

计算机系统概论

1.1 计算机的发展状况

1.1.1 计算机的定义

自1946年2月15日第一台计算机即电子数字积分和计算机(Electronic Numerical Integrator And Computer, ENIAC)诞生以来,计算机技术发生了翻天覆地的变化,计算机在各个领域获得了广泛的运用,作为一个现代人,如果不会操作使用计算机,就像一个文盲一样。那么,究竟什么是计算机?一个完整的计算机系统的哪些部分组成?各部分的作用是什么?计算机是如何工作的?通过本课程的学习,来讲解这些问题。

定义: 电子计算机是一种能够存储程序、自动连续地执行程序,对各种数字信息进行算术运算和逻辑运算的快速电子工具。

使用计算机解决问题,首先必须根据一定的算法编写程序,并以文件的形式存储程序,然后通过执行程序来完成对信息的处理和加工。程序是实现一定算法的指令集合,指令是指挥计算机硬件完成某一功能的命令。一般用户使用计算机,实质上就是按照文件名运行一个具体程序,然后计算机将运行的结果通过输出设备告诉用户。

1.1.2 计算机的发展

世界上第一台计算机由美国宾夕法尼亚大学莫尔学院电机系莫克利教授(J. W. Mauchly)和他的学生艾克特(J. P. Eckert)及同事共同研制的,取名 ENIAC。它采用十进制运算,共使用 18 000 多个电子管,1500 个继电器,运行时耗电 150kW,占地面积约 140m²,重 30t,每秒可以完成 5000 多次加法运算和 50 次乘法运算,可以进行平方和立方运算以及 sin 和 cos 函数运算。从诞生之日起,到 1955 年 10 月 2 日 10 年间,共运行了 80 223 个小时。

计算机的发展史常以器件来划分(请注意,不要和微处理器的发展混淆)。通常可以划分为以下几个时代。

1. 第一代电子计算机

第一代计算机为电子管计算机(1946—1957 年)。它将电子管和继电器存储器用绝



缘导线互连在一起,组成单个 CPU,CPU 用程序计数器和累加器完成定点运算,采用机器语言或汇编语言,CPU 程序用控制 I/O 设备。此时,软件一词尚未出现。其特点是体积大,速度慢($10^4/s$,每秒钟运算次数),功耗大,存储器容量小。典型产品有 ENIAC、IAS 和 IBM 701。

2. 第二代电子计算机

第二代计算机为晶体管计算机(1958—1964 年)。它采用晶体管组成更复杂的算术逻辑部件和控制单元,存储器由磁芯构成,实现了浮点运算,并且提出了变址、中断和 I/O 处理等新概念。软件也得到了发展,出现了高级语言编程,为计算机提供了系统软件。其特点是:同第一代计算机相比,第二代晶体管计算机体积小,速度快($10^5/s$),功耗低,可靠性高。典型产品有 IBM 7094、CDC1604、DEC 公司的 PDP-1 计算机。

3. 第三代电子计算机

第三代计算机为小、中规模集成电路计算机(1965—1971 年)。单个封装的晶体管称分立元件,分立元件分开制造,封装在自己的容器中,然后再焊接到电路板上。第二代早期计算机大约包含 10 000 个晶体管,后来达数十万个。集成电路制造技术是利用光刻技术把晶体管、电阻和电容等构成的单个电路制作在一块芯片上。使用集成电路制造的电子计算机称为集成电路计算机。这期间,因受半导体制造技术的限制,集成电路的规模较小,被称为小、中规模集成电路(Small Scale Integration, SSI)、MSI(Middle Scale Integration)。其主要特点是:第三代计算机开始采用微程序控制、流水线、高速缓存、虚拟存储器和先行处理技术等。软件采用多道程序设计和分时操作系统。典型产品有 IBM 的 System/386 和 DEC 公司的 PDP-8 等。

4. 第四代电子计算机

第四代计算机为大规模、超大规模、极大规模、甚大规模集成电路计算机(1972 至今)。随着大规模集成电路与微处理技术的长足进步,大规模(Large Scale Integration, LSI)、超大规模(Super Large Scale Integration, SLSI)、极大规模(Ultra Large Scale Integration, ULSI)和甚大规模(Very Large Scale Integration, VLSI)集成电路成为计算机的主要部件,计算机的运行速度越来越快。并行处理技术的研究与应用以及众多巨型机的产生是这个阶段的一大特点。另一个特点就是计算机网络的发展及广泛应用,20 世纪 90 年代计算机与通信技术的高速发展与密切结合,掀起了网络热。大量计算机通过因特网相联,这就大大地扩展和加速了信息的流通,增强了社会的协调与合作能力,使计算机的应用方式由个人计算方式向分布式和群集式计算发展。另外,随着后 PC 时代的到来,消费电子、计算机、通信(Consumption、Computer、Communications,简称 3C)一体化趋势日趋明显,数字化社会的呼声使嵌入式系统(embedded System)日益受到市场和厂家的关注,嵌入式设备越来越普及。同时,软件技术也得到了极大发展,高级程序编程、网络操作系统、个人计算机操作系统和网络数据库技术都得到了极大发展。多进程和多线程编程以及软件工程越来越受到人们的重视。

除了主要器件采用 VLSI 这一显著特点外,微处理器技术的发展也是计算机发展史上的里程碑式的事件,从 1971 年 Intel 公司的 4 位微处理器 4004 到现在的 64 位的 Pentium 4,计算机应用也从大型实验室和研究部门最终走进了家庭。

5. 新一代计算机

目前计算机技术仍然使用硅组成的半导体器件,计算机的基本结构仍然遵循冯·诺依曼(John Von Neumann)结构体系。新一代计算机正寻求速度更快、功能更强的全新元器件,如神经元、生物芯片、超导材料和量子芯片等。计算机的基本结构试图突破冯·诺依曼结构体系(指令驱动的串行计算机,对现实世界中的大量并行处理具有先天不足),以自然语言为计算机的逻辑推理语言,使计算机更具有智能化。

1.1.3 微处理器的发展

在计算机发展过程中,有两项技术对计算机发展起了重要作用:微处理器技术和半导体存储器技术。早期存储器采用的是铁磁环,1970 年仙童(Fairchild)公司利用集成电路技术生产出第一个半导体存储器芯片(256 位二进制信息)。从 1970 年开始,半导体内存从 1KB、4KB、16KB、64KB、256KB、1MB、4MB、16MB、64MB 发展到 256MB、512MB 等,速度也越来越快。这为运行大规模软件提供了物质基础。另一个就是微处理器。微处理器的发展使得计算机的功能越来越强,速度越来越快。表 1-1 是 Intel 公司主要 CPU 的性能表。

表 1-1 Intel 主要 CPU 的性能表

年代	芯片名	集成度(晶体管)	主频时钟(MHz)	线宽(um)	数据总线(位)	地址总线(位)
1971	4004	2000	2	2	4	
1974	8080	8000	4	1.5	8	20
1978	8086	3 万	5~8	1.5	16	20
1984	80286	13 万	10	1~1.5	16	24
1985	80386	27 万	33	1~1.5	32	32
1989	80486	100 万	35~40	1	32	32
1993	Pentium 586	300 万	60~150	0.6	64(32 位处理器)	32
1995	Pentium Pro	550 万	150~200	0.6	64(32 位处理器)	32
1997	P II	750 万	300~450	0.35	64(32 位处理器)	32
1999	P III	800 万	600~1000	0.25	64(32 位处理器)	32
2000	P 4	1000 万	1.4G	0.18	64(32 位处理器)	32

目前,CPU 的主频已达到 4G,线宽也突破了 0.09um。64 位双核心 CPU 也已商业化。

1.2 计算机系统的组成

完整的计算机系统包括硬件和软件两部分,图 1-1 为计算机系统的组成。

硬件部分: 硬件是构成计算机的所有物理部件的集合,是能看得到的物理实体。如 CPU、内存、硬盘、主板、显示器、键盘、鼠标和机箱电源等。硬件是计算机系统的物质基础。

软件部分: 是指运行、维护、管理以及应用计算机所编制的所有程序的总和。软件必须在硬件的支持下才能运行。软件的作用在计算机系统中越来越重要。我们把没有软件的计算机称为“裸机”。

硬件是计算机系统的物质基础,是计算机的躯体,软件是计算机的头脑和灵魂,只有将两者有效地结合起来,计算机系统才能有生命力,整个计算机系统的好坏,取决于软硬件功能的总和。

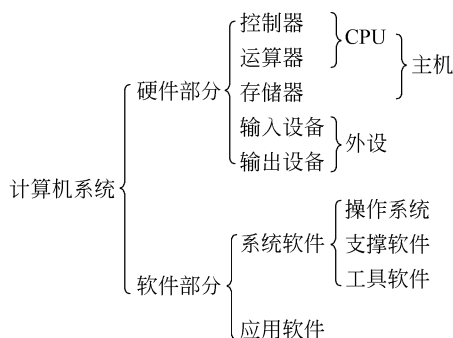


图 1-1 完整的计算机系统

1.2.1 计算机硬件系统

为了告诉计算机做什么事,按什么步骤去做,需要事先编制程序(由计算机指令组成的序列),并把编好的程序和原始数据预先存入计算机的主存储器中。计算机在工作时连续、自动、高速地从存储器中取出一条条指令并加以执行。存储程序的概念最早是由美籍匈牙利数学家冯·诺依曼于 1946 年提出的。其基本思想是:

- 采用二进制形式表示数据和指令;
- 采用存储程序的工作方式;
- 由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大功能部件组成计算机硬件系统,并规定了这五部分的基本功能。

冯·诺依曼计算机的这种工作方式,称为指令(控制流)驱动方式,即按照指令的执行序列,依次读取指令,根据指令所含的控制信息,调用数据进行处理。这种计算机从根本讲是采取串行顺序处理机制、逐条执行指令的单处理机结构体系。在现实世界中,某一问题只要可以找出解决该问题的相应算法,就可以编制有效的计算程序,该问题就可以在计算机上解决。

半个多世纪以来,计算机技术发生了很大的变化,但计算机的基本组成仍然遵循冯·诺依曼计算机的结构体系。图 1-2 为计算机的硬件组成结构图。

1. 控制器

控制器是计算机的核心部件,它指挥计算机各部件自动、协调地工作,即控制计算机

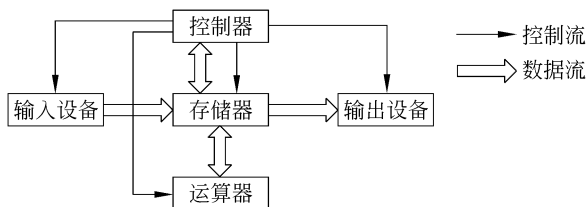


图 1-2 计算机硬件结构图

自动执行程序。控制器的核心部件是控制单元(Control Unit,CU),它产生计算机工作时需要的各种控制信号。除了控制单元,控制器还包括:

(1) 程序计数器(Program Counter,PC)

也称指令指针/Instruction Pointer,IP)。用来存放将要执行的下一条指令的地址,除非遇到转移指令,否则,CPU 在每次从内存取出指令之后,总是自动将 PC 加上一个增量,指向下一条要执行指令的地址,这就保证了程序自动连续地运行。

(2) 指令寄存器/Instruction Register,IR)

从内存中读出的指令存放在 IR 中,然后由指令译码器进行译码。

(3) 指令译码器/Instruction Decode,ID)和控制单元(Control Unit,CU)

对 IR 中的指令进行译码,产生执行该指令的各种微操作命令序列,用于控制所有的被控对象,完成指令的功能。

2. 运算器

主要由算术逻辑运算单元(Arithmetic Logic Unit,ALU)等组成,用来完成对信息的加工和处理(算术运算和逻辑运算)。

早期控制器和运算是分开制造的,现在已经把它们集成在一个芯片上,这个芯片就是 CPU。如 Intel 公司 80x 系列的 8086/ 8088/ 80286/ 80386/ 80486/ Pentium (80586) / Pentium Pro/Pentium II / Pentium III / Pentium 4 等;AMD 公司的 Athlon 系列、Duron 系列等。

3. 主存储器

主存储器(Main Memory)又称内存,用来存放程序和数据,可以与 CPU 直接交换信息。将 CPU 和主存储器结合在一起,就是我们常说的主机。

4. 输入设备

输入设备以某种形式接收数据和指令,并将其转换成计算机可以识别的机器码,供计算机处理。常用的输入设备有键盘、鼠标和扫描仪等。

5. 输出设备

输出设备将计算机处理的结果转换为人们可以识别或其他计算机可以接收的形式。常用的输出设备有显示器、打印机等。输入设备和输出设备统称为外设。

五大功能部件通过总线连接在一起。

1.2.2 PC 系列微机的基本结构

PC(Personal Computer) 又称为个人计算机,主要面向个人和家庭用户。自 1981 年 IBM 公司推出第一台 PC 以来,不仅拓宽了计算机的应用领域,而且大大地促进了计算机的普及和发展。

下面是一台完整的 PC 机所有硬件部分的实物图。

1. 主机

包括 CPU(控制器+运算器)和存储器(主存+辅存)。图 1-3 为 CPU 和存储器。

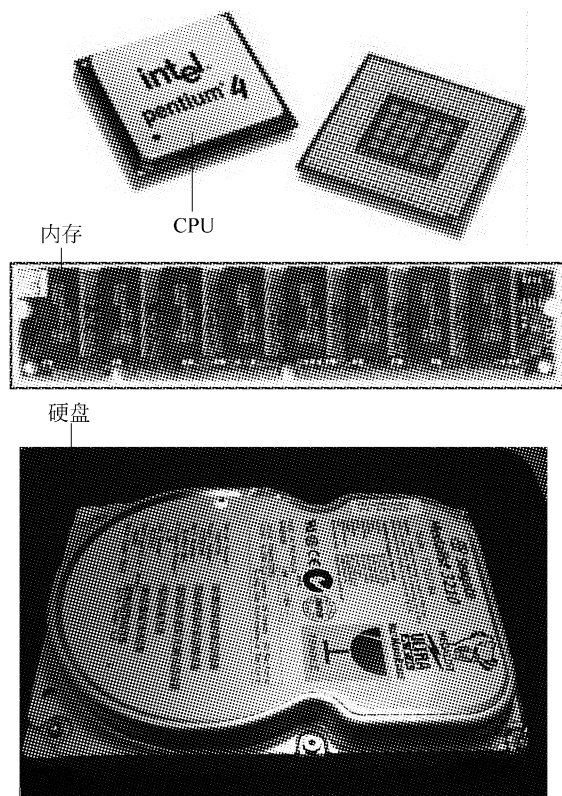


图 1-3 CUP 和存储器

2. 输入/输出设备

键盘、鼠标和显示器是 PC 机必不可少的输入/输出设备。图 1-4 列出了键盘、鼠标和显示器。

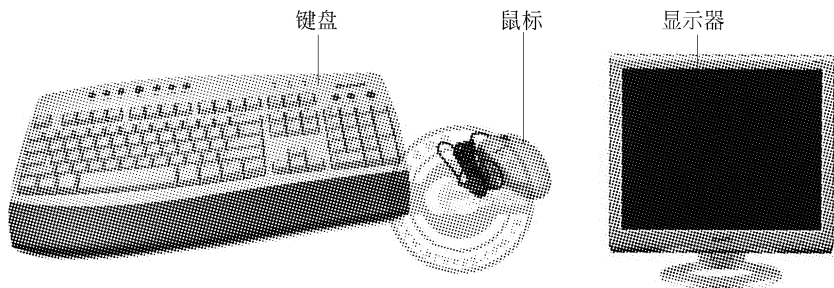


图 1-4 输入/输出设备：键盘、鼠标、显示器

3. 主板

CPU、主存和 I/O 设备等部件之间需要相互通信,因此必须要有将这些部件连接在一起的通路,连接各种部件通路的集合称为互连结构(Interconnection Structure)。多年来,人们尝试过许多互连结构,至今为止最普遍的是总线结构,主板就是提供总线的载体。CPU 和主存就安装在主板的插槽(座)上,硬盘、光驱和软驱通过电缆连接到主板的插座上。不仅如此,主板还集成了与 CPU 相配套的外围电路控制芯片组,如总线控制器、DMA 控制器、中断控制器和 I/O 接口电路等。随着集成化程度的提高,声卡、网卡甚至显卡也都集成在主板上,如图 1-5 所示。

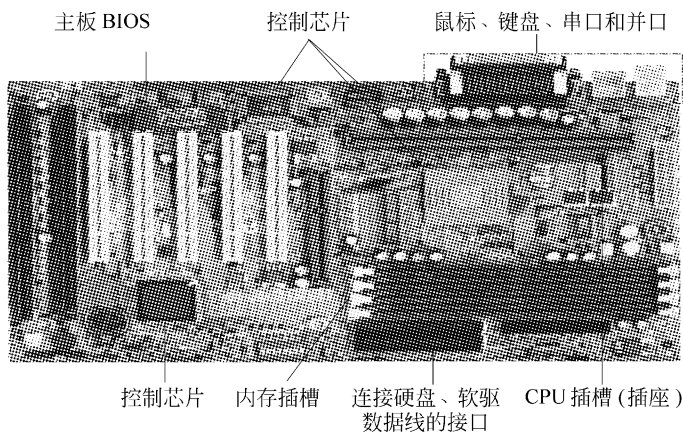


图 1-5 主板

4. 机箱和电源

将各功能部件安装在机箱内,配上计算机专用电源,再将键盘、鼠标和显示器等外部设备通过插头接入主板对应的插座上,就构成了一台完整的 PC 机。图 1-6 为机箱和电源。

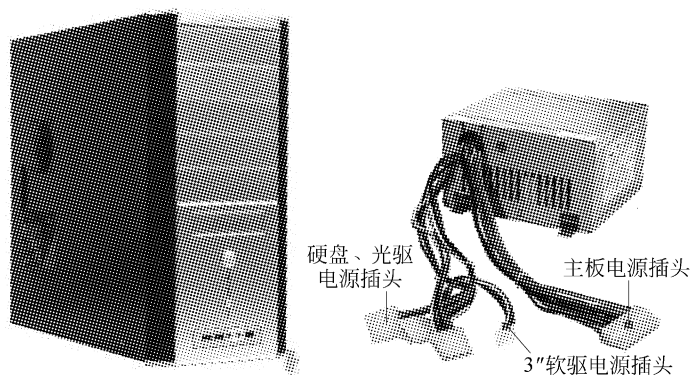


图 1-6 机箱和电源

1.2.3 计算机软件系统

仅有硬件的计算机为“裸机”，可以说是毫无用途的，只有配上相应的软件，计算机才能工作。软件是所有程序的总称。计算机刚问世时，并没有建立软件的概念，随着计算机的发展及应用范围的扩大，才逐渐形成了软件系统。计算机软件系统通常可以分为两大类：系统软件和应用软件。

1. 系统软件

系统软件又称系统程序，主要用来管理整个计算机系统，监视服务，使系统资源得到合理调度，确保系统高效运行。系统软件主要包括：操作系统、语言处理程序、标准程序库、服务性程序、数据库管理系统和网络软件。

(1) 操作系统

操作系统是系统软件的核心，它的作用是管理计算机系统的各种软硬件资源，为用户提供计算机提供操作接口，方便用户使用。DOS、Windows 98/2000/XP；Unix、Linux等都是操作系统。

(2) 语言处理程序

语言处理程序是为翻译计算机的各种语言而设置的一组程序。计算机只能识别 0 和 1 组成的机器码，为了提高编程效率，程序设计人员往往采用高级语言或汇编语言编程，计算机在执行这种程序时，必须先把它翻译成计算机可以识别的机器语言，语言处理程序就是承担这样的工作。常用的有汇编程序、编译程序和解释程序。

(3) 标准程序库

标准程序库是系统事先配置的一些通用的、优化的标准子程序，供用户编程时调用。

(4) 服务性程序

服务性程序(即工具软件)是为了帮助用户使用与维护计算机提供服务性手段而编制的一类程序。一般指程序的输入与装配程序、编辑工具、调试工具、诊断程序以及可供调用的通用性应用软件，如文字处理软件、表格处理软件、图像处理软件。由于操作系统

的发展趋势是将内核做得精炼紧凑,因此,这些服务程序往往作为操作系统可调用的文件存在。用户视需要而选取或扩充,也可将它们视为操作系统可扩充的外壳。

(5) 数据库管理系统

数据库和数据库管理软件一起组成了数据库管理系统。

(6) 网络软件

负责对网络资源的管理和组织,实现连接在网络中各计算机之间的通信。

2. 应用软件

应用软件又称应用程序,它是计算机用户在各自的应用领域中开发和使用的程序,是用户使用计算机解决某一具体问题而编写的程序。

3. 软件的发展

早期的计算机只有机器语言,用户必须用二进制码表示的机器语言编写程序,工作量大,容易出错,而且对程序员的要求很高,要求他们对计算机的硬件和指令系统有正确和深入的理解,并有熟练的编程技巧,只有少数专家才能达到此要求。为了方便记忆,将0、1序列表示的机器语言用一组符号来表示(又称为助记符),这就形成了汇编语言。汇编语言程序的大部分语句是与机器指令一一对应的,汇编语言的语法、语义结构仍然和机器语言基本一样,与人的传统解题方法相差甚远。经过人们的努力,又出现了面向计算的高级语言,如 Visual Basic、C 语言等。随着计算机语言的发展,对计算机系统资源的管理、方便用户对计算机的使用和操作也越来越得到重视,这样操作系统也开始得到迅速的发展。

1.3 计算机的应用

计算机之所以能得到迅速发展,其生命活力源于它的广泛应用。目前,计算机的应用范围几乎涉及到人类社会的各个领域:从国民经济各部门到个人家庭生活,从军事部门到民用部门,从科学教育到文化艺术,从生产领域到消费娱乐,计算机无处不在。计算机的应用主要可以归纳为以下几个方面。

1. 科学计算

在科学技术及工程设计中所遇到各种数学问题的计算,统称为科学技术计算。它是计算机应用最早的领域,也是应用较广泛的领域。如数学、化学、原子能、天文学、地球物理学和生物学等基础科学的研究,以及航天飞行、飞机设计、桥梁设计、水力发电和地质勘探等方面的大量计算都要用到计算机。利用计算机进行科学计算,可以节省大量时间、人力和物力。例如,19世纪中叶,数学上提出的地图着色的“四色定理”问题(画一张地图要使相邻的两国不使用同一种颜色,只要用4种颜色就够了),由于运算量巨大,长期得不到精确证明,成为一大世界难题,直到1976年,科学家才运用高速计算机,花了1 200个小时完成了证明。如果一个人日夜不停地计算,其计算量要花十几万年。



2. 自动控制

自动控制是涉及面极广的一门学科,它是计算机根据给定的数据对生产过程实现自动化控制。工业、农业、科学技术、国防以至我们日常生活的各个领域都需要自动控制。特别是有了体积小、价格便宜、工作可靠的微型计算机和单片机后,自动控制就有了强有力的工具,自动控制进入了以计算机为主要控制设备的新阶段。例如,在食品厂,采用计算机进行自动配料、温度控制、产品的质量分析和成品的自动包装。在钢铁厂,采用计算机控制加料、炉温控制以及冶炼时间。采用计算机控制的数控机床,可以对复杂的零件进行精细加工,等等。

3. 数据处理

计算机不仅运用于数值计算还大量运用于非数值计算领域,如文字、报表、图形图像和声音处理等,即数据处理。例如,银行的数据库系统、公安部门的人口和户籍管理系统等。在企业,计算机广泛应用于财会统计与经营管理中,如编制生产计划、统计报表、成本核算、销售分析、市场预测、利润预估、采购订货、库存管理和工资管理等。

4. 计算机辅助设计/计算机辅助制造/计算机辅助教学(CAD/CAM/CAI)

计算机具有快速的数值计算能力、较强的数据处理以及模拟能力,目前在飞机、船舶、光学仪器、超大规模集成电路(VLSI)等设计制造过程中,计算机辅助设计(Computer Aided Design,CAD)/计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing,CAM)占据着越来越重要的地位。随着网络技术的发展以及计算机的交互性,计算机辅助教学(Computer Aided Instruction,CAI)越来越受到人们的重视,它不仅仅是对传统的教学补充,而且可以做到完全脱离传统的教学手段。

5. 人工智能

人类的许多脑力劳动,诸如证明数学定理、进行常识性推理、理解自然语言、诊断疾病、下棋游戏、破译密码等都需要“智能”。人工智能是将人脑进行的演绎推理过程、规则和所采取的策略、技术等编成计算机的程序,在计算机中存储一些公理和推理规则,然后让机器去自动探索解题的方法,这种程序不同于计算机的一般应用程序。主要有:

(1) 模式识别。计算机对客体(如图像、文字等,统称为模式)作定量或结构的描述,并自动分配到一定的模式类别中。如指纹识别、手写体的计算机输入系统。

(2) 语言识别和语言翻译。语言识别是利用计算机对人的语言特征进行分析对比,找出所需要的重要信息,这些在情报部门发挥了重要的作用。语言翻译是利用计算机将不同的语言进行互译,也是人工智能的一个重要研究领域。

(3) 专家系统。指用计算机来模拟专家的行为并做出决策,而且还可以通过“再学习”提高决策的可靠性。

(4) 机器人。使用计算机来模仿人的思维和逻辑推理的机器人,是人工智能研究的又一成果。目前世界上有大量的工业机器人在生产线或各种有害环境中替代人工作业。