

武汉大学理科教材

电子计算机与程序设计

罗辉昶 张德向 欧阳电平 编著

武汉大学出版社

电子计算机与程序设计

罗辉昶 张德向 欧阳电平 编著

武汉大学出版社

电子计算机与程序设计

罗辉昶 张德向 欧阳电平 编著

*

武汉大学出版社出版发行
武汉大学出版社印刷总厂印刷

*

260×184毫米 1/16 21.25印张 531千字

1988年11月第1版 1988年11月第1次印刷

印数: 1—1 200

ISBN 7-307-00327-9/TP·12

定价: 4.15元

前 言

从本世纪六十年代末逐渐发展起来的程序设计理论和方法的研究,使得计算机程序设计从一种技巧性的活动发展成一门学问。计算机程序设计这门学科不仅对于计算机科学本身而且对于广泛的计算机应用领域,如科学研究、工程设计和经济管理等都是很重要的。近年来,计算机程序设计已成为高等学校许多专业的必修课。

本书是一本讲授计算机程序设计的教材,内容包括电子计算机的基本原理、BASIC语言和FORTRAN语言。

在本书的第一篇中,我们讨论了电子计算机的基本原理,并且简单地介绍了程序设计的若干基本知识,这些内容能使读者对计算机的整机工作过程有一定程度的了解;第二篇叙述BASIC语言,并以此作为程序设计的导引,着重介绍程序设计的基本方法;第三篇讨论FORTRAN语言,这一篇是全书的重点。我们认为,一本讲授程序设计的教材无论如何不应该成为一本计算机语言的“使用手册”,因此,在内容的编排上,本书没有罗列一大堆语法规则,而力图为读者提供一种合适的“逻辑构架”,并由此展开语言的内容,系统地介绍各种程序设计方法和技巧,提倡良好的程序设计风格,同时体现了结构程序设计的思想。

本书注重教学的特点,内容由浅入深,循序渐进,大部分章节后附有习题。亦适于读者自学。

本书第一篇由张德向和罗辉昶编写;第二篇由欧阳电平编写;第三篇由罗辉昶编写。参加审阅工作的有黄俊杰、李琼章、薛舒和邢馥生诸位同志,他们对本书提出了许多宝贵意见,在此谨表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中肯定会有不少缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编者

1985年4月

目 录

第一篇 计算机基本原理和程序设计基础

第一章 绪论.....	(3)
§ 1.1 电子计算机的发展及其应用	(3)
§ 1.2 计算机系统概貌	(6)
第二章 计算机的组成及其工作原理.....	(11)
§ 2.1 二进制及其算术运算	(11)
§ 2.2 电子计算机中数的表示方法	(18)
§ 2.3 原码、补码和反码	(21)
§ 2.4 逻辑代数和逻辑电路	(24)
§ 2.5 计算机的组成和工作原理	(37)
习 题.....	(58)
第三章 程序设计基础.....	(62)
§ 3.1 指令和指令系统	(62)
§ 3.2 程序框图	(64)
§ 3.3 简单程序设计	(65)
§ 3.4 分支程序设计	(67)
§ 3.5 循环程序设计	(68)
§ 3.6 子程序	(69)
§ 3.7 汇编语言程序设计	(72)
§ 3.8 低级语言与高级语言	(73)
习 题.....	(74)

第二篇 BASIC语言

第四章 BASIC语言的基本概念	(79)
§ 4.1 BASIC语言简介.....	(79)
§ 4.2 BASIC程序结构·基本符号.....	(79)
§ 4.3 数·简单变量·表达式	(81)
§ 4.4 标准函数与自定义函数	(83)
习 题.....	(86)
第五章 BASIC语句.....	(88)
§ 5.1 打印输出语句和打印格式函数	(88)
§ 5.2 提供数据的语句	(92)

§ 5.3 终止·暂停·注释语句	(98)
§ 5.4 转向语句	(100)
§ 5.5 循环和数组	(108)
§ 5.6 子程序·转子与返回语句	(119)
§ 5.7 BASIC程序设计应用举例	(123)
习 题	(129)
第三篇 FORTRAN语言	
第六章 FORTRAN语言和FORTRAN程序设计导引	(135)
§ 6.1 FORTRAN语言的发展概况	(135)
§ 6.2 FORTRAN程序举例	(136)
§ 6.3 FORTRAN字符集·符号名	(138)
§ 6.4 FORTRAN程序的组成与语句分类	(139)
§ 6.5 FORTRAN程序设计	(141)
第七章 数据	(145)
§ 7.1 常数	(145)
§ 7.2 变量	(148)
§ 7.3 数组	(150)
习 题	(153)
第八章 运算	(155)
§ 8.1 算术运算和算术表达式	(155)
§ 8.2 标准函数运算和标准函数	(160)
§ 8.3 关系运算和关系表达式	(162)
§ 8.4 逻辑运算和逻辑表达式	(164)
§ 8.5 赋值运算和赋值语句、数据初值语句	(165)
习 题	(168)
第九章 输入和输出	(172)
§ 9.1 输入/输出运算	(172)
§ 9.2 读语句和写语句	(174)
§ 9.3 格式语句	(176)
§ 9.4 格式控制和输入/输出表的相互作用	(185)
§ 9.5 辅助输入/输出语句	(188)
习 题	(189)
第十章 顺序控制	(192)
§ 10.1 停语句·结束行·暂停语句	(192)
§ 10.2 继续语句·语句标号·无条件转移语句	(193)
§ 10.3 基本选取结构	(195)
§ 10.4 嵌套选取结构	(198)
§ 10.5 不完全选取结构	(201)
§ 10.6 计算转语句	(203)

§ 10.7 算术条件语句.....	(205)
§ 10.8 计数控制的循环结构.....	(213)
§ 10.9 对循环的一些规定.....	(216)
§ 10.10 带“结构例外跳出”的循环结构	(219)
§ 10.11 嵌套循环结构	(221)
§ 10.12 对嵌套循环的一些说明	(223)
§ 10.13 限界条件循环结构	(224)
§ 10.14 输入/输出表·隐循环表	(231)
习 题.....	(233)
第十一章 过程·数据联系.....	(237)
§ 11.1 引言.....	(237)
§ 11.2 外部函数.....	(241)
§ 11.3 子程序.....	(247)
§ 11.4 过程,逐步求精程序设计方法的例子.....	(251)
§ 11.5 标准函数.....	(276)
§ 11.6 语句函数.....	(277)
§ 11.7 可调函数.....	(279)
§ 11.8 外部语句.....	(290)
§ 11.9 等价语句.....	(296)
§ 11.10 公用语句	(300)
§ 11.11 公用语句与等价语句的联用	(309)
§ 11.12 数据块辅程序	(311)
§ 11.13 过程辅程序的形式和语句出现的顺序	(312)
习 题.....	(313)
附录A 上机操作·键盘命令·程序调试.....	(317)
A·1 BASIC解释程序的开工及终端设备.....	(317)
A·1·1 BASIC解释程序的开工过程.....	(317)
A·1·2 终端设备	(318)
A·2 源程序的输入、修改及运行.....	(319)
A·2·1 操作错误的修正.....	(319)
A·2·2 语法错误的修正.....	(320)
A·2·3 逻辑错误.....	(321)
A·3 键盘运算.....	(321)
A·4 专用命令.....	(323)
A·5 程序调试.....	(326)
附录B FORTRAN 语句表.....	(329)
参考文献.....	(330)

第一篇

计算机基本原理和程序设计基础

論 一 策

論基卡對領野味野風本基財翼卡

第一章 绪 论

§ 1.1 电子计算机的发展及其应用

电子计算机是一种能够高速地、自动地处理数据的电子设备，它的出现对人类科学文化产生了巨大的影响，它的发展已经远远超出了数值计算的范围，而深入到几乎所有的科学领域和日常生活当中，成为现代化的一个重要标志。今天，新的科学技术革命，如果没有电子计算机的帮助，是很难获得成功的。

从一九四六年第一台电子计算机问世以来，迄今已有四十年的历史，事实上，计算机的历史还可以追溯得更远。很久以前，人们就试图制造一种能自动完成大量计算的机器，一个著名的早期设想是由英国科学家Charles Babbage提出来的。Babbage的想法是，设计一台机器，它能机械地执行一系列的运算。其办法是预先选定一系列的操作步骤，让机器按照这些步骤顺序地完成所必须的运算。由Babbage设计的机器使用一种穿孔卡片，并试图通过它把反映操作步骤的指令和所需要的数据输入到机器中，然后让机器自动执行卡片上所记录的各种指令，直到所有指令执行完毕。由于当时生产工艺和技术水平的限制，Babbage的机器未能制造成功，但他的设计思想和方法却为电子计算机的产生奠定了基础。

在本世纪三十年代，应用Babbage的思想，美国科学家Howard Aiken成功地制造出了一种能自动地顺序进行运算的机器，他采用的是电和机械相结合的方法。利用这台机器，产生了如贝塞尔函数等许多科学函数，并且在第二次世界大战中被用于弹道计算。

由于Aiken的机器采用的是继电器和穿孔卡片等机电设备，速度受到很大限制。1943年，J. P. Eckert和J. W. Mauchly着手研制新型的电子机器，取名为ENIAC的第一台电子计算机于1946年制造成功。在这台计算机中，使用了18000个电子管，因而大大提高了速度，每秒可运算5000次。

就在第一台电子计算机ENIAC设计、制造的过程中，ENIAC的设计顾问、匈牙利籍数学家John Von Neumann于1945年写出了EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer)的设计报告，第一次以书面语言形式提出了“存储程序”的概念，即预先把计算程序和有关数据存入计算机的存储器中，然后再一条一条地由机器自动取出来执行。这就是迄今为止几乎所有计算机都据以实现的所谓冯·诺依曼(Von. Neumann)原则。冯·诺依曼设计的EDVAC计算机于1951年制造成功，而英国剑桥大学的威尔克斯(Wilkes)根据冯·诺依曼关于“存储程序”的设计思想设计制造的EDSAC(Electronic Delay Storage Automatic Calculator)却于1949年首先制造成功，成为第一台存储程序式的计算机。

ENIAC一直运行到1955年10月2日最后一次切断电源，标志着第一代电子计算机的产生、发展到结束的历史。

在50年代，电子技术获得了重大进展，用小型、廉价、可靠和低热耗的晶体管取代大

型、高热耗的电子真空管，导致了第二代电子计算机的诞生。以IBM公司的7090和7070计算机为标志，计算机工业的规模和重要性均以惊人的速度增长，而计算机的成本却大幅度地下降。

1965年，以IBM公司的360计算机为代表，出现了第三代的电子计算机。这种计算机开始使用集成电路元件。所谓集成电路，是将许多晶体管及其它有关元件组合成的电子线路集成在一块单片上。同时，计算机软件也获得了突破性的进展，由于IBM公司宣布计算机软件同计算机硬件分开计价，更助长了软件的迅速发展。

第四代计算机与第三代计算机的区别不象前几代那样明显，但也有某些重要的区别。由于集成电路技术发展到了更高的水平，使得在一小小的单片上可以集成成千上万个电子元件，通常称为大规模集成电路和超大规模集成电路。一方面，计算机向大型、巨型发展，这类计算机功能强速度高。另一方面，计算机又向小型、微型发展，这类计算机体积小，维护方便，价格低廉。这样，从科学、军事到个人生活家庭，电子计算机都获得了广泛的应用。

目前，人们已着手对第五代计算机的研究和制造，预计到90年代，运算速度极高、功能极强的第五代计算机将会得到应用和发展。

电子计算机的应用领域已相当广泛，下面介绍的是几个主要方面。

一、科学计算

现代科学和技术使用严格的数学方法来描述各门学科的规律，电子计算机则是研究这些规律的一个有效工具。一个代数公式是一个数学关系的表达式，很多物理学、化学、生物学的定理也是用数学关系式表示的。计算机可将这类代数公式直接划分成若干基本的求解步骤而进行求解。

图1.1表示了求解算式：

$$Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$$

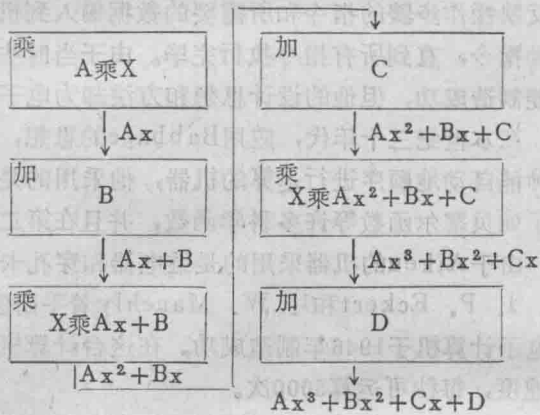
的过程。

如果用人工进行手算，一般要花费几分钟时间，但计算机每秒钟能完成千万次这种计算。当然，上述代数式比科学家和工程师所遇到的实际公式要简单得多。事实上，计算越复杂，计算机就越能显示出它的威力。对于下列情况的一些问题，计算机处理起来特别方便。

- ①解决一个问题的正确关系已经找到，但人工计算要花费极长的时间；
- ②对于同一个计算问题，需要使用不同的参数若干次；
- ③一组计算需要使用不同的数值重复进行并要通过比较不同的运算结果而决定选择所使用的最优数值。

二、数据处理

计算机在行政、商业和财务方面的应用大致可归于数据处理。目前，用于数据处理方面



的计算机已大大超过用于科学计算的计算机。用于科学计算与用于数据处理的主要差别在于处理数据时完成操作的类型比例不同：“数据处理”对每组数据仅仅完成少量的计算，而需要处理大量的数据；“科学计算”通常只处理少量的数据，但对每组数据需要完成大量的计算。一台通用计算机可以完成各种类型的工作，但某种类型的机器可能更适合于其中某一类问题。

数据处理的一个典型的例子是财务部门处理职工的工资。财务人员所做的工作是简单而繁琐的，而且多半是些重复和“死板”的事情。其工作过程大致如下：

1. 核对一个职工每月的基本工资，检查这个职工日常工作记录，决定应附加和应扣除的工资项目；
2. 求出所有附加工资的金额；
3. 基本工资加上附加工资额，得到应付该职工的工资总额；
4. 求出所有应扣除工资的金额；
5. 应付工资总额减去扣除工资额得到实发工资额；
6. 每个上述的操作记入财务档案，并检查是否正确无误；
7. 列出该职工的工资清单；
8. 找下一个职工的名字，重要步骤 1 ~ 7，直到所有的职工工资处理完为止。

上述步骤可用一台能进行加、减运算的计算机自动地完成。这台计算机还必须具备下面一些功能：

1. 接收信息的能力。例如，接收工作时间记录、基本工资的变更记录等。
2. 能够记录中间结果。例如，附加工资额、扣除工资额等。
3. 能够输出所获得的结果。例如，印刷财务部门的存档记录和发给职工的工资清单等。

图 1. 2 表示了一个可能的工资处理过程。

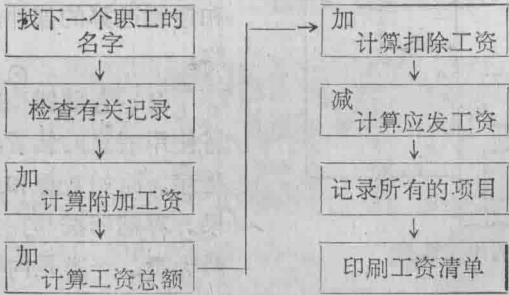


图1.2 职工工资处理过程

三、过程控制

由于计算机既能进行高速计算，又具有逻辑判断和逻辑处理的功能，因此可用于生产过程和卫星、导弹等发射过程的实时控制。被控制的对象可以是一台或一组机床、一台或一组发射武器、一个生产工程或整个工厂等。

图1.3表示了计算机对一个生产过程的实时控制原理。

在很多生产部门中都可以使用计算机来提高产品质量和劳动生产率，並大大降低劳动强



图1.3 生产过程的实时控制

度和产品成本。例如用程控机床加工机械零件具有精确、灵活和可重复性等优点，在不需专用工卡具和熟练技工的情况下，也可以制造出各种形状复杂的精密产品。使用计算机控制导弹、卫星和其他武器的发射可以显著地提高准确性。

§ 1.2 计算机系统概貌

虽然现代计算机在组成结构上有较大差别，但整个系统所包含的内容却大致相同。图1.4

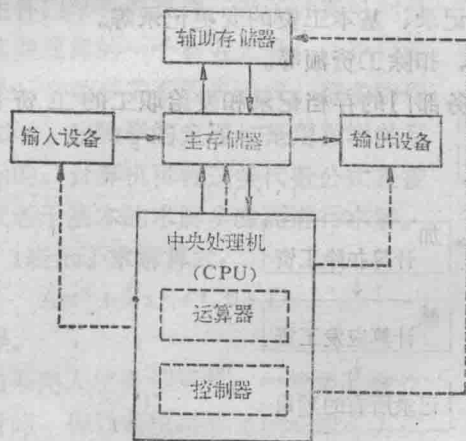


图1.4 计算机的组成结构

表示了计算机的几个主要组成部分。值得提出的是，现代计算机基本上是按照Von Neumann的思想设计和制造的。

电子计算机中最基本的组成部分是：

1. 运算器 运算器是进行算术运算和逻辑运算的部件，它的核心是加法器电路。

2. 存储器 存储器是存放计算机所需使用信息的装置，这些信息主要是解题程序、原始数据和运算的中间及最后结果。存储器按其计算机中的作用可分为两大类：一类是内存储器，简称内存；另一类是外存储器，简称外存。计算机的内存被分成一个个相等的单元，每一单元用一个号码（称该单元的地址）来表征。如果计算机要取出某一条指令或数据，就通过它的地址去得到。外存主要指磁盘和磁带等存储装置，它用来保存计算机暂时不用的大量信息。图1.5是一台磁盘机。

3. 控制器 控制器由专门的电子线路组成，它是整个计算机的指挥中心，它依次解释预先存入存储器中的指令，并转换成相应的控制信号去指挥计算机其它各部件协调工作。控制器和运算器合称为中央处理机（CPU），中央处理机同内存储器一起则称为主机。图1.6是某计算机的主机。

4. 输入装置 输入装置的功能是读入必需的数据信息到计算机。常用的输入装置有键

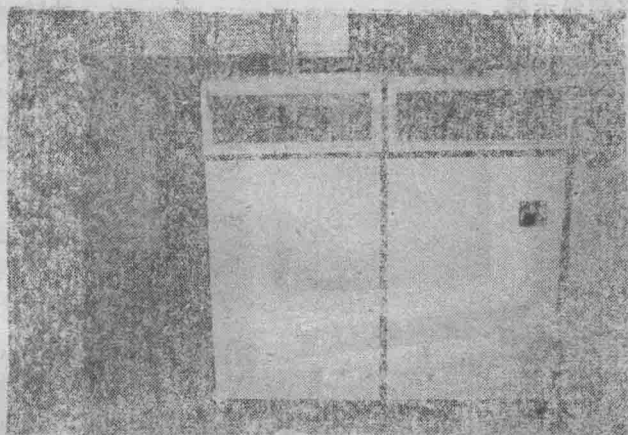


图1.5 磁盘机

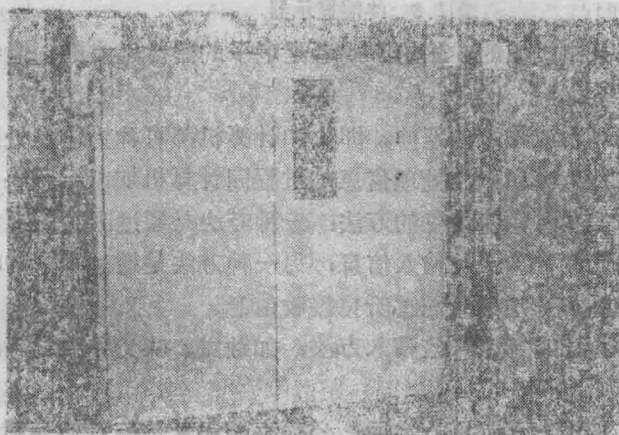


图1.6 计算机主机

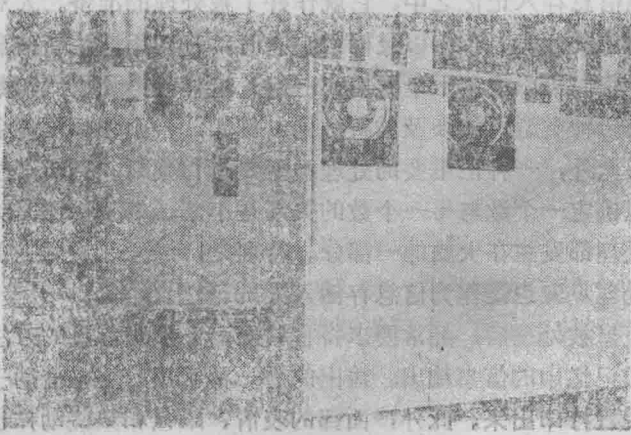


图1.7 磁带输入机

盘、卡片输入机、磁带输入机等，图1.7是一台磁带输入机。

5. 输出装置 输出装置是接收计算机所获得的结果，并且将它们送到“外部世界”。常用的输出装置有行式打印机、终端显示器和卡片穿孔机等。此外，灯泡和喇叭也可算作一种

输出装置。图1.8是一台终端显示器。



图1.8 终端显示器

计算机的这些部分都是由机械的、磁的、或者是电子的器件组成的，通常称之为计算机的硬件。

实际上，电子计算机可看成是人的延伸，即人和计算机都可称为信息处理机。为了更好地理解计算机各部分的功能，我们以人处理信息的过程同计算机加以对照。

1. 信息输入 人有很多种输入信息的方法：一种方法是通过眼睛的视觉，例如，通过阅读一本书或看一场足球比赛而向大脑输入信息；另一种方法是通过耳朵的听觉，例如，听音乐、听演讲和汽车的喇叭声等，都是通过听觉接收信息。

除了视觉、听觉之外，还有其它一些输入方法，如触觉、味觉和嗅觉等。人体就是通过这些感觉器官将信息输入给大脑的。

2. 信息存储 当供处理的信息输入之后，必须存储起来。信息的存储发生在大脑中称为记忆的部分。当进行信息处理时，处理结果的信息也存储入人的记忆中。

3. 信息处理 一旦信息存入记忆之中，它就作好了被处理的准备。人对信息作进一步的处理，包括对信息作简单的分类、存储以及检索。有时，我们用产生新信息的方法或交换的方法处理信息。例如，我们可以把若干个数加在一起，这样就得到了“和数”，这是一项新的信息。信息处理的另一种类型可能涉及重新排列，例如，一个教师可能会按照考试的成绩好坏来排列学生名单。此外，一种很重要的处理类型是进行判断。判断产生于大脑，经常包括诸如比较两个数，以确定一个数与另一个数的关系是小于、等于，还是大于。不管是哪一种处理类型，所有的处理都发生在大脑的一部分。特别是，对于所有问题的处理都必须按照确定的步骤，而这些处理步骤也是作为信息存储入人的记忆之中的。

4. 信息输出 当信息被处理后，经常要求将它输出。人输出信息的方法之一是通过口头发音，即借助于讲话把记忆中的信息输出。输出的另一种常用方法是借助于手将信息写在纸上或经打字机等机械装置打印出来。此外，面部的表情、眼色和某些动作也可作为信息输出的方法。

5. 对信息处理功能的控制 信息的输入、记忆、加工处理和输出等功能必须协调动作，并且这些动作的进行还应有严格的先后次序。例如，我们不能在输入信息之前就去处理它，也不能在未处理完时把正确结果输出。因此，执行操作的顺序非常重要，这个顺序是由

人的大脑支配和控制的。

显然，人体为学习计算机提供了一个很好的模型，在信息处理方面，计算机同人具有相似的功能。

我们应该牢记，电子计算机所干的任何事情都是通过执行相应的指令来实现的。例如，实现‘两数相加’的功能，就要执行“加”指令。若干条指令组成解决一个问题的指令序列，称之为程序。几乎所有的问题都能通过编程序并由计算机执行这些程序而加以解决。特别地，程序还能协助计算机本身工作，使计算机效率更高，使用更方便。人们把具有这些作用的一组程序称为计算机软件。计算机软件和硬件一起构成了计算机系统。软件的划分并不象硬件那样明显，主要可以分为下面几类：

1. 应用程序 计算机的应用已经深入到各个科学和工程领域，每个应用领域都有自己特定的问题需要计算机去解决。经常的情况是，对于同一类问题编好一个程序后可以多次使用，或者对于不同的使用程序仅需作微小的改动。例如图书文献检索、天气预报、建筑工程设计均可归属这类问题。因此，人们把这类程序编得尽量适应各种情况，对不同的条件都能使用。例如，编制了一个天气预报程序后，每天都可以用它来预报天气，在计算之前，只需要输入当天的测试数据，计算机完成计算之后，便可得到作天气预报的数据。这类与用户的具体用途关系密切、应用性强的程序叫做应用程序。由同类问题的一批应用程序组成一个应用程序库，或称为应用程序包。例如，我们可以把工程预算、材料概算、建筑规划等程序组成一个建筑工程设计程序包。有些计算机系统常带有这类应用程序，作为计算机的一部分，称为应用软件。

2. 程序库 在科学计算中，经常会遇到一些初等函数的计算，如计算三角函数、指数函数等等，以及最常用的一些计算方法，如解常微分方程、代数方程求根等。对于这些计算问题，计算机系统备有事先编好的标准程序让用户随时选用。另外，计算机还备有内部数据与外部数据之间的转换程序、各种服务程序等。所有这些程序收集起来可达上百种，把它们编成目录，组成一个库，我们称它为程序库。有了程序库，就能大大提高计算机的解题能力，方便用户使用。

3. 翻译程序 目前计算机的中央处理机一般设计成只能直接执行用机器语言写成的程序。用机器语言编写程序十分不便，因此，用户编写的程序往往采用与解决特定类型问题的习惯表示法相似的符号语言。这种符号语言称为计算机的高级语言。例如，一种高级语言的表达式可以是 $X + Y/Z$ ，这与相应的数学式子 $(X + \frac{Y}{Z})$ 十分类似。计算机不能直接执行用高级语言写出的程序，也就是说，这种程序在执行之前，必须将它翻译成机器语言程序。这一套翻译手续是依靠称为“翻译程序”的一类计算机程序，由计算机自动执行的。一个计算机系统通常配备有许多种高级语言的翻译程序。根据语言的类型不同，翻译程序可分为汇编程序、解释程序和编译程序三类。

4. 操作系统 计算机系统还配备了一种核心软件，称为操作系统。操作系统是一个大型的控制程序，负责对计算机的所有硬件和软件进行协调和管理。它能决定以何种顺序处理用户程序，一个程序完成后又如何调度另一个程序，还能随时为用户的各种要求作出反应。操作系统调度所有的计算机资源，成为整个计算机系统的指挥中心。只有配备了操作系统的计算机才能充分发挥作用。

与应用程序不同，程序库、翻译程序和操作系统都是系统工作时必须配备的软件，并不属于某个特定的用户和特定的应用领域，通常把它们称为系统软件或系统程序。

计算机软件还在以惊人的速度向前发展，已经出现了数据库、计算机网络软件等大型通用软件，还有各种应用软件。归纳起来，主要的计算机软件包括：

- 程序库
- 诊断程序
- 汇编程序
- 各种语言的编译程序
- 操作系统
- 各种应用程序
- 数据库
- 计算机网络软件