

科學圖書大庫

數字計算機的基本原理

(圖解電腦基本原理)

譯者 許 照

徐氏基金會出版

科學圖書大庫
數字計算機的
基本原理

譯者 許 照

譯者

TP33

X718

徐氏基金會出版

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同把人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之成就，已超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人有無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤為社會、國家的基本任務。培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如物理、數學、生物、化學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學。旨趣崇高，至足欽佩！

科學圖書是學人們研究、實驗、教學的精華，明確提供科學知識與技術經驗，本具互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的收穫。我國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年所可苛求者。因此，本部編譯出版科學圖書，引進世界科技新知，加速國家建設，實深具積極意義。

本基金會由徐銘信氏捐資創辦，旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利。民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，返國服務者十不得一。另贈國內大學儀器設備，輔助教學頗收成效；然審度衡量，仍嫌未能普及，乃再遵承國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧銓氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱。「科學圖書大庫」首期擬定二千冊，凡四億言，叢書百種，門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。從事翻譯之學者五百位，於英、德、法、日文中精選最新基本或實

II

用科技名著，譯成中文，編譯校訂，不憚三復。嚴求深入淺出，務期文圖並茂，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，有數無類，效果宏大。賢明學人同鑑及此，毅然自公私兩忙中，撥冗贊助，譯校圖書，心誠言善，悉付履行，感人至深。其旅居國外者，亦有感於為國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬菲薄，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，報國熱忱，思源固本，僑居特切，至足欽慰！

今科學圖書大庫已出版七百餘冊，都一億八千餘萬言；排印中者，二百餘冊，四千餘萬字。依循編譯、校訂、印刷、發行一貫作業方式進行。就全部複雜過程，精密分析，設計進階，各有工時標準。排版印製之衛星工廠十餘家，直接督導，逐月考評。以專業負責，切求進步。校對人員既重素質，審慎從事，復經譯者最後反覆精校，力求正確無訛。封面設計，納入規範，裝訂注意技術改善。藉技術與分工合作，建立高效率系統，縮短印製期限。節節緊扣，擴大譯校複核機會，不斷改進，日新又新。在翻譯中，亦三百餘冊，七千餘萬字。譯校方式分為：(1)個別者：譯者具有豐富專門知識，外文能力強，國文造詣深厚，所譯圖書，以較具專門性而可從容出書者屬之。(2)集體分工者：再分為譯、校二階次，或譯、編、校三階次，譯者各具該科豐富專門之知識，編者除有外文及專門知識外，尚需編輯學驗與我國文字高度修養，校訂者當為該學門權威學者，因人、時、地諸因素而定。所譯圖書，較大部頭、叢書、或較有時間性者，人事譯務，適切配合，各得其宜。除重質量外，並爭取速度，凡美、德科學名著初版發行半年內，本會譯印之中文本，旋即出書，欲實現此目標，端賴譯校者之大力贊助也。

謹特掬誠呼籲：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者，與從事科學建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者。

主動地精選最新、最佳外文學名著，或個別參與譯校，或聯袂而來譯校叢書，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。祈學人們，共襄盛舉是禱！

著者原序

此書由已往四年間訓練計算機技術人員及工程師所用教材擴展而成。其目的在使讀者在學習數字計算機之基本原理時，有一捷徑可循。根據在計算機方面之經驗，凡欲學習或推廣計算機之知識者，均將面臨開始時之難苦階段：即不論所學習之計算機屬於何種系統，學習者必須首先適應“計算機思考”。學者必須學習計算機之背景，語言與基本元件。對儲蓄，控制，定時，數學與程序須有一基本之概念。如對此種基本知識熟悉後，則對某一計算機系統之深入研究，自能迎刃而解矣。

本書取材，以能代表一般計算機之基本原理為原則。故本書屬於基本電子學叢書之一。當教材由繁化簡後，讀者自易接受，惟仍有若干概念，未為一般技術人員所熟悉，故表達方法之清楚與否，至為重要。因此，本書取材力求易於瞭解，而以圖解方式為主。此實為學習計算機或其有關學科之最有效方法。

作者對柏洛茲公司 (Burroughs Corporation) 同人，以及對初稿校閱，或提供寶貴意見者，深致謝忱。尤其對林肯實驗室，麻省理工大學之 R.P. Mayer, Remington Rand Univac 之 C.F. Lee，以及柏洛茲公司之 D.T. Best 諸先生，提供指正意見，深為感謝。

譯者序

自第二次世界大戰後，電子計算機之發展，一日千里，時至今日，不論數字運算，資料處理與分析，莫不競相採用電子計算機，以往窮年累月，竭盡心力，所不易解決之問題，今可於一舉手間，而求得解答，故計算機之發明譽為第二次工業大革命，以機器代替人之腦力，洵非虛語也。

國內電子計算機之裝置，亦如雨後春筍，年有增加，以後廣被採用，正方興未艾也。惟目前有關計算機之中文書籍，殊感缺乏，學者深以為苦。

摩菲 (J.S. Murphy) 氏所著數字計算機之基本原理 (Basics of Digital Computers) 一書，取材豐富，深入淺出，尤其表達，採用圖解方式，更能使讀者一自瞭然，以收事半功倍之效，實為一不可多得之佳作。

徐氏基金會深感科學技術圖書為發展科學之基本工具，故年來致力於此種書籍之譯述，不遺餘力。茲者有鑒於計算機科學之重要，承邀將摩菲氏原著 Basics of Digital Computers 譯成中文，以饗讀者，譯者深以為幸焉。

許 照識於國立台灣大學

電機工程學系

五十八年十月

目 錄

第一冊 數字計算機的基本原理

計算機的早期構想	1—	1
初期的機械式計算機	1—	6
數字計算機的基本原理	1—	14
複習	1—	23
計算機的計數系統	1—	24
計算機的語言	1—	35
複習	1—	50
計算機如何工作	1—	51
複習	1—	75
寫程式	1—	76
計算機的記憶	1—	85
複習	1—	93
計算機如何服從人的命令	1—	94
複習	1—	114
索引	1—	115

人類與數學

人類永遠地沉溺於數學中，但又為計算的苦差事所困擾。於是，數學家們接受挑戰，來解決此一問題。不過，假如要解決的問題很大時，實際的計算工作是非常艱難的。這就是為什麼人類永遠不停地在設計計算工具，俾使計算工作變得比較容易。



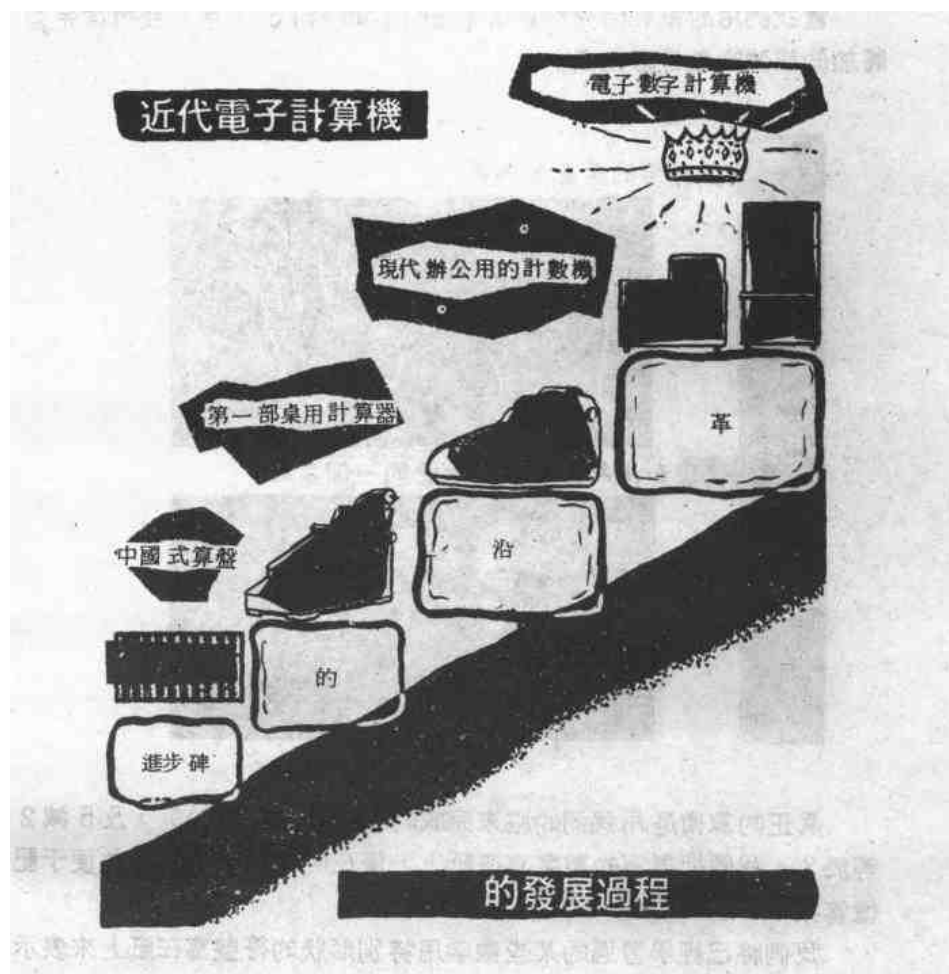
計算工具的最新設備為電子數字計算機 (electronic digital computer)。這種電子數字計算機是所有計算工具中最具威力而應用最廣的一種。它具有驚人的工作速度，它能完成以前的計算工具所不能完成的工作。

典型的應用

我們已經開始使用計算機來預報天氣，編製電費收費單和支付支票。在軍事方面，計算機可控制導向飛彈 (guided missiles)，計算部隊的最高戰略和有效的調派，並計算出消耗最小而平穩的補給系統。在工業方面，計算機正用來解決設計上的問題，控制存貨，決定何種生產產品在市場上最能獲利，甚至控制複雜的製造程序。



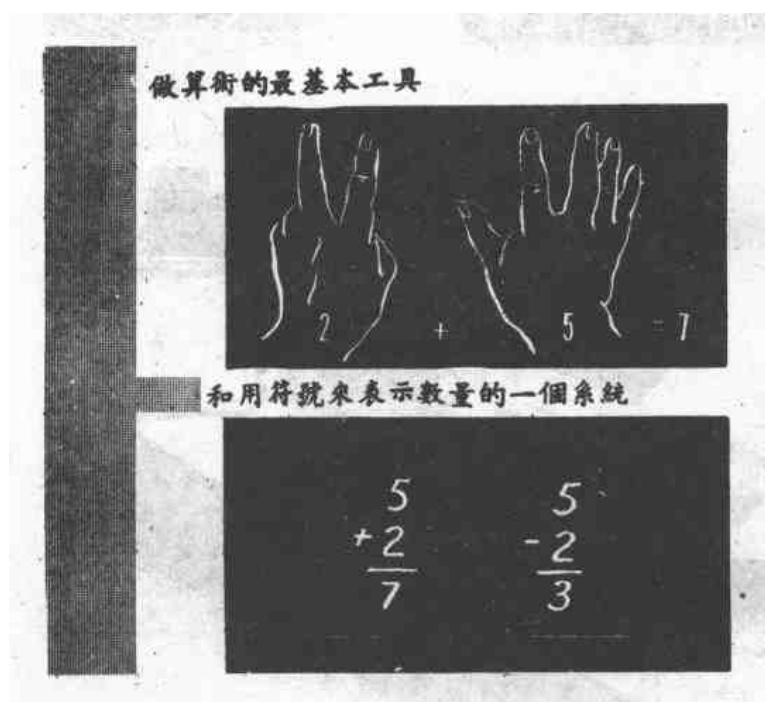
機械的機器



日常工作所用的加法機和桌用計算器 (desk calculator) 均為電子數字計算機的始祖。今日的進步是由於加法器 (adding machine) 和桌用計算器的邏輯發展，故敘述它們最好的方法應以每期的時代背景來表示。在本書中，我們將從這些早期的機器來敘述計算機的發展。

算術

當我們用鉛筆和紙來作算術 (arithmetic) 時，我們首先要將加的或減的數目寫在紙上。

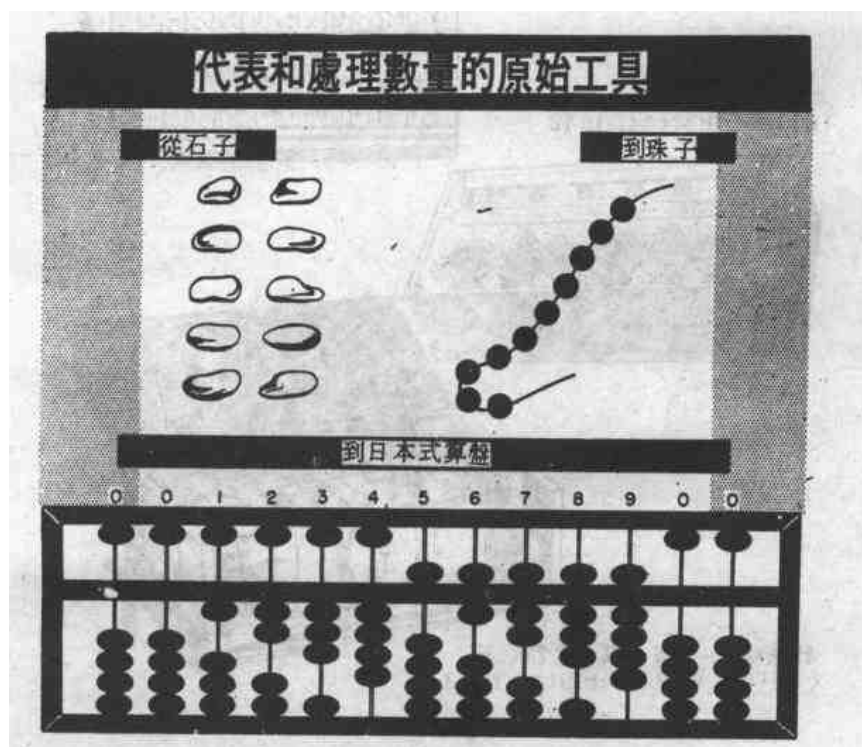


真正的算術是用我們的腦來完成的。如 5 加 2 等於 7，及 5 減 2 等於 3。我們把要算的數字寫在紙上，僅在使問題格式化，並便于記憶答案。

我們將已經學習過的某些數字用特別形狀的符號寫在紙上來表示。我們記得“5”這一符號代表一個五項的數量，“2”這一符號代表二項的數量。這些寫在紙上的小記號並非代表數量的唯一方法，表示數量“2”的另一種方法可以豎起兩個手指。在小學一年級讀書的每一個小朋友都知道，我們的手指不僅能代表數量，而且還可表示作算術的程序。我們每一個人常會伸出五個手指來代表數量“5”，然後再伸出兩個手指來，使數量增加到“7”。

珠子與算盤

假如數字能用手指來代表，它們也可用其他的東西來代表；用十個小石子或任意的其他十個東西和用十個手指沒有什麼區別。幾千年前，就有人將十個珠子（bead）穿在金屬綫和葦稈（reed）上，製造成後來發展為中國式算盤（abacus）的工具。代替手指的珠子能夠迅速方便地移動。中國式算盤，日本式算盤（soroban）（如下圖所示）和其他相同的裝置至今仍被吾人所採用。一些指法熟練的操作者可與我們現代化機械式計算機的速率相抗衡。

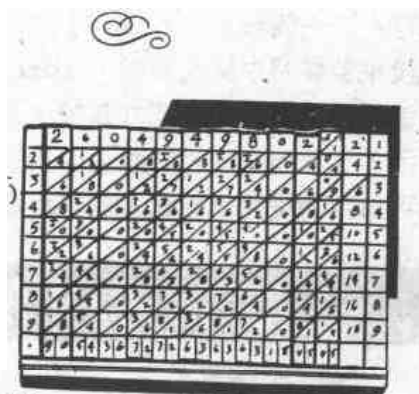


“這些計算工具與現代化自動的計算機差別最大的地方是它們沒有自動的裝置。操作者不移動珠子時，珠子本身便不會移動。因為這樣，這種裝備非常簡單而且容易製造。此種工具的缺點在它們的速率和精確度（accuracy）可能受操作者人為錯誤的影響。

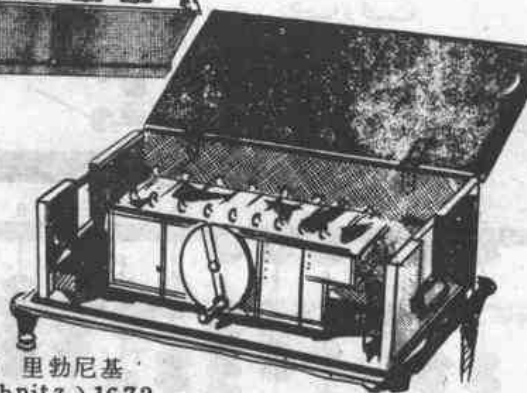
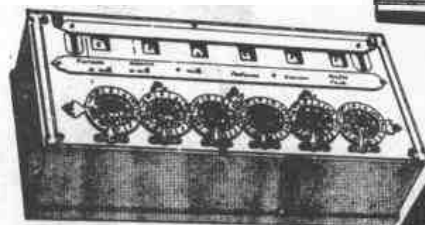
初期的機械裝置

初期的機械裝置

——約翰納貝爾 (John Napier)
1614



計算機——勃賴斯·帕斯卡
(Blaise Pascal) 1642

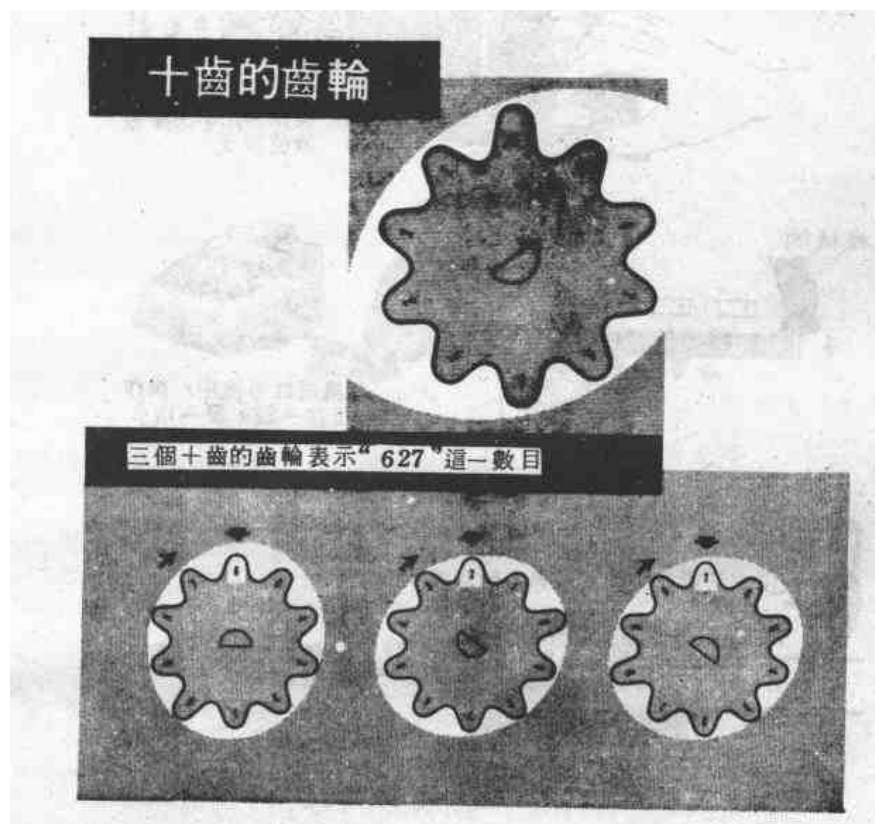


計數機——巴隆 馮 里勃尼基
(Baron Von Liebnitz) 1672

現代化機器開始的日期要追溯到十七世紀。那時期中的許多著名的數學家們（柏斯卡、里勃尼基和納貝爾）發明了機械式的計算裝置。柏斯卡的機器特別重要，因為這部機器中的一些基本原理和基本的機械作用迄今仍被採用。

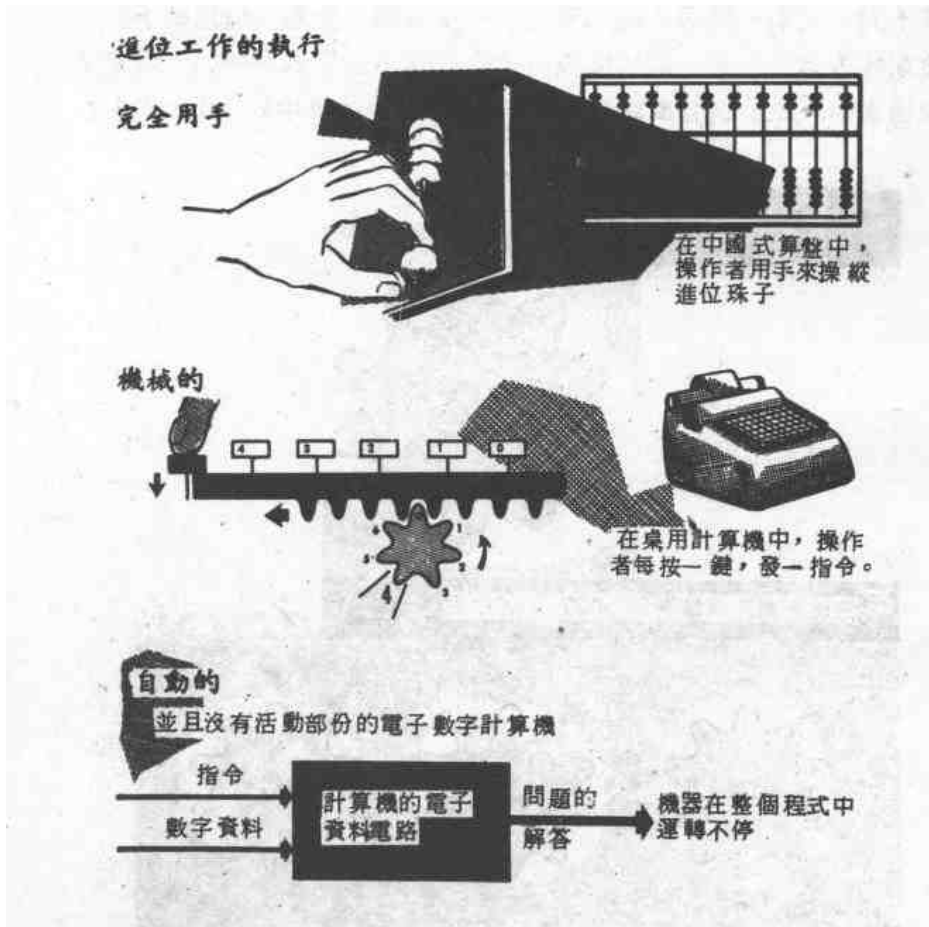
十齒的齒輪

柏斯卡用另外的十個項目來代替十個手指，它們的排列和算盤的算珠不同，柏斯卡將這十個項目列成一個圓圈。他用一個齒輪上的十個齒來代表數目。每一個齒代表由“0”至“9”數字中的一個數字。這種齒輪叫做十進計數齒輪 (decimal counting wheel)。



我們能將一個數目放進這類齒輪中，使用時祇要將齒輪轉動直到所需要的數目出現在指示器為止。例如，圖中下面的三個齒輪表示“627”這一數目。我們能將“111”這個數目加進去，運算時將每一個齒輪旋轉一格，使代表“7”，“3”，和“8”數目的齒出現在指示器的窗口，這表示其和為“738”。

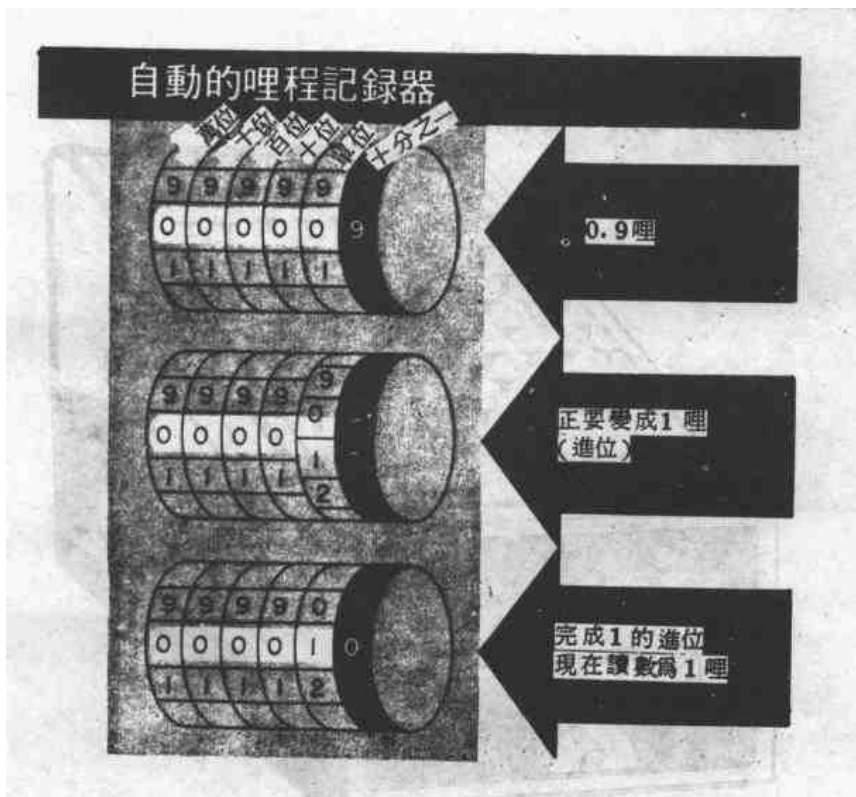
進位



柏斯卡所遭遇到的一個困難為計算機設計人永遠所面臨着的問題，即是用機械或電子來操作時，操作者不再直接參與操作。但在使用算盤時，操作者可直接和珠子接觸。當他將“6”與“4”相加需要進位時，他就將“1”進位到前面一行去。操作者的手指直接控制着珠子，因此，他知道什麼時候該進位。

自動進位

一部機械式的加法機本身必須知道何時需要進位。因此，當把數目作機械式相加時，必須要注意到機械式和自動式的進位，正像汽車中哩程表 (mileage meter) 的進位一樣。在柏斯卡機器中的一個主要問題為如何產生自動進位的機械作用。這正是所有計算機中仍然存在的問題。

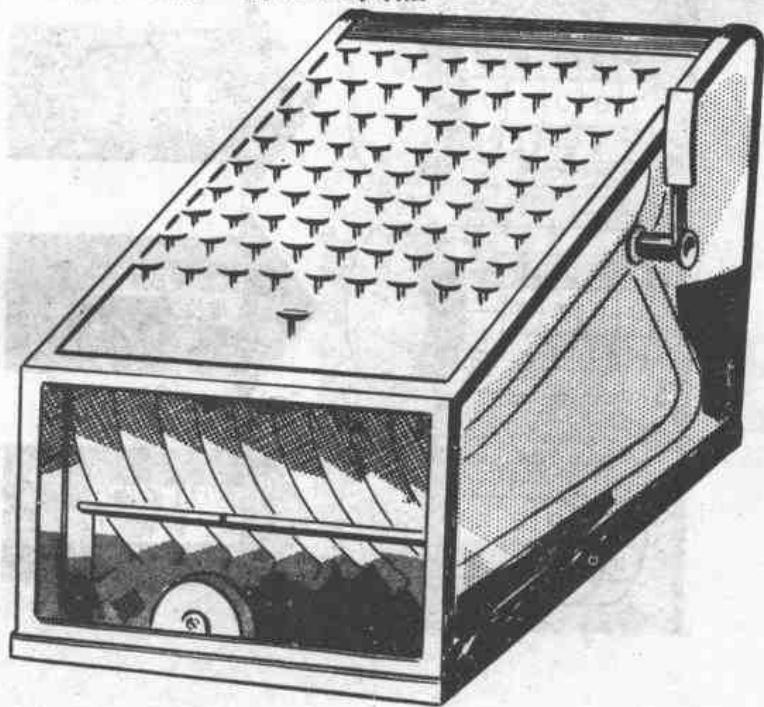


柏斯卡進位的機械作用對自動計算極有意義，因為它將操作者的進位改變為機器進位。一般來說，當操作者對操作的控制愈少時，機器就必須變得更複雜。這種自動的作用必須放入自動機器的機動中，但在比較簡單的機器中，則常依賴於操作者的智慧。

第一部商業上的加法機器

柏斯卡的發明為一個有用的失效，因為自柏氏以後的兩個世紀中，像柏氏一樣的其他加法機器一次又一次的製造出來，但最後終歸失敗。從觀念來說，他們並非完全的失敗，而是因為當時的機械技術不夠進步，不能製造出可靠的機件。直到公元 1885 年，當鮑羅夫 (Burroughs) 製造出第一部可銷售的加法機器後，機械式計算的觀念才慢慢地被商業世界所接受。

鮑羅夫的第一部加法機器



這些初期的機器祇能作加法；後來它們被改良使它們也能做減法。不過，由於乘除的運算比較複雜，它們還不能作自動的乘法或除法。