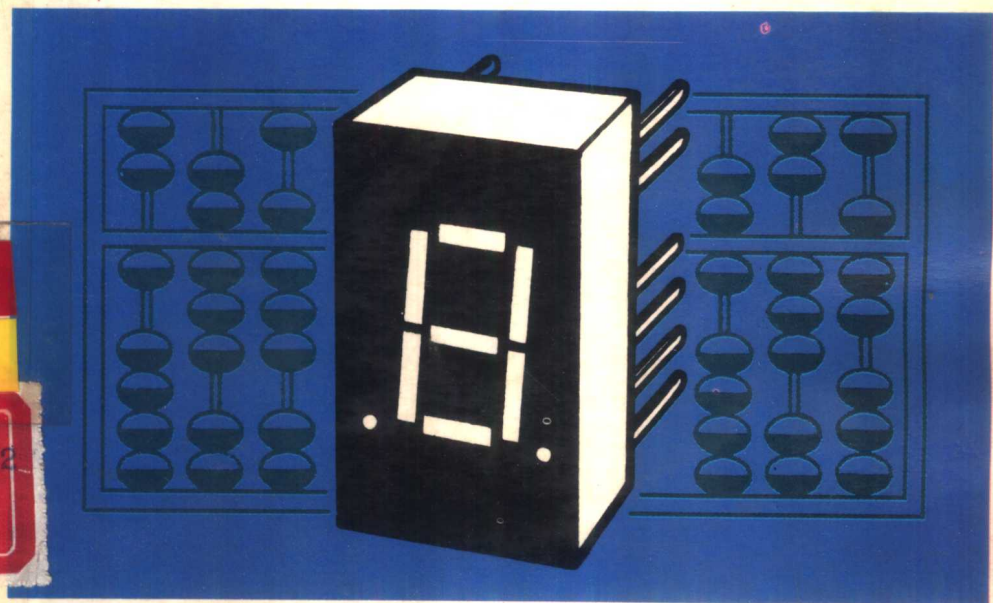


電子計算器

洪添進編譯



啟學科技系列 ⑪

電子計算器

洪 添 進 譯

啟學科技系列

- 周賢溪編著
實用自動控制入門.....6.00
- 陳憲雄編著
圖解自動控制—入門篇..... 10.00
- 陳憲雄編著
圖解自動控制—實用篇..... 10.00
- 陳憲雄編著
工業電氣與自動控制實務..... 24.00
- 陳憲雄編著
實用順序控制回路解說..... 10.00
- 黃博治編著
自動化·省力化實用圖集..... 10.00
- 謝賢仁、簡輝龍編著
電氣接線圖入門.....8.00
- 陳憲雄、謝賢仁編著
產業控制系統接線圖..... 18.00
- 陳憲雄編著
電力控制系統接線圖..... 18.00
- 周賢溪、施成惠編著
鑽模與夾具實例要覽..... 10.00
- 曾金龍編著
Hi-Fi 擴大器.....8.00
- 黃政協編著
錄音機原理.....8.00
- 簡章華、林昆龍編譯
音响技術..... 16.00
- 黃政協編譯
AM-FM 收音機原理..... 15.00
- 陳逢春編著
實用電晶體電路設計..... 14.00
- 林昆龍編譯
電晶體迴路設計與分析..... 18.00
- 洪添進編譯
電子計算器.....8.00
- 崔承慰編著
空調原理與維修..... 14.00
- 陳文華編著
實用揚聲器技術..... 10.00
- 簡世源編譯
微型電腦..... 20.00

● 啟學科技系列 ●
● 808 室 ●
● 二樓 ●
● 請勿翻印 ●
● 版權所有 ●
● PUBLISHED & PRINTED IN HONG KONG ●

陳憲雄主編
香港彌敦道樂德商業大廈
九龍官塘鴻圖道偉強工業大廈
出版者：啟學出版社
承印者：美都印刷公司

H.K. \$8.00

原 序

如果我們以手來計算一個難題要窮盡一生的時間，計算器可能只將它濃縮成幾小時，這真該感謝經濟電子計算器所帶來的利用價值。在大學裏，商業上，及任何須要利用數學運算的地方，各種不同型式的計算器，漸漸的較計算尺更為普遍了。電子計算器為今天的社會帶來了莫大的衝擊，這是毫無疑問的。

雖然電子雜誌上，發表了許許多多有關計算器設計，生產和元件選擇的文章，但是直到今天，尚無人將這些資料編成一本書的型式。這本書便是將這些資料集合起來，以一系列章節來描述諸如記憶體、顯示幕、結構、介面處理、和維護等論題。其中第八章介面處理和第九章維護，應該特別有趣而重要，因為這方面的文章，在別的地方是不容易見到的。

許多私人和工廠對於我計算器的了解和這本書俱有重大的貢獻，特別感謝 Ohon 電子公司的總裁，不斷的鼓勵並提供了計算器市場許多有價值的資料。Hamilton-Avent 公司的 Lloyd McNeil 和 Litronix 的 Jack Pintar 先生，在計算器元件的選擇和顯示幕上提供了寶貴的意見。Hewlett Packard 公司的 Jack Gates 和 Dan Fullerton 先生並提供了 HP 公司計算器產品的資料和照片。MOS 技術公司的 Jack Turk 先生也提供了計算器積體薄片的微影照片。

幾位在 MITS 公司的同仁，對這本書提供了許多有價值的貢獻，程式經理 Patrick Godding 先生於無線電雜誌上所纂寫有關計算器維護的文章，改編成本書的第九章，Pat 先生並且幫助編寫第八章計

算器程式機的一部份。工程部主管 Bill Yates 先生也提供了許多意見和援助，廣告部門主管 Elizabeth Dunlap 先生也幫忙選擇了許多出現於本書中的照片。

我尤其感謝 Forrest Mims 先生的幫忙，除了綜合和校對原稿外，本書有好幾章是由他所編寫的。

最後，特別感謝我的太太，Joan，由於她的鼓勵和支持，才使本書得以完成。

譯 序

電子計算器近年來使用的普及程度，比起算盤已經有過之而無不及。體積輕巧，操作方便，速度快，可靠性高等等凌駕於算盤之上的優點，乃是其日漸取代算盤的主要因素；而低廉的價格更是使其大眾化強而有力的後盾。一個上段的算盤高手使用算盤做加減乘除的計算也許比用計算機來得快，但是並非人人都善於使用算盤，所需的計算更不只限於加減乘除而已，舉凡平方根，自然對數，三角函數在工程上計算的頻繁並不在一般商用加減乘除之下。因此，電子計算器和我們關係的密切程度將更與日俱增。誰敢斷言，計算器不會和2B鉛筆，橡皮一樣有成爲大專聯考必備工具的一天？

不久前我們的電視台曾經出現過國內某一家計算器製造商的廣告，那廣告以小學生爲對象，以省却算術習題的煩惱做爲叫他們購買計算器的號召。姑不論這一個廣告的對象及目的是否完全正確，但它却顯示了一個事實，計算器具有無限的潛力，價格低廉至連小學生都可以擁有它，高中生、大學生、小商店的伙計人手一個也將不足爲奇了。

譯者一直在想，如果高中以上的學生在人手一個計算器之餘也能夠順便了解一些有關計算器的構造和算術邏輯，這樣對於我們科學的全面紮根也許會有所助益。我們可以使計算器和物理、化學以及其他的自然科學一樣，導使他們知其然外又能知其所以然。一九八〇年後將是微處理機（microprocessor）風行的時代。微處理機對於我們日常生活的影響將臻於無孔不入之境界的這一個預測，於國外以及國內已經屢聞不鮮。對於計算器原理的了解將是迎接此一新時代的準備工作。

本書內容淺易，原作者從我國古代的算盤講起，進而半導體的技

術，計算器的蛻變，直寫到可規劃式計算器（programmable calculator）為止，對於計算器結構之每一部分更是分章說明。其中大部分都是平易近人，很常識性的介紹，沒有深奧的理論，因此本書很適合當作中小學生的自然科學課外讀物，更適合作為從業人員的參考，更是微處理機和電子計算機（computer）的初步入門。

有關計算機的中文名詞並未統一。譯者有一次參觀某銀行的計算機中心，問櫃台小姐計算機中心在那裏，她們回答說她們銀行有電腦中心而沒有計算機中心，不過計算機倒是每人桌上有一個。為了區別CALCULATOR和COMPUTER，譯者謹將CALCULATOR譯為計算器。譯者才疏學淺，還望賢達不吝指正。

謹將此書獻給科學中文化運動，願它能稍盡棉薄之力，是為序。

目 錄

第一章 電子計算器的演進.....	1
算盤——機械式算術——解析式機器——數位及類比算術——	
—電子計算機——半導體電子學——大型積體電路——金屬	
- 氧化物 - 半導體——PMOS對NMOS——袖珍型電子	
計算器——套件計算器——科學用計算器——可程式化計算	
器.....	1
第二章 電子算術.....	23
二進位系統——邏輯電路.....	23
第三章 記憶體.....	36
移位置數器——隨意出入記憶體 (ROM)——只讀記憶體——	
(ROM)——可規劃的ROM (PROM)——記憶器的可靠	
度——其他型式的記憶體.....	37
第四章、計算器之結構.....	55
輸入單元——中央處理單元 (CPU)——記憶體——輸出單	
元——LSI電路的檢討——鍵盤——桌面計算器鍵盤——	
袖珍型計算器鍵盤——電源供應——顯示幕和顯示電路——	
計算器的製造.....	55
第五章 顯示裝置.....	85
Nixie管——輝光放電顯示器——發光二極體——液晶——	
電螢光顯示器——其他的顯示器.....	85
第六章 顯示裝置的工作.....	100

顯示器的型式——二進碼十進數 (BCD)——BCD 至七 線段解碼——多重發訊——發光二極體顯示器——電螢光顯 示器——其他顯示器——顯示電路困難的解決.....	100
第七章 計算器中的印字機	117
衝擊式印字機——靜電式印字機——熱效應印字機——熱效 應印字機的操作情形.....	117
第八章 計算器介面	129
介面的分類——輸入介面——典型的輸入介面——其他的輸 入介面——輸出介面——輸入/輸出介面——典型的程式機 ——鍵盤和編碼電路——模式選擇電路——位址緩衝器—— 隨意出入記憶體——解碼器和介面電路——觸發產生器—— 序列產生器——顯示器——其他程式機——MITS程式機所 利用的名詞辭典——MIST程式鍵和開關函數.....	129
第九章 電子計算器的維護	154
基本的故障排除步驟——鍵盤——電源一定時脈波——顯 示驅動器——顯示裝置——自動清除——正負號和誤差—— 常數函數——電路板和焊接——MOS——LSI 處理預防 ——結構.....	154
第十章 計算器的今日與未來	173
計算器目前的狀況——HP-9820——HP-9830——選擇計 算器——套件對裝配的機器——計算器對迷你計算機——將 來的計算器——電子字典.....	173

第一章 電子計算器的演進

人類最初的計算工具，是用他們的雙手，因此，數字 0 至 10，手指頭數目及“數位”等三個名詞的意義相互通用並不是一種巧合。手指的計算是一種最實際最原始的加法，至今在世界各地，仍被普遍的運用著。甚至在歷史記載之前，人類便發明了計算的技術，對大於手指總數的加法，亦能運用自如。有刻痕的骨頭，有標記的木棒，以及繩結等這些較進步的計算法，在計算時間，物物交換，及正式商場上是絕對需要的。

算盤 (THE ABACUS)

最早期的機械式計算器便是算盤。一般咸信，早在西元前 450 年，埃及人便能利用算盤，而另一種形式的算盤亦早在西元前 600 年，便在中國運用開來。最早期的算盤是由小圓石組成的，這些石子在鬆散的沙地上所畫出的溝槽間上下移動。當溝槽中計算用的石塊，漸以木片或金屬塊代替時，這種裝置便已非常像近代的算盤了。

近代的算盤（見圖 1-1）是由一個架子，支持成打或更多的平行木棒所構成的。5 至 7 個可移動的珠串或籌碼以供給機械計算之用。並有一橫條，跨於木棒上，以使 1 或 2 個珠子與其他珠子分開，橫條上面的算珠代表 5，而橫條下則代表 1。

欲置一數目於算盤之前，首先將代表 1 的算珠往下撥，代表 5 的算珠往上撥，以使算盤歸零，並指定其中一木棒代表個位數，往左則

2 電子計算器

代表十位數，佰位數，仟位數，並以此類推。如此，將算珠移向橫條，便很容易的將一個數目字“寫”在算盤上。

很明顯的，利用算盤演算，不但簡單而且效率高。對於這種算盤操作的古代藝術，一個人只要加以練習，便能運用自如。在 1946 年一次聞名的競賽中，由日本的珠算家與一位美國的“機械式加法機器”操作者，舉行比賽，結果算盤在 5 次激烈競爭中，4 次擊敗了計算器，所以算盤速度快於機械裝置，因為每當一個新數目介入時，操作者便開始進行演算了。然而使用計算器時，操作者在答案算出之前必須刺激計算器，而算盤則在最後一個數目加入時，解答已能讀出了。

算盤至今在東方諸國，蘇俄及其他國家，仍被廣泛的運用著。中國式的算盤，上邊俱有 2 個算珠，下方則有 5 個算珠，而近代日本式的，稱為 soroban，上方僅有一個算珠，下方也只有 4 個算珠。這種設計，速度快，效率也高，因為減少了一個算珠，使得操作者在演算

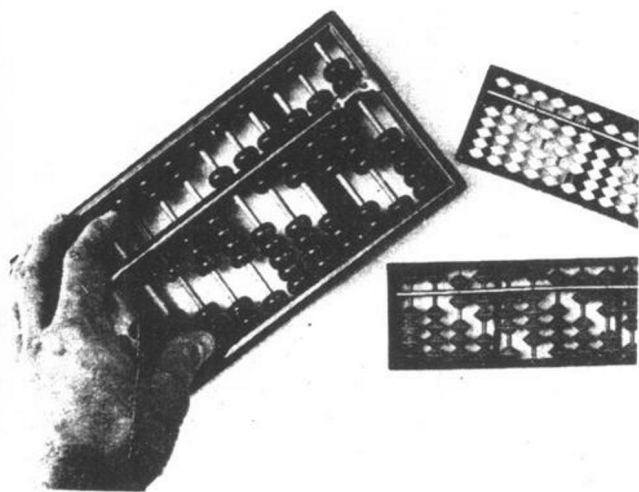


圖 1-1 幾種東方的算盤

時，每當數位超過 9，便能直接進位。

機械式算術 (MECHANICAL ARITHMETIC)

對一位利用算盤的初學者，加減法較為易學，而乘除法則需一段較長的時間。但是在較為高級的數學運算發展後，更須發明一種包羅較廣的計算機器。超越算盤，向前跨進一大步，且最有意義的第一個發明，便是 Blaise Pascal 在 1642 年所發表的齒輪帶動加法機器。這位十幾歲的天才，設計並裝成了一部機械式計算器，能夠演算一連串八位數的加法。圖 1-2 為近代由 Pascal 裝置所演進成的簡單機械計數器。十七世紀另一個重要的發明是 John Napier 的對數計算裝置，及 William Oughtred 所發明的計算尺。圖 1-3 為近代典型的計算尺。

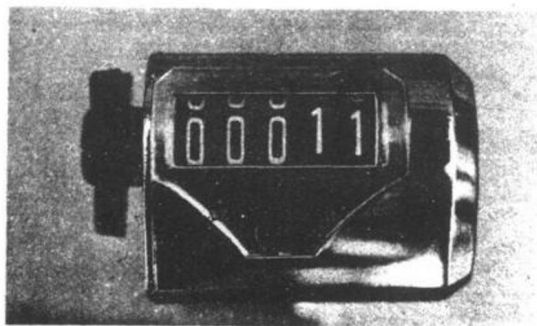


圖 1-2 簡單的機械式數位計數器

在近代的機械式加法機器 (圖 1-4) 中，仍能發現 Pascal 機械加法器的基本概念，而計算尺對近代工程師言，亦為不可或缺的重要工具。但是，沒有一位發明者能像 Charles Babbage，清楚的預知近代計算器的演進。

4 電子計算器

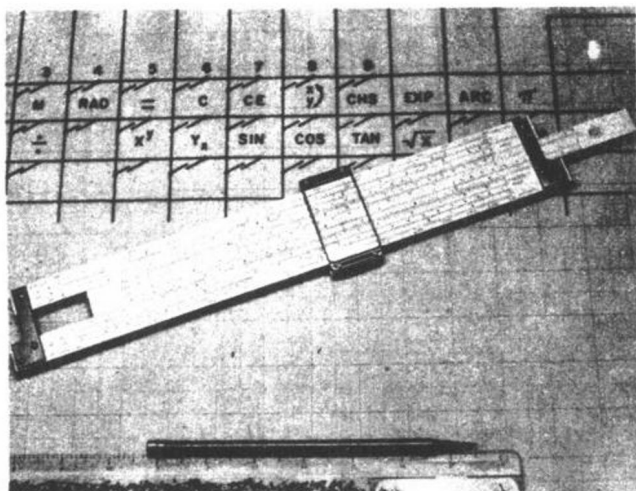


圖 1-3 工程用計算尺

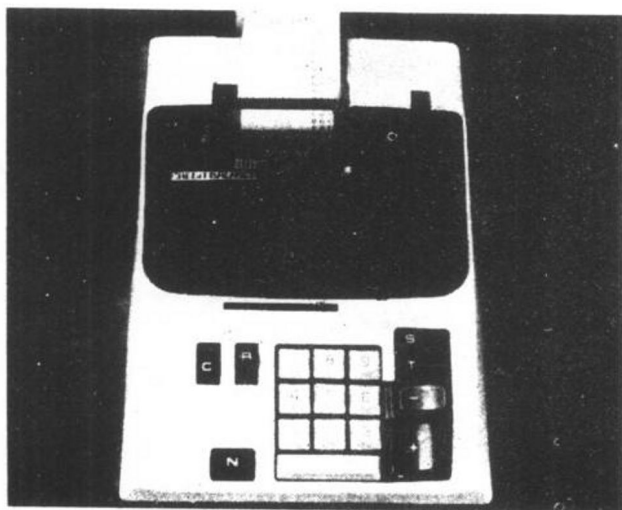


圖 1-4 典型的機電 (electromechanical) 加法機器

解析式機器 (THE ANALYTICAL ENGINE)

Babbage ,一位坦率的數學家和哲學家,時常為設計並建造一個更進步的機械式計算器所困擾,這種裝置必須具有演算四種基本算術函數的能力,並且對這些基本運算必須很容易操縱。

1822 年, Babbage 終於成功的裝出了“差分機器”(difference engine),能求出多項式方程式 ($x^2 + x + a = 0$) 之解。這項成功,使他更有信心去設計一個更為進步的計算器,解析式機器(analytical engine),具有打卡輸入,和一仟個 50 位數的記憶及可見的輸出和複本輸出。

不幸得很,當時機器進行過程尚未十分進步,使得這種高度複雜的解析式機器中的部份機械,不能達到預期的準確度。這部儀器須要上佰個精密機械元件。雖然 Babbage 精確的完成了仟幅錯綜複雜的工程圖,並詳細說明機件的配合以及機器內部的運轉過程,這機器本身便是一項驚人的偉業,但是在製造機件部份,並無精密的工具,足以適用。

Babbage 發費了他一生中最後 40 年的光陰,致力於解析式機器的研究,在還未見到這項計劃完成前,便於 1841 年與世長辭了。然而,他對於機械科學,却有莫大的貢獻,並且設計了近代數位電腦系統的基本結構。那個時候 Babbage 解析式機器中某些運作的過程,與許多近代計算機中所用的傳傳(FORTRAN)敘述,具有驚人的相似處。

數位及類比算術 (DIGITAL AND ANALOG ARITHMETIC)

在二十世紀初期，發現了兩種計算機器中最主要的基礎：數位計算器，可以算盤和其他早期的計算系統來代表，至 Babbage 之解析式機器而達顛峰；另一為類比計算器，可用計算尺和 1872 年 Lord Kelvin 所發明之潮汐預測機器為代表。雖然類比和數位計算器之設計，皆用來做算術運算，甚至 Kelvin 之機器可解微分方程式，但是它們的運算在基本上是不同的。

數位計算器利用分立量 (discrete quantity) 來做計算，而類比計算器在解答問題時，則將所要計算的物理量，以相似的機械形式或電機形式代替。由於這兩種計算器的差別，它們各俱好處和壞處，例如數位機器，與它所相對的類比機器比較，俱有高的精確度，而一個大容量的數位裝置，所表示出來的解答，能精確至兆分之一。

近代的數位計算器，精確度主要由讀出元件之數目所限制，例如一個具有 14 位顯示字幕的計算器，輸出精確度為 10^{-14} 分之一，而其精確度之潛能更高。反觀類比裝置之精確度，很少高於 0.01 %。

然而類比計算器亦有它的好處，它們適用於在許多不同條件下之解答模倣，例如在氣體動力學中，常用類比計算器及計算機來模擬飛行器的形狀。只須簡單的打開電位計並與模擬之障礙物，速度，空氣密度及其他參數連接，便很容易選出在特定飛行狀況下最佳的飛行器形狀。

電子計算機 (ELECTRONIC COMPUTERS)

回顧計算器的演進史，近百年來有許許多多重要的發展，直接影響了類比和數位計算器的展望。其中最重要的發明便是 Dr. Herman Hollerith 的電子讀卡。這種卡片，首先發展出來，是用在 1890 年美國的人口調查，這便是近代 IBM 公司卡片的前身。

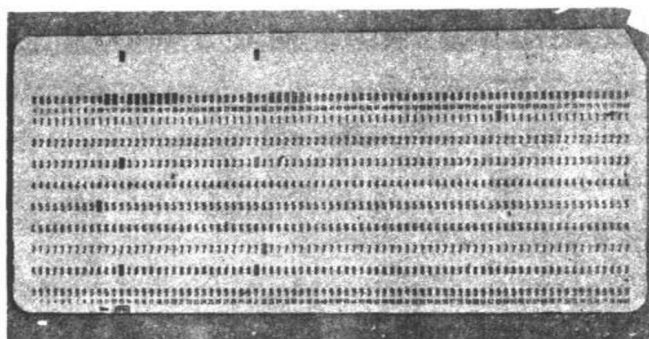


圖 1-5 IBM 卡片

另一項計算器方面的大進展，是由 Dr. Vannevar Bush 在 1925 年所發展出來的大型類比計算機。Bush 這部更進步的機器，在第二次世界大戰中，被秘密的用來計算砲火射擊的表格。並且在二次大戰裏，另一部複雜的類比計算系統，亦被用於 B-29 轟炸機之射擊控制系統中。

1944 年，對計算器的興趣突然由類比裝置轉移到數位技術方面，並完成了 Mark I — 自動序列控制計算器，其中包括 3000 個以上的替續器（relay），Mark I 能夠求出兩個 23 位數的乘積，是由 Howard Aiken 所構思的，並經 IBM 的協助而製成。當設計這部計算器時，Aiken 將 Babbage 的工作繼續發展，並且認為 Babbage 對複雜的數位計算機器之原理的貢獻太大了。Aiken 有一次說到“如果 Babbage 晚活 75 年，我將失去這份工作”。

緊隨著 Mark I，又發展出一部更有意義的計算機器，在 1946 年由 Dr. J. Presper Eckert 和 Dr. John Mauchly 完成了 ENIAC（Electronic Numerical Integrator and Calculator）電子數值積分器和計算器，比起 Mark I，最有意義的部份，是以快速真空管取代較慢的機電式替續器。這部新機器，是科學和工程的結晶，然而

其中也存在某些主要的問題。18000個真空管，11000個開關和終端線，和超過50萬個焊接點，使ENIAC需要兩年或一年半的裝配時間和1800平方英尺的樓房空間，但是這些增加的複雜部份却使ENIAC的速度較Mark I快得多。因為替續器機器，在兩數相加時，需要三分之一秒的時間，而ENIAC在1秒內却能做5000次的加法運算。

ENIAC顯示出計算機時代的開端，緊接著出現了高容量的機器，例如EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator)：電子延遲儲存自動計算器，EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Calculator)：電子分立變數自動計算器，和SSEC (Selective Sequence Electronic Calculator)：選擇序列電子計算器。EDSAC是第一個擁有儲存程式 (stored program) 者。

儲存程式，是近代電子計算器和計算機成功的關鍵，具有內在指令，使計算器或計算機以最少的外界指令 (instruction) 來操作複雜的運算。舉例計，一個典型的儲存程式能供給決定三角函數所必須的指令，對這種函數，運算子 (operator) 每次都能節省對適當指令編碼的繁複工作。在典型的運算中，他不必指示機器去找出餘弦函數 (或正切函數，正弦函數) 的特別角，只須幾個字母 (對餘弦函數通常用“cos”) 和機器中內在的儲存程式，便自動地利用此一運算所須的詳細指令來完成算術的部份。大型的數位計算機，儲存程式通常利用磁帶，而較進步的桌面電子計算器，則利用固態記憶 (solid-state memory)。

在1951年，Eckert和Mauchly完成了近代第一部數位計算機，有名的UNIVAC，這部機器最先的版本是由美國人口調查局所購買，直至1963年才以較現代化的儀器取代。今天，第一部UNIVAC