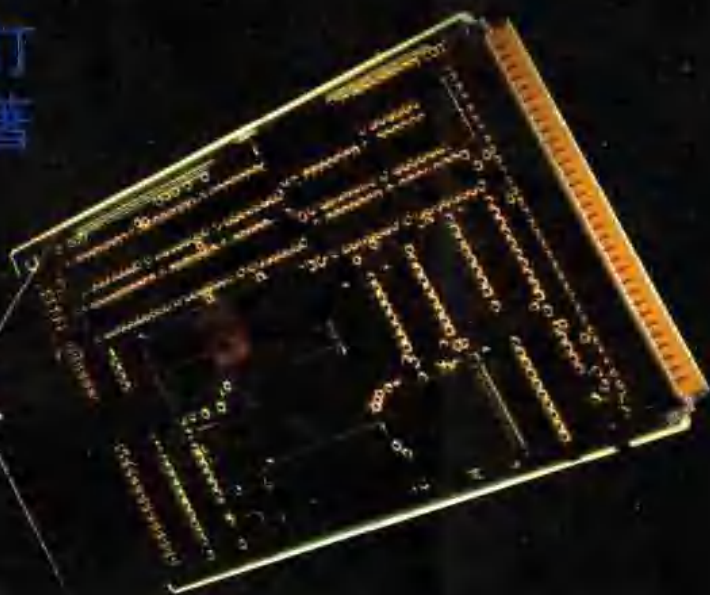


微電腦學

上 冊

秦守仁 校訂
李華敏 編著



大中國圖書公司印行

微 電 腦 學

上 冊

秦守仁 校訂
李華敏 編著

大中國圖書公司印行

翻印必究

版權所有

微電腦學上冊

編著者：李 華 敏

校訂者：秦 守 仁

發行人：薛 瑜

出版者：大 中 國 圖 書 公 司

印刷者：台北市重慶南路一段66號

電 話：311-1487

郵 撥：261.9號

登記證：局版台業字第0653號

中華民國七十二年元月初版

基本定價五元五角

編號：901

序

今天真可說是“微電腦時代”，無論國內外，凡各行各業莫不重視微電腦，以免落伍。此外，就是各種新產品應市，凡是搭上微電腦線的話，亦莫不受消費者們的刮目相看！

因此，爲了迎合此種時代的需要，各大專院校、高工職校、訓練單位及補習班等，亦莫不爭相投下鉅資購置微電腦設備，增開“微電腦”班次及課程，誠可謂舉國上下均展開大辦微電腦運動的高潮！

不過，凡執教過微電腦的先進，或想研習微電腦的朋友們，大都又深深感覺到，目前市面上的微電腦之類書刊雖夥，然可供做教材，或能搔著癢處而讓初學者徹底了解者却不多，所以常常打消想學微電腦朋友們的熱誠。

微電腦的學習，應軟體與硬體同時並重，如果祇學軟體的話，祇能說是學了如何編寫程式，對於整個微電腦的觀念，相信仍是一知半解。本書的編撰，目的在提供一清晰的微電腦系統觀念，俾使學者能真正瞭解，甚麼是微電腦？微電腦作甚麼用？微電腦又是如何建立的？

許多友人及同學，常詢問筆者：如何學微電腦，學了微電腦以後有甚麼用？學微電腦是否就是學如何編寫程式？諸如此類的問題，在你讀完本書後，你應能確實瞭解到微電腦系統觀念的廣泛與其應用。

大家都知道，微電腦的主要單體即爲“微處理器”，且其型名亦多。本書係綜合我們對各廠家微電腦的研習心得，並參閱國內外此類專著數十本之精華，特選定公認最具代表性與發展潛力的 Z-80 微電腦處理器來談微電腦。

我們認爲學習微電腦最好的方式，是針對某一機種專心學習之，

待融會貫通之後，欲學習他種微電腦系統當亦不難。我們之所以選定 Z-80 微處理器是因為它是目前公認結構最佳，功能最全，指令最強的 8-bit 微處理器，學會了 Z-80 微處理器，其他各型的 8-bit 微處理器相信學習起來更易如反掌。

本書除了第一章完全採用中譯名稱外，其餘各章內，諸如 bit, byte, word, bus 等。我們仍採用原文，其目的是方便讀者閱讀。畢竟，目前中譯名稱尚未統一。

本書之成，歷時年餘，其間承蒙宏碁公司段曉雷先生，朱和昌先生，王安電腦公司段鍾潭先生提供許多寶貴資料，師大輔研所李玉美同學協助謄稿與章節次序上的建議，謹此一併致謝！

本書之編撰，雖審慎取捨，細心校訂，然舛誤之處仍恐難免，敬祈各界先進及熱愛本書的讀者們不吝賜教，俾得再版時修正。

秦 守 仁
李 華 敏 謹識於陸軍通信電子學校

中 華 民 國 七 十 一 年 十 二 月 七 日

微 電 腦 學

上 冊 目 錄

序

第一章 微電腦簡介.....	1
1-1 微處理器的起源.....	2
1-2 微處理器的定義.....	7
1-3 微處理器的種類.....	9
1-3-1 微處理器的種類.....	9
1-3-2 從半導體技術分.....	10
1-3-3 從指令產生的觀點分.....	11
1-3-4 從用途上分.....	11
1-4 微電腦的定義.....	11
1-5 微電腦的種類.....	12
1-5-1 以外型之不同來分.....	12
1-5-2 以字組長度來分.....	14
1-6 微處理器系統.....	15
1-6-1 硬體與軟體分類.....	15
1-6-2 系統概念.....	17
1-7 微處理器的重要性與應用.....	22
1-7-1 微處理器的重要性.....	22
1-7-2 微處理器的應用.....	23
1-8 術語淺釋.....	32

1-9 結論.....	58
參考書目.....	59
習題.....	60
第二章 數目系統與數位碼	62
2-1 數目系統.....	63
2-1-1 十進位數目系統.....	63
2-1-2 二進位數目系統.....	66
2-1-3 八進位數目系統.....	73
2-1-4 十六進位數目系統.....	81
2-2 二進位碼.....	91
2-2-1 二進位十進制碼 (B C D).....	91
2-2-2 特殊的二進位碼.....	95
2-2-3 文數字碼.....	96
2-3 二進位算術運算.....	103
2-3-1 二進位加法運算.....	104
2-3-2 二進位減法運算.....	106
2-3-3 二進位乘法運算.....	108
2-3-4 二進位除法運算.....	112
2-3-5 負數表示法.....	114
2-3-6 2's 補數算術運算.....	120
2-3-7 10's 補數算術運算.....	122
2-3-8 2's 補數減法運算.....	124
2-3-9 帶正負號數目算術運算.....	126
2-4 布林運算.....	130
2-4-1 AND 運算.....	130

2-4-2	O R 運算	133
2-4-3	X O R 運算	135
2-4-4	Invert 運算	136
2-5	浮點格式	137
	參考書目	143
	習題	143
第三章	記憶體	147
3-1	基本記憶體觀念	149
3-1-1	正反器 / 1-bit 暫存器	149
3-1-2	正反器時序的基本概念	150
3-1-3	正反器的時序	152
3-1-4	M - B I T 暫存器	153
3-1-5	記憶體	154
3-2	記憶器的分類	157
3-2-1	半導體記憶器的分類	158
3-2-2	隨機存取記憶器的分類	159
3-2-3	循序存取記憶器的分類 (半導體)	160
3-3	半導體記憶器的內部結構	161
3-4	記憶器的時序與運算	168
3-4-1	讀取運算	171
3-4-2	寫入運算	174
3-4-3	讀取 - 修正 - 寫入運算	178
3-5	記憶體系統	180
3-6	記憶體工業技術	182
3-7	R O M 系統	184

3-7-1	罩蓋ROM	187
3-7-2	PROM	189
3-7-3	EPROM	193
3-7-4	EEPROM	207
3-8	RAM	214
3-8-1	RAM的種類	214
3-8-2	靜態MOS RAM	218
3-8-3	動態MOS RAM	222
3-8-4	準靜態RAM或虛靜態RAM	228
3-9	循序存取記憶器(半導體)	231
3-9-1	磁泡記憶器	235
3-9-2	CCD記憶器	247
3-10	術語淺釋	254
	參考書目	260
	習題	261

第四章 Z-80 微電腦硬體結構 263

4-1	Z-80 微電腦硬體系統介紹	264
4-1-1	微處理器	266
4-1-2	時序電路	266
4-1-3	重置	266
4-1-4	記憶器	267
4-1-5	輸入/輸出單元	267
4-2	EDU-80 微電腦系統結構介紹	269
4-3	BUS系統	273
4-3-1	記憶器和微處理器間的連接	273

4-3-2	輸入 / 輸出設備與微處理器的連接	277
4-3-3	系統 bus	278
4-4	記憶體	280
4-4-1	記憶體基本概念	280
4-4-2	記憶體的高位置與低位置	282
4-4-3	記憶體位址空間	283
4-4-4	記憶體位址分配	284
4-4-5	記憶體分頁結構	286
4-5	Z-80 微處理器的內部結構	288
4-5-1	控制單元、ALU、累積器及旗號	288
4-5-2	暫存器	290
4-5-3	算術與邏輯單元	336
4-6	Z-80 微處理器的內部流程	339
4-6-1	指令執行週期	339
4-6-2	Z-80 微處理器內部方塊結構分析	346
4-6-3	指令型式	351
4-6-4	Z-80 微處理器的指令執行	356
4-7	Z-80 微處理器的接腳說明	379
4-8	術語淺釋	386
	參考書目	408
	習題	408

第五章 Z-80 指令集 410

5-1	簡介	411
5-2	指令的類別	411
5-2-1	資料傳送	411

5-2-2	資料處理	412
5-2-3	測試與跳躍	414
5-2-4	輸入 / 輸出	415
5-2-5	CPU 控制指令	415
5-3	Z-80 指令集	415
5-3-1	簡介	416
5-3-2	資料傳送指令	416
5-3-3	資料處理指令	439
5-3-4	測試與跳躍	467
5-3-5	輸入 / 輸出指令	484
5-3-6	CPU 控制指令	488
5-4	未經正式發表的指令	491
5-5	術語淺釋	494
	參考書目	495
	習題	496

第六章 定址技巧 498

6-1	定址的可能方式	499
6-2	Z-80 定址方式	509
6-3	Z-80 定址方式的使用	532
6-4	結論	546
	參考書目	547
	習題	547
附錄 A	ASCII 碼	549
附錄 B	EBCDIC 碼	550
附錄 C	64K 記憶圖	552

附錄 D	Z - 80 指令集 (以字母順序排列).....	555
附錄 E	Z - 80 指令集 (以數目順序排列).....	563
附錄 F	8080 與 Z - 80 指令對照表.....	572
附錄 G	相對跳躍表.....	575
附錄 H	十進位對 B C D 轉換表.....	576

微 電 腦 簡 介

1

～微電腦早已成為我們生活的一部份，在可預見的將來，它將主宰著人類的生活，從食、衣、住、行、育、樂到各方面，微電腦可說是第二次工業革命的領導者～

1-1 微處理器的起源

在 1970 年左右，桌上型電算機正處於開發階段，許多電算機製造商爲了市場的競爭，必須不斷地降低成本，以促使產品的暢銷，因而轉向研製大型積體 **LSI** (*Large Scale Integration*) 電路，將電算機的中央運算 IC 利用半導體的高級發展技術予以集中，使得原來需要 20 ~ 30 個 IC 的裝置減少到僅須 3 ~ 4 個。當時由於各公司所製作的此類 IC 大多數均爲桌上型電算機所使用的 **LSI**，且其功能大致相同，有時爲了更改一小部份的功能，整個 **LSI** 就必須重新設計製作，以致成本負擔過重。因此，許多電子工程師、製造商，就不斷地在考慮一個問題：「如何能夠改變一小部份，即能將整個系統功能改變。」。此即爲微處理器 (*Microprocessor*) 基本雛型的構思。

論及微處理器的根源，得感謝日本一家名爲“Busicom”的計算器製造廠商。在 1969 年夏季，Busicom 公司要求 Intel 公司製造一套矽晶片，以供其計畫中的高性能及可程式化的計算器使用。

馬錫安·E·荷夫 (Marcian E. “Ted” Hoff, Jr.) 是個史丹福大學畢業的年青工程師。他在 1968 年加入 Intel 公司，當時 Intel 才僅不過有十一個人而已，連他算上剛巧湊足一打。由於他在系統和應用方面的經驗，所以 Busicom 所委託的這項專案研究，就落在他頭上。當時，Busicom 公司派了一組設計人員遠渡重洋，來到 Intel 公司，荷夫在看過該組設計人員所發展出來的設計之後，就斷定這些設計太過複雜，不合成本要求。依照 Busicom 的設計，該套裝置含有 12 塊矽晶片，每塊晶片必須包含 3,000 ~ 5,000 個電晶體，而且外殼包裝有 36 ~ 40 個接腳。

荷夫過去曾使用過迪吉多 (DIGITAL) 電腦公司的 PDP-8，

所以對於 PDP-8 的簡章結構和 Busicom 的複雜設計所造成的顯著對比，感到非常地驚訝。PDP-8 的指令群雖然簡單，但由於具有一容量很大的記憶裝置，所以能夠執行高度複雜的控制和算術運算。當時，由於 Intel 公司已開始製出一些密度較高，成本較低的 MOS 記憶器；因此，荷夫認為：只要增加記憶器的功能，就能減少 Busicom 設計中的隨機邏輯電路，並可降低成本。

荷夫認為：減少基本指令的複雜性，並用一 ROM 來儲存程式，即可執行一系列的算術運算，同時還可作鍵盤掃描（Keyboard Scan）、除跳（Debounce）、顯示幕維持（Display Maintenance）以及其他功能。如此而設計出來的將是一部更具通用性的處理器，而其所能作的範圍，必超過計算器原有者。因此，他建議 Intel 公司展開此一計劃，來界定這樣的處理器。Intel 公司的高級主管非常支持此一構想，於是這一計劃隨即展開。

Busicom 的計算器設計規格，是促成 Intel 公司尋求一更簡單處理器的開端。對 BCD 的算術運算而言，採用 4 位元（bit）似乎是最自然不過的事。Busicom 這一系列的計算器中，其功能和所需的暫存器（Register）數目皆各自不同。為了配合其所要求的適應性，所以 Intel 決定採用三塊晶片的設計：一塊晶片是 CPU；一塊晶片是 ROM，以作為程式記憶之用；另一塊晶片是 RAM，以作為資料記憶之用（後來又加上一塊移位暫存器晶片（Shift Register），以供輸出擴展之用）；至於計算器中所包括的 ROM 和 RAM 數目，則隨機型之不同而異。

接下來的另一重要問題，是要確定該設計是否能以較低的成本來製造。李士·華達斯（Les Vadasz）是 Intel 公司 MOS 設計小組的負責人，他對荷夫提供了甚有價值的協助；他曾參加荷夫的這一專案研究計劃，同時也對該處理器的設計貢獻了幾項結構上的改良。該

研究小組最初所研製出來的晶片，大約含有 1900 個電晶體（在最後形式的 4004 CPU 中，則含有 2300 個電晶體）。Busicom 當局有鑑於 Intel 公司所作的設計簡單且應用範圍又廣，所以他們最後決定採用 Intel 的設計。但是，由於當時的 Intel 公司之設計人員甚少，且又在積極發展記憶產品，所以這項工作直到費德利克·費金（Fodrico Faggin）於 1970 年春季加入 Intel 公司後，才稍有進展。

費金（後來創設 Zilog 公司，並任總裁）原來是在快捷（Fairchild）半導體公司從事程序發展的工作。當他來到 Intel 公司後，很快就把握住此一新處理器的概念，並對於此設計用 MOS 來製造感到樂觀。費金的工作速度極快，在和 Busicom 公司的設計小組密切工作下，不過僅九個月的光景，就做出 4 個晶片來，這成為後來的 MCS-4 微電腦系統。

這組新晶片由於合約的限制，僅能賣給 Busicom 公司。但是，到了 1971 年的夏季，由於計算器生意的競爭愈來愈激烈，Busicom 公司央求 Intel 公司降低其所供應的計算器零件（晶片）的售價；經過雙方的磋商談判，Intel 首肯降價，但却因此而獲得權利將該組晶片賣給其他非用於計算器方面的顧客。

經過內部激烈的爭論之後，Intel 決定利用該組新晶片來介入電腦市場。當時正是大型電腦鼎盛的時候，但 Intel 行銷部門主管艾德·吉爾貝（Ed Gelbach）瞭解微電腦的潛力極大，絕非僅囿於作為迷你電腦的代用品而已，而可當成一種“智慧”來加入許多產品中。但當時 Intel 公司僅能提供有限的軟體和發展工具來支持這一類全新的產品。因此，Intel 公司雖能對其主要客戶提供一些協助，但不得不警告其他的客戶，要他們培養自己的設計人才。

到底要不要正式對外宣布 MCS-4 微電腦系統，在 Intel 公司裡

又形成了二派不同的意見且彼此僵持不下，直到1971年的初秋才解開僵局。Intel公司的管理當局終於決定要展開行動，而第一幅廣告也就在當年11月中旬出現於“電子新聞”中。MCS-4在當年於拉斯維加斯所舉行的秋季電腦大展（Fall Joint Computer Conference）中，引起參觀人員及業者相當大的興趣，也帶給Intel公司極大的信心。

至此，MCS-4微電腦系統成為史上第一台微電腦系統，而其四個晶片中的Intel 4004 CPU晶片（可程式化微處理器），則為電子史上第一塊微處理器。Intel 4004為一個4位元（bit）的中央處理器，可作二進制或BCD兩種運算。Intel 4004包括一個4位元的並行加法器（Parallel Adder）、十六個4位元的暫存器、一個累積器（Accumulator簡作ACC）和一個堆疊器（Stack）。MCS-4微電腦系統的另三個晶片為代號為4001的唯讀記憶器（ROM）、代號為4002的隨機存取記憶器（RAM）與代號為4003的10位元移位暫存器。

Intel 4004的指令祇有46個，並不算大，但是對於需要“作決定”（Decision Making）的控制場合是很合適的，這一類的控制場合一般很不容易由可規劃的邏輯陣列（Programmable-Logic Array，簡稱為PLA）來完成；同時此種控制場合也不須要大量的數學運算。Intel一次可處理4個位元的資料，每秒可執行100,000次兩個4位元運算元（4-bit Operand）的加法運算。

1969年末，在美國德州聖安東尼市專門製造智慧型終端機以及小型電腦系統的電腦終端機公司（Computer Terminals Corporation；亦即現在的Datapoint公司），要求Intel公司替它的一種新智慧型終端機（Intelligent Terminal）—Datapoint 2200—發展出控制CRT終端機的處理器晶片。Intel成功了！並