

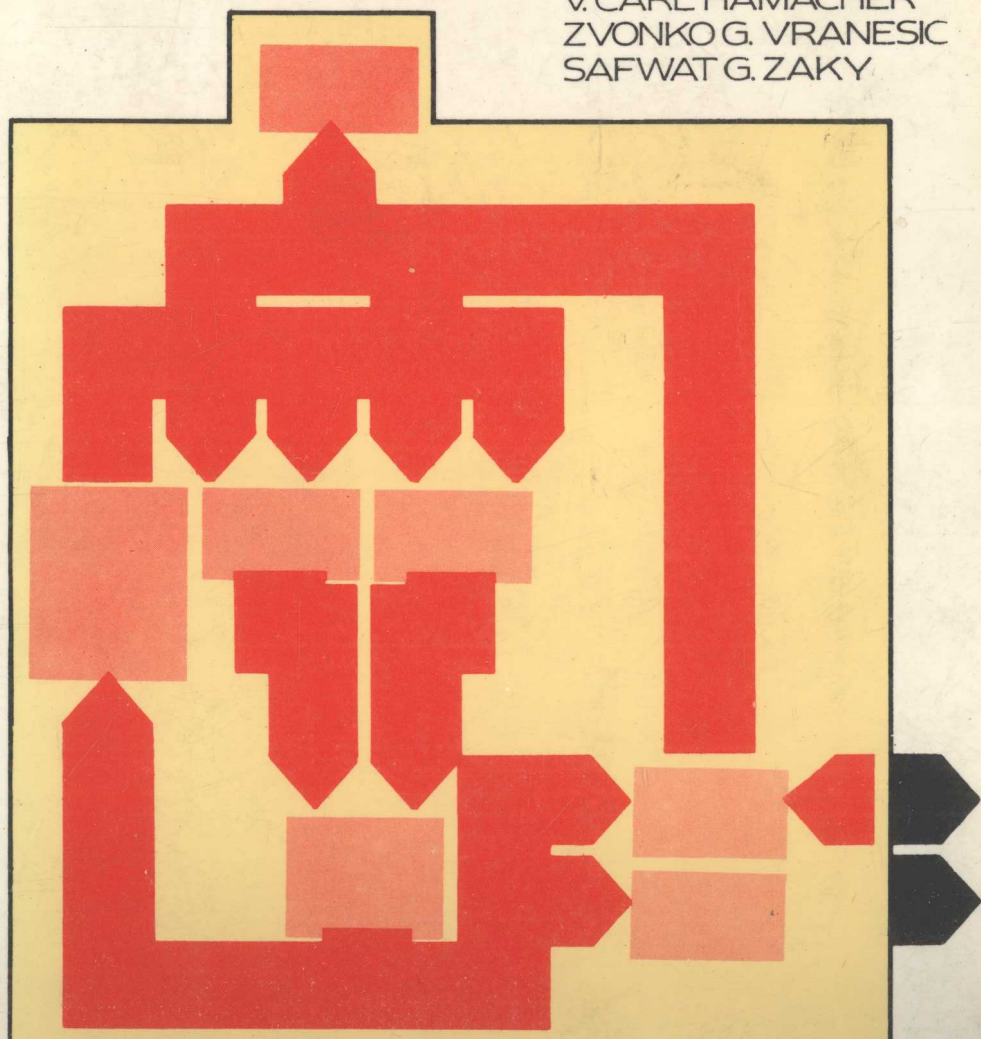
計算機結構

COMPUTER ORGANIZATION

趙子明 譯

SECOND EDITION

V. CARL HAMACHER
ZVONKO G. VRANESIC
SAFWAT G. ZAKY



計算機結構

趙子明 譯

儒林圖書公司 印行

版權所有
翻印必究

計 算 機 結 構

譯 者：趙 子 明

發行人：楊 鏡 秋

出版者：儒 林 圖 書 有 限 公 司

地 址：台北市重慶南路一段111號

電 話：3812302 3110883 3140111

郵政劃撥：0106792-1號

吉豐印刷廠有限公司承印

板橋市三民路二段正隆巷46弄7號

行政院新聞局局版台業字第1492號

中華民國七十三年十一月初版

定價新台幣 220 元正

序

本書譯自 Computer Organization (Hamacher 等合著) 二版，原書二版比一版增加約 100 頁，許多資料已更新，並增加新的教材。

原書中筆者認為應該改正的部份，包括原書 P.270 第 3 列的 +64 (改為 +63)，P.274 第 1 列的 $0.b_{\frac{1}{4}} b_{-2} 0$ (改為 $0.b_{-1} b_{-2} 0$)，P.321 第 2 列的 two (改為 three)，P.422 倒數第 2 列的 Fig 11.2 (改為 Fig 11.10)，P.490 問題 12.12(a) 的 16 (改為 15) 以及 P.555 第 4 列遺漏 $d(A_n)$ ，謹在此提出供讀者參考並請指正。

趙 子 明
1984

目 錄

第一章 電腦的基本結構	1
1.1 功能單元	1
1.2 基本作業概念	10
1.3 匯流排結構	12
1.4 分散式處理	15
1.5 結語	15
第二章 定址方法與低階程式之程序	17
2.1 記憶位置、位址與資料譯碼	17
2.2 主記憶作業	20
2.3 指令格式與程序	21
2.4 定址模式	29
2.5 PDP-11 型電腦的定址模式與指令	33
2.6 簡單的輸入和輸出之程式設計	53
2.7 堆疊	58
2.8 副常式	61
2.9 結語	69
2.10 問題	70
2.11 參考文獻	80
第三章 指令集	81
3.1 PDP-11	82
3.2 字組長度的限制問題	85

3.3	高階語言所牽涉的問題	86
3.4	VAX-11	89
3.5	IBM 370	106
3.6	HP 3000	110
3.7	結語	120
3.8	問題	121
第四章	處理單元	125
4.1	某些基本概念	125
4.2	執行一個完整的指令	137
4.3	控制信號的程序	139
4.4	結語	149
4.5	問題	149
第五章	微程式控制	157
5.1	微指令	157
5.2	控制信號的分類	159
5.3	微程式的程序	162
5.4	微指令裏包含下一位址欄	168
5.5	預先取出微指令	170
5.6	模倣	172
5.7	位元分割	174
5.8	結語	178
5.9	問題	179
第六章	輸入-輸出結構	183
6.1	週邊設備的定址	184
6.2	資料傳送	185
6.3	同步	188

6.4	中斷處理	191
6.5	界面	202
6.6	標準輸出入界面	215
6.7	輸出入通道	227
6.8	結語	238
6.9	問題	238
6.10	參考文獻	245
第七章	算術運算	247
7.1	數字的表示	248
7.2	正數的加法運算	249
7.3	快速加法器的邏輯設計	252
7.4	正數和負數的加減法運算	255
7.5	算術運算和分支條件	259
7.6	正數的乘法運算	261
7.7	帶符號數的乘法運算	265
7.8	快速乘法運算	268
7.9	整數的除法運算	273
7.10	浮點數的運算	276
7.11	結語	287
7.12	問題	287
7.13	參考文獻	296
第八章	主記憶	297
8.1	某些基本概念	297
8.2	半導體RAM 記憶	300
8.3	記憶系統的考慮事項	306
8.4	半導體ROM 記憶	310
8.5	多單元記憶和交插	312

8.6	隱藏記憶	313
8.7	虛擬記憶	320
8.8	記憶管理之需求	322
8.9	VAX-11 虛擬記憶系統	323
8.10	記憶管理硬體	330
8.11	結語	330
8.12	問題	331
8.13	參考文獻	336
第九章	週邊設備和工作站	339
9.1	輸出入設備	339
9.2	線上儲存	354
9.3	個人電腦 (PC)	369
9.4	工程工作站	370
9.5	結語	371
9.6	問題	372
9.7	參考文獻	375
第十章	軟體	377
10.1	程式語言與翻譯程式	378
10.2	載入程式	380
10.3	連結程式	381
10.4	作業系統	385
10.5	結語	396
10.6	問題	396
10.7	參考文獻	399
第十一章	微處理機	401
11.1	微處理機的相關元件	402

11.2	M6800 微處理機	407
11.3	M6809 微處理機	416
11.4	微處理機系統的輸出入	430
11.5	M68000 微處理機	441
11.6	Intel 8085 微處理機	451
11.7	單晶片微電腦	458
11.8	微處理機的應用	459
11.9	結語	460
11.10	問題	461
11.11	參考文獻	464
第十二章	電腦通訊	465
12.1	遠地終端機的通訊	466
12.2	錯誤控制	473
12.3	多終端機的結構	480
12.4	線路和訊息交換	493
12.5	區域網路	498
12.6	結語	502
12.7	問題	502
12.8	參考文獻	506
附錄A	邏輯線路	509
A.1	基本邏輯函數	509
A.2	以AND、OR和NOT 閘所組成的邏輯函數	512
A.3	邏輯式的簡化	514
A.4	反及 (NAND) 和反或 (NOR) 閘	520
A.5	邏輯閘在實際應用上的有關問題	524
A.6	正反器	535
A.7	暫存器	545

A.8 移位暫存器	545
A.9 計數器	546
A.10 解碼器	548
A.11 多工器	549
A.12 可程式化邏輯陣列(PLA)	552
A.13 結語	554
A.14 問題	555
A.15 參考文獻	562
附錄B PDP-11小型電腦的指令集	563
附錄C Motorola 68000微處理機指令集	571
附錄D 字元碼和數字轉換	589
D.1 字元碼	589
D.2 十進位轉為二進位	592
書目	595
專有名詞對照表	597

第一章

電腦的基本結構

本章要介紹一些電腦基本概念和術語，但僅限於基本特性的概述，往後各章會詳細逐項討論。

數位電腦 (digital computer) 或簡稱電腦 (computer) 的含意，對於大多數人而言，或許想當然耳，但却往往認識不清。簡言之，一部現代的電腦係一種快速的電子計算機器，接收數位形式的資料後，按照預存在記憶 (memory) 裡的程式 (program) 的設定之流程來處理，並輸出結果。

§ 1.1 功能單元

電腦的種類和機型繁多，體積、速度和價格各異，因等級不同，其稱呼也有差別，較小型者稱為小型電腦 (minicomputer)，其價格、體積和處理能力正如其名所示。在 1970 年代早期，推出了微型電腦 (micro-computer)，價格低廉，體積也很小，其主要的線路均製成超大型積體電路 (VLSI, Very Large Scale Integrated-circuit)。

大型電腦 (large computer 或 mainframe) 與前述的小型和微型電腦，不論在體積、處理能力、價格以及線路結構的複雜性等均迥然不同。不過，各種等級電腦的基本概念則略同，其設計所秉持的觀念介紹於後。

一部電腦可分成五個在功能上互相獨立的單元：輸入（input）、記憶（memory）、算術和邏輯（arithmetic and logic）、輸出（output）以及控制（control）單元，如圖 1.1 所示。輸入單元經由

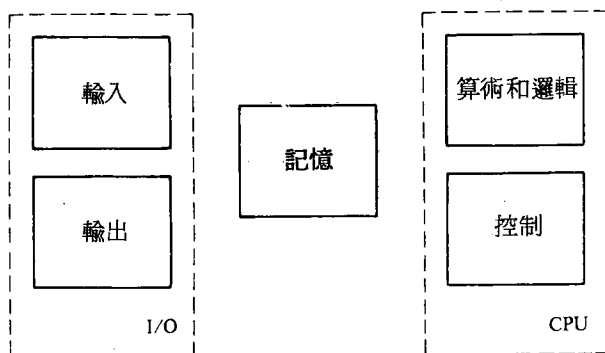


圖 1.1 電腦的基本功能單元

操作員按鍵、電子機械設備或經由通訊線路所連接的另一電腦，獲取經過編碼的資料，該資料可能暫存在記憶單元裡備用，或者直接提供給算術邏輯單元處理，其處理步驟則依照程式所預定的流程來進行，處理後的結果再經由輸出設備送出。前述的各項作業都要由控制單元來協調。圖 1.1 裡並未標出各個單元之間的連接關係，其間自然有各種連接方式，往後各章裡會陸續再討論。在後面介紹基本原理時，雖然常以獨一的電腦為例來說明，但在目前的電腦系統裡，往往利用通訊網路把數部電腦連成一個大系統，所謂分散式（distributed）的應用便是這種結構。

一般把算術邏輯單元和控制單元合稱為中央處理單元（CPU, **Central Processing Unit**）或簡稱處理器（**Processor**），所謂中央，是因為大多數的控制功能都集中在該單元裡，目前的電腦系統裡，常包括數套處理器，各賦予某一特定的功能。輸入和輸出設備通常合稱為輸出入單元（I/O, **Input-Output Unit**）。事實上，有些設備更可兼作輸入和輸出之用，例如螢光幕終端機（CRT terminal）之鍵盤部份用來輸入資料；而螢光幕部份便是作為輸出之用。縱然一機兩用，其輸入和輸出結構則完全獨立，

在操作員的感覺上，屬於同一設備的不同部份，但就電腦本身而言，則為兩套設備。

大型電腦系統的外觀，大都會有一些分開擺放的大型設備，如圖 1.2 小型和微型電腦的外觀則顯然有別，往往可擺在桌上。就算較複雜的小型電腦，如圖 1.3 所示，比起大型電腦，還是小巫見大巫。

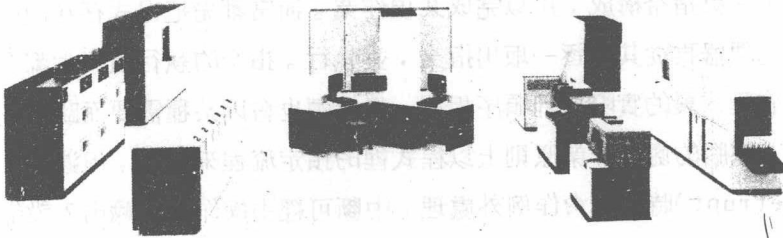


圖 1.2 典型的大型電腦之例——IBM S370/3031

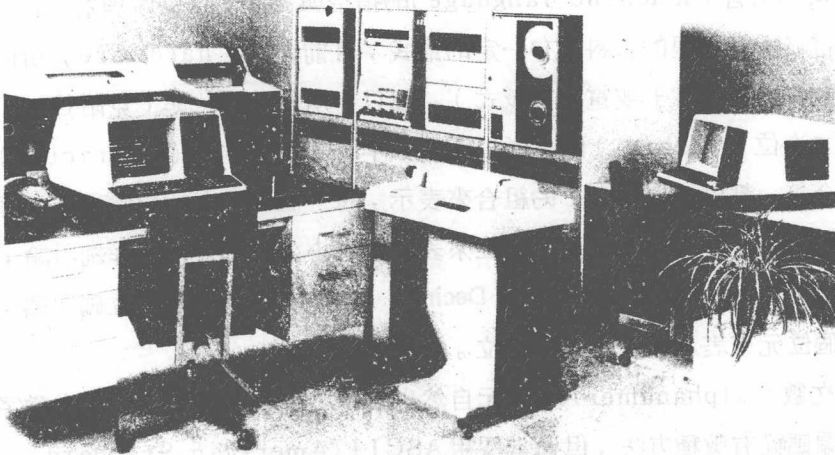


圖 1.3 小型電腦系統之例 (DEC 公司產品)

接著要進一步討論送入電腦的資料之性質，為方便起見，分為兩類：指令（ **instruction** ）和數據（ **data** ）。指令的作用為：

- 指揮電腦內部資料的傳送，以及資料的輸出入。
- 指定算術和邏輯運算之類別。

程式便是由一組指令構成，用以完成某項作業。通常都先把程式存在記憶單元裏，處理器再從其中逐一取出指令，並執行。指令的執行順序大都與各個指令在程式裏的實際排列順序相同，但偶爾也會因某種需要而跳開正常的順序。電腦的處理作業原則上以程式裡的預定流程來進行，但遇有中斷（ **interrupt** ）時，則會作例外處理。中斷可經由操作員或輸出入設備去設定。

數據係數字或文字等資料，供指令在處理時，作為運算元之用。但這種解釋並非一成不變的，事實上，任何數位資料都可以當作數據。以前述之說明為例，如以某一程式來處理另一個程式，則後者便成為數據了。編譯（ **compile** ）便是一例，高階語言（ **high-level language** ）的原始程式（ **source program** ）作為編譯程式（ **compiler** ）的數據，處理後再轉為機器語言（ **machine language** ）的指令與數據，以供處理器執行。

電腦所能處理的資料，有一定的形式，目前硬體（ **hardware** ）所使用的數位線路（電子或電子機械式），都只有兩種輸出狀態（見附錄A），此即二進位（ **binary** ）碼。所以任何數字、某一串字元（ **character** ）或指令等，都以一串0與1的組合來表示，每一個0或1的位置稱為一個位元（ **bit** ）。數字資料常以二進位來表示其大小，第七章會再詳細討論，偶爾也使用BCD（ **Binary Coded Decimal** ，二進位編十進位碼）碼，以四個位元來表示一個十進位數位。

文數（ **alphanumeric** ）字元自然也要以二進位形式來表示。文數字元的編碼雖有數種方法，但通常採用ASCII（**American Standard Code for Information Interchange**，美國標準資訊交換碼）碼和EBCDIC（**Extended Binary Coded Decimal Interchange Code**，

延伸 BCD 碼) 碼。前者以七個位元來存放一個字元；後者以八個位元來存放。詳見附錄 D。

輸入單元

電腦經由輸入單元以獲取編碼過的資料。輸入單元必須有一個讀入的設備，以螢光幕終端機的鍵盤為例，按下任何一個鍵時，該鍵所對應的碼值會經由轉換線路自動產生，並送入記憶單元或處理器，圖 1.4 即為螢光幕終端機。

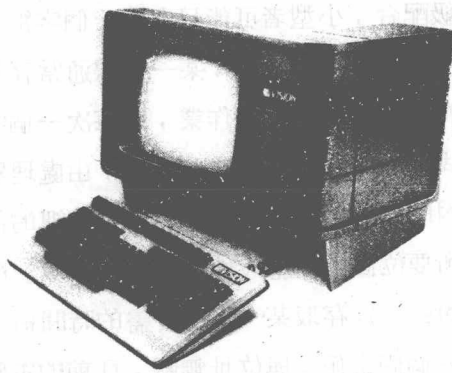


圖 1.4 螢光幕終端機之例

輸入設備的種類很多，諸如光筆 (light pen)、搖桿 (joystick) 和軌跡球 (trackball) 等，與螢光幕終端機配合使用的繪圖設備也包括在內。第九章會詳細討論輸入設備的作業。

記憶單元

用以儲存程式和數據。記憶設備同樣也有許多種類，在此分主記憶 (main memory 或 primary storage) 和輔助記憶 (secondary storage) 兩類來說明。

主記憶係屬於快速作業之記憶設備，程式在執行時都存於該種記憶設備裡，半導體（semiconductor）記憶元件便常作為主記憶之用。每一個小單元的半導體記憶線路構成一個位元，實際應用時，並不以位元為單位來讀出或寫入資料，而是把數個位元併成一個記憶單位，稱作字組（word），並以字組作為基本的處理單位。

為了要在主記憶裡指定所要的字組，每個字組必須有獨一的名稱，稱為位址（address），一般按照字組的排列順序逐一編號。指定好位址，並發出控制命令後，便可開始存入或取出資料了。

每一個字組的位元數稱為字組長度。大型電腦的字組長度一般在 32 個位元或以上，小型和微型電腦則在 8 至 32 個位元之間。主記憶之儲存容量大都與電腦等級配合，小型者可能只有數千個字組，而大型者通常具有數百萬個字組的容量。在處理器裡，某一數據通常存於一個或數個字組裡。典型的主記憶存取（access）作業，以每次一個字組為原則。

前已提過，程式在執行時係存於主記憶裡，由處理器來控制指令和數據的讀出或寫入，因此必須要儘快能夠存取主記憶裡的任一位置。只要指定位址，便能到達所要位置的記憶設備稱為隨機存取記憶（RAM, Random Access Memory），存取某一字組所需的時間稱為存取時間（access time），係一個固定值，與位址無關。目前的電腦，存取時間在 100 至 500 奈秒（ns, $1\text{ns} = 10^{-9}$ 秒）的範圍裡。

主記憶雖然重要，但價格昂貴，所以當有大量資料要儲存時，便可利用較低廉的輔助記憶來配合使用，特別是一些不經常使用的資料可放於輔助記憶裡，待要用時，再移入記憶裡，典型的輔助記憶設備為磁碟（magnetic disk）、磁鼓（magnetic drum）和磁帶（magnetic tape）。圖 1.5 和 1.6 為磁碟和磁帶機之圖例。

第八章裡會再詳細介紹主記憶元件之種類與用途。至於輔助記憶設備則在第九章裡再討論。

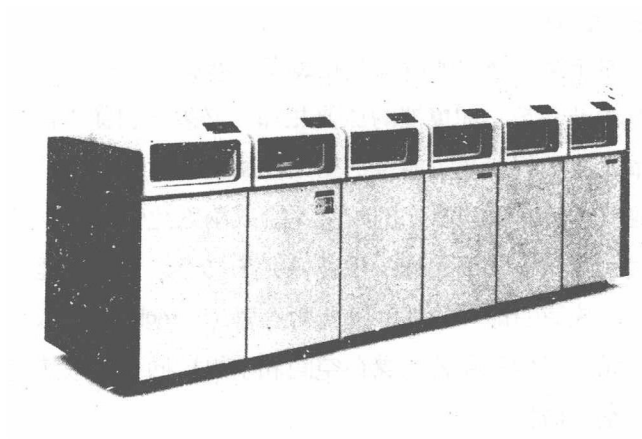


圖 1.5 整排的磁碟機之圖例 (IBM 公司產品)

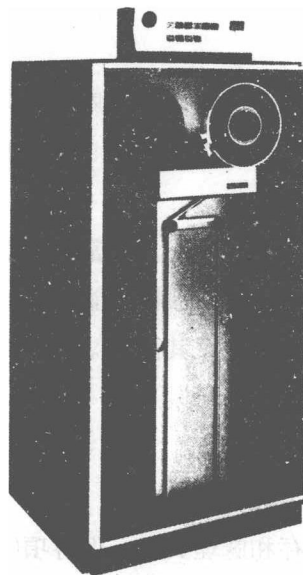


圖 1.6 磁帶機之例 (IBM 公司產品)