛入門的學生而言，這是一本相當易於閱讀的教材。最重要的是，本書提供了所需的基本知識與技能，但研讀前最好具備一般數學與基本電學或電子學的相關知識。如此一來，在學習上必能駕輕就熟。

書中對於二進制數學、布林代數觀念、簡易的程式設計及各類型數字編碼均有所涉獵，所有觀念也都會連結到目前最新工業界實務的應用，已廣泛用於如電子技術、電子商務與職業訓練、電腦修護、通訊電子、電腦科學等範疇。因此，本書非常適合作為電機、電子、自動化、控制與資訊等相關領域的教材，或者亦可作為學生、工程師自修參考之用。內容主要涵蓋第 1 章數位電子學的概念與基礎，論及有關數位訊號與數位電路觀念的建立。第 2 章介紹數值系統，例如十進制、二進制、十六進制、八進制數字等的轉換與計算。第 3 章是各種邏輯閘如 AND 閘、OR 閘、TTL 邏輯閘、CMOS 邏輯閘等說明以及應用。第 4 章是有關組合邏輯電路設計與如何利用布林代數或卡諾圖等工具進行電路簡化的動作。第 5 章是介紹 IC 規格與簡單的介面電路，如邏輯準位與雜訊邊限，TTL 與 CMOS 連結類比電路之介面等。第 6 章內容為編碼、解碼以及各種顯示器的介紹。第 7 章講解各類型正反器及其應用，如 RS 正反器、D 型正反器、JK 正反器等。第 8 章主要是計數器的設計與應用，如漣波計數器、同步計數器等。第 9 章說明什麼是移位暫存器，以及如何使用等內容。第 10 章講解如何利用邏輯電路實現算術運算的電路，例如加、減、乘法等運算。第 11 章包含各類型記憶體的介绍，像是隨機存取記憶體、唯讀記憶體、非揮發性讀／寫記憶體等。最後，第 12 章是談論有關數位電路與類比裝置之連結，亦包括數種實用電路的介紹。

譯者任教於技專校院多年，有感於國內學子普遍對於專業英文書的閱讀心有餘而力不足，因而造成學習上的困難，殊屬可惜。因此，決定協力共同完成本書之翻譯，希望能有助於莘莘學子排除語文上的障礙，一窺國際級教科書的內涵，進而在數位邏輯的學習上有所斬獲。本書之如期翻譯完成，要特別感謝美商麥格羅·希爾國際股份有限公司台灣分公司的協助，在此表達誠摯感激之意。

林熊徵

前言

《數位邏輯設計：原理與應用》（第八版）對於剛接觸此一領域的學生是一本相當易於閱讀的教材，提供廣泛入門的知識與技能是本書的主要目標。學習本書必須具備一般數學與基本電學／電子學相關知識，書中對於二進制數學、布林代數觀念、簡易的程式設計及各類型編碼均有所涉獵。所有觀念也都會連結到目前最新工業界實務的應用，本書先前的版本已廣為用於各種範疇，例如電子技術、電子商務與職業訓練、電腦維護、通訊電子、電腦科學等，此精簡版亦可以用於數位電子學快速瀏覽與複習之用。

本版更新之處

第 1 章

- 數位的應用，包括汽車油箱指示計、車輛速度感測器以及引擎控制模組。
- 新的章節介紹數位電路之應用。
- 有關邏輯探棒用於故障排除的資訊。
- 更新儀器單元的內容。

第 2 章

- 小部分章節內容介紹有關編碼器與解碼器的應用。

第 3 章

- 最新實用晶片的資訊，包括低電壓 IC。
- 延伸大部分自我測驗的題目。

第 4 章

- 延伸部分自我測驗的題目。
- 更新資料選擇器的內容。

第 5 章

- 低電壓 IC 的資訊。
- 增加有關介面應用的作業。

第 6 章

- 格雷碼最新的應用，包括轉軸編碼器，以及最新光學編碼器的資訊。
- 最新顯示器技術的資訊。

第 7 章

- R-S 門鎖的應用。
- 具有鎖住功能的編碼器—解碼器系統最新詳細的應用。

第 8 章

- 延伸自我測驗的題目。

第 10 章

- 延伸數個自我測驗的內容。

第 11 章

- 更新記憶體章節的內容。
- 更新揮發性讀／寫記憶體章節的內容。
- 更新記憶體包裝的章節。
- 延伸大量儲存章節的內容，包括 USB 快閃驅動器的相關資訊。
- 網際網路研究的主題。

第 12 章

- 延伸數個自我測驗的內容。

額外的學習資源

本書之英文版實驗手冊，提供了綜合的測驗，各種動手做的練習與實驗，以及每一章均提供更多的題目。

英文版線上學習中心：網址為 www.mhhe.com/tokheim8e，其包括教學軟體 Multisim 檔案，第 8 版關鍵電路，以及 Multisim Primer（Gateway Technical College 的 Patrick Hoppe 所撰寫），此站提供了初學者教學軟體，但 Multisim 程式並沒有放在網站上，但最新的第 12 版，可以用優惠的價格透過麥格羅·希爾國際股份有限公司購買。請至 www.mhhe.com/tokheim8e 瀏覽，或者向麥格羅·希爾國際股份有限公司各地代理商洽詢。

英文版線上學習中心同時亦提供了各章節的學習資源，其可連結至業界相關網站，另有作業與測驗等內容，教師則可進入教師專欄的部分，尋找相關的資訊，包括：

- 教師使用手冊，內容有實驗所需的儀器，各章節學習目標，問題解答等。
- 各章節教學簡報檔，以及麵包板接線、焊接、電路中斷與儀表使用等。
- 豐富的題庫。

安全規範

電機與電子的電路有可能極為危險。因此，實踐安全的守則是防範觸電、起火、爆炸、毀損、受傷等的不二法門。

最大的危險可能是觸電。通過身體的電流只要超過 10 毫安培，便能使人全身癱瘓，甚至無法將導電物品放手。事實上，10 毫安培是非常小的電流量，僅是 1 安培的千分之一，一般手電筒就足以提供超過 100 倍的電流量！

手電筒及其電池在使用上是安全的，因為人體皮膚的電阻足以使得通過的電流相當小。例如，接觸到一般 1.5 V 的電池僅能產生微安培（百萬分之一安培）左右的電流，此電流量已小到可以忽略。

但是在另一方面，高電壓能夠產生足夠的電流通過皮膚，而造成電擊。假如電流接近或者超過 100 毫安培，便足以讓人致命。因此，電擊的危險性會隨著電壓的升高而增加。在高壓環境下工作的人，均必須接受正確的訓練與具有安全的配備。

當人的皮膚微濕或者有傷口時，其電阻值便會大幅下降。當此現象發生時，縱使是一般的電壓大小也可能會造成嚴重的電擊。有經驗的技術人員都知道這種情形，當然他們也了解低電壓儀器中有可能幾處會有高電壓；換句話說，他們不會用兩種方法分別去操作高電壓或低電壓電路，而是隨時遵守安全的規定。當然，他們更不會假設操作的儀器是絕對安全的。縱使開關轉在 OFF 的地方，也不會假設電源是在關閉的狀態，因為，開關有可能會故障。

即使是低電壓高電流容量的系統（如自動化電機系統）也可能十分危險。短路的現象，像是系統接觸到項鍊或金屬之類的東西均可能造成非常嚴重的起火，特別是這些項鍊或金屬焊接到造成短路的接點。

隨著知識與經驗的累積，你會學習到許多詳細的用電安全程序，例如：

1. 依標準程序作業。
2. 儘可能經常使用服務手冊，因為其中包含許多詳細的安全訊息，必須仔細閱讀且遵守規定。
3. 在動作前需要仔細觀察與研究相關程序。
4. 若有任何疑問時，不要動作，詢問一下你的指導教師。

電機與電子一般安全規則

安全的操作方式可以保護你及你的同事免於受傷，記得研讀下列的規則，也可以和其他人一起討論。若有任何疑問，必須請教你的老師。

1. 當感覺疲憊或服用讓人昏睡的藥物時，千萬不可工作。
2. 不要在昏暗的燈光下工作。
3. 不要在潮濕的環境下工作，或者穿著潮濕的鞋子或衣服工作。
4. 使用經過認證的工具、儀器以及安全的設備。
5. 避免穿戴戒指、手鐲或者類似的金屬物品從事與電路接觸的工作。
6. 從不假設電路是處於關閉的狀態，務必再次確認使用的儀器是在正常動作的情形。
7. 在某些場合，若同時需要兩人一起工作時，要確保一位技術人員在工作時，電源絕對不會開啟。
8. 萬萬不可自行強制操作自動的安全裝置，例如互鎖開關或斷電器等。
9. 保持工具與儀器在清潔乾淨以及良好的狀態。若絕緣探針與導線有變形的情形，必須進行更換。
10. 有一些元件（例如電容等）可能存有致命的電荷量。它們儲存的電荷可持續一段很長的時間，在使用這些元件之前，必須先行放電以策安全。
11. 勿移除接地線，且特別注意應使用適當的轉接頭，以解決儀器接地的問題。
12. 僅有經過認證的滅火器可以使用於在電子儀器上。勿用水滅火，因為水是良導體，可能會毀損設備。二氧化碳或是鹵化型態的滅火器是較佳的選擇，泡沫滅火器在某些場合也相當好用。一些商業型的滅火器也有一定的效能，但需要慎選適當的類型。
13. 溶劑或其他化學藥劑用法需要依循指示。由於這些東西可能具有腐蝕性、易燃性，會損壞塑膠類的材質，因此，必須非常小心地閱讀及遵守相關的安全規定。
14. 有一些使用在設備中的材料是具有腐蝕性的，例如鉭電容器或鉍氧化物電晶體等元件。這些設備不可壓碎或磨損，接觸之後應該洗手。其他的熱縮管材料過熱時可能會冒煙，因此，必須非常小心地閱讀及遵守相關的安全規定。
15. 有些電路元件會影響到儀器及系統的安全，因此，必須選用正確的元件規格。
16. 當操作高真空設備時，例如影像管、陰極射線管等，必須穿戴具防護性衣著及安全眼鏡。
17. 在未清楚安全操作程序之前，不可操作儀器設備。
18. 許多的意外產生是導因於急躁、抄捷徑，因此，寧可多花一點時間以保護自身與他人的安全。在實驗室中，絕對嚴禁跑跳、喧嘩、嬉戲等行為。
19. 不可直接正視發光二極體或光纖電纜；一些光源縱使是不可見的，也有可能對眼睛造成傷害。

電路及儀器設備均必須小心地使用，學習正確的安全操作方法是不可忽視的一環。一定要隨時遵循安全規範：你的健康和生命都仰賴著它。

目次

CHAPTER 1

數位電子學

- 1-1 何謂數位訊號？
自我測驗
- 1-2 為什麼需要使用數位電路呢？
應用：汽車的油表指示計
數位電路：優點與限制
自我測驗
- 1-3 數位電路用在哪些地方呢？
自我測驗
- 1-4 如何產生數位訊號？
產生數位訊號
多諧振盪器電路
多諧振盪器之接線
彈跳消除開關的接線
單擊多諧振盪器之接線
數位電路實驗器
自我測驗
- 1-5 如何測試一個數位訊號？
自我測驗
- 1-6 簡易型儀器
函數產生器
邏輯探棒
示波器
自我測驗

第 1 章 總結與回顧

- 總 結
- 章節回顧問題
- 關鍵性思考問題

CHAPTER 2

1 數位電子之數字系統 27

- 2 2-1 十進位與二進位的計數 27
自我測驗 28
- 4 2-2 位值 28
自我測驗 29
- 7 2-3 二進位至十進位轉換 29
自我測驗 30
- 8 2-4 十進位至二進位轉換 31
自我測驗 31
- 9 2-5 電子編譯器 31
通用的定義 32
應用：編碼器與解碼器 33
自我測驗 33
- 12 2-6 十六進位數 35
自我測驗 36
- 13 2-7 八進位數 36
自我測驗 38
- 16 2-8 位元、位元組、半字節與字元 38
自我測驗 39

20 第 2 章 總結與回顧 39

- 總 結 39
- 章節回顧問題 40
- 關鍵性思考問題 41

CHAPTER 3

邏輯閘 43

- 3-1 AND 閘 43
總結 45
自我測驗 45
- 3-2 OR 閘 46
自我測驗 47

3-3	反相器與緩衝器	47	程式化其他邏輯函數	80
	自我測驗	49	自我測驗	81
3-4	NAND 閘	49	第 3 章 總結與回顧	81
	自我測驗	50	總 結	81
3-5	NOR 閘	51	章節回顧問題	83
	自我測驗	52	關鍵性思考問題	85
3-6	互斥 OR 閘	52	CHAPTER 4	
	自我測驗	53	組合邏輯閘	89
3-7	互斥 NOR 閘	54	4-1 從布林式建構電路	90
	自我測驗	55	自我測驗	91
3-8	NAND 閘作為通用閘	55	4-2 從最大項布林式畫出電路	91
	自我測驗	56	自我測驗	92
3-9	有兩個以上輸入端的邏輯閘	57	4-3 真值表與布林式	92
	自我測驗	58	真值表到布林式	92
3-10	使用反相器作邏輯閘轉換	59	布林式到真值表	92
	自我測驗	61	電路模擬轉換	93
3-11	實用 TTL 邏輯閘	61	自我測驗	94
	IC 封裝	62	4-4 範例問題	95
	IC 接線	62	自我測驗	97
	IC 元件編號	63	4-5 布林式化簡	97
	自我測驗	65	自我測驗	98
3-12	實用 CMOS 邏輯閘	65	4-6 卡諾圖	98
	IC 封裝	65	自我測驗	99
	IC 接線	66	4-7 三變數卡諾圖	100
	CMOS 子家族	66	自我測驗	101
	較低電壓 IC	67	4-8 四變數卡諾圖	101
	自我測驗	69	自我測驗	101
3-13	簡易邏輯閘電路維修	69	4-9 更多的卡諾圖	102
	總結	71	自我測驗	103
	自我測驗	71	4-10 五變數卡諾圖	104
3-14	IEEE 邏輯符號	71	自我測驗	105
	自我測驗	72	4-11 使用 NAND 邏輯	105
3-15	簡易邏輯閘之應用	73	自我測驗	106
	自我測驗	76	4-12 電腦模擬：邏輯轉換器	106
3-16	邏輯函數使用軟體	77	自我測驗	110
	PBASIC 程式：兩輸入 AND 函數	77		

4-13 解決邏輯問題：資料選擇器	111	功率消耗	143
解決邏輯問題	111	自我測驗	144
總結	112	5-3 MOS IC 與 CMOS IC	144
自我測驗	113	MOS IC	144
4-14 可程式邏輯元件	114	CMOS IC	145
PLD 的優點	115	自我測驗	146
程式化 PLD	115	5-4 使用開關作 TTL 與 CMOS 介面	147
PLD 內部是什麼？	116	開關彈跳消除	147
實用的 PLD	120	自我測驗	150
自我測驗	122	5-5 LED 與 TTL 及 CMOS 的介面	151
4-15 使用迪摩根定理	123	CMOS 對 LED 介面	151
布林式：鍵盤版本	123	TTL 對 LED 介面	151
最小項至最大項或最大項至最小項	123	電流源與電流導入	152
總結	125	改良的 LED 輸出指示燈	153
自我測驗	125	自我測驗	154
4-16 使用 BASIC Stamp 模組以解決邏輯問題	125	5-6 TTL 與 CMOS IC 之介面	155
PBASIC 程式：三輸入三輸出邏輯問題	127	自我測驗	158
自我測驗	129	5-7 警報器、繼電器、馬達與線圈之介面	158
第 4 章 總結與回顧	130	蜂鳴器介面	158
總結	130	繼電器介面	159
章節回顧問題	131	自我測驗	160
關鍵性思考問題	134	5-8 光隔離器	161
CHAPTER 5 IC 規格與簡單介面	135	自我測驗	164
5-1 邏輯準位與雜訊容限	135	5-9 伺服馬達與步進馬達介面	164
邏輯準位：TTL	136	伺服馬達	165
邏輯準位：CMOS	136	步進馬達	167
邏輯準位：低電壓 CMOS	138	步進馬達控制順序	168
雜訊容限	138	步進馬達介面	169
自我測驗	140	總結	172
5-2 其他數位 IC 規格	140	自我測驗	172
驅動能力	140	5-10 使用霍爾效應感測器	172
傳遞延遲	142	基本霍爾效應感測器	173
		霍爾效應開關	174
		齒輪牙感測	177

自我測驗	177	驅動 LCD	209
5-11 簡易邏輯電路維修	179	商業用 LCD	210
自我測驗	180	彩色 LCD	210
5-12 伺服馬達介面	181	自我測驗	212
PBASIC 程式—Servo Test 1	182	6-10 使用 CMOS 驅動 LCD 顯示器	213
自我測驗	183	自我測驗	216
第 5 章 總結與回顧	183	6-11 真空螢光顯示器	216
總 結	183	自我測驗	219
章節回顧問題	184	6-12 驅動 VF 顯示器	219
關鍵性思考問題	188	自我測驗	221
CHAPTER 6		6-13 維修解碼電路	222
編碼、解碼與七段顯示器	191	範例電路 1	222
6-1 8421 BCD 碼	192	範例電路 2	222
自我測驗	193	自我測驗	223
6-2 超 3 碼	193	第 6 章 總結與回顧	223
自我測驗	193	總 結	223
6-3 格雷碼	194	章節回顧問題	224
轉軸編碼器	194	關鍵性思考問題	227
正交編碼器	195	CHAPTER 7	
自我測驗	196	正反器	229
6-4 ASCII 碼	197	7-1 RS 正反器	229
自我測驗	197	自我測驗	232
6-5 編碼器	197	7-2 時序式 RS 正反器	232
自我測驗	200	自我測驗	234
6-6 七段 LED 顯示器	200	7-3 D 型正反器	234
顯示技術	200	自我測驗	236
發光二極體	201	7-4 JK 正反器	236
七段 LED 顯示器	202	自我測驗	240
自我測驗	202	7-5 積體電路閘鎖	240
6-7 解碼器	202	自我測驗	242
自我測驗	204	7-6 觸發正反器	242
6-8 BCD 對七段解碼器／驅動器	204	自我測驗	244
自我測驗	207	7-7 史密特觸發器	244
6-9 液晶顯示器	208	自我測驗	246
單色 LCD	208		

7-8	IEEE 邏輯符號	246	應用	278
	自我測驗	247	自我測驗	278
7-9	應用：門鎖編碼器—解碼器系統	247	8-10 計數工作事件	280
	自我測驗	250	自我測驗	283
第 7 章	總結與回顧	250	8-11 電子遊戲所使用的 CMOS 計數器	283
	總 結	250	自我測驗	284
	章節回顧問題	251	8-12 使用計數器——實驗性轉速計	287
	關鍵性思考問題	253	自我測驗	291
CHAPTER 8			8-13 計數器的故障檢修	291
計數器	255		自我測驗	293
8-1	漣波計數器	256	第 8 章 總結與回顧	293
	自我測驗	257	總 結	293
8-2	模數 10 漣波計數器	258	章節回顧問題	294
	自我測驗	258	關鍵性思考問題	298
8-3	同步計數器	259	CHAPTER 9	
	自我測驗	261	移位暫存器	299
8-4	下數計數器	262	9-1 串列載入移位暫存器	301
	自我測驗	263	自我測驗	302
8-5	自我停止的計數器	263	9-2 並列載入移位暫存器	303
	自我測驗	264	自我測驗	305
8-6	使用計數器作為除頻器	264	9-3 通用移位暫存器	305
	自我測驗	266	自我測驗	307
8-7	TTL 積體電路計數器	266	9-4 使用 74194 積體電路移位暫存器	307
	7493 TTL 四位元計數器	266	自我測驗	310
	74192 上數／下數十進位計數器	268	9-5 8 位元 CMOS 移位暫存器	310
	應用	268	自我測驗	312
	自我測驗	271	9-6 使用移位暫存器——數位輪盤	313
8-8	CMOS 積體電路計數器	271	自我測驗	318
	74HC393 四位元二進位計數器	271	9-7 簡單移位暫存器的故障排除	318
	74HC193 四位元二進位上數／下數計數器	272	自我測驗	320
	應用	274	第 9 章 總結與回顧	320
	自我測驗	275		
8-9	三位數 BCD 計數器	276		

總 結	320
章節回顧問題	320
關鍵性思考問題	322

CHAPTER 10 算術電路 325

10-1 二進位加法	326
自我測驗	327
10-2 半加器	327
自我測驗	328
10-3 全加器	328
自我測驗	329
10-4 三位元加法器	330
自我測驗	331
10-5 二進位減法	331
自我測驗	332
10-6 並列減法器	334
自我測驗	335
10-7 積體電路加法器	335
自我測驗	338
10-8 二進位乘法	338
自我測驗	340
10-9 二進位乘法器	340
自我測驗	343
10-10 2 的補數表示法、加法與減法	343
4 位元 2 的補數	343
2 的補數加法	344
2 的補數減法	345
8 位元 2 的補數	345
自我測驗	348
10-11 2 的補數加法器／減法器	348
自我測驗	349
10-12 全加器的故障檢修	350
自我測驗	351
第 10 章 總結與回顧	352

總 結	352
章節回顧問題	352
關鍵性思考問題	353

CHAPTER 11 記憶體 355

11-1 記憶體概述	356
電腦中的記憶體裝置	356
磁式儲存	356
光學式儲存	357
半導體式儲存	358
半導體儲存單元	358
自我測驗	359
11-2 隨機存取記憶體	360
自我測驗	361
11-3 靜態隨機存取記憶體積體電路	362
自我測驗	364
11-4 SRAM 的使用	366
自我測驗	367
11-5 唯讀記憶體	367
自我測驗	370
11-6 運用 ROM	371
自我測驗	373
11-7 可程式唯讀記憶體	373
自我測驗	377
11-8 非揮發性讀／寫記憶體	377
備用電池式靜態隨機存取記憶體	378
非揮發性靜態隨機存取記憶體	378
快閃記憶體	378
鐵電隨機存取記憶體	379
磁阻式隨機存取記憶體	381
自我測驗	381
11-9 記憶體封裝技術	381
自我測驗	384
11-10 電腦大容量記憶體裝置	385

機械式裝置	385	12-8 其他 A/D 轉換器	415
磁式裝置	385	自我測驗	419
硬式磁碟	386	12-9 A/D 轉換器規格	419
軟式磁碟	387	輸出型態	419
光碟	387	解析度	419
通用序列匯流排快閃記憶體	390	精確性	420
存取時間	391	轉換時間	420
自我測驗	391	其他規格	420
11-11 數位式電位計：使用非揮發性記憶體	393	自我測驗	420
自我測驗	395	12-10 A/D 轉換器積體電路	421
第 11 章 總結與回顧	396	自我測驗	423
總 結	396	12-11 數位測光表	423
章節回顧問題	397	自我測驗	426
關鍵性思考問題	399	12-12 溫度數位化	426
		自我測驗	428
CHAPTER 12		第 12 章 總結與回顧	428
與類比元件連接	401	總 結	428
12-1 D/A 轉換	402	章節回顧問題	429
自我測驗	403	關鍵性思考問題	430
12-2 運算放大器	403	自我測驗解答	433
自我測驗	405		
12-3 基本 D/A 轉換器	405	附錄 A	
自我測驗	406	焊接與焊接程序	447
12-4 階梯式 D/A 轉換器	407		
自我測驗	408	附錄 B	
12-5 A/D 轉換器	408	2 的補數轉換	453
自我測驗	411		
12-6 電壓比較器	411	專有名詞與符號	455
自我測驗	411		
12-7 基本數位電壓表	412	英中索引	469
自我測驗	415		

CHAPTER 1

數位電子學

學習目標 本章將幫助你：

- 1-1 判別數種數位電路與線性（類比）電路之特性差異，且能夠區分數位與類比訊號，以及判別數位訊號波形中高電位與低電位的部分。
- 1-2 分辨一些應用電路訊號的種類（類比或數位）。分析數種液位量測電路的運作，解釋為何需要將類比輸入（電流與電壓）從感測器轉換成數位訊號的型態以供使用。
- 1-3 列出數種含有數位電路之通用性電子齒輪的部分。討論電腦與電子技術人員之需求，以及確認一些技術訓練的機會。
- 1-4 列出三種類型之多諧振盪器電路，以及描述它們如何產生數位訊號。分析數種多諧振盪器以及開關彈跳消除之電路。
- 1-5 分析數種邏輯指示計電路，詮釋在邏輯電路測試當中的探棒讀數。在 TTL 與 CMOS 邏輯數位電路中，了解高電位、低電位以及未定義之邏輯準位的區間。
- 1-6 說明數種實驗設備的使用方法。

工程師通常會把電子電路依其本質分類成類比電路或是數位電路。以往大多數的電子產品屬於類比電路，然而，最新設計的電子產品均會包含數位電路。本章將帶領你進入數位電子的世界。

要根據何種線索來確認電子產品包含數位電路 (digital circuitry) 呢？以下為判斷準則：

- 1. 有字母、數字、圖形或是影像的顯示嗎？
- 2. 它有記憶體或者可以儲存資料嗎？
- 3. 此儀器可以程式化操作嗎？
- 4. 可以連上網路嗎？

假如以上的任何一個答案為是的話，則此類產品應該含有數位電路。

數位電路之所以能夠快速普及化的原因，主要有以下幾個優點：

- 1. 一般而言，使用現代積體電路較容易設計數位電路。
- 2. 資料的儲存使用數位訊號較為方便。
- 3. 儀器設備使用數位訊號較易於可程式化。
- 4. 準確度與精密度較可能提高。