

1984年修訂版

微算機原理與應用

謝清俊 博士
周誠寬 博士

校訂

黃東芳 編著

The logo consists of the word "SUPER" in a stylized, bold, sans-serif font. The letters are white and set against a dark background. The "S" and "P" are particularly prominent.

超級科技圖書社

(1984年修訂版)

微算機原理與應用

謝清俊 博士
周誠寬 博士

校訂

黃東芳 編著



超級科技圖書社

微算機原理與應用

MICROCOMPUTER PRINCIPLE AND APPLICATIONS

版權所有



翻印必究

作者 黃東芳
校閱者 謝清俊 周誠寬
發行人 林國富
發行所 超級科技圖書社
業務部 永和市林森路50號4樓
電話 9251021
郵政劃撥帳號 519973
行政院新聞局登記證局版台業字第2405號
承印者 申全盛彩色印刷廠
中和市員山路294巷9號
初版 中華民國七十一年元旦
四版 中華民國七十三年元月
定價 精裝：叁佰伍拾元整
平裝：叁佰元整

謝 序

電腦（計算機）已成為今日不可或缺的工具，依社會上科技應用與發展的趨勢來看，今日、明日或可不用，但三年、五年後，在我們社會上工作的人員必須多多少少用到電腦，這已是不爭之認同。基於這種大勢所趨，近數年中，對「電腦」之普及應是教育界的任務之一，而黃君此書，亦希在電腦之普及教育上有所貢獻。

本書是為初學者而作，淺明易懂。在編排方面則以微電腦為骨架，以闡明電腦之有關知識。可為自修之書籍，亦可為專科、高工之教本或參考書。

本書經本系嚴格審查，認為是有水準的著作，在排印上或有稍許瑕疵，但是在觀念及應用上均正確無誤，故此書以本系叢書推出，敬希讀者亮鑒，並歡迎批評指教。

國立台灣工業技術學院
電子工程技術系系主任

何法伙 敬序

七十年十一月十日

周 序

自政府提倡資訊工業並將其訂為 80 年代我國優先發展之策略性工業後，社會各界莫不知悉資訊工業之重要性；惟究竟為什麼重要，則衆說紛紜。有人說：資訊工業為現代企業經營管理，發揮成效之不二法門；也有人認為資訊工業因其為污染少，能源需求低，腦力密集之工業，故極適合資源缺乏而教育普及聰明才智不低之我國環境，及能充份發揮國人之智慧；有人乾脆認為資訊工業為一有利可圖之行業，故應努力發展。這些說法，當然沒有什麼不對，不過尚不足以說明其重要性，原因為自 70 年代初微電腦問世後，迄今雖祇短短十年，但其應用範圍，上達太空船，下至小孩的玩具，重要的如國家之防空系統，普通的如控制洗手間的自動沖水設備，均有其應用。故微電腦之應用技術早已成為降低設計成本，減少設計時間及改善產品品質之最有效工具。在 80 年代裏，任何一個行業均將與微電腦之應用發生關連，我們可以大膽的說，不能有效運用微電腦的國家，其產品在 80 年代末期，均將無法與其他國家競爭；更可以想像，不知如何應用微電腦的國家將陷入悲慘的境地。所以，如不論資訊工業其他的內涵如何，就以微電腦應用一端而論，其早已與電力及交通一樣，成為發展工業之基礎。

基於這些認識，本人一向認為對我國而言，培養各行業人員瞭解微電腦、應用微電腦是當前十分迫切的問題。迄今為止，社會上雖不乏原文書，翻譯本或微電腦手冊，但不是過於理論，就是過份專門，或失之簡陋，很少有一本自數位電路入門着手，然後逐步誘導讀者瞭解電腦工作原理，進一步至如何加以應用，兼顧理論與實用之有系統中文本，供各行各業有意瞭解微電腦應用之工程人員研讀，是為推廣微電腦應用之一大瓶頸。

同事黃東芳君現執教於工業技術學院電子系，對微電腦之應用有多年之研究，能於教授微電腦的同時，將其講義編著成書，本人閱讀之餘，深覺此書不僅可作高工以上各級學校之教科書或參考書，更認為此書恰足以拓展上述之瓶頸現象，此書之出版，對當前微電腦應用人才之培養，必將有積極的作用，故樂於向各界推介。

資訊工業策進會 教育訓練中心主任

周誠寬 70.11.28.

自序

一開始，半導體工業便以大江注海之勢，湧入了電機工程界。隨著電子工業的日新月異，人類的生活形態也逐漸改變。更由於電子計算機的發明，揭開了第二次工業革命的序幕，使得在過去認為不可能的幻想，成為今日的事實。今日電子計算機已負起了太空科學研究、商業、經濟、政治、醫學及軍事等不同性質領域的大責，其應用範圍幾乎已無所不包。很明顯地，此一趨勢將永無止境的前進，為人類的文明發達更推上一層樓。

計算機的分野，大略分為：(i) 大型高速電子計算機——處理巨額資料及大量繁雜、冗時的計算；(ii) 迷你型電子計算機——處理比較專業的小型工作或作為大型計算機的週邊輔助、轉接；(iii) 微型計算機——專司各種不同控制系統的指揮工作。在這三者中，前二者硬體的製造、組織及軟體的生產，均須集合數百人的心智結晶與雄厚資財，才得完成，非短時間內可發展成功。第三者則具有價格低廉，設計原理簡單易懂的優點，且其應用也無微不至，小到家電控制，大到飛彈系統導引，微算機均插有重要的一足。然而時下坊間，乃至莘莘學子，仍有許多人誤解微算機的功能及其影響，本書的目的之一就是要重新肯定微算機在控制上的地位。

隨著電子工業的迅速成長，IC 電路一日千里的蓬勃發展，使得微算機元件不時更迭，新產品不斷應市。可以想像要寫一本跟得上時代的微算機書籍，十分困難。儘管如此，筆者以為工程教學計劃，應提供廣泛而完整的基本原理做基礎，重點放在分析與比較方法上能力的充分發展。本書即期望能將此重要而簡單的觀念和盤托出！做為自修或教學之參考書籍。

本書共分四大篇，前三篇為一般微算機基本工作原理的介紹。更為使學者有能

力將所學的理論，應用於解決實際的問題，最後一篇以R6502微處理機為藍本，詳細介紹設計的細節。試圖由淺近的例子，逐漸導入真正問題，且各例子的設計主旨，在於連貫性、組織性與合理性的配合。

筆者在本書付梓之時，除了感謝多年來師長們的教導外，慶幸兩年來在工技學院的微算機教學中，和同事、同學的切磋下，許多觀念都得以重新的認識及闡明。最後更感謝謝主任、周主任及好友黃竹明先生於百忙中，對於全書細心校訂，並給予許多建設性的建議。

匆促成書，錯誤在所難免，尚望方家不吝指教。

黃東芳 謹序於
國立台灣工業技術學院電子系
七十年十二月一日

正當完成修訂版之時，本書匆匆已出版兩年了。在這段期間，資訊教育的蓬勃發展，家用電腦的盛行、推廣，本書僥倖能在微電腦教學上，盡些微薄的力量。

在讀者的熱烈回響中，以及這二年來的教學體驗裏，筆者做了許多的改進，期望本書能夠逐漸趨於完美。

重大的修改有：

- 配合流程圖以加強例題的設計分析。
- 加入許多習題及問題，以便測驗瞭解的程度，更易於掌握書中的重點。
- 重新改寫了第 14 ~ 20 章，使更為完整。

黃 東 芳

七十三年一月

目 錄

謝清俊博士序

周誠寬博士序

作者序

入門篇 電子計算機基本概念

第一章 電子計算機的誕生	1
1-1 前言	2
1-2 發現問題、瞭解問題、解決問題	2
1-3 工具功能之探討	4
1-4 減低設計成本的哲學——統一歸納化的集中設計法	7
1-5 計算機基本架構	9
1-6 計算機軟硬體的配合	10
1-7 計算機的特點	12
1-8 計算機的應用	12
1-9 計算機的種類	13
1-10 總結	15
第二章 計算機語言的結構及其演進	17
2-1 機器碼	18

2 目錄

2-2	轉譯程式的使用	19
2-3	轉譯程式的種類	21
2-4	各計算機語言之比較	23
2-5	總結	25
第三章	基本電子計算機發展系統之簡介	27
3-1	硬體	28
3-2	軟體	29
3-3	總結	31
第四章	二進制數系	33
4-1	十進制計數	34
4-2	二進制計數	35
4-3	數字編碼	36
4-4	計算機為何使用二進制的工作原理	37
4-5	數的轉換	38
4-6	總結	41
 第壹篇 計算機硬體基本工作原理		
第五章	基本邏輯閘	43
5-1	基本邏輯閘	44
5-2	特殊基本閘	53
5-3	總結	61
第六章	算術 / 邏輯運算單元	65
6-1	1 位元半加法器	66
6-2	1 位元全加法器	67
6-3	N 位元二進制加法器	68

6-3	N位元二進制加法器	68
6-4	減法器	70
6-5	算術邏輯單元 (ALU)	74
6-6	總結	77
第七章	正反器	79
7-1	R-S 正反器	80
7-2	D型正反器	83
7-3	實際電路探討	85
7-4	J-K正反器	86
7-5	主僕型J-K正反器	89
7-6	總結	89
第八章	暫存器	91
8-1	單純暫存器	92
8-2	可控制暫存器	92
8-3	移位暫存器	94
8-4	可控制的移位暫存器	95
8-5	二進制計數器	97
8-6	可控制計數器	100
8-7	環計數器	102
8-8	三態開關	103
8-9	匯流排觀念的介紹	107
8-10	總結	109
第九章	記憶器	111
9-1	記憶器種類	112
9-2	ROM的介紹	113
9-3	ROM的應用實例	119

9-4	RAM的介紹	122
9-5	總結	124
第十章	模型計算機	127
10-1	模型計算機內部各元件的介紹及其與系統的關係	128
10-2	模型計算機的指令集	137
10-3	指令執行詳析	139
10-4	控制單元的設計	156
10-5	脈波產生器線路	163
10-6	利用模型計算機設計控制系統	166
10-7	總結	168

第貳篇 微算機入門

第十一章	微算機綜合觀念的介紹	173
11-1	匯流排觀念詳論	174
11-2	目前微算機的硬體製造	176
11-3	總結	178
第十二章	指令格式的演進	181
12-1	三位址欄加一的指令格式	182
12-2	三位址欄的指令格式	184
12-3	二位址欄指令格式	185
12-4	單位址欄指令格式	186
12-5	零位址欄指令格式	187
12-6	指令格式改進的演變	190
12-7	總結	191

第十三章 指令的位址法	193
13-1 位址法簡介.....	194
13-2 單純位址法.....	195
13-3 計算位址法.....	198
13-4 總結.....	201

第叁篇 特殊微算機的整體介紹

第十四章 R6502 微處理機	203
14-1 R6502 微處理機簡介	204
14-2 微處理機硬體架構詳析.....	210
14-3 R6502 微算機系統的程式化模型.....	229
14-4 總結.....	232
第十五章 資料傳送指令	235

15-1 資料傳送指令的種類.....	236
15-2 CPU內暫存器 (ACC、X、Y暫存器) 和記憶體、輸出／輸入埠間資料的傳送指令.....	237
15-3 CPU內暫存器 (ACC、X、Y、S暫存器) 相互間的資料傳送	258
15-4 CPU內暫存器 (ACC、P暫存器) 和堆疊間的資料傳送	262
15-5 總結.....	266

第十六章 算術運算 / 邏輯運算指令	269
16-1 做算術運算需要考慮的因素.....	270
16-2 特殊算術運算指令.....	292
16-3 邏輯運算方面的指令.....	297
16-4 總結.....	302

第十七章 有條件跳躍、無條件跳躍、及一些配合的指令	305
17-1 有條件跳躍指令	306
17-2 無條件跳躍指令	344
17-3 只改變旗標的指令	349
17-4 總結	385
第十八章 設計副程式的輔助指令	389
18-1 副程式指令的需求	390
18-2 雜集指令	404
18-3 總結	415
第十九章 程式設計範例	417
19-1 數的不同基底轉換	418
19-2 尋找及比較	434
19-3 乘除運算	439
19-4 一段記憶內含的清除	451
19-5 大小排列	454
19-6 模擬FORTRAN敘述的計值GO TO	459
19-7 命令直譯器	460
19-8 總結	469
第二十章 輸出／入原理	471
20-1 前言	472
20-2 微算機設計控制機器的考慮次序	472
20-3 被控制機器內部的動作特性	475
20-4 硬體架構——微算機和被控制機器的連接法	485
20-5 R6502 CPU處理中斷信號之認識	487
20-6 範例	490

20-7 總結	511
第二十一章 特殊輸出／入界面積體電路的設計方法	513
21-1 R6500系列輸出／輸入界面積體電路	514
21-2 V I A的詳細介紹	521
21-3 總結	551
第二十二章 專題討論	553
22-1 簡易 I / O 模板之製作	554
22-2 交通號誌燈控制	562
22-3 按鍵顯示	569
22-4 音樂彈奏器	577
22-5 按鈕電話的模擬	587
22-6 數位馬錶	598
22-7 數位溫度計	608
22-8 總結	617

附 錄

附錄 A ASCII 碼表	619
附錄 B R6502 指令總表	621
附錄 C 計算機雛型的建立	653
C-1 資料工具的控制決斷部份	654
C-2 普遍形式半成品的構成	656
C-3 計算機雛形應有的部份及特性	659

附錄 D	AIM-65 微計算機系統的認識	663
D-1	前言.....	664
D-2	AIM65 學習機的特徵.....	665
D-3	AIM65 之記憶表及系統程式所佔的記憶位置	666
D-4	開機及一般介紹.....	668
D-5	詳細 AIM65 監督程式的使用法則.....	672
D-6	範例.....	686
參考書目		718