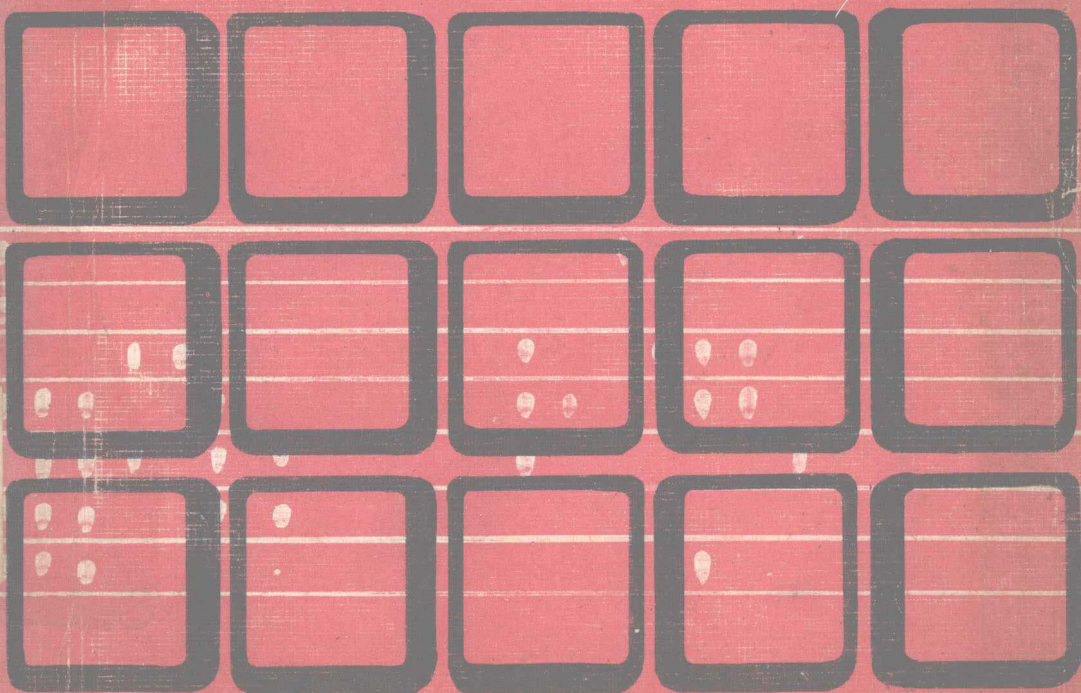


MINICOMPUTER 原理與應用

林敏彥 編著

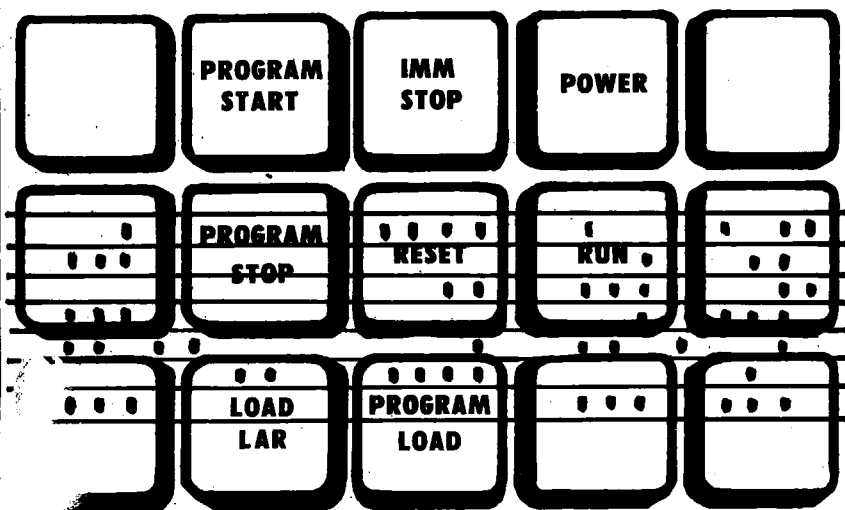


全華科技圖書公司印行

MINICOMPUTER

原理與應用

林敏彥 編著



全華科技圖書公司印行



全華圖書 版權所有 翻印必究
局版台業字第0223號

MINICOMPUTER 原理與應用

林敏彥 編著

出版者 全華科技圖書公司
北市建國北路85巷9號一樓
電話：581-1300
郵撥：100836

發行者 蕭而鄭
印刷者 永輝彩藝印製廠
定價 新臺幣 176 元
初版 中華民國65年2月
再版 中華民國66年6月

序

近年來，由於電子工業突飛猛進，促使了電子計算機普遍化與大眾化。「小型電子計算機」對工、商、科學界人士來說，已不是陌生的名詞，而是強而有力的工具。

或許是由於資料的獲得較遲，目前，國內這方面的中文書籍仍然缺乏。編著有鑒于此，本著對小型電子計算機科學的愛好，利用工作之便，收集有關書刊雜誌，去蕪存菁，以成此書。

本書題材，軟體與硬體並重，裨能收融會貫通之效。舉例說明，力求簡單清晰，著重觀念之灌輸。取材廣泛，配合實際，以培養讀者有閱讀各種小型電子計算機雜誌，資料的能力及使用各種小型電子計算機的基礎。適合于大專電機、電子科系課本及參考書之用。亦適合于一般電子技術人員自修之用。

本書部份內容，由林國頌、鄭瑞明二位先生提供，完稿後，求名詞劃一及思維連貫起見，由編者執行最後校對。本書編著工作得以順利完成，有賴諸親友之鼓勵與協助，在此謹致以衷心的感謝。編者才疏學淺，業餘編書，遺漏之處，在所難免，尚祈同好先進不吝指正。

林敏彥識于台北

中華民國六十五年三月

圖書之可貴 在其量也在其質

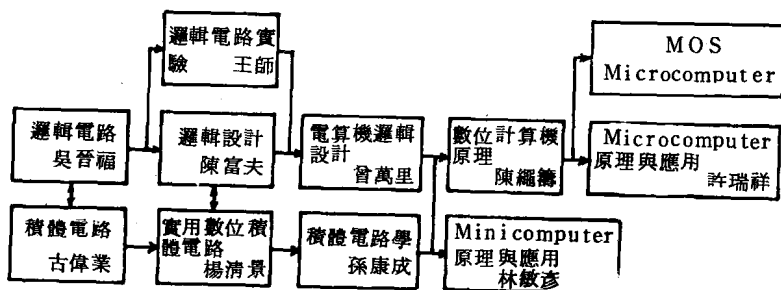
量指圖書內容充實、質指資料新穎够水準，我們就是本著這個原則，竭心盡力地爲國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的全華圖書。

編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所將提供給您的絕不只是一本書，而是這門學問的最新知識，由淺入深，且循序漸進。

現在，我們將這本「Minicomputer原理與應用」呈獻給您，使您能經由本書了解小型電子計算機的基本原理與實際應用。多年來，電子計算機已為實驗室中的科學研究提供了無比的助力，目前，在工商企業各階層中小型電子計算機更是被廣泛應用，電子計算機已逐漸成為現代文明生活的一部份了。本書詳論小型電子計算機的結構及各種指令的工作原理，使讀者經由對小型電子計算機的了解而體認到電子計算機科學的發展趨向及最新的應用技術。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習有關電子計算機的數位電子系統叢書，我們全華公司一整套數位電子系列叢書以流程圖方式列之於後，只要您按照順序詳加研讀，除可減少您摸索的時間外，並可使您具備有數位電子方面完整的知識，希望您能善加利用。有關以下各書內容，如您需要更進一步的資料，歡迎來函連繫，我們將可給您滿意的答覆。



我們將隨時提高編輯、製作水準！

歡迎您來信指正本書的錯誤、缺點！

如果本書有缺頁、倒序、污損等情形，讓我們致歉！

並請您將原書退回，我們將儘速給您補換，謝謝！

目 錄

第一章 導 論

1-1	硬體、軟體與應用.....	1
1-2	電子計算機的演進.....	2
1-3	小型電子計算機的興起.....	3
1-4	小型電子計算機的角色.....	11
1-5	小型電子計算機的特性.....	12

第二章 電子計算機組織

2-1	計算機的結構.....	15
2-2	記憶單位.....	17
2-3	算術單位.....	21
2-4	控制單位.....	22
2-5	字的格式.....	24
2-6	計算機的元件.....	30
2-7	巴士記錄器及巴士線.....	45
2-8	儲存程式的觀念.....	49

第三章 指令及選址

3-1	引言.....	59
3-2	指令的格式.....	60
3-3	指令的種類.....	63

3-4	巨指令	85
3-5	選址的方式	86
3-6	指令的執行	95
3-7	微程式	111

第四章 算術運算

4-1	引言	123
4-2	定點算術單位	124
4-3	並聯加法器	126
4-4	定點加、減運算	133
4-5	定點乘、除運算	138
4-6	浮點算術單位	144
4-7	浮點加、減運算	148
4-8	浮點乘、除運算	148

第五章 面版控制與外圍裝置

5-1	面版內容	151
5-2	基本操作	152
5-3	外圍裝置	155
5-4	控制台電傳打字機	156
5-5	高速紙帶閱讀／打孔機	158
5-6	卡片閱讀／打孔機	158
5-7	印字機	160
5-8	磁碟儲存系統	162
5-9	磁鼓儲存系統	164
5-10	磁帶儲存系統	166
5-11	卡式磁帶系統	168
5-12	陰極射線管／鍵盤終端機	168

5-13	類比—數位轉換器.....	169
5-14	數位—類比轉換器.....	170
5-15	外圍裝置與中央處理單位的配合.....	173

第六章 介面設計基礎

6-1	引言.....	175
6-2	資料傳送的種類.....	175
6-3	程式資料傳送.....	176
6-4	程式傳送的信號路線.....	178
6-5	程式傳送的介面組件.....	183
6-6	無條件、條件及程式中斷傳送.....	192
6-7	直接記憶儲取.....	202
6-8	控制字與狀態字.....	211
6-9	各種不同傳送方法的比較.....	218

第七章 作業系統

7-1	定義.....	221
7-2	組譯程式與組合語言.....	224
7-3	編譯程式與高階層語言.....	226
7-4	執譯程式.....	226
7-5	程式與計算機之獨立.....	228
7-6	輔載程式.....	229
7-7	編輯程式.....	234
7-8	改錯程式.....	235
7-9	公用常式.....	235
7-10	執行程式.....	236
7-11	電傳打字作業系統.....	237
7-12	自立式作業系統.....	239

7-13	磁碟作業系統.....	243
7-14	及時作業系統.....	245

第八章 小型電子計算機的選擇

8-1	引言.....	251
8-2	小型電子計算機的選擇.....	251
8-3	PDP - 11 小型電子計算機	259
8-4	SPC - 16 小型電子計算機	266
8-5	HP - 2100 小型電子計算機	280
參考文獻.....		289



導論

1.1 硬體、軟體與應用

在計算機科學的領域中，一般人常用來分別討論和計算機專家們所熱衷於研究發展的，大致上可分為三個方面：硬體、軟體與應用。

硬體 (Hardware)：一般所謂的電子計算機硬體，係指計算機的機件及電路本身，如機器體積的大小、動作的快慢、儲存量的大小及信賴度等，都屬於這方面的問題。

軟體 (Software)：一般所謂的電子計算機軟體，係指計算機系統內的一些輔助程式 (Program)。如組譯程式 (Assembler)，編譯程式 (Compiler)，執譯程式 (Interpreter) 及作業系統 (Operating system) 的效率，館附常式 (Subroutine Library) 的多少等，都是這方面的問題。

應用 (Application)：如何將計算機應用到工業、商業及科學研究上，以節省時間、人力，提高精密度。如自動生產控制，自動測試系統及實驗控制、記錄等的研究，皆是這方面的問題。

1.2 電子計算機的演進

電子計算機的發達仍是最近二十幾年來的事，在這短短的時間內，由於電子工業的發展，技術的不斷改進，使得電子計算機的製造變得更容易，性能更優越，又由於研究風氣的鼎盛，使得電子計算機的使用變得更方便，應用更廣泛。我們可以就硬體和軟體兩方面來看它的變化。

硬體方面：

第0代：由繼電器所組成。速度慢，體積大，仍屬實驗階段。

第1代：由真空管所組成。速度較第0代快數千倍，但體積仍大，且造價極高。

第2代：由電晶體所組成。速度更快，體積亦縮小很多，且價格較低。

第3代：由積體電路所組成。速度快，體積比第2代小，價格比第2代低。

第4代：由大型積體電路所組成。速度快，體積比第3代又小，且價格亦減低。

軟體方面：

第0代：用機器語言（Machine Language）來寫程式，相當繁雜。

第1代：用組合語言（Assembly Language）來寫程式，已較簡單。

第2代：用高階語言（High-Level Language）來寫程式，甚為方便，且訓練較易。

第3代：作業系統（Operating System），分時系統（Time Sharing）等的設計，使得操作更方便，整體作業更迅速、更有效率。

綜觀以上所述，專家們對於電子計算機所做的努力，一方面增加了每一部計算機的能力，使它能動作得更快，處理更多更複雜的事情；另一方面令使用大眾化，平常人稍加訓練就可運用電子計算機來解決不同方面的問題。然而，許多廠商推出來的機器，性能雖好，但體積仍相當大，且價格高昂，一般採用租用方式，每月租金尚在數千美元以上，很難達到普遍使用的目的。於是，就有人致力於所謂的小型電子計算機的製造，以適應工、商、科學界的需要。

1.3 小型電子計算機的興起

第一部小型電子計算機是由迪吉多公司 (Digital Equipment Corporation) 於 1963 年所造出，以後各廠家紛紛研究發展，推出更新、更複雜、性能更好的機型來。當時的售價在一萬八千到五萬美元之間。近幾年來，由於積體電路已開始大量生產，計算機的製造廠商可利用這些體積極小的電子元件，造出與第 2 代大型電子計算機性能相差不多，體積甚小的小型電子計算機，其售價僅為大型電子計算機數月的租金而已，頗受工、商、科學界的歡迎。表 1.1 所示為 1970 年各小型電子計算機價格、性能等的比較。目前的售價比表中所列更低。為說明起見，下面列出幾個不同廠商所推出的小型電子計算機及其售價（不包括外圍裝置）。

德州儀器公司 (T. I.)

TI 960 A, 4K 2,850 元美金

TI 980 A, 4K (圖 1.1) 3,475 元美金

迪吉多公司 (D. E. C.)

PDP 8/M 2,432 元美金

PDP 11/10 (圖 1.2) 7,000 元美金

惠普公司 (H. P.)

HP 2100A (圖 1.3) 10,000 元美金

HP 2105A 7,400 元美金

資料通用公司 (Data General)

Interdata 7/16, 8K (圖 1.4) 3,200 元美金

維里恩公司 (Varian Corp.)

Varian 620/L. 5,400 元美金

加上小型電子計算機用的外圍裝置，一般簡單可用的小型電子計算機系統的價格也在 20,000 元美金內。大型電子計算機雖然也蒙受了電子技術發展的恩惠，改進了性能，降低了些許價格，但由於設計複雜，及為了保持快速計算及高精確度等特色，故價格仍高，在市場競爭上要比小型電

表 1.1 1970 年小型電子計算機的比較

Manufacturer	Model	Minimum Configuration Price	Operating System & Languages	Input/Output Equipment*	Max. I/O (Kilobytes/sec.)	Number of Instructions and Addressing Techniques	Word Length (bits)	Time (microsec.)			Maximum Memory Size	No. Priority Interrupts and DMA Channels	First Shipped	Number Shipped	Info. Retrieval No.
								Cycle	Add	Multiply					
Alpha Corp. 4555 Trans. Rd. St. Paul, Minn. 55118 (612) 454-5150	Atom-501	\$7,475 (4k)	assembler (also on 380/25)	cr. tp, disk, cr. typ	500	56, indirect, relative	8, variable	2.0	6.0	software	32k	1 0 to 4	9/69	50	200
Bit, Inc. 5 Strimberg Pk. San Jose, Calif. 95128 (415) 237-2330	Bit 483	\$7,130 (2k)	assembler, mod. basic, fortran, IL	cr. pt. at, mt. typ. tp, disk, tty	1,000	128, direct	8, variable	0.38	2.3	-	85k	8 to 32 1	1/70	100	201
Chickson Microtec Inc. 10000 S. Bascom P.O. Box 40306 San Jose, Calif. 95131 (415) 434-5444	CIP-2000	\$5,500 (4k)	1-pass assembler	tp, pt. tp, disk, cr. mt.	800	16, microprogram-mable, variable	8	1.1	-	-	32k	0 to 64 0 to 2	3/70	20	202
Clary Datacom Systems, Inc. 404 Juniper Serra Bldg. San Gabriel, Calif. 91776 (915) 298-7000	CIP-2100	\$5,900 (4k)	2-pass assembler, cross assembler	tp, pt. tp, disk, cr. mt.	800	direct, indirect, relative	16, variable	1.1	5	50	32k	0 to 64 0 to 2	3/70	20	203
	Decomp-404	\$8,850 (4k)	basic, basic, timeshare exec	-	470	48	16	2.0	-	96	88k	16 to 256 4	9/69	63	204
	CSI-16	\$10,750 (4k)	apco-60, basic, fortran IV, timeshare exec	disk, mtc, mt. cr. tty	2,200	32, direct, indirect, indirect	16	0.30	1.8	5.0	32k	4 to 256 1 to 256	9/70	-	205
Compucon Systems Inc. P.O. Box 355 Ridgeview, Calif. 94077 (415) 438-7134	CSI-24	\$14,950 (4k)	apco-60, basic, fortran IV	disk, mtc, mt. cr. tty	3,300	32, direct, indirect, indirect	24	0.30	1.8	6.5	8,000k	4 to 256 1 to 256	9/70	-	206
	208	\$5,980 (4k)	1.2, or 3 pass assembler	cr. pt. tty, mt. cr, disk, tp	68	76, multi-level indirect, direct	8	2.66	5.3	3.10	16k	3 to 64 none	7/69	20	207
	216	\$7,980 (4k)	1.2, or 3 pass assembler, basic, fortran	cr. pt. tty, mt. cr, disk, tp	500	122, direct, indirect, relative, indirect	16	2.66	5.3	42.0	32k	3 to 64 0 to 8	8/69	80	208
Computer Automation, Inc. 895 West 16th St. Newport Beach, Calif. 92660 (714) 642-9530	POC-508	\$4,980 (4k)	1.2, or 3 pass assembler	cr. pt. tty, mt. cr, disk, tp	16	73, multi-level indirect, direct	8	8.0	24	1.100	16k	3 to 64 none	6/68	125	209
	816	\$9,980 (4k)	assembler, basic, fortran	cr. pt. tty, mt. cr, disk, tp	250	122, direct, indirect, relative indirect	16	8.0	16	126	24k	3 to 64 0 to 8	3/69	36	210
Computer Development Corp. 3001 S. Dumbler St. Santa Ana, Calif. 92705 (714) 857-9720	cd-200	\$2,680 (1k)	cross assembler, simulator	pt. mt. cr, disk, tty	1.0	68, direct	8	1.0	2.0	-	85k	16 10	8/70	-	211

Manufacturer	Model	Minimum Configuration Price	Operating System & Languages	Input/Output Equipment	Max. I/O (Kilobytes/sec.)	Number of Instructions and Addressing Techniques	Word Length (bits)	Time (microsec.)			Maximum Memory Size	No. Priority Interrupts and DMA Channels	First Shipped	Number Shipped	Info. Received No.
								Cycle	Add	Multiply					
Friden Div., The Singer Co. 2350 Washington Ave. San Leandro, Calif. 94517 (415) 354-0800	System Ten	\$15,300 (10k)	hardwired timing, assembly	cr, tp, pt, mt, disk	303	14, direct, indexed	8	3.3	13	38	110k	0	8/70	10	226
Fujitsu Ltd. 680 Fifth Ave. New York, N.Y. 10019 (212) 285-5300	Facom-R	\$10,000 (4k)	2-pass assembler, mini-ferret	ty, ttp, pt, mt, tp, disk, cr, pt, cr	800	26, direct, indirect, relative, indexed	16	1.5	6.0	software	32k	1	8/69	200	world
General Automation, Inc. 1402 E. Chestnut Ave. Scottsdale, Ariz. 85261 (714) 835-4804	SFC-12	\$5,000 (4k)	conventional assembler	optical mark, ty, pt, cr, tp, drum, mt	483	5, partial direct, indirect, indexed	8	2.16	4.32	software	-	1 to 128 0 to 1	11/68	750	227
	System 18/20	\$18,000 (4k)	DOS real time assembler, fortran	ty, pt, ttp, cr, mt, disk, drum, cr, pt	1,867	32, direct, indirect, indexed, relative	16	0.96	2.4	12.0	-	6 to 59 5	8/69	100	228
	SFC-16	\$10,000 (4k)	macro assembler, real time assem., fortran	ty, pt, cr, mt, disk	2,080	50, direct, indirect, relative, indexed	16	0.88	0.88	4.0	-	64 16	5/70	50	229
GRI Computer Corp. 96 Rowe St. Newton, Mass. 02166 (617) 559-9800	GRI-809	\$8,600 (4k)	2-pass assembler, fortran	ty, pt, cr, mt, disk	1,120	100, direct	16	1.76	1.76	16	32k	16 expandable 0 to 50	1/70	15	231
Hewlett-Packard Co. 1501 Page Mill Rd. Palo Alto, Calif. 94303 (415) 355-7000	21148	\$8,500 (4k)	basic control system, DOS, fortran, algi, basic	tp, pt, cr, mt, cr, pt, tv, disk, drum	500	70, indirect, partial direct	16	2.0	4.0	187	8k	7 to 24 0 or 1	1/70	-	232
Hewlett-Packard Co., Cupertino Div. 11,000 Wolfe Rd. Cupertino, Calif. 95014 (408) 257-7000	2115A	\$14,500 (4k)	basic control system, DOS, fortran, algi, basic	disk, pt, cr, pt, mt, cr, marked card	500	70, indirect, partial direct	16	2.0	4.0	187	8k	8 to 40 0 to 2	11/67	-	233
	2116B	\$24,000 (8k)	basic control system, DOS, real-time assem., fortran, algi, basic	disk, pt, cr, pt, mt, cr, marked card	600	70, indirect, partial direct	16	1.6	3.2	19.2	32k	16 to 48 0 to 2	9/67	-	234
Honeywell Computer Control Div. Old Connector Park Farmingdale, N.Y. 11731 (516) 879-2600	H 315	\$8,500 (4k)	basic control system, DOS, real-time assem., fortran, algi, basic	mt, cr, pt, tp, ty, disk	624	72, direct, indirect	16	1.6	3.2	8.8	32k	1 to 48 10	6/69	-	235
	DGP 316	\$23,000 (4k)	1 to 2-pass assembler, fortran, IV	mt, cr, pt, tp, ty, disk	2,000	72, single address, multi-level indirect, 1024, direct	16	0.96	1.92	5.3	32k	1 4	10/68	-	236
Information Technology, Inc. 164 Wolfe Rd. Sunnyvale, Calif. 94086 (408) 245-8772	IT-4900	\$9,950 (4k) with ty	machine language assembler, fortran	mt, tp, cr, pt, pt, disk	2,000	128, direct	16	1.75	2.5	5.0	32k	5 0 to 4	8/65	-	237