

• 大專課程參考叢書 •

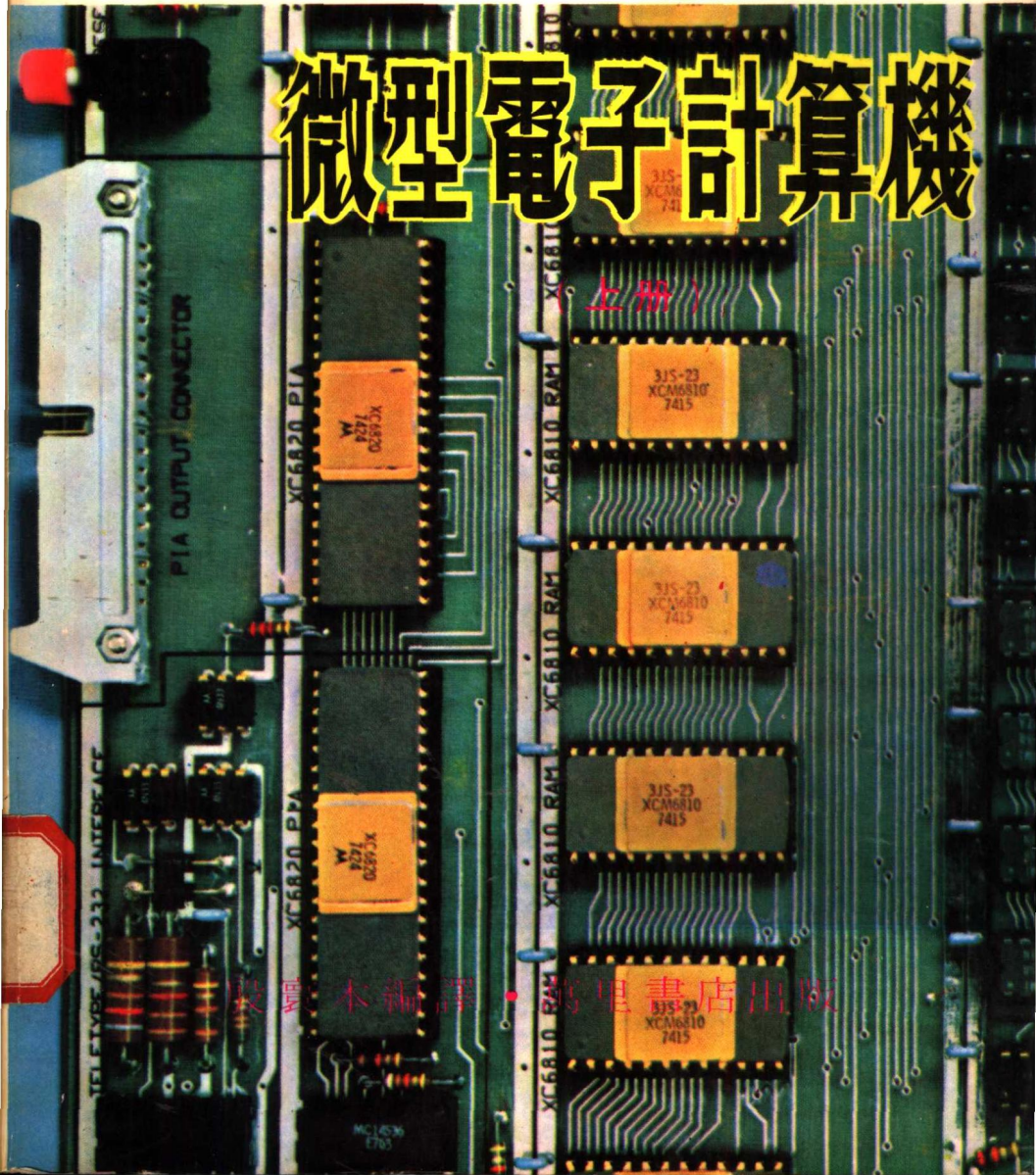
MICROCOMPUTER

微型電子計算機

(上冊)

嚴曼 本編譯

遠里書店出版



微 型 電 子 計 算 機

(上 冊)

殷寶本編譯

香 港 萬 里 書 店 出 版

微型電子計算機 (上冊)

殷寶本編譯

出版者：萬里書店有限公司
香港北角英皇道486號三樓
電話：5-632411 & 5-632412

承印者：金冠印刷有限公司
香港北角英皇道499號六樓B座

定價：港幣二十二元

版權所有 * 不准翻印

(一九八〇年七月版)

前 言

微型電子計算機（即微型電腦）已發展成為計算機的一個重要分支。它具有結構簡單、價格便宜、使用靈活、易於操作及維護等特點，因此在各方面都有廣泛的應用。新型的微處理機、相應的硬件和軟件、利用微處理機的新產品如雨後春筍般地湧現。但是，有關微型計算機的教科書及教材却落後於技術本身的發展。在手册或技術雜誌上的材料，往往只局限於專門的課題和應用，或者只是作為使用者的參考。本書全面地介紹了微型計算機的工作原理、系統結構、硬件、軟件和程序設計等方面的問題，可作為計算機專業學生的教材，也適合其他從事電氣工程、物理學和自然科學、數學和醫學等學科的學生參考。本書也可作為工程師、技術員、管理人員、程序員、教師和其他對微型電腦感興趣的讀者自學和工作中參考。

全書分上下兩冊。上冊從微處理機的基本概念及發展歷史談起，介紹了一般結構、指令系統及尋址方式、匯編程序及匯編語言程序設計；下冊主要介紹微型計算機的軟件發展技術、存儲器、輸入輸出部分及中斷系統。每章除介紹一般性特點外，還以 Intel 8080 和 Motorola 6800 兩種微處理機為例進行講述，並附有習題。

本書所涉及的內容比較新，有些名稱尚無統一或合適的中文譯名，加上編譯者水平的限制和時間的倉促，一定存在不少缺點和錯誤，懇切希望讀者批評指正。

殷 寰 本



• 大專課程參考叢書 •

機械力學 (上、下冊)黃湛泉編著

本書分上下兩冊。上冊內容為機構的運動學和動力學分析及各種常用機構的基本原理；下冊內容包括機構的進階原理，調速、平衡和振動問題，自動控制的基本原理等。全書採用國際單位制，卷末編有中英、英中機械力學詞彙對照及索引。

電機電子工程基礎 (上、下冊)陳遠琛編著

本書內容主要參照工業學院／電子工程系電學一科的課程而編寫，基本適合這一學系一、二年班的學生參考。對於投考倫敦城市工聯學會電學一科的自修生，本書更是一本理想的參考讀物。

工程繪圖黃湛泉編著

本書圖文豐富，可以滿足工程繪圖的基本要求。文字說明簡潔，多採用立體化的輔助插圖以闡明投影原理，使讀者易以領會掌握。

本書既可作大專學校的課本，亦適合一般技工、技術員自修之需。

微型電子計算機 (上冊)殷寶本編譯

PUBLISHED & PRINTED
IN HONG KONG

H.K. \$22.00

目 次

前 言	I
第一章 緒 論	1
§ 1.1 計算技術和微處理機	1
§ 1.2 大型的和小型的計算機	3
§ 1.3 典型計算機的比較	7
§ 1.4 微處理機的歷史	20
§ 1.5 半導體工藝	25
§ 1.6 集成電路片的特性	29
§ 1.7 半導體存儲器	34
§ 1.8 微處理機的應用	36
第二章 微處理機的結構	47
§ 2.1 計算機的一般結構	47
§ 2.2 寄存器	55
§ 2.3 運算器	61
§ 2.4 指令處理區	63
§ 2.5 存儲棧	67
§ 2.6 微處理機的結構特點	71
§ 2.7 微處理機結構的實例	74
§ 2.8 小 結	79
習 題	79
第三章 微處理機的指令系統	82
§ 3.1 計算機的指令格式	82
§ 3.2 尋址方法	86
§ 3.3 指令的類型	98

§ 3.4	微處理機的指令系統.....	114
§ 3.5	微處理機指令系統的例子.....	117
§ 3.6	小 結.....	134
	習 題.....	135
第四章	微處理機的匯編程序.....	137
§ 4.1	語言級別的比較.....	137
§ 4.2	匯編程序的特點.....	144
§ 4.3	微處理機匯編程序的特點.....	161
§ 4.4	匯編程序的例.....	163
§ 4.5	小 結.....	173
	習 題.....	174
第五章	匯編語言程序設計.....	176
§ 5.1	簡單的程序.....	177
§ 5.2	循環和陣列.....	191
§ 5.3	算術運算.....	211
§ 5.4	字符處理.....	227
§ 5.5	子程序.....	236
§ 5.6	小 結.....	247
	習 題.....	248

第一章 緒 論

(Introduction to Microprocessors)

§ 1.1 計算技術和微處理機 (Computing and Microprocessors)

計算機* (Computer) 的發展歷史雖然很短，但其技術的進展和應用範圍的擴大却十分迅速。在一九四〇年代末和五〇年代初建成的第一代計算機，主要是用來解決複雜的科學計算題目的。現代的計算機比它們的“祖宗”本領大得多，而且它們的應用也已深入到人們的日常生活之中，例如電子遊戲機、電子收銀機、電子秤、計數機** (Calculator) 以及家庭電器等。人們只要花幾百美元就可以買到一架如圖1.1中所示的計算機，並可以用它來幫助進行各種家庭計劃工作。

計算機技術的最新發展是微處理機*** (Microprocessor)。這種處理機的大小只佔一片或數片很小的矽片，但它却具有中央處理機 (Central Processing Unit, CPU) 所具有的一切功能。圖1.2 所示為一典型的微處理機。這樣一個裝置能夠從存儲器 (Memory) 中取得指令 (Instructions)，對指令進行譯碼 (Decode) 並執行這些指令，進行算術運算和邏輯運算 (Logical Operation)，從輸入設備 (Input Devices) 取得數據，以及把計算結果發送到輸出設備 (Output Devices)。用一架微處理機，連同一個存儲器以及和外界相聯

* 又譯“電腦”。

** 又譯“計算機”。

*** 又譯作微訊息處理機。



圖1.1 一種家庭用電子計算機

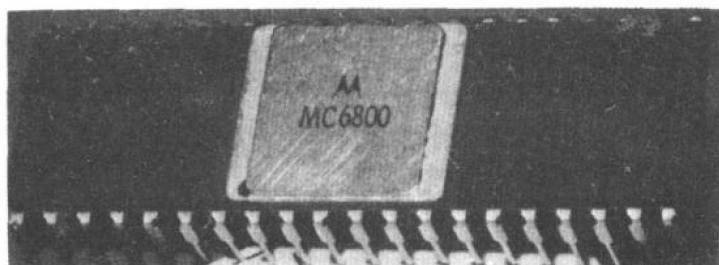


圖1.2 典型的微處理機 (Motorola Semiconductor Products, Inc., 出品)

的輸入輸出訊息通道，就可構成一架完整的計算機，稱為微型計算機 (Microcomputer, 或譯微型電腦)。最簡單的微型計算機可能只值十美元。由機殼、面板、電源以及微型計算機一起所組成的完整的微型計算機系統 (Microcomputer System)！價格也不超過一千美元；而其處理能力和五十年代那些價格貴幾百倍的大型計算機相比則毫不遜色。

微處理機是一九六〇年代中期開始的計算機小型化的產物。在計算機發展初期，人們把注意力集中在追求更大型和更強有力的計算

機上。那時的計算機十分昂貴，只有大機構才有能力購置，而且規定只有受過專門訓練的人才能操作。晶體管和集成電路（Integrated Circuit）之類的新工藝的出現，使計算機的速度變得更快，但沒有降低它的成本。計算機仍是一種神秘的、高不可攀的東西。

小型計算機（Minicomputer，或譯小型電腦）的出現，開始改變這種潮流。第一代小型機是十分初步的，而且仍然要值幾萬美元。但是，那些買不起大型計算機的實驗室、工廠和小機構，現在就可以買一架 Digital Equipment PDP-8, Data General Nova, Scientific Data System 92 或者 IBM 1130 之類的小型計算機了。電子線路的成本越低，小型機也越便宜；到一九七〇年，供實驗室、寫字間、工廠、倉庫或教室使用的小型機的價格已降到數千美元。

集成電路技術的發展速度遠遠超出了降低小型機成本方面的發展。不久，人們已能夠製造具有一架計算機功能的單個集成電路。這種複雜的電路〔稱為大規模集成，（Large-scale Integration 或 LSI）〕可以成批大量地製造，而成本則比簡單電路高不了多少。科學幻想小說作者筆下的“便宜的”計算機就這樣變成了現實。製造商已經生產出的微處理機，比迄今生產的所有其他類型的計算機的總數還要多。到一九七七年，包括有鍵盤（Keyboard）、可見顯示（Video Display）和盒式記錄器（Cassette Recorder）的完整的家庭用計算機，只要花不到一千美元就能買到。

除了把微型計算機和其他類型的計算機作一比較以外，本章還要向讀者介紹微處理機的起源和歷史、製造微處理機所用的半導體技術的特點、微處理機和其他集成電路所共有的特性、微處理機中所用的半導體存儲器、以及微處理機的一些應用。

§ 1.2 大型的和小型的計算機 (Large and Small Computers)

由小型計算機開始的，並由微型計算機所推進的，使計算機成本降低的努力，已使計算機獲得了許多新的應用。圖 1.3 顯示微型機、

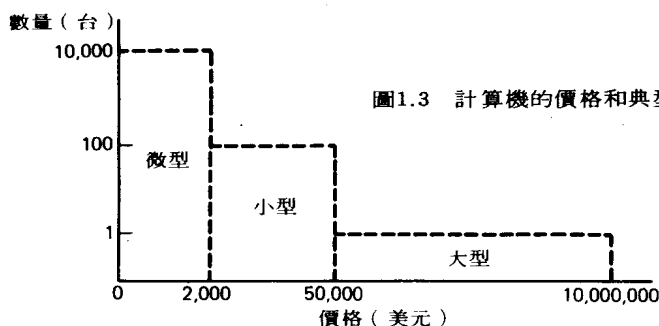


圖1.3 計算機的價格和典型數量

小型機和大型機的價格，以及一位使用者一次可能購買的典型數量。

大型的通用計算機，如 IBM 370, Univac 1100 或 Burroughs 6700，主要有以下兩方面的功能：

1. 解決複雜的科學和工程上的題目，例如太空船的導航、天氣預報、或電子設計和結構設計。

2. 進行大規模的數據處理 (Data Processing)，例如為銀行、保險公司、百貨商店、公用事業和政府機關，處理有關的記錄。

這些工作包含有極大量的計算或數據傳送 (Data Transfer)。解決典型的科學題目往往需要求出複雜方程的解，這些方程是無法用人力求解的。處理商業上的問題要求處理大量的記錄，並處理大量的外圍輸入和輸出。

在這類應用方面，小型計算機和微處理機將不會取代大型計算機。當計算比較不複雜，或數據的總量比較小的時候，小型機當然也可以解決類似的題目。因此，小型計算機或微處理機能夠進行實驗室計算或處理小型商業的記錄。然而，小型和微型計算機的主要應用則不是在大型機的典型應用領域之內。

小型和微型機的一般應用有如下幾個特點：

1. 計算機是系統的一個部分。整個系統（它可能是一個試驗設備、一架機床、或一個銀行終端）利用小型計算機作為一個開關、電源或顯示器。從外面看，計算機甚至是看不見的。

2. 計算機為某一個系統執行某一特殊的工作任務。它不能像大型計算機那樣可以被幾個使用者所使用。與此相反，小型機是某個專門設備（例如醫療儀器、排字機或工廠機器）的一部分。

3. 計算機的程序（Program）是固定的，很少會改變。和能夠解決各類商業或工程問題的大型計算機不同，大多數小型計算機只是執行單一的一組任務，例如監控一個安全系統，產生圖象顯示，或使金屬板彎曲等等。程序通常是存放在永久性的媒體（Permanent Medium）或只讀存儲器（Read-only Memory）之中。

4. 計算機常常執行實時任務（Real-time Tasks）；在這類工作中，它必須在某一特定時間得到答案，以滿足系統的需要。這類應用的例子有：機床控制（必須在正確的時間使刀具轉動以得到正確的工件形狀）或者火箭導航（計算機必須在適當的時間使火箭產生推力，以使火箭進入預定的軌道）等。

5. 計算機執行控制任務，而不是運算或數據處理。其主要功能可能是管理一個貨倉、控制一個運輸系統，或監視一個病人的病況。

小型計算機和微型計算機的使用，和大型計算機的使用是不同的。大型計算機系統的使用者，用某種方便的語言（例如 Fortran、Basic 或 PL/1）寫出程序，將程序交給計算機中心的職員，而最後獲得的結果是印刷形式的或是在磁帶（Magnetic Tape）和其他媒體上的。使用者可以利用各種各樣的外圍設備（Peripheral Devices），標準程序（Standard Program），以及一個大型計算機中心的其他特點。使用者不用擔心計算機運行得如何，或者它怎樣和存儲器和輸入輸出設備進行通訊之類的問題。

當利用小型計算機或微型計算機作為系統的一個部分時，情況就很不一樣。小型機和微型機很少有方便使用的軟件（Software）和外圍設備。為小計算機編制程序是一件費時而乏味的工作。此外，計算機和整個系統的相互作用是一個很關鍵的問題。設計人員必須弄清計算機工作的細節，才能有效地利用它。

因此，小計算機的應用涉及到相互關連的硬件（Hardware）和軟件。設計人員必須考慮到費用和速度這兩個因素，在硬件和軟件之間分配任務，並寫出程序，以便從輸入設備獲得數據並把結果送至輸出

設備。在硬件和軟件設計中，定時（Timing）方面的考慮是關鍵性的。

小型計算機一般不適合於在研製發展階段的應用。大型機的程序是在使用該程序的系統之內發展起來的。但是作為一架儀器或機床一部分的小型機，往往只有執行功能所需的存儲器、外圍和軟件；任何額外的設備可能增加系統的成本而不能使性能改善。因此，這種計算機將沒有卡片閱讀器（Card Reader）或行式打印機（Line Printer）來處理輸入輸出，沒有編譯程序（Compiler）或調試程序包（Debugging Package）以簡化程序的發展，也沒有磁帶或磁盤（Disk）系統來存儲程序或數據。加入到一個系統中的計算機，能夠對該系統的功能作出貢獻，但它却不能應付系統發展的工作。

於是，在發展階段就需要利用一種專門的設備，稱為發展系統（Development System）。這種設備可以利用同一架計算機（自行發展系統，Self-development System）或另外的計算機（模擬器或交叉發展系統，Simulator or Cross-development System）。典型的發展系統具有輸入程序和數據以及記錄結果的外圍設備，保存用戶程序（User Program）和系統程序（System Program）的相當大的存儲器，在編寫和調試程序時有用的軟件和硬件特點，以及能方便檢索的、存儲程序用的海量存儲器（Mass Storage）——磁盤或磁帶。這種發展系統所包含的軟件、硬件、外圍和接口裝置，對最終產品而言沒有什麼用處，它們僅是為着設計上的方便而設。發展程序的任務比較適合於大型計算機，即使這些程序最終是準備用於小型或微型機的。例如，把 FORTRAN 翻譯為機器語言（Machine Language）的一個程序，在大型機上運行的速度，可以比在小型機上運行的速度快好多，並且可以利用作為大系統一部分的外圍設備。進行翻譯的計算機不一定就是該程序打算運行的那架計算機。

因此，小型計算機和微型計算機的使用者將會發現，系統發展工作是很棘手的。寫程序時的環境常常和該程序最終運行的環境不同。通常，硬件和接口是和程序同時發展起來的，使用者面臨着系統結合的困難任務。程序常常必須執行有實時限制的複雜的輸入輸出操作。

§ 1.3 典型計算機的比較 (Comparison of Typical Computers)

表 1.1 對大型通用計算機、大尺寸小型計算機 (Large Mini-computer)、小尺寸小型計算機 (Small Minicomputer) 以及微型計算機作了比較。大型計算機是以 IBM 370/Model 168 (見圖 1.4) 為例，這是一種被廣泛用於數據處理的計算機。大尺寸小型計算機是

表 1.1 各類計算機的比較

	IBM 370/168	DEC PDP 11/45	Computer Automation NAKED MINI	Intel MCS-80
價格	450 萬元	5 萬元	2,500 元	250 元
字長 (位)	32	16	16	8
存儲容量 (8 位字節)	840 萬	256 K	64K	64K
處理機加法時間	0.13 微秒	0.9 微秒	3.2 微秒	2.0 微秒
最大輸入輸出 數據	16×10^6	4×10^6	1.4×10^6	0.5×10^6
速率 (字節/秒)				
通用寄存器數量	64	16	3	7
外圍 (由製造商)	各類外圍	多種外圍	磁盤、磁帶、卡 片、行式打印機、 陰極射綫管、盒 式磁帶	紙帶閱讀機、軟 塑料磁盤、PR- OM 編程序機
軟件	各類軟件	多種軟件	操作系統、匯編 程序、FORTR- AN, BASIC	匯編程序、監督 程序、PL/M, 編輯程序

* 1 K = 1024 位

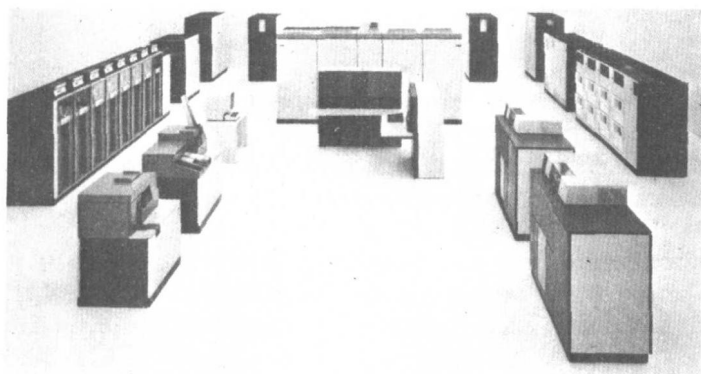


圖1.4 IBM 370/Model 168

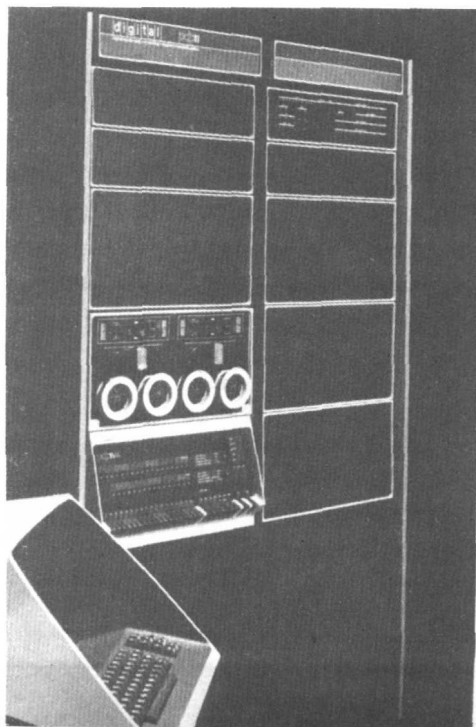


圖1.5 Digital Equipment
(DEC) PDP 11/45

以 Digital Equipment (DEC) PDP 11/45 (見圖1.5) 爲代表。小尺寸小型機的例子是 Computer Automation NAKED MINI (見圖1.6)，這是一種流行的系統計算機。微型計算機是 Intel MCS-80，它是以廣泛使用的 Intel 8080 微處理機爲基礎 (見圖1.7)。表 1.1 所列舉的只是有代表性的，並不意味着這些產品就是同類產品中最好的。

價格 (Cost)

大型通用計算機十分昂貴，因而只能作爲大機構的中央計算機設施。這種計算機常需要受專門訓練的程序員、分析員和操作員才能運

計 算 機	系統價格 (美元)
IBM 370/168	450 萬元
DEC PDP 11/45	5 萬元
Computer Automation NAKED MINI	2,500 元
Intel MCS-80	250 元

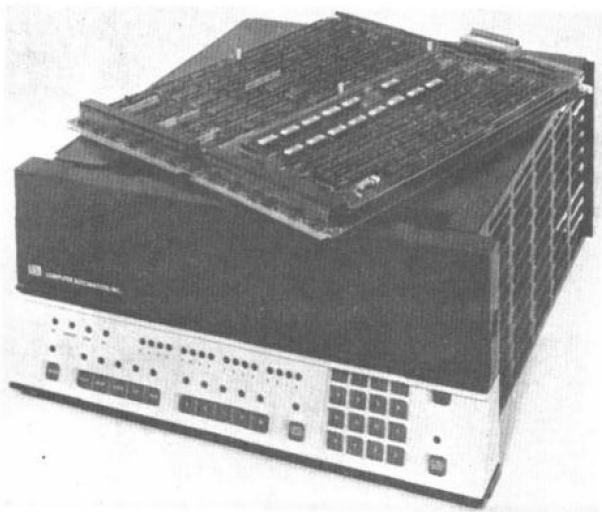


圖1.6 Computer Automatic NAKED MINI

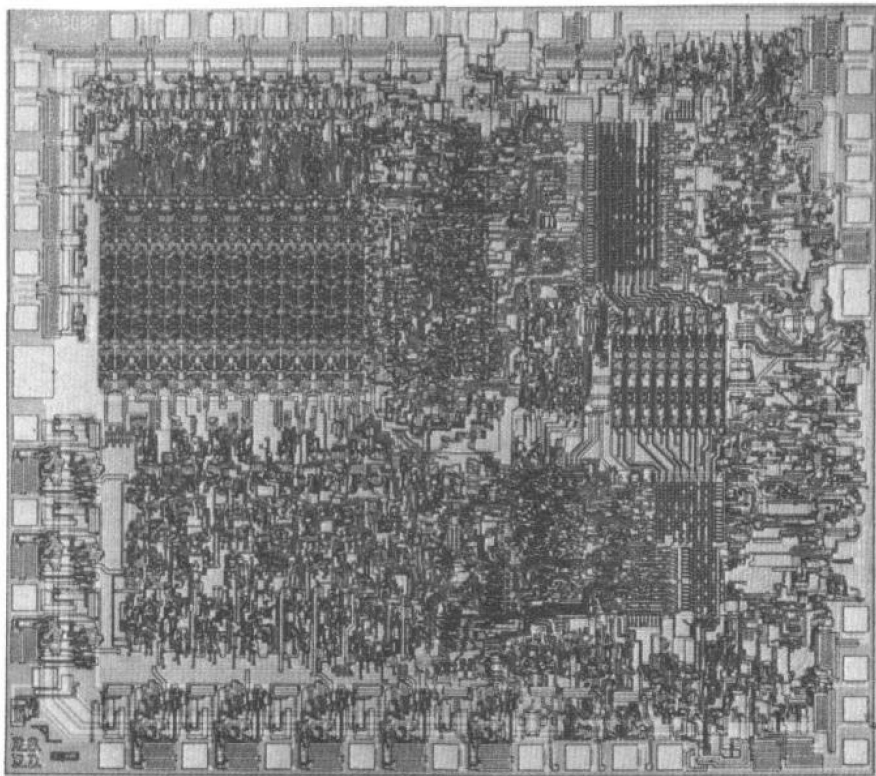


圖1.7 Intel 8080 微處理機的照片

行。它可以有許多個外圍，例如卡片閱讀機、行式打印機、磁盤和磁帶系統，以及終端。這種計算機能加工大量的記錄及處理許多個各別的任務。

大尺寸小型計算機價格也不菲，它不能成為某一件產品的一個部分，但可被實驗室、小型企業、或小工廠所採用。這一類小型機也可用作大型機的輔助處理機（Secondary Processor）。

小尺寸小型計算機的價格，便宜到足以使它成為一架機器、一個銀行終端或一個測試系統的一部分。然而，最終產品的價格仍可能大大高於一萬美元。在此價格範圍內的產品，通常並非是一種數量要求