

电子计算机应用普及讲义

华东计算技术研究所
渔船厅局上海检验处

一九八四年九月

电子计算机组成原理

清华大学出版社

—— 计算机组成原理 ——

目 录

(简 要)

第一章 概 论	2
前言部分	2
第一节 计算机的发展史	2
第二节 电子计算机分类	5
第三节 电子计算机的特点	7
第四节 电子计算机的应用	8
第五节 计算机的发展动向	13
第二章 计算机的基本原理	16
第一节 计算机的基本结构及其功能	16
第二节 计算机的基本逻辑单元及其作用	22
第三节 布尔代数和基本门电路	26
第四节 计算机硬件和软件系统	35
第五节 数在计算机中的表示	36
第三章 程序设计基础	57
第一节 基本概念	57
第二节 指令系统和寻址方式	60
第三节 程序设计语言的发展和分类	68
第四节 操作系统简介	70
第五节 程序设计基础	72

第四章	BASIC 语言简介	84
第一部分	BASIC 语言的基本成份	84
第二部分	输入和输出	93
第三部分	分支程序结构	101
第四部分	循环	117
第五部分	数组	133
第六部分	函数	144
第七部分	子程序	155
第八部分	字符处理	169
第九部分	文件处理	178

序 言

本讲义是在上海渔船检验处大力协助下，由华东计算所计算机应用开发组编写完成的。我们的目的是配合当前推广普及应用计算机热潮，为广大科技人员和一切希望了解和学会使用计算机的同志提供方便。本讲义可作为计算机应用的入门教材，有一定数量例题和习题，力求文字易懂，便于自学。内容上从应用角度着手侧重于介绍有关计算机的基本的也是必不可少的知识。而在介绍计算机的硬件知识时，尽量阐明它们的概念、功能和作用而不引导读者去了解硬件的电路实现和电器性能。本讲义尽可能作到深入浅出。有关计算机应用中必要的（软件和硬件）概念和术语基本上都提到了。如果希望在某一方面深入下去的读者可以参看有关专业书籍。

仓促间编写的讲义，错误和缺点在所难免，恳请广大读者和有关同志提出批评指正。

华东计算所计算机应用开发组

一九八四年六月

第一章 概 论

电子计算机，亦称电脑。它神通广大，看病不用上医院，家里的“电脑医生”能根据你的病情，作出正确的诊断，开出最好的处方；求学不用进学校，家里的“电脑老师”能根据学生的具体情况，因材施教；“电脑秘书”能根据你的指令，把工作安排得井井有条；“电脑管家”能根据主人的需要，做好各种繁杂的家务。在工农业生产的发展和管理上，在科学研究中，在社会秩序的维护和交通运输的指挥方面，在市场销售和银行服务等各行各业，它都大显身手、不可缺少。当前，一场新的技术革命正在世界兴起。这场技术革命，始于电脑的发明，现已形成了一系列高技术新工艺的产业群。为迎接新的技术革命的挑战，早日实现四个现代化，我们应不失时机地狠抓以电子计算机（尤其是微型计算机）为中心的开发应用。在这种新形势下，我们编写了这份讲义，其目的是使原来不懂计算机或想要使用计算机的同志了解计算机的基本知识，初步学会使用计算机。

第一节 电子计算机的发展史

在人类发展史上，电子计算机的出现是和蒸汽机的发明具有同等重要的意义的。它很强的计算能力使复杂到超出人力范围的计算成为可能，它严密的逻辑推理能力能在复杂的环境中作出正确的判断。如果说望远镜是人眼的延伸，机械手是人手的延长，那么电子计算机就是人脑的扩充。计算机不是凭空而起，它是人们在长期进行生产实践和科研活动的产物。

人类在同自然界作斗争时，“计算”活动是必须进行的。人类开始是用石块和贝壳计数的，但伴随着生产发展和频繁的商品交换，就创造了简单的计算工具。我国唐宋时期就开始使用算盘。算盘本身是不会直接作加、减、乘、除运算的，需要人们按口诀拨动算盘子。十七世纪，欧洲发明了计算尺，所用的数学原理是两数相乘（除）的对数

等于两个对数之和(差)。一六四二年法国二十岁的数学家巴斯格尔(Bascal)发明了第一台能做加减运算的机器,用于计算法国的税收。一六九四年德国著名数学家莱布尼兹(Leibnitz)发明了能自动进行乘除运算的机器。只因当时生产水平限制,不能提供精密零件而未能作为商品投入使用。这种机器尽管取得了很大的进步,但存在一个主要的缺点:每一个运算步骤都要人工干预。要人每次把操作数提供给机器,安排好中间结果后方能执行下一个计算。这就说明它不能自动计算。为了克服这样的缺点,白贝治(Babbage)在十九世纪到二十世纪提出了自动计算机的概念:将计算步骤和数据预先存放起来,机器能自动取出数据进行运算和在需要时作简单的判断以决定下一步的计算顺序。值得一提的是,他提出的“条件转移”的概念,已成为现代计算机必不可少的一种重要操作。他还受纺织机中纹版的启示,利用卡片存储命令和数据。一八八九年美国的霍勒里思(Hollerith)根据这种原理制成了卡片机,作人口统计用。

二十世纪三十年代,在国际商业机器(IBM)公司和贝尔(Bell)电话实验室的支持下,制成了半自动化的继电器式的机器。

二十世纪四十年代,无线电技术与工业的发展,将电子技术和计算技术结合起来。由于二次世界大战军事上的需要,在美国陆军部的主持下,由美国宾夕法尼亚大学的艾克特(Eckert)和毛彻莱(Mauchley)设计的ENIAC(电子数值积分和自动计算机的缩写)于一九四五年宣布完成。ENIAC用电子管代替继电器,这个庞然大物共有一万八千多个电子管,一千五百多只继电器,重三十吨,耗电一百五十瓩,占地一千五百平方英尺。运算速度是以往计算机器的一千倍,每秒可作五千次十进制数的加法。长期以来,被世界公认为世界最早诞生的计算机。一九七六年国际电子计算机历史会议确认一九四三年在英国诞生的、多次破译德国法西斯密码有功的“贾恩特”(巨人之意)是世界最早的计算机。

美籍匈牙利人冯·诺伊曼(Von Neumann)提出了存储程序的方法,并从一九四一年开始设计、一九五二年完成的EDVAC计算机。这台计算机是现代通用数字计算机的原型。

一九四五年到一九五九年期间，使用电子管组成逻辑电路的计算机称为第一代计算机。它体积大，耗电多，运算速度慢，存贮容量小，可靠性差。所采用的基本技术：二进制与程序存贮奠定了现代计算机的技术基础。我国于一九五八年生产了“103”型电子管计算机，填补了计算机的空白。

第二代计算机是晶体管计算机，从一九五九年到一九六四年。逻辑电路是由晶体管组成的。体积小，放热少，功耗小，维护环境的要求低。除了用于科学计算和军事方面外，还广泛用于数据处理和工业控制方面。我国从一九六四年开始，生产了多种型号的晶体管计算机，如109—乙型，X—2型机等。

第三代计算机是集成电路（小中规模）计算机时代，从一九六四年至一九七〇年。逻辑电路是由小中规模集成电路组成的。小中规模集成电路是用集成电路技术将晶体管、二极管、电阻和其它元件装在一个组件里，在一块几个平方毫米的芯片上集成了几个到几十个门电路。计算机的体积大大缩小了，速度更快了，功耗更小，可靠性更高。我国从一九七〇年开始生产了多种型号的集成电路计算机。一九七二年研制成功了一百万次/秒的655计算机；一九七六年研制了二百万次/秒的013计算机；一九七八年研制了五百万次/秒的905计算机。

第四代计算机是大规模集成电路（LSI）计算机。它是从二十世纪七十年代开始的，逻辑电路是用大规模集成电路组成的。在一块只有几个平方毫米的芯片上集成了一百个到五千个门电路，用它们去装ENIAC的话，体积只是原来的三十万分之一。体积和功耗更小，可靠性更高，价格更低。国外已出现由几块芯片组成的微型计算机，甚至出现了将整个计算机集成在一块芯片上的单片微型计算机。据国外记载，现在最高速的计算机是十三亿次/秒，我国在八四年制成“银河”计算机，速度为一亿次/秒。

第五代计算机是超大规模集成电路（VLSI）计算机。这一代计算机将是一种能识别图象，能听懂自然语言，具有自学能力，类似人类智能活动的“人工智能”计算机。美、日等国正在研制之中，目前

我国也列为重点的攻关项目之一。据国外预测，一九九〇年可以问世。

第二节 计算机的分类

第一节是按照组成计算机逻辑电路的组件把计算机划分为五代的。还可根据计算机的计算方式、规模和用途进行分类。

(一) 按照计算方式，计算机分为三类

(1) 数字式电子计算机。它用电信号的有或无以及数字的个数来表示数值大小和多少的，依照算术和逻辑运算法则进行计算。这类计算机精度高，灵活性强，便于信息存贮。除特别声明外，一般都是指数字式电子计算机。

(2) 模拟式电子计算机。它是用电压或电流的大小来表示数值的大小与多少的，是用电的物理变化过程实现数值计算的。这类计算机精度有限，信息存贮困难，但能模拟问题中的物理量，便于仿真研究，解题速度快。在国防和工业上应用较多。

(3) 混合式电子计算机。它把模拟技术和数字技术灵活地结合起来，多用于一些专门部门。

(二) 按照规模，计算机分为五类

(1) 巨型计算机。内存贮器容量数十万字以上，运算速度每秒上亿次。

(2) 大型计算机。内存贮器容量数十万字，运算速度每秒数百万、几千万次。

这两种计算机主要用在原子能、宇宙航行、军事和天气预报等方面的数值计算。字长一般为四十八位或六十四位。

(3) 中型计算机。内存贮容量十余万字，运算速度多为每秒几十万次。

(4) 小型计算机。字长一般为十六位，它是按照“以最低的成本获得最好性能”原则设计的，它具有较高的性能/价格比。例如，VAX-11/780 小型机的功能是大机 CDC-7600 的十八分之一，而售价仅为后者的五十分之一，因此性能/价格比高于 CDC-

7600。由于这种小型机是设计为多功能的，所以既能用于过程控制，又可用于数据处理和科学计算。我国生产的DJS—130，DJS—183就是相当于美国的NOVA和PDP—11系列。

(5) 微型计算机。随着大规模集成电路的发展，把计算机的运算器和控制器做在一块芯片上，该芯片称为微处理器片，是微机信息处理的中心。也可以分别把存储器 and 外围设备的连接电路做成半导体存储器片和外围接口电路片。由上述几块芯片组成一个微型计算机。微型机与其它计算机相比有一些不同特点：①字长一般为四至十六位，三十二位微机虽已问世，但常见的是八位和十六位的；②主存贮容量对八位微机来说，多为64 K字节，比小型机稍小些，大量信息作为文件、记录形式存放在存取速度较慢的软盘上；③指令执行时间一般较长，指令功能一般不是很丰富；④体积小，价格便宜，灵活性大。

(三) 按照用途，计算机分为两类

(1) 通用计算机。能用于多种用途的，既能科学计算，又能数据处理和过程控制。

(2) 专用计算机。为某种用途专门设计的。

若按照数的表示形式，还可分为定点机和浮点机。对巨型、大型、中型计算机来说，因为它们主要用于科学计算，要求精度高，所以一般都是浮点机；而对小型、微型机的基本配置来说，一般都是定点机。

在浮点机中，数的浮点记法如下（用十进制数的例子说明）：

惯用记法	浮点记法
$8076000 = 0.8076 \times 10^7$	$8076 + 07$
$80.76 = 0.8076 \times 10^2$	$8076 + 02$
$0.8076 = 0.8076 \times 10^0$	$8076 + 00$
$0.0008076 = 0.8076 \times 10^{-3}$	$8076 - 03$

在定点机中，或用整数表示或用分数表示，它们的计算例子如下：

$$\begin{array}{r}
 3023. \\
 \times 6104. \\
 \hline
 18452392. \\
 + 4116. \\
 \hline
 18456508.
 \end{array}$$

(整数式)

$$\begin{array}{r}
 .3023 \\
 \times .6104 \\
 \hline
 .18452392 \\
 + .4116 \\
 \hline
 .59612392
 \end{array}$$

(分数式)

定点机在运算中会遇到许多麻烦，在多数大型“通用”定点机中，可以通过程序中的特殊技巧实现浮点运算。

第三节 计算机的特点

计算机是一种数值计算、逻辑推理、符号处理等方面信息加工的机器。它具有下列的特点：

(1) 运算速度快。在大、中型计算机中，通常以平均每秒完成多少次算术运算来表示运算速度的。在小、微型计算机中，一般用定点加法或寄存器加法的速度表示。

曾经有人手算 π 值（圆周与直径之比），花了十五年时间计算到小数后 707 位，而用一般速度的计算机，一小时就能计算到相同的位数。“四色猜想”是世界上三大数学难题之一，它的意思是：对于平面或球面的任何地图，最多用四种颜色就能把相邻地区标记成不同颜色。长期以来因为该问题的步骤十分复杂、工作量很大，一个人一辈子也计算不完而无法证明出来。一九七六年美国 Illinois 大学的 K. Apple 等化了 1200 多个小时的计算机时间，验证了 1900 多个引理和定理，完成了 100 亿次逻辑判断，终于证明了这道难题，轰动整个数学界。

美国兰德公司哈默博士估计，现今约有 15 万台单独进行工作的计算机，工作量折合人力为四千万人。

(2) 精确可靠。计算尺的精度只有三位有效数字左右。计算器一般有八位有效数字。数值计算用的计算机一般有效数字都在 10 位以

上。计算机的字长越多，精度越高。必要时还可作双精度、多精度的计算。通常计算机能连续工作几百小时甚至几千小时而不发生故障，可靠程度是很高的。现代计算机使用时上电，不用时关闭电源，象半导体收音机一样。

(3) 有“记忆”能力。它能记住程序、数据（包括运算结果）。记住的信息越多，做的事就越多。记忆能力主要靠存贮器。记忆能力的程度与存贮器的容量有关。例如须存贮容量为 256K 字节，是指它能记住 $256 \times 1024 \times 8 \approx 200$ 万个二进制数字。

(4) 能自动进行运算。人们使用算盘时，首先要把运算公式（操作数和运算符以及运算步骤）写在纸上或记在心里，然后通过人的控制，一步步操作。计算机与此不同，一旦人们把程序（操作命令和运算步骤）、操作数据存入存贮器后，计算机就能自动执行程序，对数据进行运算，不必人直接控制和参与。

(5) 具有逻辑判断能力。计算机除了能进行算术运算和逻辑运算外，还有着逻辑判断能力。它能比较两个信息，并按照比较的结果决定下一步执行哪条命令。最简单的判断就是无条件转移和条件转移。这就使计算机具有自动计算和控制的能力。

第四节 电子计算机的广泛应用

电子计算机由于有着第三节所述的特点，因而在科学研究、国防建设、国民经济以至日常生活等各个领域越来越有着广泛应用。据美国统计，六十年代前，应用项目只有 300 项，一九六八年达 1400 项，一九七四年超过 2670 项。特别是小、微型计算机的出现，使计算机从军事、科研进入到企业、办公室以至家庭和个人的应用领域。据国外估计，八十年代美国家用计算机和小轿车（约九千多万辆）一样普及。下面简介国内和国外计算机应用情况。

（一）国内应用简介

目前国内的计算机应用主要在科学计算、数据处理和自动控制三个方面。

一九七六年上半年统计，上海有计算机 113 台，其中用于科学计算 26 台，占 23 %；数据处理 30 台，占 27 %；工业控制 57 台，占 50 %。一九八三年上半年统计，上海有各种计算机 1171 台，其中进口计算机 692 台，国产机 479 台；60 % 以上是小型和微型机。下面举些例子说明在几个方面的应用。

(1) 科学计算方面

我国某高水坝的设计，用计算机大大缩短了设计周期，节省国家投资 1000 万元。

设计上海彩色电视塔时，经过计算机几分钟的计算，就完成了几个月的手工计算量，节省了大量钢材。塔高 216 米，只用了五百吨钢材，而某资本主义国家，塔高 300 米，用了二千吨钢材。

很多工作常常有时间限制的。以天气预报为例，天气变化规律可用数学方程式描述，把某个时间的温度、气压、风向、风速等已知数据代入方程式，就得到有关的气象数据。预报未来 24 小时的天气，用手摇计算机则需要一、二个星期才能完成，预报就失去意义了。如果使用百万次/秒的计算机，经过几分钟计算，就得到未来 10 天的天气预报数据。又如潮汐预报，对工农业生产、防汛、航运都有着重大意义。人工预报一个水文站的正点潮位，即使采用粗略的计算公式，一个人要工作三个月，误差很大。选用复杂计算公式，由中型计算机计算，七分钟就完成，精度显著提高。人造卫星一个多小时绕地球一周，洲际导弹飞行速度更快。可借助计算机及时计算出它们的运动轨迹来确定它们在每一瞬时的坐标位置。带有计算机装置的导弹自动控制系统能自动准确地发射，稳定地飞行，发生偏差后及时纠正。目前已使用计算机来设计飞行器，但设计好的飞行器模型仍要经过多次的风洞试验，如果有 100 亿次/秒的超高速计算机，就能对设计的飞行器模拟风洞试验过程，费用只是风洞试验的三十分之一。科学计算有一个共同点：计算公式复杂，精确度要求高。

(2) 数据处理方面

科学实验和企业管理常需要换算、整理、分类和作误差修正等处理的数据。它的特点是：计算公式没有科学计算那样复杂，但要处

理的数据量很大。举些例子说明吧！

有一种勘探石油资源的方法叫做“地震数字勘探法”。根据炸药爆炸产生地震波在地层内部反射情况来确定该地区石油分布情况。一次地震采集到几十万个数据，计算机当天就能处理完，从而提高了勘探质量，加快了勘探进度。

XJ—1 机的实时心电监护系统，能发现一般心电图查不出的早搏、停搏，还能对重危病人和心肌梗塞病员进行实时监护，多次把病人从死亡线上挽救过来。

上海市内电话局 114 查号台，把“电话号码簿”存放在计算机内，用户要查询某单位的电话号码，查号台操作员将单位名称输入到计算机，由计算机自动查找“电话号码簿”，查找到了，由发声装置自动告诉用户。

可用计算机将英文翻译成中文。它模拟人的翻译过程：遇到英文单词就去查英汉字典，了解中文意思；一个英文句子除了需要了解每个单词中文意思外，还得依据文法将其组合起来，才能构成中文句子。为此，可编制一个“翻译程序”并提供一个计算机使用的“英汉字典”，存放在计算机内。计算机执行翻译程序，依照英文句中每个单词，从计算机内的“英汉词典”查出相应的中文字意，按文法把零碎的中文字组织成中文句子。

利用计算机还可实现档案文件和管理、分析和快速查询工作。

(3) 自动控制方面

自动控制系统中的计算机有时也叫做控制机。它必须和测量部件、执行结构连接起来。一般说来，控制机规模较小，功能不必很强，但具有两个特点：①有较多的外部接口装置，如 D/A，A/D 等专用外部装置；有较完善的中断系统，以便能及时输入初始信息和实时处理系统中各种问题。②可靠性高。要求计算机能不间断工作，如有必要，还需要多机并行工作。下面举些例子。

机械加工常碰到外形复杂的加工对象，手工加工不仅费时而且合格率低。加工前如能给出加工对象一些关键点的坐标位置和几何外形

的数学公式，就可编制加工程序输入到计算机去，让计算机自动控制机床的刀具运动完成加工任务。如果工厂已有较完善的自动化设备，可把计算机作为全厂的生产控制中心。原料进厂后，自动分析原料的数量和质量，拟订本批原料的生产计划，控制加工的各个工艺流程，使生产过程处于最优工作状态，生产出成品后，进行检验、分类、包装、入库等。为什么一台计算机能身兼数职、胜任这样多工作呢？基本道理和饭店里一个服务员能接待几十个顾客用膳一样。第一，服务员端菜速度远比顾客用膳速度快；第二，服务员能交错地给不同顾客端菜。同样，计算机运算速度比机械速度快上千倍、万倍，计算机的中断系统能实现分时操作。

（二）国外应用简介

早期计算机几乎全属政府和军事部门所有。一九五四年进入商业领域。一九五八年以前，主要应用在科学计算，统计、工资计算等。一九六四年以前，扩展到工业自动控制，企业管理，仓库管理，飞机火车座席预约，银行系统，生产管理等。一九六五年以后，发展到分时系统、计算机网络等。

几年前有人作过估计，不包括数以千千万万计的微机在内，全世界有 40 万台计算机，其中美国 22 万台，达 1 台/1 千人；日本 41900 台，西德、法国、英国、苏联均为六、七千台。下面举些例子说明在各个领域上的广泛应用。

（1）工业

新日本制铁公司用计算机管理，节省人力一万人。七千多名职工，钢产量达四千多万吨。该公司一个工厂的四号高炉，1971 年 10 月安装了计算机控制系统后，实现了以质量控制为中心的投料、出铁出渣和原料、生铁成分的管理和控制，改进生产过程，声称取得了世界最好的燃料比：437 公斤/吨。

英国马兰汽车制造厂装配车间生产线，把用户要求的型号、特殊要求、数量和交货日期通知计算机。计算机便自动计算这批货所需的零件数，安排日进程，测试已生产的汽车数据，检验产品。整个生产

一直处于均衡状态，日产量增加100%。

(2) 农业

美国宾夕法尼亚州约有奶牛235,000头，占全国奶牛 $\frac{1}{3}$ ，用计算机管理奶牛，记录每头奶牛的生长情况，进行选种和繁殖。每头牛年平均奶产量12,965磅，产量增加一倍。牛场总收入增加了两倍。

(3) 医学

美国研制的心电图分析系统安装在华盛顿V A医院，帮助医生从心电图数据中诊断病人的心率不齐，正确性达88%，提高了24%。

(4) 服务行业

美国最大的计算机系统安装在贝尔电话公司，有1亿个终端装置，承担的工作要美国 $\frac{1}{3}$ 人口才能完成。

(5) 科学研究

世界每年约发生500万次地震，其中五级以上有一百多次。美国加利福尼亚州科学家对地震引起建筑物震动情况进行实验。采用了计算机模拟方法，如模拟5.5级地震对10层楼房模型的震动，分别作出房子在震中，距离震中10哩、20哩的实验，用快速摄影机将房屋摆动情况拍摄下来，用计算机对这些照片进行分析。

(6) 教育事业

计算机辅助教学CAI (Computer - Assisted Instruction) 缩短学时，提高教育质量，能根据个人特点进行学习，使教师从批改作业、记录成绩、反复训练学生的基本技能等重复而繁琐的事务中解放出来。美国的伊利诺斯大学一九七三年完成了PLATO-4系统。它有一个完善的人机对话编译器，分析学生的错误。在和大学生对话时，发现对方错误，先把错误标记出来，学生知错了可改，若还不理解，编译器就给出提示，提示了还不懂，就对错误进行分析。它还有一个会话式情报检索系统，指导学生根据自己的基础和实际情况学完课程程序库规定的内容。

例如对话如下：

学生：“我喜欢上次选的课程，还有类似的课程吗？”

系统：“课程X是你上次选的课程Y的继续，不过下周一有PIL语言的考试，你对I/O语句的理解还远远不够。建议你先选课程Z，那里有I/O语句的复习。”

.....

(7) 日常生活

美国已出现用单片微处理机安排食谱。一个单片微处理机装在电话上既可录音又可代替打电话；装在缝纫机上能记住20多种不同的缝衣方法。

(8) 计算机辅助设计 (CAD)

它是近十几年来被广泛重视的一项重要计算机应用。在飞机、船舶、半导体集成电路、大型自动系统等设计中，CAD占有越来越重要的地位。以半导体集成电路为例，要在不到一平方厘米面积的硅片上制造出上万个电阻、二极管和三极管必须经过制图、照像制版、光刻等多道复杂工序。采用了CAD技术就能用制版程序在专用设备上直接进行光刻，免去了制图工作量，精度大大提高。应用CAD的另一个突出例子是用计算机辅助设计、制造计算机。

以上各方面的应用在国内也都随着微型机的发展而逐渐开展。

第五节 计算机的发展动向

当今世界电子计算机的发展方向是：

(1) 巨型机正向超高速、大容量的方向发展。哈佛大学埃蒙斯教授估计，为适应自然界，需要每秒一千万亿亿(10^{23})次计算机。

(2) 微型机正向体积小、价格便宜的方向发展。

几十年的发展表明，每隔5至8年，计算机的体积缩小10倍，速度提高10倍，价格降低10倍。

(3) 计算机网络。将计算机用通讯设备和线路联结起来，构成网络。通过终端设备能使用网络中任一台计算机。使用起来象使用电话一样方便。