

教育部七十四年審定

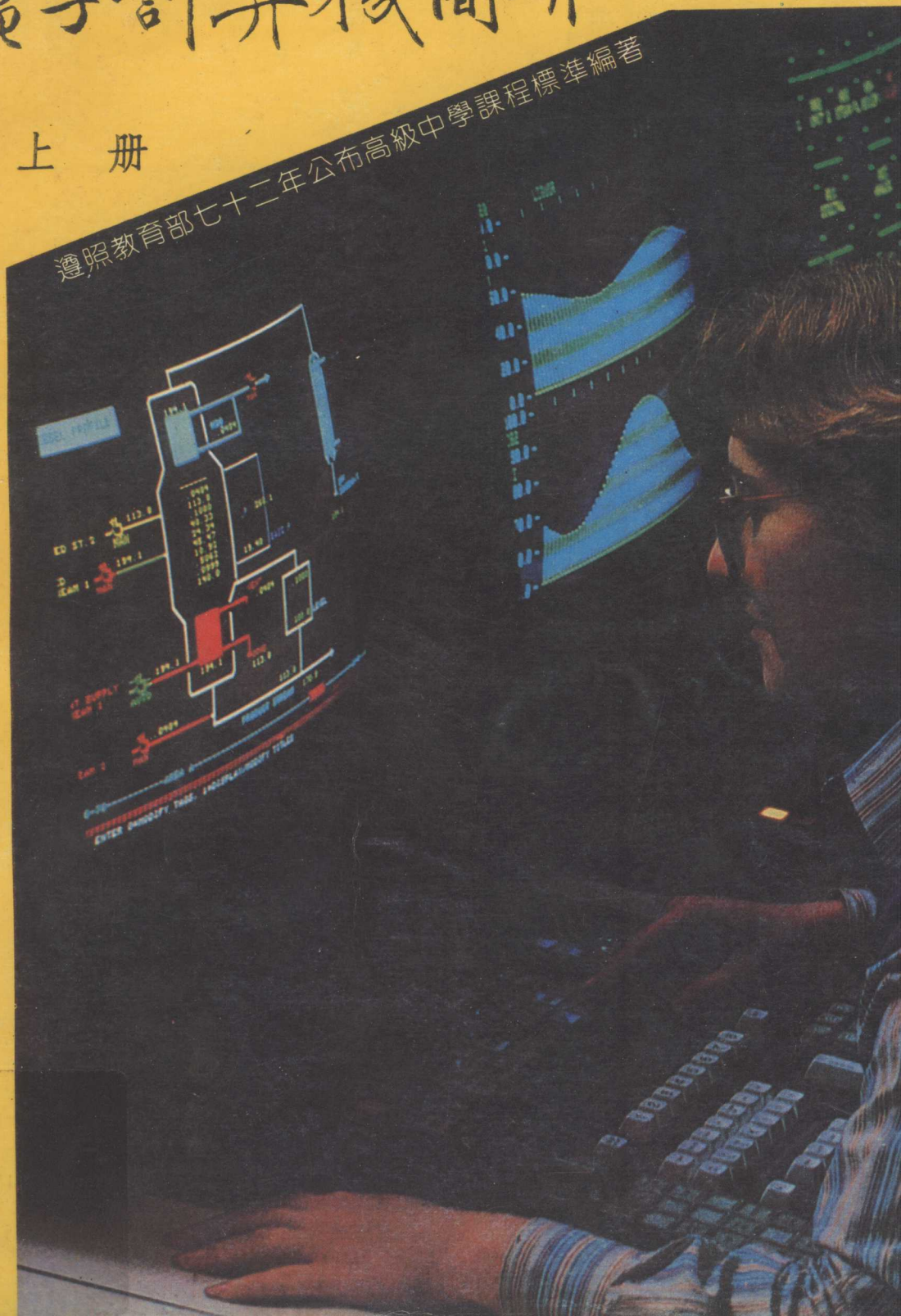
高級中學

電子計算機簡介

編著者 李 學 養

上 冊

遵照教育部七十二年公布高級中學課程標準編著



東華書局

G633.6
8810
1

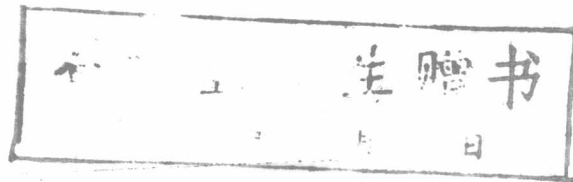
S 017399

電子計算機簡介

上 冊

著 者

李 學 養



S9000262

東華書局印行

編輯要旨

- 一、本書係根據教育部於民國七十二年七月公布之高級中學選修科目「電子計算機簡介」課程標準編輯而成。
- 二、電子計算機簡介的教學目標如下：
 1. 使學生了解電子計算機的功能、限制、應用及其對社會的影響。
 2. 使學生了解電子計算機的基本原理，奠定進一步研習的基礎。
 3. 培養學生設計程式的基本技能，及運用計算機處理資料的能力。
- 三、本書分上下兩冊，供高級中學第二學年或第三學年教學一年之用。
- 四、電子計算機教材除教科書外，另編有「電子計算機實驗」與課本密切配合，以收講習與實驗並重之效。
- 五、本書上下兩冊均有「教學指引」，作為授課教師參考之用。
- 六、全書以淺顯之語體文編寫，並以初學者為施教對象，極力避免艱深繁雜之內容，使學生容易了解，以培養其學習興趣與信心。
- 七、本書所用名詞採用教育部七十二年二月公布之電子計算機名詞。
- 八、本書雖力求完善，但因個人教學研究工作繁重，恐有疏漏之處，尚祈方家及授課教師惠予斧正，以便再版時修訂。

編者謹識

民國七十四年二月於

(美國IBM研究中心)

國立台灣大學

資訊工程研究所

上册目錄

第一章 計算機的演進	1~14
1.1 計算機是什麼？	1
1.2 計算工具的演進	5
1.3 計算機的演進	6
習題	14
第二章 計算機的硬體和軟體	15~30
2.1 中央處理單位	15
2.2 周邊設備	16
2.3 軟體簡介	25
2.4 微計算機系統	26
習題	30
第三章 數字系統	31~43
3.1 十進數字系統	31
3.2 二進數字系統	32
3.3 八進數字系統	35
3.4 十六進數字系統	38
3.5 四則運算	40
習題	42

第四章 資料表示法44~56

4.1 資料的儲存單位	44
4.2 整數和補數	45
4.3 浮點數的表示法	49
4.4 文數字符號資料表示法	53
習題	55

第五章 程式概念57~70

5.1 培基程式簡介	57
5.2 程式的執行	58
5.3 程式的除錯和修改	60
5.4 演算法和流程圖	63
5.5 程式設計的程序	67
習題	70

第六章 培基程式規畫 (一)71~95

6.1 常數、變數和陳式	71
6.2 基本敘述	73
6.3 迴路敘述	81
6.4 程式規畫體裁	88
習題	92

第七章 培基程式規畫 (二) 96~124

7.1 資料敘述	96
7.2 函數	100
7.3 副程式	107
7.4 下標變數和陣列	115
習題	120

附錄：	125~130
附錄甲 ASCII 碼	125
附錄乙 培养基摘要	128
索引	131~133

第一章 計算機的演進

現代化社會的生活依賴計算機的程度越來越深，舉凡領薪水、提存款、開支票、打電話等等都要用到計算機。無論在商業、科學、通信、工業、醫療、氣象或軍事上，都需要使用計算機。現代化的國民必須具備使用語文的能力，也越來越感覺到具備使用計算機的基本知識的需要。本章概略介紹計算機，計算機對社會的影響，以及計算機的發展演進情形。

1.1 計算機是什麼？

計算機是接受資料，加以處理，並產生資訊的機器。所接受的資料，稱為輸入，可以是數字、文字、符號或甚至聲音等。所謂處理，指計算機依照特定的一系列指令對資料實行運算。運算的結果就是資訊，即計算機的輸出。這些行動可以簡單地用圖 1.1 表示。

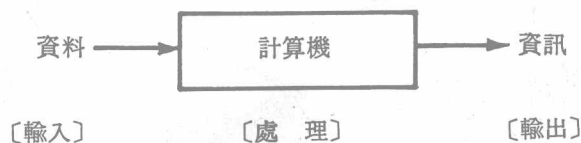


圖 1.1 計算機的基本功能

資訊指經過處理的有意義而有用的資料。所謂資料處理，指的是獲得資訊所實行的一組運算。電子資訊處理即是使用電子設備，如電子計算機，產生資訊。

計算機系統：圖 1.1 中的計算機好像只是一種設備，實際上可以由許多單位或設備組成，稱為計算機系統。圖 1.2 即為一典型的計算機系統。這些設備依功能可分成三類：輸入、處理和輸出單位。



圖 1.2 典型的計算機中心包含計算機系統的處理器單位以及所用的輸入／輸出設備，圖中所示的計算機操作員正在監視，並且應付計算機系統所提出的要求。

輸入單位：閱讀輸入資料。計算機可以接受多種形式的輸入，如穿孔卡片、磁帶、或字鍵等等。每種輸入形式都需要使用專用的輸入設備閱讀，並且把資料傳送到處理單位。例如，上述輸入形式需要使用讀卡機、磁帶機或鍵盤。通常計算機系統可以接有幾種不同的輸入設備，甚至幾部讀卡機、許多鍵盤和磁帶機也不是不常見的。這完全要看實際需求而定。

處理單位：計算機系統的處理單位通常只有一個，稱為**中央處理單位**，簡稱 CPU。CPU 控制輸入資料的閱讀、儲存必需用到的資料、實行資料之運算以及控制輸出資訊之產生。

輸出單位：產生輸出資訊。計算機同樣可以產生多種形式的輸出，例如印字報表、穿孔卡片、磁帶、或螢光幕。每種輸出形式也都需要使用專用設備，如印字機、穿卡機、磁帶機、或螢光幕顯示器（或稱陰極射線管顯示器，簡稱 CRT）。

內儲程式

計算機要接到指令才執行運算。程式就是使計算機可以閱讀輸入資料、處理資料、並產生輸出資訊的一組指令。程式必須先送入 CPU，計算機才能依照程式中各項指令的指示處理資料。這就是計算機內儲程式的觀念。因此圖 1.1 可以修改成圖 1.3。計算器也具備計算能力，但是沒有內儲程式的能力，這是和計算機主要不同處。

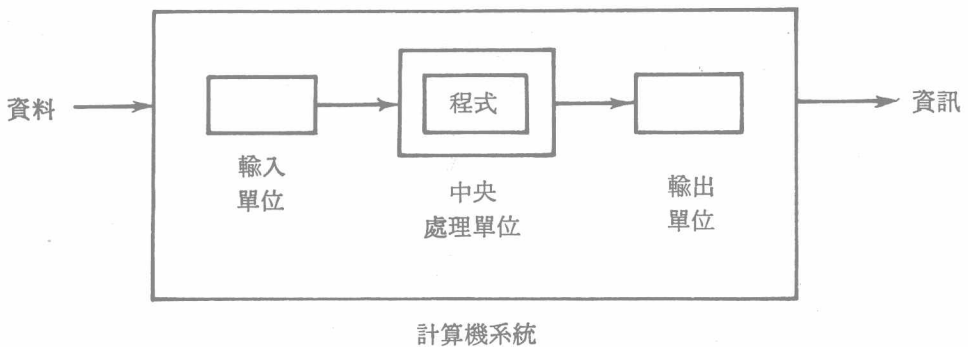


圖 1.3 內儲程式計算機的基本結構

計算機的種類

計算機依其用途可概略分為通用和專用二種。通用計算機適用的用途範圍廣泛，不同的用途使用不同的程式。針對不同用途，設計並實現適用的程式，稱為程式規畫。專用計算機則是針對一組特定的功能而設計的，例如飛機的自動飛航控制、飛彈導航等等所使用的計算機，即屬於這一類。

計算機依其 CPU 所用裝置的種類是數位式、類比式或兩者都用而分別稱為數位、類比或混合式計算機。數位裝置測量並表示可以用有限數字表示的量，而類比裝置則是處理連續形式的資料。例如，數位手錶用數字表示時間，而普通手錶則用指針的位置表示。一般所稱的計算機，通常指的是電子數位計算機。

計算機的重要特性

計算機具有許多特性，適當加以運用會非常有用。重要的特性如下：

1. **題向語言。**題向語言允許用者給計算機下達指令時使用解決問題所用的語言，而不必使用機器所用的語言。這使得各行各業不必靠寫程式的專業人員即可使用計算機。最簡單而廣泛使用的就是培基語言（將在第五章介紹）。此外，還有適用於各種特殊應用的語言，例如設計電路所用的語言 ECAP。
2. **功能多。**通用計算機真正是具備多種功能的設備，經由程式，可以很快建立解決各種問題的處理方式。而且可以很快隨著問題的發展而修正。
3. **準確性。**計算機的準確性可以達到十位有效數字以上。通常大多數類比設備最多只能達到二位有效數字。
4. **自動化。**內儲程式的觀念使得計算機有能力規定一連串的工作，而不必人類的介入即可完成這些工作。而且可以隨應用需要的改變，隨時調整工作或工作程序。
5. **速度。**計算機的處理速度極快，執行一個基本運算（例如加法）所需時間，從微算機的幾個微秒（微秒為百萬分之一秒）到大型計算機的80毫微秒（毫微秒，即十億之一秒）或更少。

6. **大的記憶容量。**計算機的主記憶器容量由幾萬數元組到幾百萬數元組。副記憶器容量更大，由幾百萬數元組到幾十億數元組。
7. **容易通訊。**計算機可以經由電話線、磁帶、磁片、卡片等媒體，很容易接送程式和資料，而且花費不多。尤其程式語言（如培基）的發展，使得程式可以在不同的機型上使用。
8. **模擬。**計算機可以用以模擬任何可用數量描述的過程。模擬技術在生物學、經濟學、工程學上的應用很成功。這些工作由於成本和所需時間的關係，不用計算機是無法模擬試驗的。

計算機的能力限度

1. **計算機需要程式：**計算機必須有程式才能做事，而程式是由人設計的。因此計算機的好處不在於它能做人所不能做的工作，而是在於它做事又快又準、彈性也大。有些應用，例如太空計畫，需要在有限時間內很準確地計算大量資料，這就要用到計算機。
2. **計算機也會犯錯誤？**計算機必須有正確的程式和輸入，才能準確地處理資料。當然有許多例子，由於計算機的錯誤導致用者很大的麻煩。但是這種錯誤很少是機器故障所引起，大多數是人為錯誤。人為錯誤主要是輸入資料有錯誤或程式有錯。
3. **計算機會做決定？**許多工作需要判斷、經驗、直覺、甚至感情。計算機在這方面的能力比較有限。很難命令計算機模倣這些感覺。另一方面計算機憑其速度和準確度，很適合於整理並提供許多可行方案，供決策者參考。
4. **人做最後決定：**不能完全由計算機做最後決定。計算機只是工具，仍需要好好管理。因此計算機提供的結果必須由人來核對；也要由人來做最後的決定。

1.2 計算工具的演進

人類最早使用的計算工具之一是算盤，可以做加、減、乘和除的計算。目前還在使用。公元1642年法國的巴斯卡發明了加法器（見圖1.4）。1671年

德國的雷布尼茲設計了加、減、乘和除算的計算器。1801年法國的傑夸德發明自動織布機，用穿孔卡片控制，能織出複雜的圖案。

1820年英國的巴貝發明並建造一部差分機雛型（圖1.5），以蒸氣為動力，依既定的程序推動齒輪，自動地快速而準確地算出天文用的數字表。1822年開始建造實用型，進度緩慢，始終未完工。實際上後來巴貝專注於思考另一有力的計算機，稱為分析機（見圖1.6）。此機使用二種卡片：運算卡指明要實行的功能，和變數卡標明實際資料。使用卡片的想法是借自傑夸德的自動織布機。使用現有裝置於完全不同的應用，在發明上是很常見的。

1884年美國的何樂里發展出列表機和分卡機（圖1.7），並使用穿孔卡片代表數值做為輸入。其發明乃是基於實際需要。美國憲法規定，每十年進行人口普查一次。早期都是以人力完成。十九世紀以後，美國人口劇增，以人力從事人口普查，耗時費力而錯誤又多。1880年的人口普查就達六、七年之久。1890年的人口普查採用卡片處理機，在二年內就完成了。直到今天，使用卡片的觀念，在資料處理業上仍然是很重要。何氏設計的卡片格式（圖1.8）以及代表資料的穿孔碼，稱為何氏碼，目前仍然在使用。何樂里在1886年設立列表機公司，1911年賣給計算列表記錄公司，1924年改名為萬國商業機器公司，簡稱 IBM。

1.3 計算機的演進

計算機的發展正如大多數科技革命時期的情形，並不是單獨一個人的想法或一項研究計畫的結果，而是有許多計畫在並行發展。

機電計算機

公元1937年美國哈佛大學的艾肯開始有使用繼電器（用電流大小控制線路的開或關）建造機電式計算機的想法。隔年得到 IBM 公司的支持，於1944年建造完成，裝設在哈佛大學內，稱為 MARK-I。這部計算機的設計有許多想法和一百年前巴貝的分析機相同。此機能在 0.3 秒完成加法或減法運算，乘法平均費時 4 秒，而除法要16秒。這部計算機工作了十五年，直到

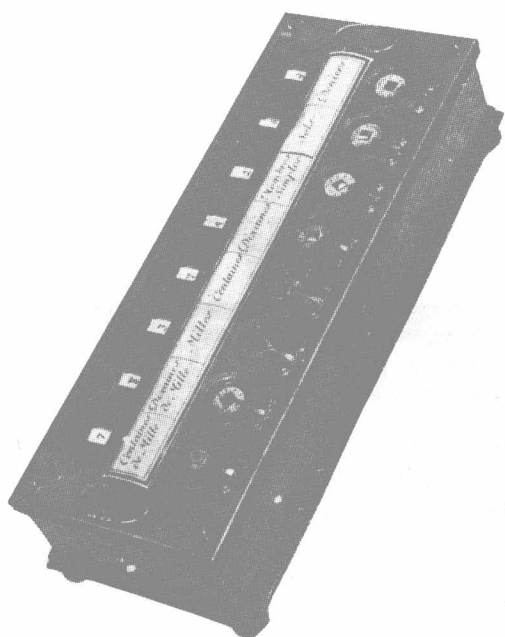


圖 1.4 巴斯卡加法器

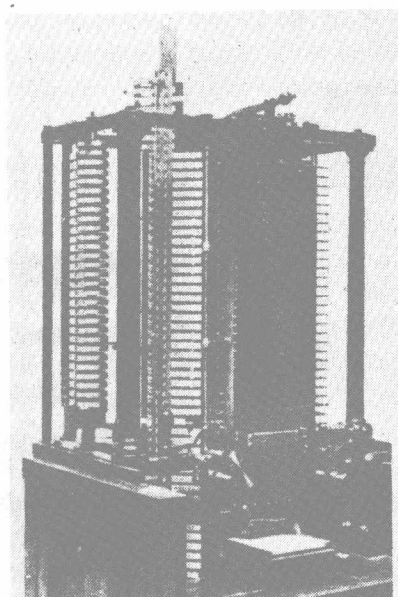


圖 1.6 巴貝分析機

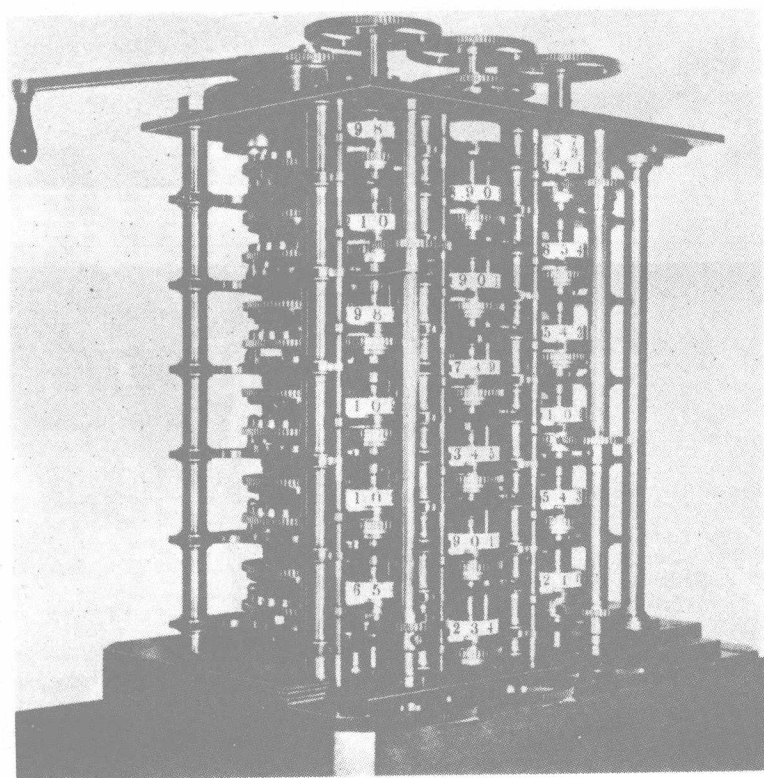


圖 1.5 巴貝差分機

1959年才退休。

電子計算機

機電式計算機比以前的計算工具快得多。接著真空管、電晶體陸續發

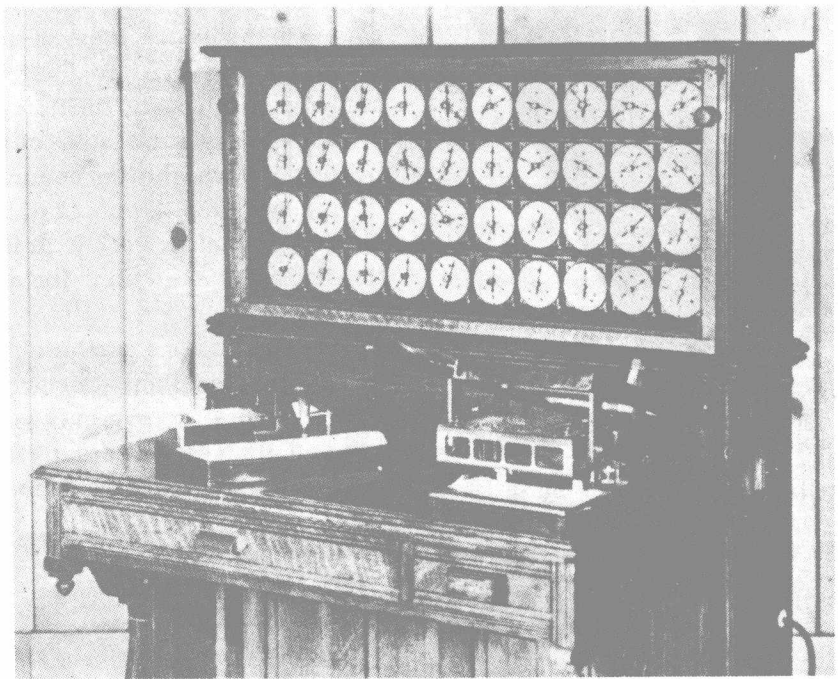


圖 1.7 何樂里列表機

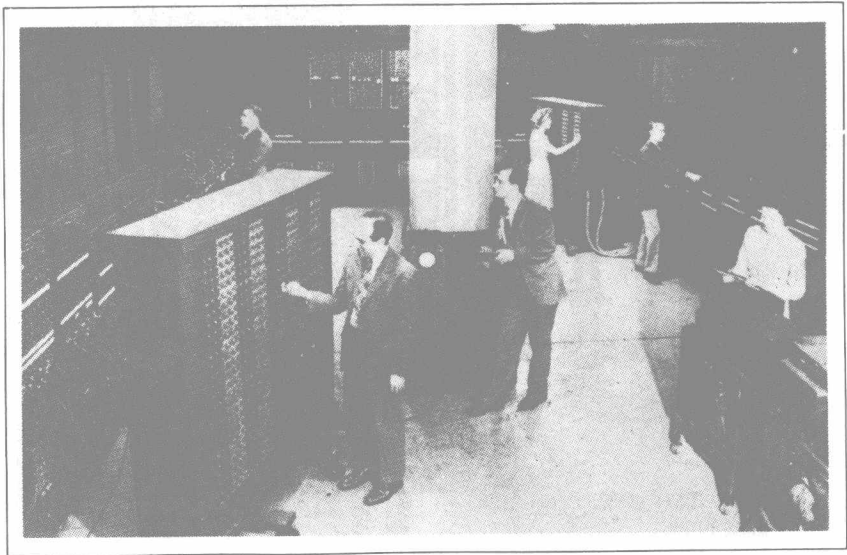


圖 1.9 ENIAC.

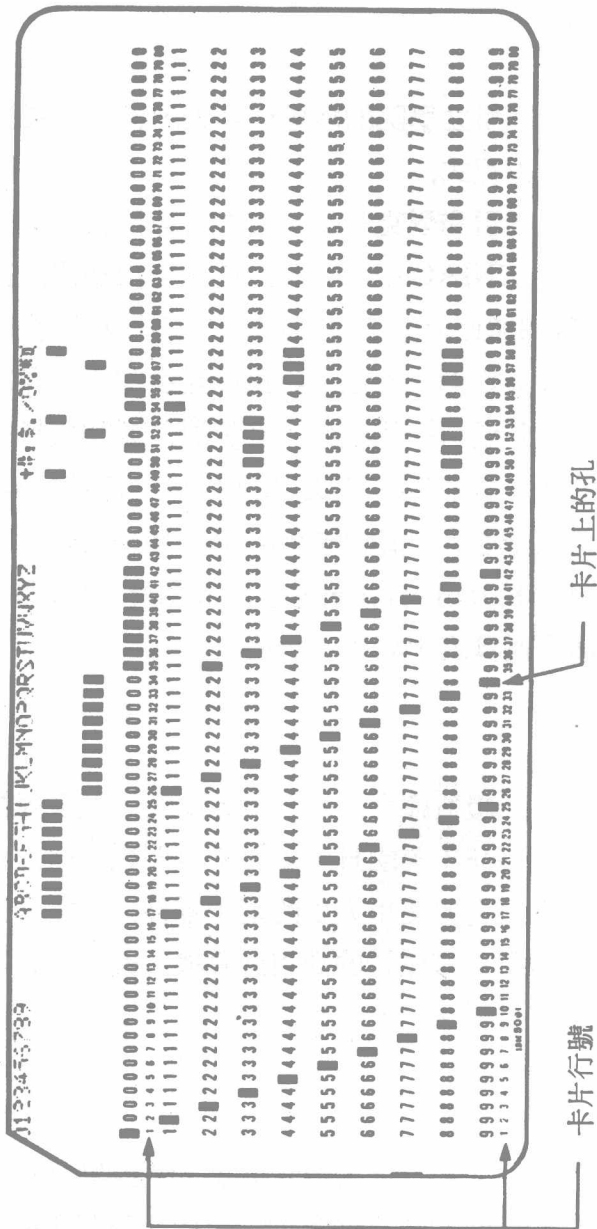


圖 1.8

打孔卡片以孔位之不同組合情形代表資料。垂直行上若打孔即表示有資料，每一行上有12列。數值資料（0—9）以單孔表示，孔就打在數字所對應的列上。譬如，數字8即在第8號那一列上打一孔。英文字母資料則打兩個孔——一個在第12，11，或0列（這一孔又稱為區域孔），另一個在第1至9列。特殊文字則以每行兩個或兩個以上的孔表示。由於每一行可儲存一個字元，故每張80行的卡片正好可儲存80個字元。

明，採用這些電子裝置建造的計算機，速度更快。此後電子技術日新月異，建造的計算機也跟著越快而能力越高。

真空管時期——第一代

1937—1942年間美國愛俄華州立學院的阿塔納索夫示範一部實驗型專用電子數位計算機，用以解聯立方程式。

1946年美國賓州大學的毛琪雷和愛克特使用真空管建造完成第一部電子數位計算機，取名為 ENIAC。ENIAC 一秒鐘可以做五千次加法，長50呎、寬30呎、重30噸，總共用了18800個真空管（圖1.9）。ENIAC 雖快，但是給它指令需要扳動外部開關，大大影響到性能。後來馮諾曼加入工作，構想計算機內儲程式的觀念，指令也和資料一樣地輸入計算機，並和資料一起佔用記憶位置。於1952年建造完成，取名 EDVAC。EDVAC 的體積只有 ENIAC 的十分之一，僅用了3500個真空管。早期的數位計算機摘列於表 1.1。

1947年毛琪雷和愛克特合設公司，首先研究發展商用計算機，取名 UNIVAC，一秒能做二百萬次加法運算或十萬次乘法運算。

電晶體時期——第二代

使用真空管建造的計算機，體積龐大，耗費電力頗大，速度雖快却不够快，而且記憶容量也不够大。1948年美國貝爾實驗室發明電晶體之後，電子工業進入新時期。計算機的建造需要使用大量的電子零件，是電晶體的理想市場。在1950年末期就有使用電晶體建造的商用計算機，體積小、耗電少、可靠度和速度也高、而記憶容量更大。

積體電路時期——第三代

1959年積體電路的技術發展成功，把含有電晶體的電路製造在一片半導體晶片上。自此積體電路所含元件的數目逐年加倍。使用積體電路建造的計算機，體積更小、更可靠、更便宜，是為第三代計算機。此期計算機的作業系統逐漸成熟，也發展出許多高級的程式語言。這三代計算機所用電子元件見圖1.10。

表 1.1 早期的數位計算機

計算機	發展的處所	主持人	期間	特色
MARK I	美國哈佛計算實驗室 (IBM 支持)	Howard Aiken	1939-1944	機電式, 非內 儲程式
RELAY COMPUTER MOD I	美國貝爾實驗室	George Stibitz 和 Sam Williams	1939-1943	機電式
Z1	德國	Konrad Zuse	1936-1938	機電式
ABC COMPUTER	美國愛俄華州立 學院	John Vincent Atanasoff 和 Clifford Berry	1939-1942	真空管式, 特 殊用, 未完成
ENIAC	美國賓州大學摩爾 電機學院	John Mauchly 和 J. Presper Eckert	1943-1946	第一部可運轉 的電子數位計 算機; 用手扳 開關給指令
EDVAC	美國賓州大學摩爾 電機學院	John Mauchly 和 J. Presper Eckert	1944-1951	第一部有內儲 程式能力的計 算機

超大型積體電路時期——第四代

1971年 Intel 公司推出大型積體電路 4004 微處理機, 計算機進入第四代時期。在 4004 晶片中約有二千多個電晶體, 具備了計算機的主要功能, 晶片大小長寬各約一厘米。自此, 微處理機的功能不斷加強, 用之建造的計算機, 稱為**微算機**, 價格越來越便宜, 逐漸成為大眾化的設備。圖 1.11 為微處理機晶片內部之一例。今天 50 美元的微算機, 其計算能力比當年的 ENIAC 強, 而且快 20 倍, 記憶容量更大, 可靠數千倍, 而體積只有三萬分之一, 價格便宜了十萬倍, 所耗電力只相當於一個電燈泡, 郵購或在百貨公司就買得到。

這四代計算機的主要特性, 列在表 1.2。

計算機的規模大小不一, 而且類型也很多。大型通用計算機用於工廠、企業、大學、醫院、政府機構等地方, 實行複雜的業務和科技的研究發展。小型計算機和微算機則大半用於個人、教學、商業、科技等等應用, 補充了大型計算機的應用領域。更由於計算機通信的發展, 經由通信線路, 使得微