

微電腦機器的設計

賴耿陽譯



國際 I D M 電腦編譯社

微電腦機器的設計

賴 耿 陽 譯

國 際 I D M 電 腦 編 譯 社

微電腦機器的設計

編譯者：賴 耿 陽

出版者：國際IDM電腦編譯社
發行者

香港北角堡壘街 843 號七樓D座

印刷者：華泰印刷公司
香港仔昌業大廈八樓C座

定價港幣：\$15.00

序

本書主要以硬體的立場敘述使用微型計算機進行演算、控制、資料處理等的具體方法。

讀者當然知道微型計算機在各分野應用的重要性，著者數年前執筆“IC機器的設計”及“IC機器的設計演習”時，以TTL為基本而論述，但其後MOS·LSI進步神速，LSI的製造廠陸續將富變化的微型計算機製品化，目前更加強化的傾向，令人不知從何處着手或以何種微型計算機為主體，今後將接觸微型計算機的人們可能都有同樣的困擾。

所以，著者盡量調查微處理機的應用，回顧初學的情況，慎重下筆。

今後將會有新式微型計算機陸續發表，有限的篇幅無法函蓋全貌，但讀者若將本書視為引子，則不失為一活用法。

本書假設讀者已約略瞭解基本的邏輯回路（例如TTL回路），例舉目前最普遍的微型計算機INTEL公司的4040和8080，當然，看完本書後，對其他廠牌的微型計算機都可觸類旁通。

本書的內容約略如下：

第1章敘述微型計算機的歷史與誕生背景，概述微型計算機的含義、特色、應用分野。

第2章介紹微型計算機的基本特性—MOS的基本邏輯元件、動作、使用條件、可靠性。

第3章從微型計算機的動作概念開始，說明4040、8080、6800、F·8等的邏輯內部構成之方塊圖。

第4章以4004、4040為例，詳述微型計算機周邊的LSI或定

時、程式計畫的觀念，有助於瞭解計算機的基本知識，也有程式例。

第 5 章依據此基本知識，說明 8080 等的使用方法與周邊的 LSI，此章命令的詳細說明為英文，但易由先前的解說加以瞭解。

第 6 章對本書未詳述的事項，推介各分野的參考書與其內容。

本書若對初學微型計算機的人士有踏實的幫助，實屬著者望外之幸；並在此感謝對本書之編輯不吝襄助的朋友們及出資達成刊行成書的出版社。

1980 年元月

千葉幸正

目 次



第 1 章 何謂微型計算機

1.1	微型計算機的背景	7
1.2	微型計算機的歷史	9
1.3	微型計算機的特色與應用分野	10

第 2 章 微型計算機的特性

2.1	基本邏輯元件	17
2.2	靜性動作與動性動作	19
2.3	微型計算機的使用條件	21
2.4	微型計算機的可靠性	23

第 3 章 微型計算機的基本動物與內部構成

3.1	動作概念	25
3.2	計算機的動作	35
3.3	微型計算機的內部構成	41
3.3.1	Intel 公司 4004 的內部構成	43
3.3.2	4040 的內部構成	44
3.3.3	8008 的內部構成	46
3.3.4	8080 的內部構成	49
3.3.5	M 6800 的內部構成	49
3.3.6	菲爾查爾德公司 F·8 的內部構成	54

4 目 次

第4章 4004, 4040微型計算機(MCS-40) 的用法

4.1	4004, 4040 與周邊的 LSI (MCS-40 族)	59
4.1.1	4201 << 定時器振盪器 >>	61
4.1.2	4001 << 256W×8B mask PROM >>	63
4.1.3	4002 << 320 bit RAM (有 4 bit 輸入口) >>	65
4.1.4	4207, 4209, 4211 I/O 用 IC	69
4.1.5	4289 標準記憶器介面	73
4.1.6	4702A (1702A)	78
4.2	4004, 4040 的動作與定時	79
4.2.1	周邊 IC 的具體接線與位準變換	80
4.2.2	4004, 4040 的定時	90
4.2.3	4040 的詳細說明	94
4.2.4	MCS-4 的應用回路例	99
4.3	MCS-4, 4040, 4004 系的程式計畫	102
4.3.1	ROM 的程式計畫	102
4.3.2	命令的定置	108
4.3.3	命令的說明	115
4.3.4	簡單的程式例	118

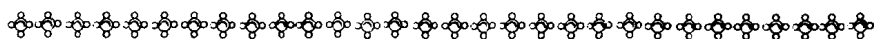
第5章 8080微型計算機 (MCS-80)的用法

5.1	MCS-80 與周邊的 LSI (MCS-80 族)	123
5.1.1	8224 定時器振盪器	123
5.1.2	8228 系統控制器/巴士驅動器	128

5.1.3	8702A (4702A , 1702A) 可消去的 PROM	134
5.1.4	8101-2 靜性 MOS · RAM	134
5.2	8080 的動作與定時	136
5.2.1	8080 群的特性	136
5.3	8080A 的定時	141
5.4	8080A 的起動	153
5.5	MCS-80 的命令	153
5.5.1	命令與資料的 format	154
5.5.2	命令與略號	155
5.5.3	命令的詳細內容與一覽表	159

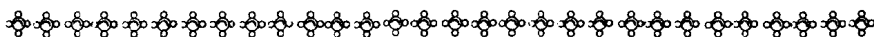
第6章 瞭解微型計算機所必要的參考文獻

MCS-40 (4004 , 4040) 的參考文獻	173
MCS-80 的參考文獻	173
M 6800 的參考文獻	174
其他的參考文獻	174



第 1 章

何謂微型計算機



1.1 微型計算機的背景

微型計算機（microcomputer，微電腦）如何活用於演算、控制、資料處理等分野？在此先研討其背景。

約 1955 年，日本的電晶體實用化以前，情報處理用元件的利用極其有限。

真空管、繼電器等爲其代表，以這些元件爲基本構成的控制機器、計算機、電子裝置，爲了執行複雜的動作，需要龐大的元件數、空間、電力。

以電子計算機爲代表的電子裝置歷史也可說是這些裝置之元件的發展歷史，亦即半導體、電晶體等的低電力、高速、高可靠性等優點取代電子管，在此分野有革命性的進展，微型計算機的基礎也由此開始。

矽半導體元件取代原先的鍺元件，大幅改善溫度特性、電力特性、可靠性，奠定 IC 化的基礎，比起鍺，矽的氧化物非常安定，各特性的變化少，不只單一的電晶體、二極體，多樣化的多元件圖案正可作成於一矽基盤上，構成回路本身。

以MIL的觀念統一邏輯回路的記號，決定回路、元件間的信號位準，TTL・IC（電晶體電晶體邏輯IC）成爲IC的主流而急速普及。

8 1.1 微型計算機的背景

這些邏輯演算處理速度快的雙極SSI、MSI只需數百個便組成迷你計算機，但早期的IC回路集積度低，以電晶體換算約數百個；邏輯機能方面，例如1個IC只能加算10進1位。

在此種雙極TTL元件的同時，有MOS·FET（金屬氧化物半導體·場效電晶體）實用化，最初與TTL同樣從集積度低的SSI出發，但構造簡單，可有高密度的實裝，價格低，需要多電源，低速而可靠性低，後來以電子式桌上計算機為主，急速邁向LSI化。

數年前，要求高速、高可靠性的迷你計算機主要使用TTL，要求低速、廉價的電子式桌上計算機使用MOS·IC，頗可清楚區分元件。

但是電桌用IC從同種大量生產的優點漸進展為LSI化，品質也改善，現在，可行四則演算及其他演算的電桌元件包含表示驅動回路，約用1晶方（chip）的LSI即可。

基本上，由於MOS·IC製造技術的高可靠化和發展，電桌以外的分野一例如迷你計算機周邊記憶器的IC化等漸採用MOS·LSI。

另一方面，由基本演算回路與記憶器（初期主要為磁芯記憶）構成的迷你計算機是依據某命題，將程式記憶於記憶器，進行資料處理，但軟體（software）相當重要，只要能作成軟體，能以相當大的自由度處理，但是，一旦組成程式，只要資料改變，與電桌同樣依循固定的程式進行演算、處理動作，即使不用可自由進出的記憶器，局部編入既定的常式（routine）也可使操作者容易使用。

不將迷你計算機用為泛用機，而用為單能機處理一定資料時屬此，亦即組合基本演算回路與RAM（隨機進出記憶器）、ROM（唯讀記憶器）等，比迷你電子計算機更能以簡單的軟體動作，而且元件數也少，由此觀點而產生微型計算機。

通常由ALU（演算單元）與最少限度周邊回路構成的LSI素子稱為CPU（中央處理機），以中央處理機為中心作成的計算機稱為微型計算機，但在本書不嚴密區別，籠統稱為微型計算機。

1.2 微型計算機的歷史

在前述的背景下，1971年Intel公司發表第1部微型計算機4004。

此微型計算機為4 bit 並列處理者，計算速度是基本循環10.8 μ s，為以後各公司發表的1 chip 微型計算機之原形，廣用於各種控制機器、電子式桌上計算機等。

1972年發表8 bit 並列處理的微型計算機8008，開始在各分野檢討正格的應用。

現在Intel公司以1973年發表的8080（包含8080A）為主流，對較簡單的裝置用1974年發表的4004之改良型4040，同年又發表高速的3000系列。

各半導體廠也發表各型微型計算機，鞏固微型計算機在各分野的地位，較具代表性的有摩特洛拉公司的M6800、菲爾查爾德公司的F·8、東芝的TLCS-12（12 bit 機）等。

但目前，4 bit 機以4040、8 bit 機以8080、M6800、F·8，12 bit 機以TLCS-12 較具一般性。

對於製品的供給，各廠也發表有銑腳互換性的微型計算機為第二代（例如8080有德州儀器公司、三菱電機等）。

今後發表的新微型計算機另當別論，目前的開發目標是便於將前述微型計算機應用於各分野的周邊LSI—例如RAM、ROM、打字機介面、定時器振盪器等，也要充實軟體。

1.3 微型計算機的特色與應用分野

下面舉例說明微型計算機有何特色，某人將依據類比或數位的輸入，將該輸入情報進行演算等資料處理，欲求得結果。

此時，依資料的量、質、複雜性等而不能一概而論，但通常是研討減少費用、迅速、錯誤少的方法，此人將不論該命題為科學計算、分析、庫存管理等輸入資料之差異，若是數位信號，則用適當的表示器，若為類比信號，則用A-D變換器（例如數位伏特計等），以數位讀取數值，其次用電桌計算，從此電桌寫下最終結果，而達成目的，此方法最省事，費用也不多。

此作法的原始資料讀取、對電桌的拍入（key-in）、演算操作、最終資料書寫等全由人手負責，不需特別的軟體。但有很多缺點。

各階段有人介入

，難免有錯誤的讀取、操作、資料量愈多的話，操作者愈煩，資料處理量與演算處理的複雜性若超過某限度，是否要引用迷你計算機。

此程度的處理是任何迷你計算機都可處理，只要選擇適當廠牌的製品，並訂購幾為準標準品的A-D變換器，購買紙帶

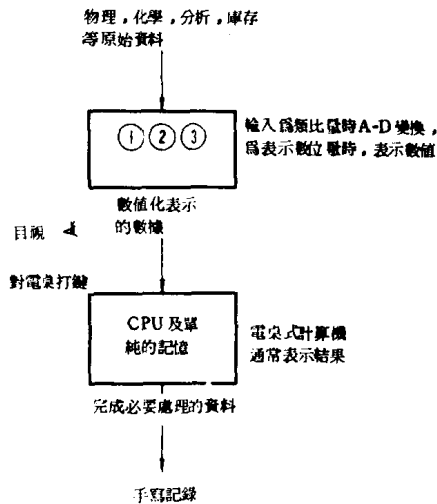


圖 1.1 最簡單的資料處理

解讀機，有紙帶打孔器的資料打字機為 I/O 終端機。

此方法有若干優點，一旦決定處理方法，處理結果約略自動印刷，也可用同時作成的紙帶為上位計算機的輸入，因而目前大都採用此作法。

但是，此方法的價格高，對操作者也有不同性質的麻煩問題。

以金額來說，此目的用的泛用迷你計算機約 200 萬日圓，打字機約 100 萬日圓，若無軟體支援，此裝置也毫無作用，要以不少的費用委託計算機廠或軟體公司代作程式，或由操作者學習自作軟體。

本來此種裝置只是各分野專家的道具，如何採用資料，資料和結果有何意義？都是重點，道具的用法費時費事，若將迷你計算機等裝置專用於某項目的，最好有廉價而操作簡單的方法。

亦即如圖 1.3 所示，將裝置視為黑箱，最好是存入輸入，即可印刷有用的資料輸出。

微型計算機對此種要求可發揮大威力，當然，承包此種單能機的製造廠負責人要懂得使用微型計算機的軟體、硬體，但用戶可免除這些麻煩，只專精於自己的分野。

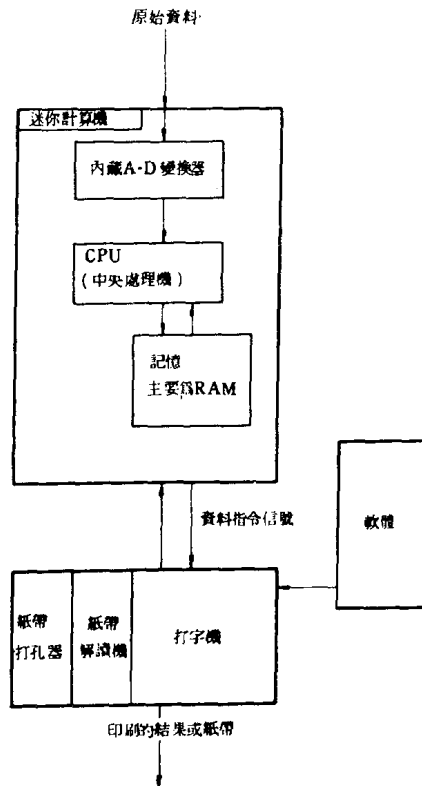


圖 1.2 使用迷你計算機時的資料處理

12 1.3 微型計算機的特色與應用分野

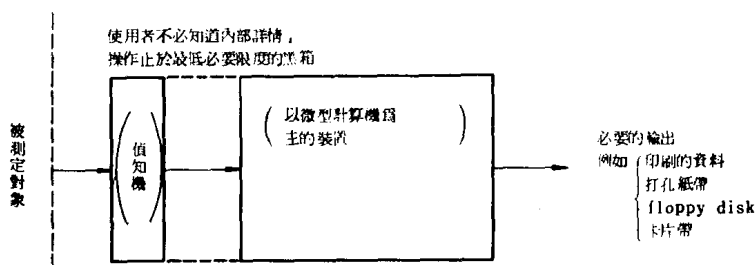


圖 1.3 利用微型計算機的黑鄉

只要瞭解微型計算機的基本，即可進一步裝配自己工作必要的裝置，本書的目在此。

用於此目的時，微型計算機異於以往組合TTL、SSI、MSI的硬線邏輯(hard wire logic)，非常方便，異於有以配線固定化的程式之單機能，若變更軟體規定的ROM(read only memory)內容，即可以相當大的自由度變更設計，也容易擴大演算處理能力。

使用法若能充分發揮此種特色，則有下示優點：

- ① 減低開發期間和開發成本。
- ② 容易改變設計規範，富柔軟性。
- ③ 製造成本少，製品價格低。
- ④ 零件數少，可靠性高，容易保養檢查。

⑤若為同大小的框體，比起以往用SSI、MSI的裝置，可有較大的機能。

表 1.1 為現在的代表性微型計算機種類。

這些微型計算機不都是同條件的比較，需要外加回路，記憶的構成不同，即使同樣的演算、處理，所需命令的循環數或時間也不同。

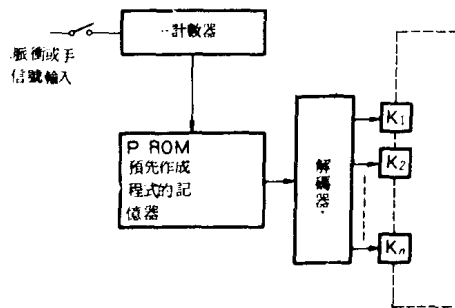
表 1.1 各廠的微型計算機

廠 牌	Intel				摩特洛位	菲爾查爾德
品 名	4004	4040	8008	8080	M6800	F·8
品 種	p MOS	p MOS	p MOS	n MOS	n MOS	n MOS
語 長	4 BIT	4 BIT	8 BIT	8 BIT	8 BIT	8 BIT
命令實行時間 (最短命令)	$10.8 \mu s$	$10.8 \mu s$	$12.5 \mu s$	$2 \mu s$	$2 \mu s$	$2 \mu s$
命 令 數	46	60	48	74	72	60
擠 入	無	有	有	有	有	有
封 裝	16 p	24p	18p	40p	40p	40p
電 源	+15V -15V	+15V -15V 此外 1 電源	+5 V -9 V	+5 V +12V - 5V	+5 V	+12V + 5V

微型計算機可用於計測、控制、庫存管理、工作母機、通訊、玩樂、醫療等分野。

要依使用目的選擇易使用的微型計算機。

簡單的程序機 (sequencer) 一例如脈衝或指令信號每進入 1 個，依序驅動特定繼電器的裝置，不需要微型計算機，只要預先對周邊的 PROM



將脈衝或手信號輸入，1 個個推進計數器，依序讀出 PROM 的內容經解碼器，使必要的繼電器動作

圖 1.4 簡單的程序

14 1.3 微型計算機的特色與應用分野

(programable ROM) 寫入程式，組合若干MSI，即可達成目的。

若是動作更複雜的裝置，用微型計算機較有利，何種場合用何種微型計算機較好，並無明顯的區別，大概的準繩如下：

(a) 只以10進四則演算和表示為主的裝置。

電卓或類似的裝置相當於此，此時，從各廠的微處理機中選用適當者，例如TI公司製0117NC等屬此，周邊IC可組合雙極、刮墊記憶器 (scratch pad memory) 等。

(b) 內藏較簡單控制、演算、終端機的裝置。

除了使用迷你計算機之外，大都用SSI、MSI配線構成，亦即以硬線 (hard wire) 裝配的分野—例如稍複雜的程序機、工作母機的控制部、測定器、演算裝置、收銀機、庫存管理裝置等屬此。

組合1K byte (正確為1024語8 bit) 程度的記憶器，4 bit 機的4004、4040等為適當的微型計算機。

如圖1.5所示，這些裝置的輸入終端機有鍵盤、紙帶解讀機、輸入掃描器、A-D變換器等，輸入終端機有紙帶打孔機、線印刷器、數字表示器、floppy disk、卡式帶等，這些控制用IC若用1個或數個4 bit 微型計算機，頗可減少全體的IC量。

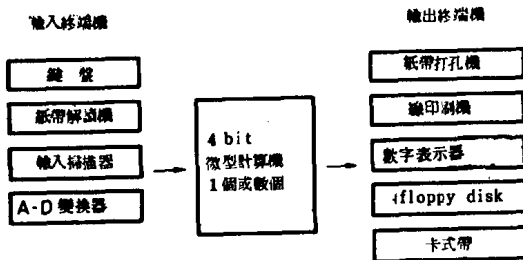


圖 1.5 適於以4 bit 微型計算機控制的輸入出終端機