

# Z-80

## 微電腦技術 硬體 基礎

秦守仁 校閱  
辜輝趁 編著



大中國圖書公司印行

**Z-80**

**微電腦技術**軟體  
硬體**基礎**

秦守仁 校閱  
辜輝趁 編著

大中國圖書公司印行



版權所有 • 翻印必究

編著者：牟 輝 趙  
校訂者：泰 守 仁  
發行人：薛 瑜  
出版者：大中國圖書公司

台北市重慶南路一段66號  
電話：3111487 郵撥：2619號

登記證：局版台業字第0653號

中華民國七十一年十一月初版

基本定價五元

編號：900

# 前言

微處理機的發明，產生了微電腦，因而促使電腦的應用大量地深入人類生活的領域中，如大家所知，微處理機自 1971 年問世以來，至今雖只有十幾年光景，但卻給人類生活的每一個層面帶來莫大的激盪。這個震撼，實不亞於過去 100 年來引擎在第一次工業革命中所引起的衝擊。Zilog 公司的總裁 Dr. Fagging 曾指出：在廿世紀的前五十年，由於引擎的發明，促發了運輸革命，可視為是人類體力的延伸；而廿世紀的後五十年，由於微處理機的發明，導致了資訊處理的革命，何嘗不是人類腦力的延伸。

今天，我們到處可見微處理機應用的足跡。譬如，微處理機控制的冷氣機、音響、微波爐、電動玩具、微處理機化的工業控制，及各式各樣的微電腦……等等。這些都足以證明，微處理已如同引擎一樣，開始滲透到每個行業，每種商品，甚至每個家庭中。

Z-80 微處理機，已被公認為今後 8 位元微處理機的標準。而目前各級學校，尤其是高工電子科或大專院校的微電腦教學設備中，Z-80 系列微電腦，所佔的份重相當大，如 EDU-80，PA-800 B，天龍中文電腦……等均是。唯據筆者了解，目前有許多高工甚至大專院校，微電腦的教學成果並不盡理想，究其原因不外乎設備、教材與教法三方面的問題，而目前最大的原因，筆者認為教材的問題更佔了極大的成份。

在學習 Z-80 系列微電腦的過程中，最麻煩的恐怕是起步的階段。因為，在這個學習微電腦的階段中，學者要從完全空白的狀態進入融會貫通的領域，而所涉及的相關知識至為廣泛；再加上 Z-80 微處

理機的指令特別多（共有 694 個，分爲 158 種），所以常使得初學者茫然無所適從，徘徊於摸索的邊緣。一般而言，學習微電腦，需硬體與軟體同時進行方能有所斬獲。而開始學習時，筆者認為應先建立一些硬體系統與軟體方面的基礎知識，然後再著手研究組合語言程式的設計，最後再回到硬體系統的建立與各種界面技術的研究，監督程式的分析及應用程式的撰寫。據筆者了解，目前一般高工的微電腦教學，大多從組合語言程式的撰寫開始著手，甚少注意基礎知識的建立，因此有些學生在學過一年半載微電腦後，仍滯留於按使用手冊的說明輸入程式及執行的階段。一直無法突破，如此學習意願自然降低，效果因而不彰。筆者有鑑於此，故不揣淺陋特撰此書，以期能略盡棉薄之力。

本書的內容完全著重於 Z-80 微處理機系統基本的硬體與軟體觀念之建立，內容的敘述力求淺顯詳盡，是專爲初學者編寫的入門書籍，希望能對讀者有所裨益，成爲學習微電腦的踏腳石。此外，有關 Z-80 微處理機的組合語言程式及各種界面技術和應用程式的設計，將分別另書探討。

本書的編寫完全利用公餘課畢之際，由於時間瑣碎，再加上個人所知有限，外錯疏漏之處或所難免，祈諸位先進及讀者不吝指正。幸甚。

本書的編寫承蒙秦守仁先生的指導，鼓勵與幫忙最多。此外，李錫上、白逸民及鄭木火先生也提供了許多寶貴意見，特再一併致謝。

編者 辜輝珍 謹識

一九八二年三月二日 於臺北

# Z-80微電腦技術<sup>軟體 硬體</sup>基礎

## 目 錄

### 第一章 基本觀念

|                      |   |
|----------------------|---|
| 1—1 電腦是什麼？.....      | 1 |
| 一、算術邏輯單元 ALU.....    | 3 |
| 二、控制單元 CU.....       | 3 |
| 三、記憶單元 M .....       | 3 |
| 四、輸入 / 輸出單元 I/O..... | 3 |
| 1—2 電腦的品級.....       | 4 |
| 一、超級電腦.....          | 4 |
| 二、主型電腦 .....         | 5 |
| 三、迷你電腦 .....         | 5 |
| 四、微電腦.....           | 6 |
| 1—3 電腦的數字系統.....     | 6 |
| 1—4 幾個基本名詞定義.....    | 8 |
| 一、位元 ( BIT ) .....   | 8 |
| 二、位元組 ( BYTE ) ..... | 8 |
| 三、語長 ( Word ).....   | 9 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 四、字元( CHARACTERS ) ..... | 10 |
| 1—5 電腦能做些什麼? .....       | 11 |
| 1—6 電腦指令 .....           | 11 |
| 1—7 如何使用電腦：電腦程式規劃 .....  | 12 |
| 1—8 流程圖 .....            | 13 |
| 1—9 硬體、軟體、韌體 .....       | 16 |
| 一、硬 體 .....              | 17 |
| 二、軟 體 .....              | 19 |
| 三、韌 體 .....              | 19 |
| 1—10 微處理機 .....          | 20 |
| 1—11 微電腦 .....           | 22 |
| 一、微電腦的硬體 .....           | 22 |
| 1.中央處理單元CPU .....        | 23 |
| 2.記憶器 .....              | 23 |
| 3.輔助記憶器 .....            | 24 |
| 4.週邊裝置 .....             | 24 |
| 二、微電腦的軟體 .....           | 24 |
| 1.啟動程式 .....             | 24 |
| 2.作業系統 .....             | 25 |
| 3.系統程式 .....             | 25 |

|      |                |    |
|------|----------------|----|
| 1—12 | 微電腦的系統巴士       | 26 |
| 一、   | 資料巴士           | 27 |
| 二、   | 位址巴士           | 28 |
| 三、   | 控制巴士           | 29 |
| 1—13 | 三態巴士推動器        | 29 |
| 1—14 | 微處理機發展系統與微電腦系統 | 32 |
| 1—15 | 微電腦學習機         | 35 |
| 1—16 | 給初學者的一些建議      | 36 |
| 1—17 | 摘 要            | 39 |

## 第二章 電腦資訊的表達

|     |                |    |
|-----|----------------|----|
| 2—1 | 概 說            | 41 |
|     | 第一部份：電腦內部資訊的表達 | 41 |
| 2—2 | 電腦程式的表示方法      | 42 |
| 2—3 | 數字資料的表示方法      | 43 |
| 一、  | 二進制表示法         | 44 |
| 1.  | 十進制數如何轉換成二進制數？ | 45 |
| 2.  | 二進制資料的加法運算     | 46 |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| 3. 帶正負號的二進制數 .....          | 48        |
| 4. 1 補數 .....               | 50        |
| 二、2 補數表示法 .....             | 51        |
| 1. 2 補數算術 .....             | 56        |
| ●進 位                        |           |
| ●溢 位                        |           |
| ●進位與溢位                      |           |
| 三、BCD 表示法 .....             | 62        |
| 1. BCD 算術 .....             | 64        |
| 四、浮點表示法 .....               | 65        |
| <b>2—4 文數資料表示法 .....</b>    | <b>67</b> |
| <b>第二部份：電腦外界資訊的表達 .....</b> | <b>69</b> |
| <b>2—5 電腦外界資訊表達方式 .....</b> | <b>69</b> |
| 一、表成二進制 .....               | 69        |
| 二、表成八進制 .....               | 69        |
| 三、表成十六進制 .....              | 72        |
| 四、表成符號形式 .....              | 73        |
| <b>2—6 數系之互換 .....</b>      | <b>73</b> |
| 一、十進制與八進制之互換 .....          | 73        |
| 二、十進制與十六進制之互換 .....         | 74        |
| 1. 十進制數轉換成十六進制數 .....       | 74        |
| 2. 十六進制數轉換成十進制數 .....       | 74        |
| 三、十六進制數與八進制數之互換 .....       | 75        |
| <b>2—7 電腦算術 .....</b>       | <b>76</b> |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 一、算術運算 .....         | 76 |
| 1.二進制乘法 .....        | 76 |
| 2.二進制除法 .....        | 77 |
| 二、布林運算 .....         | 78 |
| 1.及運算 .....          | 78 |
| 2.或運算 .....          | 79 |
| 3.互斥或運算 .....        | 80 |
| <b>2—8 摘 要</b> ..... | 81 |

## 第三章 記憶體

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| <b>3—1 記憶體種類及特性：</b> .....         | 83  |
| <b>3—2 半導體記憶體</b> .....            | 84  |
| <b>3—3 唯讀記憶體</b> .....             | 86  |
| 一、罩式唯讀記憶體 ROM .....                | 92  |
| 二、可規劃式唯讀記憶體 PROM .....             | 92  |
| 三、可再規劃式唯讀記憶體 EPROM .....           | 95  |
| 1.紫外光擦拭可規劃唯讀記憶體 (U.V. EPROM) ..... | 95  |
| 2.電壓擦拭可規劃唯讀記憶體 (EAROM) .....       | 97  |
| <b>3—4 隨機存取記憶體</b> .....           | 101 |
| 一、靜態 RAM .....                     | 101 |
| 1.靜態RAM寫入動作 .....                  | 102 |
| 2.靜態RAM的讀取動作 .....                 | 103 |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 二、動態 RAM .....                  | 103        |
| 1. 動態RAM的寫入動作 .....             | 105        |
| 2. 動態RAM的讀取動作 .....             | 105        |
| 3. 動態RAM的復新動作 .....             | 105        |
| <b>3—5 記憶體定址 .....</b>          | <b>107</b> |
| 一、資料寫入 .....                    | 110        |
| 二、晶片選擇 .....                    | 110        |
| 三、共用輸入 / 輸出接腳 .....             | 110        |
| <b>3—6 半導體記憶體器工作速度之規格 .....</b> | <b>112</b> |
| 一、讀出週期時間 $t_{RC}$ .....         | 113        |
| 二、存取時間 $t_A$ .....              | 113        |
| 三、寫入週期時間 $t_{WC}$ .....         | 113        |
| <b>3—7 記憶體容量之擴展 .....</b>       | <b>116</b> |
| 一、僅增加字組長度，但記憶位置總數不變 .....       | 116        |
| 二、僅增加總記憶位置，但字組長度不變 .....        | 117        |
| <b>3—8 微電腦內部的記憶體 .....</b>      | <b>120</b> |
| 一、CPU 內部的記憶體：暫存器 .....          | 120        |
| 1. 一般用途暫存器 .....                | 120        |
| 2. 特殊用途暫存器 .....                | 122        |
| 二、CPU 外的記憶體 .....               | 122        |
| <b>3—9 微電腦記憶空間的分配 .....</b>     | <b>123</b> |
| <b>3—10 記憶分頁 .....</b>          | <b>124</b> |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| <b>3—11 記憶體內資訊的種類</b> | 129 |
| 一、運算碼                 | 129 |
| 二、資料位元組               | 130 |
| 三、週邊設備碼               | 130 |
| 四、高次位址及低次位址位元組        | 130 |
| 五、移位量位元組              | 131 |
| <b>3—12 摘 要</b>       | 131 |

## 第四章 微電腦程式語言

|                    |     |
|--------------------|-----|
| <b>4—1 概 說</b>     | 133 |
| <b>第一部份：低階語言</b>   | 134 |
| <b>4—2 機器語言</b>    | 134 |
| 一、機器語言程式           | 134 |
| 二、用十六進制數碼來代表機器碼    | 136 |
| 三、十六進制載入程式         | 137 |
| 四、指令碼的助憶符號         | 137 |
| <b>4—3 組合語言</b>    | 138 |
| <b>4—4 組合語言的語法</b> | 139 |
| 一、運算碼欄             | 140 |
| 二、運算元欄             | 140 |
| 1. 有關數字撰寫的規定       | 140 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 2. 有關字母大寫和小寫的規定 .....          | 141        |
| 3. 有關數學式撰寫的規定 .....            | 142        |
| 三、標名欄 .....                    | 144        |
| 四、說明欄 .....                    | 147        |
| 五、組合語言編譯程式如何識別指令中的各欄 .....     | 147        |
| <b>4—5 組合語言編譯程式 .....</b>      | <b>148</b> |
| 一、絕對定位組合語言編譯程式 .....           | 149        |
| 二、可重新定位組合語言編譯程式 .....          | 149        |
| <b>4—6 組合語言編譯程式如何工作 .....</b>  | <b>150</b> |
| <b>4—7 組合語言編譯程式中的虛指令 .....</b> | <b>151</b> |
| 一、定義資料用的虛指令 .....              | 151        |
| 1. DEFB .....                  | 151        |
| 2. DEFW .....                  | 152        |
| 3. DEFM .....                  | 152        |
| 4. DEFT .....                  | 153        |
| 二、預留貯存空間的虛指令——DEFS .....       | 153        |
| 三、指定程式起點的虛指令——ORG .....        | 154        |
| 四、表示程式終點的虛指令——END .....        | 154        |
| 五、符號定義用的虛指令 .....              | 155        |
| 1. EQU .....                   | 155        |
| 2. DEFL .....                  | 155        |
| 3. GLOBAL 通用符號的宣告 .....        | 155        |
| 4. EXTERNAL——外來符號的宣告 .....     | 156        |
| 六、條件組合虛指令——COND, ENDC .....    | 156        |
| 七、巨集虛指令——MACROS .....          | 156        |

|      |               |     |
|------|---------------|-----|
| 4—8  | 組合語言編譯程式的印出格式 | 157 |
| 4—9  | 組合語言的特色       | 159 |
|      | 第二部份：高階語言     | 159 |
| 4—10 | 高階語言轉換器       | 160 |
|      | 一、編譯器         | 160 |
|      | 二、翻譯器         | 160 |
| 4—11 | 高階語言的種類       | 161 |
| 4—12 | 高階語言的優缺點      | 164 |
| 4—13 | 微電腦使用高階語言的問題  | 164 |
| 4—14 | 摘 要           | 165 |

## 第五章 微處理機的結構

|     |               |     |
|-----|---------------|-----|
| 5—1 | 概 說           | 167 |
| 5—2 | 微處理機在微電腦中的角色  | 168 |
| 5—3 | 微處理機的三個主要功能區域 | 168 |
|     | 一、暫存器部份       | 169 |
|     | 二、算術邏輯單元      | 169 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 三、控制與時序 部份 .....             | 170        |
| 1. 程式計數器 PC .....            | 170        |
| 2. 指令暫存器 IR .....            | 172        |
| 3. 指令解碼器 ID .....            | 172        |
| 4. 時序 電路 .....               | 173        |
| <b>5—4 典型微處理機的內部結構 .....</b> | <b>173</b> |
| <b>5—5 控制單元 .....</b>        | <b>173</b> |
| <b>5—6 算術邏輯運算單元 .....</b>    | <b>174</b> |
| <b>5—7 ALU所能執行的運算 .....</b>  | <b>175</b> |
| 一、單運算元時 ALU 的運算 .....        | 175        |
| 二、雙運算元時 ALU 的運算 .....        | 176        |
| 三、移位與旋轉 .....                | 178        |
| <b>5—8 累加器 .....</b>         | <b>180</b> |
| <b>5—9 旗標 .....</b>          | <b>181</b> |
| 一、進位（或借位）旗標 C .....          | 182        |
| 二、溢位旗標 V .....               | 185        |
| 三、正負號（符號）旗標 S 或 N .....      | 185        |
| 四、半進位旗標 H 或 AC .....         | 185        |
| 五、極性旗標 P .....               | 186        |
| 六、零值旗標 Z .....               | 187        |
| 七、其他的狀態位元 .....              | 187        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>5—10 旗標內含的設置與清除</b>    | 188 |
| <b>5—11 暫存器</b>           | 188 |
| 一、一般用途暫存器                 | 188 |
| 二、位址暫存器                   | 190 |
| 1. 堆疊指標 SP                | 193 |
| 2. 索引暫存器                  | 193 |
| <b>5—12 堆疊記憶體</b>         | 194 |
| 一、堆疊原理                    | 194 |
| 二、堆疊的功用                   | 195 |
| 三、硬體堆疊                    | 198 |
| 四、軟體堆疊                    | 198 |
| 五、堆疊指標所指的位置               | 199 |
| 六、堆疊設計實例                  | 201 |
| 1. EDU-80 系統的堆疊           | 201 |
| 2. POP-80A 系統的堆疊          | 201 |
| <b>5—13 指令週期</b>          | 202 |
| 一、指令提取週期                  | 202 |
| 二、指令執行週期                  | 204 |
| 三、運算的同步與控制                | 206 |
| 四、機器週期                    | 207 |
| <b>5—14 典型微處理機執行指令的情形</b> | 208 |
| <b>5—15 臨界競走問題</b>        | 211 |

|      |                                    |     |
|------|------------------------------------|-----|
| 5—16 | 單一巴士結構                             | 213 |
| 5—17 | 一個典型的例子 <i>Intel 8080A</i><br>微處理機 | 215 |
| 一、   | 暫存器部份                              | 217 |
| 1.   | 一般用途暫存器                            | 217 |
| 2.   | 特殊用途暫存器                            | 217 |
| 二、   | 算術運算及邏輯單元                          | 219 |
| 三、   | 旗 標                                | 219 |
| 四、   | 控制及時序 部份                           | 219 |
| 1.   | 時 序                                | 219 |
| 2.   | 控制信號                               | 221 |
| 5—18 | 摘 要                                | 224 |

## 第六章 Z-80 微處理機

|     |             |     |
|-----|-------------|-----|
| 6—1 | 概說          | 225 |
| 6—2 | Z-80 微處理機簡介 | 225 |
| 6—3 | 一般用途暫存器     | 228 |
| 6—4 | 特殊用途暫存器     | 232 |
| 一、  | 程式計數器 PC    | 232 |
| 二、  | 堆疊指標 SP     | 233 |
| 1.  | PUSH qq, 指令 | 234 |