

電子計算機基本原理



林傑斌 · 陳奇麟 · 鍾光選 合著



五南圖書出版公司

電子計算機基本原理

贈閱

北京农业工程大学图书馆
年 用 日



389573

林傑斌·陳奇麟·鍾光選編譯

電子計算機基本原理

中華民國74年5月初版

著作者 林傑斌·陳奇麟·鍾光選

發行人 楊 榮 川

發行所 五南圖書出版公司

局版臺榮字第0598號

臺北市銅山街1號

電話:3916542

郵政劃撥:0106895-3

印刷所 茂榮印刷事業有限公司

臺北縣三重市重新路五段632號

電話:9711628·9713227

售價 250 元

(本書如有缺頁或破裝·本公司負責換新)

新時代電腦文庫

總 主 編

范 光 陵 博士

美 國 斯 領 蒙 大 學 企 管 碩 士
美 國 猶 他 州 立 大 學 哲 學 博 士
美 國 哥 倫 比 亞 大 學 超 博 士 研 究 生
美 國 加 州 大 學 院 士

會 任

美 國 IBM 電 腦 公 司 系 統 分 析 師
美 國 猶 他 州 立 大 學 電 腦 研 究 計 劃 主 任
美 國 加 州 大 學 教 授
美 國 立 中 興 大 學 企 管 系 主 任
達 甲 大 學 電 腦 系 主 任
文 化 大 學 電 腦 研 究 所 所 長
國 立 成 功 大 學 商 學 院 院 長

榮 膺

美 國 傑 出 學 者 獎
美 國 國 際 傑 出 人 物 獎
泰 國 電 腦 成 就 獎

現 任

國 立 中 興 大 學 教 授

新時代電腦文庫

總 序

十年前我在美國哥倫比亞大學作超博士研究，主攻人機模控學——也就是研究人類和機器間，如何彼此模仿及有效控制的一門新科學時，接到德國國際會議中心的電話，要我擔任該會舉辦之國際研討會講座。會議是在西德的柏林市舉行。參加者有世界各國電腦專家多位。擔任講座的有美國、日本、奧國、加拿大、意大利、蘇聯、德國、英國、法國等電腦界人士。

開幕的前一天晚上，大會執行長華特博士在高聲雲霄的自由之針上的旋轉廳，請全體講座吃德國南部名菜豬蹄，並用巨杯喝慕尼黑啤酒。酒過三巡，歌唱十遍之後，華博士說：「全世界都希望聽聽各位的高見，究竟十年後電腦會如何？廿年後會如何？」各國講座即席紛紛發言，又要我作了一個報告如下：

- 一、十年後快速成長的電腦會又小、又快、又好、又便宜，人人買得起。
- 二、十年後電腦將進入辦公室、進入社會、進入家庭，連兒童也要學電腦——電腦文庫將成必備讀物。
- 三、廿年後電腦將從無思考力變成有思考力。
- 四、廿年後電腦將使不懂電腦的人變成功能性文盲。

今天看起來，第一及第二個預測都已應驗了。而日本、英國、美國更自前年起，紛紛從事第五代電腦的設計及製造。我國有識之士，已於今年起一再研究第五代電腦之問題及發展。而即將來臨之新電腦將是一個具有智慧及思考力的機器。他可以讀書，可以與人類以語言交談；如果配在相關機器上，便近乎一位又聰明又能幹的人類。這種電腦系統預計於十年左右完成，一定更會形成新時代的科技及人文大革命。

第三項預測將在各國的大膽革新下實現，而形成對吾人生活及文化之重大衝擊。就第四項而言在那個時候認得「電」字，也認得「腦」字，而不知「電腦」二字加起來是什麼意思的人，便不再是被「新書香社會」尊敬的人士。

我國的知識水準一向不錯，一般說來大專程度以上者約有百分之五，中學程度百分之四十，初中以下百分之五十五。而臺北市之大專程度更高達百分之十四，「文盲」實在很少。在這樣漂亮的統計數字下，我們的「電腦文盲」是多是少呢？

做電腦文盲並不可怕，只要你有「三念」原則就不怕了——那就是要有「念」頭來學習電腦；學後必須要能改變舊觀「念」成為新觀「念」。

這個時代更是「電腦兒童」時代，他們生在電腦時代，所以愛電腦，不怕電腦，電腦可成為他們生活的一部份，他們與電腦在一起覺得很自然；正如許多生在農村社會的人，愛巷子、愛什馬一樣的自然。這個時代的兒童不會成電腦文盲，也不應該成為電腦文盲；尤其是我們中國的兒童們，他們出生在電腦時代，他們將在國

際商場上為國家作一名鬥士。我們都希望子女成龍成鳳，為什麼不早讓他們學這一個最重要的工具及文化呢？我們都知道練武功要從小開始，學芭蕾舞，學鋼琴要從小開始，而且越早越好；為什麼學電腦不能從小開始？為什麼不准他們玩他們自己新時代的電腦，偏要他們玩「舊時代」的毬子和竹馬？

如果我是一位「電腦文盲」，我會自己先從事「新識字運動」；而不把「上古史」硬拿來束縛住「電腦兒童」及「電腦文盲」們的手腦。須知新時代已迅速而堅決地來了——現在是「駝鳥」飛上枝頭變「鳳凰」的最後機會。

我國電腦資訊的急速發展有目共睹；在發展及成長過程中，陣痛是免不了的，但如不能懷有「臨事而懼，好謀而成」的心理，則美國奧斯邦電腦公司、德州儀器公司及阿他雷公司、富蘭克林公司等，在電腦發展上的失敗，便是殷鑒不遠。所以我們有必要提出檢討，提出改進方法，因為自「1984」年起不過十年左右，「有思考力」的電腦便將誕生了。

要有效促進我國電腦成長，吾人必須積極從事十個新方向：

- 一、輸出要重點突破，不可兼容並包——吾人有較廉價之技術人才、聰明苦幹之知識份子，但限於國力資源及學識，還是抓住幾個重點發展為佳。
- 二、要注意「顧客為主」原則在開拓市場上之意義及價值，不可把生金蛋的鵝趕走。
- 三、造成容許發展之電腦環境及市場，不可朝令夕改；不可因噎廢食；不可過份干涉；應多獎勵學習。

四、電腦成長要以「行銷導向」不可以「生產導向」。

五、全國修訂不合時宜之法令解釋，行政管轄權及書刊，並引進新知識，以配合新時代之新需要。

六、由政府及民間合作成立全國性公正而客觀之電腦資訊委員會，以求統一意見，教育及導引各界，事先準備，迎接新時代。

七、用新人行新政——須知在電腦時代，善意的無知為害之烈勝於惡人——因惡人易為人知而加以防範。

八、要學習以新管理方法來管理電腦資訊之成長——要學習如何來管理電腦資訊之成長，要重視電腦成長戰略，而不可用「農業波」或「工業波」時代之舊觀念，來管理「電腦資訊波」時代之新成長。

九、要把握市場、原料及知識來源——不可俯仰由人，靠天吃飯，要研讀先機、未雨綢繆。

十、發動全民力量加入發展電腦之通盤策劃及推廣——須知以全國之力，公私合作，仍不見得能容易應付的挑戰，怎可以有限的人力挑上太重的擔子？！

所以，五南圖書出版公司發行人楊榮川先生開拓「新時代電腦文庫」的魄力與努力，是配合全民發展電腦資訊運動中，堅定而有力的一步。新時代電腦文庫將敦請最好的人才來著述及翻譯最新的學問及出版物。凡是與電腦有關，且有重要性或實用性的新知，均在網羅之列，希望「新時代電腦文庫」，將成為中國電腦發展史上，又一個新的里程碑。而個人才疏學淺，得以參與此一新時代新工作；其惶恐，其愉快，又豈這一篇序文所能表達。

發 行 者 言

范光陵博士被稱為中國電腦之父。他首先在國內揭開了電腦啓蒙運動；他舉辦了中國第一屆人造智慧會議；寫了整個中國第一本電腦書「電腦和你」——是海內外千千萬萬中國人看過的第一本電腦書，他創造了「中文電腦化」，「電腦中文化」的新觀念；舉辦了中國第一屆中文電腦會議；他和有志之士共同創辦了中國第一個全國性電腦團體，也擔任過十次國際電腦資訊會議主席；中國第一任電腦研究所所長，第一任電腦科主任及第一任電子計算機系主任，又主持過中國第一次電視電腦節目。在中國電腦史上他創造了許多第一，也使得新時代的其他新人物，更進一步創造了許多第一。

新時代電腦文庫能由范光陵博士擔任總主編，實在是一件很榮幸的事，相信在他的策劃主編之下，配合碩士級以上的電腦編譯人才，必定能夠達到「不是好書不出版，出版的都是好書」的嚴格要求，共同為中國電腦化，盡一份心力。

楊 榮 川

• 序 言 •

本書是為計算機專業學生寫的教學參考書，其主要目的是讓學生了解與計算機的中央處理器（即運算器和控制器）有關的一些基本知識。

全書分九章，外加緒論，介紹了電子數位計算機的流程圖和結構，第一、六兩章分別講述計算機中數的表示方法及其運算規則，第二、三章分別討論基本邏輯電路與邏輯代數，第四、五兩章分析了各種類型的觸發器及計算中的基本邏輯部分，第七章對時序線路作了一些概要的介紹。第五章介紹一般控制的計算機的運算器和控制器，第八章介紹常規控制方式的計算機中央處理器，第九章對微程式控制的計算機和微程式設計都有詳細的介紹，還對系列機、“概念上的計算機”等作了說明。

書中的缺點、錯誤和不妥之處在所難免，希望讀者加以批評指正。

在此感謝黃麗珊小姐仔細的謄稿與蕭笛寧精密細緻的校對，而使本書的錯誤能儘量地降低。

編譯者：

MIT 電腦博士 姚怡慶

政大副教授（CDC 高級系統分析師） 何宗屏

致理商專副教授 牟彰賢

德州大學 Anstin 分校電腦碩士 郭金銘

IBM 系統軟體工程師 林清源

林傑斌、陳奇麟、鍾光選

1984 年 11 月 12 日於台北

● 電子計算機基本原理 ●

內容包含：

1. 電算概論 (BCC)

BASIC COMPUTER CONCEPTS

2. 基本邏輯電路設計

LOGICAL CIRCUIT & DIGITAL COMPUTER SYSTEM

3. 電腦組織與結構

COMPUTER ORGANIZATION & ARCHETECTURE

4. 其他 (系統程式與作業系統)

SYSTEM PROGRAMMING & OPERATING SYSTEM

• 編譯英文參考書目 •

1. AN INTRODUCTION TO COMPUTER SCIENCE AN
ALGORITHMIC APPROACH
JEAN-PAUL TREMBLAY
RICHARD B. BUNT
2. INTRODUCTION TO COMPUTER SCIENCE
GEAR
3. DIGITAL COMPUTER ELECTRONICS ALBERT
PAUL MALVINE
4. COMPUTER ORGANIZATION-HAMAOHER/VRANESIC/
ZAKY
5. SYSTEMS PROGRAMMING-DONOVAN
6. OPERATING SYSTEMS DONOVAN
7. DIGITAL LOGIC COMPUTER SYSTEM MANO

爲了使讀者對電子數字計算機整個機器的結構及其工作過程有一個概括的了解，在緒論中將對電子數字計算機的主要組成部分，它們的工作特點以及用計算機解決各種計算問題的典型程式等做一扼要的介紹。

❶ 第一節 ❶

電子數字計算機的主要組成部分及其工作特點

電子數字計算機是一種能自動地進行高速運算的計算工具，它每秒鐘能進行成千上萬次各種不同的運算，有的可達每秒幾百萬至上千萬次的運算，一台電子計算機主要由以下幾部分組成：

運算器——快速進行各種基本運算。

儲存器——儲存大量數據、程式和資料。

輸入輸出部份——輸入原始資料、輸出運算結果。

控制器——統一指揮整個計算機的工作。

使用計算機時，必先把求解的問題分解爲計算機能執行的各種基本運算，在上機之前，應當先把求解的部分，按照機器能識別的一定格式，編好整個計算步驟，習慣上把這一部分叫做編譯程式。程式是由一條一條的基本指令所組成的，每一條指令規定應進行什麼操作（如加、減、乘、除等）。當編好的程式和其所需的原始資料送入計算機後，計算機就按程式所編排的次序，一步步地執行程式中的指令，直到計算出需要的結果。

下面來介紹一下計算機各個部分的主要功能及它們之間的相互關係。



一、電子數字計算機的簡單方塊流程圖

運算器是對資料進行運算的部件，它能快速地進行加、減、乘、除等算術運算及其他一些常見的基本運算（如比較兩數的大小等）。

在運算過程中，運算器不斷地得到由儲存器提供的資料，並能把求得的結果（包括

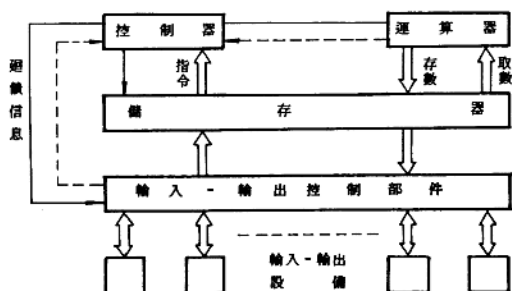


圖 2 畫出了計算機結構的簡單方塊流程圖

中間結果）送回儲存器暫時保存起來（少量可暫時存在運算器內部），它的整個運算是在控制器統一指揮下，按程式中之編排的先後次序有規律地進行的。

儲存器之主要功能是保存大量信息，它的作用類似一台錄音機，能把已記錄的內容保存起來，在使用時根據實際的需要可以把原來記錄的內容抹去而重新記錄新內容，或者把原記錄的內容取出但不破壞原有的記錄（類似錄音機的錄音和放錄音），在計算機的儲存內保存信息，主要有資料及指令兩種（表示數據和指令的二進制碼統稱代碼），在解題之初，程式和原始數據以計算機外送入儲存器中保存起來，在計算過程中，儲存器一方面不斷地向運算器提供運算所需要的數據，另一方面還能保存以運算器送出的計算結果，此外，儲存器中保持著計算程式，則是用來決定計算機的具體工作過程的。計算機以儲存器不斷地取出指令送往控制器，然後由控制器分析和解釋指令的含意，並據此向運算器或其他部件發出相應的命令、指揮，控制器的主要作用，是使整個計算機能自動地執行程式，它以儲存器順序地取出指令，並向各部件發出相應的命令，使它們一步步地執行程式所規定的任務。因此，控制器是統一指揮和控制計算機各部件的中央機構，它一方面向各個部件發出執行任務的命令，另一方面又接受“執行部件”向控制器發回的有關任務執行情況的“回饋信息”，如運算器向控制器“報告”計算結果的大小是否超出預定界限等等，這種由運算器、儲存器及輸入-輸出部件發回控制器的“回饋信息”，將對控制器下一步的工作狀態產生重要的影響，控制器把這些“回饋信息”作

爲下一步發出那些命令的工作條件，根據各種工作條件的成立與否，來決定下一步相對地發出那幾種命令。

輸入—輸出部分是計算機和外界進行聯繫的橋樑和通道，它包括各種類型的輸入、輸出設備以及輸入—輸出的控制部件，當我們使用計算機解決問題時，首先接觸到的就是各種輸入—輸出設備。在解題之前，我們要把準備好的數據及程式成批地通過輸入設備送到計算機裡去，在計算機計算完畢後，還要把計算的結果（需要時，也可以是中間結果）轉換成便於人們使用和閱讀的形式，並通過輸出設備成批地送出來，計算機使用起來是否靈活方便，很重要的一點就是要看有沒有性能優良，工作可靠的輸入—輸出設備，輸入—輸出設備一般工作速度要比計算機其他部件慢得多，所以它們怎樣和計算機的快速計算相配合，也是一個重要的問題。

以上簡單地介紹了數字計算機四個主要部分的功能，概括起來說，控制器和儲存器在各部件的相互聯繫中起著重要的作用：控制器是協調各部件的動作，不斷向它們發出命令的中央機構；而儲存器則是各部件信息聯繫的中心和倉庫，各個部件所用的數據以及其他信息大部份都存放在儲存器內，並通過它轉送到其他部件去，這些部件的主要性能，大致結構以及數字計算機的一些重要特點將在下文中進一步說明。

二、運算器

爲了使運算器能進行加、減、乘、除等運算，有兩個問題是必須考慮的，即參與運算的數據在計算機中應以什麼方式來表示和儲存，以及用什麼方法對這些數據進行運算。

（一）數的表示方法

有兩類不同的表示數量大小的方法，一類稱爲連續式（或稱爲類比模擬式）表示方法，日常所用的對數計算尺就是採用這種方式，此時數量的大小用計算尺的長度，按照一定的長短刻度連續地表示出來；另一類是數位式（又稱離散式）表示方法，日常所見的算盤、齒輪式的計算機，都是採用這種表示法。

在連續式表示法中，數的精確程度和表示它的物理量（如計算尺的長度）的誤差直接有關，而在數字表示法中，比如算盤、算珠的上、下位置的微小變化，一般對所表示的數不會產生影響，只要分清它是“在上”或“在下”就行了。而且，根據不同的要求，

可以用足夠多的依次排列的數字來精確地表示一個數的大小，例如 $\pi = 3.14159 \dots$ ，用六列並排的算珠可以把圓周率 π 精確地表示到六位。

在電子數字計算機中，數採用數字表示方法，通常用電壓的大小來表示數字，比如我們可以用十種不同的電壓表示十個不同的數碼，但實現起來是困難的，為了使計算機工作簡單可靠，一般都採用二進位數字表示法，即是直接用電壓的高低來表示兩種不同的數碼（即“0”和“1”），比如說，一個以0伏到5伏變化的電壓，可以規定低電壓（設以0伏到2伏為低電壓）代表“0”，而高電壓（設以3伏到5伏為高電壓）代表“1”，這種數字表示法的特點是：當表示的物理量（電壓）在一定範圍內作微小變化時，它所代表的數碼不會產生變化，例如電壓以0伏往上增大時，它所代表的數碼“0”保持不變，僅當這種變化超過了範圍（上升到3伏以上），它所代表的數字才發生確定的變化，即“0”變為“1”，從2伏過渡到3伏有一個過渡範圍，這也是為了使代表數碼“0”、“1”的電壓能明顯的區分開，這種只用二種數碼來表示數量的方法就稱為二值表示或二進位表示法，粗看來，這種方法只有二種數碼，似乎很不精確，但是我們以上面算盤的例子已經知道，數字式表示方法可以同時用很多個相同的物理量來精確地表示一個數的大小，例如，可以同時用四條電壓線的電壓表示4個二進位數碼，這4個數碼可用來組成一個二進位的整數：

表1

二 進 位 整 數				對 應 的 十 進 位 整 數
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
		...		⋮
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15

在實際的計算機中，往往用幾十個二進位數碼來表示一個數據，它們能很精確地表示出一個數的大小。