

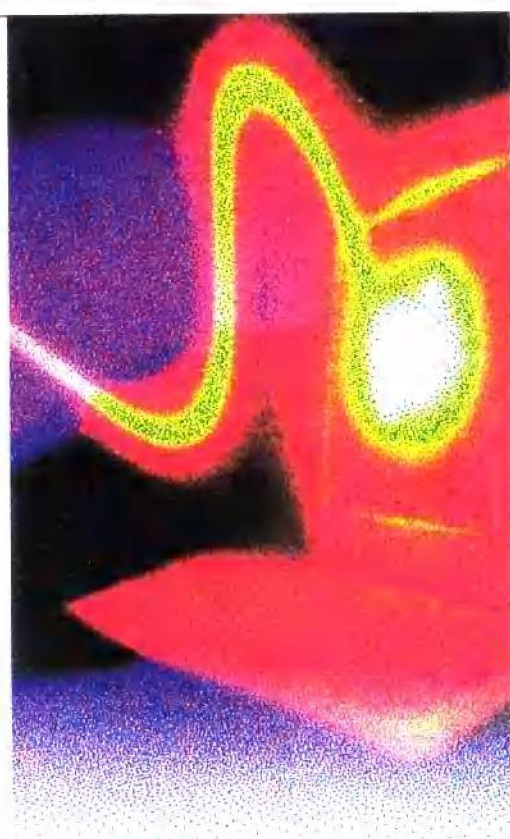
计算机

刘友婴 戴锦银 编著

在电子学中的应用

JSJZDZXZDYY

天津科学技术出版社



计算机在电子学中的应用

刘友婴 戴锦锟 编著

天津科学技术出版社

责任编辑:吉 静

计算机在电子学中的应用

刘友婴 戴锦锟 编著

*

天津科学技术出版社出版

天津市张自忠路189号 邮编 300020

天津市蓟县印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本 787×1092 1/16 印张 17.5 字数 420 000

1998年5月第1版

1998年5月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5308-2363-9

TP·118 定价:25.00元

内 容 简 介

本书系统介绍了计算机在电子学各个领域中的应用，收集了非常丰富的应用实例，且各例均附有全部程序及设计线路图，所有程序均在计算机上进行了验证。

全书共分七章，分别介绍了电子学与计算机的关系；计算机绘图；计算机中的常用算法；计算机在电磁学中的应用；计算机在电路中的应用；计算机在带电粒子光学中的应用等。另外，还在附录中进行了圆孔膜片的电位分布推导、等半径双圆筒的电位分布推导、拉普拉斯方程差分形式的推导、四阶龙格——库塔法公式的推导；介绍了怎样用分离变量法解柱坐标系拉普拉斯方程等等。

本书适用于广大从事电子工程的科技人员及高校相关专业师生。

前 言

近年来,计算机的应用遍及各个领域。电子学作为自然科学中的一门重要学科,电子工业作为国民经济中的一项支柱产业,在应用计算机的广度和深度上都有了长足的发展。从科学计算、自动控制到智能仪器、CAD,诸多方面的专著屡屡出版,然而,却忽视了在基础方面的应用。掌握一门科学知识,是由基础开始的;设计一项大型软件,是由一条条语句写就的。本书正是出于这种思想,把电学、电子学中的一些基本概念的推导和应用,通过计算机来完成。

面向应用,面向实际是本书的宗旨。书中的绝大部分程序都能拿来直接使用,有些则可融合到自己开发的程序里。

书中的重点部分是作者多年来在科研和教学中为解决某些实际问题所做的工作,并均已付诸实践。这些问题不仅取材新颖,而且在问题的解决方法上也颇有创意。

在注意实用性的同时,作者并没有忘记开始提到的“基础”二字。对每一个应用都照顾到它们的共性和普遍性。通过一个实际的应用,说明一种算法和思路。阅读本书不仅可以得到实用程序,同时还能掌握解决问题的方法。

全书共分七章。第一章为绪论。第二章是计算机的基本知识,简要阐述了计算机的硬件、软件、基本结构和工作原理。第三章介绍了计算机绘图。鉴于我们强调基础性与普遍性的初衷,使用什么语言对于本书并不重要。因此,根据不同章节的内容,既选择了BASICA解释系统,又选择了FORTRAN 77编译系统(第七章)。

我们的主导思想,首先是满足电子学中作图的需要,同时又能使读者容易掌握。因而,在第三章详细介绍了BASICA解释系统的各种绘图元语、语法、用法和例子。第四章讲述计算机常用的一些算法。这部分内容不仅本书要用,而且具有普遍的意义。此后的三章是本书的重点,也是作者多年来工作的结晶。其中五、六两章分别收入了在电学和电路中的应用实例二十余种,每个实例都以问题的提出、算法要点、程序说明和使用方法为题,视需要有选择地加以论述。同时,根据不同的问题,也有所侧重。第七章主要介绍了计算机在带电粒子光学中的应用,其中很多实例是最新的科研成果。书中全部程序都在计算机上验证过。运行程序时,如果发现希腊字母和一些数学符号不显示,应首先执行GRAFTABL.COM文件。

由于电子学涉及的内容十分广泛,这里不可能面面俱到,本书只是抛砖引

玉。书中仅仅提供了“颜料与画笔”，真正绚丽多彩的“图画”，还应由读者自己来绘出。

本书的内容构思与编写大纲由刘友婴拟定，第一、二、三、四、六章由戴锦锟编写，第五章由戴锦锟和刘友婴共同编写，其余由刘友婴编写。由于作者水平所限，缺点、错误在所难免，希望广大读者批评指正。

天津大学许镇宇教授在百忙之中审读了本书，并提出了宝贵意见，在此表示衷心地感谢。

编 者

1997年5月

目 录

第一章 概述	(1)
第二章 计算机的基本知识	(3)
§ 2-1 硬件 (Hardware)	(3)
§ 2-2 软件 (Software)	(6)
§ 2-3 固件 (Firmware)	(6)
§ 2-4 计算机语言	(7)
§ 2-5 计算机的基本结构和工作原理	(8)
第三章 计算机绘图	(10)
§ 3-1 计算机绘图的硬件环境	(10)
§ 3-2 光栅与像素	(10)
§ 3-3 屏幕工作方式及屏幕坐标	(10)
§ 3-4 有关屏幕显示及设置的语句	(11)
§ 3-5 基本绘图语句	(13)
第四章 计算机中的常用算法	(41)
§ 4-1 求最大、最小值	(41)
§ 4-2 随机数	(43)
§ 4-3 删除相同的数据	(46)
§ 4-4 排序	(48)
§ 4-5 二叉排序树的生成及二元查找	(56)
§ 4-6 矩阵运算	(63)
§ 4-7 代数方程求解	(72)
§ 4-8 代数方程组求解	(75)
§ 4-9 求卷积	(80)
§ 4-10 数值积分	(84)
§ 4-11 一阶常微分方程的初值问题	(90)
§ 4-12 特殊函数	(93)
§ 4-13 多位有效数字的运算	(95)
第五章 计算机在电磁学上的应用	(104)
§ 5-1 RC 电路的充电与放电	(104)
§ 5-2 阻抗	(107)
§ 5-3 R-L-C 谐振电路	(109)
§ 5-4 交流电路的频率-相位关系	(111)
§ 5-5 Lissajous 图形	(112)
§ 5-6 热敏电阻的线性化	(113)

§ 5-7	如何选取标称电阻值	(117)
§ 5-8	点电荷等位线	(120)
§ 5-9	导线电阻的计算	(122)
§ 5-10	双圆电流在其轴线上产生的磁场	(124)
第六章	计算机在电路中的应用	(128)
§ 6-1	全波整流电路的设计	(128)
§ 6-2	小功率电源变压器的设计	(130)
§ 6-3	稳压电路的设计	(139)
§ 6-4	阻尼振荡	(149)
§ 6-5	输入脉冲边沿对 RC 电路输出的影响	(150)
§ 6-6	半导体 P-N 结的特性	(152)
§ 6-7	半导体二极管门效率	(154)
§ 6-8	放大器增益与频率之间的关系	(156)
§ 6-9	矩形波的合成	(159)
§ 6-10	共发射极放大器的设计	(161)
§ 6-11	Schmitt 电路的设计	(164)
§ 6-12	触发器的设计	(168)
§ 6-13	产生真值表	(174)
§ 6-14	逻辑表达式的简化	(180)
§ 6-15	逻辑电路仿真	(188)
第七章	计算机在带电粒子光学中的应用	(221)
§ 7-1	圆孔膜片的电位分布	(221)
§ 7-2	扫描搜索法	(222)
§ 7-3	双圆筒电极电位分布	(224)
§ 7-4	双圆孔膜片透镜的等位线	(229)
§ 7-5	三电极的等位线分布	(230)
§ 7-6	带电粒子轨迹的计算	(233)
§ 7-7	圆筒电极透镜对带电粒子的作用	(238)
§ 7-8	圆孔膜片透镜对带电粒子的作用	(241)
§ 7-9	鞍型场离子枪	(243)
§ 7-10	考夫曼离子枪	(247)
§ 7-11	Septier 离子枪	(249)
附录 1	圆孔膜片的电位分布推导	(252)
附录 2	等半径双圆筒的电位分布推导	(255)
附录 3	用分离变量法解柱坐标系拉普拉斯方程	(258)
附录 4	拉普拉斯方程差分形式的推导	(260)
附录 5	四阶龙格-库塔法公式的推导	(263)
附录 6	Γ 函数及贝赛尔函数	(266)
参考文献		(269)

第一章 概 述

电子计算机是本世纪人类卓越的科学技术成就，它给一个国家的政治、军事、经济、科学、文化、教育，乃至人们的日常生活都带来了深刻的变化。现在，计算机对社会的影响还在不断扩大和深入。有一点可以肯定，就是电子计算机的发展与应用已成为一个国家科学技术水平的重要标志。

计算机是一个超级计算能手，它的计算速度和能完成的计算量是人们无法想象的；计算机是一个数据处理的巨人，它能将千百亿个数据按照人们的意图进行各种各样的加工处理；计算机是一个优秀的司令官，它能把各种被控过程指挥得有条不紊，从容自得；计算机是一个技艺非凡的设计师，它能多快好省地完成各种预期设计；计算机是一个头脑聪慧的专家，是一个勇敢善做的劳动者，它能够做到人类自身机体根本无法做到的事情。

计算机的应用真可谓无所不在，无处不存，这里我们仅在科技领域内略举二三。

计算机最初的目的纯是为了计算。世界第一台电子计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator) 就是美国陆军弹道研究所为了计算火炮弹道而由 Pennsylvania 大学设计完成的。

提起“计算”，它不仅和人民的的生活息息相关，而且更与当今的任何一项科学技术成就密不可分。由于计算机有着惊人的运算速度，所以，历史上很多令人望而却步的计算，今天都变得轻而易举了。我国是最早发现圆周率 π 的国家。从《周髀算经》的周三径一、刘徽的割圆术到祖冲之的约率和密率都包含着我国古代科学家对 π 值探求的艰苦劳动和智慧结晶。英国人 Mechin 曾用了 15 年的时间把 π 值计算到 707 位（实际只有前 528 位才是正确的），还有不少数学家为了求得更高位数的 π 值而耗去了毕生的精力。

今天由计算机来计算 π 值可说是不费吹灰之力。目前， π 值位数的最高纪录是 1989 年美国 Columbia 大学两位教师在 IBM-3090 计算机上创造的 10.1 亿位。这对人工计算来说是根本无法想象的。现在人们常用计算 π 值的方法来检验机器的速度和软件的质量。

过去，编制各种数学用表是一项非常繁琐和枯燥的工作，不仅要花费大量的时间，而且容易出错。然而，利用计算机可使这项工作轻而易举。

导弹的飞行、飞船的轨道都需要高速度的计算。可以毫不夸张地讲，如果没有计算机，空间探索是不会取得今天这样的巨大成绩的。这里是 Apollo 13 登月过程中一段扣人心弦的事实。在这次飞行使命中，服务舱内的二号液氧箱发生爆炸，主系统电源电压下降，宇航员的生命安全受到了严重威胁，必须立即改变飞行计划，返回地球。这时登月舱距离月球只有 61000km 了。在这生死攸关的时刻，指挥中心利用高速计算机重新计算了氧、水、电的实际消耗量和返回的轨道之后，命令宇航员：“在距月球 217.6km 处，启动登月舱的下降发动机 30.7s！”结果，飞船提前 9 个小时平安溅落在太平洋预定的回收地点。两个铿锵有力的数字，挽救了宇航员的生命。在这幕惊心动魄的场面中，计算机起了多么大的作用！

胰岛素的晶体结构分析属蛋白质三维结构的研究，在这项基础研究工作中的几个主要环节，计算机都扮演着重要的角色。

在记录衍射数据时，总共要从衍射仪记录下上百万个数据，因此必须有专用的计算机及相应的软件控制。在结构分析中要进行三维 Fourier 级数和矩阵的最小二乘法的计算，这也需要高速、大容量的计算机。在参数造表及绘制分子立体结构图（包括肽链的走向、氨基酸的原子分布、 α -螺旋区、 β -折叠等）时，也需要计算机及造表、绘图软件的支持。

在人工智能（Artificial Intelligence）方面，美国 Stanford 大学做过这样一个实验：让一个机器人（Robot）爬一张平台，开始，它爬不上去。后来它“想出”了一个办法，利用一块斜面就爬上去了。这种具有模仿人类思维和推理功能的计算机系统，能够根据当前采集的信息对未来做出判断和决策。

这方面的另一种应用是定理的证明。提起计算机的定理证明，人们立刻会想到“四色定理”这个一百多年来令科学家们绞尽脑汁的难题。1976 年美国 Illinois 大学的两位科学家借助计算机，经过 1200 小时的运算终于证明了它的正确性。消息传来，轰动了世界。“四色定理”的证明之所以引起如此大的反响，并不在于定理本身的价值，人们感兴趣的是这个问题的解决是依靠了计算机来完成的。计算机在“四色定理”问题上的成功为机器证明定理这一课题增添了活力。我国数学家在计算机几何定理的证明方面也取得了显著的成就。

有朝一日，计算机会把人们从繁琐的脑力劳动中解脱出来。从这个意义上讲，把“计算机”称为“电脑”似乎更为贴切。

计算机在电子学方面也有着十分广泛的应用，从科学计算、电路设计到模拟电磁场对电子离子的运动，都可利用计算机完成。例如在电子离子光学中，计算电场和磁场，求解带电粒子在电磁场中的运动方程或轨迹方程，电路的计算、设计、仿真等。

计算机在电子学领域的应用有很多的优点：它能够给出大量数据，提出多种方案，并对诸多方案进行比较，从中得出最佳的选择。可得到在满足给定条件下所需的参数，边设计边修改，节省时间和设备。对于正在探索的问题，能迅速发现其中规律，及时得到准确的数据、曲线或图表。

本书是一部论述计算机在电子学领域中应用的专著，不同于一般介绍计算机语言的著作，可以用“新颖”、“实用”四个字来概括本书的特点。所谓新颖，是指书中很多内容是作者多年来从事科研和教学工作的成果；书中提到的很多原理、思想、经验和方法是从其它著作中难以找到的。所谓实用，是说本书各部分都有的放矢，针对性强，各章节均围绕着电子学的应用来论述，书内给出的例子和程序都可以用来解决某些实际问题。

第二章 计算机的基本知识

电子计算机的出现有力地推动了科学技术的发展,科学技术的进步反过来又促进了计算机本身性能的提高。从第一台电子计算机诞生至今半个世纪的时间里,计算机就更新换代了4次:

1946年~50年代末,使用电子管和继电器;

50年代末~60年代后期,使用晶体管和磁芯;

60年代后期~70年代初,使用中、小规模集成电路;

70年代至今,全面采用大规模和超大规模集成电路。

与前几代计算机相比,当今的计算机还采用了诸如流水线作业、并行处理、多机系统、RISC等技术,使计算机的性能有了很大的提高。

计算机是集机械、电子于一体的精密而复杂的仪器。一个完整的计算机系统应该包括计算机的硬件和软件两个部分。

§ 2-1 硬件 (Hardware)

所谓硬件是指计算机所有机械部分和电子部分的物理实体,主要包括运算器、控制器、存储器、输入及输出设备。

2-1-1 运算器

运算器是完成算术运算和逻辑运算的部件,由相应的电子电路组成。

2-1-2 控制器

控制器用来控制计算机各部件的协调工作。在它的控制下,程序和数据通过输入设备进入计算机存储器。然后一条条地分析、执行这些程序,最后将结果由输出设备输出。整个过程都是在控制器控制下有条不紊地自动进行的。

由于控制器和运算器联系紧密,交往频繁,因此二者是制做在同一芯片上的,从而构成计算机的核心,即运控部分,合称中央处理器 (Central Processing Unit),简称CPU。

计算机在CPU内进行处理的基本单位为计算机字,字由若干二进制数码组合而成。数码的位数称为字长,它关系到计算精度,是CPU的一个技术指标。随着半导体工艺的发展,CPU的字长已从8位16位发展到32位,乃至64位。不同的CPU其字长也不尽相同,如Intel公司的80386, Motorola公司的68020芯片均为32位结构的CPU。DEC (Digital Equipment Corporation)公司推出的RISC芯片Alpha AXP则为真正的64位处理器。

CPU的时钟频率与计算机的运算速度有直接关系。可以这样说,对同一型号的CPU芯片,提高主频率后,运算速度也相应提高。Alpha芯片的时钟频率可达200MHz。

由于计算机进行不同操作所需的时间不同,所以对运算速度的定义也是不同的。最初以加法速度为主来考虑,即以每秒能完成加法运算的次数作为计算机的运算速度,显然这种计

算方法是片面的。之后又以进行加法、乘法和除法运算的平均时间为准计算平均速度，但由于计算机在实际工作中，上述三种运算出现的次数并不相等，因此这种方法仍不能反映出实际的运算速度。

Gibbson 提出一种计算方法被认为是较好的。Gibbson 对大量的计算机用户进行了调查、统计，分析了各种常用指令使用的频度，然后根据执行每种指令所需的时间来计算计算机的运算速度。

设有 n 种指令， f_i 为第 i 种指令使用的频度， t_i 为第 i 种指令的执行时间，则平均执行时间 T_M 为：

$$T_M = \sum_{i=1}^n f_i t_i$$

在科学计算中，各类指令使用的频度如表 2-1。实际上，计算机的运算速度是用：

$$\frac{1}{\text{执行一条指令的时间}}$$

表 2-1 Gibson 指令使用频度表

指令名称	使用频度 (%)
取数	31.2
定点加减	6.1
比较	3.8
转移	16.6
浮点加减	6.9
浮点乘	3.8
浮点除	1.5
定点乘	0.6
定点除	0.2
移位	4.4
逻辑加、乘	1.6
不用寄存器的指令	5.3
变址运算	18.0

即每秒执行指令数来表示，单位为 MIPS (Million Instructions Per Second)，指每秒执行百万条指令数。

随着计算机网络的出现，近来还常以每秒处理事务的能力来表征整个系统的速度，单位为 TPS (Transaction Per Second)。

2-1-3 存储器

存储器是计算机存放各种信息（如计算机的程序、原始数据、中间结果等）的地方。在计算机的发展过程中，除了电子器件的更新外，存储器则是变化最大、最快的部件了，它对计算机性能价格比的提高起着很大的作用。在第一台计算机 ENIAC 中还谈不上存储器，在那里只不过是有一由 18800 个电子管中的 6550 个 6SN7 组成的触发器，总共不到 1KB 的大小。此后出现了磁芯存

储器，它是利用具有矩形磁滞回线的磁性材料制成的小磁环。在磁芯中间穿上导线，通以不同方向的电流，能产生两种磁化状态，用来表示“1”和“0”，从而实现记忆。将磁芯按机器字长穿在磁芯板上，再将一块块磁芯板组成一个磁芯体就构成了计算机的存储器。这种存储磁芯都要预先经过测试、挑选后再一颗颗穿起来。通常一个磁芯内都要穿三、四根导线，制做起来非常麻烦。磁芯体完成后还要经过整体测试，一旦有一颗磁芯出现问题，将是十分讨厌的事。另外，磁芯体在工作时要通过较大的电流，功率消耗很大，因此，这种存储器已被半导体存储器所取代。

众所周知，触发器电路具有两个稳定状态，用这两个状态就可以记忆二进制中的“0”和“1”。半导体存储器正是根据这个性质，利用半导体成熟的工艺，制成许许多多的晶体管触

发器来组成存储器的。由 MOS 晶体管构成的存储器集成度高，容量可以做得较大。由双极型晶体管构成的存储器速度高，通常用在容量较小而要求高速的场合，如高速缓存 (Cache) 中。

存储器的主要技术指标是读/写速度、存储容量和可靠性。

存储器有随机存储器 (Random Access Memory 简称 RAM) 和只读存储器 (Read Only Memory 简称 ROM) 之分。前者可读可写，是构成计算机内存储器的主要部件；后者只能读不能写，通常把一些固定的信息，如计算机的引导程序、字符的点阵图案等放在里面。信息的读写是通过地址进行的。地址就是给存储器各单元编的序号。

计算机内的最小信息单位叫做位 (bit)，它代表一位二进制数。4 个 bit 叫做半字节 (Nibble)，8 个 bit 叫字节 (Byte)。在传送、操作、存储时，作为一个整体单元的一组二进制位叫做字 (Word)，存储器的容量就是用字和位来表示。例如，8 位字长的机器，128 位的存储器，其容量为 $8 * 128 = 1024$ 。计算机中规定 $1K = 1024$ ，它比通常十进制中的 $1k = 1000$ 要大，这是因为在十进制表示中 $1k = 10^3$ ，而在二进制表示中 $1K = 2^{10}$ 。存储器常用容量单位有千字节 (KB)、兆字节 (MB) 等。

以 RAM 为主构成的内存储器 (简称内存) 在计算机断电后，所有信息完全消失。加之内存的容量有限，故常使用外存储器 (简称外存)。外存容量大，断电后信息不丢失，计算机在工作时通常将暂时不用的程序或数据放在外存，待需用时再把它们调入内存。

常用的外存储器有磁带、磁盘。磁盘又有软盘和硬盘之分。它们都是在盘基上涂敷一层磁性介质制成的。软盘有 5.25 英寸和 3.5 英寸几种规格，有 360KB、1.2MB 和 1.44MB 几种容量。硬盘又称固定盘或温盘 (Winchester)，它的容量更大，从几十兆字节到上千兆字节不等。

2-1-4 输入/输出设备

信息向计算机内输入的设备有：

(1) 键盘：这是最常用的一种输入设备，用户通过键盘上的字母、数字、符号诸键将程序或数据输入计算机。

(2) 纸带：将程序和数据按照一定的格式在纸带上凿孔，每排孔表示一个字符，由光电输入机内的光电管转换成电脉冲输入到计算机。

(3) 穿孔卡片：这种输入方式是把程序和数据穿孔在一张张卡片上。每张卡片为一条源程序的语句，由卡片机读入计算机。

(4) 光笔：是一种图形输入装置。使用光笔在屏幕上给出点的坐标，拖动光点进行作图或修改，犹如用粉笔在黑板上画图那样方便。由于它的定位精度低，已逐渐被其它装置代替。

(5) 鼠标器：这种输入装置的底部孔内装有与电位器连接的小球，当鼠标器在平面上滑动时，摩擦力使小球转动，从而带动电位器滑柄，控制光标的移动。有的鼠标器底部小孔内装有光源，称为光电鼠标器，须在特制的金属板上滑动，比前者灵活。

(6) 姆指轮：是装在显示器键盘上的两个调节轮，它们与两个电位器相连。一个用来调节十字光标 X 方向的位置，另一个调节 Y 方向的位置。经过 A/D 变换后，控制光标位置。

(7) 操纵杆：是由电位器和按钮开关组成的输入装置，通过 A/D 变换送入计算机，实现定位。这种装置价格便宜，但定位精度低，常用于游戏控制。

(8) 轨迹球：是另一种形式的定位装置，它通过上部球体的转动来调节电位器。

(9) 数字化仪：是目前普遍使用的一种交互式绘图设备，它像一块绘图板。主要功能是读取图形的坐标值。也可在台面上建立菜单。数字化仪由台面、手动游标、坐标值显示器和浮动键盘组成。

台面有双面印刷电路板，一面是 X 方向导线，另一面为 Y 方向导线。当手动游标励磁信号靠近导线时，产生感应电势，通过接口将坐标显示在坐标显示器上。

台面有各种尺寸。读取精度为 0.04mm。读取介质材料可以是纸张、塑料、玻璃、陶瓷、树脂、木材等。

手动游标由振荡器、励磁线圈、按钮及蜂鸣器构成，当输入有效时蜂鸣器鸣笛。

浮动键盘有字母和数字各键，与控制台键盘的作用相同。

X 扫描仪是近年发展起来的一种输入装置，主要用来输入图形、照片、绘画等。

信息从计算机向外设输出的设备有：

(1) 显示器：这是用得最多的输出设备，可以输出字符、图形和图像。有高、低分辨率和彩色、单色各类。

(2) 打印机：这也是最常用的输出设备，可以输出永久保留的、可视的信息。有点阵打印机、喷墨打印机、激光打印机等多种。

(3) 绘图仪：主要用于输出图形，利用绘图仪提供的各种绘图元语可编制出驱动程序控制图形的输出。绘图仪输出的分辨率要高于上述二种输出设备。

§ 2-2 软件 (Software)

由硬件组成的计算机实体称为裸机，它是计算机系统的物质基础，但要使计算机正常工作还必须配上各类软件。所谓软件是指用于管理、运行、维护、开发的各种程序的总称。软件是计算机系统的一个重要组成部分，它与硬件一样不可缺少，硬件好比是一个人的躯体，软件则是一个人的灵魂。只有二者结合起来，计算机才能正常运转，发挥作用。

计算机软件可分为系统软件和应用软件。前者的任务是管理和控制计算机的运行，为用户提供方便和服务，如操作系统、网络通讯管理、诊断检查等。后者则是解决各种实际问题的程序，如各种数学程序库、绘图程序、CAD 软件以及用户自己开发的用于不同领域的程序等。

操作系统 (Operating System) 是计算机最基本的系统软件，是计算机硬件的第一级扩充，是计算机系统最重要的软件部分。它能有效地管理计算机的所有资源 (Resource)，合理地组织计算机工作流程，提高资源利用率，为用户提供强有力的使用功能和灵活方便的使用环境。

有时把编译程序、测试程序、查错程序等称为支撑软件，这只是为了更突出它们的作用，严格来讲，它们仍属于系统软件。

§ 2-3 固件 (Firmware)

这是一种固化了的软件，或称硬软件。一些常用的、固定不变的程序，如操作系统中的

引导程序、硬字库等，事先把它们写入 ROM 中，便形成了固件。

§ 2-4 计算机语言

人们在日常活动中，信息交换是通过语言进行的，这就是生活中的自然语言。同样，人们要和计算机交换信息也要通过一定的语言，这种语言就是计算机语言。计算机语言和自然语言一样，也要符合一定的语法规则，否则计算机便不能理解。

计算机语言是人们用来书写系统软件 and 开发应用软件的重要工具。计算机所以能在各个领域发挥巨大作用，正是人们借助计算机语言来实现的。

计算机语言有机器语言、汇编语言和高级语言三种。我们知道，计算机只能识别二进制数。这就要求计算机能够执行的指令及参加运算的数据必须以二进制的形式表示，早期的计算机正是这样。为了解决一个问题，使用人员往往要花去很长的时间，用一大串数字“0”和“1”编写程序。这种用二进制代码表示的机器指令的集合叫作机器语言。机器语言是最基本的语言，任何其它语言最终都要翻译成机器语言，计算机才能辨认执行。

然而用机器语言编写程序是件非常麻烦且枯燥无味的工作，不仅效率低而且容易出错，出了错误还不容易查找。

为了摆脱这种繁琐的劳动，提高编程的质量和效率，人们创造了汇编语言。在汇编语言中使用了比较简单而且形象的符号，即助记符 (Mnemonic) 来代替机器指令，因此汇编语言也称符号语言。汇编语言比起机器语言直观多了，也确实容易记忆，例如，MOV，LOAD 代表传送和加载（装入）INCREASE 表示加 1，ADD、SUBTRACT 表示加法和减法，JP 表示转移等等。

应该承认，从机器语言到汇编语言是计算机应用过程中一次很大的进步，然而，尽管汇编语言给程序设计带来一些便利，但它仍然是一种面向机器的语言，使用仍然受到限制。编程时虽然不必熟悉计算机的指令代码，但对计算机的指令系统仍应有一定的了解。

一种更接近于自然语言的计算机语言即高级语言，便在这种背景下诞生了。所谓高级语言是相对低级语言而言的，通常把机器语言和汇编语言合称为低级语言。高级语言是面向用户的语言，它采用了一些英语单词、数学运算符号和表示方法，使用简单，易于学习，是开发应用软件时使用最为普遍的语言。

现在我们把汇编语言与高级语言做一比较。

汇编语言保留了机器语言中操作码和地址码两部分的形式。它比机器语言虽然有了进步，但仍没有彻底摆脱对计算机硬件结构的依赖。具有不同 CPU 的计算机，其汇编语言也互不相同，不能通用，在一定程度上使汇编语言受到限制。然而，一切事物无不具有两重性，正是因为汇编语言与 CPU 有关，所以汇编语言能够深入 CPU 内部，利用它的资源，从而可以完成其它语言难以做到的工作。此外，汇编语言在时间和空间的利用上也优于高级语言。用汇编语言编写的程序节省存储器，执行速度快，在某些场合下仍得到广泛的应用。

高级语言与计算机的指令系统无关，容易理解，容易掌握。书写的程序可以原封不动地或只做少许修改就可以在不同的计算机上运行，这种与机器无关的通用性，给用户带来了极大的方便。

· 有的高级语言，如 C 语言也具有汇编语言的某些功能，像能够使用 CPU 的寄存器，进

行位操作等，但比使用汇编语言要容易。

已经开发出来的高级语言有几百种之多，通常广泛使用的只有十几种，它们各自适用于不同的领域，如：

LOGO 适用于儿童初学，绘图功能较强。

BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code) 是一种小型人机对话语言，简单易懂，很适合于初学者。几乎所有计算机上都配有这种语言可用于科学计算和事务管理。

FORTRAN (FORmula TRANslate) 标准化很强，速度较高。主要用于科学和工程计算。

COBOL (COmmon Business Oriented Language) 是适用于商业的通用数据处理语言。对于非程序员，具有较好的可读性。

PASCAL 由算法语言 ALGOL (ALGOrithm Language) 发展而来，为了纪念法国数学家 Blaise Pascal 而得名，是典型的结构程序设计语言，数据类型丰富、灵活，多用于教学和书写系统软件。

LISP (LISt Processing) 是一种表处理语言，为适合非数值计算而发展起来的，常用于人工智能领域，如定理证明、博弈等。

C 是当前较为流行的一种语言，具有汇编语言的一些功能。代码质量高，可移植性好。既适合作为系统描述语言，又适合作为程序设计语言。

Ada 是美国国防部的标准高级语言，用于大型实时军事防御系统。

Prolog 是人工智能领域中广泛使用的一种语言。

§ 2-5 计算机的基本结构和工作原理

计算机由运算器、控制器、存储器、输入和输出设备五大部分组成。中央处理机和内存存储器一起构成了计算机的主机部分。输入和输出部分合称为外部设备，外存储器也可视为输入输出设备中的一种。计算机的构成如图 2-1 所示。图中实线为数据线，虚线为控制线。

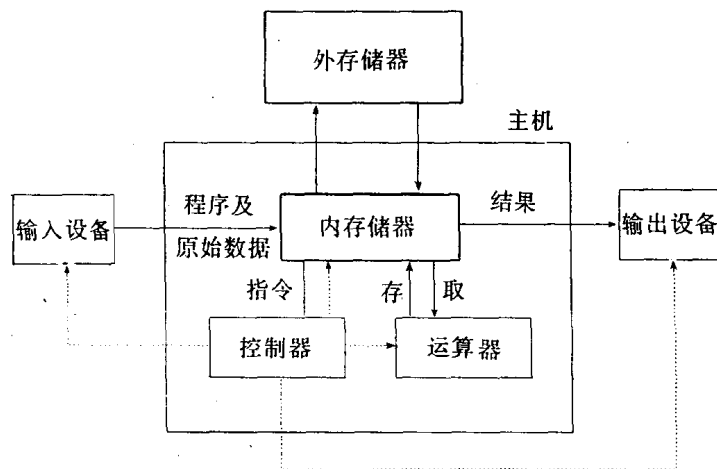


图 2-1

计算机的工作过程是这样的：首先将程序和原始数据通过输入设备送入内存储器。在时钟脉冲的作用下，控制器发出命令，由内存的给定地址中取出指令。通常一条指令由操作码和地址码二部分组成。控制器将取来的指令经过译码器译码，其中操作码部分译码后给出要进行什么操作，地址码部分译码后给出操作对象的地址。这两部分在运算器中完成相应的操作后，控制器又从内存中取出下一条指令，重复上述过程，直至全部程序执行完毕，最后通过输出设备将结果提交给用户。

在这里我们看到，计算机的工作过程遵循了 Von Neumann“存储程序”的原理，即在计算机计算之前，预先将程序输入计算机的存储器中。工作时，计算机就按程序中规定的顺序自动执行各条指令。当前，为了提高计算机的速度，尽管采取了很多新的技术和措施，但都没有离开 Von Neumann 的这个基本原理。