

微處理器與 微電算器基本

Microprocessor and
Microcomputer Basics

原著者：Jefferson C. Boyce

譯述者：陳 友 武

科技圖書股份有限公司

微處理器與 微電算器基本

Microprocessor and
Microcomputer Basics

原著者：~~Jefferson~~ C. Boyce

譯者：~~陳~~ 武

科技圖書股份有限公司

Preface

原 序

電晶體曾在電子界引起了一陣革新風潮，如今微處理器（microprocessor）又革新了數位電算器（digital computer）的應用。在不久將來，微處理器可使電算器進入家庭，而其價格將低於目前電視機的售價。此外，又可使工業控制、超級市場自動結帳、車輛引擎控制等獲致最佳性能，並能減低污染以及作業成本的降低。

本書旨在揭示微處理器的奧秘及其如何應用於現代科技界。由於微處理器的使用，需具備對組成微處理器的實際硬體（hardware）與軟體（software）指示硬體如何工作的一些指令的基本知識。故本書內容涵蓋了上述兩大單元，並提供足夠的詳盡資料，以供非電算器從業人員在實際應用微處理器及微電算器時不致發生困難，同時並就技術要求以探討現存的各種設計。

微處理器與微電算器基本一書，不採用“烹調書”式的寫法。故不擬就微處理器或微電算器的結構與作業逐步介紹與說明。此類書籍市上已出版頗多。相反的，本書旨在探討基本原理，使讀者能了解微電算器。雖然本書包含許多製造廠商提供的資料，但最主要方式是在針對某一特定的硬體進行研討，直至獲得肯定的基本原理為止。故在最後才介紹實際的微電算機。

在詳讀本書內容，並做完各章問題，與探討過現代微處理器與微電算器的應用後，讀者應能：

- (1) 了解並可應用專業術語。
- (2) 解釋數位電算器基本原理。
- (3) 解釋微處理器及微電算器的基本原理。
- (4) 將微處理器技術運用到微電算器各種應用上去。
- (5) 將微電算器技術付諸實用。

詳閱本書目錄，將不難發現上述目的將如何獲致。第一章至第四章，旨在複習數位邏輯（digital logic）；電算用算術以及通用數位電算器的原理，以利讀者進入微處理器及微電算器的領域。第五章指出一般的數位電算器與微處理器的不同處，並用方塊圖來介紹微處理器的各部要點。

典型微處理器的硬體，將在第六章中詳為介紹。第五章中所提出的方塊圖，均將在本章中詳加探討。第七章專論微處理器軟體（即使微處理器硬體執行其基本功能的指令組）。此時並將第六章介紹的硬體資訊，與軟體組合，以供了解微處理器的能力。

第八章討論典型的輸入／輸出方法與裝置。第九及第十兩章專論微處理器的內／外記憶裝置。典型的微電算器將在十一及十二兩章中探討。硬體部分在十一章才介紹，軟體部分則在十二章中說明。

最後一章介紹現行的各種微處理器與微電算器的應用。本章內涵蓋了硬、軟體論點，使讀者領會兩者間的密切關係。第十二章中，簡介一大型微處理器，作為未來可能發展的先期探討。本書各章節的安排，合理的提供讀者由基礎的數位邏輯，乃至微處理及微電算器的實用知識。

微處理與微電算器基本，實由其先導數位電算器基本原理、數位邏輯與交換電路等原理，自然的演進而成。以往各種研究所得，成為指向今日此一新穎而又具發展潛力的新領域。Commodore 商業機器公司；INTEL 公司；MOS 技術公司；SIGNETICS 公司；德州儀器（Texas Instrument）公司（半導體組），以及其他廠商分別提供大量技術資料與協助。再由編者將此等資料編輯組合。此外，Prentice-Hall 書局各部門同仁對本書編著亦給付大力幫助，在此一併致意。

Jefferson C. Boyce 卜亦司

Contents

目 錄

原 序

第一章 微處理器與微電算器簡介

1-1 簡 史.....	1
1-2 半導體技術.....	3
1-3 數位電算技術.....	3
1-4 微處理器的演進.....	7
1-5 應 用.....	10

第二章 數位邏輯

2-1 組合邏輯電路.....	15
2-2 順序電路.....	27
2-3 摘 要.....	33
問 題與研究問題.....	33

第三章 電算機算術

3-1 二進位加法.....	35
3-2 帶號數.....	38
3-3 二進位乘法及除法.....	45
3-4 算術／邏輯單元作業.....	49
3-5 二進碼十進數算術.....	52
3-6 摘 要.....	54
問題與習題.....	55

第四章 數位電算器基本原理

4-1 電算器基本概念.....	57
4-2 控制功能.....	66
4-3 儲存(記憶)功能.....	69
4-4 算術/邏輯功能.....	72
4-5 輸入功能.....	76
4-6 輸出功能.....	79
4-7 摘要.....	80
問題.....	81

第五章 微處理器/微電算器概念

5-1 匯流排.....	83
5-2 微處理器資料流程.....	86
5-3 摘要.....	90
問題.....	90

第六章 微處理器視作硬體

6-1 控制功能.....	94
6-2 儲存(記憶)功能.....	97
6-3 算術/邏輯功能.....	101
6-4 輸入/輸出功能.....	103
6-5 摘要.....	104
問題.....	104

第七章 微處理器作軟體

7-1 基本觀念.....	105
7-2 指令組.....	112
7-3 指令組的應用.....	126
7-4 摘要.....	132
問題.....	132
習題.....	133

第八章 微電算器輸入/輸出

8-1 並聯輸入.....	134
8-2 並聯輸出.....	156
8-3 串聯輸入／輸出.....	161
8-4 摘 要.....	170
問 題.....	171

第九章 內記憶

9-1 資訊儲存簡介.....	172
9-2 隨意存取記憶.....	180
9-3 僅讀記憶.....	197
9-4 磁 蕊.....	201
9-5 典型微電算器記憶.....	204
9-6 摘 要.....	208
問 題.....	208

第十章 外記憶

10-1 巨量儲存裝置原理.....	210
10-2 磁碟記憶.....	217
10-3 卡氏磁帶記憶.....	222
10-4 磁泡記憶.....	231
10-5 電荷耦合裝置.....	234
10-6 摘 要.....	237
問 題.....	238

第十一章 代表性的微電算器—硬體

11-1 系統說明.....	240
11-2 微處理器.....	244
11-3 外圍界面.....	247
11-4 內部通信.....	252
11-5 外部通信.....	257
11-6 記 憶.....	262
11-7 摘 要.....	264

第十二章 代表性的微電算器—軟體

12-1 微電算器指令.....	267
12-2 機器語言程式寫作.....	276
12-3 組合語言程式寫作.....	280
12-4 高階語言程式寫作.....	283
12-5 摘 要.....	287
問 題.....	288

第十三章 應 用

13-1 微波烤爐控制.....	289
13-2 智慧型打字機.....	289
13-3 由微至小.....	302
13-4 結 語.....	309

附 錄

A 波林代數定律.....	311
B 十六進位與十進位換算.....	313

參考書目	315
------------	-----

Introduction to Microprocessors and Microcomputers

第一章 微處理器與微電算器簡介

吾人現已進入“微”的(micro)時代了。這是一個由兩種科技的結合，而影響吾人生活至鉅的時代。數位電算機技術與半導體技術的密切結合產生了微處理器(microprocessor)*。就像新生嬰兒，影響了父母的生活一樣。微處理器的誕生，影響了孕育與培養它的一些科技。父母對孩子前程的期望，完全表現在科技對微處理器的期望上。在我們探討未來之前，先查考一下過去，到底是那些因素，將這兩種技術結合起來的。

1-1 簡 史

數位電算機的先祖，可追溯到遠古時期。人類最早造就一種計算工具是算盤。早在耶穌誕生前的歷史中，即已提及的一種數位裝置。一位算盤

*微處理器的一般定義是，由大型積體電路所組成。內含70%由極小數位計算器提供的計算能力。由於技術發展，不久將會看到用單一積體電路充作整體的計算器。則微處理器與微計算器，只是實質的大小而分。

2 微處理器與微電算器基本

打得很熟的人，可輕易地與機械式桌上型計算器（mechanical desktop calculators）抗衡，但電子計算器（electronic calculator）却能輕易地凌駕兩者之上。在算盤之後，到1642年Blaise Pascal 桌上計算機出現之前，數學上的機械輔助器有一些進步。Pascal 用簡單的齒輪組合來作加減。另一位數學家改良了Pascal 的早期裝置，能做乘法。但由於機械的精度不夠，妨礙了進步。

與數位機器（digital machines）發展有關的另一個主要里程碑，是發生在1800年代初期。Charles Babbage，想出一種機械裝置，並引用若干現代電算機原理。他的“差值器”（difference engine）是發展來計算並印出數表（mathematical tables）用的。由於材料的不完美，缺乏精密工具，政府資助停止，以及同僚間的相互缺乏了解，故在造出若干不完整的模型機後，整個計畫就放棄了。

在1800年代末期，與1900年代初期的穩定發展，看到了機械與電的原則，在記錄儲存、帳務處理、簿記處理各方面的應用，逐漸推廣。

1940年代，又見到了電機計算機（electromechanical computer）的發展。第二次世界大戰期中，由雷達發展途中的脈波（pulse）技術與應用數學的結合，為適應戰時生產的自動化要求，結果產生了無人操作而能執行例行工作的機器。接着，由電子（electronic）取代了一切。生產機器馬上做出程式（programmed）來對品質、數量等下決定。第二次世界大戰中，通盤發展的真空管（vacuum tube）電算機，很快就被“智慧機器”（intelligent machines）的設計與應用活動所趕上。

雖然，真空管的應用，使作業速度急速增加，但機器指令仍儲在電算機外，依需要順序輸入。但，真空管電算機的高的電力要求與可靠性的不良，使它的能力受到限制。1940年代中葉，發生兩件大事，影響了數位電算機的未來。1946年John Von Neumann就電算機設計提出了至今仍極優異的建議。他建議將電算器指令與所需處理的資料一併儲存在電算機內。這樣使以後的數位電算機的結構定形。1947年，William Shockley John Bardeen，與Walter H. Brattain的工作，發展了固態放大裝置（solid-state amplifying device），即電晶體（transistor）。在甚小的空間內，所耗的作業功率更小。電晶體除去了體積與功率的需求障礙。於是

，原來需要一大空間來放置元件的電算機，縮小到桌上型大小。在真空管時代所無法理解的電算機於焉產生。而數位電算機與半導體終於結合。

1-2 半導體技術

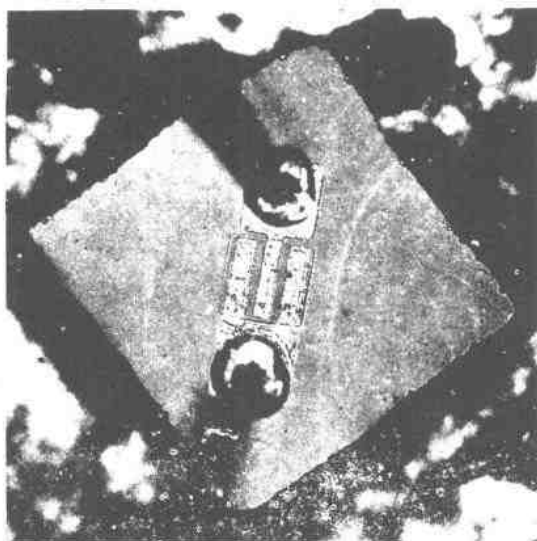
首先，我們來探討一下半導體技術的發展經過。事實上，在電晶體發現之後，半導體方面（就電算機而言）僅有兩次重要突破。由於吾人的要求，能以較低的價格，獲得體積較小而更具效率與功能的電算計，故在1960年代初期，終於成功地製出了積體電路（integrated circuit, IC）。在同一小矽片（tiny chip of silicon）上可製造許多電晶體與二極體（diodes），與分離元件電路（discrete component circuits）相比，其體積與成本均能降低不少。吾人亦曾花了不少時間來研究如何能有效地將同一矽片上的電晶體與二極體隔離，但這時間已經過去了。如今，更具功能的電算機，可藉更複雜更密集的IC組件來設計，以付諸實施。

由於元件密度（component density）愈來愈大，馬上就感到原有的IC技術已無法應用於新問題上去。於是，在IC與目前已過時的大比例積體（large-scale-integration, LSI）組件間產生了中型積體（medium scale-integration, MSI）組件的生產。不少人認為，MSI只是原始IC的長兄而已，有繼續將精力投注在將來更大發展的必要。

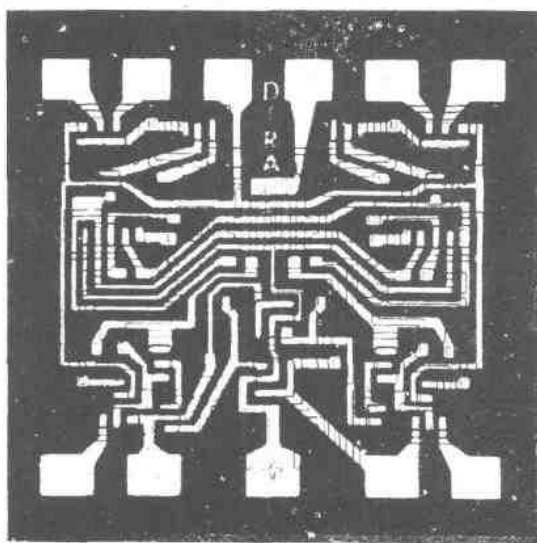
持續的發展，與新的科技，終使上百的組件集合在極小的空間內。在1967年，第一個實用的LSI組件問世。這就是使微處理器實現與低成本計算機時代先驅的高密度包裝（high-density packaging）。圖1-1所示為LSI的發展。要注意，圖1-1中各組件在小矽片上所佔的空間約略相等。半導體技術進一步的發展，使組件密度比例增高為1000。此種新技術，稱為極大比例積體（Very large scale integration, VLSI），或超大比例積體（Extra large scale integration, ELSI）。

1-3 數位電算技術

其次，我們探討一下數位電算機技術成長過程。早期的電機式計算機有132個字（word）的儲存能量（storage capacity），兩數相加，要費時3秒鐘。第二代的機器，是用真空管構成的。如圖1-2所示，可在1/

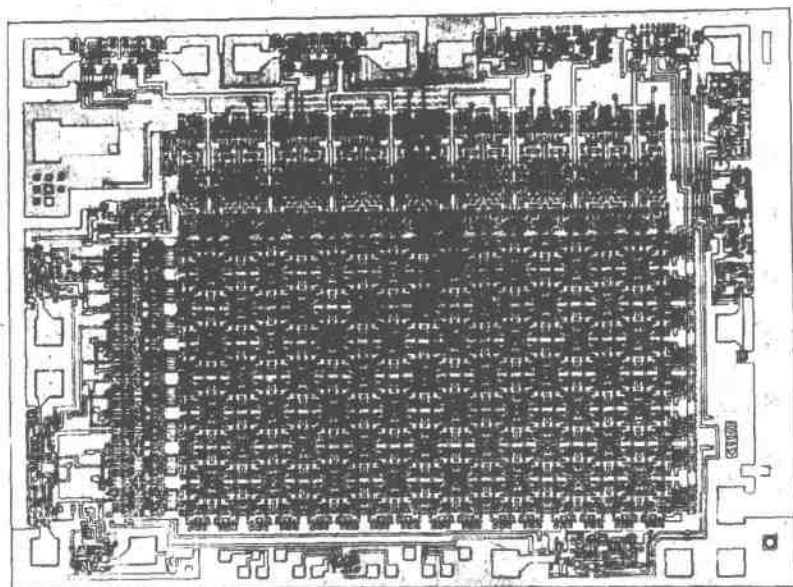


(a)

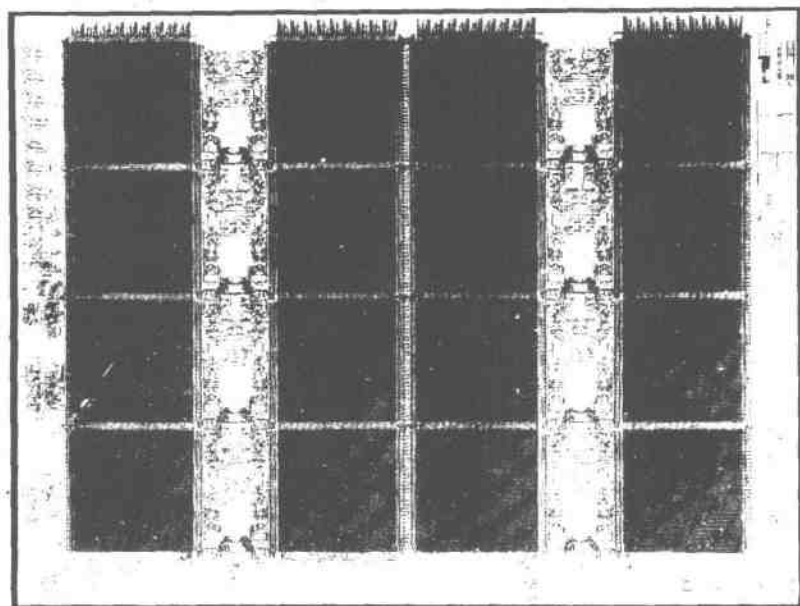


(b)

圖 1-1 大比例積體 (LSI) 之演進：(a)早期晶體 (個別半導體裝置)；(b)小比例積體 (能儲存一個數元之積體電路)；(c)中比例積體 (能儲存 256 數元訊息之積體電路)；(d)大比例積體 (能儲存 65536 數元資訊之積體電路)



(c)



(d)

圖 1-1 (續)

305419

6 微處理器與微電算器基本

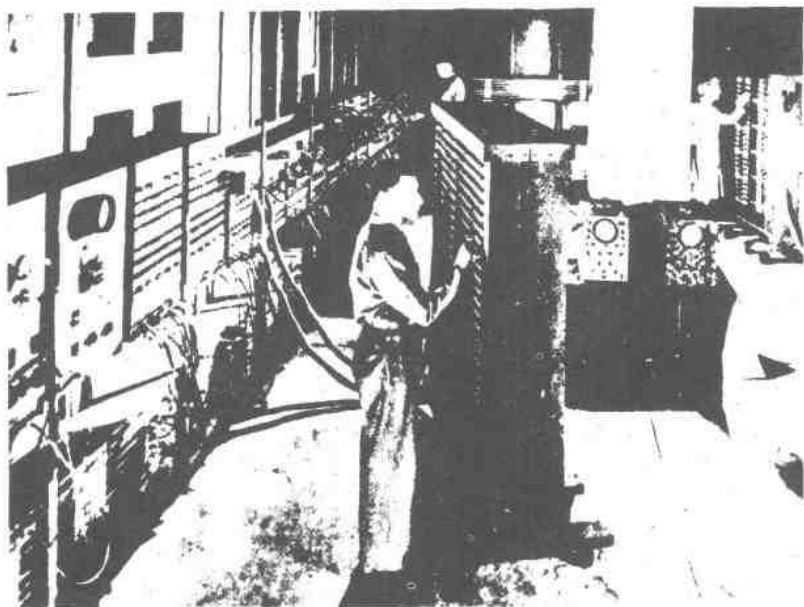


圖 1-2 ENIAC，第一代全電子電腦之一，Circa 1940 年代末期

5000 秒時間，將兩個十進位數相加，比起早期的 3 秒鐘時間，真可謂一大躍進（但，儲存能量仍為有限）。此一佔地 15,000 ft²，重達 30 t，約含 18,000 個真空管的巨物，即為日後電算機的先驅。

由電晶體組成的電算機，大幅地降低空間與功率的需求。早期的晶體電算機（transistorized computer）僅需幾個微秒（microsecond）即可執行一個加法（一微秒等於百萬分之一秒，而一毫微秒（nanosecond）為兆分之一秒）。其儲存能量一般均在 1000 至 4000 內（internally）含字。外圍（peripheral）儲存裝置，如磁帶機（magnetic tape unit）等，使第二代或爾後的數位電算機的儲存能量大為增加。積體電路技術（integrated circuit techniques）再度降低了體積與功率要求。圖 1-3 所示的數位電算機，即為今日小型電算器（minicompute）的代表。迷你（MINI）只描

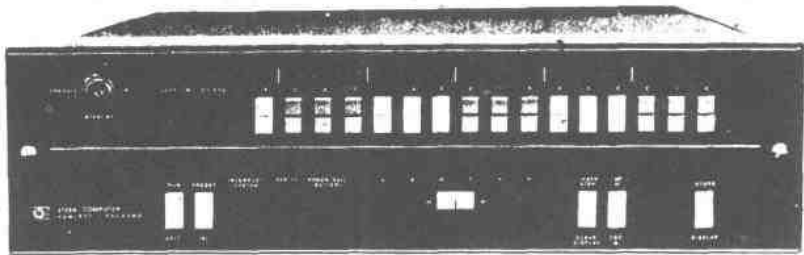


圖 1-3 現代小型電腦

述其大小，因為此種機器具有下列的功能：(a)作業時間為毫微秒，(b)儲存能量增至 31,000 個內含字，(c)全系統僅重 50kg。

最後，圖 1-4 所示的現代大型電算機，具有毫微秒的作業時間 (operating time) 能力，其儲存能量幾無限制，幾百萬元的標價，這一切都顯示數位電算機在近半世紀來的技術成長與進步。新科技與裝置的出現，將使作業速率 (speed of operation) 與成本降低，而使儲存能量則益增加。

1-4 微處理器的演進

由於數位電算機的不斷成長，跟着而來的問題是如何將電算機應用到

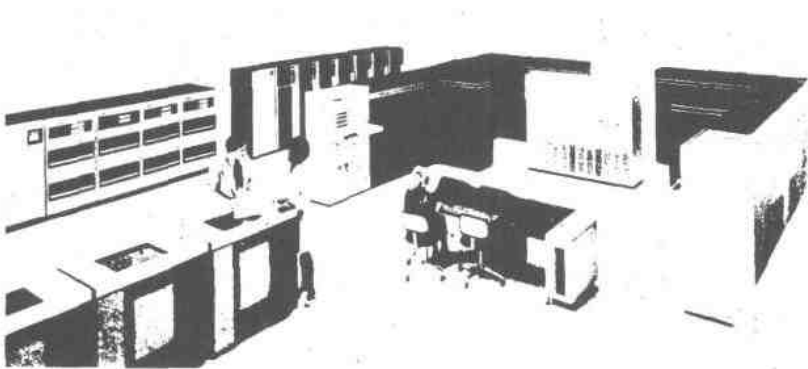


圖 1-4 Burroughs B6800 大型現代電腦

8 微處理器與微電算器基本

更多的每日事務上，如超級市場的結帳，小型機器的控制，以及交通號誌的管制等。但大型電算機的體積巨大，因而一些小的應用幾無法實現。即使小型電算機，對這些簡單的任務仍有不適用之感。由於吾人已具有在小片（chip）上製成上千個電路的認識，設計人們，就以不同的方式使電算機應用到日常事務上。

何不將那些“接線邏輯”（hard-wired logic）控制與資料處理（control and data-processing）的應用取出，而以通用（general purpose）而可做程式的（programmable）數位電算機來替換這些邏輯電路？如此一來，一部電算機就可執行許多不同的任務（task），只需將程式隨着不同任務，酌予改變即可。若僅需設計一部在應用上只要小量記憶及最低數學運算能率的電算機，半導體工程人員便可發展出低成本的“小片電算器”（computer-on-a-chip）。當然，他們能在小片上做出計算機（calculator），又何不做出電算機小片（computer chip）呢？

通常，設計者的要求，與工業能力間仍留有多年的差距。半導體科技能滿足某些要求，但真的小片電算器尚仍為一設計理想，不是馬上能實現的。涉及的概念甚多，但一般結論是，用一個LSI小片來執行數位電算器

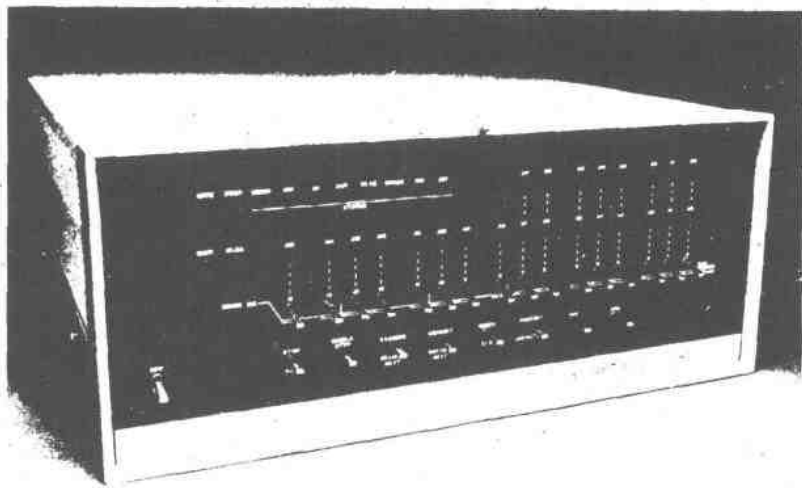


圖 1-5 早期之微電腦 Altair 8800

的基本作業，但亦只有在做進適當程式時，才能如此。記憶極為有限，有時不超過幾個字元（characters）。故需多加若干 IC 作為記憶之用。同時，在處理器與外界（external world）間並無預控的連接能力，故又須多加一些 IC 作為界面作業（interface operation）之用。定時（timing）與資料遞送（data routing）均在處理器小片之外。總之，要如此多的支援用 IC，使設計者對其構想產生懷疑，因為他們的微電算器看起來像是小型電算器了。早期的微電算器如圖 1-5 所示。

可是，半導體又有一次突破。用多功能（multifunction）LSI 小片取代了成打的 IC。於是，用微處理器為基礎的微電算器亦由若干個印刷電路板（printed circuit boards）縮減為只有一個（如圖 1-6）。

要想裝小比例控制的應用，今天已有小片電算器的應市了。圖 1-7 所

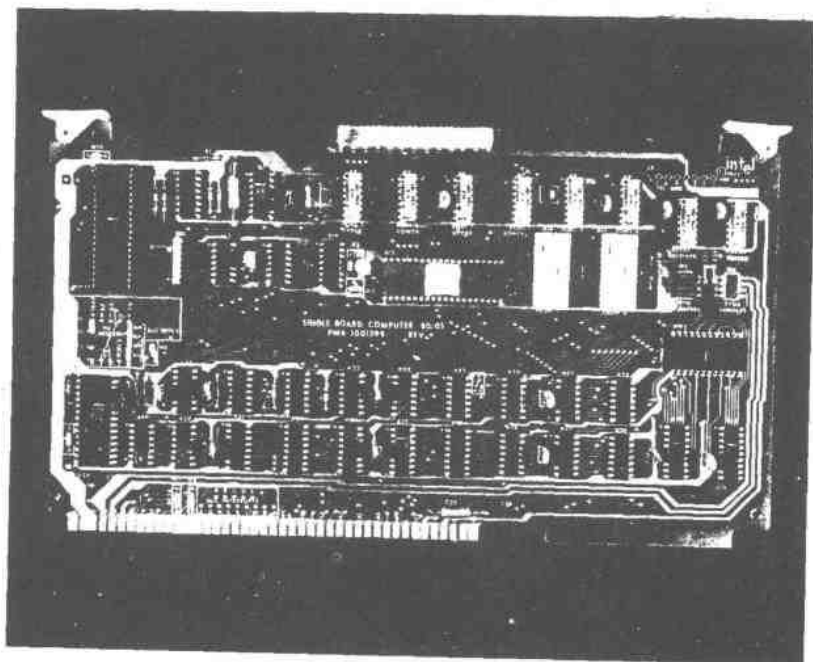


圖 1-6 單板微電腦

*微計算器為一種用微處理作為基礎，具有整體計算器的計算能力，包含記憶定時與外界交談等工作。