

==BASIC 语言==

华东纺织工学院
一九八三年四月

随着科学的发展，生产自动化程度不断提高，企业中心要处理的信息必然大量增加，计算机应用于企业管理就势在必行，只不过时间的迟早罢了。作为今后长期重视管理工作的人材。对计算机应该有一个较全面了解，从这一点出发，本章介绍一些关于计算机的基础知识。

§1. 计算机的发展史：

一台能正常工作的计算机，必定是构成一个计算机系统。人们常把一台计算机实体（如输入输出设备，CPU，主存储器等）就认为是计算机系统了，这是一种误解。光有计算机实体（又可称裸机）计算机是不能工作的，一定还要配上计算机的灵魂——软件，这样的计算机才会按人们的意志进行工作，才能称得上一个计算机系统。

对计算机的实体又可称为硬件（硬设备），这些设备是摸得着，看得见的。相对着看不见，摸不着的程序系统称为软件。软件又可分为应用软件与系统软件。应用软件是人们根据某种应用问题具体编制的各种程序，而系统软件则是管理计算机提高计算机效率的程序系统。系统软件随计算机出厂时配套的，一般用户只要了解系统软件的使用规则及提供的功能就可以了。

所以计算机实体是计算机系统的核心与基础，与系统软件一起标志着计算机的功能。

这三部分的关系可以用一图表示：



系统软件一般包括语言管理系统，操作系统，诊断系统等，其中

语言管理系统与用户的关系最直接。

语言管理系统即，对用户程序进行管理，为各种程序设计语言配备编译程序，完成语言的翻译工作与语法检查工作。

操作系统是控制和管理计算机运行的系统，使计算机得以运行及提高效率。操作系统一般具有四类功能：

- (1) 处理机管理——合理分配 CPU
- (2) 存贮管理——主存贮器合理地分配给各个作业
- (3) 外部设备管理——合理分配外部设备

所以操作系统是系统软件的主体。

诊断系统是由诊断程序与检查程序组成。诊断程序为诊断和检查计算机故障提供调试的手段，检查程序是检查机器各部件和整机的功能。

正由于这三方构成了一个计算机系统，所以讲发展史也从四个方面来考虑：

(1) 计算机所用的主要逻辑元件（元器件），存储器，外部设备等的发展。

(2) 计算机系统结构形式，使用计算机方式（系统结构指计算机的运算器、控制器、存储器、输入输出设备之间的相互关系）的演变。

(3) 应用水平的发展。

(4) 软件水平的提高。

并在介绍过程中，再介绍一些有关计算机的术语和知识。

计算机发明于廿世纪四十年代，它是当时科学技术发展的产物，而导致它出现的直接原因是军事上的需要。1943年英军为了解决弹道学问题与美国宾夕法尼亚大学签订了研制用于计算炮弹的高速计算机合同，经过三年的努力，于1946年研制成功，名为“电子数值积分器和计数器”，简称ENIAC，这便是世界上第一台数字式电子计算机。

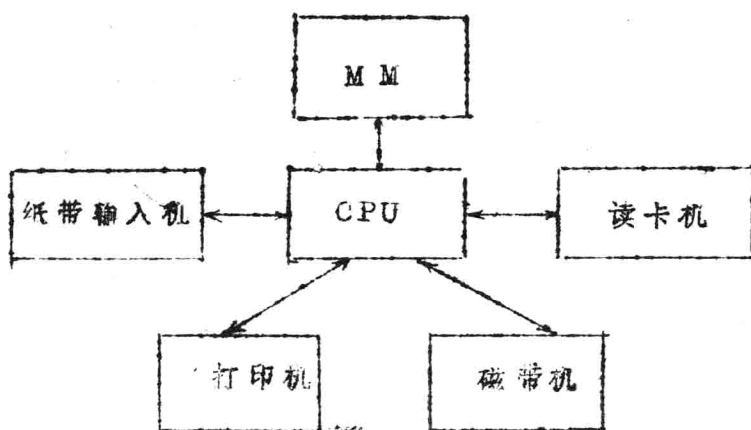
ENIAC虽然是一个由一万八千多个电子管组成，占地面积170平方米，重量达30吨，耗电150千瓦的庞然大物，而内存容量只有17 K位，字长12位运算速度5000次/秒，从现代的观点看水平

是很低的，但在当时已经是一个了不起的计算机了，原来用人工计算炮弹从发射到弹着轨道 40 点的位置需七个小时，而用 ENIAC 只要 3 秒钟就可以了，计算速度提高了 8400 倍，在当时是一个划时代的发展。

自 ENIAC 之后，各方面的计算机的研究逐渐繁荣起来，并不断得到改进和迅速发展。计算机从 1946 年问世以来，经历了四代：

一、第一代：1946 ~ 1957 年计算机的初期阶段。

在此时期计算机的元器件采用电子管，主存储器使用磁鼓等，外存储器开始使用磁带。在这早期的计算机系统中，中央处理器 (CPU)，主存储器 (MM)、外部设备 (I/O) 是以 CPU 为中心进行组织连接而成，各部分交换信息都要经过 CPU，如图所示：



早期的计算机系统结构

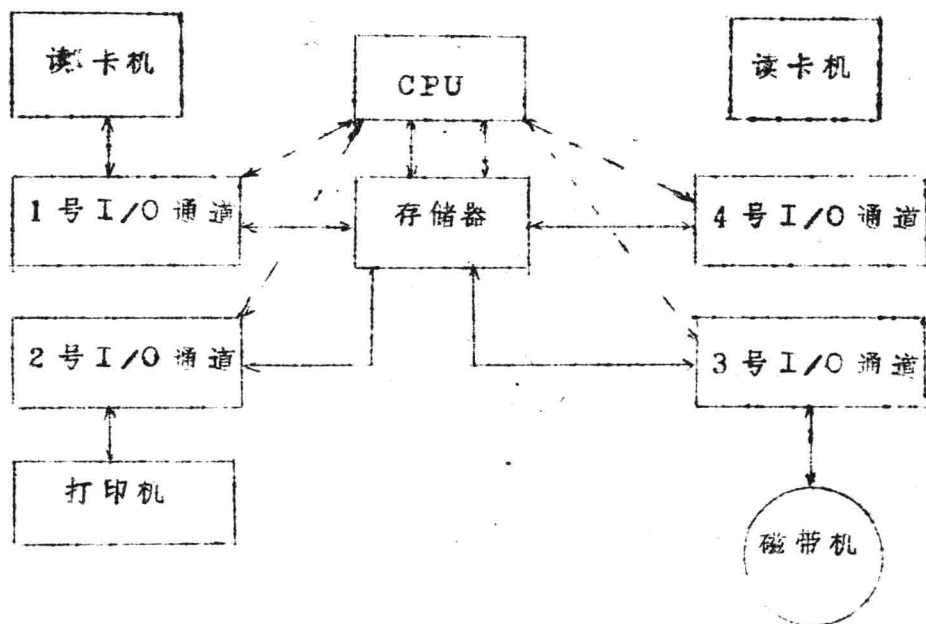
这种系统结构亦称为联机方式（即一切操作都由 CPU 直接控制完成的）。在这种计算机系统结构中“人一机”关系不可分，用户直接触及机器。在这个时期操作系统功能很简单，用户用机器语言编制程序，符号语言开始使用，应用以科学计算为主。

1957 年美国飞哥公司安装了第一台晶体管的 TRANSACS - 100 机，1958 年 IBM 公司开始用晶体管取代原来生产的电子管计算机，使电子计算机进入了第二代。

二、第二代 1958 ~ 1964

第二代计算机的元器件采用晶体管，主存储器使用磁芯存储器，外存储器已开始使用磁盘。这时出现以存储器为中心来组织计算机系统。由于外部设备的速度不能与主机的速度相匹配，严重影响了中央处理机的效率，因此出现了系统的新部件——通道。

通道是一种硬件机构，是功能较弱的CPU，它能控制一台或多台外部设备，它一旦被启动，就独立于中央处理机而运行。通道的引进使得输入输出和计算机重迭进行操作，大大提高了机器的处理效率，在软件上出现了FORTRAN, ALGOL, COBOL, PL/I等高级程序设计语言，操作系统功能得到发展，“人一机”关系疏远，程序员不再是操作员。此阶段的系统结构形式见图：



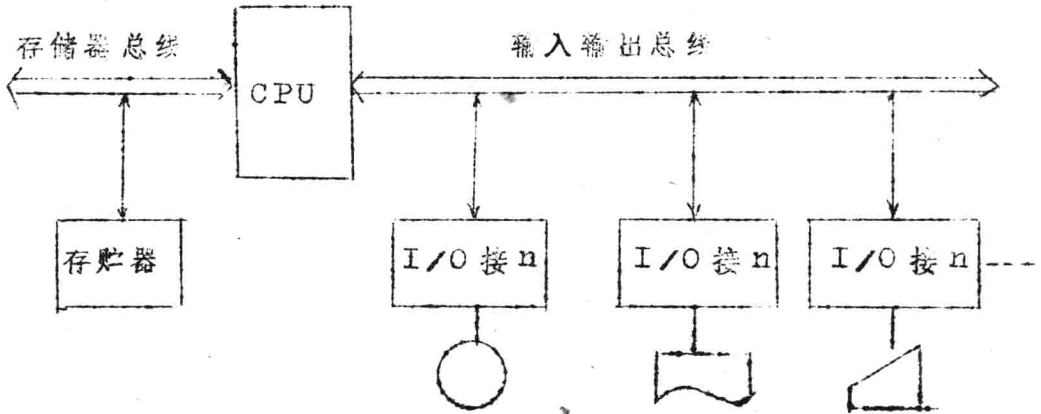
第二阶段系统结构形式

第二代的计算机不仅在科学计算机上得到进一步应用，在各种事务数据处理方面也得到了广泛的应用，并开始用于过程控制。

三、第三代 1965~1972

1964年IBM 360系列发表开始了第三代计算机，这一代的计算机元器件采用了集成电路，主存储器仍以磁芯存储为主。

在系统结构上，仍以存储器为中心，但出现总线概念，用总线把 CPU、通道或 I/O 处理机连接起来。同时出现终端设备，并通过线路（或通讯线路）与主计算机系统连接起来。由于出现了终端设备，使计算机系统在系统结构上发生变化，见图：



总线构成了计算机不同的组成部分之间的公共数据通道，中央处理机分别通过存储器总线和输入输出总线与存储器和输入输出设备交换信息。

在“人一机”关系方面更疏远了，不仅本地用户可以通过终端使用机器，也可以使许多远距离的用户使用机器。操作系统功能大大扩大，出现了具有分时系统、实时系统、多道成批系统的操作系统，计算机机种多样化、系列化，外部设备品种不断增加。应用方面已广布于工业控制，数据处理和科学运算 各领域。

分时系统：一台计算机可以挂上几个控制台和上百台终端，每个用户都可以在一台终端或控制台上序纵或控制他的作业运行，这样就使很多联机用户可以同时使用一台计算机，并与它进行“对话”，而用户之间却感觉不到别人也在使用计算机。

实时系统：在实时系统中，用户通过终端设备向系统提出服务请求，系统完成服务工作后通过终端回答用户。实时系统对响应时间的要求比分时系统更高，一旦实时系统提出服务请求，要求系统

立即处理，实时系统没有分时系统那样强的交互式会话能力，不能在实时终端调试程序等。

多道成批系统 指主存中同时放入几个作业，并行运行，并在作业运行过程中不允许用户和机器之间发生交互作用。

四、第四代 1970年以后开始转入第四代。第四代是全面采用大规模集成电路时代，1971年正式开始生产的IBM 370系列机首先使用大规模集成电路做主存，但计算机还是用中小规模集成电路，因此被称为3.5代的计算机，1975年以后在美国和日本，生产了元器件也采用大规模集成电路的计算机。第四代计算机在软件方面与硬件更多结合数据库开始应用，在应用方面则表现出由多机形成综合信息处理网络的计算机系统。由于采用大规模集成电路，促使第四代的计算机向两个方向发展：一个是向高速大容量化发展，优先用于军事目的和计算中心的大型巨型机。另一个是向微小型化发展，发展易于在民用方面广泛应用的小型微型计算机。

§2 计算机的组成：

本节主要进一步介绍有关的硬设备的一些知识，可以让大家在此基础上学习高级语言及应用。

计算机的硬件，主要组成部分有五个：运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备。

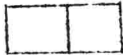
下面就这五个组成部分的特点、功能简单介绍一下：

一、运算器

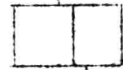
计算机的一切运算的进行，都通过运算器自动完成的，它不仅能进行四则运算，也能累计被计算的数据，还能进行逻辑操作等。

运算器也是由电子器件组成的。这些电子器件组成一个个触发器，由触发器寄存代码。

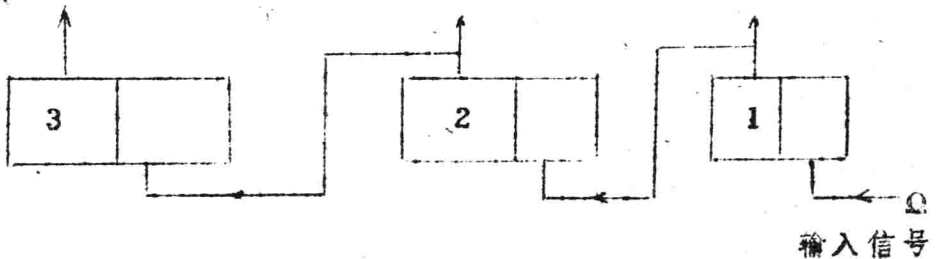
触发器怎样寄存代码呢？

触发器是由晶体三极管、电阻、电容等电子元件组成的电子线路，触发器有两个稳定状态：通与断两个状态，若触发器通的状态“1”表示，断的状态用“0”表示，触发器总是处于两个状态中的一个，用  图形表示触发器，每个触发器都有一个输入端与输出端，

信息从输入端输入，触发器状态从输出端输出，若触发器处于原始状态，则输出端为“0”状态。在输入端加了一个输出端↑信号脉冲后，触发器的状态即会翻转，从“0”→“1”，则输出端输出“1”。



现在用三只触发器联在一起，由于每一个触发器能寄存一位代码，三只触发器就能寄存三位代码。



三个触发器的初始状态处于 0 0 0。

当输入端输入第一个脉冲时，触发器 1 翻转，输出端 1 从原来的“0”→“1”这个电位变化，虽然传送给触发器 2，但不能使触发器 2 翻转。当输入端输入第二个脉冲时，触发器 1 又被触发翻转，从“1”→“0”，这样从触发器 1 输出端输出一个脉冲至触发器 2，使触发器 2 触发翻转，输出端 2 的状态由“0”→“1”，但这个电位变化不能触发 3 翻转。当第三个脉冲，第四个脉冲，……，依次输入时，触发器的状态依次翻转，就寄存了代码，三位触发器寄存的代码如表所示：

脉冲	触发器状态			寄存代码
	3	2	1	
0	0	0	0	0
1	0	0	1	1
2	0	1	0	2
3	0	1	1	3
4	1	0	0	4
5	1	0	1	5
6	1	1	0	6
7	1	1	1	7

计算机的运算器基本原理就是这样，只不过实际使用的触发器再复杂一些。在运算器内这种触发器一般 8 个、16 个、32 个、64 个或 128 个组成一起，根据连接方式或组成线路不同，组成加法器和寄存器（总称为运算器）。加法器和寄存器共同完成计算机的运算工作。

反映运算器性能的主要技术指标是运算速度和字长，这个指标不仅是运算器的主要技术指标，而且也是整台计算机的主要技术指标。

运算速度是指一秒钟能完成多少次加法；或完成一次加法所需的时间。例如：有一台计算机的速度是 10 万次，即指此台计算机每秒钟能做 10 万次加法运算，而完成一次加法所需时间为 $1 \times 10^6 / 1000000 = 10\mu s$ 。

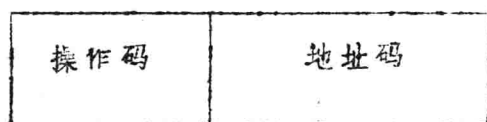
字长是指运算器中寄存器所寄存代码的位数，也就是组成寄存器的触发器个数。如果计算机 48 位字长，即有 48 个触发器组成。字长的长度影响计算程度，操作种类，内存容量等。

二、控制器

控制器是整个计算机的指挥系统。它通过向机器各部分发出控制信号来指挥整台机器自动地、协调地进行工作。这些控制信号即是人们事先编制的程序（解题的步骤），程序中的每一步叫做一条指令，所以程序也就是指令的集合。

控制器由指令计数器和指令寄存器组成（计数器和寄存器也是由触发器组成的），指令计数器专门存放指令地址的寄存器，指令寄存器存放正在执行中的指令。控制器根据指令计数器的指令地址从存储器中取出指令存放于指令寄存器中，控制器根据这条指令的要求发出各种信号控制运算器和其他部件。当控制器完成了该指令要求的操作时，它就控制存储器本身，使存储器中又取出下一条指令，如此连续不断地执行程序中的每条指令，直至最后一条指令要求它停止工作为止。

既然指令是存于寄存器内的，所以指令就是由一串 0 和 1 代码所组成，这一串代码分成两个部分（一条指令由两部分组成）：

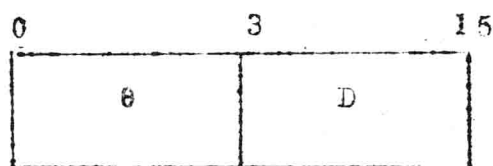


左边的操作码表示该条指令执行那种性质的操作，右边的地址码表示参加指令操作的数据存放的

内存储器的地址。

操作码和地址码的长短随机器不同而不同。

例如一种十六位字长的小型计算机



由于操作码 0 占四位，因此计算机最多可以有 $2^4 = 16$ 条不同指令。

此计算机的操作码共有十四条：

0001	加法操作	1000	无条件转移
0010	减法	1001	逻辑加法
0011	乘法	1010	逻辑乘法
0100	除法	1011	按位加法
0101	取数	1100	输入
0110	存数	1101	打印输出
0111	条件转移	1110	停机

一台计算机所能执行的各种不同指令的全体，叫做计算机的指令系统。上面十四条指令则为此台小型计算机的指令系统。计算机的指令系统在很大程度上决定了计算机的解题能力及使用灵活性，指令系统设计得愈完善，计算机的功能就愈强。

三、存储器

存储器也就是记忆器。形象说来，它相当于人的大脑。从记忆能力讲，它比人的大脑要强得多，但它不会思维，这与人的大脑不能比喻的。

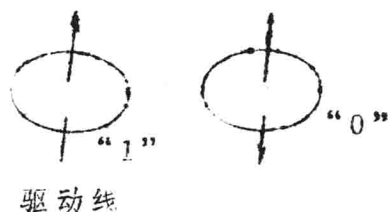
存储器是用来存储数据与程序的。目前我国生产的计算机的存储器大部分由磁性材料构成，利用磁化原理“记住”要存储的一切数据与指令。

存储器又分内存储器（主存）和外存储器。内存储器直接和运算器打交道的，它一般由几十万颗比芝麻还小一半的环状体磁心组成，内存储器用来存储常用的数据、指令和中间结果的。为了存取数据方便，将内存储器的几十万颗磁心按十几个或几十个划成一个个的小组，每一组定名为一个存储单元。一个存储单元的磁心多少决定于字长，若运算器中字长为16位，则存储器中的一个存储单元的长度为16位。

每颗磁心存储代码原理如下：

在环状磁心的中间有一驱动线，当驱动线有电流通过时，磁心被磁化，当磁心磁化达到饱和时，即使驱动线电流没有，磁心仍保存这个磁化状态，若驱动线通有相反方向电流时，磁心会在相反方向达到磁饱和。认定一个磁饱和方向为“1”，则另一个方向为“0”，这样由于驱动器通入不同方向电流，而被磁心记忆住了不同的代码。

内存储器中的各个存储单元按一定的顺序编号，这在计算机制造时就规定的，这些号码就是地址码。



这可以打个比方：整个内存储器可以比做一幢大旅馆，旅馆里的每个房间比做一个个存储单元，旅馆里的每个房间都有它自己的号码，存储器中的每个单元有它的自己的号码——地址码，地址码与房间号一样，一般不变更，但存储单元中的存储内容是经常变更的，这与旅馆房间里房客经常变动是相同的。旅馆里找人是根据房间号码找人，内存储器中找数据或指令是按存储单元的地址码进行，所以控制器的指令计数器中地址和指令中的地址码就是存储单元的地址码。

内存储器存储的数据有一个特性：存入的数据无论你取用多少次都不会丢失，只有当一个新的数据送入后才能把原来的数据改变成新进入的数据，这叫“用不完，挤得走”。这个特性在以后程序设计中经常碰到，一定要牢记。

内存储容量是一台计算机的主要技术指标之一，内存容量指内存储器所密有的存储单元的总数。存储容量愈大，机器的功能也就愈强。

存储容量一般用K表示，若一台计算机有8K内存，则此台计算

机总的存储量为：

$$8 \times 1024 \text{ 单元} = 8192 \text{ 单元}$$

1 K 内存即为 1024 单元。因为不同的计算机有不同的字长，用 K 字计算存储便计算机之间的容量无可比性。例一台计算机 8K 内存，字长 32 位，另一台计算机 16 K 内存，字长 16 位，从存储单元来讲，后一台计算机比前一台容量大，但再算一下它们所具有的二进制位：

$$8 \times 1024 \times 32 = 262444$$

$$16 \times 1024 \times 16 = 262444$$

是相同的，为了便不同的字长的计算机之间能进行容量比较，引进另一个指标——字节 (BYTE)，即八位二进制作为一个字节，有了这个章程，计算机存储量相比有了基础。

上述的两机的字节数：

$$8 \text{ K} \times 32/8 = 32 \text{ K 字节}$$

$$16 \text{ K} \times 16/8 = 32 \text{ K 字节}$$

说明两机容量相同。

磁芯存储器的存取速度一般在 $1 \sim 6 \mu\text{s}$ 之间。

内存存储器除用磁芯构成外，目前世界上大多数计算机才采用半导体的存储器（大规模集成电路），半导体存储器比磁芯存储器具有速度快，体积小，密度大，功耗低，可靠性高，易于集成电路的逻辑元件匹配等优点，因此应用愈来愈广。半导存储器的存取速度只有几十毫微秒。

在一台计算机上当然希望内存愈大愈好，但内存存储器的价格较贵，而且受机台位置的限制，所以容量总有限制的，为弥补内存存储器的不足，计算机一般都有外存储器，亦称辅助存储器。内存中不常用的数据或暂且不用的数据可以存入外存储器。外存储器的容量很大，数据装满后掉换。

外存储器一般有磁带磁鼓，磁盘。这些外存储器都是应用磁表面的磁化来存储信息。外存中的数据读出来靠已存入信息的剩磁，使磁

头磁化，将数据读出。

磁带的外形如录音机的磁带，目前常用的磁带有七轨和九轨两种，即有7或9个独立的读/写磁头同时读出或写入数据。磁头排成一条线，与磁带长度方向垂直，7道磁带的记录密度约为每英寸200~800位，9道磁带记录密度为每英寸800~1600位，典型的磁带长度为2400英尺，带宽为1/2吋，磁带读写速度在1.25~200英寸/秒之间。

目前不少微型计算机配备了录音机，把数据或程序存储在盒式磁带上。磁鼓的外形像鼓，磁鼓工作时，磁头是固定的，磁鼓可转动的，每一个磁头对应磁鼓上的一条磁道。磁道越多，磁鼓的容量越大，磁鼓的容量有16 K字，32 K字也有十几万字节的。

磁鼓的存取速度为8~20毫秒。磁鼓与主机是固定相连的，因此是不可搬的存储器，这样便存储容量有了限制。

磁盘有固定式和活动式。现在一般利用活动式的，这样存储容量就不受限制。

磁盘通常由6~10片磁盘组成一个磁盘片，每个磁盘可有两面记录信息，对应每一个面有一磁头，磁盘可以旋转，磁头可以作直线运动，磁盘的存储速度比磁鼓快，一般为20~800微秒；磁盘的存储量不能估计，一般总在1兆字节以至几十兆字节。我国目前广泛采用微型机，微型机绝大部分使用软磁盘；软磁盘有些像塑料薄膜唱片，有5吋，8吋两种，有的可双面记录，有的只能单面记录数据，记录密度也不相同，一般的容量在80K以上，传输速度约4~125 K字节/秒。

这三种存储器各有所长，磁带价格便宜，使用方便但只能顺序存取，目前很多资料保存使用磁带，磁鼓的最大优点是对环境要求低且能随机存取，但容量上受限制，一般用在军事上，磁盘是使用最广泛的外存储器，存储量大，不受限制，又可以随机存取，所以今后愈来愈多的外存是磁盘。

四、输入设备

输入设备的任务是将计算程序，数据等信息转换成计算机能接受

的信息，装入存储器。

常用的输入设备有纸带输入机，卡片输入机，把程序与数据穿孔成纸带与卡片，经过光电输入机，把纸带或卡片上的信息转换成电信号，输入计算机。

常用的纸带有五单位和八单位两种，卡片有80列，90列两种。纸带上和卡片上不同位置的穿孔代表了不同信息，有孔时光线能透过，机器接受到“1”信号，无孔时，光线不能透射，机器接受到“0”信号，就这样把纸带上或卡片上的信息送到计算机内。

纸带输入机每秒走5—7米，读卡机的速度500张/分—100张/分，纸带在纸带穿孔机上穿孔，卡片在卡片穿孔机上穿孔，经穿孔后纸带才能在输入设备上输入。

五、输出设备

输出设备主要把计算的结果给予输出，最常用的输出设备是打印机。行式打印机比字符打印机或串行打印机速度快，行式打印机一次打印一整行，串行打印机每次打印一个字符，串行打印机速度一般为10—120字在/每秒，中速行打印机一般在200—600行/分。

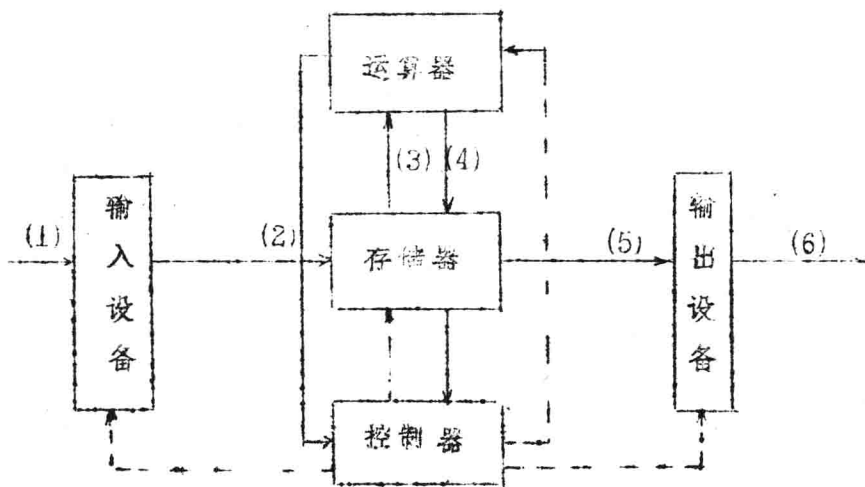
除此之外键盘显示器与键盘打字机也是常用的输入输出设备，这种设备在各种计算机上都是必备的。

其他如软盘输入机，数字盒式磁带记录器，光字符号阅读装置。国外已为常用的输入、输出设备。

人们常把运算器和控制器合在一起称为中央处理机（CPU）。上面五个组成部分是计算机的基本组成部分，五个部分之间是相辅相成的，它们的联系可以用一框图来表示：

它们的执行顺序为：首先将原始数据和计算程序按顺序(1)通过输入设备将纸带或卡片上的信号变为电信号，经(2)存在存储器内，然后按照解题的步骤由控制器发出相应的指令，将已存在内存储器中的指令或数据指出，经(3)送到运算器进行运算，算得结果由运算器经(4)送到内存储器中去存储起来，如果需要输出，再由控制器发出指令，以便从存储器中取出，按顺序号(5)经输出设备将机器的二进

位数码换成人们习惯的十进制数输出。这只是一般的联系，实际上计算机各组成部分的联系是很复杂的。



§ 3 电子计算机上数的表示形式

从电子计算机组成中看出，电子计算机的主要部件都由两态逻辑元件组成，因此它加工和运算的对象都表示为二进制数，这种形式的数同我们日常接触的十进制数不一样，因此，要使用计算机，就要了解数在计算机里的各种表示形式以及它们之间的转换方法。

一、十进制，二进制，八进制

日常生活中，用得最多的数是表示为十进制形式的数，叫做十进制数，这种数的每一位数字都是 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 十个数字中的一个，而且，数中不同位置上的数字具有不同的含义。

例如：十进制数 2.375 可以表示为

$$2.375(+)=2 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2} + 5 \times 10^{-3}$$

其中：自左至右的十进位数字 2, 3, 7, 5 分别是 10^0 , 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} 数位上的数字，每一位上的数字满了十就向高一位进一，所以，十进制就是“逢十进一”的计数制。除了十进制数之外，日常生活中也碰到许多非十进制数，譬如，计算时间的时候是用六十进制，

廿四进制。日常百货中 12 件作为一打，等等。

电子计算机中使用的是二进制数，用“0”，“1”表示，例如，二进制数 10.011 表示为

$$\begin{aligned} 10.011(\text{二}) &= 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 2.375(+)\end{aligned}$$

其中：自左至右的二进制数字 1，0，0，1，1 分别是 2^1 ， 2^0 ， 2^{-1} ， 2^{-2} ， 2^{-3} 数位上的数字，每位上的数字满了二就向高一位上进一。所以二进制就是“逢二进一”的计数制。从本例看出，二进制中的 10.011 就是等于十进制中的 2.375。

二进制形式的数使用很不方便，书写冗长，为了弥补这缺点，引进八进制。因为八进制数与二进制数之间有简单的转换关系， $8 = 2^3$ ，也就是说，一个八进制数可以用三位二进制数表示，由于转换方便，计算机上使用八进制也很普遍。

八进制数就是数的每一位数字都是 0，1，2，3，4，5，6，7 八个数字中的一个，而且数中不同位置上的数字具有不同的含义。例如：八进制数 2.3 表示为

$$2.3(\text{八}) = 2 \times 8^0 + 3 \times 8^{-1} = 2.375(+)$$

其中：2 是 8^0 数位上的数字，3 是 8^{-1} 数位上的数字，每一位的数字满了八就向高位上进一，八进制就是“逢八进一”的进位。

以上几个例子中，得到了二，八，十进制的含义，也得出了二，八进制如何化为十进制数。

二、数制的转换

1. 数的十进制形式向八进制形式的互化

(1) 整数的化法

从八进制化为十进制得出：

$$75(+)=K_n \times 8^n + K_{n-1} \times 8^{n-1} + \dots + K_0 \times 8^0 \quad (1)$$

确定 K_n ， K_{n-1} ， $\dots$ ， K_0

