

773
科學圖書大庫 2245

電子計算機概論

編著者 詹宏祺

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 石開朗

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國七十年二月二十四日初版

電子計算機概論

基本定價2.60

編著者 詹宏祺 台電電機工程師

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號

電話 9221763
9446842

電話 9719739

序

1. 筆者從事電腦研究工作，已逾十七年有餘，雖然大部分時間均作有關電機工程程式編製工作，但為程式編製上的方便及向善之需要，間而研讀及彙集有關電子計算機電路及結構方面的資料，將其整理成本書。

2. 本書雖大致依照教育部所公佈大專電機工程科系課程標準編輯，但加以整理及取捨，一方面適用於大專教學，另一方面亦可作為從事電機工程人員及電腦事業人員之參考。

3. 本書雖仔細編排，內容恐難免有疏漏之處，擬在再版時加以補充外，尚望各先進惠予指教，實所銘感。

詹宏賦

中華民國69年12月

目 錄

序	I
第一章 電子計算機基本概念	1
1-1 電子計算機的歷史	1
1-2 類比型與數位型電子計算機	6
1-3 電子計算機概要	9
1-4 硬體與軟體	11
1-5 微處理機與微型電腦	12
1-6 微型電腦的程式	15
1-7 電子計算機的現狀與展望	15
習題	16
第二章 數據及資料表示法	17
2-1 數字系統簡介	17
2-1-1 數字系統	17
2-1-2 2 進制	18
2-1-3 2 進制的優點	19
2-1-4 10 進制與 2 進制互換	21
2-1-5 8 進制及 16 進制	24
2-1-6 2 進 10 進制	25
2-2 資料電碼化	26
2-2-1 電碼元	26

2-2-2	電子計算機之電碼	27
2-2-3	數字及文字的表示法	29
2-3	整數與實數	32
2-3-1	整數	32
2-3-2	補數	33
2-3-3	負數表示法	34
2-3-4	整數加減法	36
2-3-5	實數	38
2-3-6	倍精確度	40
2-4	邏輯理論及電路	42
2-4-1	基本邏輯電路	42
2-4-2	邏輯變數及函數	44
2-4-3	邏輯代數方程式	45
2-4-4	邏輯電路基本特性	48
2-4-5	邏輯電路功能	52
2-4-6	各種邏輯電路	55
2-4-7	邏輯電路的組合	56
習題		62

第三章 基本結構與特性 64

3-1	電子計算機結構	64
3-2	記憶單位	65
3-2-1	磁心記憶元件	68
3-2-2	磁膜記憶元件	72
3-2-3	積體電路記憶元件	73
3-2-4	外部記憶單位	74
3-2-5	位址	75
3-3	演算單位	81
3-3-1	四則演算原理	81
3-3-2	演算單位結構	83

3-3-3 演算動作過程	84
3-3-4 乘法實例	87
3-4 控制單位	92
3-4-1 程式與指令	92
3-4-2 控制單位的動作過程	94
3-4-3 控制單位結構與功能	96
3-4-4 指令執行動作實例	98
3-5 輸入輸出單位與周邊機器	102
3-5-1 紙帶輸入輸出設備	103
3-5-2 打字機設備	110
3-5-3 卡片輸入輸出設備	112
3-5-4 高速列印機	117
3-5-5 其他周邊機器	119
習題	121

第四章 基本規劃與流程圖 123

4-1 基本規劃	123
4-2 流程圖	124
4-3 程式用語言	130
4-3-1 機器語言	130
4-3-2 組合語言	130
4-3-3 高階語言	130
4-3-4 翻譯程式	131
4-4 電子計算機的使用步驟	132
4-5 自動操作系統	133
習題	136

第五章 FORTRAN IV—基本 137

5-1 表格	137
5-2 常數	141

5-3 變數	142
5-4 算術敘述式	145
5-5 FORTRAN 陳述文之種類	147
5-6 算術陳述文	148
習題	14
第六章 FORTRAN IV—輸出入陳述文	153
6-1 輸入與輸出陳述文	153
6-2 輸入規格陳述文	154
6-3 輸出規格陳述文	164
6-4 PAUSE, STOP, END陳述文	170
習題	172
第七章 FORTRAN IV—控制陳述文	173
7-1 無條件GO TO陳述文	173
7-2 計算GO TO陳述文	174
7-3 算術IF陳述文	175
7-4 邏輯IF陳述文	180
7-5 DO陳述文	182
7-6 DIMENSION 陳述文	189
7-7 CONTINUE 陳述文	190
7-8 使用DO方法的輸出入陳述文	190
習題	198
第八章 FORTRAN IV—副程式，複數及其點	200
8-1 庫存函數副程式	200
8-2 敘述函數副程式	203
8-3 函數副程式	204
8-4 副常式副程式	209
8-5 COMMON陳述文	214

8 - 6 複數.....	215
8 - 7 EQUIVALENCE陳述文.....	217
8 - 8 DATA陳述文	220
習題.....	226
附錄 A 16 進位算術運算表	227
附錄 B 8 進位算術運算表	228
附錄 C 2 乘幂數值表	229
附錄 D 對稱矩陣反矩陣程式.....	230
附錄 E 以最小平方方法求曲線方程式之程式.....	231
索 引	233

第一章 電子計算機基本概念

許多人都已經知道電子計算機的用途非常廣泛，除了能作極複雜的「計算」外，開電費或水費等收據，訂購飛機或鐵路特快車車票，銀行存放款記帳，稅政稽查，甚至火箭發射或導航等，都利用電子計算機來代替人類工作。但並不是爲了適合新的各種用途來製造新的各種電子計算機，而是使用相同或相類似的電子計算機，只改變或創造新的程式 (Program) 則可適用於各種用途。

這種在過去人類歷史上未曾有的「萬能」機械，許多人必定以爲可能是超理解的，不可思議的機器。實際上如何複雜或龐大規模的電子計算機，也沒有太難的原理，雖然技術上加了各種改良，但現有的原理與1940年代原理，並無太大的改變。

1 - 1 電子計算機的歷史

人類對於「計算」的歷史已久，由計數開始漸漸推進到加減算法，甚至在數千年前人類已經知道使用算盤做爲計算工具。隨著其他技術的進步，逐漸走向機械化與自動化。到了十七世紀就有了手搖桌上型計算器，但是該器只能作兩數加減，還不能進行自動化計算。

在上述「計數」的發展過程同時，另外的「測量」的發展方面，也有相同的長久歷史，那就是由太陽陰影長度與角度來測知時間，使用竹竿、木條等來測量物體的長度等。圖1 - 1表示人類「計算」的過程。

上述「計數」與「測量」，可說是現代兩種計算機，即「數位型計算機」(digital computer)與「類比型計算機」(analog computer)的最早祖先。到了十八、十九世紀經過逐步改良及新的

2 電子計算機概論

發明，逐漸由工具成長到機械。一直到了二十世紀1940年代，開發了利用真空管及電驛的電子計算機，也就是將數值直接經過真空管電路，儲存在元件中，並且自動進行計算。由於這種構想的發展，才有了數位型與類比型計算機間明顯的差異，並建立了重要觀念，那就是如需要正確計算，則非使用數位型電子計算機不可。

因此，電子計算機系統應以數位型計算機為中心。但又由於類比型計算機有其特有優點，有時需使用類比型計算機解決很多問題。最近又有了兩者並用的「混合型」(Hybrid) 電子計算機。

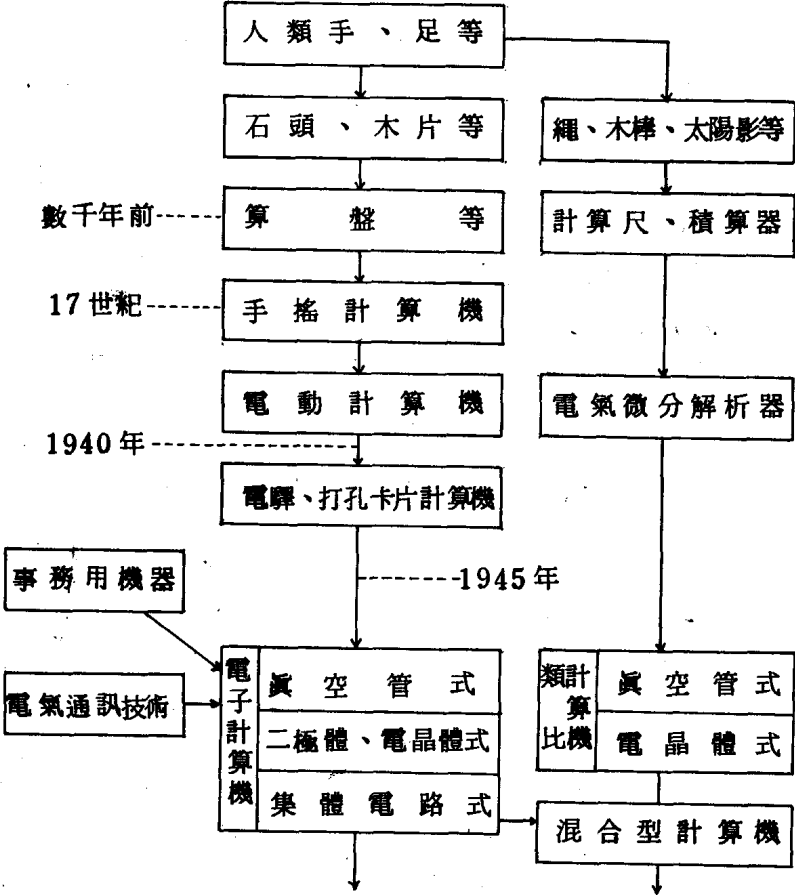


圖 1-1 電子計算機系譜

數位型電子計算機發明在 1945 年，當年美國紐曼氏（Neumann）提出將程式儲存在電子計算機內部，並自動逐步進行計算的方法，而終於誕生了真正的「自動計算機」。在這發明前，可說沒有一部機器是完整的計算機。紐曼氏的方案稱為「記憶程式方式」，為近代電子計算機的基本構想。利用這構想，世界上第一部電子計算機 ENIAC 終於 1946 年在賓州大學誕生。該電子計算機共用了 18,800 支真空管，佔地 30×50 英尺，重量約 30 噸。後來在 1950 年出現可大量生產報表的第一步商用電子計算機 UNIVAC—I（每分鐘可製表 30,000 張），並且參加了當年美國政府所舉辦的國勢調查工作。

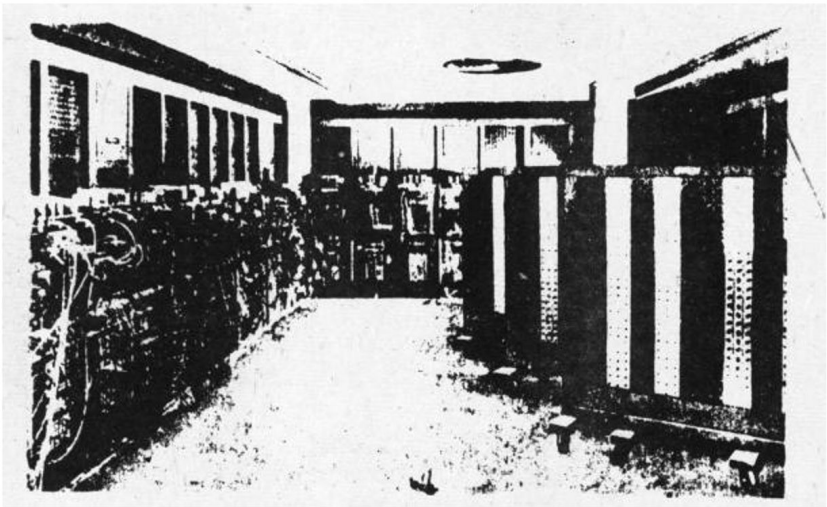


圖 1-2 UNIVAC-I（第一代電子計算機）。

邇後電子計算機，向改良計算速度與記憶儲存容量方向發展。在技術上來說，即以「電晶體」（transistor）與磁性材料之開發為中心進行研究，而逐漸進入「積體電路」（integrated circuit）時代，由此誕生了體積更小，計算速度更快，記憶容量更大的電子計算機。除了這種量的進步，還開發了各式各樣的輸入、輸出裝置，例如光線圖形視讀裝置，影像管顯示裝置，改變信號裝置等，不只限於計算方面，或可繪畫圖形，或可直接驅動工作機械，或可辨別文字和印出中文

4 電子計算機概論

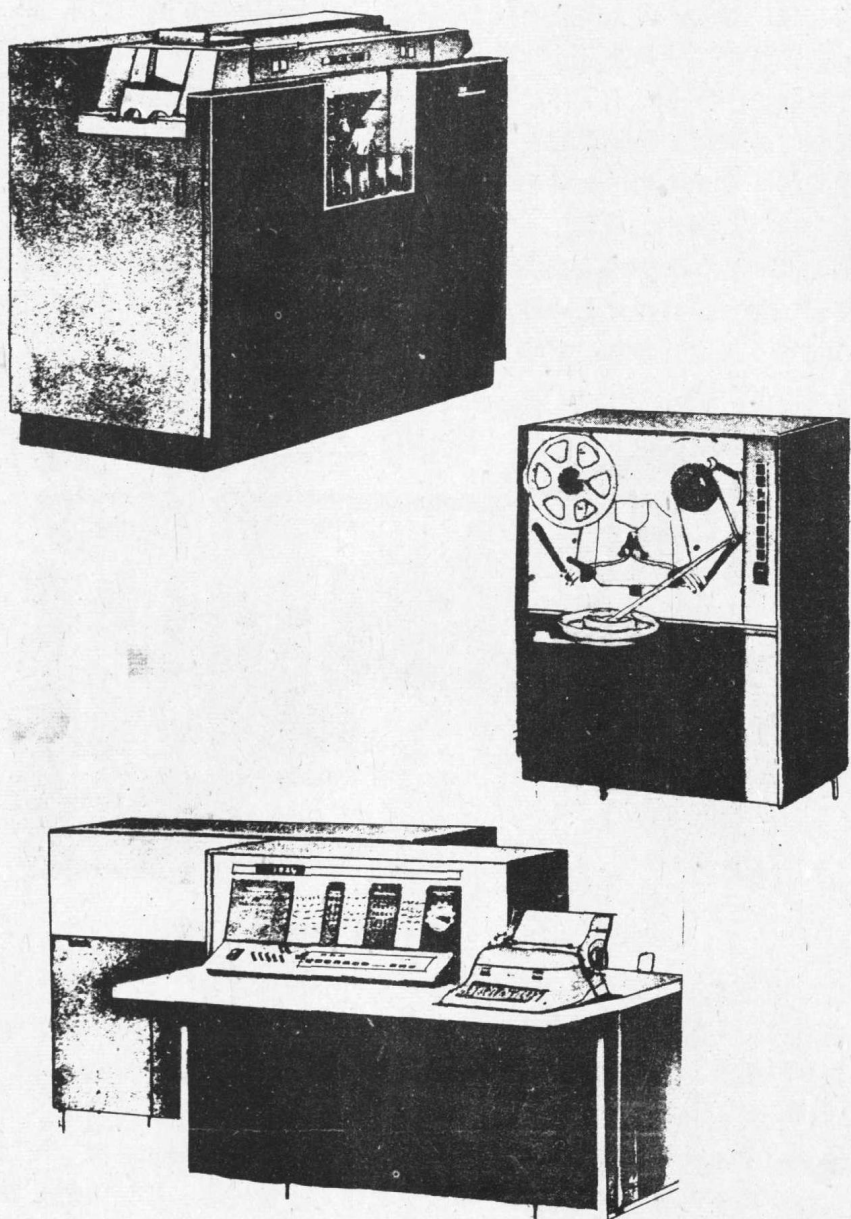


圖 1-3 IBM-1620 (第二代電子計算機)。

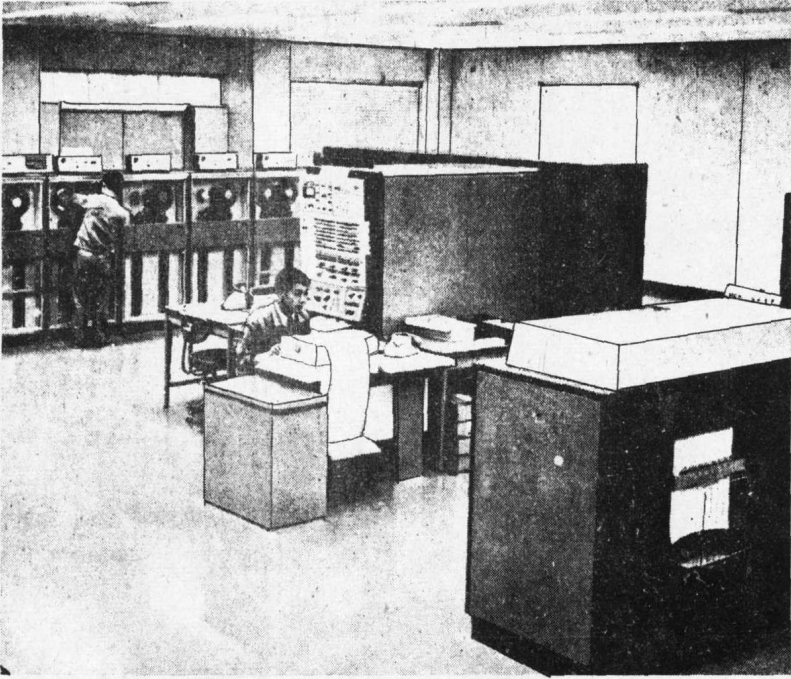


圖 1-4 IBM S/360-50 (第三代電子計算機)。

字母，在質方面的進步，更是快速。

以上所提者，均是技術上的發展過程，其他在電子計算機歷史上不可忽視的是豐富的數學背景。由於無法由人力處理各種數學理論的發展，可說是人類發明電子計算機的主要原因。

就電子計算機的發展歷史來說，可分為三個時代。第一代為1946年至1955年，這一代電子計算機採用真空管及昔日電子零件為主要零件，其體積龐大，散熱不易，記憶容量很小，計算速度亦遲緩。

第二代為1955至1965年，由於在1949年代發明電晶體，發現其性能較真空管優異甚多，因此這一代採用電晶體代替真空管為主要零件，使電子計算機較前一代，體積減少，成本低廉，散熱容易，計算速度也增加了幾十倍。

第三代為1965年代以後，由於組件採用積體電路，獲得更精巧，更快速，更價廉，且可利用特種輸出裝置，來進行各式各樣工作的電子計算機。

1-2 類比型與數位型電子計算機

一般所謂「電子計算機」，均指數位型電子計算機，本節擬討論什麼是「數位型」，相對地亦說明什麼是「類比型」，及兩種電子計算機在本質上，有什麼差別。

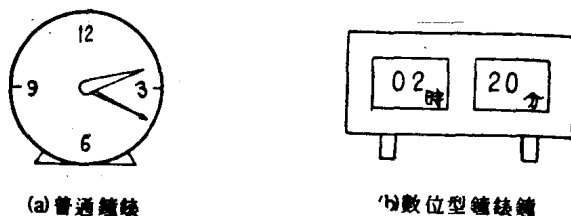


圖 1-5 兩種鐘錶。

最先使用鐘錶來說明類比型及數位型的情報表示方法。圖1-5(a)表示普通鐘錶，同圖(b)是最近流行的數位型鐘錶。後者有兩個指示盤，

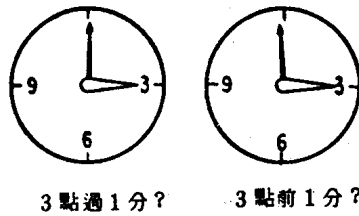


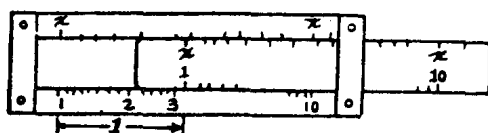
圖 1-8 視讀誤差。

各盤每隔一小時或一分鐘，更換下一個文字。普通鐘錶是轉動指針，以角度比例代表時間，指針不斷地在移動，連續地可以代表任何一個時間。但由於齒輪、彈簧等的工作精確度，或受人類視讀鐘錶時之角度影響，可能發生甚大誤差，無法表現精確的時間。相反的，類位型鐘錶以文字盤，每隔一個時間變動文字，直接表示時間。在每一分或每一小時，文字為靜止不動，但時間一到，即時變動文字，時間的表示法為不連續性。任何一個人均可視讀非常精確的時間，如再增加秒，甚至 $1/10$ 秒的文字盤，更可提高精確度。雖然普通鐘錶仍可再增加秒針表示更細小的時間，但由於人類視讀能力的影響，仍然發生相當高的視讀誤差。

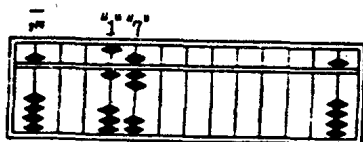
數位型鐘錶雖無視讀誤差，又無中間值的顯示，例如顯示「14分」時，無法判別為剛過14分或為快靠近15分。因此不能斷定數位型鐘錶的精確度較普通鐘錶為高，但是數位型鐘錶絕無視讀誤差是不可否認的事實。

再以計算尺與算盤來說，計算尺屬於類比型，算盤屬於數位型。計算尺是將數值以比例長度表示，視讀第三位數已經相當吃力，何況第四位以下根本無法辨認，但是算盤以每一行算珠數量直接表示該位數值，很容易表示到十幾位甚至幾十位，由原理上的看法，可以表示到任意位數。即算盤的精確度界限，仍由其長度（行數）而定。

同理，類比型電子計算機與數位型電子計算機的差異，亦可利用相同原理說明，但因電子計算機採用電晶體或積體電路等電子零件所組成，說明方法亦比較複雜。



(a) 計算尺



(b) 算盤

圖 1-7 計算尺與算盤。

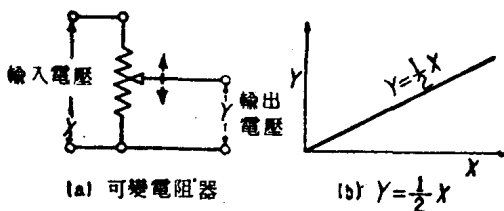


圖 1-8 類比型乘積電路。

以最簡易的圖 1-8 所示乘算電路加以說明。圖中表示可變電阻器的外加輸入電壓與輸出電壓之關係。假如改變電阻器可變位置，則乘數將變動，圖中表示乘數等於 $\frac{1}{2}$ 位置（此電路的乘數，必小於 1）。此種電路雖然簡易，但其精確度因受電阻器構造的限制，無法提高。至於數位型電子計算機所用電路，無法以簡單圖示電路說明，但其原理與算盤的乘法完全相同，即將位數順次移動重複進行加算。故如果有充足位數的電路，則不降低其精確度。

由上述舉例可以明瞭，「以比例物理量表示數值」，稱為類比型，為連續性的表示法，但精確度不高。而「以文字直接表示數值」，稱為