

大 學 用 書

計 算 機 概 論

何 鉦 威 著

三 民 書 局 印 行

計 算 機 概 論

何 鈺 威 著

學歷：國立交通大學計算機工程系畢業
國立交通大學計算機工程研究所畢業

三 民 書 局 印 行

中華民國七十一年十二月初版

計算機概論

基本定價陸元貳角貳分

版權
編譯
必究

著者 何 鈺 威
發行人 劉 振 強
出版者 三民書局股份有限公司
印刷所 三民書局股份有限公司

臺北市重慶南路一段六十一號
郵政劃撥九九九八號

行政院新聞局登記證 版臺字第〇〇二〇號

序

「概論」類書的內容應該注重「縱」、「橫」兩個方向，「縱」的方向指的是對所研討學科的介紹必須具備「連貫性」，以使得讀者能夠循序漸進地得到徹底、知其所以然的了解；「橫」的方向則是指任何討論题目的涵蓋面應該具備「一般性」，這使得讀者在有關的事務上都能有廣泛的概念。這本「計算機概論」就是根據這樣的觀念編寫的，在縱的方面，數字系統、邏輯電路概念到計算機結構及工作原理的闡述提供了連貫的計算機原理介紹，另外，由演算法開始，程式規劃、資料結構、數值和非數值應用的系列研討則構成了完整的使用計算機的討論；在橫的方面，本書中例如計算機應用的探討、計算機系統類別的闡述、各種週邊裝置的介紹、各種系統軟體程式的列舉等等，都儘量提供具備一般性的資料。藉着這些安排，本書除了揭櫫計算機有關的各種基本概念之外，也將為讀者建立繼續深入研究計算機科學的紮實基礎。

這本書適合大專院校兩學期的課程；如果課程只有一個學期的話，在教材的選擇上可簡讀第三章的數字系統，省略第四章邏輯電路和第七章 7-4 節以後較深入的討論，同時視需要擇取第九章的資料結構及第十、十一章的非數值和數值應用的介紹。此外，本書的一個特點是使用一種特別定義的「流程圖語言」討論程式規劃，如果在第六章開始後趁便配合一種實際程式語言（例如 BASIC、FORTRAN 或 PASCAL）

2 計算機概論

的介紹，並且使用之進行程式實習，將可收事半功倍的效果。

本書的完成付梓，首先要感謝三民書局編輯部諸先生在各方面的協助和配合（特別是對筆者屢次食言，延誤交稿時間的寬容）；其次，對費心、費力爲我謄稿的陶曼馨小姐和我的大姐、四姐及小弟也必須表示最誠摯的謝意；最後，我的雙親在這本書寫作期間給予我的關懷、體諒和鼓勵是本書得以完成的一大原動力，謹以此書表達我的敬意於萬一。

何 鈺 威

民國七十一年八月於臺北

計算機概論 目次

第一章 基本介紹

1-1 計算機和計算機科學.....	2
1-2 計算機的演進和發展過程.....	5
1-3 計算機的應用.....	21
1-3-1 計算機的能力特徵.....	21
1-3-2 計算機應用範疇.....	22
1-4 如何使用計算機.....	35
習題	42

第二章 演算法和流程圖語言

2-1 演算法.....	43
2-1-1 演算法的形貌與特性.....	45
2-1-2 演算法的分類.....	52
2-2 流程圖語言.....	55
2-2-1 流程圖的介紹.....	55
2-2-2 流程圖到計算機程式.....	65

2 計算機概論

習題	69
----	----

第三章 數字系統和計算機算術運算方法

3-1 數字系統	73
3-1-1 十進位數字系統	74
3-1-2 二進位數字系統和其它基底數字系統	79
3-1-3 不同基底數字系統間的轉換	85
3-2 計算機的二進位算術運算方式	97
3-2-1 二進位加運算	97
3-2-2 二進位減運算	98
3-2-3 二進位乘運算	104
3-2-4 二進位除運算	105
習題	106

第四章 邏輯原理和計算機硬體邏輯電路

4-1 布耳代數	110
4-1-1 布耳常數和變數	110
4-1-2 邏輯運算	111
4-1-3 真值表	115
4-1-4 布耳陳式	115
4-1-5 布耳函數	118
4-1-6 布耳代數定理以及布耳陳式的化簡	122
4-2 布耳代數到邏輯電路	130
4-2-1 邏輯閘和邏輯閘網路	130
4-2-2 布耳代數的應用——邏輯電路設計舉例	134

4-3 計算機組成元件.....	141
4-3-1 組合邏輯計算機元件.....	142
4-3-2 順序邏輯計算機元件.....	146
4-3-4 計算機的組成.....	158
習題.....	160

第五章 計算機結構及運作原理

5-1 計算機結構.....	163
5-1-1 記憶和資料的存取.....	165
5-1-2 中央處理單元和機器指令原理.....	175
5-1-3 輸入輸出單元.....	187
5-2 主記憶中資料儲存表示方式.....	198
5-2-1 數值資料的表示.....	199
5-2-2 文字資料的表示.....	207
5-3 程式規劃.....	211
5-3-1 控制指令.....	211
5-3-2 低階程式規劃.....	219
5-3-3 高階程式規劃.....	226
習題.....	230

第六章 程式規劃原理(一)

6-1 給值指述.....	236
6-2 資料類型.....	242
6-3 輸入輸出指述.....	250
6-4 基本程式邏輯的產生——抉擇指述.....	254

4 計算機概論

6-5 程式迴圈.....	263
6-6 列陣——基本程式資料結構.....	274
6-6-1 高維列陣.....	280
6-6-2 低階列陣處理.....	286
6-7 內設函數.....	288
習題.....	289

第七章 程式規劃原理(二)

7-1 計次迴圈.....	295
7-2 進一步的輸入輸出表示法.....	310
7-3 副程式.....	314
7-3-1 函數副程式.....	315
7-3-2 次常式副程式.....	323
7-4 主記憶中程式單元的資料儲存.....	338
7-4-1 局部資料和公共資料.....	338
7-4-2 定置儲存區和動態儲存區.....	343
7-5 參數的傳遞取用.....	348
7-6 遞迴副程式.....	362
習題.....	369

第八章 計算機系統

8-1 計算機軟體系統.....	377
8-1-1 系統軟體.....	378
8-1-2 應用軟體.....	382
8-2 計算機使用者的環境.....	383

8-2-1 整批處理方式	386
8-2-2 交談式處理方式	387
8-3 操作系統的功能及種類	389
8-4 計算機的輸入輸出及資料儲存裝置	394
8-4-1 主要輸入輸出裝置	396
8-4-2 主要儲存裝置	402
習題	412

第九章 資料結構

9-1 串資料	414
9-2 鏈結構	420
9-3 樹結構	430
9-3-1 二元樹	430
9-3-2 二元樹的循序取用	443
9-3-3 樹結構中的串鏈	450
9-4 樹結構的遞迴處理	452
9-5 圖結構	455
習題	467

第十章 非數值應用

10-1 緊要路徑分析	471
10-1-1 緊要路徑	472
10-1-2 圖結構的儲存	479
10-1-3 緊要路徑問題的資料結構	481
10-2 計算機遊戲——樹結構在決策進行上的應用	486

6 計算機概論

10-2-1 對抗性遊戲的分析.....	486
10-2-2 一般性樹結構的儲存.....	491
10-2-3 謎題求解的分析.....	494
10-3 算術陳式的自動編譯及求值——波蘭記法的應用.....	500
10-3-1 波蘭記法.....	500
10-3-2 波蘭陳式的計值.....	509
10-3-3 中置陳式至後置波蘭陳式間的轉換	513
習題.....	519

第十一章 數值應用

11-1 數值應用概論	523
11-2 序列方法	525
11-3 非線性方程式求解	528
11-3-1 Reguli Falsi 法	530
11-3-2 直弦法	534
11-3-3 牛頓法.....	535
11-4 線性方程組求解——高斯消去法.....	537
11-5 數值積分.....	544
11-5-1 梯形法.....	548
11-5-2 辛普森法.....	550
11-5-3 各種積分方法的比較.....	552
11-6 數值誤差.....	553
11-6-1 捨入誤差.....	554
11-6-2 截取誤差.....	555
11-6-3 誤差的擴大.....	556

習題.....	562
附錄一 二的乘方表	565
附錄二 各種字碼表	566
索引	569

第一章 基本介紹

通常人類某種科技成就效益的評估往往因為論點、角度的差異而導致不同的結論。然而，有一項評論因素卻是絕對必須考慮的，那就是所評估的科技在大眾日常生活上造成的衝擊。從這個角度看來，計算機的發明和使用無疑是人類近代最重要的科技成就；今日，計算機在社會各個層次所擔任的角色已經對人類的生活造成了較其它也具有實際重要性的尖端科技（如原子能）更為深遠的影響。即使在臺灣，計算機的應用也已經普遍到不勝枚舉的地步：例如電信局、水電機構使用計算機統計印製電話費和水電費帳單，一般商業公司行號使用計算機處理人事、會計、業務等資料，銀行、郵局使用計算機進行客戶儲金作業的管理，航空公司等傳輸機構有著電腦化的售票和訂位系統，有些圖書館開放了自動化的計算機書目索引查詢，大學及研究機關裏使用計算機進行科學、工程方面龐大而複雜的計算工作，軍事單位使用計算機控制的飛機、飛彈等新式武器，甚至一般家庭內都有了各種微電腦控制的家電用器。今日到處可以看到的電腦報表、打孔卡片及螢幕終端機讓我們無時無刻不感受到計算機已和現代人類建立了密切關係的這個事實。

2 計算機概論

計算機具的觀念可以上溯至多個世紀以前，而具有實用價值的計算機則最早在1940年左右出現在歐美。當時，一個操作員使用桌上型計算器（Desk calculator）可以在一天之內進行數千件計算工作；到了今日，計算機廠商推出的商業化計算機可以在一秒鐘之內完成超過百萬個的計算操作——也就是說，人類的計算能力在這段期間內增進了數千萬倍。這種高速的計算能力是人類近代科技突飛猛進主要的原因之一，沒有近代計算機的高速計算能力，人類不可能在1970年登上月球，太空梭飛行的夢想也無法在1981年實現。

第一章之中要介紹的是一些入門的概念，希望為讀者建立計算機大致的形象。以下的介紹包括計算機的外貌、功能，計算機的演進歷史，計算機目前的各種應用方向，以及使用計算機的方式和步驟等等。

1-1 計算機和計算機科學

計算機的原名“Computer”泛指各種幫助人類實現機械化資訊（Information）處理的機具。在這樣廣義的定義，中國的算盤，西方的計算尺都算是計算機的一種；但是今日計算機這個名詞都專指現代的電子數位計算機（Electronic digital computer）而言。「電子數位計算機」是我們通常所說的計算機的全名，另外常見的一些稱謂是電子計算機（Electronic computer），數位計算機（Digital computer），或是坊間俗稱的電腦（Electronic brain）。

日常為大家熟悉的計算器常常被混淆不分地稱為計算機（有些生產計算器的廠商就把他們的產品稱作計算機），實際上計算機的功能要比一般觀念中的桌上型計算器超出了太多，因此「計算機」、「計算器」這兩個名詞絕不能混為一談。一般桌上型計算器的使用者必須一步一步

地按鍵指揮計算器進行一件計算工作中的每一個運算，計算器因此只是一個沒有任何智慧的純粹計算「工具」；我們所要討論的計算機卻能夠接受並且記憶住長串的工作（Instruction），然後自己指揮自己逐步進行指令所指明的計算處理工作。計算機能夠記住並且自動遵行不論多長或多複雜的指令序列（只要使用計算機的人能夠設計出來），這是它和計算器最大的不同點。另外，傳統的計算器只能夠進行「數值性」的計算應用，計算機卻沒有這個限制，它可以幫你從圖書館大筆的書目資料中找出你要的書籍，它可以替你把冗長的客戶名單按照字母次序排好順序，它可以進行人類語言（如俄文至英文）的翻譯工作，它可以作為你下棋的對手，它能夠辨認人類手寫的文字……。這些「非數值性」的功能愈來愈成為計算機對人類最重要的服務項目。

數值計算機實際上只是近代電子計算機中的一類，相對於數值計算機的另一種計算機類型是**類比計算機**（Analog computer）。這樣的分類主要是按資訊在計算機中的存在形式而定的。類比計算機中以「連續」（Continuous）的電壓或電流的物理量表示資訊，也就是在表示範圍內任何資訊都要有相對的電流或電壓值代表之（例如3.14這個數值有它相對的電壓值，3.1416也有它相對的電壓值）；數位計算機中則僅存在「分立」（Discrete）的兩種電壓狀態（通常是零伏特和五伏特），而以這兩種電壓狀態分別代表0和1之後將資訊值利用「二進位數字」表示在計算機內。此外，還有一類計算機稱作**混型計算機**（Hybrid computer），顧名思義，這是類比及數位兩種計算機的混合型。類比計算機和混型計算機是特殊用途的計算機（大多用在控制工程方面），今日在使用中的計算機絕大多數都是數位計算機，「計算機科學」所討論的也是數位計算機，此後我們所談的計算機都是指「數值」計算機而言。

今日的數位計算機可以簡單的描述為一個具有超高速資訊處理（例

4 計算機概論

如計算、計數、比較等）能力，同時具有大量資料記憶儲存能力的電子機器。計算機能夠有每秒百萬個數學運算的速度是因為資料（Data）在其中既然是以電壓或電流的形式存在，那麼一切資料的處理運作就只是電壓狀態的改變或是電流的流動，因此能夠達到和電流一般快速的計算速度；大量的資料儲存能力（以百萬英文字符號為單位）則是有效的使用電磁原理和近代突破性的「大型積體電路」（VLSI）技術的結果。往後的章節將有完整的介紹。

計算機科學

計算機科學（Computer science）是一門始自 1960 年左右、包括思考性卻也有著行為意義的學問。本質上而言，計算機科學應該屬於應用科學的範疇，因為它築基在許多其它的學問，例如數位電子學（Digital electronics）、數學、邏輯學（Logic）、數學規劃（Mathematical programming）、數值分析（Numerical analysis）等等之上；另外，計算機科學自身也出現了許多新穎、同時仍在迅速發展之中的理論。這些特性使得我們很難為「計算機科學」設下明確的定義和界定，下面是筆者認為比較能夠表示計算機科學涵義的一個定義*：

計算機科學是一門研究數位計算機上的作業規劃（Programming）原理以及如何使用數位計算機進行資訊的表示、處理以解決實際問題的學問。

「作業規劃」一詞的原義是指如何將一羣相關而複雜的操作組織成正確、有效的處理程序；計算機科學上的作業規劃則意謂如何為計算機規劃出正確而有效的操作程序以完成所需要的處理成果。這個操作程序對

* 參見美國 Bell & Howell Company 出版，M. S. Carberry 等所著之“General Computer Science”一書第二頁。

計算機而言是一組它能夠接受並且執行的指令，稱作程式 (Program)。因此，計算機上的作業規劃稱作「程式規劃」或更正式的稱作**計算機程式規劃** (Computer programming)。從上面的定義我們可以概括的說，計算機科學的主題是資訊表示以及程式規劃原理的討論，而計算機科學的目的則是資訊的處理或是其它類型的問題求解。對一個初學者而言，可採取的計算機科學研讀程序是：首先由計算機本身有關原理，包括計算機的結構、邏輯原理、數字系統原理的研讀開始；其次接以計算機程式規劃原理的探討，因為程式規劃不但是計算機科學的主題之一，也是更深入討論這門學問必備的基礎知識；最後可開始討論計算機和外界的關係，也就是計算機在現實世界中各種應用的問題，或是計算機系統本身存在的更深入題目。本書往後各章將按照這個計劃為讀者提供一個導引性、基礎性的計算機科學之討論與研究。

1-2 計算機的演進和發展過程

現代計算機的出現是在五〇年代晚期。在此之前，西方歷史上有著許多對計算機誕生有直接、間接影響的發明成果，其中最具代表性的是巴比吉的「差動機器」和「解析機器」、布耳的邏輯代數、哈雷利斯的打洞卡片以及愛肯的 MARK I 計算器。

西元 1812 年，英國劍橋大學數學教授查爾斯·巴比吉 (Charles Babbage) 爲了三角函數表和對數函數表的計算發明了差動機器 (Difference engine)，這個計算機械可以自動進行一連串固定的計算步驟而產生出三角函數值和對數值。到了 1833 年，巴比吉又設計了「解析機器」 (Analytical engine)，這個機器內部包含有資料儲存單元，可以儲存以打洞卡片輸入的計算「指令」和「資料」，也就是說不同的計算