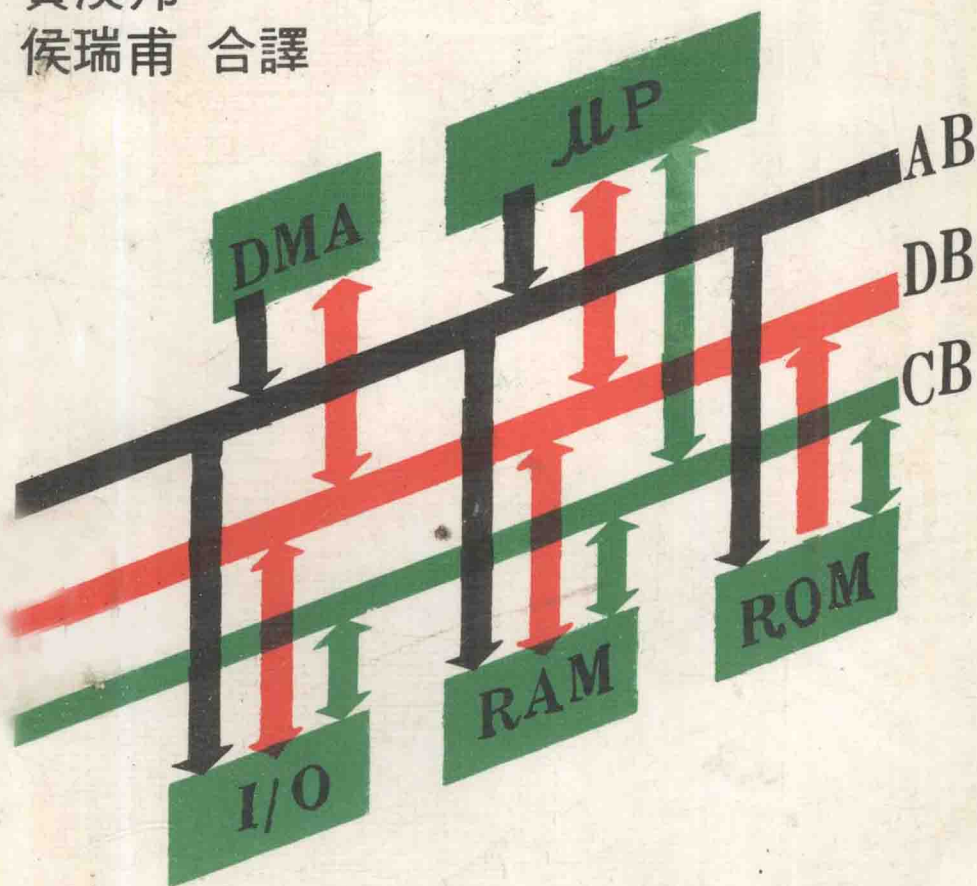


微電腦/微處理機 基本原理

AN INTRODUCTION
TO MICROCOMPUTERS

林國富
黃漢邦
侯瑞甫 合譯

謝清俊 校訂



AN INTRODUCTION
TO MICROCOMPUTERS

**微電腦 / 微處理機
基本原理**

謝清俊 校訂

林國富
黃漢邦
侯瑞甫 合譯

雲陽出版社印行

謝序

自從民國六十年微處理機應市以來，非只計算機界帶來了史所未有的革命，各行各業方面，也遭受到激烈的衝擊——被強迫在極短時間內，利用微算機去發展更便宜、能力更大的產品。在短短五年之中，非但所有的科學工程界學術性會議中，沒有不談微算機的問題的，就是教育界、工業界、企業界、軍方也莫不如火如荼地響應。

微算機的發明爲什麼會帶來這麼大的影響呢？其一是微算機具有傳統計算機的主要特性，可以記憶人們對他下達的命令，做爲指揮所轄機械的依據，這一點特性，就如同延續了人類的智慧到機器身上，給大衆來享用，甚至於不受時間限制地長遠流傳。如果我們將沒有配置微處理機的機械當作沒有生命的工具，那麼微處理機化的機械，就如同有靈性的機器，這種賦予「靈性」的作用已引起全球各業的震動，也已在所有器具上，引起史無前例的革命，這種變化，勢將直接影響全人類的生活形態。究竟如何？相信讀者在數年之內均可有目共睹。

其二是價格，目前一個微處理機的價格在 150 元台幣到 8 千元台幣之間，價格是如此的低廉，更千百倍增長了它在各行各业應用的氣焰。它不像是大型計算機，只是大企業、大機關的寵物，反之，它是平民化、大衆化的寵兒。換句話說，它的能力是大衆可以享用的，也就是它的影響是可直達全民日常生活，對社會有全面性的影響。

微算機的出現雖只有五年多，已經深深影響到工業界，電子界更是被它攪得面目全非。在此劇變之下，對我國工業界影響的好壞，目前難下斷論，但可肯定的是，這絕對是迎頭趕上的契機！若能把握此良機，發展我國特有的電子工業，實是美景無限。但是這所

有的基礎都奠定在我國工業界對微算機的了解和應用上。因此，教育和推廣微算機的工作，實是重要無比。

國內出版界對微算機的新書翻印，十分熱衷，但是中文的書籍實在不多，在台北工專教授胡熙慶先生百忙之餘致力並贊助編譯中文有關微算機的著作，見解與毅力都令人敬佩。

本書編譯歷時年餘，編譯時譯者們經常請教有關專家，經多次修正，直到認為滿意時，方纔付梓，相信這是一本讀者可以信賴的譯本，並能帶給國內讀者不少有關微算機的智識，更希望這本書能為國內電子及工業界的發展，帶來助益。

謝清俊識

中華民國 66 年 4 月於新竹交大

譯者序

自從 1971 年神通 (Intel) 公司出其不意的推出第一架微處理機 Intel 4004 以後，震動了全世界的電子界，這種革命性的產品很快的就打入了美國及世界各地；國內於這幾年內亦急起直追，前年 (六十四年) 國科會宣佈微處理機為四項高級電子工業發展計畫之一，由台大電機系及工業研究中心負責。遺憾的是青年朋友一直找不到適當的書籍及教材從事學習，只能從雜誌及各個廠家所出的手冊中來了解微處理機，一直到去年 (六十五年) 五月間才由新成立的前鋒出版社引進了 Adam Osborne & Associates 公司所發行的 *An Introduction to Microcomputers*，由於此書有許多優點立即為各方採用，而後雖有其他的出版社印行了許多類似的書，仍以此書最具特色且採用最廣。譯者取得此書後不久，即開始動筆譯為中文，盼能使莘莘學子早日有中文書可看，亦可對科學中文化略盡棉薄之力。為了慎重起見，並邀集好友黃漢邦君及侯瑞甫君共襄盛舉；由黃漢邦君負責軟體部份，侯瑞甫君負責分析各家產品。

原書的最大優點在內容深入淺出，只要稍具邏輯設計的知識就可閱讀本書。第一章和最後一章 (第八章) 是對微電腦的演進及未來的展望做相關性的介紹。第二章是複習一些基本邏輯觀念。第三、四、五章是談微電腦的硬體 (*Hardware*) 結構。第六章是軟體 (*Software*) 部份。第七章是分析六種微電腦的實際產品。原書分別以黑體字及一般字體來分別表示重點及說明，每次介紹新名詞時以醒目的方框加於內文的旁邊；本譯本為保存原書在排印上的特點也照舊排印。惟原書的文句及語意有許多模糊之處，譯者在忠於原文的情況下，除了不能直譯的部份加以意譯外，並由譯者加了將近四十個注解，希望因此能給讀者最大的方便。

本書初稿完成於去年 (六十五) 九月，因為諸位先生的建議，

譯者一再的修改稿件，再加上漫長的打字時間，才使本書延至今日，對於關心本書的朋友，譯者在此表示衷心的歉意。

首先感謝科學圖書社的社長石資民先生及科學月刊的副總編輯張之傑先生，在譯者動筆時所給予的精神支持。在淡江任教的石育民博士曾對初稿的譯文方式提出若干建議；而後在台北工專主講微處理機的鄭育儒副教授，亦在看過初稿後提出若干意見，在此一併致謝。尤須感謝交大電研所所長謝清俊博士，在百忙中看完原稿，並提出了十點嚴厲而具有建設性的批評；謝先生所提出的意見，譯者經過仔細思考後，對於不妥之處已盡可能的修改了。另外潘素月、程寶珠、王文娟、葉清田諸位小姐先生的協助謄稿亦在此一併致謝。

關於本書的譯名，除了公認的及官方發表的以外，譯者儘可能的參考一些 *Computer* 及 *minicomputer* 的中文書，因為在此以前未曾有任何有關 *microcomputer* 的中文書出現，一些名詞只好由譯者不揣淺陋的試譯。關於 *microcomputer* 一詞，爲了強調其計算能力及思考能力，分別有人譯爲微計算機及微電腦，譯者採用微電腦一詞只是取其簡短傳神。其他的舉例如下：*operation* 一詞交替的因場合的不同分別的譯爲“動作”及“運算”。*bus* 一詞在微電腦裡爲一極基本的術語，音譯爲“巴士”是爲了強調其獨立而難以翻譯的專有特性。一些廠商及產品名字除了第一次出現附中文以外，大部份均以原名出現，如 *Intel*（神通）、*Fairchild*（快捷），*Intel 8080*、*Fairchild F8* 等等。諸如此類有一些是譯者的嘗試，盼請諸位前輩及學長多多賜教。本書的文稿雖在譯者三人之間屢次的交叉校稿，惟譯者才疏學淺恐仍有疏忽錯誤之處，亦盼請諸方賢達多多賜教。

林國富於台北
六十六年四月

目 錄

第一章 何謂微電腦

1—1	電腦的演進	3
1—2	微電腦的起源	6
1—3	有關這本書	9
1—4	這本書的印刷方式	9

第二章 基本的觀念

2—1	數字系統	11
2—1·1	十進制數字	12
2—1·2	二進制數字	12
2—1·3	轉換數字——從一個底到另一個底	13
2—1·4	其他的數字系統	15
2—2	二進制的算術	16
2—2·1	二進制加法	16
2—2·2	二進制的減法	17
2—2·3	二進制的乘法	19
2—2·4	二進制的除法	20
2—3	布氏 (BOOLEAN) 代數及電腦邏輯	20
2—3·1	“或”運算	20
2—3·2	“及”運算	21
2—3·3	“互斥或”運算	22
2—3·4	“反”運算	23
2—3·5	組合邏輯運算	23
2—3·6	狄摩根定理	24

2 目 錄

第三章 微電腦的製造

3—1	記憶器之結構	25
3—2	記憶語句	27
3—3	數元組	29
3—4	記憶位址	29
3—5	記憶語句內容的說明	37
3—6	單獨存在的純二進資料	38
3—7	多重語句的二進資料	38
3—8	字元碼	49
3—9	指令碼	52

第四章 微電腦中央處理系統

4—1	中央處理機(CPU)的組成	58
4—1.1	CPU的暫存器	58
4—1.2	如何使用CPU暫存器	60
4—1.3	算術和邏輯單元	69
4—1.4	控制單元	70
4—1.5	狀況標幟	71
4—2	指令的執行	76
4—2.1	指令的定時	77
4—2.2	指令週期	78
4—2.3	指令到底能做多少事	88
4—3	微程式編寫和控制單元	96
4—3.1	微程式編寫和微電腦指令組	101
4—3.2	微程式編寫的經濟學	112

第五章 CPU 以外的邏輯裝置

5—1	程式計憶器和資料記憶器	115
-----	-------------	-----

5-1-1	僅讀記憶體	115
5-1-2	讀寫記憶體 (RAM)	120
5-2	輸入/輸出	124
5-2-1	程式控制 I/O	125
5-3	中斷 I/O	132
5-3-1	微電腦對中斷的反應	138
5-3-2	中斷裝置選擇碼	145
5-3-3	中斷優先權	146
5-4	直接記憶儲取	154
5-4-1	週期竊取直接記憶儲取	158
5-4-2	具有多重外部裝置的 DMA	164
5-4-3	同時的 DMA	169
5-4-4	同時的 DMA 與週期竊取的 DMA	172
5-5	外部系統巴士	172
5-6	串接輸入/輸出	173
5-6-1	串接至並接轉換	174
5-6-2	字元的組合和分解	176
5-7	即時邏輯裝置	178

第六章 微電腦的程式編寫

6-1	程式編寫語言之概念	181
6-1-1	原始程式	183
6-1-2	目的程式	184
6-1-3	編寫目的程式	185
6-1-4	程式儲存媒體	187
6-2	組合語言	187
6-2-1	組合語言結構	188
6-3	組合程式指述	194
6-4	記憶選址	197

4 目 錄

6—4·1	微電腦記憶選址——起始於何處	197
6—5	隱含記憶選址	198
6—6	直接記憶選址	199
6—6·1	直接選址與隱含選址	200
6—6·2	直接記憶選址之改變	200
6—6·3	頁區的直接選址	204
6—6·4	微電腦的直接記憶選址	212
6—6·5	自動增量和自動減量	221
6—7	堆疊	222
6—7·1	記憶堆疊	222
6—7·2	串級堆疊	223
6—7·3	如何使用堆疊	224
6—7·4	窩巢式副常式和堆疊的用法	228
6—8	間接選址	229
6—8·1	定頁電腦的間接選址	229
6—8·2	程式相對間接選址	232
6—8·3	間接選址——迷你電腦與微電腦	233
6—9	定指標選址	236
6—9·1	微電腦的定指標選址	239
6—10	指令組	241
6—10·1	CPU 結構	242
6—10·2	選址模式	246
6—11	指令敘述	247
6—11·1	輸入/輸出指令	248
6—11·2	記憶參考指令	251
6—11·3	次要記憶參考(記憶參考運算)指令	261
6—11·4	即時負載指令,跳越和跳越至副常式	267
6—11·5	即時運算指令	272
6—11·6	條件支路指令	275

6—11·7	暫存器至暫存器移動指令	283
6—11·8	暫存器至暫存器運算指令	285
6—11·9	暫存器運算指令	290
6—11·10	堆疊指令	301
6—11·11	參數傳輸指令	303
6—11·12	中斷指令	306
6—11·13	狀態指令	311
6—11·14	駐止指令	312
6—12	指令組摘要	313

第七章 實際的微電腦

7—0·1	微電腦被敘述的程度	321
7—0·2	微電腦發展系統	323
7—1	<i>FAIRCHILD F8</i> 微電腦	324
7—1·1	<i>FAIRCHILD 3850 CPU</i>	325
7—1·2	<i>F8</i> 可寫成程式的暫存器	328
7—1·3	<i>F8</i> 記憶選址模式	331
7—1·4	<i>FAIRCHILD F8</i> 狀況標幟	334
7—1·5	<i>FAIRCHILD F8</i> 的 <i>CPU</i> 基脚與訊號	335
7—1·6	<i>FAIRCHILD 3851</i> 程式儲存單元	337
7—1·7	<i>FAIRCHILD 3852</i> 動態記憶器介面	341
7—1·8	<i>FAIRCHILD 3854</i> 直接記憶儲取裝置	345
7—1·9	<i>FAIRCHILD 3853</i> 靜態記憶器介面	346
7—1·10	<i>FAIRCHILD F8</i> 中斷處理摘要	348
7—1·11	<i>FAIRCHILD F8</i> 的指令組	348
7—1·12	鑑評程式	354
7—2	<i>NATIONAL SEMICONDUCTOR</i> 的 <i>PACE</i> 和 <i>SC/MP</i> 微電腦	355
7—3	<i>NATIONAL SEMICONDUCTOR PACE</i> 微電腦系統	

.....	356
7-3.1 PACE 的可寫成程式的暫存器.....	361
7-3.2 利用 PACE 的選址模式.....	362
7-3.3 PACE 的狀況與控制標幟.....	367
7-3.4 PACE 的 CPU 基腳與訊號.....	368
7-3.5 PACE 的中斷處理.....	370
7-3.6 直接記憶儲取.....	372
7-3.7 PACE 的指令組.....	372
7-3.8 鑑評程式.....	378
7-4 NATIONAL SEMICONDUCTOR SC/MP	
微電腦系統.....	381
7-4.1 SC/MP 的可寫成程式的暫存器.....	385
7-4.2 SC/MP 選址模式.....	386
7-4.3 SC/MP 狀況暫存器.....	387
7-4.4 SC/MP 中斷處理.....	387
7-4.5 SC/MP 直接記憶儲取.....	388
7-4.6 SC/MP CPU 基腳與訊號的指定.....	389
7-4.7 SC/MP 的指令組.....	391
7-4.8 鑑評程式.....	396
7-5 INTEL 8080 微電腦.....	399
7-5.1 INTEL 8080 CPU.....	403
7-5.2 INTEL 8080 可寫成程式的暫存器.....	404
7-5.3 INTEL 8080 選址模式.....	405
7-5.4 INTEL 8080 狀況暫存器.....	406
7-5.5 INTEL 8080 CPU 基腳與訊號.....	407
7-5.6 INTEL 8224 時脈產生器與驅動器.....	410
7-5.7 8228 系統控制器.....	410
7-5.8 INTEL 8225 可寫成程式的外圍介面.....	411
7-5.9 INTEL 8251 I/O 傳輸介面.....	414

7-5-10	INTEL 8080 中斷處理	416
7-5-11	INTEL 8080 直接記憶儲取	419
7-5-12	INTEL 8080 指令組	419
7-5-13	鑑評程式	425
7-6	MOTOROLA M 6800 微電腦	426
7-6-1	M 6800 CPU	430
7-6-2	M 6800 可寫成程式的暫存器	430
7-6-3	MOTOROLA M 6800 記憶體選址模式	431
7-6-4	M 6800 狀況標幟	433
7-6-5	MOTOROLA M 6800 CPU 的基腳與訊號	433
7-6-6	MOTOROLA M 6820 外圍介面承接器 (PIA)	436
7-6-7	MC 6850 非同步傳輸介面承接器 (ACIA)	438
7-6-8	MOTOROLA M 6800 中斷處理	440
7-6-9	MOTOROLA M 6800 直接記憶儲取	441
7-6-10	MOTOROLA M 6800 指令組	442
7-6-11	鑑評程式	448
7-7	ROCKWELL PPS-8 微電腦	449
7-7-1	ROCKWELL PPS-8 CPU	451
7-7-2	ROCKWELL PPS-8 可寫成程式的暫存器	453
7-7-3	ROCKWELL PPS-8 記憶體選址模式	454
7-7-4	ROCKWELL PPS-8 狀況標幟	460
7-7-5	ROCKWELL PPS-8 CPU 基腳與訊號	461
7-7-6	ROCKWELL PPS-8 時脈訊號產生器	463
7-7-7	ROCKWELL PPS-8 僅讀記憶體 (ROM)	464
7-7-8	ROCKWELL PPS-8 隨意儲取記憶體 (RAM)	465
7-7-9	ROCKWELL PPS-8 一般目的輸入/輸出裝置 (GPI/O)	467
7-7-10	ROCKWELL PPS-8 並接資料控制器 (PDC)	469
7-7-11	ROCKWELL PPS-8 直接記憶儲取控制器 (DMAC)	472

8 目 錄

7-7-12	ROCKWELL PPS-8 串接資料控制器(SDC)	474
7-7-13	ROCKWELL PPS-8 中斷處理	475
7-7-14	ROCKWELL PPS-8 指令組	476
7-7-15	鑑評程式	479
7-8	SIGNETICS 2650 微電腦	487
7-8-1	SIGNETICS 2650 CPU 邏輯	489
7-8-2	SIGNETICS 2650 可寫成程式的暫存器	490
7-8-3	SIGNETICS 2650 記憶選址模式	492
7-8-4	SIGNETICS 2650 狀況標幟	499
7-8-5	SIGNETICS 2650 CPU 基脚與訊號	501
7-8-6	記憶器與SIGNETICS 2650 微電腦的介合	507
7-8-7	I/O 裝置與SIGNETICS 2650 微電腦的介合	507
7-8-8	SIGNETICS 2650 微電腦中斷處理	508
7-8-9	SIGNETICS 2650 微電腦的直接記憶儲取	509
7-8-10	SIGNETICS 2650 微電腦指令組	510
7-8-11	SIGNETICS 2650 鑑評程式	516

第八章 選擇一架微電腦

8-1	以微電腦來設計邏輯——一系列的事件	522
8-2	微電腦的硬體發展系統	524
8-3	微電腦的軟體系統	527
8-4	一個實用的例子	535
8-5	展望未來	537

第一章

何謂微電腦

WHAT IS A MICROCOMPUTER

微電腦 (*Microcomputer*) 又名微處理機 (*Microprocessor*)，是一種邏輯裝置 [譯註一]。更嚴格的講，它是一種製作在一個單一基片 (*chip*) 上而具有幾乎無限多變化的邏輯裝置；就因為微電腦的出現，使得邏輯設計將不再和以前一樣。

基片
CHIP
裝置
DEVICE

圖 1-1 是一具微電腦裝置。微電腦的邏輯電路是安裝在一種平行雙排接腳的包裝 (*dual in-line package*)，簡稱為 *DIP* 的基片上。因為 *DIP* 本身是一個邏輯基片，所以視 *DIP* 為一個邏輯裝置，以和矽晶片 (*silicon wafer*) 有所區別 [譯註二]。

微電腦顧名思義也是一種數位式電腦 (*digital computer*)。

的確，在微電腦和其他電腦之間有極顯著的相似處。藉著比較電腦的組成方式——例如：指令組 (*instruction sets*)、選址模式 (*addressing modes*) 和執行速率 (*execution speeds*) 等——使得某些微電腦和其他電腦看起來如此相似，以致於必須用其他的方法，找出此兩種產品之間的差異性，而加

[譯註一]：本書在定義微電腦和微處理機時，較其他的書稍有不同。在其他的書中，微電腦與微處理機仍有分別，並非指同一物；微電腦是微處理機加上記憶組合和輸出輸入部份等極少電路組成的；微處理機是指 IC 裝置，如 Intel 8080, M 6800, M 6502 等，而微電腦是指以微處理機為主機所組成的電腦或數位系統，如 Q-1, KIM-1, MDS-80 等。

[譯註二]：晶片 (*wafer*) 是由半導體材料經結晶切片而成，晶片經過罩幕、腐蝕及擴散之後，再加以切割成許多具有獨立電路的相同基片 (*chip*)，基片即可視為一個獨立的裝置。

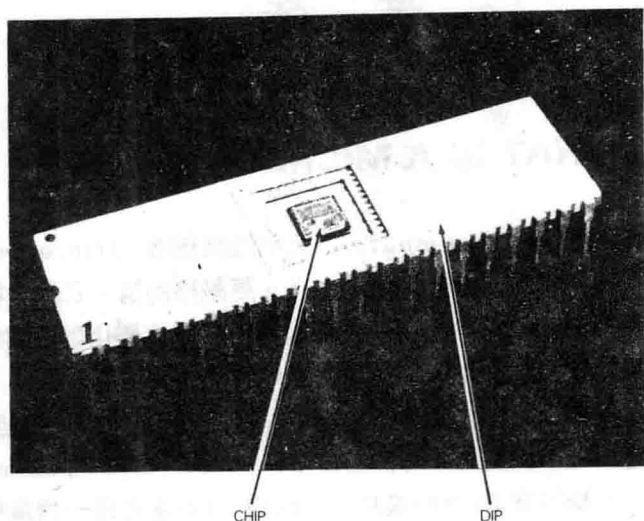


圖 1-1 微電腦晶片及DIP型式的包裝

以比較。

然而微電腦畢竟是一種嶄新而且不同的產品，這也是為什麼「比較電腦」的組成方式並不能適用於微電腦。指令組、位址形式和執行速率對微電腦的使用者而言是次要的，而基片上邏輯的分佈方式和微電腦裝置的價格才是首要的比較；而且，也正是這種比較才使得微電腦和其他型式的電腦有所分別，而被視為嶄新而且不同的產品。

這本書的目的不僅是在說明微電腦是什麼，而且還說明為什麼必須以截然不同的方式來討論它。

這本書並不假設您已了解電腦是如何工作；因此，電腦的觀念以最基本的原理開始敘述。

微電腦和其他的電腦擁有一個共同的祖先。為了獲得一個整體的觀念，我們將以電腦演進的簡短沿革來說明微電腦的起源。

1—1 電腦的演進 THE EVOLUTION OF COMPUTERS

今天最小的微電腦和最大的主架電腦(*main frame*)擁有一個共同的祖先——*UNIVAC 1*，它是於1950年用真空管建造完成，體積佔滿一個房間，但是它的計算能力比大多數現有的微電腦還差得多。

UNIVAC 1 和後來的真空管電腦，被用來處理一些數量上非常有限的“不計費用的”(*expense - is - no - object*)應用，經常是解那些其他方法可能無法解出之問題。

真空管電腦的邏輯並不只特別適用於科學上的應用，它的邏輯是以雙穩態(*bistable*)的邏輯裝置製成，可迅速且自然的產生結果；而雙穩態邏輯裝置是任何數位式電腦的建造單元。

的確，要了解設計計算機械的基本觀念，必須沿路回溯至查理士·巴柏傑(*Charles Babbage*)；他於1833年導出現今製造任何數位式電腦時，皆須用到的觀念。在第二章和第三章中我們將闡述這些基本觀念，不管電腦將會如何使用，這些觀念允許計算邏輯以二進數字來構成。

我們要說明的是自從電腦工業開始，始終未曾在基本計算觀念上有根本的突破。在固態物理上的進步一直是過去電腦演進的動力。新的電子技術導致了電腦價格快速的下跌，以致於在最近幾年內電腦將捲入一個完全新的市場。

在1960年代，電腦的價格下跌使得它們可用於資料處理，而一般性用途電腦的時代也就來到。

在1965年 *PDP-8* 以價格美金五萬元，將電腦帶進了實驗室及製造工廠的生產線；而迷你電腦(*minicomputer*)的工業便誕生了。今天迷你電腦的價格，已低到一千元美金，且它們的影響力也隨著價格的降低而日益擴大。

——但微電腦的價格降至五元美金到二百五十元美金時——我