

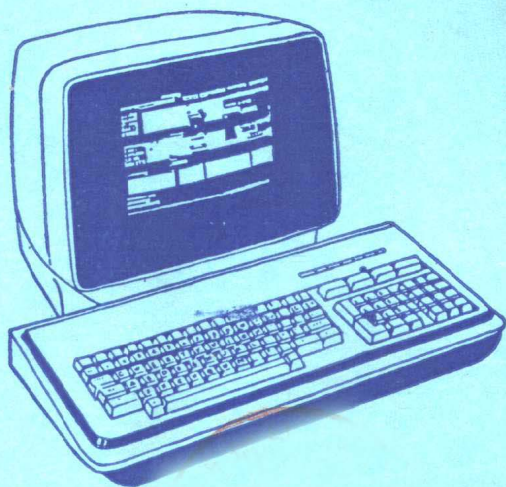
中学生课外读物

现代科学技术丛书



计算机的原理 应用与发展

徐福臻 李树貽 编著



人民教育出版社

中学生课外读物
现代科学技术丛书

计算机的原理应用与发展

徐福臻 李树貽 编著

人民教育出版社

本书是一本介绍电子计算机知识的通俗读物。两位作者多年来一直从事电子计算机的应用与研制工作。在这本书里，作者向大家介绍了电子计算机的发展历史，深入浅出地讲解了电子计算机的工作原理，通俗地介绍了电子计算机在科学、文化、教育、工农业生产、国防、交通、商业等众多领域中的应用，展望了电子计算机的未来及其在新技术革命中将起到的重要作用。

本书可做为中学生课外读物，也可以供中小学教师及机关、企业的干部和职工参考。

中学生课外读物

现代科学技术丛书

计算机的原理应用与发展

徐福臻 李树贻 编著

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京市房山县印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/32 印张 3.5 字数 72,000

1985年3月第1版 1985年7月第1次印刷

印数 1—31,000

书号 7012·0728 定价 0.46元

序 言

当前，全世界范围内正在进行一场以计算机应用为主要标志的新技术革命，它深刻地影响着各国政治、经济和生活等各个领域的变革。在教育领域中也是如此。许多国家已在不同的程度上进行了中小学计算机教育方面的实验与研究。在普通教育中普及计算机知识的必要性与可行性已经在很多人士的心目中得到了确认。在我国，中学计算机教育的实验工作也已经进行了一段时间。中学计算机教育将是贯彻“教育要面向现代化、面向世界、面向未来”这一重大方针的必不可少的环节。为此，我们编写了这本小册子，向广大青少年读者介绍一些电子计算机的知识，希望因之能为我国的教育现代化作出一点微薄的贡献。

本书共四部分，包括电子计算机的发明、工作原理、应用及展望。在前两部分中，回顾了计算机的发展史，简单介绍了计算机的工作原理。鉴于计算机技术的发展非常迅速，计算机产品不断更新换代，计算机应用范围日益扩充等诸方面的原因，在编写后两部分时主要以反映新概念和新观点为主，尽量取材于新技术和新成果，其目的是希望能使读者从中多了解一些计算机的最新发展水平。全书在叙述中尽量避免涉及专业知识，力求通俗易懂，以便于读者阅读。

本书第二部分由李树貽执笔，第一、三、四部分由徐福臻执笔。在编写过程中还得到了中国科学院计算所和计算中心的许多同志的支持和帮助。于琛、方明一、陶振宗等同志为本书的出版做了不少工作。对此，一并致以谢意。

编著通俗读物，我们是初次尝试，不妥或谬误之处会是不少的，敬请读者指正。

作 者

1985年1月于北京

《现代科学技术丛书》

数学科编委会

主 编 许国志

副主编 朱广田

编 委 于景元 项可风

徐福臻 李荫藩

目 录

序言	(1)
一、电子计算机的发明	(1)
(一) 算盘与计算尺	(1)
(二) 机械式计算器	(3)
(三) 查尔斯·巴贝奇机器	(5)
(四) 第一台电子计算机的诞生	(7)
(五) 冯·诺伊曼原理	(9)
(六) 计算机“家谱”	(10)
(七) 我国计算机的发展	(15)
二、电子计算机的工作原理	(22)
(一) 小学生是怎样解算术题的	(22)
(二) 计算机系统的构成——硬件和软件	(23)
(三) 计算机的硬件结构	(26)
(四) 信息在计算机里的表示方法	(28)
(五) 计算机中处理信息的数学——逻辑代数	(31)
(六) 逻辑电路	(33)
(七) 用“与门”、“或门”、“非门”构成计算机的部件	(35)
(八) 指令系统	(43)
(九) 软件	(46)
三、计算机的广泛应用	(55)
(一) 在科学与工程计算方面的应用	(59)
(二) 在信息处理方面的应用	(71)
(三) 在过程控制方面的应用	(81)

四、展望.....	(86)
(一) 硬件方面将出现重大技术革新.....	(86)
(二) 软件的发展.....	(95)
(三) 计算机辅助人类走向信息化社会.....	(98)
参考书目.....	(106)

一、电子计算机的发明

电子计算机是一种运算速度非常快的计算工具。现在的小型电子计算机，一秒钟至少能进行 1 万次加法运算，比人的速度快多了。有人做过试验，凭借纸和笔做 10 位数字的加法运算，至少要 5 秒钟才能完成，1 秒钟最多只能做 0.2 次。小小的计算机比人的运算速度要快 5 万倍。至于大型的计算机，有的已经达到每秒几亿次，比人要快十几亿甚至几十亿倍。运算速度这么快的电子计算机是怎么发明出来的呢？下面我们从人类计算工具的发展史一步一步地讲。

(一) 算盘与计算尺 算盘是一种古老的计算工具，大约是在我国汉朝时期(公元初)出现的，那时叫珠算。珠算是一块木板做成的，板上刻有许多槽沟，分上下两排，上排槽短只放一个珠子，下排槽长可放四个珠子。放在上排的珠子是黑色的，表示数“5”，放在下排的珠子是白色的，每个珠子表示数“1”。图 1-1 中所示的珠算的珠子表示的数为 26359。

那时的珠算和现在的算盘在构造上不同，珠算的珠子不是穿成串，而是如同棋子，用时往上摆，不用就取下来。珠算的构造很不完善，使用和携带也很不方便。

到唐朝初期(公元 620 年)，人们对珠算进行了改造，做成框式，珠子穿成串固定在框子上，成为一个整体结构，从此改

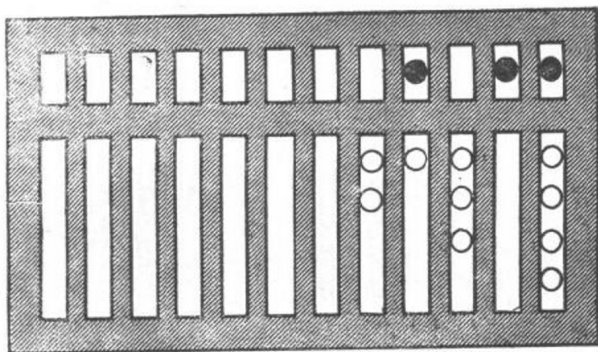


图 1-1 珠算

名为算盘。不过，珠算的称呼至今仍有沿用的。经过改造后的算盘，构造合理，使用、携带也方便了，有了很强的生命力，历经 1300 多年，流传至今。我国现今流行的算盘的构造和形状(如图 1-2)，早在宋朝初期(公元 960 年)就定形完善了，经受住了 900 余年的历史考验。

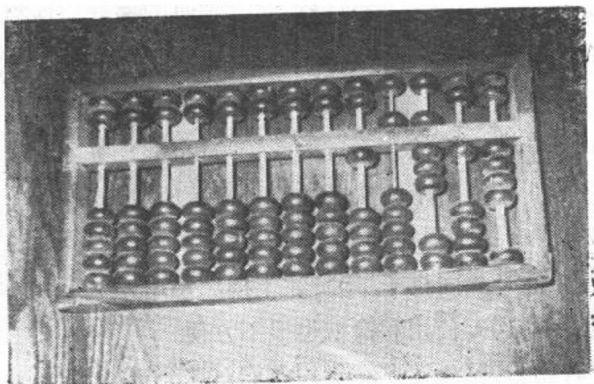


图 1-2 算盘

现在世界上有许多国家使用算盘，有的是从中国传过去的，有的是本国创造的。但是，中国使用算盘的历史最长久，应该说算盘是中国人发明的。

算盘用于加、减法运算，既灵便效率又高，可是用于乘、除法就不那么简便了。到十七世纪初，英格兰人纳皮尔 (*John Napier* 1550~1617) 发明了对数。于是，后人就利用对数原理

$$\lg(ab) = \lg a + \lg b$$

创造了计算尺(如图 1-3)。和算盘不同，计算尺是由物理量——长度表示数的，它用的是一种模拟量。

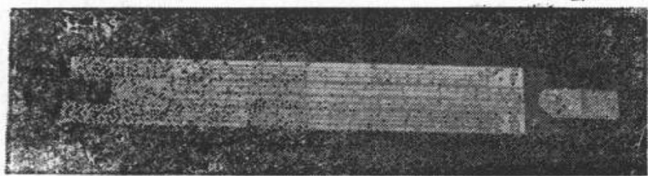


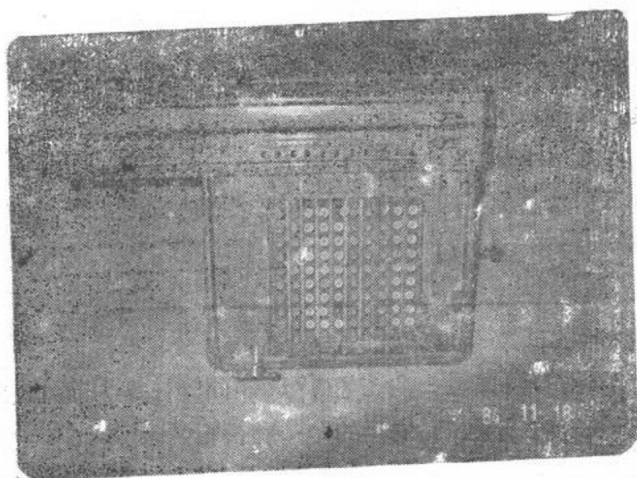
图 1-3 计算尺

计算尺也是一种经济耐用、简单方便的工具，历经 300 余年，至今仍有许多人使用。

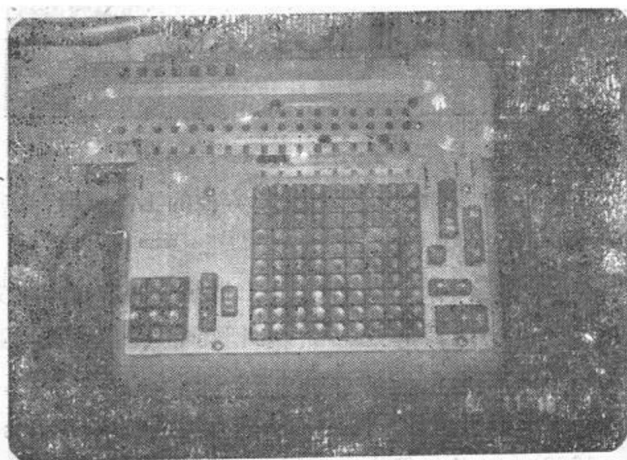
(二) 机械式计算器 十六、十七世纪，西方资本主义工商业的发展和科学技术的进步，对计算工具提出了更高的要求：首先是机械化。

最早发明机械式计算器的是法国人帕斯卡尔 (*B. Pascal* 1623~1662)，他的机器主要用于加、减法运算。德国数学家莱布尼兹 (*G. W. Leibnitz* 1646~1716) 对帕斯卡尔的机器进行了改进，制成了莱布尼兹机械式计算器。这台计算器能够

； 3 ；



(甲) 手摇式计算器



(乙) 电动式计算器

图 1-4

直接进行乘除法运算。这些发明创造，在当时由于技术水平的限制，还无法形成工业产品，它们只能被看作是学术上的珍品。迟至十九世纪二十年代以后，这类机器才完善到稳定可靠的程度，从而能够大批量生产，开始在社会上广泛使用。手摇驱动的计算器（图 1-4 甲）和电动式计算器（图 1-4 乙）就是这类机器中应用较广的两种。手摇的和电动的机械式计算器都用齿轮表示数，和算盘同属一类，是数字式计算器。现在，这种机械式计算器几乎全部为电子计算机所代替。

（三）查尔斯·巴贝奇机器 前边介绍的机械式计算器，要靠人在机器旁供给数据，用手摇或用电动机驱动进行运算。要靠人来记录中间结果，重新排列下一步的计算程序，这是很不方便的。由于步步靠人工，计算的速度就很慢，于是，产生了自动化的要求。

探索自动化计算器的先驱是英国人查尔斯·巴贝奇（C. Babbage, 1791—1871）。他 19 岁就学于剑桥大学，后来成为英国皇家学会会员，37 岁被推举为“路卡森教授”（*Lucasian Professor*），走上了英国数学界最荣耀的岗位。巴贝奇才华出众，学识渊博，涉猎了数学、工程、经济等许多领域。他曾以丰富的数学知识为基础专攻各种密码的编制和破译工作。他是运筹学的创始人。他用运筹学方法论证了统一邮资的收费方法是最简便、最经济、最有效的，使用这种方法不仅可以大大简化邮局业务，还能增加收入。他的这项建议被英国政府采纳，实行至今，而且成为全世界邮政业务的一个准则。他还是企业科学管理的创始人。他的《关于机械和工业的经济》一书，在欧洲企业界影响深远。但是，巴贝奇的毕生精力主要还

是致力于计算机研制工作。在青年时代，巴贝奇发现当时编制的航海表有许多错误，于是，他立志要研制成功一台自动制表机。这个宿愿在他 31 岁那年终于实现了。他制成的是一台专用加法机，机械式的，但能够按照计算者的要求自动完成整个运算过程，具有自动化功能。它的成功，标志着人类的计算工具向自动化迈进了一步。这台专用加法机是个小小的模型机。经过使用证明，用它编制天文和航海方面的数表很有效。如果要能仿制一台大型的，将具有更大的实用价值。于是，巴贝奇写信给皇家学会主席戴维(Davey)，提出用三年的时间制造一台大型的这样的计算器的计划。巴贝奇的这项宏伟计划虽经获准，终因技术条件所限，搞了十年也未能成功。

巴贝奇的设计思想非常活跃，紧接着又产生了另一种新机器的设想。设想中的机器是通用的分析机。它的构造包括：输入命令的穿孔卡、控制运算次序并具有自动转换功能的控制装置、称为“工场”(Mill)的运算装置、称为“仓库”(Store)的存储装置、自动输出结果的打印装置等，共五个功能部件，是一部完全自动化的计算机。可惜这台机器重蹈了他前一台机器的覆辙。但是，巴贝奇的这一设计思想是不朽的，他设想中的机器与现代电子计算机的构造完全吻合。

巴贝奇死后第 73 年，美国哈佛大学的艾肯(Aiken)在国际商业机器公司(IBM)支持下，研制成功一台自动程序控制的数字计算机，称为“MK1 号”。艾肯耕耘的是巴贝奇在一百年前种过的土地，不过，艾肯比巴贝奇幸运，有继电器这样的器件供他使用，他获得了成功。再者，MK1 号比巴贝奇原来设计的机器，在规模上小得多。MK1 号是机电式的。

(四) 第一台电子计算机的诞生 第二次世界大战期间, 美国陆军部为了研制新武器, 碰到大量的弹道计算问题, 使用已有的机电式计算机, 无论如何都没法完成如此繁杂的计算任务。于是, 陆军弹道研究所与宾西法尼亚大学的摩尔工程学院合作, 于 1943 年开始研制埃尼亚克(ENIAC)电子计算机。这项工作在艾克特(Eckert)和莫克莱(Mauchley)领导下, 于 1946 年获得了成功。

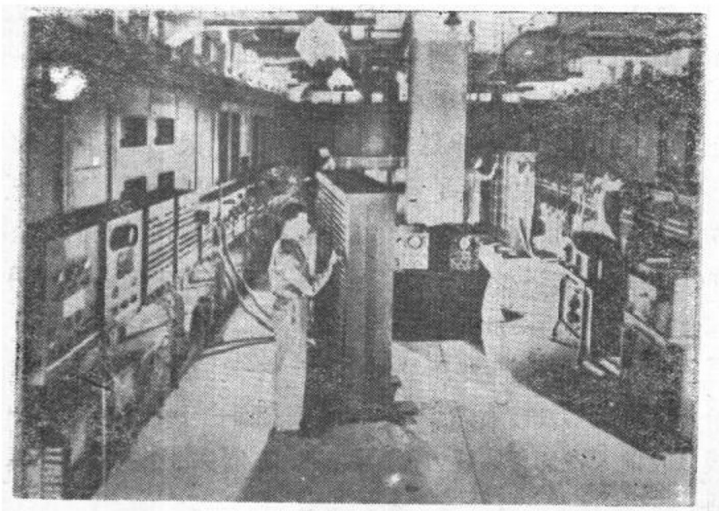


图 1-5 世界第一台电子计算机 ENIAC

埃尼亚克使用了一万八千个电子管, 总重量 30 吨, 占地面积 140 平方米。

前人采用齿轮和继电器制造的机器, 存在着一个根本不可克服的弱点, 即传动部分的惯性作用使运算速度受到了限制。例如, 齿轮的转动速度终归是有限的; 继电器的触点要用

几千微秒的时间来开启或关闭，速度也快不了。埃尼亚克采用的是电子管。电子管可以在1微秒内完成开启和关闭，从而使埃尼亚克能够在一秒钟之内进行5000次加、减法运算，比机电式计算机快了1千倍。机电部件替换成电子元件，使计算机技术跨入了电子时代，这是人类计算工具发展史上的一次革命性的飞跃。

从1947年起埃尼亚克开始使用。它虽然是为计算弹道而设计的专用机，但不久人们就发现可以用它进行一般性问题的计算，例如用它计算 π 和 e 的数值，轻而易举地算到了二千位小数。许多领域中用人力无法直接计算的所谓“解算不能”的一些大而复杂的难题，也都由于使用了埃尼亚克而一个一个地突破了。它解除了一些工程设计中的“禁区”，为一些新兴科学技术领域的开拓起到了“敲门砖”的作用。我们可以这样说：第一台电子计算机的诞生是人类走向近代文明社会的最关键的一步。

埃尼亚克的诞生绝不是偶然的，它一方面是由于在战争年代里研制新武器的需要，另一方面则是由于电子技术的出现以及前人在计算装置方面的发明创造为它的诞生打好了基础。

十九世纪末，磁的存储作用已为人们所认识，从而发明了磁带，二十世纪初又发明了三极真空管。在此期间科学技术进步得很快，生产发展也很迅速，人们对改进计算工具的要求是非常迫切的。但是，电子计算机为什么迟至二十世纪四十年代才能诞生呢？问题的关键在于无线电工业的兴起。无线电工业能够大批量生产电子管，是在二十世纪四十年代。埃

尼亚克需要的一万八千个电子管,不能依靠实验室供应,而必须以无线电工业为基础。

虽然埃尼亚克取得了巨大成功,但设计者的思想仍有很大的局限性。在设计结构上还存在着根本性的缺陷。这个缺陷是:控制计算过程要靠在机器外部连接临时性的控制线路的办法来实现,而这种控制线路相当复杂。解算一个问题,花在计算上的时间可能是几分钟,但往往要用一、两天时间来连接这些复杂的控制线路。使用起来很不方便,高速运算的效能也得不到发挥。

(五) 冯·诺伊曼原理 冯·诺伊曼(Von. Noumann 1903~1957),生于匈牙利首都布达佩斯,22岁获得数学博士学位,1930年应聘赴美国任普林斯顿大学教授,1933年转到该校高级研究所,并在那里工作了一生,曾被选为美国数学会会长。他的著作很多,三十年代出版了一部名著称之为冯·诺伊曼代数学,四十年代发表了许多关于统计学、流体动力学、弹道学、气象学、博弈论以及计算机理论和设计等方面的论文。二次大战期间,他担任过陆军弹道研究所的顾问和美国原子能委员会委员。他还是埃尼亚克的设计顾问。埃尼亚克研制成功后,曾试图用它计算原子弹的特性和效应,这使冯·诺伊曼发现了两个问题:一个问题是计算原子弹的特性和效应,对快速、重复和广泛计算的需要;另一个问题是埃尼亚克的缺陷。冯·诺伊曼把这两个问题结合起来考虑,促使他产生了把在机器外部连接线路控制运算的做法,改为放在计算机内部来进行,即所谓**内存储程序的概念**。他于1946年6月发表了题为《初步探讨电子计算装置的逻辑结构》的论文,