

數位電路與微處理機

吳傳嘉 編譯

DIGITAL
CIRCUITS AND MICRO
PROCESSORS



全華科技圖書公司印行

數位電路與微處理機

吳傳嘉 編譯

DIGITAL

CIRCUITS AND MICRO
PROCESSORS



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

數位電路與微處理機

吳傳嘉 編譯

出版者 全華科技圖書股份有限公司
北市龍江路76巷20-2號
電話：581-1300・541-5342
581-1362・581-1347
郵撥帳號：100836

發行人 陳 本 源
印刷者 佳怡彩色印刷廠
定價 新臺幣 220 元
再 版 中華民國72年12月

序

這本書是適於一學期授課的初級教材，它概括了所有關於數位系統及邏輯設計的基本原理，同時介紹了微處理機及與微處理機相關的系統。

第一章討論了邏輯變數及布寧代數，同時也介紹了二進位系統以有系統地建立真假值表。第二章則牽涉到邏輯函數之標準式與卡諾圖。第三章探討了一些基本組合電路如解碼器、編碼器、碼轉換器、多工器與解多工器等。第四章介紹了基本儲存元件：正反器。由正反器所構成的儲存暫存器、移位暫存器及計數器均於本章中詳細討論。同樣地，這一章所提到的電路均製成積體電路晶片上市。第五章主要是關於算術運作的探討，特別是加法運算，前瞻進位之加法運算是這一章後半段的主題之一。記憶器是第六章討論的主題，這一章包括了RAM，ROM，及PLA之介紹，同時也闡述了將資料從記憶器讀出或將資料寫入記憶器的時間考慮因素。在第七章介紹了順序電路的分析與設計。在這一章中，我們討論了狀態表、狀態圖及狀態縮減等觀念，並且引用了第四章的某些電路如計數器、移位暫存器等做為設計之範例。

第八章闡述了控制器之功能及構造，控制器是計算機的心臟部份，介紹了控制器才能進一步探討計算機的結構。事實上控制器不過是順序電路的一個特殊線路，用以控制數位系統在適當的時間做適當的工作。因此在探討控制器時，首先引用了第七章所介紹的順序電路設計法，亦即由狀態圖、狀態表而化簡狀態函數，最後再得出激勵函數。但是我們很快就發現這種設計法用在控制器的設計上並不很實用，尤其是在控制器有可能進行修正或改良時，相當不便。所以又介紹了以移位暫存器來製造控制器的方法，大大地簡化了控制器的設計程序。同時在這一章的最後也提到了程式計數器、記憶器位址暫存器，以及指令暫存器等觀念。

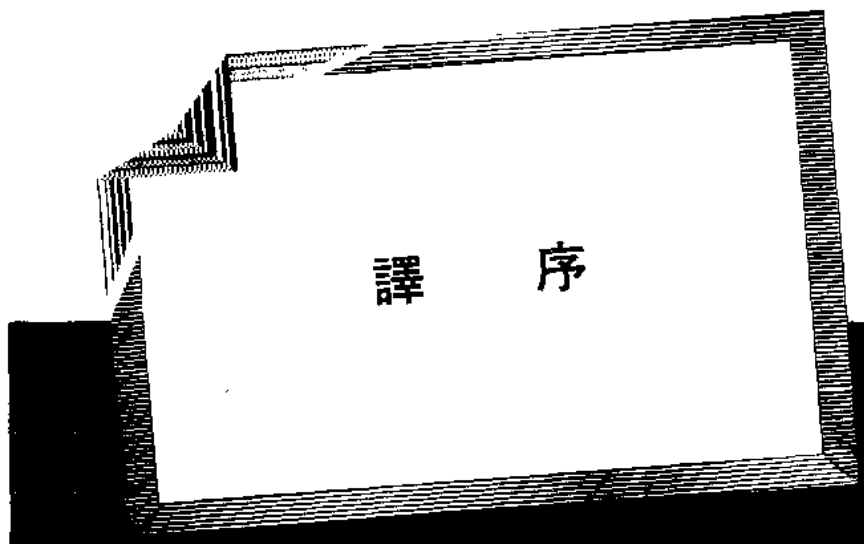
第九章則進一步向探討微處理機邁進，這一章提出了一個簡單（共含有十六個指令）計算機的結構。在這個簡單結構中，跳躍及呼叫副程式的指令首度被介紹到，同時也討論了微程式設計之基本概念及簡單範例。

第十章與第十一章以 8080 為依據，討論微處理機的一些特性及基本結構，其中所闡述的一些基本原理並不因機型種類之不同而有所差異，所以讀者詳讀這兩章後，當可對微處理機有進一步的了解。

本書的教材比一學期授課的份量稍微多了一些，原先的設計即是以一又四分之一個學期授完此書，然後在剩下的第二學期中選用另一本較為深入的有關於微處理機的書來講授。但是任課老師也可藉著刪去其中一些章節而在一學期內講授完畢。

本書編著期間，承蒙紐約市立學院電機系系主任 Mansour Javid 教授惠讀原稿並給予寶貴意見，Jay Lewis Taub 先生提供大力協助，以及 Joyce Rubin 女士之精心打字，在此一併誌謝。

Herbert Taub



隨著半導體製造技術的精進，從前一件需要仰賴十分複雜之電路來處理的工作，現在往往只要選用幾個積體電路做適當的連接即可。事實上，現有之技術已使得一個超大型積體電路（VLSI）晶片所具備的上千乃至上萬的邏輯閘能夠從事相當繁雜的運算及控制工作。這種積體電路之有效運用則往往有賴於使用者對數位電路之透徹瞭解。因此這些年來數位系統已成為主修電機、電子或電子計算機等相關科系的工科學生所必須具備的一門學問。

在衆多數位電路中，微算機之出現與廣泛被採用提供了各行各業的使用者一個非常有力的工具，藉以從事各式各樣的工作。於是微算機之原理與應用又成了一個非常熱門的課題。

雖然微算機是數位電路的一種特例，但却鮮有書籍將之合併介紹，大部份的書均只強調其中一項。即令有兩者一起討論的，也往往以不成比例的篇幅來做應景式的介紹。對一個初學者而言，這種完全不介紹或是僅僅以兩三章篇幅做蜻蜓點水式介紹的編寫方式並不足以使他清晰瞭解兩者間之關聯性。原書針對以上的認識乃將內容做適當的安排，從最基本的邏輯

概念討論起，進而介紹各式各樣的數位電路，其中包括了組合電路與順序電路兩大類，然後於第八章以後開始介紹計算機（當然也包括了微算機）的工作原理，其中大多是前面七章觀念之延伸，務求達到教材之一貫性，使讀者易於瞭解。

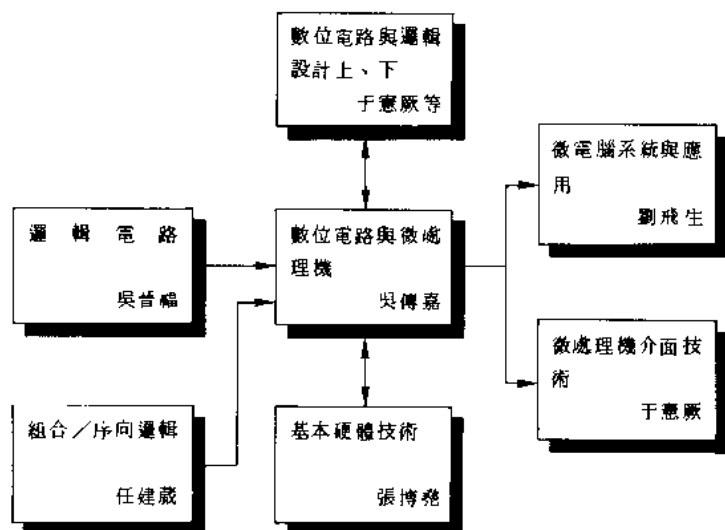
譯者在翻譯此書時曾對原書許多章節做些增刪，其中尤以第三及第七兩章最多。這兩章改寫的部份其實是根據譯者對數位系統這門課多次教學所累積之經驗與認識所寫成，其目的不外希望藉著這些增刪讓讀者更有系統地瞭解組合電路與順序電路之設計程序。

一些專有名詞之翻譯盡可能根據一般通用的方式為之，但恐仍有不盡理想之處，因此在該名詞第一次出現時均附以原文，以利讀者參考。

吳傳嘉 謹識於

國立台灣工業技術學院電機系

中華民國七十一年十月



目 錄

第一章 邏輯概論.....	1
1.1 變數與函數.....	1
1.2 邏輯變數.....	2
1.3 邏輯變數之值.....	2
1.4 邏輯函數.....	3
1.5 AND 函數.....	3
1.6 OR 函數.....	4
1.7 邏輯系統之應用.....	5
1.8 邏輯變數之電壓表示.....	6
1.9 相反開.....	7
1.10 0 與 1 表示法.....	8
1.11 二進位系統.....	9
1.12 十進位與二進位之轉換.....	10
1.13 八進位與十六進位數字系統.....	12
1.14 二進位數和邏輯變數.....	13
1.15 布寧代數之定理.....	14

1.16 狄摩根定理 (DE MORGAN ' S THEOREM)	16
1.17 Exclusive - OR	16
1.18 NAND 及 NOR 運算	17
1.19 布寧代數定理應用之例題	18
1.20 實例	21
1.21 邏輯表示圖	22
習題一	24

第二章 邏輯函數

2.1 邏輯函數之標準式：SUM OF PRODUCTS	27
2.2 標準 PRODUCT OF SUMS	30
2.3 minterm 及 maxterm 之編號	32
2.4 以 minterm 及 maxterm 表示一邏輯函數	32
2.5 minterm, maxterm 和真假值表之關係	33
2.6 二極閘之結構	34
2.7 使用同一型邏輯閘之結構	36
2.8 卡諾圖 (K 圖)	38
2.9 利用 K 圖化簡邏輯函數	40
2.10 五變數或六變數之 K 圖	46
2.11 K 圖之應用	48
2.12 函數未表示成 minterm 時之對應	52
2.13 DON ' T CARE CONDITION	53
習題二	54

第三章 基本組合線路

3.1 簡介	59
3.2 設計之程序	61
3.3 加法器	61
3.4 減法器	66

3.5 碼之轉換.....	68
3.6 比較器.....	70
3.7 解碼器與編碼器.....	74
3.8 多工器與解多工器.....	78
3.9 組合電路之分析.....	81
3.10 數位電路之邏輯族.....	84
3.11 TTL 系列.....	85
3.12 扇出.....	86
3.13 雜訊邊限.....	87
3.14 CMOS 邏輯族.....	89
3.15 ECL 邏輯族.....	90
3.16 包裝.....	90
3.17 BCD 對七劃顯字幕解碼器.....	91
3.18 矩陣編碼器.....	93
3.19 平行同位元產生器.....	95
3.20 優先次序編碼器.....	96
3.21 IC 閘之範例.....	97
習題三.....	99

第四章 正反器、暫存器與計數器.....103

4.1 簡介.....	103
4.2 由NOR閘所構成之SR正反器.....	104
4.3 由NAND閘所構成之SR正反器.....	105
4.4 有控制端之SR正反器.....	106
4.5 激發.....	108
4.6 SR 正反器當做儲存元件之限制.....	110
4.7 主僕正反器.....	112
4.8 正反器之時間表示圖.....	114
4.9 雙相激發.....	115

4.10 JK 正反器	116
4.11 D 正反器	117
4.12 SETUP、HOLD 及傳輸延擱	120
4.13 暫存器與暫存器間之聯繫	121
4.14 移位暫存器	124
4.15 移位暫存器之其他特性與用法	126
4.16 計數器	130
4.17 環計數器	130
4.18 其他的同步計數器	131
4.19 任意 modulo 之同步計數器	133
4.20 上下型同步計數器	136
4.21 LOCKOUT	138
4.22 漣波計數器	138
4.23 計數器之積體電路晶片	140
習題四	141

第五章 算 術 143

5.1 數字正負號之表示	143
5.2 2 的補數 (2'S COMPLEMENT)	145
5.3 1 的補數 (1'S COMPLEMENT)	147
5.4 兩二進數目之相加	149
5.5 串聯式加法器	151
5.6 並聯式加法器	153
5.7 簡易加法減法計算器	154
5.8 減法器	156
5.9 快速加法器	157
5.10 前瞻式進位加法器	158
5.11 前瞻式進位加法器之分組	162
5.12 前瞻式進位之推廣	164

5.13 算術邏輯單元.....	167
5.14 BCD 加法.....	171
5.15 乘法與除法.....	172
習題五.....	173

第六章 記憶單元.....175

6.1 讀寫記憶 (RAM).....	175
6.2 半導體 RAM 之結構.....	177
6.3 記憶器晶片之並聯.....	178
6.4 一度空間及二度空間之記憶結構.....	180
6.5 唯讀記憶 (ROM).....	183
6.6 ROM 編碼器.....	185
6.7 可程式化的邏輯矩陣.....	186
6.8 動態 RAM.....	188
6.9 動態 RAM 之資料感應.....	188
6.10 動態記憶器之特性.....	190
6.11 串聯式記憶器.....	192
習題六.....	194

第七章 順序電路.....197

7.1 狀態.....	197
7.2 順序電路之分析.....	198
7.3 狀態表.....	199
7.4 狀態圖.....	200
7.5 狀態方程式.....	201
7.6 正反器之輸入函數.....	206
7.7 狀態個數之縮減.....	207
7.8 狀態縮減之方法.....	211
7.9 未完全指定之順序電路的化簡.....	214
7.10 狀態之指定.....	218

7.11 正反器之激勵表	220
7.12 設計程序	222
7.13 設計範例	223
7.14 計數器之設計	228
7.15 順序偵測器	230
7.16 順序電路分析範例	233
7.17 非同步順序電路	235
習題七	237

第八章 控制器 247

8.1 暫存器之傳遞	247
8.2 其他的運作	250
8.3 可接受多種命令之暫存器	254
8.4 簡單控制器	257
8.5 控制器之製作	261
8.6 利用移位暫存器製作控制器	264
8.7 控制器之條件反應	267
8.8 減法之控制順序	270
8.9 一個簡單的計算機	272
8.10 計算機之運作	277
8.11 計算機控制器之設計	278
8.12 中斷	281
8.13 交握	284
習題八	288

第九章 計算機 291

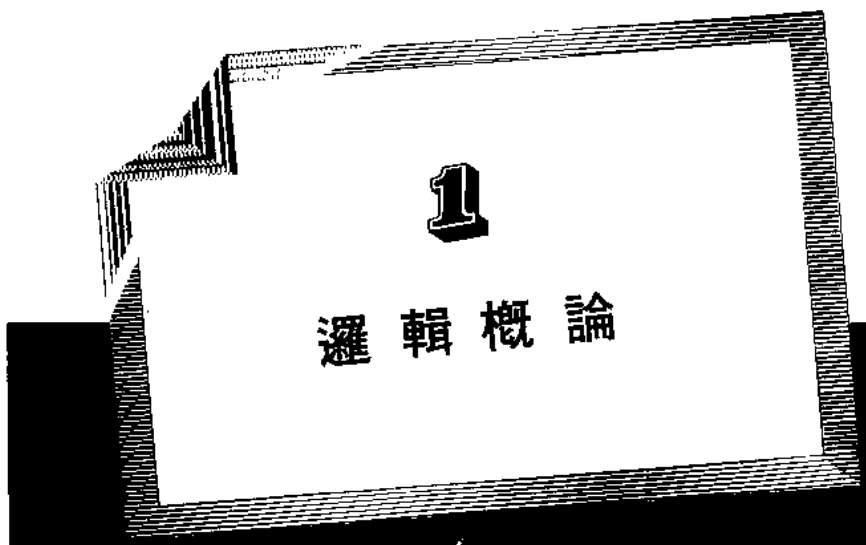
9.1 基本結構	291
9.2 指令	295
9.3 指令之總整理	303

9.4	加法與減法	304
9.5	JMP及ISZ之使用	306
9.6	乘法之程式	307
9.7	利用副程式呼叫的範例	309
9.8	微程式	311
9.9	微程式之跳躍	313
9.10	有條件的跳躍	314
9.11	平行 (PIPELINING)	315
9.12	微程式控制器	316
9.13	控制ROM之內容	317
9.14	地址指引的方法	318
9.15	堆疊	319
	習題九	320

第十章 微處理機.....323

10.1	簡介	323
10.2	微處理機之結構	324
10.3	8080 中單位元組、雙位元組及三位元組之指令	326
10.4	資料移動之指令	327
10.5	和累積器有關之指令	329
10.6	算數指令	331
10.7	一些範例	335
10.8	加1與減1之指令	336
10.9	邏輯指令	337
10.10	比較指令	338
10.11	ROTATE 指令	339
10.12	COMPLEMENT 與 SET 指令	340
10.13	一個範例	341
10.14	跳躍指令	342

10.15	CALL 與 RETURN 指令.....	344
10.16	PUSH 與 POP 指令.....	346
10.17	範例：乘法.....	350
	習題十.....	352
第十一章 輸入與輸出.....		355
11.1	8080 系統所產生之控制訊號.....	355
11.2	ISOLATED 與 MEMORY - MAPPED 輸入 - 輸出.....	319
11.3	IN 與 OUT 指令之使用.....	363
11.4	一個未經編碼的鍵盤.....	364
11.5	週邊機之控制.....	368
11.6	時間環.....	368
11.7	中斷.....	370
11.8	中斷之 ENABLE 與 DISABLE.....	373
11.9	POLLED INTERRUPT.....	374
11.10	其他的 I/O 通信.....	377
	習題十一.....	379
附錄 A.....		382
附錄 B.....		384
附錄 C.....		386



1.1 變數與函數

變數與函數之概念已於高中數學中述及，在此不打算詳加討論，僅就此二者之定義及關係略加闡述，嚴密之數學定義則留待有興趣之讀者自行參閱有關書籍。

變數可以一符號（如 x ）代表，而其範圍則依特性之關係而限制。例如： x 可定義為從負無限大至正無限大之任意實數；或定義為從 1 至 10 之正整數……等。

函數則是一個經由某一特定變數 x 決定另一變數 y 之法則。此 y 和 x 之關係通常表示成 $y = f(x)$ 。很顯然地， y 之值隨變數 x 而變。例如： $y = 5x^2 + 3$ ，當 $x = 1$ 時， y 值為 8；當 $x = 2$ 時， y 值為 23。為區分起見，吾人通常又稱 x 為獨立變數（independent variable）， y 為非獨立變數（dependent variable）。

依上所述之觀念，變數值和函數值不一定必須是數值，它們可為任意之物或事，如顏色、年齡等。圖 1.1-1 及圖 1.1-2 即表示二不同性質之