

780 微電腦

軟體，硬體

(上 冊) 陳金追 編譯



Z80 微電腦

軟體，硬體

(上冊) 陳金追 編著

羅拔書局印行

z 80微電腦軟體硬體(上)

編著者：陳金追

出版兼發行：羅拔書局

澳門大馬路 381 號二樓 F 座

印刷者：振興印刷公司

澳門龍崙街 152 號地下

定價：H. K. \$ 25.00

前 言

微電腦教育目前正於國內各學校如火如荼地展開。這是一種十分令人鼓舞之現象，亦是一種極為正確之作法。微電腦對社會所帶來之衝擊是無可抗拒的。瞬即，此一小精靈將遍及社會之各行各業，進而與生活之每件事物相結合。但據筆者了解，除一些較具規模之大專院校外，其它許多專科或高工學校之微電腦教學，若非遲未見實現，即實行之效果不彰。究其原因，若非師資、設備與教材不足，即為教法運用不當。有鑑於此，作者特編著此書，期能略盡微薄之力，以收拋磚引玉之效。

微電腦之學習，必須由認識微處理器之內部結構、了解其動作原理開始，學習如何對之作程式設計（亦即如何使用之）。進而再熟悉輸入／輸出之技巧，輸入／輸出界面晶片之構造、功能、與程式規劃。最後將微處理器、ROM、RAM、界面晶片、以及週邊設備等諸系統組件連接在一起，加上必要之軟體，構成一完整之微電腦系統。

本書之內容涵蓋上述範圍。第一章介紹程式設計之基本概念。第二章說明一般微處理器與Z80微處理器之內部結構與動作原理。第三章至第十二章主要談Z80微處理器之組合語言程式設計，其教讀者如何使用Z80 CPU。十三章至十五章則討論輸入／輸出。十三章談輸入／輸出程式設計，十四章介紹輸入／輸出技巧，十五章描述輸入／輸出界面晶片之內部構造、功能、與如何使用。最後一章則簡短介紹Z80微電腦系統之硬體組成。全書假設讀者以前毫無程式設計經驗，內容敘述淺顯且詳細，並採邊介紹、邊舉例說明，且邊作練習之敘述方式。課文中穿插許多圖解，幫助讀者了解，並備有許多習題，提供讀者最佳練習機會。

本書適用於以Z80微處理器構成之任何微電腦系統，其中包括國

人自製之 Edu-80，PA-800，以及國外進口之 ZDS，ZDOS，以及 TRS-80 等系統。由於作者所知有限，加上時間瑣碎不整，錯誤與瑕疵之處在所難免。誠盼專家先進不吝指正，不勝感激！

編著者

陳金追 謹識

致讀者

一般初學者都覺電腦很難學，尤其是組合語言程式設計，學了好幾遍以後還是不能甚解。其實，這也無所值得驚訝的。因為，學習組合語言程式設計必須具備符號思考能力，以及計算機系統組織與硬體方面較專門之基礎，而不如學BASIC，FORTRAN，或COBOL等高階語言，學者祇需具備高中數學、英文程度，與簡單之邏輯思考能力即可。雖非必要，但具有某一高階語言（如BASIC或FORTRAN）之程式設計經驗，對學組合語言程式設計會有助益。因為，這樣可先使您了解計算機到底是怎麼回事——其到底能“做什麼”，以及其究竟“如何”在做事（如何一步一步地執行程式）。

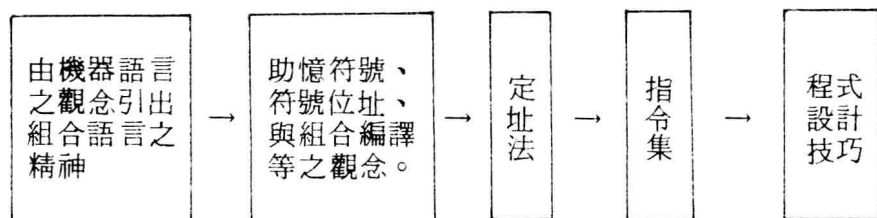
根據作者之經驗，一般初學者最覺困惑之處有：記憶位址與記憶內含之觀念、符號位址之觀念、定址法之意義與使用、以及虛指令之使用等等。除記憶位址與記憶內含之觀念可參考余所著之“微電腦基礎”一書外，其餘的在本書都有詳細介紹。此外，指令集之龐大複雜亦常令初學者有捉不著重心之感。因此，如何抓住重心與學到組合語言之精髓乃最重要之課題。初學程式設計者應將重點置於隱含、立即、直接（擴展）、與索引等基本定址法之意義與使用的了解，資料傳送、算術、邏輯、移位旋轉、與跳越等指令之運算功能了解，以及各種特定程式之設計技巧的了解（例如，多段算術如何製作，乘除算程式如何設計等等）三方面。

「熟能生巧」，乃學習計算機程式設計之最佳座右銘。多找題目寫程式上機，是唯一的最佳學習途徑。此外，多讀別人之程式（必須是好的程式），以他人之經驗為自己之經驗，是增進自己程式設計技巧之最快方法。初學電腦時滿腦子疑問是正常的，而且是好事，切莫因此而灰心。遇有疑難就要多查資料多發問，來一個解決一個。如此，進步就會很神速。問題問多了，一一得到解答，有一天您就會撥雲

見天，豁然開朗。屆時，順水推舟之日即已來到！

致教師

講授計算機程式設計的確是一種高超之“藝術”，尤以組合語言程式設計為然。一般而言，若學生已具備計算機系統組成與動作原理方面之基礎，則介紹此一門課之大致程序為：



先具基礎：
計算機系統組成與動作原理。
機器指令格式。
記憶位址與記憶內含觀念。

邊介紹指令
邊講解程式。
順便說明虛
指令使用。

副程式，
MACRO
結構化程
式設計。

指令集介紹時，必須邊介紹指令，邊舉程式例題，並作講解，然後讓學生作練習。若時間不足，教師可視狀況介紹每一類指令中某幾個較常用者即可，而不必所有指令均一一介紹完畢。甚至，某一指令亦不必其所有的定址法均介紹完盡。指令集之介紹可依下列之順序：

- 1 資料搬運指令（取入、存出）。寫一最簡單之程式。
- 2 算術指令（加、減）。程式舉例可舉兩數相加，兩數相減，多段算術，與 BCD 算術等例題。
- 3 邏輯運算指令。介紹 AND, OR, XOR 等指令之功用與常見應用，如資料合併、分離、保留、與測試等。
- 4 跳越指令（形成迴路）。例舉求一系列數目之和的例子，順便說明索引定址之功效。
- 5 比較指令。舉求最大（小）值例題。介紹排序（ sorting ）與

搜尋 (searching) 技巧。

6. 移位與旋轉指令。介紹軟體乘 / 除算程式。

7. 輸入 / 輸出指令。介紹輸入 / 輸出作業之概念。

每階段一舉例講解後，立即指定習題，讓學生上機練習。先指定類似習題，再指定具創造性習題。

程式設計涉及了解與使用許多之規則，工作精細而瑣碎。教師必須懷以最大之耐心，不厭其煩地一一為學生解惑、偵錯，澄清其觀念，（此一個別指導機會甚為重要）方能苦盡甘來，漸顯效果。眼見自己灌溉之幼苗開花結果那份喜悅是無法言喻的，讓您我共勉！

目 錄

前 言

上 冊

第〇章 引 言

第一章 基 本 概 念

1-1 何謂程式設計·····	5
1-2 畫流程圖·····	6
1-3 資訊表示·····	7
1-4 計算機內部資訊表示·····	8
1-4-1 程式·····	9
1-4-2 數值資料·····	10
1-4-3 文數字資料·····	32
1-5 外部資訊表示·····	34
1-5-1 組合語言·····	34
1-5-2 八進制與十六進制·····	35
習題·····	39
習題解答·····	40

第二章 Z80硬體結構

2-1 Z80 微電腦系統結構·····	43
2-2 一般微處理器之結構與動作原理·····	46
2-2-1 暫存器·····	47

2-2-2	堆疊器	50
2-2-3	指令執行週期	52
2-2-4	拿取下一指令	54
2-2-5	指令之執行	54
2-2-6	臨界競賽問題	57
2-3	Z 80 微處理器之結構	59
2-3-1	一般用途暫存器	62
2-3-2	旗號暫存器	66
2-3-3	特殊用途暫存器	67
2-4	Z 80 之指令格式	73
2-5	Z 80 之指令執行	77
2-5-1	拿取週期	80
2-5-2	解碼與執行	82
2-5-3	重要練習	85

第三章 定 址 法

3-1	隱含定址	98
3-2	立即定址	99
3-3	擴展立即定址	100
3-4	暫存器定址	101
3-5	暫存器間接定址	102
3-6	擴展定址	104
3-7	修正零頁定址	105
3-8	相對定址	106
3-9	索引定址	110
3-10	位元定址	114

第四章 Z80 指令集

4-1	計算機指令之種類	119
4-2	Z80 指令集	125
4-3	資料傳送指令	126
4-3-1	八位元傳送	126
4-3-2	十六位元傳送	129
4-3-3	交換指令	132
4-3-4	區段(整批)傳輸指令	133
4-3-5	區段搜尋指令	136
4-4	資料處理指令	137
4-4-1	算術與邏輯指令	137
4-4-2	移位與旋轉指令	146
4-4-3	位元運作指令	151
4-5	測試與控制轉移指令	151
4-5-1	旗號	151
4-5-2	控制轉移指令	158
4-6	輸入/輸出指令	164
4-7	各種CPU控制指令	168
摘要		169
習題解答		170
Z80 指令集摘要		172

第五章 Z80 組譯程式

5-1	機器語言	421
5-2	組合語言	421
5-3	組譯程式	423
5-4	組譯程式之特色	424

5-4-1	符號位址	424
5-4-2	組合語言格式	427
5-4-3	數底表示	430
5-4-4	算式求值	430
5-4-5	虛指令	431
5-5	上機	437

第六章 資 料 傳 送

6-1	八位元傳送	440
6-2	十六位元傳送	449
6-3	區段(整批)傳送	455
6-4	資料互換	459
6-5	摘要	461
6-6	副程式	466

附 錄

下 冊

第七章 算術程式

第八章 移位與位元運算

第九章 表列與表格處理

第十章 程式設計技巧

第十一章 常用副程式

第十二章 界面信號與時序

第十三章 輸入 / 輸出程式設計

第十四章 輸入 / 輸出技巧

第十五章 輸入 / 輸出界面晶片

第十六章 組成一微電腦系統

第〇章

引言

西元 1971 年，美國 Intel 公司推出世界上第一部字長為四位元之微處理器——Intel 4004。雖然 4004 並非真正的單晶微處理器（single-chip microprocessor），但其確已包含一計算機中央處理單元之大部份電路。Intel 4004 的來臨，使得一塊大型積體電路（LSI）便能取代傳統迷你電腦之數以百計電路。Intel 4004 之 46 個指令的指令集雖說不大，但其却已能滿足可規劃邏輯陣列（PLA）不易達成，需要決策能力但不需廣泛數學計算能力之控制應用。4004 每次能處理四位元之資料（因此稱為四位元微處理器），並且每秒鐘能做十萬次兩個四位元數目之相加。

Intel 推出之第二代微處理器，保留了第一代微處理器之 PMOS 製造技術，但資料巴士（字長）却增為八位元，且指令集亦增為 48 個指令。此一微處理器稱為 Intel 8008。因為不論指令之解碼、執行，或運算元，每次均能八位元一併處理，因此，8008 之指令週期時間比 4004 快速。除此之外，8008 亦具有下列優點：其能選取 16384 個八位元之記憶位置，包括七個八位元之暫存器，具有記憶堆疊能力，以及一單層之插斷能力。8008 每秒鐘能做 80000 次兩八位元數目的相加。但其指令集並不吻合（Compatible）於 4004。

於推出後，8008 與 4004 很快就受到電子工業界廣泛的採用，主要因為當時幾乎沒有其它類似之產品。就像於 4004 後曾推出其改良型 4040 一樣，繼 8008 後，Intel 於 1973 又推出在軟體上與 8008 相吻合之 Intel 8080。此一微處理器除了具有 8008 之所有指令外，又額外增加了 30 個指令。8008 的用者現在可以換上一速度

更快，用途更廣之微處理器，而不必捨棄其原來 8008 之程式。因為 8008 之軟體在 8080 上大概皆能執行。8080 由 NMOS 技術製成，具有比 8008 更高之時序頻率，每秒鐘能做五十萬次八位元數的相加。此外，由於 8080 做於僅有 40 支接腳之晶片，因此，於資訊傳輸與指令執行時，CPU 必須共用資料巴士之時間也隨之縮短。

在硬體方面，8080 亦強於 8008。8080 所能選取之記憶位址高達 65536 (64K) 個，而非 16384 (16K)。8080 之堆疊器亦非有限七層之 CPU 堆疊器，而是設於外部記憶器內，幾乎可“無限”延伸之記憶器堆疊器。此外，8080 亦具有 BCD 算術運算能力，能做 BCD 加法，以及較廣泛之定址法，能做記憶器之直接定址。對許多程式設計而言，8080 之 78 個指令似乎有點不可思議，但此一指令集確無疑地將 8080 之應用範圍，自單獨之控制領域，轉移至更一般化之領域。

1976 年，Intel 又推出了 8080 之多種變樣。新改良的 Intel 8085 不僅本身具有串行輸入／輸出能力，同時亦僅需一單相時序（8008 與 8080 均為雙相時序）與單一正 5 伏特電源（8008 與 8080 分別需要 2 個及 3 個電源）。在支援晶片之數量逐漸增加之際（如可程式化週邊界面、插斷控制器、與 CRT 控制器），Intel 為用者提供了愈來愈迅速之高度計算能力（8085 每秒能作七十七萬次兩八位元數目之相加）。而却保存了與 8008 及 8080 軟體之吻合性。

雖然在許多方面 8085 是 8080 之改良，但其指令集却極類似於 8080。8085 總共才僅增加兩個指令，一個用以讀取串行與插斷（interrupt）資料，另一個則用以寫入串行與插斷資料。8008 與 8080 先天上的許多缺點却仍存在。

1976 年，原來在 Intel 設計 8080 的一批工程師，離開了 Intel 加入 Zilog，設計了一新的八位元微處理器——Zilog Z 80。此一微處理器之目標是在軟體與硬體上皆比 8080 強，但在軟體上又能與 8080 吻合。因此，其象徵了 8008/8080 之另一成熟層次。記得，今日的產品總比昨日為佳，Z 80 之指令集與能力勝於 8080 的道理，

就如同 8080 優於 8008 一般。Zilog 公司同時也為 Z 80 設計一整套支援電路。此外，Z 80 在軟體上亦與 8080 相吻合，致使現有 8008 與 8080 之軟體，皆能在 Z 80 上執行。雖然 8008 與 8080 之指令與結構上的某些限制，Z 80 仍無法克服，但 Z 80 却提供了新的指令，新的定址法，以及比以前具有更高能力與更廣泛用途之硬體特色。

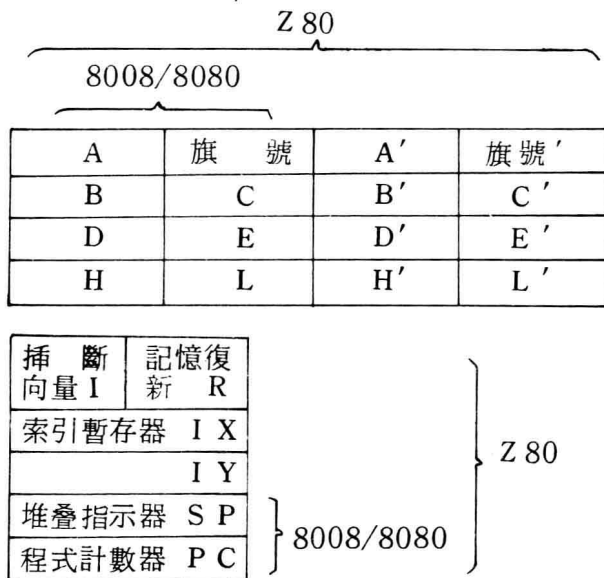


圖 0-1 8008，8080 與 Z 80 之暫存器比較

除了具有 8080 之八個八位元 CPU 暫存器外，Z 80 又再設置了八個同樣之暫存器，使其一般用途之暫存器達十六個。Z 80 還具有兩個 8080 所沒有的十六位元索引暫存器 IX 與 IY。另外，插斷向量暫存器與記憶復新暫存器，分別提供了特殊之插斷功能與動態記憶復新能力。圖 0-1 即為 8008，8080，與 Z 80 之基本暫存器結構圖。