

微 电 脑 精 华

明达 编著

电 脑 技 术 社

73.8723
542

微電腦精華

黃明達 編著



微電腦精華

出版：電腦技術社

北角渣華街19號A地下

承印：嶺南印刷公司

香港西環西安里13號

· 一九八二年三月版 ·

序

一、編著動機

作者於神通、宏碁、精華等電腦公司，任職及任教期間，先行接觸 INTEL 8080 微處理機 (microprocessor)，爾後，復而研究 Zilog Z-80 微處理機，深深覺得，目前缺乏一本以深入淺出之文詞，來探討微處理機理論與實務之書籍，有鑑於此，故編纂此書，將數年來教學之資料與研究心得，匯集成書，以廣讀者。

二、適用範圍

本書內容，先從電腦基本概念開始闡述，爾後，再述及 Z-80 微處理機特性、Z-80 組合語言 (Assembly Language)、Z-80 組合語言應用實例及界面 (Interface) 等，適合於有志了解微處理機之人士或大專院校及高工學校電算、電子、電機等相關科系學生之研讀。

三、內容特色

本書系作者在教授微處理機科目十餘次後，加以綜合整理，內容力求“原理之闡述”，將微處理機之奧妙，詳以闡述，盼讀者於閱讀後，對於微處理機，非但擁有“知其所以”之認識，更能達到“知其所以然”之境域，此乃作者最大之期望。

目 錄

序

第一章 微電腦簡介 1

第一節 電腦五大部門	1
第二節 微處理機簡介	3
第三節 微處理機與一般CPU之不同	3
第四節 微處理機與微型電腦之不同	4
第五節 微處理機歷史	5
第六節 微處理機應用	6
第七節 簡單的微型電腦方塊圖	6
第八節 結論	10
討論	11

第二章 Z-80微處理機簡介 13

第一節 Z-80 CPU方塊圖 (Block Diagram)	13
第二節 Z-80 CPU 暫存器 (Register)	16
第三節 結論	40
討論	41

第三章 Z-80組合語言 43

第一節 組合語言簡介	43
第二節 組合指令說明	44

第三節 結論.....	253
-------------	-----

第四章 組合程式應用實例 255

第一節 實例研討.....	255
---------------	-----

第二節 結論.....	285
-------------	-----

第五章 Z-80 微處理機 287

第一節 資料輸入輸出方法之介紹.....	287
----------------------	-----

第二節 Z-80 CPU 釘腳之說明.....	293
-------------------------	-----

第三節 Z-80 CPU Timing.....	300
--------------------------	-----

第四節 結論.....	312
-------------	-----

討論 314

第六章 PIO 界面 315

第一節 簡介.....	315
-------------	-----

第二節 P I O 特性.....	316
-------------------	-----

第三節 P I O 方塊圖.....	318
--------------------	-----

第四節 P I O 釘腳說明.....	324
---------------------	-----

第五節 P I O 應用實例.....	328
---------------------	-----

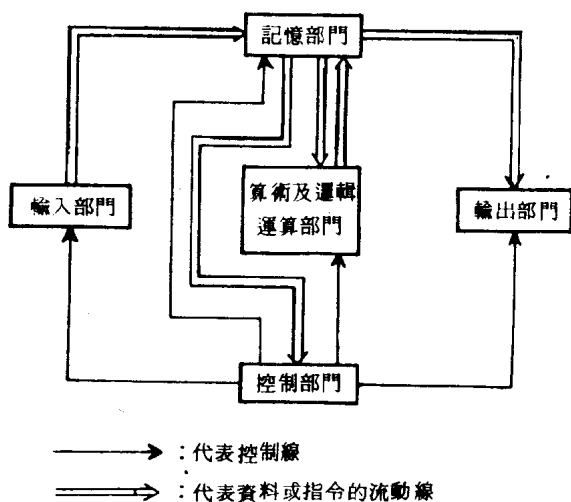
第六節 結論.....	334
-------------	-----

討論 335

附錄一	指令頁碼表 (依指令英文字母順序排列)	337
附錄二	指令機器碼 (依指令英文字母順序排列)	342
附錄三	指令機器碼 (依機器碼大小順序排列)	348
附錄四	指令對旗幟影響之總表	354
附錄五	指令特性總表	355
附錄六	參考解答	366
索 引		369

第一章 微電腦簡介

第一節 電腦五大部門



上圖為電腦五大部門及各大部門之間的關係圖，茲說明如下：

一、輸入部門 (Input Unit)

使用者程式 (Program) 或資料 (Data) 要輸入 (Input) 到電腦時，都經由輸入部門輸入，譬如、可將程式或資料打在卡片上 (Card) 上，然後由讀卡機 (Card Reader) 讀入電腦。

二、記憶部門 (Memory Unit或稱Storage Unit)

由輸入部門輸入的程式或資料，會存在此記憶部門。記憶部門，即一般所指的主記憶體 (Main Storage 或稱 Main Memory)，其主要目的是用來暫時儲存使用者程式與資料，譬如，前述卡片上的程式或資料由讀卡機輸入到記憶部門。

三、算術及邏輯運算部門 (Arithmetic and Logic Unit, 簡稱ALU)

此部門主要目的是執行算術運算或邏輯運算。使用者使用電腦主要目的是借助電腦執行各種運算，所以資料由輸入部門輸入到記憶體後，如果要執行運算，電腦會依據使用者程式的控制，將資料送到ALU運算後，再擺回記憶部門。譬如，前述卡片上的程式與資料由讀卡機讀入記憶體後，經由使用者程式的控制，將資料送到ALU執行運算，運算完畢，再將結果擺回記憶體。

四、輸出部門 (Output Unit)

資料經ALU運算後，有了結果，若要將這些結果作永久或暫時性儲存時，得將這些結果輸出到輸出部門。譬如，上述例子中，運算後有了結果，可以將這些結果輸出到報表紙上。

五、控制部門 (Control Unit)

電腦的所有動作，例如，資料的輸入、資料的運算、資料的輸出等都是由控制部門控制之。記憶體內所存的指令 (Instruction)，會傳到控制部門，以控制所有活動。

以上的記憶部門、算術及邏輯運算部門 (ALU) 和控制部門等三個部門，合稱為中央處理機 (Central Processing Unit, 簡稱CPU)。

一般的CPU是包括上述三個部門，但不少電腦系統，所稱的CPU只包括ALU及控制部門。譬如，大部份微型電腦系統中，因其ALU及控制部門是裝在一片如大拇指大小的積體電路晶片 (Chip) 內，該片即稱之CPU或稱之微處理機 (Microprocessor)，例如，INTEL公司8080微處理機，ZILOG公司Z-80微處理機均是。

第二節 微處理機簡介

微處理機 (Microprocessor) 相當於大型電腦的中央處理機 (Central Processing Unit, 簡稱 CPU), 只不過微處理機的功能較少而已, 功能雖是少了一點, 但“麻雀雖小, 五臟俱全”, 大型電腦 CPU 內該有的東西, 微處理機還是要具備。

第三節 微處理機與一般 CPU 之不同

為什麼微型電腦 (Microcomputer) 的 CPU, 我們又特別給它一個新的名詞“微處理機”, 其源自:

- (一) 微處理機是裝在一片積體電路 (Integrated Circuit, 簡稱 IC), 該 IC 的寬度與長度就如大姆指大小而已; 至於一般的大、中型電腦之 CPU 都是由數片的印刷線路板 (Printed Circuit Board, 簡稱 PC Board) 組合而成, 每片印刷線路板內裝有不少的 IC; 所以就體積而言, 微處理機是小的多了。
- (二) 微處理機非常的便宜, 在台灣零售的價格, 一片微處理機售價, 約新臺幣二百元左右; 大量的進口成本每塊只要新臺幣一百多塊, 比起大電腦的 CPU, 例如 IBM 370/148 系統, CPU 如果買斷, 新臺幣約需四千萬左右, 比較之下, 各位可以想像到為什麼微處理機會掀起工、商企業, 研究機構、學校單位等之歡迎與探討的熱潮。
- (三) 微處理機因濃縮在一片小小的 IC, 功能上難免較一般中、大型電腦來得遜色; 如算術運算, 大部份的微處理機只能處理加或減之基本運算, 至於乘除運算, 因沒有該種硬體線路, 所以碰到類似該種類的問題時, 那完全要看程式的造化了。
- (四) 一般微處理機所能取存的最大主記憶體 (Main Storage) 容量大部份為 64 K bytes ($= 2^{16}$ bytes); 即微處理機內部, 一般都只用 2 個 byte ($= 16$ bits) 當為其位址 (Address) 的標明。至於像 IBM 370 系統, 它

用 3 個 byte 來標明其位址，其所能取存的主記憶體大多了（ 2^{24} bytes）。)

- (五) 目前為止（1981 年），市面上銷售的微處理機，它與記憶體之間的取存單位，大部份是一個 byte，即 $1 \text{ word} = 1 \text{ byte}$ （目前市面上也有一箇 WORD 為 16 Bit 的微處理機，如 INTEL 8086 及 ZILOG Z-8000 等皆是）；如果要執行 4 個 byte 的乘法或除法運算，或者要搬動數千個 byte 的資料時，則微處理機可有得忙了！

- (四) 微處理機的 Cycle Time（週期時間，此 Cycle Time 是決定電腦速度的因素，Cycle Time 愈短，則電腦的執行速度就愈快；反之則愈慢）一般均以 $\mu\text{-second}$ （ 10^{-6} 秒）為單位；大概地說，微處理機在處理一個 byte 的加法運算所需的時間，約為一個 $\mu\text{-second}$ 或數個 $\mu\text{-second}$ ；換言之，微處理機在一秒中內，約能處理 10^6 個加法運算，速度還算快；但大型電腦中，大部份的 Cycle Time 是以 Nano-Second（ 10^{-9} 秒）為單位，比較起來，還是慢不少倍！

其他，像所能使用指令的多寡、廠商供給軟體程式的多少，系統的可靠性及保護性等等，如果有興趣，可以參閱各公司所出產的規格及說明。

第四節 微處理機與微型電腦之不同

微型電腦或稱為微算機。我們知道，一部電腦，不管是大是小，單單只有 CPU 還是沒有多大用處。譬如，資料在 CPU 內計算或處理後，如果沒有輸出設備來儲存其結果或印出其結果，那電腦有什麼用處？

因而微處理機（即 CPU）加上所需要的輸入設備（例如鍵盤、讀卡機）及輸出設備（例如印表機、顯示幕等）再加上主記憶體，才能構成一套有用的電腦系統。如果某電腦系統的 CPU 是微處理機，那該電腦稱之為微型電腦。

第五節 微處理機歷史

微處理機自從一九七一年問世以來，新的產品一直不斷地推出，不但種類繁多，功能逐漸的增強，而且應用範圍亦不斷地推廣開來。在台灣目前有好幾種廠牌的微處理機，分由各公私立機構或廠商作為研究與開發，相信不久的將來，微處理機將更深入台灣上、商業及學校各階層，甚至堂然的邁向各個家庭之中。

以下來談一談有關微處理機產生的一些歷史，希望藉著歷史的了解，彼此之間建立起親切的感情，以做為探討微處理機之基礎。

遠在 1960 年代初期，就有了微處理機，不過當時只限於太空及軍事用途，因其價格高昂，工商業都不敢採用。在一九六九年，日本有一家叫做 Busicon 的計算器公司，要求美國 Intel 公司幫他們製造一種通用 (General Purpose) 的微處理機，以做為計算器方面的零件，於是 Intel 公司便製造出編號為 4004 的微處理機，往後 4004 亦應用在於非計算器方面之用途，例如生產控制之類。過了不久，8 個 Bit 高性能且速度快的通信系統所需用之微處理機，需求殷切。在 1971 年，Datapoint 公司自己設計出該公司之終端機 (Terminal) 上所需要的 8 bit CPU (即一個 word 等於 8 個 Bit 之 CPU)，委託 Intel 公司製造，此即為 8008 微處理機。當時的速度比 4004 快，Cycle time 為 $15\mu\text{-second}$ ，過了二年，Intel 公司改進 8008 的結構，終於誕生了 8080，它具有十倍於 8008 的速度，而且硬體及軟體上亦改進了一大步。在 1976 年，波士頓電子大展中，8080 被公認為最適合於資料處理，控制及通信應用之電子元件，同時亦使 8080 變成了微處理機的標準。

約在 8080 推出的同時，市場上亦推出了各家公司的微處理機，譬如 Zilog 公司的 Z-80，Motorola 的 6800，National 的 IMP，Rockwell 的 PPN，Fairchild 的 F8，RCA 的 COSMAC，以及其他許多半導體公司均相繼出產品，並且各自宣佈採用了更佳的結構與技術，推陳出新，各具特性；如此微處理機市場一片混亂，價格連連下跌，自由競爭的結果，當然是造福了使用者，使用者可根據自己的需求，選擇適合自己的微處理機。

第六節 微處理機應用

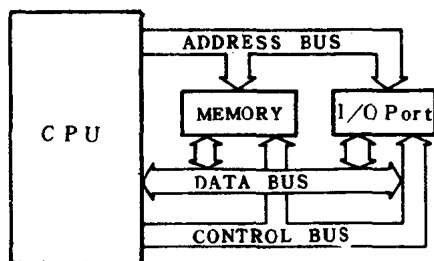
因為微處理機有那麼多的優點（最大優點，不可置疑的是它便宜的價格）所以微處理機不但可以取代一般傳統用的邏輯電路（Logic Circuit），且可取代性能較低的迷你電腦（Mini Computer）。

依照EDN雜誌的調查分析結果中，目前已有許多不同行業及工業採用微處理機，它們最大用途在儀器及控制方面，其已應用之多寡順序如下：

- | | |
|-----------|------------|
| (1) 測試儀器。 | (7) 醫療儀器。 |
| (2) 工業控制。 | (8) 娛樂器材。 |
| (3) 航空科學。 | (9) 事務機器。 |
| (4) 通信設施。 | (10) 教育設施。 |
| (5) 計算機。 | (11) 交通運輸。 |
| (6) 軍事設施。 | (12) 其他。 |

第七節 簡單的微型電腦方塊圖

一、方塊圖



二、名詞說明

(一) CPU

CPU，這一方塊相當於微型電腦中的微處理機，一般都是裝在一片 IC (Integrated Circuit) 晶片 (Chip) 上。

(二) Memory (記憶體)

記憶體依其性質之不同分成 ROM 與 RAM 二種。

1. ROM (Read Only Memory, 唯讀記憶體)。

ROM 具有下述之特性：

- (1) 只能被讀出 (Read Out) 而不能被寫入 (Write in)，換言之，存在 ROM 的資料不會被毀掉。
- (2) 電源雖然關掉，存在 ROM 的資料還是不會消失。

所以，有些微型電腦系統，例如，全亞公司的 Edu 80 系統，就將該系統的 Monitor (監督程式) 存在容量為 1 K ($K = 1024 = 2^{10}$) Byte，IC 編號為 2708 的 ROM 中。

2. RAM (Random Access Memory, 隨機存取記憶體)

RAM 具有下述之特性：

- (1) 能 * 也能寫。
- (2) 電源關掉，內容消失。

RAM 主要是存放使用者的程式及資料。依性質之不同又分成 Static RAM (靜態 RAM) 及 Dynamic RAM (動態 RAM)，分述如下：

- ① 靜態 RAM：此即一般所謂的 RAM，只要電源存在，內容不會自動消失。
- ② 動態 RAM：這種 RAM 因內部結構的不同，雖然電源不關掉，在過了幾個毫秒 (10^{-3} 秒) 或微秒 (10^{-6} 秒) 後，內容會消失。所以當系統使用這種 RAM 時，必須週期性的在它還沒有消失之前，將其內容重新刷新 (Refresh) 以免內容消失。

動態RAM雖然有上述之缺點，但因其價格便宜且在同一單位面積的晶片（Chip）上，動態RAM能裝入的電子元件個數較靜態RAM來得多，況且一般的動態RAM速度較靜態RAM來得快，因而還是有多人採用。

(三) I/O Port（輸入／輸出）

Port的種類很多，但依其功能可歸納成二類：

1. 當成資料暫存的設備：

CPU速度很快，當CPU傳送一筆資料到外界時，如果沒有保存起來，很快就會消失（以微秒為單位），如果希望第二筆資料還沒輸出前，外界仍然要保留第一筆資料，此時，就可以利用一個儲存設備，稱之為Port，以儲存CPU送來的資料。像這一類的Port，所接的I/O設備，一般都是快速的零件，例如，電子線路。

2. 當成資料的暫存設備及訊號的控制：

前述的Port是用在速度較快的I/O設備。如果I/O設備很慢，當第一筆資料送到Port，而I/O設備根本還來不及接收，第二筆甚至第n筆資料可能已經送過來了，那時I/O設備所接收的資料，一定是無法預測。

為解決上述問題，有些Port會附加一些線路，以做控制之用。例如，當CPU送資料到Port時，由Port發訊號到I/O設備，告訴I/O設備，資料已經在Port，可以來Port取資料了，待I/O設備取完資料時，由I/O設備告訴Port資料已接收，然後再由Port告訴CPU，可以再傳送第二筆資料了。這種傳遞方式，稱之握手式（Handshaking）傳遞法。

類似這種功能較多的Port，也有人稱之為Interface（界面），是介於CPU與I/O設備的媒介體，例如，Zilog的PIO（Parallel I/O）界面。

(四) Data Bus（資料公用線）

CPU要將資料傳到Memory或I/O Port，都需將資料經由Data Bus上傳送之。相同的，Memory或I/O Port要將資料傳入CPU，

也需經由 Data Bus。由上知, Data Bus 可以雙向 (Bidirection) 性的傳送資料, 即資料可輸入 CPU, 也可從 CPU 輸出到外界。

Bus 原意公共汽車, 以硬體觀點來說, 它是公用線或稱共同導線。在圖中, 此傳送資料 (Data) 的 Bus 有 CPU、Memory、I/O Port 三個設備在共同使用。

大部分微型電腦的 Data Bus 為 8 個 Bits, 相當於有八條共用導線。

一般而言, 一部電腦 word 的長度, 即等於 Data Bus 的長度。例如 Z-80 CPU 的 Data Bus 有 8 個 Bit 所以 Z-80 CPU 的 word 長度為 8 Bit。

吾人常言, Z-80 CPU 為 8 Bit 的微處理機乃表示 Z-80 CPU 的 word 長度為 8 個 Bit。

(五) Address Bus (位址公用線)

微型電腦及大部份電腦, 一個 Byte 均相對應的一個位址 (Address)。當 CPU 要傳送資料給 Memory 或 I/O Port 時, 究竟要傳送到 Memory 的那個 Byte 或 I/O Port 的那個 Port, 均需標明在 Address Bus 上。一般, 微型電腦的 Address Bus 均為 16 Bits, 即二個 Bytes。例如, CPU 要將資料 $(5E)_{16}$ 傳到 Memory, 位址是 $(1024)_{16}$ 時, 在某個時間, Address Bus 得存入 $(1024)_{16}$, Data Bus 需存入 $(5E)_{16}$ 。

因 Address Bus 主要是 CPU 用來標明 Memory 或 Port 位址, 所以是單向 (Uni-direction) 性的, 其箭頭是由 CPU 指向 Memory 及 I/O Port。

(六) Control Bus (控制公用線)

系統內何時該做那些動作, 均需在 Control Bus 內標明。此處的 Control Bus 是指 CPU 的控側部門 (Control Unit) 所發出的訊號, 所以 Control Bus 也是單向性的。

第八節 結論

微處理機種類很多，表一中，為 8 Bit 的微處理機，表二為 16 Bit 微處理機。表中，縮寫字的意義如下：

NMOS (N Channel Metal Oxide Semiconductor)

PMOS (P Channel Metal Oxide Semiconductor)

CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)

I²L (Integrated Injection Logic)

CMOS-SOS (CMOS-Silicon on Sapphire)

表一 8-bit 微處理機

公司	型號	技術	指令最短時間	IC 釘腳數
Electronic Arrays	—	NMOS	2.0	40
Fairchild	F-8	NMOS		
INSELEC	—	CMOS-SOS		
INTEL	8008	PMOS	20.0	18
INTEL	8080	NMOS	2.0	40
MOSTEK	MK5065	PMOS	4.2	40
Motorola	M6800	NMOS	2.0	40
National	IMF-8	PMOS		
RCA	CCSNAC	CMOS	6.0	40
Rockwell	PFS-8	PMOS	4.0	42
SIGNETICS	2650	NMOS	5.0	40
ZILOG	Z80	NMOS	1.0	40
Western Electric	MAC-8	CMOS	0.5	40

表二 16-bit 微處理機

公司	型號	技術	指令最短時間	IC 釘腳數
Fairchild	9400	I ² L	1.5	40
INTEL	8086	NMOS	0.5	40
General Instrument	CP1600	NMOS		
ZILOG	Z-8000	NMOS	0.250	40-48
Texas Instrument	9900	NMOS	2.7	64
National	8900	NMOS	0.5	40