

科學圖書大庫

數字電子學原理與應用

譯者 蔡海翔

徐氏基金會出版

世界圖書出版公司

學圖書大庫

# 數字電子學原理與應用

譯者 蔡海翔

徐氏基金會出版  
世界圖書出版公司

**数字电子学原理与应用**  
蔡海翔译

徐氏基金会 出版  
世界图书出版公司  
北京朝内大街137号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1989年12月第一版 开本：850×1168 1/32  
1989年12月第一次印刷 印张：23.25

ISBN 7-5062-0485-1

定价：11.90元

经徐氏基金会允许，世界图书出版公司重印，1990。

限国内发行

# 譯 序

本書內容涵蓋了近代數位電子學的發展，內容包括：數位基本原理、基本數位電路、數位積體電路、計算機基本數學運算、數位與類比間之轉換元件、記憶元件以及微處理機簡介等主要部份。譯者曾從事數位電子學的數學多年，覺得本書第五章（數位積體電路）、第十四章（數位類比間之轉換元件）以及第十五章（記憶元件）等教材是其特點。誠如原作者在序言中所稱：數位電子學的教科書很多，且各有千秋；多一本書可給讀者多一個參考和選擇。希望本書對您在數位電子學方面有所幫助。

書中除了人名、公司名號和邏輯符號外，都以中文表示；書後附有中英名詞對照，以便需要的讀者查閱。在原書中所發現的錯誤都已在譯本中加以改正。雖然力求完善，但疏漏之處在所不免，希望讀者不吝批評指正。

最後謝謝伍孝鵬和陸儀斌兩位先生的協助，使本書得以順利完成。

蔡海翔

# 原 序

近數年來，很少有（若有的話）像數位電子學一般的科技，如此廣泛的影響人們。過去由類比系統主導的電子學正快速的走向數位技術，同時，許多在數年前還聞所未聞的工商產品，如今已是家喻戶曉了。由於對數位電子專長的需求甚殷，在這個科技領域內，具有一技之長者可以輕易的找到許多工作機會。

本書的目的在介紹基本的數位觀念，並舉出這些觀念的許多實際應用。本書可用於數位電子學的入門課程，其完成是基於一個心中的意念——供學生用的基本教材；因此，儘量使得教材易於閱讀學習。

目前在數位電子學方面已有一些很不錯的教科書，且各有千秋；不過，就像許多事情一樣，不見得每個人都喜歡同一本教科書。我希望由於週全易讀的內容、恰當的問題、實用的例子、以及實際的應用等性質，使本書具有和其他教科書競爭之力。

雖然本書涵蓋了近代數位技術，但其特點如下：

1. 最新的數位 IC 系族，包括 TTL、MOS、CMOS、ECL、 $I^2L$ 、以及 GaAs。
2. 一般方塊圖與詳細電路圖並用。
3. 包含了三態元件與匯流排。
4. 對多工器、解多工器、編碼器、解碼器及換碼器之詳細討論。
5. 對類比—數位轉換器和數位—類比轉換器之深入討論。

6. 包含了MSI和LSI半導體記憶元件，以及可規劃邏輯陣列。

7. 微處理機和電算機之簡介。

在各章開始有教學目標和自我測試。全書中有許多例題、方塊圖、設計圖、圖表等。

一般教科書的完成是許多人共同努力的成果，我要謝謝有關的每一個人。特別是謝謝Violeta Revere和Jamie Hadden熱誠熟練地打出原稿；並感謝Macmillan公司的Judy Green和她的編輯部，以及整個出版部，他們的工作是那麼傑出。我也要謝謝校閱原稿的專家們提供了有價值的改進意見；並謝謝許多公司提供有關他們產品的技術資料和圖片。最後，對內人Kay的耐心和鼓勵說聲“謝謝”。

L. D. J.

# 目 錄

原 序 .....	I
譯 序 .....	III
第一章 數位原理簡介 .....	1
教學目標 .....	1
自我測試 .....	1
1-1 簡 介 .....	2
1-2 數位計算機簡史 .....	2
1-3 數位和類比技術 .....	15
1-4 數位技術之應用 .....	18
1-5 總 結 .....	19
問 題 .....	20
第二章 邏輯閘 .....	22
教學目標 .....	22
自我測試 .....	22
2-1 簡 介 .....	23
2-2 二值邏輯符號 .....	23
2-3 邏輯閘 .....	24

2-3.1	AND 閘	24
2-3.2	OR 閘	27
2-3.3	NOT 電路	31
2-4	閘控作用	33
2-5	正邏輯與負邏輯	33
2-6	邏輯閘之功用	35
2-7	應 用	35
2-8	總 結	37
	問 題	38
第三章 布林代數		42
	教學目標	42
	自我測試	43
3-1	簡 介	43
3-2	布林代數之基本觀念	44
3-3	邏輯乘法	44
3-4	邏輯加法	46
3-5	互 補	47
3-6	布林代數之定律與定理	48
3-7	完全歸納法證明	51
3-8	第摩根定理	52
3-9	通用組件	53
3-9.1	NAND 閘	54
3-9.2	NOR 閘	55
3-10	布林代數式與邏輯圖	57
3-11	以布林代數做極小化	59



3-12	由真值表至布林代數式	64
3-13	應 用	66
3-14	總 結	69
	問 題	70
<b>第四章 組合邏輯電路之設計</b>		<b>74</b>
	教學目標	74
	自我測試	75
4-1	簡 介	75
4-2	分 析	76
4-3	合 成	77
4-4	由問題敘述至真值表	79
4-5	圖表簡化法	81
4-6	范恩圖	82
4-7	以圖表法做極小化	83
4-8	非唯一必蘊項	91
4-9	隨意狀態	93
4-10	五變數布林代數式之卡諾圖	95
4-11	電路構成	97
4-12	多重輸出電路之極小化	102
4-13	應 用	104
4-14	總 結	109
	問 題	109
<b>第五章 積體電路之邏輯系族和特性</b>		<b>115</b>
	教學目標	115

自我測試	116
5-1 簡 介	116
5-2 積體電路之製造、包裝及編號	118
5-3 數位 IC 術語	120
5-3.1 電壓和電流準位	120
5-3.2 扇入和扇出	120
5-3.3 脈波參數	123
5-3.4 雜訊免除	125
5-3.5 功率散逸	128
5-3.6 電流源和電流槽	128
5-3.7 速率—功率關係	129
5-4 IC 之參考資料	129
5-45 IC 邏輯系族之發展	129
5-46 電晶體—電晶體邏輯 ( TTL )	131
5-7 基本 TTL NAND 閘之工作原理	133
5-8 圖騰式輸出電路	134
5-9 TTL 邏輯系族	135
5-10 標準 TTL 之特性	136
5-10.1 雜訊邊際	136
5-10.2 傳播延遲	138
5-10.3 功率散逸	138
5-11 低功率 TTL 之特性	139
5-12 高速 TTL 之特性	140
5-13 蕭特基 TTL 之特性	140
5-14 低功率蕭特基 TTL 之特性	141
5-15 TTL 之負載條件	142

5-16	TTL 系族之速率—功率乘積	144
5-17	TTL 元件之未用輸入端	146
5-18	連線邏輯	146
5-19	開集極 TTL 元件	148
5-20	三態元件	153
5-21	MOS 積體電路	157
5-22	MOS 元件之特性	158
5-22.1	扇出	158
5-22.2	傳播延遲	158
5-22.3	雜訊邊際	159
5-22.4	功率散逸	159
5-22.5	供應電壓	159
5-23	MOS 邏輯系族	159
5-23.1	PMOS 和 NMOS	159
5-23.2	VMOS	161
5-23.3	CMOS	161
5-24	CMOS 系族	164
5-24.1	CMOS 4000 邏輯元件	164
5-24.2	CMOS 4000B 邏輯元件之特性	165
5-24.3	CMOS 4000B 元件之電氣規格	167
5-25	CMOS 元件之頻率與功率散逸	167
5-26	CMOS 元件之未用輸入端	168
5-27	高速 CMOS	168
5-28	CMOS SOS 元件	169
5-29	CMOS 傳輸閘	169
5-30	CMOS 元件和 TTL 元件之界面	170

5-30.1	TTL 推動 CMOS	170
5-30.2	CMOS 推動 TTL	171
5-31	使用 CMOS 元件之注意事項	171
5-32	射極耦合邏輯 ( ECL ) 元件	172
5-32.1	基本 ECL 電路	173
5-32.2	基本 ECL 閘	174
5-32.3	ECL 元件之特性	176
5-33	積體注入邏輯 ( I <sup>2</sup> L ) 元件	176
5-34	砷化鎵 ( GaAs ) IC	179
5-35	總 結	180
	問 題	180
<b>第六章 數字系統和算術運算</b>		<b>186</b>
	教學目標	186
	自我測試	187
6-1	十進位數字系統	187
6-2	二進位數字系統	188
6-2.1	二進位至十進位之轉換	190
6-2.2	十進位至二進位之轉換	192
6-3	二進位算術	195
6-3.1	二進位加法	195
6-3.2	二進位減法	197
6-3.3	以 1 的補數法做二進位減法	199
6-3.4	以 2 的補數法做二進位減法	201
6-4	二進位乘法	202
6-5	二進位除法	204

6-6	八進位數字系統	205
6-6.1	八進位至十進位之轉換	206
6-6.2	十進位至八進位之轉換	207
6-6.3	八進位至二進位之轉換	208
6-6.4	二進位至八進位之轉換	209
6-7	八進位算術	210
6-8	十六進位數字系統	211
6-8.1	十六進位至二進位之轉換	212
6-8.2	二進位至十六進位之轉換	213
6-8.3	十六進位至十進位之轉換	214
6-8.4	十進位至十六進位之轉換	215
6-9	十六進位算術	217
6-10	總 結	219
	問 題	220
<b>第七章 算術線路</b>		<b>224</b>
	教學目標	224
	自我測試	225
7-1	簡 介	225
7-2	XOR 閘	226
7-3	XNOR閘	229
7-4	加法線路	233
7-4.1	半加器	233
7-4.2	全加器	235
7-4.3	並聯二進位加法器	238
7-4.4	積體電路加法器	241

7-5	減法線路	243
7-5.1	半減器	243
7-5.2	全減器	245
7-6	1的補數減法	250
7-7	2的補數減法	251
7-8	總 結	254
	問 題	255
第八章 複振器		259
	教學目標	259
	自我測試	260
8-1	簡 介	261
8-2	雙穩複振器	261
8-3	RS 正反器	262
8-4	RS 栓鎖	262
8-5	NOR 閘 RS 正反器	263
8-6	NAND 閘 RS 正反器	269
8-7	RS 正反器之符號	271
8-8	時脈線路	271
8-9	時脈 RS 正反器	273
8-10	主僕 RS 正反器	276
8-11	同步和非同步輸入	278
8-12	D 型正反器	280
8-13	T 型正反器	282
8-14	JK 型正反器	283
8-15	JK 主僕正反器	284

8-16	積體電路 JK 主僕正反器	287
8-17	準位觸發和邊緣觸發	288
8-18	交換特性	289
8-19	電氣特性	291
8-20	史密特觸發器	292
8-21	單穩複振器	294
8-22	非穩複振器	297
8-23	555計時器	299
8-24	應 用	303
8-24.1	開關防跳器	303
8-24.2	警報系統	304
8-24.3	壓力監視系統	305
8-25	總 結	306
	問 題	307
<b>第九章 計數器</b>		<b>314</b>
	教學目標	314
	自我測試	315
9-1	簡 介	315
9-2	二進位漣波計數器	316
9-3	使用回授之二進位計數器	320
9-4	高模數非同步計數器	323
9-5	倒數計數器	326
9-6	正/倒數計數器	328
9-7	非同步計數器之傳播延遲	329
9-8	同步二進位計數器	332

9-9	十進位計數器	335
9-10	計數器解碼	339
9-11	積體電路計數器	342
9-11.1	74163 同步二進位計數器	342
9-11.2	74191 同步正/倒數計數器	345
9-11.3	7490 非同步十進位計數器	345
9-12	閘控計數器	348
9-13	應 用	351
9-13.1	時間間隔之測量	351
9-13.2	數位電壓表	352
9-13.3	數字鐘	354
9-14	總 結	354
	問 題	355
<b>第十章 移位暫存器和移位暫存計數器</b>		<b>360</b>
	教學目標	360
	自我測試	361
10-1	簡 介	361
10-2	串聯移位暫存器	362
10-3	串入串出移位暫存器	365
10-4	並入串出移位暫存器	366
10-5	IC 移位暫存晶片	368
10-6	雙向移位暫存器	370
10-7	移位暫存計數器	372
10-7.1	環式計數器	372
10-7.2	強生計數器	379



10-8	靜態暫存器和動態暫存器	382
10-9	應 用	384
10-9.1	控制波形產生器	384
10-9.2	再循環移位暫存器	386
10-9.3	假亂數產生器	386
10-10	總 結	388
	問 題	388

## 第十一章 數字和文數字碼

	教學目標	391
	自我測試	392
11-1	簡 介	392
11-2	BCD 數目	393
11-3	8421 BCD 碼	393
11-4	8421 BCD 加法	394
11-5	超 3 BCD 碼	397
11-6	超 3 碼算術	399
11-7	格雷碼	404
11-8	二進位—格雷碼間之轉換	407
11-8.1	格雷碼至二進位之轉換	407
11-8.2	二進位至格雷碼之轉換	408
11-9	其他四位元 BCD 碼	409
11-10	五位元碼	409
11-11	文數字碼	410
11-11.1	ASCII 碼	411
11-11.2	EBCDIC 碼	412