

386062

電子資料處理

(增 訂 版)



林 興 銳

電子資料處理

著作權執照：內政部台內著字第五四八九號

中華民國六十二年五月初版

中華民國六十六年正月四版

中華民國六十七年十月增訂版

中華民國六十八年八月第二次增訂版

中華民國六十九年九月二增二版

版權
所有



翻印
必究

定價：精裝本新台幣200元 * 平裝本新台幣180元

編著者 林 興 銳

發行人 林 興 銳

電 話 3413535

通 信 處 台北市仁愛路一段四十二號九樓

郵政劃撥儲金帳戶第 100905 號

總經銷 建 宏 書 局

電 話 3314516 3818884

地 址 台北市重慶南路一段六十三號

印刷者 樺文打字印刷有限公司

電 話 3319055 3610561 3318912

3316298

地 址 貴陽街二段四十四號

經銷處 全 國 各 大 書 局

第二次增訂版序

本書初刊於民國六十二年五月，當年暑假，即承台灣大學電子計算機講習班與交通大學電子計算機訓練班採作課本；秋季開學，復蒙各著名大專院校相繼或採作課本，或用為輔助教材，是使拙作不脛而走，感激良深。

為答謝 先進暨 讀者對本書的雅愛，三版之後，筆者就想作一次除舊更新的工作，並在定價方面，儘量抑低。旋即參照教育部頒行的大專課程標準，同時採集參考美國大專院校所用的最新課本與其訂閱的優良刊物，於民國六十五年夏間動筆增刪，並擬在翌秋葺事。嗣以準備赴美出席一九七七年計算機會議（NCC 1977），無暇掇管而暫行擱置，六月初飛往新大陸，隨團與會。會後順道訪問加州大學洛杉磯校園（University of California at Los Angeles, UCLA）及柏克萊校園（UC Berkeley）、南美大學（Southern Methodist University, SMU）、佛羅里達大學（U. of Florida）、芝加哥大學（U. of Chicago）、西北大學（Northwestern U.）、密歇根州立大學（Michigan State U.）、普度大學（Purdue U.）、印第安那州立大學（Indiana State U.）、東北大學（Northeastern U.）、麻省理工（Massachusetts Institute of Technology, MIT）與哈佛大學（Harvard U.）等，拜候 前輩，摳衣承教，取長補短，獲益良多。

訪美期間，很榮幸的會遇許多位我國旅美學人，他們都有非凡成就，如 竇祖烈博士、傅京孫博士、丘錫生博士、陳彼得博士……，諸氏在計算機與資訊科學（Computer and information sciences）方面的造詣與貢獻，均望重北美士林，深受崇宗，實為國人之光。此亦足證筆者在本書初版序中所曾說過，我中華民族素為世界上最優秀的民族之一，在歷史上文治武功，科學技術，都曾成就輝煌；面臨這將決定一個民族在未來的世紀中能否有所作為的樞機——電子計算機時代（The computer age）——炎黃子孫極有能力從事於電算潛能的開發工作。惟世間事多屬因果相循，

在這將要發生第二度巨大變化——科學革命（The Revolution of Sciences）——的世界潮流裡，我們能否與人家並肩齊進或者躍而居上，胥視我們自身的努力程度是否足夠而定，種豆絕不可能得瓜，豐碩的收成，要靠努力的耕耘！

返國後，即以此行所獲貴寶資料，補充原稿，至民國六十七年五月底工竣付梓，同年十月初書成，叨蒙先進不棄，仍然垂青採用，不旋踵間增訂版就告罄。

中央研究院為慶祝建院五十週年，主辦一九七八年國際計算機會議，銳也不才，辱承聘任理論組（The session “Theory”）共同主席（Co-chairman。本次會議論文宣讀與學術研討部分計分二十七組，每組聘請國內外電算界名士各一人，擔任Co-chairman，理論組另一位Co-chairman為Dr. Arthur Poe, Professor, University of Illinois, U.S.A.）拜讀許多佳構傑作，精闢獨到，令人心悅神怡，陶陶忘返，是謹摘其適於大專學子研修的一些資料，充實本（第二次增訂）版，以餉讀者。

本書所涉範疇廣泛，而筆者不佞，雖竭盡心力，仍恐難免疏漏，至祈方家俊彥，不吝賜教，是幸！

林興銳 序於 台北市

中華民國六十八年八月二十五日

本書校勘工作，承電算中心青年工程師 吳恒山碩士（台灣大學電機系）、陳元龍碩士（成功大學電機系）及小女林榮貞碩士（普度大學電機系）諸多協助，盛情至感，特此敬申謝意。

序

電子計算機自問世以還，在短短的二十幾年中，從最初用以計算彈道開始，繼供科學研究上求解繁難的數學問題，進而用作記帳、列表、計費開單與一般業務資料之處理，發展至今，它的用途已近三千種，遍及農、工、商、學、軍、政、醫各界。舉凡世間一切問題，只要其可以寫成適當的程式（Program），都可交由電子計算機代勞，故其用途仍在不斷增加之中。人類過去窮年累月所無法求解的某些繁難問題，今送由電子計算機去處理，頃刻之間，即獲解決，這種空前無比的威力，繼續發揮下去，無疑地將要把現在這個世界改造成另一模式的新社會。

時下，電子計算機在我們人類社會各項活動裡，幾乎無孔不入，到處受人垂青。不久的將來，每個人的生活或多或少都將受到它的影響，真可說是我們這一時代最重大的發明，是以人們常將今日的新時代稱為電子計算機時代。這個時代重要異常，若謂其是決定一個民族在未來的世紀中能否有所作為的樞機，也不為過。

目前，工業先進國家對於探研電子計算機與資訊問題之理論與實用，極為重視，計算機與資訊科學已成為一門最熱門的學科，一般瞻測，電算將一如鋼鐵、建築和運輸等，成為一個國家的基本工業，而且有後來居上之勢。歐美日本有識之士，都在困心衡慮來發展這門新興的科學，戮力開發電子計算機的無窮潛能，他們認為電子計算機是教育、技術與管理差距的標竿，為一民族在未來的人類社會裡興替的關鍵。事實上，現在國際間已以電子計算機之發展情況作為衡量一個國家現代化程度的砝碼。

歷史告訴我們，在工業革命時，那些努力鑽研物質與開發能源的國家，曾導致了繁榮與富強，而我們却因一時疏忽而慘在帝國主義者的船堅砲利下受盡凌辱。今天，任何國家若對資訊的研究與電算潛能的開發肯下苦功，必定也會帶給他們好境與強盛。蒸汽機的應用，祇不過增強或替代勞（臂）力，其影響尚且如此之鉅，電算機的應用，除更充裕勞力外，還能擴展智（腦）力，它對人類社會所將激起的變動，勢必空前，未來的歷史

學家或許會稱之爲科學革命，亦未可知。

發展電子計算機與資訊科學已步入需要高度智慧的階段，而我中華民族素爲世界上最優秀的民族之一，在歷史上文治武功，科學技術，都曾成就輝煌，極有能力從事於電算潛能的開發工作。惟世間事多屬因果相循，在這將要發生第二度巨大變化的世界潮流裏，我們能否與人家並肩齊進或者躍而居上，胥視我們自身的努力程度是否足夠而定，種豆絕不可能得瓜豐碩的收成，要靠努力的耕耘！

筆者於民國五十九年與交大蔡中川兄在東京國際訓練中心電子計算機研修班受訓時，目睹東京書坊中關於研討電子計算機的日文書籍，琳琅滿目，而原先製造通信器材的廠商如日本電氣（NEC）、富士通（Fujitsu）與沖電氣（OKI）等均已兼產自動資料處理系統機件，其中富士通且已將其總生產力百分之七十改爲製造電算器材，廠房重建，設備更新，這與筆者上一次訪日時之情景，截然迥異，足見其革進之速，令人恍惕欽遲！反觀我們電算工業正待發軔，而研討資訊與電算問題的中文書籍，寥寥無幾。因此，筆者返國後就想將蒐集資料與受訓心得暨二十多年來從事通信與電子方面工作的一些經驗，寫本有系統的介紹資料處理與電子計算機基本原理的書，以供國人參考；隨即利用工作餘暇，晨昏伏案，寒暑無間，於茲畱計竟已二年有奇，實以中途曾因起居失常，體力不支，被迫中輟數月，以致延宕至今，始克藏事。

本書大部分係參考美、日大專院校與職業訓練班所用的資訊與電子計算機科學課本和補充讀物數十冊而寫成，舉凡自動資料處理系統所涉及的硬品與軟品及其有關問題，儘量包羅，先論其基本原理，再佐以實際應用，旨望讀完本書的讀者，得見整個系統的全豹，獲致完整的概念。書中除第八、九、十、十一、十三與十八等六章中有部分內容，因其涉及微積分學及電工原理，稍爲艱深外，其餘各章節，凡具修過高中新數學的程度，均能瞭解。本書重要章節脫稿後，曾經分請對各該章節內容所討論的主題有精湛造詣的專家學者過目，辱承不棄，撥冗指正，實深感激，謹誌芳名如次（以姓氏筆劃爲序，其中有的是老師，有的爲友好，有的乃同事，有的係同窗），敬表謝忱。又在編著過程，渥蒙交通部台灣電信管理局長繆超鳳教授之鼓勵，電信研究所長康寶煌教授之指教，感篆亦深，併

此誌謝。

江德曜教授（台灣大學）
周俊文碩士（電信研究所）
孫冠勇碩士
馬捷姆博士（加州大學）
張保生主任
蔡中川博士
劉寶鈞博士
謝清俊博士（交通大學）

何宜慈博士（史坦佛大學）
周俊人碩士
孫翔碩士（IBM）
陳德勝主任
詹益光博士
賈玉輝博士（電信管理局）
劉彼德主任

倘本書對讀者微有貢獻，則半該歸功於他們諸位所賜與。

本書所涉範圍廣泛，筆者學識謬陋，掇管付梓匆匆，掛漏疏誤難免，至祈方家俊彥，不吝賜正，是幸！

林興銳 序於台北市

中華民國六十二年五月十二日

電子資料處理

目錄

第一章 緒 論 (Introduction)

§ 1.1. 知識爆發——充滿美好機會與巨大挑戰的新世紀 (The Explosion of Knowledge —— A New Era Full of Good Opportunities and Giant Challenges)	1
§ 1.2. 資料洶湧 (Data Deluge)	2
§ 1.3. 資料與資訊 (Data and Information)	2
§ 1.4. 研討資訊的三個領域 (Three Realms in Discussing Information)	4
§ 1.5. 硬品、軟品與韌品 (Hardware, Software and Firmware)	5
§ 1.6. 資料處理方式及其終極目標 (Types of Data Processing and Its Ultimate Objective)	7
§ 1.7. 打孔卡片系統 (Punched Card System , PCS)	8
§ 1.8. 自動資料處理系統 (ADPS)	8
§ 1.9. 電子計算機定義及其分類 (Definition and Classification of Computers)	11
§ 1.10. 迷你計算機與迷碟計算機 (Minicomputers and Midicomputers)	14
§ 1.11. 中型計算機系統 (MSCS) 與大型計算機系統 (LSCS)	15
§ 1.12. 電子計算機品級 (The Computer Scale) 與系統性能 (The System Performance)	15
§ 1.13. 計算工具演進史	16
§ 1.14. 自動資料處理系統的應用概述	23

§1.15. 計算機企業之成長與展望	29
--------------------------	----

第二章 數字系統 (Number Systems)

§ 2.1. 十進位數字系統中數的分類 (Mathematical Classification of the Decimal System)	32
§ 2.2. 數系觀念 (Concepts of a Number System)	34
§ 2.3. r 進位數系 (r -nary Number Systems)	34
§ 2.4. 電算機內部運算採用二進法的理由 (Why Using the Binary in Internal Operations)	36
§ 2.5. 二進制 (The Binary System)	38
§ 2.6. 八進制 (The Octal System)	42
§ 2.7. 十六進制 (The Hexadecimal System)	44
§ 2.8. 數系之互相變換 (Conversion between Number Systems)	46
§ 2.9. 負數與補數 (Negative Numbers and Complements)	54

第三章 資料表示法與各種電碼 (Data Representation and Codes)

§ 3.1. 資料層系 (Data Hierarchy)	60
§ 3.2. 二元狀態 (Binary Conditions)	61
§ 3.3. 計算機資料 (The Computer Data)	61
§ 3.4. 計算機內資料表示法	62
§ 3.5. 資料碼化	62
§ 3.6. 計算機電碼 (The Computer Code)	62
§ 3.7. 資訊單位 (Information Units)	62
§ 3.8. 二元電碼 (Binary Codes)	63
§ 3.9. 二化的十進數碼 (Binary Coded Decimal Codes, BCD Codes)	64
§3.10. 加三碼 (Excess-three Code, XS-3)	67
§3.11. 五取二碼 (Two-out-of-five Fixed Count Code)	67

§3.12. 卡片碼 (Card Code) 與BCD互換碼 (BCD Interchange Code)	68
§3.13. 電碼檢查 (Code Checking)	70
§3.14. ISO / CCITT 標準碼	70
§3.15. 增訂BCD互換碼 (EBCDIC)	72
§3.16. 縮併的十進數與分區的十進數 (The Packed Decimal and The Zoned Decimal)	75
§3.17. USASCII 與USASCII-8 電碼	75
§3.18. ANSCII 電碼	75

第四章 資料登錄 (Data Entry)

§ 4.1. 人機通訊 (Man-machine Communications)	76
§ 4.2. 資料記錄媒體 (Data Recording Media)	76
4.2.1. 卡片 (Cards)	77
4.2.2. 打孔帶 (Perforated Tapes)	78
4.2.3. 磁帶 (Magnetic Tapes)	78
4.2.4. 密錄磁帶及磁帶小匣 (Hypertapes & Tape Cassettes)	80
4.2.5. 磁字 (Magnetic Ink Character) 卡片與票據	81
4.2.6. 感光記號單 (Optical Mark Sheets)	82
4.2.7. 印出用紙 (Printout Papers)	82
4.2.8. COM —— Computer Out Microfilm or Microfiche (康姆 —— 縮影膠帶或縮影膠片)	83
4.2.9. 碟卡 (Diskette or Floppy Disk)	85
§ 4.3. 資料登錄	87
4.3.1. 按鍵登錄方式	87
4.3.2. 打卡機 (Keypunches) 與驗孔機 (Verifiers)	88
4.3.3. 資料登錄方法之改進	90
4.3.4. 資料記錄機 (The Data Recorder)	90
4.3.5. 資料銘錄機 (The Data Inscriber)	92
4.3.6. 鍵至帶登錄系統 (The Key-to-Tape Entry System)	

.....	92
4.3.7. 資料登錄機 (The Data Entry Station)	92
4.3.8. 可存程式指揮的工作機 (The Programmable Work Station)	93
4.3.9. 碟卡資料變換機 (The Diskette Data Converter)	93
4.3.10. 碟卡入出機 (The Diskette I/O Unit)	93
4.3.11. 鍵至碟卡登錄系統 (The Key-to-Diskette Entry System)	93
4.3.12. 銷售點輸入系統 (The Point-of-Sale Input System)	97
§ 4.4. 資訊的錄 / 讀方法 (Recording / Reproducing Techniques)	97
1. 歸零法 2. 不歸零法 3. NRZI 法 4. 調相法	

第五章 電子計算機機能與內儲程式觀念 (The Computer Function and Stored Program Concepts)

§ 5.1. 電子計算機機能	102
§ 5.2. 內儲程式 (The Stored Program)	102
§ 5.3. 程式互遷 (Programs Swapping)	104
§ 5.4. 地址空間 (The Address Space)	107
§ 5.5. 古老的程式裝入法	109

第六章 電子計算機結構 (The Computer Achitecture)

§ 6.1.	電子計算機基本結構 (The Basic Structure of a Computer).....	110
§ 6.2.	同步電算機 (Synchronous Computers) 與非同步電算機 (Asynchronous Machines)	112
§ 6.3.	電子計算機字 (The Computer Word) 與其長度	112
§ 6.4.	機器指令 (Machine Instructions)	114
§ 6.5.	定址技巧 (Addressing Techniques)	116
§ 6.6.	處理能力 (The Processing Capability)	118
§ 6.7.	多元處理機系統 (The Multiprocessor System).....	120
§ 6.8.	自動資料處理系統基本組態 (The Basic Configuration of Automatic Data Processing Systems) ...	122
§ 6.9.	最新電子計算機系統組態	123
1.	IBM System/370 Model 組織	
2.	入出道 (I/O Channels)	
	(1) 拜移多工道 (2) 選擇道 (3) 段移多工道	
3.	CDC CYBER-174 系統	

第七章 中央處理機 (CPU)

§ 7.1.	控制部 (The Control Section)	129
§ 7.2.	機器週期 (Machine Cycles)	130
§ 7.3.	基本控制體系 (The Basic Control System)	131
§ 7.4.	控制信號 (Control Signals)	131
§ 7.5.	指令週期 (Instruction-cycle) 與執行週期 (Execution-cycle)	133
§ 7.6.	指令之執行	135
§ 7.7.	演算/邏輯部 (The Arithmetic/Logical Section)	138
§ 7.8.	基本邏輯運作 (Basic Logic Operations)	139

§ 7.9.	定點制與浮點制 (Fixed-point and Floating-point Systems)	140
§ 7.10.	浮點演算(The Floating-point Arithmetic)	141

第八章 記憶裝置 (The Memory Devices)

§ 8.1.	分類 (Memory Classification)	142
§ 8.2.	記憶層系 (The Memory Hierarchy)	145
§ 8.3.	記憶裝置的利用方法	148
§ 8.4.	主記憶 (The Main Memory)	149
§ 8.5.	記憶的存取時間 (The Memory Access Time)	150
§ 8.6.	主記憶的組織	150
§ 8.7.	S/370 主記憶的組織	151
§ 8.8.	主記憶能量 (Capacity) 的計量	152
§ 8.9.	主記憶能量的限度	153
§ 8.10.	磁環記憶 (Core Memory)	153
§ 8.11.	磁環記憶單元的組織	154
§ 8.12.	磁鼓記憶 (Magnetic Drum Memory)	156
§ 8.13.	磁碟記憶 (Magnetic Disk Memory)	159
§ 8.14.	磁巢記憶 (Data Cell Memory)	160
§ 8.15.	CRAM	162
§ 8.16.	直接存取巨量儲存系統 (Direct-access Mass Storage Systems)	162
§ 8.17.	半導體記憶 (The Semiconductor Memory)	164
§ 8.18.	半導體記憶的分類與特性	165

第九章 周邊機件 (Peripheral Equipments)

§ 9.1.	周邊機件種類	166
§ 9.2.	紙帶讀取機(Paper Tape Readers)	168
§ 9.3.	讀卡機 (Card Readers)	168

§ 9.4.	鑿卡機 (Card Punches)	169
§ 9.5.	紙帶鑿孔機 (Paper Tape Punches)	170
§ 9.6.	磁帶機 (Magnetic Tape Units)	170
§ 9.7.	印出機 (Printers)	172
§ 9.8.	光字讀取機 (OCR)	175
§ 9.9.	磁字讀取機 (MICR)	175
§ 9.10.	控制台 (Consoles)	176
§ 9.11.	展示機 (Displays)	176
	1. 字符展示機 (Alphanumeric Displays)	
	2. 圖案展示機 (Graphic Displays)	
§ 9.12.	終端設備 (Terminal Facilities)	179

第十章 分頁技術與虛擬儲存 (Paging Technique and Virtual Storage)

§ 10.1.	斷裂 (Fragmentation)	182
§ 10.2.	分節 (Segmentation)	183
§ 10.3.	分頁	184
§ 10.4.	應用分節與分頁時的動態地址翻譯	186
§ 10.5.	頁框表 (The Page Frame Table)	187
§ 10.6.	平均進出時間	188
§ 10.7.	虛擬儲存與其額度	189
§ 10.8.	虛擬儲存的結構 (Virtual Storage Structure)	191
§ 10.9.	虛擬儲存對真實暨輔助儲存的關係	192
§ 10.10.	單虛擬儲存與多元虛擬儲存 (The Single Virtual Storage & Multiple Virtual Storages)	194

第十一章 資料處理法 (Methods of Data Processing)

§ 11.1.	資料處理工作六要素 (Six Elements of the Data-processing Operation)	196
§ 11.2.	資料處理循環 (The Data Processing Cycle)	196

§ 11.3. 主資料 (Master Data) 與異動資料 (Transaction Data)	198
§ 11.4. 資料檔案定義與其基本結構	198
§ 11.5. 記錄 (Record)	200
§ 11.6. 邏輯記錄格式 (The Format of Logical Records)	201
§ 11.7. 資料格式 (The Data Format)	202
§ 11.8. 編段 (Blocking) 與解段 (Deblocking)	202
§ 11.9. 資料檔案特性	203
§ 11.10. 資料審編 (Data Editing)	204
§ 11.11. PCS 資料處理法	207
§ 11.12. 分類機 (Sorters)	208
§ 11.13. 比對機 (Collators)	210
§ 11.14. 自動資料處理法	210
11.14.1. 成批處理 (Batch Processing)	212
11.14.2. 磁帶系統 (The Tape System)	215
11.14.3. 資料轉錄	216
11.14.4. 連線隨機處理 (On-line Random-access Processing)	216
11.14.5. 原始資料直接輸入	217
§ 11.15. 多元程式規劃術 (Multiprogramming)	217
§ 11.16. 多元處理術 (Multiprocessing)	218
§ 11.17. 資料管理技術之發展	218

第十二章 程式與程式規劃語言 (Programs and Programming Languages)

§ 12.1. 程式 (Programs)	222
§ 12.2. 主電規、分電規、常規、次常規與函數 (Main Programs, Subprograms, Routines, Subroutines and Functions)	223
§ 12.3. 程式館 (Libraries)	224

§ 12.4. 原始程式與目的程式 (Source Programs and Object Programs)	224
§ 12.5. 應用程式 (Applications Programs) 的主要內容	224
§ 12.6. 程式指令 (Program Instructions)	225
§ 12.7. 程式規劃語言的分類	227
12.7.1. 機器語言 (The Machine Language)	227
12.7.2. 組配語言 (The Assembler Language)	227
12.7.3. 微指令 (Micro Instructions or Micros)	231
12.7.4. 集指令 (Macro Instructions or Macros)	231
12.7.5. 高階語言 (Higher-level Languages)	231
§ 12.8. 可播系統 (COBOL System)	232
§ 12.9. 傳傳系統 (FORTRAN System)	234
§ 12.10. PL/1 系統	234

第十三章 程式規劃術 (Programming)

§ 13.1. 程式規劃術	237
§ 13.2. 流程圖符號 (Flowchart Symbols)	238
§ 13.3. 系統流程圖 (System Flowchart)	242
§ 13.4. 程式流程圖 (Program Flowchart)	245
§ 13.5. 流程圖紙與流程圖模板 (Template)	248
§ 13.6. 計算機繪製流程圖	250
§ 13.7. 決定表 (Decision Tables)	250
§ 13.8. 程式設計的原則 (Programming Principles)	252
§ 13.9. 程式設計的步驟 (Programming Steps)	253
§ 13.10. 程式之編譯與執行	256
§ 13.11. 程式檢驗 (Program Checkout)	258
§ 13.12. 結構化程式規劃術 (Structured Programming)	260

第十四章 運作系統 (Operating Systems)

§ 14.1. 運作系統	266
§ 14.2. IBM S / 370 運作系統	268
14.2.1. BOS, TOS & DOS 控制程式	

1. IPL (啓動規)	
2. Supervisor (監督規)	
(1) The Physical IOCS Routine	
(2) The Checkout / Restart Routine	
(3) The Storage Print Routine	
3. Job Control	
14.2.2. OS 控制程式	
Data Management	
Job Management	
Task Management	
14.2.3. 處理程式 (Processing Programs)	
1. 語言翻譯規 (Language Translators)	
2. 服務程式 (Service Programs)	
(1) Linkage-Editor	
(2) Librarian	
(3) Load-system (BOS / 370 only)	
(4) Sort /merge Programs	
14.2.4. User-written Programs	
14.2.5. Teleprocessing	
§ 14.3. 入出控制系統 (I/O Control System)	273
§ 14.4. IBM OS / VS 運作系統	275
§ 14.5. 虛擬儲存進出法	275
§ 14.6. CDC CYBER / 170 運作系統	276
§ 14.7. 自動資料處理系統之啓動	276
第十五章 電子資料處理系統 (EDP Systems)	
§ 15.1. 作業系統對資訊系統 (Operations Systems versus In-formation Systems)	279
§ 15.2. 電子資料處理系統 (EDPS)	281
§ 15.3. 連線系統 (On-line Systems)	282
§ 15.4. 離線系統 (Off-line Systems)	283
§ 15.5. 即時系統 (Real-time Systems)	283