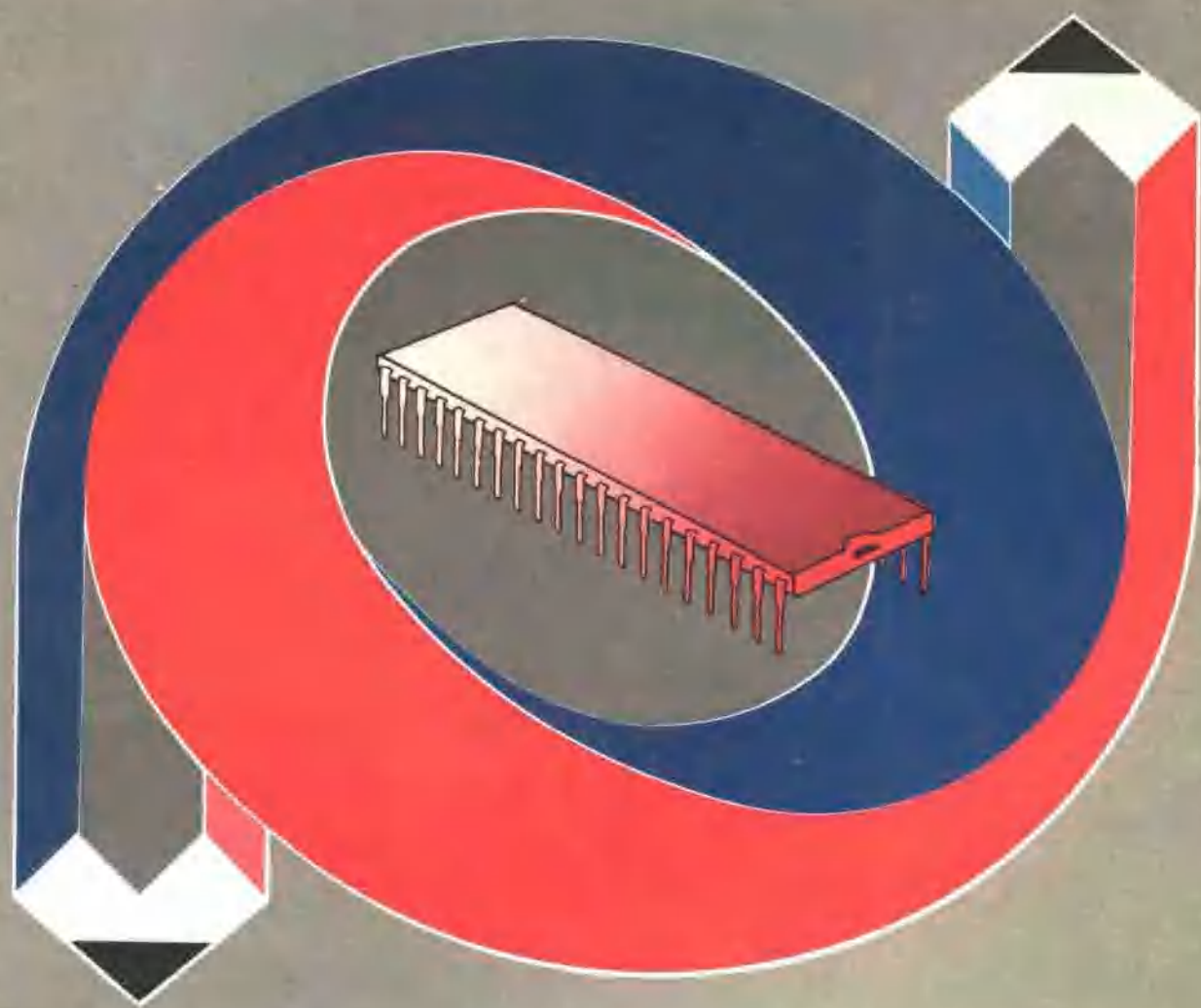


微處理機・微算機原理與應用(II)

——計算機系統結構——

林錦坤・林銘波 編著

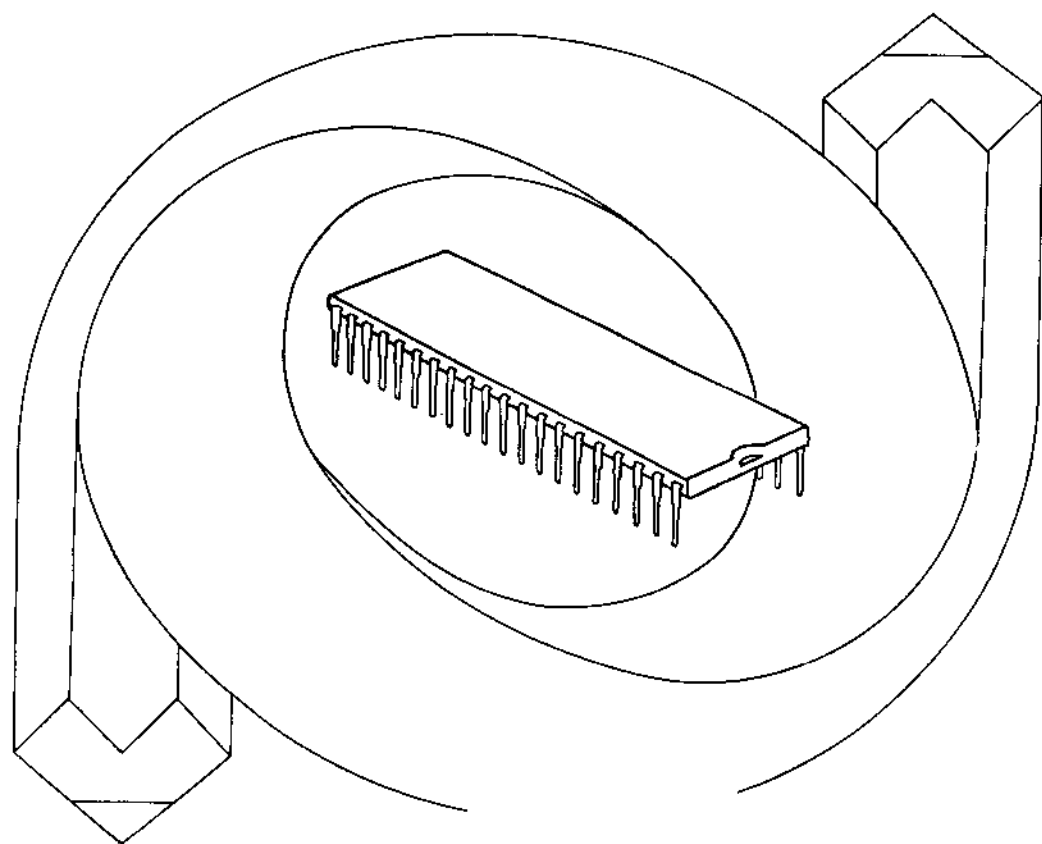


全華科技圖書股份有限公司 印行

微處理機・微算機原理與應用(II)

——計算機系統結構——

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(Ⅱ)
(計算機系統結構)

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：1 0 0 8 3 6
發行人 陳 本 源
印刷者 佳怡彩色印刷廠
定價 新臺幣 260 元
初版 中華民國73年2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，微處理機則成為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。

為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，引出指令做為軟體程式的基礎，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。

為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：

1. 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概念。

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，本章則可提供詳盡的複習資料。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 POM 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分部分，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。

接着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、理論者實際並重，我們以 MC 6809 與 Intel 8085 A 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 MC 6809 及以 GPR 為基礎的處理器 8085A 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) 中所常用的。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，皆有詳細之說明。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體存取 (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，R 6522 (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：簡介微計算機發展系統。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、交越組譯程式、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 數元微計算機系統

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 。然後舉例說明再軟體程式樣本應用。在這部分我們所討論的 μP 包括：Intel 8080A/8085A，Motorola

MC 6800/MC 6809, Rockwell R 6502, Zilog Z-80, RCA COSMAC (CDP 1802), 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：DECPDP-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
林錦坤 於台北

編輯部序

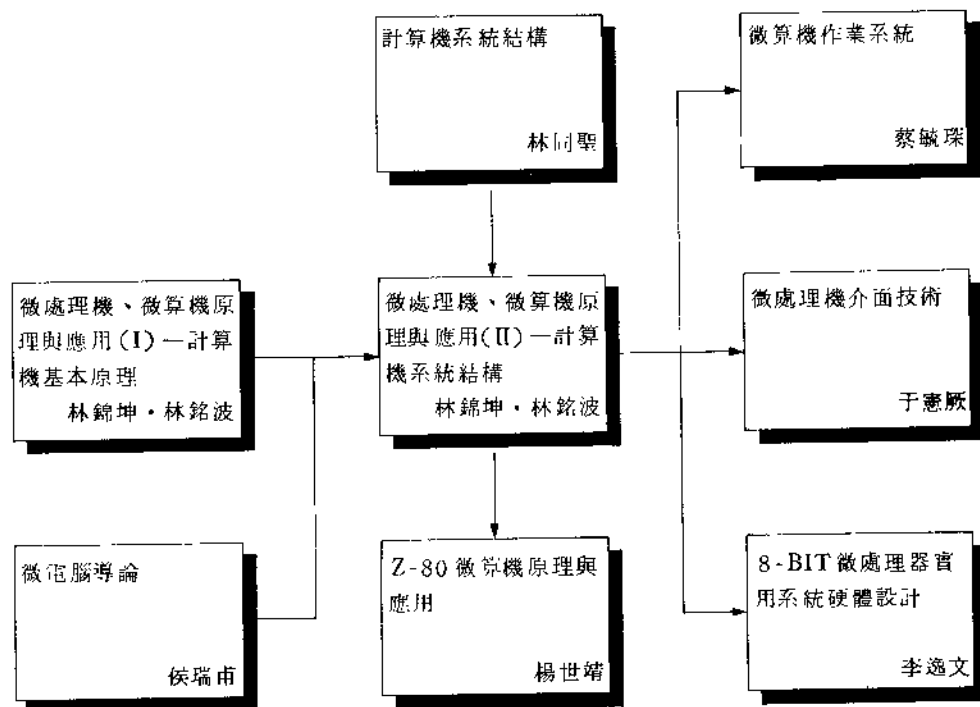
「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

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

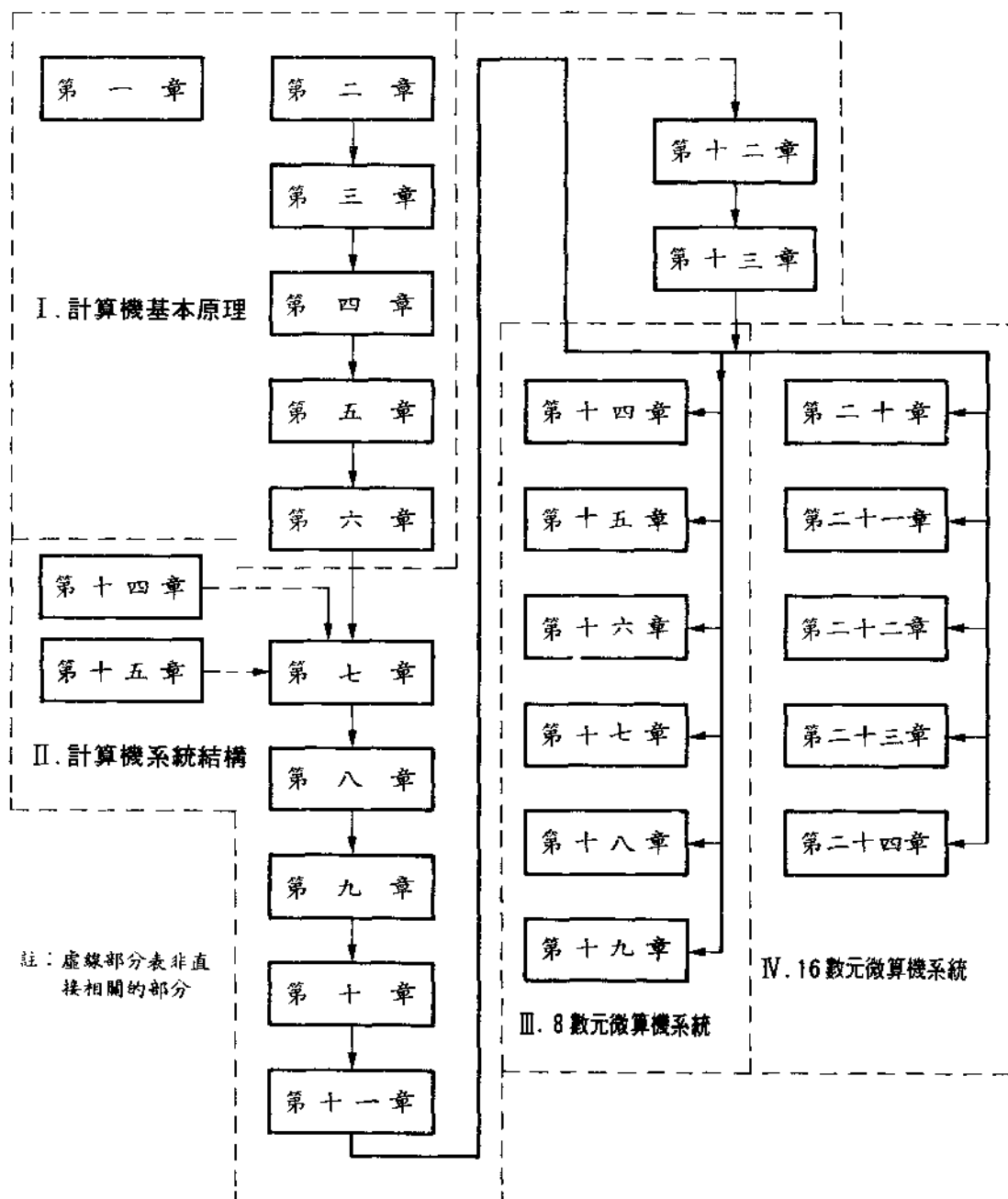
統、16 數元微算機系統等四大部份，每一章節只要您循序漸進、按部就班的去了解與探索，此將無可厚非的令您對微處理機與微算機之軟體與硬體有耳目一新的感覺。

同時，爲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，我們將竭誠爲您服務。

流程圖：



閱讀本書之次序



目 錄



微計算機系統結構與動作

7-1 微計算機之內觀結構	2
7-1-1 累積器處理器之結構	2
7-1-2 MC 6809 之機器指令	4
7-1-3 MC 6809 之指令集	6
7-1-4 機器語言程式與組合語言	7
7-1-5 間接定址方式的功能	10
7-1-6 通用暫存器處理器之結構	12
7-1-7 8085 A 之機器指令	14
7-1-8 8085 A 機器語言程式舉 例	16
7-2 微計算機之外部結構	17
7-2-1 BUS 系統	17
7-2-2 定時信號	20
7-2-3 I/O 埠結構	21
7-3 μP 內部之工作暫存器	21
7-3-1 指令暫存器	21
7-3-2 程式計數器	22
7-3-3 記憶體位址暫存器	22
7-3-4 累積器	23
7-3-5 通用暫存器	24
7-3-6 指標暫存器	25
7-3-7 狀態暫存器	25
7-3-8 堆疊暫存器	25
7-4 讀出與寫入動作	26

7-4-1 CPU 自記憶體或 I/O 裝 置的讀取動作	27
7-4-2 CPU 對記憶體或 I/O 裝 置的寫入動作	28
7-5 記憶體系統基本結構	29
7-5-1 記憶體系統結構(硬體觀 點)	29
7-5-2 記憶體系統結構(軟體觀 點)	34
7-6* 記憶體映成與處理	37
7-6-1 記憶體映成	37
7-6-2 記憶體處理	39
參考資料	41
習 題	42



組合語言與程式規劃

8-1 組合語言	44
8-1-1 機器語言與組合語言	44
8-1-2 組合語言格式	45
8-1-3 假指令與位置計數器	47
8-1-4 表式	51
8-1-5 組譯期間、裝載期間與執 行期間之動作	51
8-2 組合語言	52
8-3 程式的產生與執行	54
8-4 組譯程序與組譯程式	56

8-5	連繫與裝載程序	59
8-6	程式規劃	61
8-6-1	各步驟之定義	62
8-6-2	問題定義	64
8-6-3	程式設計	65
8-6-4	寫碼	70
8-6-5	測試與除錯	72
8-6-6	程式的維護	75
	參考資料	75
	習題	75



指令定址方式與動作

9-1	指令與指令型式	77
9-1-1	四位址指令	77
9-1-2	三位址指令	78
9-1-3	二位址指令	79
9-1-4	單位址指令	79
9-1-5	零位址指令	80
9-2	指令之定址方式	82
9-2-1	單元定址方式	82
9-2-2	多元定址方式	82
9-3	位置獨立編碼程式	92
9-4	指令動作分類說明	93
9-4-1	指令格式	94
9-4-2	狀態位元	95
9-4-3	資料轉移指令	97
9-4-4	算術運算指令	97
9-4-5	一些單運算元指令	99
9-4-6	邏輯運算指令	100
9-4-7	循環移位與移位指令	101
9-4-8	精確制加算與減算	103
9-4-9	乘法與除法	104
9-4-10	十進制算術運算	105

9-4-11	程式控制指令	112
9-4-12	I/O 指令	114
	參考資料	115
	習題	115



副程式・中斷與TRAP

10-1	副程式	117
10-1-1	堆疊	117
10-1-2	副程式的呼叫方式	117
10-1-3	副程式參數傳遞方式	123
10-1-4	利用堆疊的參數傳遞	127
10-1-5*	更深一層的副程式觀念	130
10-1-6	副程式呼叫與歸回指令	134
10-2	中斷	134
10-2-1	中斷的需要	135
10-2-2	處理器對中斷要求之處理	135
10-2-3	導向與非導向中斷	139
10-2-4	多層次中斷與優先權中斷系統	142
10-2-5	中斷辨認與輪呼	145
10-3	TRAP 與軟體中斷	147
10-3-1	程式的例外	147
10-3-2	TRAP	147
10-3-3	軟體中斷	148
	參考資料	149
	習題	150



輸出界面與 I/O 裝置

11-1	I/O 結構基本類型	151
11-1-1	輸入埠與輸出埠	151
11-1-2	孤立式 I/O 結構	153
11-1-3	記憶體映成 I/O 結構	154

11-2 I/O轉移控制的基本觀念	157
11-2-1 I/O轉移的啟動方式	158
11-2-2 來復式控制的資料轉移	160
11-3 時序與界面考慮	162
11-3-1 實際上的界面問題	162
11-3-2* I/O時序考慮	170
11-4 資料緩衝器 (FIFO)	173
11-5 鍵盤與開關	176
11-5-1 十六進制鍵盤輸入裝置	176
11-5-2 使用通用 I/O 界面晶片構成的鍵盤界面	180
11-5-3 ASCII 鍵盤——鍵盤編碼器晶片	182
11-6 UP 與卡式錄音機之界面	187
11-7 顯示器系統	190
11-7-1 數字顯示器	190
11-7-2 字母與數字顯示器	195
11-7-3 CRT 顯示器	197
參考資料	201
習題	201



常用的 I/O 裝置界面晶片

12-1 可規劃定時器 / 計數器	203
12-1-1 Z-80 CTC	203
12-1-2 Intel 8253 可規劃定時器 / 計數器	209
12-2 並行週邊界面	215
12-2-1 基本原理	216
12-2-2 Intel 8255 PPI	219
12-2-3 MC 6820 (R 6520) PIA	229
12-2-4 Z-80 PIO	235
12-2-5 MC 6522 (R 6522)	

) VIA	240
12-3 DMA 控制資料轉移	252
12-3-1 DMA 基本原理	252
12-3-2 Intel 8257 DMA 控制器	255
12-4 通用異步資料接收發送器	261
12-4-1 串列資料傳輸格式	261
12-4-2 並行 / 串列界面——UART	263
12-4-3 收訊端對串列資料的同步	265
12-4-4 鮑速率 (Baud Rate)	267
12-4-5 MC 6850 UART	269
12-5 S 68045 (MC 6845) CRT 控制器	276
12-5-1 內部結構與接腳配置	277
12-5-2 各接腳功能說明	277
12-5-3 控制暫存器	280
12-5-4 內部計數器	286
12-6* 可規劃鍵盤 / 顯示器界面晶片 Intel 8279	289
12-6-1 接腳分佈與意義	291
12-6-2 功能描述	292
12-6-3 動作原理	293
12-6-4 模式設定	295
12-6-5 其它考慮	299
12-7 標準界面 BUS——GPIB (IEEE-488)	301
12-7-1 GPIB 結構	302
12-7-2 GPIB 資料轉移程序	304
12-7-3 GPIB 界面技術	308
12-7-4 典型的來復式控制程式	314
12-8 RS 232C 界面標準	317
參考資料	325

習 題	326
-----	-----



微算機發展系統簡介

13-1 系統發展的步驟	327
13-2 μC 發展系統 (MDS)	328
13-3 PROM 規劃器	329
13-4 編譯程式	330

13-5 交越組譯程式	331
13-6 模擬器	333
13-7 ICE (In Circuif Emula- tor , 內線電路模擬器)	336
13-8 邏輯狀態分析儀	337
參考資料	339
習 題	339

* : 表可省略而不失本書連貫性之章節。

1 微算機系統結構與動作

由於 LSI 技術之進步，將資訊處理單元與控制單元製造於同一晶片上，已是不成問題，此種將資訊處理單元與控制單元以 LSI 技術製造於同一晶片上者，即稱之微處理機 (Microprocessor, μP)。利用此種晶片，即可輕易地以少數之 IC 組成一部計算機，稱之微算機 (Microcomputer, μC)。有些 μP 製造廠家直接將微算機之電路以 VLSI 技術製造於同一晶片上 (包括 μP , I/O 界面及記憶器)，這種微算機稱為單晶片微算機 (Single Chip μC)。

微算機系統之基本組件如圖 7-1 所示，大致可分成四大單元；微處理機 (μP , CPU)、記憶器單元 (ROM 與 RAM)、輸入單元 (包括輸入裝置與界面電路) 與輸出單元 (包括輸出裝置與界面電路)。其中微處理機包含控制單元與資訊處理單元 (因其主要單元為 ALU，故有時即以此代稱處理器單元)，是微算機之心臟，有時也稱為中央處理單元 (Central Processing Unit) 或稱為微處理機單元 (Microprocessor Unit, MPU)。

微處理機與微算機之關係，可以圖 7-1 加以說明，微處理機一般均含於微算機中。微算機則除了含有微處理機外，尚結合了記憶器單元與 I/O (Input/Output) 裝置。

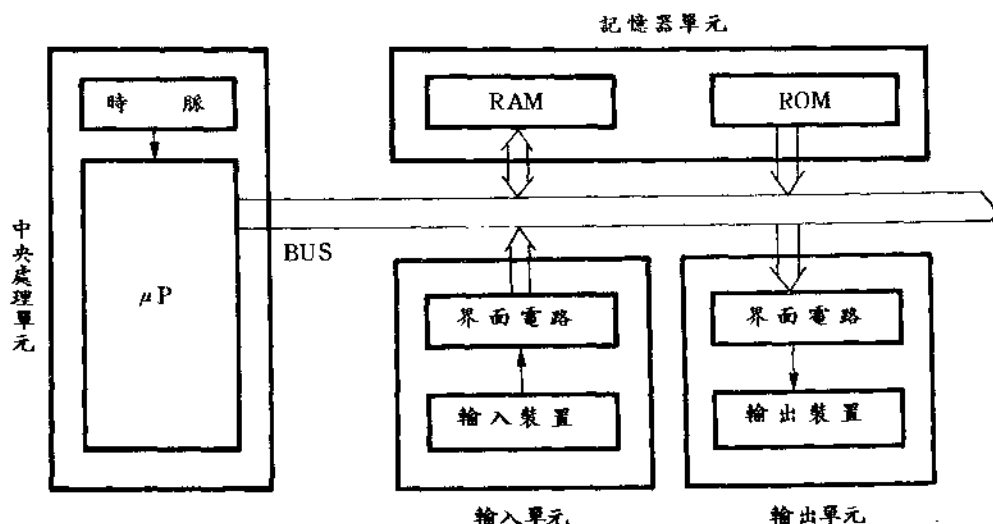


圖 7-1 微算機系統之基本組件