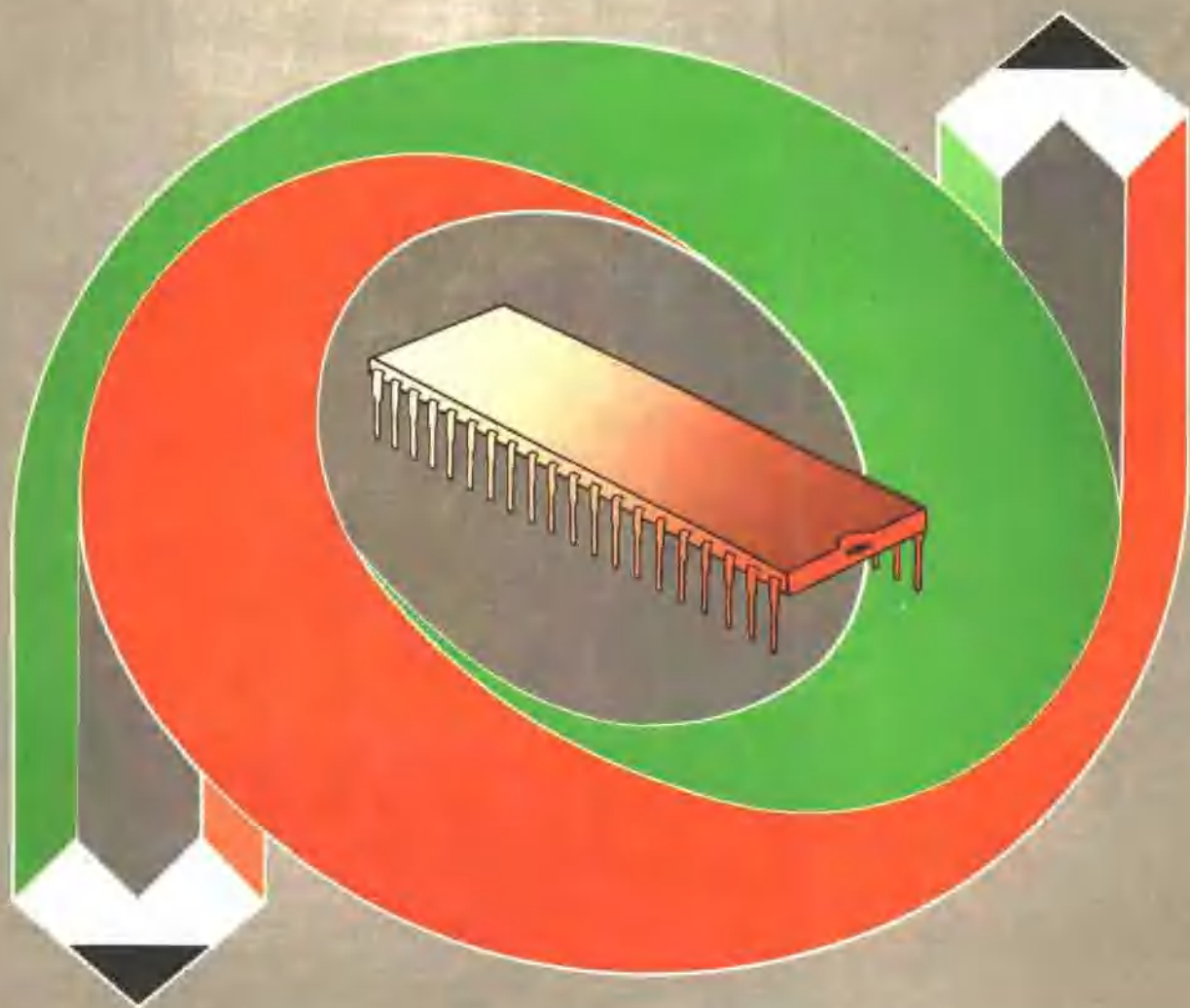


微處理機・微算機原理與應用(I)

——計算機基本原理——

林錦坤・林銘波 編著

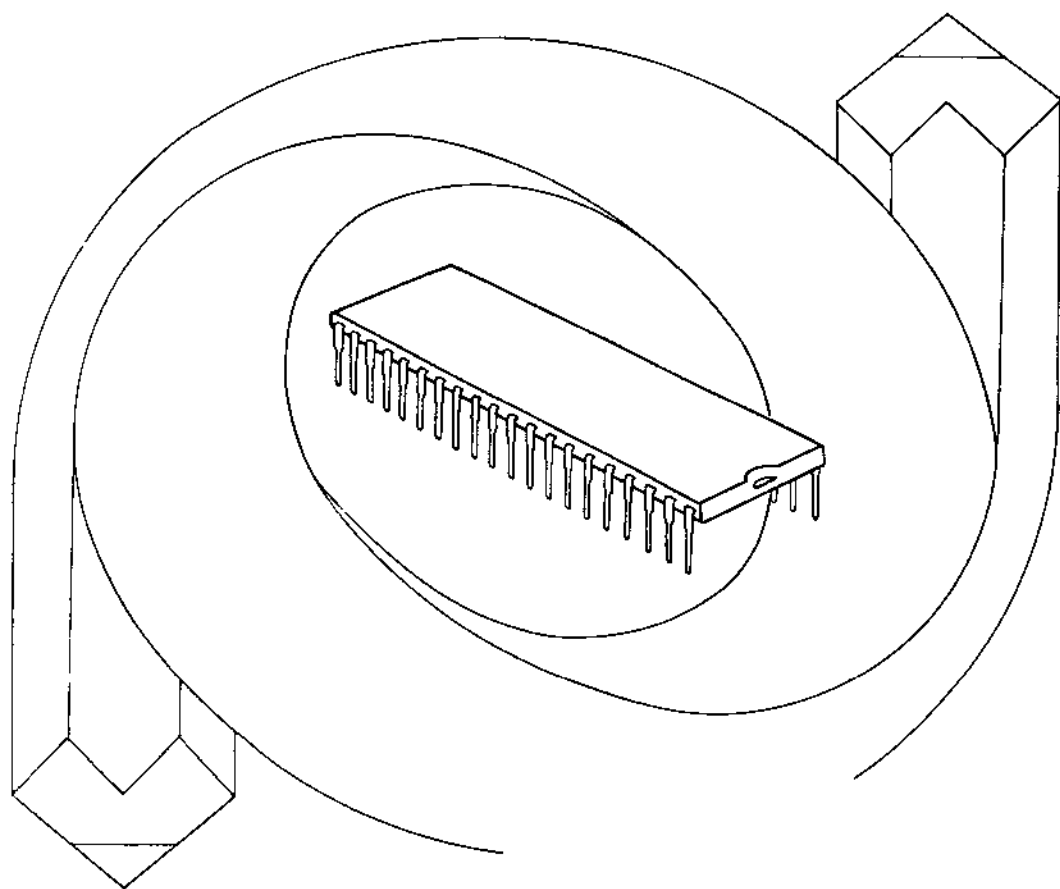


全華科技圖書股份有限公司 印行

微處理機・微算機原理與應用(I)

—— 計算機基本原理 ——

林錦坤・林銘波 編著



全華科技圖書股份有限公司 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

微處理機·微算機
原理與應用(I)
(計算機基本原理)

林錦坤 編著
林銘波

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 華一彩色印刷廠
定價 新臺幣 260 元
初版 中華民國73年1月

感謝您

感謝您選購全華圖書！

希望本書能滿足您求知的慾望！

圖書之可貴 在其量也在其質

量指圖書內容充實、質指資料新穎够水準，我們就是本著這個原則，竭心盡力地為國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的全華圖書。

序 言

自 1971 年 Intel 公司因禍得福的推出第一部微處理機 (μP) 產品後，在電子界掀起了另一次革命性的變化。微處理機是利用大型積體 (LSI) 電路技術製成的，它是大型計算機中之算術邏輯運算單元、控制單元、及暫存器等分立元件的集體縮影，只要將它的記憶器、輸出／輸入裝置配合即可組成一部微算機 (μC)。

由於 LSI 技術的進步及大量生產的結果，導致微處理機晶片的售價日趨低廉，其電路密度益加增高，而其處理單位亦由 4 數元 (bit) 而 8 數元、16 數元甚至更多。這些廉價且效力強的微處理機，在電子工程及計算機科學兩方面都擔任了重要的角色。在電子工程領域裏，微處理機取代了傳統的數位系統及邏輯設計；在計算機科學領域裏，微處理機則成爲迷你計算機與傳統計算機的勁敵；尤其是 16 數元微處理機，已經具有許多大型計算機才有的功能，使得這些計算機的功能大小分類之界線很難加以劃分。

目前，微處理機及微算機已普遍的使用於工業控制系統、資料處理、程序控制、交通控制、科學儀器、教育、軍事設備、家庭電氣設備、汽車、電視遊樂器等方面，故微處理機與微算機，不僅給電子界帶來無比的震撼力量，同時也造成了家用電

器的革命，改進了人類的生活品質。因此，瞭解微處理機與微算機系統的工作原理，乃至於應用、設計是絕對必要的。

學習微處理機及微算機，必須由認識微處理機的內部結構及其動作原理開始。然後，學習如何應用該處理機的指令集寫程式。進而再熟悉輸入／輸出界面之構造、功能、及程式規劃。最後將微處理機、ROM、RAM、I/O 界面晶片、及周邊設備等組件連結在一起，並以載入程式，編輯程式、組譯程式及編輯程式、模擬程式等發展系統軟體程式，與微算機發展系統、PROM 程式燒寫器、邏輯分析儀等發展系統硬體電路，構成——微算機系統。

爲使讀者於讀完本書後，即有能力設計 (建造)——微算機系統，本書將從組合邏輯等硬體導入至整個微處理機內部的詳細動作 (硬體)。然後，引出指令做爲軟體程式的基礎，進而組合成一程式，並詳述其於實際的 μP 中是如何執行。最後，則詳細闡述目前最流行的 μP 系統，與其相關的界面裝置。

爲幫助讀者真實的瞭解微算機，本書着重於：

- 1 介紹計算機原理與系統。
- 2 介紹組合語言程式規劃。

使本書適用於學校之教學，或工程人員之

自修、進修。本書將分成四大部分：

I. 計算機基本原理

這部分包括第一章到第六章，旨在介紹 μP 與 μC 的基本原理。

第一章：為導論，旨在提供讀者對計算機發展過程的一完整觀念。

第二章：以複習各種數字系統與文數字系統為主，這些數字（文數字）系統皆是當今計算機系統中所最常用者。

第三章：以複習邏輯電路為主。本章中，將各種常用的組合邏輯與序向邏輯的基本電路、應用電路之特性、功能做一簡單而詳細的介紹。沒有數位電路基礎的讀者，經由這章的引入，將能獲得——穩固的數位邏輯基礎。已具基礎的讀者，本章則可提供詳細的複習資料。這章的內容，將關係到後面各章中的 μP 原理分析與設計。

第四章：以介紹算術邏輯運算為主。因ALU為CPU的心臟，而ALU又為處理器內資料處理的中心。本章中以邏輯電路的觀念，自組成整個ALU的各個構成單元。以二進位加、減、乘與除四則算術運算及基本的AND、OR、與NOT等邏輯運算開始，並以邏輯電路組成的MSI 74181 ALU為終結。本章的主要內容包括：1. 算術運算、前瞻進位加法器、BCD加法器；符號大小、帶號1補數、帶號2補數表示法等三種數字系統之加、減法運算及其異同；二進位乘法運算；二進位除法運算——恢復式除法與非恢復式除法。2. 邏輯運算則含有AND、OR、NOT；循環、邏輯及算術移位；並行及循序比較；偵錯等。3. 以具有上述之算術、邏輯運算

功能的MSI 74181為總結。

第五章：對各種記憶器的記憶單元（Cell）之記憶媒體構造原理，存取方式、資料之記錄方法、資料排列格式及推動控制器等皆有詳盡的介紹。所介紹的記憶器範圍包括：隨意存取之RAM、磁芯、內含可定址之CAM、ROM、PROM、FPROM、EEPROM（EAROM）；及循序與半隨意存取之磁鼓、磁碟、軟性磁碟、磁帶、CCD、磁泡與光盤等。同時也介紹了在許多較經濟的場合中常用以代替ROM的PLA裝置。

第六章：旨在闡述計算機（ μP ）系統可由一群暫存器構成，並以RTL（暫存器轉移語言）語言描述這些暫存器的動作及完成這些動作（指令）的硬體動作，包括資料處理單元及控制單元（任何數位系統皆可劃分成這兩個部分）。

本章結合了前面數章的材料，首先以RTL語言描述暫存器間的資料轉移，繼以闡述ALU的動作，然後進入 μP 單元中。同時也說明、比較了當前 μP 中最常用的兩種造型：累積器（ACC）處理器與通用暫存器（GPR）處理器。本章中亦將 μP 分成資料處理與控制單元兩部分，並就此介紹其可能且實用的各種結構。在控制單元方面包含了：

狀態——暫存器、計數器與解碼器、PLA控制與CM（Control Memory）控制等方式。並舉一實例說明這四種控制方式，如何應用於實際的數位電路設計中。

接著將資料處理器與控制單元結合，並以微程式規劃（CM控制）方式的控制實例來說明指令的形成與動作。在此，除

了定義指令之外，也詳述了指令之摘取與執行在 μP 中引起的一連串微動作，使讀者對於一個指令是怎樣的在 μP 中完成的，不再迷惑。

II. 計算機系統結構

這部分包括第七章到第十三章。這部分完全以 μC 系統為基礎，介紹 μC 系統的工作原理。我們的原則是軟體與硬體兼顧、理論與實際並重，我們以 MC 6809 與 Intel 8085A 兩部 μP 說明一般 μP 系統之結構與動作；組合語言程式之規劃、產生與執行及組譯、連繫與裝載程序；指令之定址方式及指令之動作；副程式、中斷與 TRAP。並比較 ACC 處理器與 (MC 6809) 與 GPR 處理器 (8085A) 間之特性差異與優缺點。而後介紹 I/O 之控制方式及界面方式，並詳述通用之 I/O 界面晶片與專用 I/O 裝置界面裝置，而歸結於微算機發展系統。特別提出的是自第七章以後，我們都併入了合宜的軟體程式為例。說明其相關的動作或功能。

第七章：以 μC 系統的基本特性為說明要旨。首先，我們以 ACC 為基礎的處理器 MC6809 及以 GPR 為基礎的處理器 8085 A 之部分指令做為微算機內部結構之說明。並以一機器語言程式例詳述各暫存器及記憶器內容於程式執行時之變化。接著，以微算機之外部結構觀點，描述 CPU 與記憶器、I/O 裝置間之 BUS (匯流排) 系統、時序訊號及 I/O 埠結構，繼之說明 μP 內部各工作暫存器之功能，及於程式規劃時之應用；CPU 對記憶器及 I/O 裝置之讀/寫動作。最後，說明記憶器系統之硬體結構、擴展、分頁，配置與

處理。記憶器配置與處理在 16 數元件算機系統中是相當重要的。

第八章：以組合語言與程式規劃為主旨。首先，說明計算機如何將一組合語言程式載入並組譯成目的程式，與所需要的副程式連繫、裝載，然後執行此程式的整個過程。繼之以程式規劃時之各個步驟：問題之定義；解決問題之方法；程式之設計、寫碼、測試、除錯及程式的維護。使讀者在讀完本章後，能對於計算機軟體系統有更深一層的認識及寫作軟體的能力。

第九章：專談指令之型式、定址方式、動作，對狀態數元之影響，及指令之分類。指令型式由最原始的四位址指令談起，然後三、二、一位址，細說到零位址 (堆疊) 指令，並以同一例子 (一數學表式) 比較各種指令型式對此表式之執行。其中二位址、一位址及零位址指令是目前 μP (與計算機) 中所帶用的。接著綜合性地定義、討論各種定址方式，並分成單元與多元定址方式來說明。單元定址包括暫存器、絕對、立即資料、暫存器間接與增量、減量等方式；多元定址包括頁區、指標、基底、基底指標與相對定址等方式。這些定址方式，涵蓋了各類 μP 中，所有的定址方式。之後，我們將指令分成資料轉移、算術及邏輯運算、程式控制與 I/O 控制來說明其功能及此指令執行後對狀態數元之影響。同時，以幾則程式做為各類指令之功能說明。

第十章：以副程式、中斷及 TRAP 為主題。首先，我們說明如何利用堆疊來儲存程式計數器 (PC) 及各暫存器值，呼叫副程式。然後談及呼叫副程式的方式、

參數傳遞方式—— μP 內部之 GPR；記憶體；內線參數表；堆疊、及其優缺點。之後，我們更深一層的論及重入 (Reentrancy)、遞迴 (Recursive) 及對等副程式 (Coroutine) 之功能；副程式呼叫及歸回指令。

接著討論中斷的需要；當有 I/O 裝置要求中斷時， μP 如何處理或防止第二個 I/O 裝置之中斷要求；如何由向管及非導向引導 μP 至中斷服務程式 (ISR)。又對同時發生的多個中斷要如何處理，如何建立優先權中斷系統及如何利用輪呼來辨認發生中斷要求之裝置，背有詳細之說明。最後，說明在程式執行中發生不幸的結果時，計算機系統的對策——TRAP， μP 內部的硬體中斷及軟體中斷。

第十一章：專論輸出、入界面與 I/O 裝置。首先敘及兩種 I/O 的基本結構：孤立式 I/O 及記憶體映式 I/O；及 I/O 轉移發生的啟動方式 (CPU 啟動之條件、無條件 I/O 轉移；裝置啟動之中斷方式與直接記憶存取 (DMA) 控制 I/O 轉移)；來復式轉移控制。接著考慮 I/O 時序與界面，及一種介於 μC 與 I/O 裝置間很有用先進先出 (FIFO) 資料緩衝器。然後，說明 ASCII 鍵盤、與卡式錄音機界面及 CRT 顯示系統，並以 I/O 處理器為終點。

第十二章：說明一些常用的單晶片 I/O 裝置界面的功能，包括可規劃定時器 Z-80 CTC、MC 6840；通用界面晶片 Intel 8255 (PPI)，MC 6820 (PIA)，Z-80 PIO，R6522 (VIA)，ACIA (UART) MC 6850；DMA 控制器 8257；CRT 控制器 MC 6845；鍵盤與顯示器

控制器 8279；軟性磁碟推動器 8271 等。並且詳述了 IEEE-488 及 RS-232 界面協定。

第十三章：簡介微算機發展系統。首先分軟體及硬體兩方面敘述系統發展的步驟，其次敘述一個 μC 發展系統 (MDS) 所需的主要硬體：大容量的快速記憶體、軟性磁碟單元、系統控制台、列表機、PROM 燒寫器、ICE (內線電路模擬器)，及所需的軟體支援：編輯程式、交組譯程式、模擬程式。除此之外，並介紹了硬體除錯時必備的邏輯狀態分析儀，使讀者對發展系統工具方面有一完整的概念。

III. 8 數元微算機系統

讀者於着手學習或應用一種新的 μP 之際，在硬體方面最重要的考慮是：

- 1 μP 的接腳配置及控制信號。
- 2 μP 的各種控制時序。
- 3 中斷要求方式與重新啟動控制及 TRAP。

- 4 持住 (或暫停) 控制方式。

在軟體方面最重要的考慮是：

- 1 μP 資料儲存格式 (記憶體中)。
- 2 μP 之規劃模態。
- 3 μP 之指令格式。
- 4 μP 之指令定址方式。
- 5 μP 指令之運算 (動作) 情形。
- 6 μP 之指令集。
- 7 組合語言格式 (依系統而定)。

第三部分包含了第十四章到第十九章。每一章均據此從硬體與軟體兩方面去探討一個 μP 。然後舉例說明其軟體程式樣本應用。在這部分我們所討論的 μP 包括：Intel 8080A/8085A，Motorola

MC 6800 / MC 6809, Rockwell R6502, Zilog Z-80, RCA COSMAC (CDP1802), MCS-51 (Intel 7851, 7051, 爲 μC 系統)。

Ⅲ. 16 數元微算機系統

在本部分中包括第二十章到第二十四章。我們以和第Ⅱ部分相同的方式來探討每一種 16 位元 μP 系統。這兒我們討論的 μP 包含：DEC PDP-11 (LSI-11), TMS-9900, Intel 8086, Zilog Z-8000 及 Motorola MC 68000 等。

本書於每章篇末均精心設計有程度適

當的問題，以供讀者學習完該章後，做爲複習之指引材料、或自我測驗對該章的觀念、原理瞭解之程度。

由於本書是自數位邏輯電路有系統、漸進的探討微算機系統原理與應用，故只要對數位邏輯電路的設計有基本的知識背景即可閱讀本書。希望本書能爲莘莘學子提供有價值的參考，則不負作者兩年來的努力矣！

林銘波
於台北
林錦坤

編輯部序

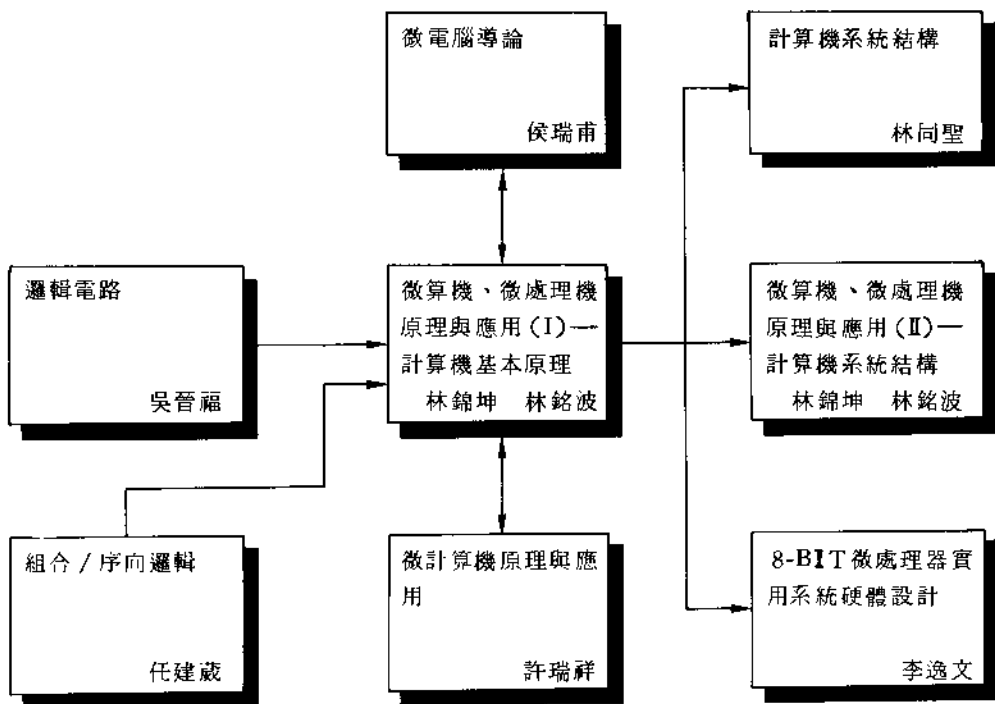
「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

現在，我們將這本「微處理機、微算機原理與應用」呈獻給您。本書是以數位邏輯電路（硬體觀念）開始，做一有系統而深入地探討一微處理機之原理與動作，再引出軟體指令，並相結合成一完整的程式，接著再以微算機系統所應具備的所有軟體與硬體作一一的介紹，全書概分計算機基本原理、系統結構、8 數元微算機系

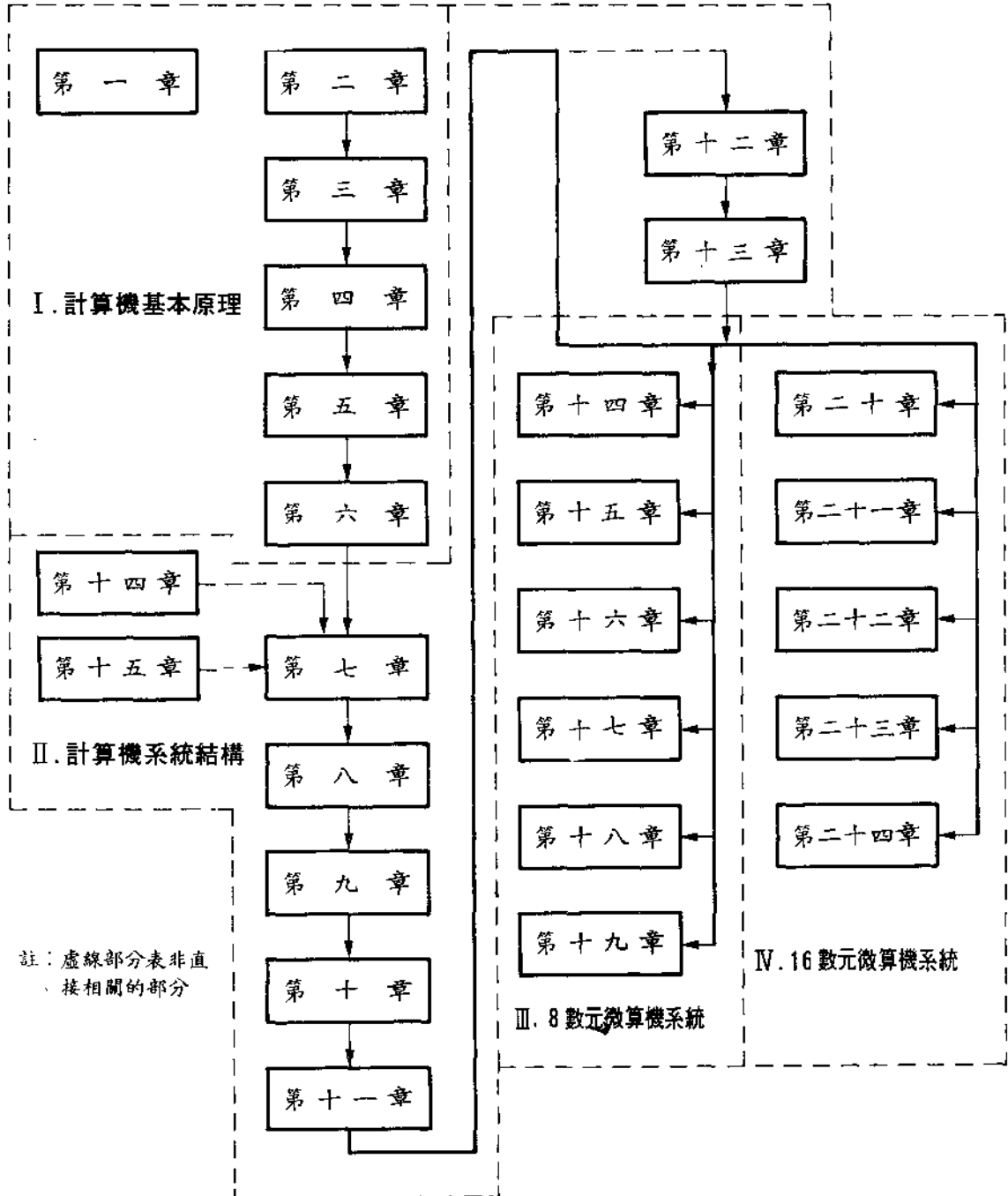
統、16 數元微算機系統等四大部份，每一章節只要您循序漸進、按部就班的去了解與探索，此將無可厚非的令您對微處理機與微算機之軟體與硬體有耳目一新的感覺。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習微處理機方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

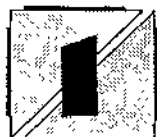
流程圖：



閱讀本書之次序



目 錄



導 論

1-1 計算機的一般結構	2
1-2 計算機的發展	4
參考資料	18
習 題	18



數目系統與數字碼系統

2-1 數目系統的數學基礎	20
2-1-1 基底的變換	21
2-1-2 補數的取法	22
2-2 二進制數目系統	23
2-2-1 二進制→十進制	24
2-2-2 十進制→二進制	25
2-2-3 二進制的四則運算	27
2-3 八進制數目系統	28
2-3-1 二進制→八進制	28
2-3-2 八進制→二進制	29
2-3-3 八進制→十進制	29
2-3-4 十進制→八進制	30
2-4 十六進制數目系統	31
2-4-1 二進制→十六進制	32
2-4-2 十六進制→二進制	32
2-4-3 十六進制→十進制	33
2-4-4 十進制→十六進制	33

2-4-5 十六進制→八進制	34
2-5 BCD 碼	34
2-5-1 加權性數碼	35
2-5-2 非加權性數碼	36
2-5-3 二進碼轉換為格雷碼	37
2-5-4 格雷碼轉換為二進碼	38
2-6 文數字碼	39
2-6-1 5 字元碼	40
2-6-2 6 字元碼	41
2-6-3 7 字元碼	41
2-6-4 8 數元碼	45
2-6-5 Hollerith 碼	48
參考資料	48
習 題	48



數位電路基礎

3-1 基本邏輯閘電路	51
3-1-1 OR 與 NOR 閘	51
3-1-2 AND 與 NAND 閘	53
3-1-3 NOT 閘	53
3-1-4 布林代數的基本性質	54
3-1-5 互斥或閘 (XOR 閘)	54
3-1-6 邏輯閘的等效	57
3-1-7 三態邏輯閘電路	59
3-2 正反器	60
3-2-1 R-S 正反器	60

3-2-2	J-K 正反器	62
3-2-3	T 型正反器	63
3-2-4	D 型正反器	64
3-2-5	鎖定電路	64
3-3	暫存器	65
3-3-1	暫存器與鎖定電路	66
3-3-2	並行載入暫存器	69
3-3-3	移位暫存器	72
3-3-4	資訊的串列轉移	72
3-3-5	並行載入雙向移位暫存器	75
3-4	鏈波計數器	77
3-4-1	二進位鏈波計數器	77
3-4-2	BCD 鏈波計數器	79
3-5	同步計數器	80
3-5-1	同步二進位計數器	81
3-5-2	同步二進位正數——倒數計 器	81
3-5-3	同步 BCD 計數器	82
3-5-4	具有並行載入的二進位計數 器	82
3-6	解碼器與解多工器	86
3-6-1	解碼器(數碼轉換器)	86
3-6-2	解多工器	89
3-6-3	編碼器	90
3-7	多工器與多工暫存器	92
3-8	時序電路	95
3-8-1	語句時間產生電路	95
3-8-2	時序產生器	96
3-8-3	詹森計數器	98
參考資料		100
習題		101

4

算數與邏輯運算

4-1	加法和加法器電路	103
4-1-1	半加器	103
4-1-2	全加器	104
4-1-3	串加器	104
4-1-4	並加器	106
4-1-5	前瞻進位加法器	108
4-2	數目表示法	110
4-2-1	帶號大小表示法	111
4-2-2	1 補數表示法	113
4-2-3	2 補數表示法	116
4-2-4	定點表示法	118
4-2-5	浮點表示法	119
4-3	BCD 加法與其電路	122
4-4	二進制的乘法運算與電路	125
4-5	二進制的除法運算與電路	130
4-5-1	恢復式除法	131
4-5-2	非恢復式除法	133
4-6	邏輯運算	134
4-6-1	基本邏輯運算	134
4-6-2	移位運算	135
4-6-3	比較器	137
4-6-4	錯誤偵測電路	144
4-7	MSI——算術邏輯單元	146
參考資料		148
習題		149

5

記憶器

5-1	記憶器單元導論	151
5-1-1	記憶單元	151
5-1-2	非破壞性讀取與破壞性讀	

取	152	5-8-3	MOS ROM	196
5-1-3	暫時性與永久性記憶器	152	5-8-4*	MOS ROM 198
5-1-4	記憶器的相關術語定義	153	5-8-5*	樹枝矩陣的MOS ROM 198
5-2	記憶器之分類	153	5-8-6*	動態MOS ROM 199
5-2-1	記憶器之分類——位置 區分	153	5-8-7*	ROM的發展趨向 200
5-2-2	記憶器之分類——存取 方式	154	5-9	可規劃ROM(PROM) 202
5-2-3	記憶單元的選取方式	156	5-9-1	雙極性PROM的規劃 202
5-3	靜態RAM	160	5-9-2	MOS PROM的規劃 206
5-3-1	基本原理	160	5-10	可規劃/清除ROM(EPROM) 209
5-3-2	實例說明——2114	162	5-10-1*	Intel 2708 209
5-3-3	記憶器之擴展	162	5-10-2	MOS EPROM的清除 213
5-4	動態RAM	164	5-10-3	Intel 2716 214
5-4-1	基本原理	164	5-11*	電氣規劃/清除ROM(EEPROM ; EAROM) 217
5-4-2	實例說明——2116(4116)	166	5-11-1	SIMOS EEPROM 218
5-4-3	電流暫態及其效應	171	5-11-2	MNOS EEPROM 221
5-4-4	更新	172	5-11-3	CMOS EEPROM 223
5-5	雙極性電晶體RAM	173	5-12	ROM的應用 224
5-6	磁芯記憶器	174	5-12-1	ROM在組合邏輯的應 用 225
5-6-1	基本結構及存取原理	176	5-12-2	ROM在字元產生器的 應用 230
5-6-2	一致電流記憶器存取	178	5-12-3	ROM在數學函數的應 用 234
5-6-3	一致電流記憶器結構	179	5-12-4	ROM在循序邏輯的應 用 239
5-6-4*	三維記憶器	184	5-12-5	ROM應用於計算機中 之微程式規劃 241
5-6-5*	二維記憶器	185	5-13	可規劃邏輯陣列(PLA及其 應用) 243
5-6-6*	2½維記憶器	186	5-13-1	PLA的結構 244
5-7*	內含可定址記憶器(CAM)	187	5-13-2	PLA的規劃 246
5-7-1	CAM的用途	187	5-13-3	PLA的擴展 248
5-7-2	MOS CAM	188		
5-7-3	商用雙極性TTL CAM	191		
5-8	ROM	193		
5-8-1	雙極性ROM	195		
5-8-2	雙極性ROM的規劃	195		

5-13-4	DM 8575/8576 PLA	252
5-13-5	IM 5200 PLA	254
5-13-6	PLA的應用	255
5-14	大容量記憶裝置	256
5-15	資料記錄方法	258
5-16*	磁鼓記憶器	261
5-16-1	儲存媒體及推動	262
5-16-2	讀/寫頭	263
5-16-3	控制器	263
5-17*	磁碟記憶器	264
5-17-1	儲存媒體及驅動	265
5-17-2	讀/寫頭	266
5-17-3	控制器	266
5-18	軟性磁碟	267
5-18-1	儲存媒體及資料排列	268
5-18-2	存取時間	269
5-18-3	讀/寫頭	269
5-18-4	資料儲存格式	270
5-18-5	資料記錄方法	272
5-18-6	控制器	274
5-19*	磁帶記憶器	276
5-19-1	盤式磁帶裝置	276
5-19-2	儲存媒體	277
5-19-3	讀/寫頭與資料格式	277
5-20	卡式磁帶裝置	278
5-20-1	記錄方法及資料格式	279
5-20-2	重複記錄法	280
5-21	電荷耦合裝置 (CCD)	281
5-21-1*	CCD的構造及工作原理	281
5-21-2*	CCD裝置的轉移參數	285
5-21-3*	輸入電路	287
5-21-4*	輸出電路	287
5-21-5	CCD記憶器結構	289
5-21-6	2416/2464 CCD記	

	憶器	293
5-22*	磁泡記憶器	299
5-22-1	磁泡的形成	299
5-22-2	磁泡的物理結構與運動	300
5-22-3	磁泡記憶器結構	303
5-23*	光盤記憶器	304
5-23-1	記憶媒體	304
5-23-2	資料之存取	305
5-23-3	控制系統與除錯	306
	參考資料	306
	習題	307



微處理機動作原理

6-1	暫存器轉移語言 (RTL)	309
6-2	RTL 語言與硬體執行	310
6-2-1	暫存器間之資料轉移	311
6-2-2	多工器與三態邏輯閘	312
6-2-3	記憶器資料轉移	312
6-2-4	算術與邏輯運算	314
6-2-5	移位運算	314
6-3	資料處理單元	315
6-3-1	資料處理單元結構	316
6-3-2	算術邏輯單元	320
6-3-3	狀態暫存器	321
6-3-4	移位電路設計與分析	324
6-3-5	資訊處理單元動作分析	325
6-4	控制單元分析與設計	327
6-4-1	控制單元的結構	328
6-4-2	控制單元電路設計舉例	331
6-4-3	資訊處理單元控制說明	338
6-5	微處理機動作原理	339
6-5-1	處理器單元結構	340
6-5-2	指令摘取與執行	341

6-5-3 指令解碼與CM之關係	343
參考資料	346
習題	346

*：表可省略之章節。