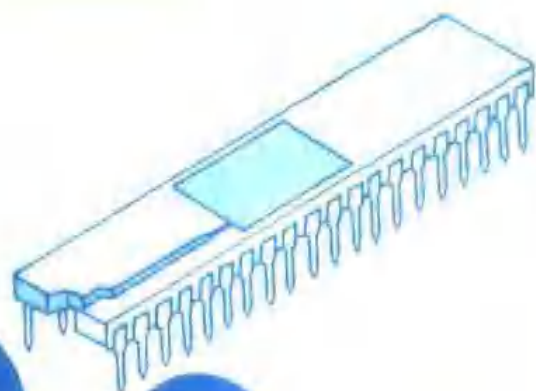


微處理機概論及其應用

～從製造到展望～

陳丕宏 主編



孫春在・陳明德
尉濟時・張憶里

聯合編譯

微處理機概論及其應用

～從製造到展望～

陳丕宏 主編

孫春在・陳明德・尉濟時・張憶里

聯合編譯

松崗電腦圖書資料有限公司 印行

微處理機概論及其應用



每本定價新台幣 160 元正

編著者：陳丕宏、孫春在、陳明德
尉濟時、張憶里

發行人：吳 宇 信

發行所：道明出版社

台北市仁愛路二段一一〇號

總經銷：松崗電腦圖書資料有限公司

台北市仁愛路二段一一〇號

電話：3930255・3930249

郵政劃撥：109030

承印者：東崗印刷設計股份有限公司

電話：3930255・3930249

中華民國六十七年十二月 初 版
中華民國七十年五月 第二版

本出版社經行政院新聞局核准登記，
登記證為局版台業字第一七二九號。



——感謝所有促成這本書
之印行的人。

print 36/21

前言

計算機在現代生活中的廣泛應用，無疑是近代科學一項極大幅度的進展，微處理機所象徵的另一次工業革命，更將在未來十年中改變人類的生活型態。此外，和這些成就攜手並進的，諸如在通訊，控制等領域之中，也有一日千里的進展，勢必將在生活的各個層面中，展現它們無與倫比的影響力量。而所有的這一切，都植基在微電子技術的不斷突破中，因此，本書請十一位專家學者，就他們精擅的方面，把微電子技術的一點一滴，詳盡地介紹給讀者，使人人都能一窺全貌，從而更了解整個人類生活的趨向，與每個個體在此大趨向中努力的目標。

第一章，是一個最基本的概論，標題就是“微電子”，介紹微電子學革命性的進展，從不同的角度，預測未來的展望，並且就它在企業機會的創造，成本的降低，生產報酬率的提高各方面，作了詳細而有條理的分析，對於工程師及投資者，就如同一盞明燈，指引了一個前途光明的目標。

第二章，是“微電子電路元件”，其中談到由二極體、電晶體、場效電晶體、MOS 場效電晶體，到最新的 I²L，微電子電路飛速進步的情形。由於更精密的技術，使得在一塊晶片上，可以製造千萬個以上的邏輯閘，微處理機即由此種技術發展而成，本講由最基本的半導體物理開始介紹，再詳細說明各種微電子元件的製造方式與各元件的性質，如何在製造方式與電路特性之間，建立起對應關係，是開創未來積體電路時代的關鍵所在。

第三章，“微電子電路中的大型積體電路”，介紹大型積體電路的歷史發展，應用途徑、製作原理及方法，並簡略敘述了各邏輯閘的四則運算原理，以及整塊電路在晶片上的建立過程。對於計算機中的執行原理及過程，也作了概略的介紹。

第四章，“微電子電路的製造”，自微電子電路的發展，詳細敘述其製造過程與步驟，對於時間、溫度的控制與離子培植與擴散的技術，都有深入淺出的介紹，是了解微電子電路的最淺入手處。

第五章，“微電子記憶器”，本講針對著各類型記憶器作了詳細的探討，可謂巨細靡遺，從磁蕊、磁碟、磁帶等移動表面記憶器，一直到最進步的 CCD 以及磁泡記

憶器，一一討論它們的特性、組態，以及應用範圍，文中並分析隨機取用記憶體與連續取用記憶體的分野，由這些架構起整個計算機組織的嶄新觀念。

第六章，“微處理器”，本章概述了微處理器的結構，以及從最小的晶片、機械碼到最終的完備系統、散佈軟體系統，這硬體軟體兩方面，微處理機發展的階級層次。此外，在應用一個微處理機於實際的例子時，於設計上應注意的事情，本文有詳細的介紹。最後，還將展望微處理機在將來的世界所扮演的角色，相信大家會有很清新的概念。

第七章，“微電子在資料處理上所扮演的角色”，整個就計算機結構中的特性，探討微電子技術在每一部門中引致的突破，由整體觀念的建立，而了解到各類型計算機，從主型計算機、迷你型計算機、微計算機、乃至於正在研究中的更小型處理機，將在生活的各個角落中，展現它們更多方面的用途。

第八章，“微處理機在儀器與控制上的功能”，重點在說明因著微處理機的出現，使得測量系統更趨精密，自動化的測量系統，乃是構成整個控制系統的輸入部份，再加上電腦化的資料處理，我們將可以建立一個全自動化的控制系統，本講指出在分析儀器，交通控制、引擎控制以及工具機數值控制，多方面微處理機的實際應用成果，而這些只是全自動化過程中一個起步，由此，我們可以一窺以後的工商業中，控制系統的發展新貌。

第九章，“微電子在通訊上所扮演的角色”，大致先敘述微電子的發展史，就其成本低、體積小、可靠性高這三個特點，在通訊系統中所擔任的重要角色。成本低，有助於大量生產與廣泛應用，體積小，所佔的空間就小，重量亦隨而減輕，一方面有助於通訊系統的縮小，一方面也適合發展太空通訊。可靠性高，無疑是通訊系統中最需要，最重要的一環。本文又討論了微電子在數位通信中提供的貢獻，而這是目前最新且是最重要的發展，最後，又提及了一些最新的技術發展，諸如 CCD、磁泡、固態鐳射等等。

第十章，“微電子與計算機科學”，三十年來，計算機科學的發展，完全被邏輯

元件和人類的思考方式所定型了，但是微電子時代的來臨，消除了這一層限制。在這個通訊連線設計的成本遠超過邏輯元件成本的時代裡，舊的交換理論已不切實際，並且，微處理機的低廉價格，已經使得計算機再不須以列串為唯一的處理方式。對這兩點，本文有極精彩的介紹。

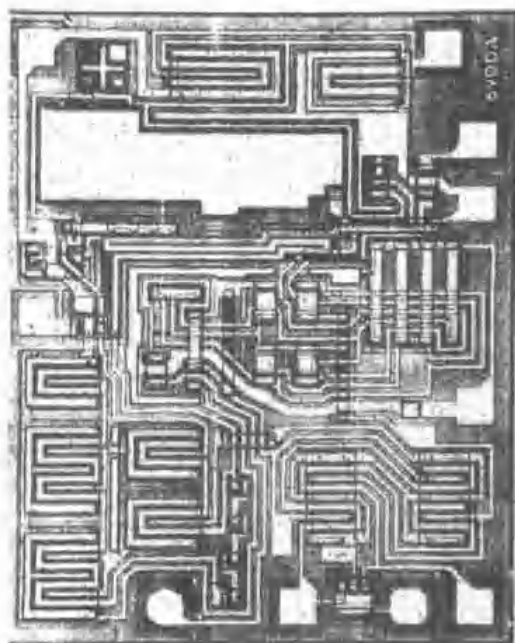
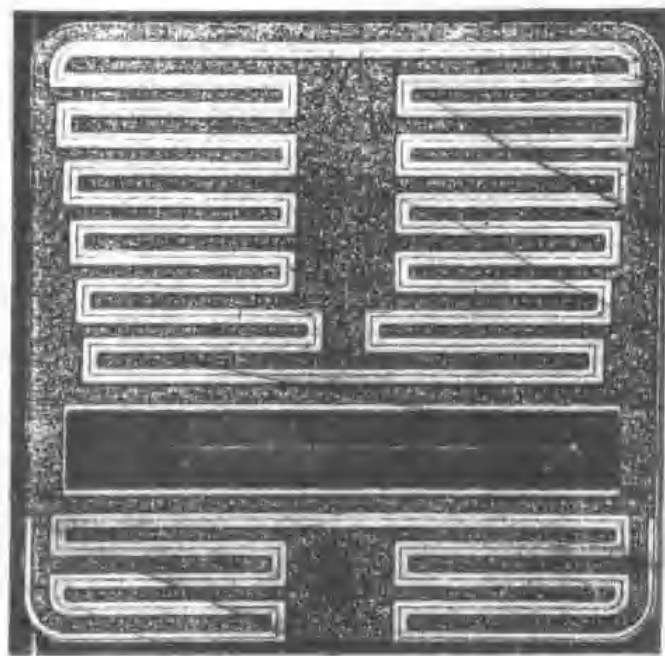
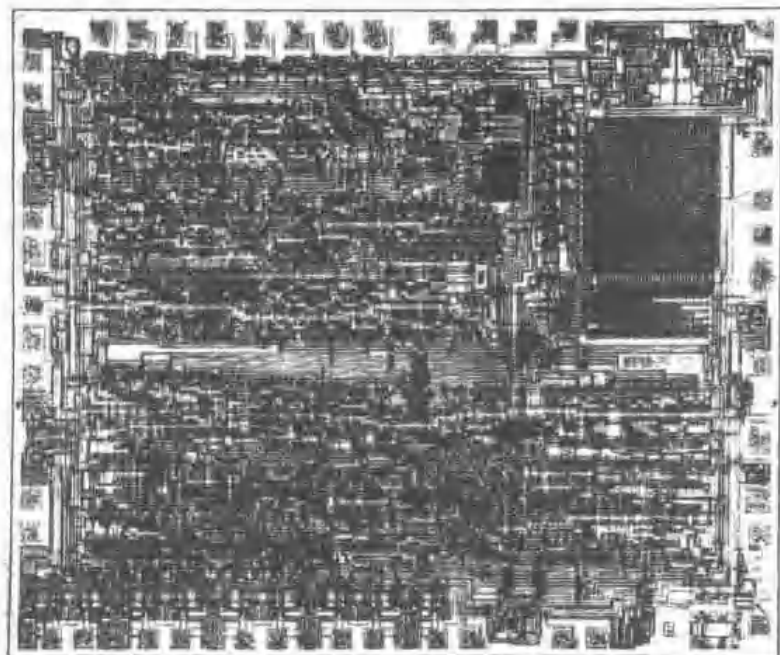
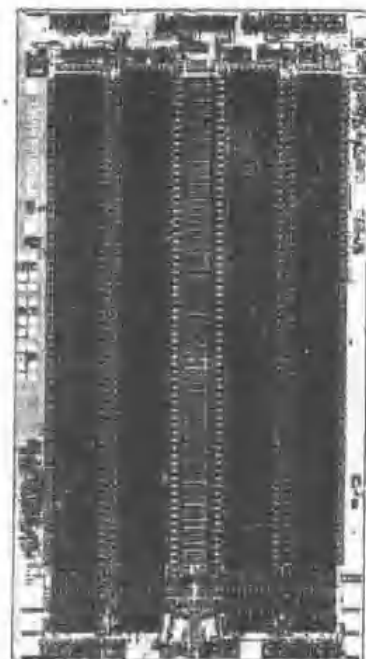
第十一章，“微電子與個人型電腦”，在這裡，引入了一個新名詞——個人型電腦（personal computer），由這個名稱，我們便不難預料，個人型電腦在未來生活中的普遍性與必要性。它突破了以往由Data-procedure 發展出程式語言的複雜性，而利用Message-activity，亦即，只要有足夠而合適的訊息輸入，電腦便能操作自如，因而擴大了電腦的組織能力，根據這理論而發展出small-talk 的新程式語言，不但啓發人的創造性，並對社會發生巨大的影響。

以上，便是對各章的內容，作一個概略的介紹，相信篇篇深入淺出而精彩的本文，將為我們指引出一個明顯的指向。

至於本書各講之原作者，我們在附錄一有個簡單的介紹。此外，由於計算機技術不斷進步革新，未來的展望是頗引人遐思的，美國TIME雜誌在1978年一月廿日以計算機的新世代為特別報導的一期中有一篇極生動而有趣的描述，我們特收於附錄二，以供參考。

在譯名極為紛雜的今天，書中譯文或許有不妥之處，為了避免誤會，特編有中英文對照索引於書後，請加利用。文中謬誤，亦祈不吝指正。

編者群於台大
一九七八年十月



目 錄

1 1 微電子學

- 2 1.1 概 論
- 2 1.2 問題的引進
- 3 1.3 關鍵性的絕緣體—— SiO_2
- 4 1.4 企業機會之創造
- 5 1.5 成本的降低
- 6 1.6 生產報酬的提高
- 8 1.7 展 望
- 9 1.8 結 論

11 2. 微電子電路元件

- 12 2.1 序論——主動和被動元件
- 14 2.2 半導體物理
- 15 2.3 二極體與電晶體
- 17 2.4 場效電晶體的製造與分類
- 24 2.5 數位邏輯電路
- 24 2.6 MOSFET 與最新的 I^2L 技術
- 27 2.7 結 論

31 3. 微電子電路中的大型積體電路

- 32 3.1 前 言
 - 32 3.2 二進制的四則運算及邏輯閘
 - 36 3.3 加法器的原理
 - 37 3.4 幾種基本邏輯閘的原理
-

40	3.5	一些常用的邏輯電路
43	3.6	儲存程式和微處理機的操作原理
51	3.7	大型積體的一些概念
54	3.8	微處理製作與設計上的一些問題

57 4. 微電子電路的製造

58	4.1	緒 言
58	4.2	品質與成本之關係
60	4.3	發展的階段
62	4.4	溫度時間的控制
63	4.5	光石板印刷技術
66	4.6	離子培植與擴散
67	4.7	累積薄膜
68	4.8	最後檢驗
70	4.9	結 論

73 5. 微電子記憶器

74	5.1	緒 論
74	5.2	移動表面記憶器
76	5.3	半導體記憶器
77	5.4	蓄電池記憶器
78	5.5	記憶器須考慮的各種參數
79	5.6	讀出式記憶器
82	5.7	連續取用記憶器
83	5.8	磁泡記憶器

85	5.9 超導通路接合
86	5.10 取用時間、可靠性與價格的改良
86	5.11 結 論
89	6. 微處理器
90	6.1 概 論
90	6.2 功能和結構
94	6.3 層次規劃
94	6.4 硬體方面的階級
94	6.4.1 晶片
95	6.4.2 模組和“麵包板”系統
98	6.4.3 小計算機系統
99	6.4.4 完備系統
99	6.4.5 多重處理器系統
101	6.5 軟體方面的階級
102	6.6 應用發展的過程
102	6.6.1 需要的確認
103	6.6.2 樣品系統
105	6.6.3 輔助的發展工具
106	6.6.4 三位一體的系統——Triad
107	6.7 應用的實例
108	6.8 展 望
112	6.9 結 論
113	7. 微電子技術在資料處理中所扮演的角色

114	7.1	緒 論
114	7.2	現有的各型計算機及其發展
117	7.3	微電子技術導致的改良
117	7.4	發展的限制
118	7.5	記憶器與處理器之間的差異
119	7.6	邏輯綫路
120	7.7	邏輯綫路製造上的考慮
121	7.8	改進邏輯綫路製造的幾個方法
122	7.9	局部處理的觀念引進
122	7.10	散佈處理系統的建立
124	7.11	結 論
125	8.	微處理機在儀器與控制上的功能
126	8.1	控制的基本概念
126	8.2	自動控制——由類比到數位
128	8.3	微處理機與測量儀器
131	8.4	工廠自動化與交通控制
131	8.5	工具機與引擎控制
134	8.6	結 論
137	9.	微電子在通訊上所扮演的角色
138	9.1	前 言
138	9.2	微電子技術的成本和可靠性
140	9.3	微電子電路的體積
144	9.4	微電子技術功率處理上的特點

147	9.5	微電子技術在高功率通訊系統上的問題
148	9.6	微電子技術在數位通訊上所擔任的角色
152	9.7	一些其它有關微電子技術的發展

155 10. 微電子與計算機科學

156	10.1	概 論
158	10.2	計算機科學
159	10.2.1	通訊連線
159	10.2.2	我們探索的方向
160	10.3	交換理論
162	10.4	計算機性質的改變
162	10.4.1	匯流道的觀念
163	10.4.2	匯流道的缺點
164	10.5	新的理論所具備的一些觀念
167	10.6	進一步的申述
171	10.7	結 論

173 11. 微電子與個人型電腦

174	11.1	概 論
174	11.2	普遍性的尋求
175	11.3	Small-talk 新語言
176	11.4	創作能力的激發
177	11.5	Messeage-Activity
183	11.6	學習過程的啓發
184	11.7	利用之基本途徑

185	11.8	影 響
186	11.9	電腦的道德律
189	附錄 1	本書各章原作者簡介
195	附錄 2	邁向超越人類的智慧(譯自 TIME: Feb. 20, 1978)
199		中文索引
211		英文索引

第一章 微電子學

於矽晶粒上放置更多電子元件的技術，已大大地提高電子裝置潛在的使用能力。本篇即在介紹微電子學(Microelectronics)革命性的進展。

1.1 概 論

過去十年，電子技術快速的進展，已夠資格被稱為革命。事實上，我們多多少少已察覺其在量方面的發展，愈作愈小的電子元件提供了低成本，高速度複雜的電子功能。而技術上實質的改變——積體微電子電路，更升高人們使用的潛在能力。

若說過去十年大部分的技術成就是源自微電子，並不誇張。登陸月球的複雜系統中，小而可靠的反應控制裝置為其重要裝備，至於能影響世局的洲際飛彈，微電子更佔了重要地位。其他如通訊衛星，計算器，電子錶，微電子也扮演了重要的角色。更有甚者，微電子改善了電腦貯藏，處理，展示資料的能力。

然而，聽任微電子革命自由發展的時刻，尚未到達，我們仍需不斷研究新的理論，設計新的電路，對它作任何可能的改善。目前，我們所觀察到的只有個人型電腦（personal computer）在資料存取，學習能力，自我教育上對知識分子和社會的影響力。

本篇除了探究微電子電路的性質，LSI 電路的設計與製造外，並將廣泛介紹微電子多方面的應用及其未來展望。

1.2 問題的引進

三十年前，小而低功率放大的電晶體取代了大而笨重的真空管，立即在貯存程式數位電腦取得了廣大的市場。對於電晶體和源於它的固態積體電路，電腦實在是最佳的銷售對象。而在通訊方面，由於數位系統需要大量的自動元件，也成為電晶體應用的主要對象。

於數位電子中，任何一個元件不是開即是關，縱使連接了很多，其增益仍可維持一，這在類比電路中是無法達到的。所以，當口袋型計算器中的電晶體數量是收音機或是電視機的100倍時，我們惟有求諸數位系統了。

儘管微電子與電腦有先天上的一致性，但是，最初對縮小電子元件下工夫研究者並非電腦工程師，而是來自軍方和太空發展部門。

最先的兩個計畫，一個是如何將各種電子元件包裝（package）成一個標準形狀，另一個是設法發現或發展新的物質，利用其固態特性，將電子的多種功能作在一個獨石上（Monolithic solid），雖然，兩個計劃都失敗了，但是却引起了許多人的興

趣。一個已有廣大市場的技術問題，當然是值得研究的。而最後提出解決辦法的觀念是半導體積體電路。利用 p-n 接合區域製造電阻、電容，而達到大小，重量，功率提供的種種要求。

1.3 關鍵性的絕緣體— SiO_2

在發掘積體電路大量潛能之前，有幾個關鍵性的進展必須先達到。在 1950 年代中期，工程師們可藉照相石版術了解電晶體的表面形狀，且已發展出加入物質產生 p，n 區域的固態擴散方法。由大塊鍺 (Ge) 或矽 (Si) 晶體上切下薄片，用來做許多電晶體的整批處理 (Batch processing)，開始取代早期單一電晶體處理的技術。裝置在每一薄片上的千百個微小電晶體，必須被分開，個別地用細小的線路組合，順序放入電路內。

1959 年 Fairchild Semiconductor 中構想的積體電路，完成了電晶體和其他電路元件的分離和互相連接。分離的技術是靠 pn 兩極真空管或整流器，使電流只能在一個方向流通。這項技術由 Sprague Electric Company 的 Kurt Lehovec 取得專利權。電路元件則藉一種導體的蒸發，而能將金屬薄片互相連接，此金屬薄片上有連接的模型，由照相雕刻方式所留下。並且須要一種絕緣裝置來分隔半導體與金屬薄片，除非是兩者必須接觸的地方。1958 年 Fairchild 公司的 Jean Hoerni 完成了此分隔的步驟，他發明了平面電晶體，這種電晶體是薄片裝置的二氧化矽，是最好的絕緣體，當鍺或矽晶體薄片經處理後，導體金屬受蒸發而將附著於晶體薄片之前，此絕緣體在晶體表面形成。

從此以後，新的技術繼續發展，使積體電路的設計更具有彈性，但一直到 1960 年，基本方法才發展出來，開創了積體電路的新紀元。從 1960 年以後，進展驚人。一個晶片上單獨的積體電路，約 4 分之 1 吋邊長的正方形上可包括比 1950 年最複雜的電子組件更多的電子元件。今天，一個成本 \$300 美金的微處理機 (μc)，比當年第一架大電腦 ENIAC 具有更多的計算能力。速度比從前快二十倍，記憶容量更大，可靠性上昇了幾千倍，消耗的能量等於電燈泡的能量，體積是從前的三萬分之一，成本是從前的萬分之一，能夠郵寄購買，到處可買得到。

自從 1959 年 Jean 發明平面電晶體之後，積體電路包含的元件每年呈倍數增加。1964 年 Fairchild 的研究主管 Gordon E. Moore 便是第一位據此預測積體電路未來發展者。他認為積體電路的複雜性每年將繼續加倍。目前，包括 2^{18} (262,144