

Z80 微電腦

設計、實驗

陳丁山 譯

商業出版社

Z80 微電腦

設計、實驗

陳丁山 譯

Z80微電腦設計、實驗

編譯者：	陳	丁	山	
出版社：	商業	出版	社	
	營地	街一	〇	八號二樓
印刷廠：	聯合	印刷	廠	
	賣青	草地	街	九十六號
定價：	港幣	二十	五	元正

PRINTED IN MACAU

序

微處理機已經成爲一種標準的工程建造方塊 (building block)，就像數年前真空管和正反器 (flip-flop) 是標準元件一樣。微處理機比分立邏輯 (discrete logic) 吸引人之處是它並不祇專門執行某一特定的工作。因爲“微處理機”是一種“計算機”，所以理所當然是一般用途的裝置。同一線路可經規劃以執行各種功能。因此，要執行數種個別的功能時，不必再設計數種不同的電路，祇需修改計算機程式即可。

本書可供具有除微處理機外的電子學基礎的熱衷於電子學人士做爲基本微處理機訓練課程；也可供對微處理機有興趣的非技術人員使用，讓他（她）們了解要製作一部完整的微計算機實際上是多麼簡單；還可供想要利用微處理機來進行各種應用的業餘嗜好者使用。

本書提供建立一部完整微計算機——EZ-80 和完成許多不同應用的逐步指導。如果有組合套件的經驗最好，若沒有也無妨，本書已盡可能地提供製作EZ-80的詳細指導，即使是初學者也能夠勝任愉快。

EZ-80 微處理機是以通俗的Z-80 微處理機切片爲基礎而建立的。Z-80微處理機是一種完整的單切片計算機，其指令有數百個，每秒可執行數十萬個運算。

除了Z-80 外，尚使用十二個左右的半導體裝置，其中有些是記憶體，有些用以界面Z-80 至外界，另有些執行計時和控制功能。EZ-80的所有零件總共約需50塊美金，就其功能之強而言實在很便宜。製作EZ-80 的方法有兩種。一種是利用簡單技巧和工具的導線纏繞 (wire-wrap) 法；另一種是印刷電路板製作方式，適合具有生產

印刷電路資金的讀者。使用導線纏繞方式製作EZ-80總共約需20小時。

本書分為三部份。第一部份包括Z-80微處理機的硬體和軟體基礎。因為ZE-80是以Z-80微處理機為基礎而建立的，所以為了完全了解此微計算機，有必要討論此微處理機的硬體信號和作業。同理，由於本書所提供的程式均使用Z-80的內建指令集，所以討論基本的Z-80指令必定有助於了解此微計算機應用程式的作業。

第二部份說明如何以Z-80來製作EZ-80微計算機。並探討Z-80與其他系統，如記憶體、週邊界面、和計時等的關係。此部份提供製作EZ-80的完整說明。假如您打算自行規劃或“燒錄”應用程式入EPROM切片，則可製作一個此部份所述的簡單EPROM規劃器。此部份也提供一個診斷程式和逐步的故障檢修程序。這些有助於EZ-80製作完成後的檢查及EZ-80是否正常工作之檢驗。

第三部份敘述可用此EZ-80完成的應用。摩爾斯電碼產生器可產生隨機之電碼字元，而摩爾斯電碼發送器可發送預先定好的訊息。速度可隨意改變。音樂合成器可演奏預錄或使用者定義的樂譜。可修改波峯的形狀以產生特殊效果。有預置的定時器可控制六個輸出，週期可規劃為2分鐘至100天。防盜警報器可監督五個輸入，偵測開關的閉合/開啓，並提供聲頻警報聲和可見的報告。暗碼鎖提供一破不了的數字組合，可用來開門或執行其他功能。頻率計數器/轉速計應用敘述一般的計數器，可計數每分鐘1~50000個脈波。電話撥號器應用可自動撥常用的電話號碼。微計算機訓練機程式可讓使用者建立他（她）自己的組譯語言程式，以學習規劃技巧。

所有第三部份所述的應用均以完整、隨時可利用的應用程式詳加敘述。另外在第三部份也敘述使用者如何完成其他的EZ-80控制應用，執行分散式處理和以EZ-80完成智慧型的控制器。

本書中的應用就兩種意義而言是個起點。首先，它們讓讀者相信利用微處理機來代替許多其他的電子線路是可能的。其次，它們可激發讀者利用EZ-80作為與外界溝通的高速計算機，以完成他（她）自己的應用。

目 錄

第一部份

EZ-80理論

第 一 章	EZ-80 組成部份	3
	EZ-80 CPU — EZ-80 記憶體 — 二進記法 —	
	EPROM 記憶體 — RAM 記憶體 — EZ-80 輸入	
	/ 輸出 — EZ-80 軟體 — EZ-80 邏輯圖	
第 二 章	CPU 部門	13
	Z-80 的一般特性 — Z-80 的構造 — Z-80 輸入	
	和輸出信號	
第 三 章	記憶體部門	25
	EZ-80 記憶分佈圖 — 記憶器的定址 — 從記憶體	
	讀出和寫入資料 — Z-80 讀取和寫入週期 — Z-	
	80 指令的執行 — 6810 對 2758 — 規劃 2758	
	EPROM	
第 四 章	I/O 部門	35
	8255 PPI — LED 顯示器 — 鍵盤 — 輸出線 —	
	輸入線	
第 五 章	Z-80 組合語言指令型式	45

從何處著手？——加載指令——算術——邏輯指令——
跳越，呼叫，和返回——堆疊作業——旋轉和移位——
數元設定，重定，和測試——I/O作業——其他
指令

第 六 章 Z-80 組合語言——定址與格式 57

Z-80 的定址模式——隱含定址——立即定址——記
錄器定址——記錄器間接定址——擴展定址——零頁
定址——相對定址——指標定址——數元定址——使
用 Z-80 指令集——問題——程式的組譯

第二部份

EZ-80的製作

第 七 章 EZ-80的製作 71

繞接微計算機板——繞線：工具——繞線：安裝插座
和零件——繞線：插座的纏繞——繞線：檢視接線——
繞線：最後的連接——微計算機 PC 板的配線——
電源的制作——電源/微計算機板測試——鍵盤的製
作——LED 顯示器——EZ-80 面板——其他的佈
置面板方式——EZ-80 應用區

第 八 章 規劃 EPROM 95

2758 對 2716 ——由配售商規劃 EPROM——由計
算機商店規劃 EPROM——在個人計算機系統上規劃
EPROM——一個簡單的 EPROM 規劃器——EZ-
80 規劃器之敘述——EZ-80 規劃器之製作——規劃
器檢驗——規劃器的作業——抹除 EPROM

第九章 EZ-80的診斷程式.....109

EZ-80 診斷程式的規劃——“救養”EZ-80：初步檢查——“救養”EZ-80：診斷程式作業——大災難！——預置——LED 數字串序——測試 1：RAM 記憶器——測試 2：RAM 記憶器——NMI 中斷處理——測試 3：計時頻率/ NMI ——測試 4：輸出線——測試 5：輸入線——測試 6：鍵盤掃描——EZ-80 診斷程式

第三部份

EZ-80計劃

第十章 EZ-80應用程式.....129

記憶分佈——公用區程式——次常式向量——預置次常式——公用變數——NMI 中斷處理常式——鍵盤次常式——變換次常式——延遲次常式——閃爍次常式——分支次常式——次常式的一般用法——應用程式的結構——程式的重新定址——同時使用數個應用程式——應用硬體裝置

第十一章 微計算機訓練機.....149

操作指令——操作原理

第十二章 暗碼鎖.....155

操作指令——應用硬體——操作原理

第十三章 防盜警報器..... 161

操作指令——應用硬體——操作原理

第十四章 摩爾斯電碼產生器	167
操作指令——應用硬體——操作原理	
第十五章 摩爾斯電碼發送器	177
操作指令——應用硬體——操作原理	
第十六章 電話撥號器	183
操作指令——應用硬體——操作原理	
第十七章 頻率計數器/轉速計	191
操作指令——應用硬體——操作原理	
第十八章 定時器	197
操作指令——應用硬體——操作原理	
第十九章 音樂合成器	205
操作指令——應用硬體——操作原理	
第二十章 其他的應用	221
其他的EZ-80控制應用——分散式處理——智慧型的控制器應用	

附 錄

附錄A 二進制運算	229
附錄B 十六進制運算	231
附錄C 十進數0-225轉換機表	233

附錄 D Z-80 指令集	235
附錄 E Z-80 運算碼列表	239
附錄 F EZ-80 PC板佈置圖	244

第 一 部 份

EZ-80理論

第一章

EZ-80組成部份

本章將討論EZ-80的一般理論。我們將直接討論EZ-80所用的一般方法，而不討論抽象的計算機設計理論。EZ-80設計在觀念上與大多數其他的微計算機和小型計算機（甚至大型計算機）非常類似，因此我們在設計EZ-80時將以計算機理論為基礎。實際上，因為這是工作計算機的一個具體實例，所以如果讀者研讀以下各章的EZ-80理論，將可對於計算機原理有正確的認識。

假如您不想深究EZ-80所使用的計算機理論。那也無妨。您可以跳過這些章，而直接進入EZ-80的製作和您所感興趣的設計。當您有一個工作微計算機之後，您可能希望回頭來研讀這些理論。假如您的興趣在程式規劃，則可以細讀這些理論。再製作EZ-80，然後再利用本書所提供的應用程式或自行設計程式。

還有其他的可能。假如您甚至連EZ-80都不想製作，而祇想將本書當作簡單微計算機的參考書，作者也不會感覺不愉快。本書所提供的技巧可適用於任何微計算機，所以您可能

希望利用本書的一些資料來設計自己的東西。

此部份為“EZ-80理論”，將敘述EZ-80的一般理論。首先介紹EZ-80的全圖，再將其分為CPU，記憶器，輸入/輸出(I/O)，和軟體等部門來討論。最後再將這些部門組成EZ-80包裝，加以研究。

EZ-80 CPU

EZ-80系統之方塊圖如圖1-1所示。CPU(central processing unit,中央處理單元)為此系統的主要控制部份。其功能有：

- 從記憶器拿取和執行指令
- 從記憶器儲存和拿取資料
- 從I/O部門儲存和拿取資料
- 監督整個系統的功能

EZ-80中所使用的CPU為一微處理機，稱為Z-80。此Z代表Z-80最原先的製造廠商Zilog（現在已有多家公司製造Z-80）。80並無特別意義，除了此微處理機為8數位(bit)，及取代另一種微處理機Intel 8080外。

4 Z80 微電腦設計、實驗

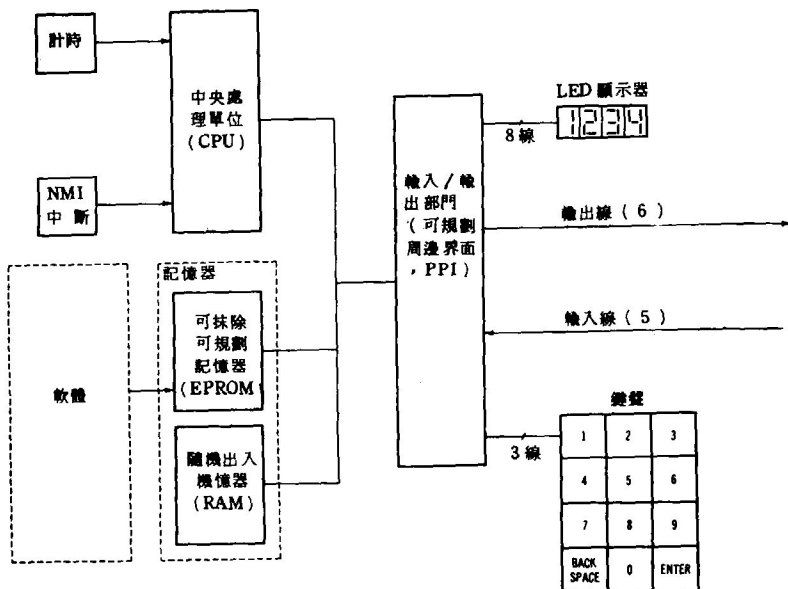


圖 1-1 EZ-80 系統方塊圖

EZ-80 中的 Z-80 之實際外觀如圖 1-2 所示。如您所看到的，Z-80 基本上是一個 40 接腳的半導體積體電路 (IC)，大約有 2 英吋長， $\frac{1}{2}$ 英吋寬。

在 1 平方英吋的面積內組合有好幾萬個電晶體，以形成一個完整功能的數位計算機，其功能大致與數年前的小型 IBM 計算機之 CPU 相當。Z-80 每秒鐘可執行數十萬個加法運算，同時藉著執行各種不同的指令，可執行任何的資料處理工作。

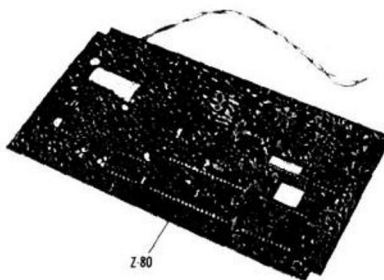


圖 1-2 Z-80 微處理機切片板

此 CPU 的指令集由大約 200 個不同的指令型式組成。典型的指令是將兩數相加，將兩數相減，將一數存入記憶器，或藉 I / O 從外界取得一數的指令，這些指令本質上是通用的，因此各種不同的應用可由數百個指令組成，此稱為“程式”。

此 CPU 以固定時率操作，此時率稱為計時頻率 (clock frequency)。CPU 中的每一動作被分為此計時頻率的增量。Z-80 微處理機能以高達每秒 4 百萬 (10^6) 週的計時頻率操作。EZ-80 所選用的計時頻率為每秒 1 百萬週，以便利用較廉價的 Z-80 機型及提供較佳的設計安全容限。圖 1-1 中的“計時”方塊為產生每秒 1 百萬週 (1MHz) 計時頻率的電路。

此計時頻率的週期為 1 微秒 ($1\mu s$)，或者百萬分之一秒。CPU 中的每一動作發生於半週期的增量。此 CPU 執行的指令由 4 個計時週期到超過 20 個計時週期不等，所以讀者可以明瞭指令可以是在從 4 微秒到超過 20 微秒長的任何地方。

NMI 中斷方塊用以通知 CPU：已經經過 $\frac{1}{100}$ 秒。計時 (1MHz) 和中斷功能各不相同。EZ-80 利用此 $\frac{1}{100}$ 秒中斷來記載時間，使用 EZ-80 做為定時器，必須要有一些設備以處理即時 (real-time) 的問題。因為 CPU 不能合理地記載已經過多少計時週期，所以不能使用 1-MHz 的 CPU 計時來執行此項功能。

EZ-80 記憶器

圖 1-1 中之記憶方塊為另一個主要的系統部份。每部計算機均有記憶器以便儲存程式和資料。程式為一連串要執行的指令。每一指令均編有一個唯一的數值。例如，在此 CPU 中將兩個數相加的指令是 128，而測試一數是否比另一數大的指令是 184。指令是由數個此種數值組成，範圍從單值 (如 184) 至 4 個值，如 221, 54, 0, 23，此乃將值 23 轉移至一記憶位置。指令中的每一值均位於 0 和 255 之間，待會兒我們就可明白為什麼是這樣。

資料也儲存於記憶器內。“資料”是一個通用的名詞，用以形容各種不同的資料形態。例如，假如資料是電話號碼 555-7004，則可將此資料分解為七個部份，而存於記憶器內的七個位置，每一個代表一個數字 (在此例中不存“-”，但也可以存)。假如資料是 Al-Joe-Eddie's Pizzeria employee 的一個 employee 號碼，則此資料在記憶器內可由一個位置組成，因為此 employee 號碼絕不會超過 255。總而言之，資料可以是任何能化為數位型式的事情，而幾乎任何事情均可化為數位型式。

為何數值必須位於 0 和 255 之間呢？因為所有指令和資料均存於數元組 (byte) 內。每一數元組由八個數元 (bit) 組成。數元 (bit) 是二進數字 (binary digit) 的縮寫。EZ-80 是一種數位計算機，所以在 EZ-80 中的所有資料和指令均為二進制數位型式，就像所有的數位計算機一樣。

二進記法

二進數字由 0 和 1 的組合所構成。1 代表 on 的情況，而 0 代表 off 的情況。可將室內的電燈開關想像成一個二進裝置，因為它開(1)和關(0)電燈。

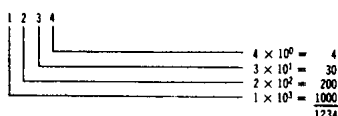


圖 1-3 1234 之十進數記法

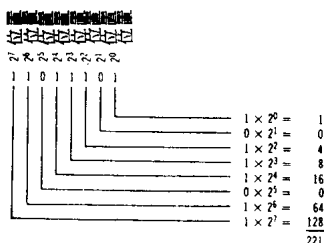


圖 1-4 十進制 221 之二進數記法

在十進記法系統中，一數代表 10 的乘冪，如圖 1-3 所示。注意：任意數的零次方恒為 1。正如十進系統使用位置記法 (positional notation) 來表示 10 的乘冪，二進系統也使用位置記法來表示 2 的乘冪。在圖 1-4 中我們說明如何將二進數 11011101 轉換成十進數 221。

一個數元組 = 8 個數元

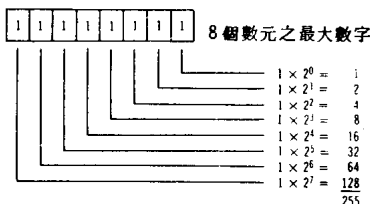
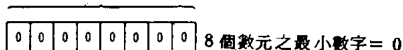


圖 1-5 數元組中的二進數

上述的二進數由八個數元組成，代表十進數 221 的等值。在 EZ-80 和許多數位計算機中，每一記憶位置儲存一個 8 數元數，或一個數元組。數元組中之每一數元維持 on 或 off 的電性情況，就像開關的 on/off 情況一樣。一個數元組所能保有的最大數為何呢？此值為二進數 11111111，所代表的值如圖 1-5 所示。因此，就如先前我們所述及的，對於數值必須有所限制。在一數元組 (8 個數元) 中所能保有的數值範圍為 0 至 255 (00000000 至 11111111)。必須注意，這並不意味我們不能以大於 255 的數值工作，祇是表示所有資料和指令須分為 8 數元塊。

再回到 EZ-80 的記憶器部份，EZ-80 的記憶器由兩個切片組成，每一切片都比 Z-80 微處理機要小些。記憶器切片祇有兩種功能

：資料的儲存和取回，遠比Z-80要簡單得多。其中一個切片為2758 EPROM（可抹除可規劃記憶器），另一個為6810 RAM（隨機出入記憶器）。這些號碼是由製造廠所指定的，並無實際的意義。

EPROM記憶器

2758 EPROM之構造如圖1-6所示。

它是由1024個記憶位置組成，每一記憶位置為8數元（或一數元組）寬。2758有時稱為1K×8記憶器切片，此處K代表1024個位置，而8代表每一位置有8個數元。CPU的指令和資料可儲存於此1024（ 2^{10} ）個記憶位置內。

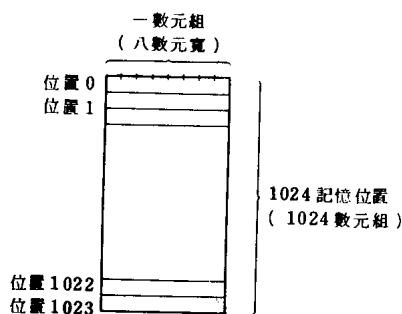


圖1-6 EPROM構造

在EZ-80中，EPROM的位置編號為0至1023。當CPU經由16條位址線送出一個位址，即可從EPROM取回一數元組的資料

。此位址有16個數元，每條位址線一個數元。例如，若要取回儲存在EPROM位置100的資料，則CPU送出100於16條位址線上，如圖1-7所示。因為EPROM中的最大位置為位置1023，所以CPU絕不會以大於0000001111111111的二進位值來定址EPROM。

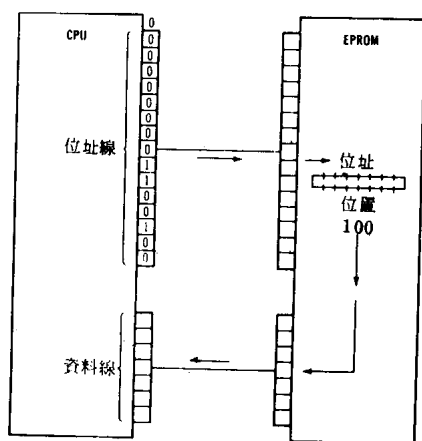


圖1-7 EPROM作業

在幾乎與送出EPROM位址於16條位址線上的相同瞬間，CPU將從接至記憶器的8條資料線讀取資料。資料線保有從被定址的EPROM記憶位置來的8數元資料。在程式執行期間，EPROM每秒被定址無數次以存取資料和指令。在EZ-80系統中，EPROM記憶器儲存計算機程式以及一些固定資料。後者的實例為常數值116，以二進值01110100記錄