

计算机(computer)俗称电脑,是一种用于高速计算的电子计算机器。计算机具有数据存储记忆功能,是可以按照程序自动、高速运行并处理海量数据的现代化智能电子设备。计算机技术的内容非常广泛,通常是指计算机领域中所运用的技术方法和技术手段,具有明显的综合特性。它与电子工程、应用物理、机械工程、现代通信技术和数学等紧密结合,并随着相关技术的发展而快速发展。

计算机系统由计算机硬件系统和计算机软件系统两大部分组成。其中,计算机硬件系统相关技术包括计算机体系结构、计算机部件技术、计算机器件技术和计算机组装技术等几方面;计算机软件系统相关技术包括操作系统、程序设计语言以及软件应用技术等。

3.1 计算机体系结构

3.1.1 图灵理论模型

阿兰·图灵(Alan Turing,以下简称图灵,1912年6月23日—1954年6月7日)如图3-1所示。他是英国著名的数学家和逻辑学家,被称为计算机科学之父、人工智能之父,是计算机逻辑的奠基者,被永远载入计算机的发展史中。图灵对电子计算机发展的主要贡献有两个:一是建立图灵机(Turing machine)理论模型;二是提出定义机器智能的图灵测试(Turing test)。



图3-1 阿兰·图灵

1936年,图灵发表了一篇论文——《论可计算的数及其在密码问题的应用》,首次提出了一种抽象逻辑机的通用模型,现在人们就把这个模型机称为图灵机,缩写为TM。

图灵的基本思想是用机器来模拟用纸笔进行数学运算的过程,他把过程看作两种简单的动作:

- (1) 在纸上写上或擦除某个符号;
- (2) 把注意力从纸的一个位置移动到另一个位置。

而在每个阶段,要决定下一步的动作,依赖于当前所关注的纸上某个位置的符号和当前思维的状态。

为了模拟这种运算过程,图灵构造的TM由以下几部分组成:一个处理器P、一个读写头W/R、一条存储带M和一套控制规则TABLE组成,如图3-2所示。其中,M是一条无限长的带,被分成一个接一个单元,从最左单元开始依次被编号为0,1,2,...,向右延伸直至

无穷。读写头 W/R 可以在 M 上左右移动,它能读出当前所指单元上的符号,并能改变当前单元上的符号。P 是一个有限状态控制器,能使 W/R 左移或右移,并且控制针对 M 上的符号进行修改或读出。控制规则 TABLE 根据当前机器所处的状态以及当前读写头所指的单元上的符号来确定读写头下一步的动作。图灵通过把非本质的东西丢掉,将整个计算过程局限在了少数非常简单的操作上。

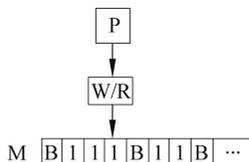


图 3-2 图灵机原理

那么,图灵机怎样进行运算呢?例如,做加法 $3+2=?$ 开始先把最左单元放上特殊的符号 B,表示分割空格,它不属于输入符号集。然后写上 3 个“1”,用 B 分割后再写上 2 个“1”,接着再填一个 B,相加时,只要把中间的 B 修改为“1”,而把最右边的“1”修改为 B,于是机器把两个 B 之间的“1”读出就得到 $3+2=5$ 。由于计算过程的直观概念可以看成是能用机器实现的有限指令序列,因此图灵机被认为是过程的形式定义,图灵认为这样的一台机器就能模拟人类所能进行的任何计算过程。

显然,图灵机每一部分都是有限的,因此仅仅是理论模型。如果问“哪家公司生产图灵机?”那将令人啼笑皆非。那么,这个理论模型是否有实际意义呢?理论已经证明,如果图灵机不能解决的计算问题,那么实际计算机也不可能解决。只有图灵机能够解决的计算问题,实际计算机才有可能解决。当然,还有些问题是图灵机可以解决而实际计算机还不能实现的。图灵机的计算能力概括了数字计算机的计算能力,它能识别的语言属于递归可枚举集合,它能计算的问题称为部分递归函数的整数函数。图灵给可计算性下了一个严格的数学定义,在这个基础上发展了可计算性理论。

因此,可以认为图灵机对数字计算机的一般结构、可实现性和局限性产生了意义深远的影响。直到今天,人们还在研究各种形式的图灵机,如可逆 TM、化学 TM,甚至酶 TM、细胞 TM,以便解决理论计算机科学中的许多所谓基本极限问题。

图灵在对人工智能的研究中,提出了一个叫作图灵测试的实验,尝试定出一个决定机器是否有智能的标准。1950 年 10 月,图灵发表了另一篇题为《机器能思考吗》的论文,其中提出了一种用于判定机器是否具有智能的试验方法,即图灵测试。测试由计算机、被测试的人和主持试验人组成,过程是让人类考官通过键盘向一个人和一个机器发问,这个考官不知道他问的是人还是机器。如果在经过一定时间的提问以后,这位人类考官不能确定谁是人谁是机器,那么就认为这台机器拥有智能。图灵提出的关于机器思维的问题,引起了研究领域的广泛注意,对人工智能的发展产生深远的影响。

必须强调指出,图灵并不只是一位纯粹抽象的数学家,他还是一位擅长电子技术的工程专家。二次大战期间,他是英国密码破译小组的主要成员。图灵以独特的思想设计创造的破译机,一次次成功地破译了德国法西斯的密码电文。为纪念图灵的理论成就,美国计算机协会(ACM)专门设立了计算机学术界的最高成就奖——图灵奖。2012 年是阿兰·图灵诞辰 100 周年,所以被定为“阿兰·图灵年”。

3.1.2 冯·诺依曼结构

冯·诺依曼(von Neumann,1903年12月28日—1957年2月8日)如图3-3所示。他是著名匈牙利裔美籍数学家、计算机科学家、物理学家以及化学家。他是一位在电子计算机、博弈论、核武器和生化武器等诸多领域内有杰出建树的科学家,被后人称为“计算机之父”和“博弈论之父”。



图 3-3 冯·诺依曼

计算机工程的发展也应大大归功于冯·诺依曼。计算机的逻辑设计和结构图式,电子计算机中存储、速度、基本指令的选取以及线路之间相互作用的设计,都深深受到冯·诺依曼思想的影响。冯·诺依曼参与了主要为电子管元件组成的计算机 ENIAC 的研制。1945年3月,冯·诺依曼在和摩尔小组共同讨论的基础上起草了全新的存储程序通用电子计算机 EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer,电子离散变量自动计算机)设计方案,并发表了《电子计算机装置逻辑结构初探》的论文。文中确定了计算机结构、采用存储程序以及二进制作作为数字计算机的数制基础等理论,又称为冯·诺依曼体系结构。符合冯·诺依曼体系结构的计算机就称为冯·诺依曼计算机。

冯·诺依曼计算机的基本特点如下:

1. 计算机由输入设备、输出设备、存储器、运算器和控制器五大部件组成

在冯·诺依曼体系结构中计算、存储及通信等工作具体都是使用单一处理部件来完成,冯·诺依曼计算机的组成部分如图3-4所示。

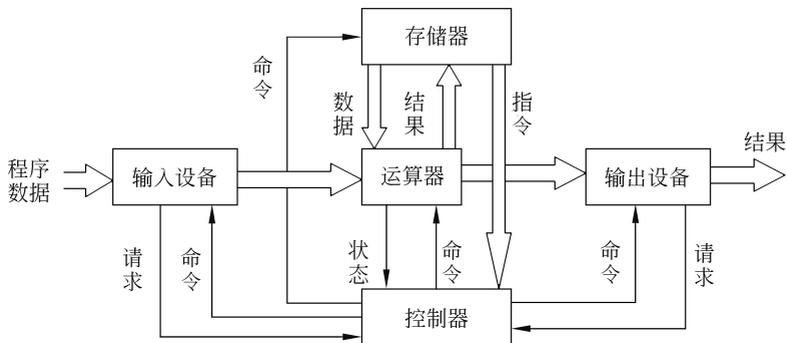


图 3-4 典型的冯·诺依曼计算机结构

(1) 控制器。控制器是整个计算机的指挥中心。它负责协调输入输出设备的操作和内存访问,完成针对指令的分析、判断,发出控制信号,使计算机各部分自动、连续、协调动作,确保系统作为一个整体进行正确运行。

(2) 运算器。运算器是计算机对信息进行加工处理的核心部件之一。它在控制器的控制下与内存交换信息,负责进行各类基于二进制数的基本算术运算、逻辑运算、比较、移位、逻辑判断等各种操作。

(3) 存储器。存储器是计算机的记忆装置,用于存放原始数据、中间数据、最终结果和处理程序。为了对存储的信息进行管理,计算机中的各种信息都要存储在存储器中。

(4) 输入设备。输入设备是向计算机输入信息的装置,用于把原始数据和处理这些数据的程序输入计算机系统中。不论信息的原始形态如何,输入计算机中的信息都使用二进制来表示。

(5) 输出设备。输出设备的主要任务是将计算机工作过程中处理的中间或最终结果信息,以用户熟悉、方便的形式输出。

2. 数据和指令均采用二进制形式表示

计算机程序发给计算机的命令就是指令,指令是程序的基本单位,由操作码和地址码两部分组成。操作码指明操作的性质,即操作的类型或性质,如取操作数、做加法或输出数据等。地址码指明操作对象或数据存放的存储单元地址。若干指令的有序集组成完成某项功能的程序。

冯·诺依曼计算机中,指令与数据均以二进制代码的形式同存于存储器中,两者在存储器中存储时的地位相同,采用按地址的方式完成寻访,即指令和数据的形式就是一串0和1。

3. 采用存储程序控制方式

存储程序控制是构建冯·诺依曼计算机的核心思想。采用存储程序方式是指在用计算机工作之前,事先编制好程序并连同所需的操作数据预先存入存储器中。在运行程序过程中,由控制器按照事先编好并存入存储器中的程序自动、连续地从存储器中依次取出指令和操作数并执行,直到获得所要求的结果为止。可见存储程序方式是计算机能高速、自动运行的基础。

虽然人们把“存储程序计算机”当作电子计算机的重要标志,并把它归于冯·诺依曼的努力,但是,他本人谦虚地认为电子计算机的设计思想来自图灵的创造性工作。

4. 计算机的工作原理

冯·诺依曼计算机的基本工作流程:预先要把控制、指挥计算机进行操作的指令序列(通常称为程序)和操作需要的原始数据,通过输入设备输入到计算机的内部存储器中。程序中的每条指令中都明确地规定了将进行的步骤,如计算机从哪个地址取指令码或相应的操作数;具体进行什么运算操作;完成的结果送到什么地址等。

需要注意,从存储器中取出的信息可能是指令操作码,也可能是操作数,不同的信息其意义和具体的执行过程是不同的。

当计算机开始运行时,向内存储器发出取指令命令。先从存储器中取出第一条指令,送入控制器进行分析译码,明确指令的操作任务后,并根据指令的操作要求,向存储器发出参与运算数据的命令。按运算命令由运算器对操作数进行指定的运算和操作。经过运算器计算后,再按要求把结果送到内存中的指定地址存储下来。接下来,再取出第二条指令,在控制器的指挥下完成规定操作。依次进行下去,直至遇到停止指令。最后在控制器发出的取数和输出命令的作用下,通过输出设备输出计算结果。

特别提示,在微处理器问世之前,运算器和控制器是两个分离的功能部件,加上当时计算机存储器的存储容量较少,因此早期冯·诺依曼提出的计算机体系结构是以运算器为中心的,其他部件都通过运算器完成信息的传递。

综上所述,遵循冯·诺依曼理论的计算机又称冯氏计算机,从EDVAC到当今最先进的计算机大多采用的是冯·诺依曼体系结构,并将继续为电子计算机设计者所采用。由此可

见其对电子计算机的设计具有决定性的影响。随着计算机技术和应用领域的拓展,对计算机的性能要求越来越高,虽然针对冯·诺依曼体系结构进行了许多变革,获得了一定程度的性能提高,如指令流水线技术、多总线等,但总体上没有突破冯·诺依曼体系结构,由此可见,冯·诺依曼是当之无愧的现代电子数字计算机之父。

3.2 计算机的主要部件

按照冯·诺依曼理论和体系结构,电子计算机系统自顶向下从硬件组成结构的角度,具体包括运算器、控制器、外存储器、输入设备和输出设备五大功能部件,如图 3-5 所示。其中,通常把运算器和控制器统称为 CPU;把 CPU 与内存统称为计算机主机(简称主机);外存储器、输入设备、输出设备称为计算机的外部设备,简称为 I/O 设备或外设。

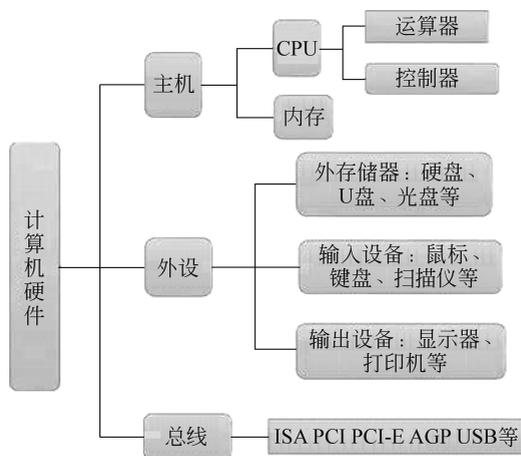


图 3-5 计算机功能部件

3.2.1 CPU

CPU(Central Processing Unit,中央处理器)是电子计算机的主要设备之一。CPU 是任何一台计算机必不可少的核心部件。CPU 的功能主要是读取、解释计算机指令并执行指令处理计算机软件中的数据,承担着运行系统软件和应用软件的任务。

计算机技术的快速发展过程,实质上就是 CPU 从低级向高级、从简单向复杂的发展过程。不同计算机性能的差别首先体现在 CPU 的性能上。CPU 的内部结构基本上都是由控制单元(控制器)、算术逻辑单元(运算器)以及寄存器为核心组成的。CPU 的组成及其与内存的关系如图 3-6 所示。

1. CPU 的主要性能指标

1) 主频

主频即 CPU 内核工作的时钟频率,是指计算机 CPU 在单位时间内由时钟电路产生的标准脉冲数。CPU 的周期性工作是由主频控制的,但主频不等于处理器每秒执行的指令条数,因为一条指令的执行可能需要多个时钟周期。对于 CPU,主频越高,CPU 的工作速度越快。目前的 CPU 主频一般以 GHz 为单位。

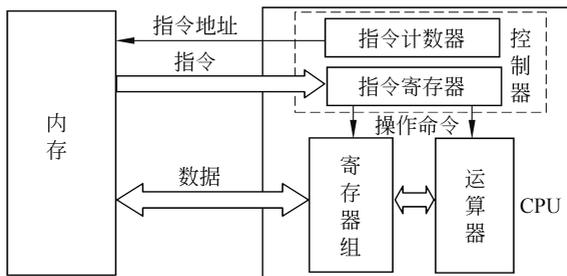


图 3-6 CPU 的组成及其与内存的关系

注意：主频和实际的运算速度存在一定的关系，但还没有一个确定的公式能够定量两者的数值关系。CPU 的主频并不直接代表 CPU 的运算速度，因为 CPU 的运算速度还要看 CPU 各方面的性能指标（缓存、指令集、CPU 的位数等），但提高主频对于提高 CPU 运算速度却至关重要。

2) 外频

外频也叫 CPU 外部频率或基频，是主板上提供的供计算机上其他部件工作的基准节拍。外频是 CPU 与主板之间同步运行的速度，而且在绝大部分计算机系统中外频也是内存与主板之间同步运行的速度。

注意：使用外频高的 CPU 组装计算机，其整体性能比使用相同主频但外频低一级的 CPU 要高，这项参数关系适用于主板的选择。

3) 倍频

倍频即 CPU 主频与外频之比的倍数。当 CPU 的主频超过外部设备的工作频率时，CPU 将以外频的若干倍工作。CPU 的主频、外频及倍频的关系如式(3-1)所示。

$$\text{CPU 主频} = \text{倍频} \times \text{外频} \quad (3-1)$$

4) 地址总线宽度

地址总线宽度即地址总线的位数，其决定 CPU 可以访问的存储器的容量。总线宽度不同则内存最大容量也不一样。如 32 位地址总线能使用的最大内存容量为 4GB。

5) 数据总线宽度

数据总线宽度是 CPU 与内存、输入输出设备之间一次性数据传输的信息量，以字节为单位。目前数据总线的宽度为 64 位，即 CPU 一次可以同时传输 8 字节的数据。

6) 多核

CPU 是在半导体硅片上制造的，而硅片上元件之间采用导线进行连接。由于在高频状态下，导线越细、越短才能减小导线分布、电容等杂散干扰，保证 CPU 运算正确。因此 CPU 工作主频的提高主要受到生产工艺的限制，这也成为 CPU 主频发展的最大障碍之一。面对主频发展之路走到尽头，CPU 开启了多核时代。多核指单个裸片上具有多个可见的处理器，这些处理器各自拥有独立的控制和工作状态，互相之间无须共享关键资源。

多核系统更易于扩充，能够在更纤巧的外形中融入更强大的处理性能。这种外形所用的功耗更低，计算时产生的热量更少。多核技术是处理器发展的必然。

2. 主流 CPU 产品

从 1971 年 11 月 15 日 Intel 公司首次向全球市场推出 4004 微处理器，到今天 CPU 的

制造技术、工艺和性能指标的巨大提升,CPU 推动了全世界整个计算机硬件产业的形成和高速发展。

1) Intel 公司产品

Intel 公司作为半导体行业和计算创新领域的全球领先厂商,在 CPU 的设计制造上一一直引领行业,如图 3-7 所示。



图 3-7 Intel 公司产品

尤其是进入 21 世纪,Intel 公司陆续推出的产品有:2000 年的 Pentium 4 处理器、Intel Pentium 4 HT 处理器、Intel Pentium M 处理器,2005 年的 Intel Pentium D 处理器(首颗内含 2 个处理核心,正式揭开 x86 处理器多核心时代),2006 年起陆续上市的 Intel Core 2 Duo 处理器(酷睿 2)、Intel Core i3 处理器(2 核)、Intel Core i5 处理器(4 核)、Intel Core i7 处理器。Intel 公司同时还生产廉价版本的 Celeron(赛扬)系列以及用于服务器和工作站的 Intel Xeon 系列和 Itanium 系列处理器。

2) AMD 公司产品

AMD 公司专门为计算机、通信和消费电子行业设计和制造各种创新的微处理器,如图 3-8 所示。目前在 CPU 市场上的占有率仅次于 Intel 公司,但仍有不少差距。



图 3-8 AMD 公司产品

AMD 公司的主流产品为面向台式计算机、笔记本电脑的 AMD Athlon(速龙)处理器系列、采用 x86-64v 架构面向工作站和服务器的 AMD Opteron(皓龙)处理器系列、面向台式机的 Athlon 64 以及面对普通用户的 Athlon 64 处理器。

3) IBM 公司产品

目前在 CPU 市场上 IBM 公司是高端服务器、处理器的最大制造商。2007 年 IBM 公司推出当时主频最高的微处理器 IBM Power 6 及系列产品,后又推出功能更加强大的微处理器 IBM Power 7 系列。Power 7 拥有 8 个内核,每个内核拥有 4 个线程,可以同时运行 32

项任务,拥有更大的吞吐量,能管理大规模并行事务处理。IBM Power 系列(见图 3-9)主要用于 IBM 的高端服务器及大型超级计算机。

4) ARM 公司产品

ARM 公司 1991 年成立于英国剑桥。ARM 公司主要出售芯片设计技术的授权,其微处理器及技术的应用已经广泛深入到工业控制、网络应用、消费类电子产品、成像和安全产品等各个领域,如图 3-10 所示。ARM 微处理器系列包括低功耗 32 位 RISC 处理器的 ARM 7;应用于无线设备、仪器仪表、安全系统、机顶盒、高端打印机、数字照相机和数字摄像机等的 ARM 9;应用于下一代无线设备、数字消费品、成像设备、工业控制、通信系统、存储设备和网络设备等领域的 ARM 9E 和 ARM 10E 等系列。



图 3-9 IBM Power 系列



图 3-10 ARM 公司产品

3.2.2 存储器

存储器是计算机系统中拥有“记忆”功能的设备。存储器是计算机信息存储的核心,是计算机必不可少的部件之一。存储器可以存放程序和数据,并能在计算机运行过程中高速、自动地进行存取。把信息存入存储器或从存储器取出信息的速度越快,计算机处理信息的速度就越高。

1. 存储器构成

在计算机中采用二进制来表示数据,因此存储器采用具有两种稳定状态的物理器件来存储二进制数 0 和 1,这些器件也称为记忆元件。构成存储器的存储介质,目前主要采用半导体器件和磁性材料。存储器中最小的存储单位就是一个双稳态半导体电路或一个 CMOS 晶体管或磁性材料的存储元,它可存储一个二进制代码数 0 或 1。

若干存储元组成一个存储单元,再由许多存储单元组成一个存储器。通常每个存储单元可存放一个字节(所以按字节编址)。一个存储器中所有存储单元可存放数据的总和称为存储容量。假设一个存储器的地址码由 20 位二进制数组成,则表示 2^{20} ,即 1M 个存储单元地址,则该存储器的存储容量为 1MB。

2. 存储器分类

随着计算机及其器件的发展,存储器的功能和结构都发生了很大变化。存储器类型日益繁多,相继出现了各种存储器,以适应计算机系统的需要。存储器的分类方法很多,主要分类如下。

- (1) 按存取速度分,有高速、中速、低速存储器。
- (2) 按存储材料分,有半导体存储器、磁记录存储器、激光存储器等。
- (3) 按功能分,有寄存器型存储器、高速缓冲存储器、主存储器、外存储器、后备存储

器等。

(4) 按存储方式分,有随机存储器、顺序存储器、只读存储器等。

最近又出现了固态存储器、移动存储器、微型存储器等。

3. 存储器的层次结构

存储器的种类很多而且它们的性能和价格差异很大,所以为了解决对存储器要求容量大、速度快、成本低三者之间的矛盾,可以利用计算机程序的局部性特点进行选择。通常采用不同类型的存储器,建立合理的多级存储层次结构,获得快速及大容量的存储器,以及较高的性能价格比,从而提高计算机系统的存储性能。

各类存储器之间的关系如图 3-11 所示。

1) 寄存器型存储器

寄存器是 CPU 内部的元件,包括通用寄存器、专用寄存器和控制寄存器。寄存器是有限存储容量的高速存储部件,主要用来暂时存放地址、数据及运算的中间结果。寄存器拥有非常高的读写速度,可与 CPU 匹配,但存储容量很小。寄存器是存储层次中的最顶端。

2) 高速缓冲存储器

高速缓冲存储器 Cache 是高速而小容量的存储器,如图 3-12 所示。它采用速度更快、价格更高的半导体静态存储器,甚至与微处理器做在一起,主要存放 CPU 近期要执行的指令和数据。配合适当的调度算法可提高系统的处理速度,从而解决高速 CPU 与速度相对较慢的主存的矛盾。Cache 的容量是数十万字节到几兆字节。

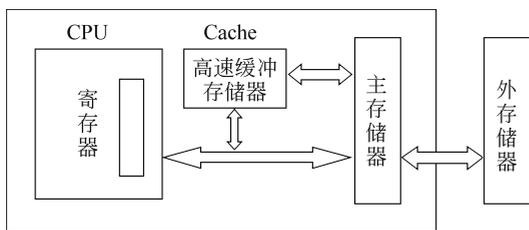


图 3-11 各类存储器之间的关系

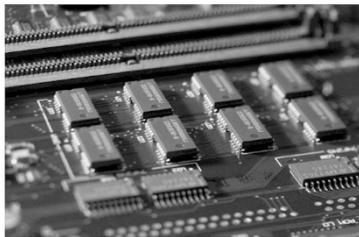


图 3-12 高速缓冲存储器 Cache

Cache 的运算速度高于内存储器,它以接近 CPU 的速度向 CPU 提供程序和数据。通常高速缓冲存储器位于主存储器与 CPU 之间。CPU 读取数据的顺序是先 Cache 后内存储器,即读写程序和数据时,先访问 Cache,若包含,则直接从 Cache 中读取(称为“命中”),并送给 CPU 处理;若未包含,则再到主存储器去读取(称为“未命中”),同时把这个数据所在的数据块调入 Cache 中。这样可以使得以后对整块数据的读取都在 Cache 中进行,不必再调用内存储器。

注意: 增加 Cache,只是提高 CPU 的读写速度,而不会改变内存储器的容量。

3) 主存储器

主存储器是计算机硬件的一个重要部件。它是 CPU 能够直接随机存取的存储器,简称主存。主存储器一般采用半导体存储器,用来存储计算机运行期间较常用的大量的程序和数据。

目前主存储器已采用大规模集成电路构成,主要是随机存储器(RAM)。其内容可以根据需要随时按地址读出或写入,通过某种电触发器的状态进行存储。断电后信息无法保存,

主要用于暂存数据。因此 RAM 是计算机处理数据的临时存储区。具体可分为动态随机存储器芯片(DRAM)和静态随机存储器芯片(SRAM)两种。存储器中的数据可反复使用,只有向存储器写入新数据时存储器中内容才被更新。

RAM 最初使用的是最普遍的也最经济的 DRAM。由于存储芯片的容量有限,主存储器往往以由一定数量芯片构成的内存条形式出现。内存条通过主板上存储器槽口插入,如图 3-13 所示。DRAM 芯片的存取速度适中,一般为 50~70ns,其容量可以达到数吉字节。近年来,内存条开始大量使用速度和可靠性更好的 SRAM 芯片,其访问时间可以达到 1~15ns,而在主板上的连接形式保持不变。



图 3-13 内存条及内存条的安装

无论主存储器采用 DRAM 还是 SRAM 芯片构成,在断电时存储的信息都会“丢失”。因此要设法通过维持若干毫秒的供电以保存主存储器中的重要信息,以便供电恢复时计算机能恢复正常运行。鉴于上述情况,选用只读存储器(ROM)。只读存储器可以作为主存储器的一部分,常用来存放重要的、经常用到的程序和数据,如监控程序等。只要接通电源,CPU 就可执行 ROM 中的程序。只读存储器还可以用作其他固定存储器,例如存放微程序的控制存储器、存放字符点阵图案的字符发生器等。

ROM 存储单元只能随机地读出信息,而不能写入新信息,通常是在厂家制造时或在脱机情况、非正常情况下写入的。ROM 的特点是在电源断电后,信息也不会消失或受到破坏。数据区域甚至也可采用 ROM 芯片构成,就不怕暂时供电中断,还可以防止病毒侵入。

按照 ROM 的内容是否能被改写或改写的方式不同可分为不可在线改写内容的 ROM 和 Flash ROM(快擦除 ROM,或闪速存储器)。

4) 外存储器

外存储器是计算机主机外部的存储器,又称辅助存储器(简称外存、辅存)。它可以帮助主存储器记忆更多的信息,但是其中信息必须调入主存储器后,才能为 CPU 所使用。外存储器通常是磁性介质或光盘,能长期保存信息,并且不依赖于电来保存信息。外存储器的容量可以很大,而且在断电时它所存放的信息也不丢失,可以长久保存。外存储器复制、携带都很方便,但是由机械部件带动,速度与 CPU 相比就显得慢很多,存取速度较低。

目前常用的外存储器有硬盘、光盘、U 盘、固态硬盘等。

(1) 硬盘。

硬盘又称硬磁盘存储器(Hard Disk Drive, HDD),全名为温彻斯特式硬盘,如图 3-14 所示。它是计算机系统中最主要的辅助存储媒介之一,是磁盘向高密度、大容量发展的产物。

硬盘是由若干涂有磁性材料的铝合金盘片组成的。磁盘利用磁头外加磁场在磁介质表面进行磁化,产生两种方向相反的磁畴单元来表示 0 和 1,磁头、磁盘、磁头定位机构甚至读

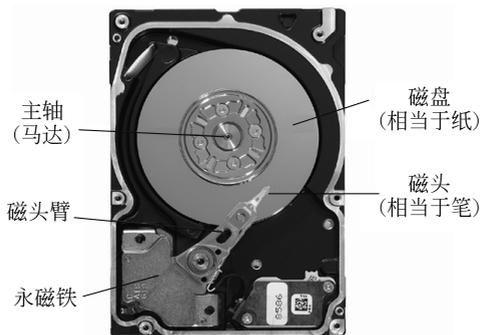


图 3-14 硬盘

写电路等均密封在一个盘盒内,构成密封的磁头—磁盘组合体,这个组合体不可随意拆卸。它的防尘性能好,可靠性高,对使用环境要求不高。

硬盘按几何尺寸主要为 3.5 英寸。按硬盘接口划分,主要有 SATA、mSATA 或 NGFF 等接口硬盘。硬盘的特点是容量大,成本低,可以脱机保存信息,是目前计算机系统中应用最普遍的辅助存储器。

硬盘主要的性能指标:

① 容量。硬盘的容量指的是硬盘中可以容纳的数据量。目前硬盘的容量以吉字节(GB)或太字节(TB)为单位,1TB 等于 1024GB,而 1GB 等于 1024MB。

注意: 硬盘厂商通常使用的 GB 是按 1G 等于 1000MB 换算的,而 Windows 系统,依旧以 GB 字样来表示存储单位按 1024 换算,因此在系统格式化硬盘时看到的容量会比厂家的标称值要小。

② 转速。硬盘的转速是硬盘内电机主轴的旋转速度,也是硬盘盘片在一分钟内所能完成的最大转数,单位为转每分(r/m)。转速的快慢是标志硬盘档次的重要参数之一,也是决定硬盘内部传输率的关键因素之一。转速在很大程度上直接影响硬盘的性能,转速越快硬盘寻找文件的速度也就越快。RPM 值越大,内部传输率就越快,访问时间就越短,硬盘的整体性能也就越好。

硬盘的转速一般有 7200r/m、10 000r/m 甚至 15 000r/m,但随着硬盘转速的提高也带来了温度升高、电机主轴磨损加大、工作噪声增大等负面影响。

③ 平均寻道时间。平均寻道时间指磁头到达目标数据所在磁道的平均时间,直接影响硬盘的随机数据传输速度。目前的主流硬盘中平均寻道时间为 7.6~9ms。

(2) 光盘。光盘是近代发展起来不同于磁性载体的光学存储介质,它采用聚焦的氢离子激光束处理记录介质的方法来存储信息。光盘具有记录密度高、存储容量大、采用非接触方式读/写信息、信息可长期保存等优点,因此在计算机外存储器当中占有重要地位。

光盘分为不可擦写光盘(如 CD-ROM,DVD-ROM)和可擦写光盘(如 CD-RW,DVD-RAM)等,如图 3-15 所示。常见的光盘非常薄,只有 1.2mm 厚,分 5 层,包括基板、记录层、反射层、保护层、印刷层等。光盘必须通过机电装置才能进行信息的存取操作,该机电装置被称为光盘驱动器(简称光驱),如



图 3-15 光盘

图 3-16 所示。



图 3-16 光盘驱动器

(3) U 盘。U 盘(见图 3-17)是一种采用 Flash 存储器(闪存)技术通过 USB 接口与计算机连接,可重复存储擦写 100 万次,实现即插即用使用,无须物理驱动器的微型大容量移动存储产品。U 盘的称呼最早来源于朗科公司生产的一种新型存储设备,名曰“优盘”。

U 盘小巧,便于携带,存储容量大,安全可靠性好,使用寿命长。目前广泛使用的 U 盘容量有 16GB、32GB、64GB、128G 等。U 盘中无任何机械式装置,抗震性能极强。另外,U 盘还具有防潮、防磁、耐高低温等特性。

(4) 固态硬盘。固态硬盘(Solid State Drives,SSD)又称固盘,如图 3-18 所示。它是用固态电子存储芯片阵列而制成的硬盘,在便携式计算机中代替传统的硬盘,虽然成本较高但也正在逐渐普及。



图 3-17 U 盘

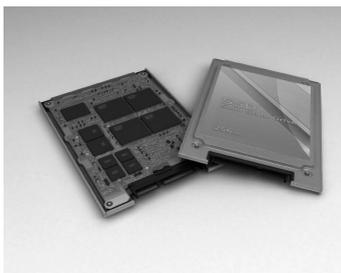


图 3-18 固态硬盘

固态硬盘技术与传统硬盘技术不同,利用 NAND 存储器,再配合适当的控制芯片,就可以制造。固态硬盘的外形与常规硬盘相同,通常有 2.5 英寸或 3.5 英寸。固态硬盘普遍采用 SATA-3.0 接口、MSATA 接口、PCI-E 接口、M.2 接口等与主机的接口相互兼容。存储容量为 512GB~1TB 或更大。固态硬盘具有低功耗、无噪声、抗震动、低热量、体积小、工作温度范围大等优点;读写速度也快于传统硬盘;固态硬盘没有机械马达和风扇,工作时噪声值极低。

注意: 固态电子存储芯片都有一定的写入寿命,寿命到期后数据会读不出来且难以修复。

3.2.3 外部设备

1. 输入设备

输入设备是用户和计算机系统之间进行信息交换的主要装置之一。输入设备的功能是向计算机输入数据和信息,是计算机与用户或其他设备通信的桥梁。

现在的计算机能够接收各种各样的数据,既可以是数值型的数据,也可以是各种非数值

型的数据,如图形、图像、声音等都可以通过不同类型的输入设备输入计算机中,因此输入设备也有很多种类且各自的功能、用途各异。

1) 键盘

键盘是用于操作计算机设备运行的一种指令和数据输入装置。通过键盘可以将英文字母、汉字、数字、标点符号等输入计算机中,从而向计算机发出命令、输入数据等。键盘可以说是一种万能输入设备,也是最常用、最方便的输入设备。

图 3-19 所示的键盘为人体工程键盘,这种设计可以减少键盘操作者的手部疲劳,提高输入速度。

键盘由一组开关矩阵组成,包括数字键、字母键、符号键、功能键及控制键等。每一个按键在计算机中都有它的唯一代码。当按下某个键时,键盘接口将该键的二进制代码送入计算机主机中,并将按键字符显示在显示器上。

键盘按键数可分为 83 键盘、101 键盘、104 键盘、107 键盘等。通常将平时用到的标准键盘称作 QWERTY 键盘,这 6 个字母顺序排列于键盘字母区域的左上方,这种布局是在机械打字机年代就规定好的。键盘接口电路多采用单片微处理器,由它控制整个键盘的工作,如上电时对键盘的自检、键盘扫描、按键代码的产生和发送及与主机的通信等。键盘与主机的接口主要有 USB、无线接口。键盘分为有线键盘和无线键盘。

2) 指点设备

随着图形方式操作系统的普及,越来越多的软件运用要求用户与图标打交道(屏幕上显示的一些图形符号,代表文档或程序),并完成在系统及应用的“菜单”列表中做出的选择。指点设备便是基于这一目的应运而生的一类输入设备,具体包括有鼠标、轨迹球、触摸板等。

(1) 鼠标。

鼠标是计算机显示系统纵横坐标定位的指示器,因形似老鼠而得名,如图 3-20 所示。其标准称呼应该是“鼠标器”,英文名是 mouse。鼠标的使用是为了使计算机的操作更加简便快捷,以代替键盘烦琐的指令。



图 3-19 键盘



图 3-20 鼠标

鼠标按其工作原理的不同可以分为机械鼠标和光电鼠标。机械鼠标主要由滚球、辊柱和光栅信号传感器组成。当拖动鼠标带动滚球转动时,滚球带动辊柱转动,装在辊柱端部的光栅信号传感器产生的光电脉冲信号反映出鼠标器在垂直和水平方向的位移变化,再通过计算机程序的处理和转换来控制屏幕上光标的移动。光电鼠标器是通过检测鼠标器的位移,将位移信号转换为电脉冲信号,再通过程序的处理和转换来控制屏幕上的光标的移动。光电鼠标用光电传感器代替了滚球。

(2) 轨迹球。

轨迹球是另外一种类型的鼠标,如图 3-21 所示。其工作原理与机械鼠标相同,只是改变了滚轮的运动方式,其球座固定不动,直接用手拨动轨迹球来控制光标的移动,即可实现光标的运动,由于轨迹球占用空间小,多用于笔记本电脑等便携机。

(3) 触摸板。

触摸板是一种在平滑的触控板上,利用手指的滑动操作来移动游标的输入装置,如图 3-22 所示。通常为小型矩形平面,当使用者的手指接近触摸板时会使电容量改变,触摸板通过检测,将电容变量,转换为坐标,实现手写输入功能。触摸板没有移动式机构件,使用可靠、耐久。触摸板常用在笔记本电脑中。

3) 扫描仪

扫描仪是利用光电技术和数字处理技术,通过光源照射以扫描方式将图形或图像信息转换为数字信号的装置。扫描仪具有比键盘和鼠标更强的功能,从最原始的图片、照片、胶片到各类文稿资料都可用扫描仪输入计算机中,进而实现对这些图像形式的信息的处理、管理、使用、存储、输出等,配合光学字符识别(Optic Character Recognize, OCR)软件还能将扫描的文稿转换为计算机的文本形式。

常用的扫描仪有台式扫描仪(见图 3-23)、手持式扫描仪和滚筒式扫描仪。随着应用领域的拓展,近年又有了笔式扫描仪、便携式扫描仪、胶片扫描仪、底片扫描仪和名片扫描仪。



图 3-21 轨迹球



图 3-22 触摸板



图 3-23 台式扫描仪

扫描仪的主要技术指标包括:

(1) 分辨率。分辨率是扫描仪最主要的技术指标,它体现扫描仪扫描图像的清晰程度、图像细节上的表现能力,即决定了扫描仪所记录图像的细致度,其单位为 ppi。通常用每英寸长度上扫描图像所含有像素点的个数来表示。大多数扫描的分辨率为 300~2400ppi。ppi 数值越大,扫描的分辨率越高,扫描图像的品质越高。

(2) 色彩位数(色彩深度)。色彩位数表示彩色扫描仪所能产生颜色的范围。通常用表示每像素点颜色的数据位数即比特位表示,反映了扫描仪对图像色彩的辨析能力,位数越多,能反映的色彩就越丰富,扫描的图像效果也越真实,例如 24b,32b,48b。

(3) 扫描速度。扫描仪的扫描速度与分辨率、内存容量、数据存取速度以及图像大小有关,通常用指定的分辨率和图像尺寸下的扫描时间来表示。

(4) 扫描幅面。扫描幅面表示容许扫描图稿尺寸的大小,常见的有 A4、A3、A0 幅面等。

(5) 接口。接口指扫描仪与计算机的连接方式,常见的有 SCSI 接口、EPP 接口、USB 接口以及 1394 接口。

4) 其他输入设备。

随着计算机应用领域的拓宽以及多媒体技术的发展,为提升信息数据的输入效率,除了传统通用的输入设备外,人们陆续开发设计出许多特殊用途的输入设备,包括有数字化仪(工程图纸)、条形码阅读机(条形码)、触摸屏、POS机(信用卡)、IC卡输入设备、录音笔(语言)、数字摄像头(图像)、数码相机以及智能手机等。

2. 输出设备

输出设备用于把各种计算结果数据或信息以数字、字符、图像、声音等形式表现出来。输出设备有多种类型,常见的有显示器、打印机、绘图仪、影像输出系统、语音输出系统、磁记录设备等。输出设备的功能是将内存中计算机处理后的信息,以人或设备所能接受的形式输出。

1) 显示器

计算机显示是通过显示器和显卡两部分相互依赖共同完成的。显卡(video card, graphics card)全称为显示接口卡,又称显示适配器。显卡控制计算机的图形输出,负责将CPU送来的影像数据处理成显示器可识别的格式,再送到显示器;而显示器负责将显卡传来的数字信号转换为图像信号进行显示。因此显卡的性能好坏决定着机器的显示效果。

最常见的输出设备是显示器,又称监视器,是实现人机对话的主要工具。它既可以显示键盘输入的命令或数据,也可以显示计算机数据处理的结果。显示器是实现人机对话最重要的设备。

显示器主要有两种类型:一种是阴极射线管显示器(CRT);另一种是液晶显示器(LCD)。显示器按输出色彩可分为单色显示器和彩色显示器,如图3-24所示。

随着显示器技术的不断发展,显示器从黑白世界进入了色彩世界,显示器的分类也越来越明细。早期CRT显示器使用普遍,具有准确的色彩和极低的延迟的优点,但是因辐射大、体积大、功耗高、刷新率低等缺点逐步被淘汰出市场。现在常见的主要是液晶显示器。

3D显示器一直被公认为显示技术发展的终极梦想,近年已开始陆续出现相关立体显示技术体系,如图3-25所示。



图 3-24 显示器



图 3-25 3D显示器

显示器的主要技术指标包括:

(1) 尺寸。衡量显示器显示屏幕大小的技术指标,以显示器对角尺寸为标准,一般单位为英寸。目前常见显示器有17英寸、21英寸和27英寸等几种。

(2) 分辨率。分辨率指显示屏上可以容纳的像素个数,分辨率越高,图像就越细腻。但分辨率受到点距和屏幕尺寸的限制,屏幕尺寸相同,点距越小,分辨率越高。常用的分辨率有 1024×768 ppi、 1280×1024 ppi、 1600×1280 ppi等。



图 3-26 显卡

显示器必须配置显卡才能构成完整的显示系统。显卡是连接显示器和个人计算机主板的重要元件,如图 3-26 所示。同时显卡还有图像处理能力,可协助 CPU 工作,提高整体的运行速度。对于从事专业图形设计的人来说显卡的选择非常重要。

显卡可分为:

- ① 集成显卡。集成显卡是将显示芯片、显存及其相关电路集成在主板上,与主板融为一体。其优点是功耗低、发热量小,但性能相对略低,且固化在主板或 CPU 上,本身无法更换,如需更换,只能与主板一起更换。
- ② 独立显卡。独立显卡是将显示芯片、显存及其相关电路自成一体而作为一块独立的板卡存在的,需占用主板的扩展插槽。其优点是单独安装有显存,可以不占用系统内存,在技术上也较集成显卡先进得多,但功耗有所加大,发热量也较大。
- ③ 核心显卡。核心显卡是 Intel 公司新一代图形处理的核心,其凭借在处理器制程上的先进工艺以及新的架构设计,将图形核心与处理核心整合在同一块基板上,构成一个完整的处理器,加强了图形处理的效率,缩减了处理核心、图形核心、内存及内存控制器间的数据周转时间,有效提升处理效能,并大幅降低芯片组整体功耗。

2) 打印机

打印机将计算机的运算结果或中间结果以人所能识别的数字、字母、符号和图形等,依照规定的格式印在纸上的设备。打印机正向轻、薄、短、小、低功耗、高速度和智能化方向发展。

打印机种类很多,按工作原理可分为击打式打印机和非击打式打印机两类,具体包括击打式针式打印机(又称点阵打印机)和非击打式喷墨打印机与激光打印机,如图 3-27 所示。



图 3-27 打印机

(1) 针式打印机。针式打印机是一种特殊的打印机,其打印的字符或图形是以点阵的形式构成的。针式打印机的打印头由若干根打印针和驱动电磁铁组成,打印时使相应的针头接触色带击打纸面来完成。针式打印机一直都有着自己独特的市场份额,服务于一些特殊的行业用户,随着专用化和专业化的需要,出现了不同类型的针式打印机。针式打印机的主要特点是价格便宜,使用方便,但打印速度慢,噪声大。

(2) 喷墨打印机。喷墨打印机是利用油墨经喷嘴变成细小微粒喷到印纸上,形成字符、图形。喷墨打印机品牌有 HP 系列、EPSON 系列等。喷墨打印机价格适中、打印效果较好,较受用户欢迎。但喷墨打印机对使用的纸张要求较高,墨盒消耗较快,同时因为墨水在高温下易发生化学变化,墨水微粒的方向性与体积大小不好掌握,打印线条边缘容易参差不

齐,所以一定程度上也影响了打印质量。

(3) 激光打印机。激光打印机是激光技术和电子照相技术的复合产物,类似复印机。光源用的是激光,其基本工作原理是由计算机传来的二进制数据信息,转换为激光驱动信号,然后由激光扫描系统产生载有字符信息的激光束。激光打印机内部有一个称为“光敏旋转磁鼓”的关键部件,当激光照到这一关键部件上时,被照到的区域即“感光区域”就会被磁化,能吸起磁粉等细小的物质,可将激光束转变成可见的墨粉像。在转印电极的电场作用下,墨粉便转印到普通纸上,最后经预热板及高温热滚定影,即在纸上熔凝出文字及图像。激光打印机能输出分辨率很高且色彩很好的文字及图像。所以激光打印机的速度快、分辨率高、无噪声等优势得到外设市场的认可和推广。

注意: 衡量打印机质量的重要技术指标是分辨率,用每英寸的打印点数,即 dpi 表示。针式打印机打印质量可达到 360dpi,喷墨打印机打印质量可达 720dpi 以上,激光打印机质量可达 12 000dpi 以上。

3) 绘图仪

绘图仪是一种输出图形的硬拷贝设备。绘图仪在绘图软件的支持下可绘制出复杂、精确的图形,包括管理图表和统计图、大地测量图、建筑设计图、电路布线图、各种机械图等,是各种计算机辅助设计不可缺少的工具。绘图仪的性能指标主要有绘图笔数、图纸尺寸、分辨率、接口形式及绘图语言等。

绘图仪的种类很多,按结构和工作原理可以分为滚筒式和平台式两大类。对平台式绘图仪来说,纸张保持在平面固定位置上,由绘图仪在纸上移动。而滚筒式绘图仪(见图 3-28)需要在鼓旋转的同时,将图形打印上去。



图 3-28 滚筒式绘图仪

3.2.4 总线

总线是一组连接计算机各个部件的公共通信线,即两个或多个设备之间进行通信的路径。它是由导线组成的传输线束。总线可以被共享,当多个设备连接到总线上以后,其中任何一个设备传送的信息都可以被连接到总线上的其他设备所接收。

1. 总线结构

总线由多条通信线路组成,每一条线路都能够传输二进制信号 0 和 1。一串二进制数字序列可以通过一条线路传输,而同时采用多条线路就可以同时(即并行地)传送二进制数字序列。例如,一个 8 比特的数据单元就可以通过 8 位(即 8 条线路)的总线一次性传输。总线可同时传输的数据数就称为宽度,单位为比特,即 32 位、64 位等总线宽度。总线宽度越大,传输性能就越佳。

总线的带宽指的是单位时间内总线上传送的数据量,即每秒传送的最大稳态数据传输率。与总线密切相关的两个因素是总线的位宽和总线的工作频率,它们之间的关系为

$$\text{总线的带宽} = \text{总线的工作频率} \times \text{总线的位宽} / 8 \quad (3-2)$$

计算机系统具有多种不同类型的总线,这些总线为处在体系结构不同层次中的部件提供通信线路,而总线的英语名称“bus”很形象地表示了总线的特征。总线就像是城市里的公共汽车(bus),能按照固定行车路线,传输来回不停的比特(bit)。

2. 总线分类

总线由一组物理导线组成,可根据多种不同的分类标准进行分类,每类总线具有不同的性能。

(1) 根据信号传送方式分为并行总线和串行总线。并行总线是指数据的每位同时传送,每位都有各自的传输线,互不干扰,一次传送整个信息。并行传输的优点是传送速度快。并行总线要求线数多,成本高,在距离不远时可以采用并行传输。串行总线是指信息按顺序一位一位地逐位传送,它们共享一条传输线,一次只能传送一位。串行传输的特点是只需一条传输线,成本低,比较经济,但是串行传送速度慢。

(2) 根据总线所在位置分为内部总线、系统总线和外部总线,具体的位置与关系如图 3-29 所示。

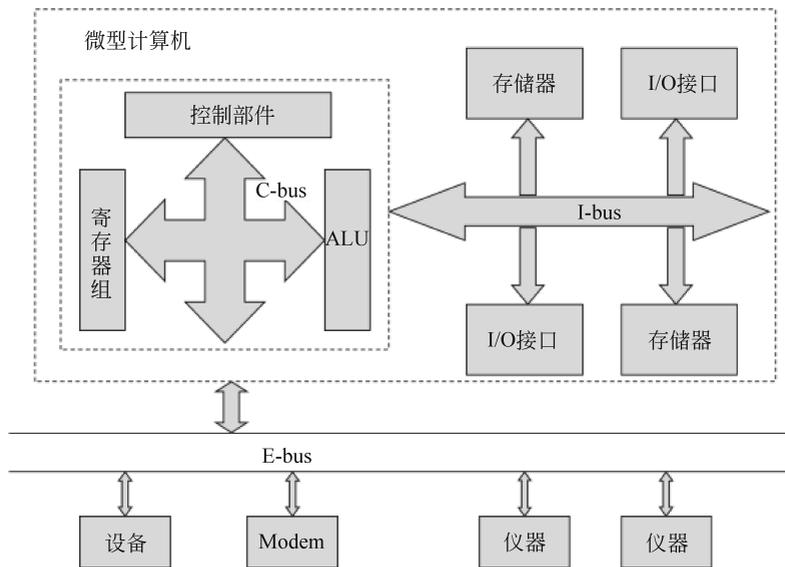


图 3-29 总线位置关系

内部总线是计算机内部各外围芯片与微处理器之间的总线,用于芯片一级的数据互通;系统总线是计算机各扩展槽与主板之间的总线;外部总线是主机与外部设备、计算机与计算机间连接的总线,用来实现和其他设备间的信息、数据交换。

(3) 根据传输的信息种类分为数据总线、地址总线和控制总线。对于不同的 CPU 芯片,数据总线、地址总线和控制总线的根数也不同。它们分别用来传输数据、数据地址和控制信号。

① 数据总线(Data Bus, DB)在 CPU 与内存之间来回传送需要处理或需要储存的数据信息。数据总线是双向三态形式的总线,既可以把 CPU 的数据传送到存储器或 I/O 接口等其他部件,也可以将其他部件的数据传送到 CPU。数据总线的位数是计算机的一个重要指标,通常与字长相一致。例如,如果数据总线带宽是 8 位,每条指令是 16 位,则处理器在一个指令周期内必须访问两次存储器模块。平常所说的 32 位或 64 位计算机指的就是 CPU 数据总线的带宽,如“奔腾”CPU 有 32 条数据线,表示每次可以交换 32 位数据。目前,大多数微型计算机的 CPU 具有 64 条数据线,即为 64 位机。

② 地址总线(Address Bus, AB)专门用来传送 CPU 发出的地址信息。由于地址只能从 CPU 传向外部存储器或 I/O 端口,即指明数据总线上数据的源地址或目的地址,因此地址总线总是单向三态的。例如,如果处理器想从存储器中读取一个字(8、16 或 32 比特位),它就要把这个字的地址输出到地址总线上。很明显,地址总线的宽度决定了系统的最大存储能力,即 CPU 的最大寻址能力。存储器每个存储单元都有一个固定地址且是按地址访问的。例如:要能够访问 1GB 存储器中的任一单元,需要 30 位地址。如果 CPU 有 32 根地址线,其最大寻址能力为 4GB。

③ 控制总线(Control Bus, CB)用来控制数据总线和地址总线的访问和使用,即传送控制信号、命令信号和定时信号等。控制信号用来在系统模块间传递命令和定时信息;命令信号指定将要执行的操作;定时信号指明数据信息和地址信息的有效性。其中有的是 CPU 向内存或外部设备发出的信息,有的是内存或外部设备向 CPU 发出的反馈信息。显然,控制总线中的每一根线总是一定的、单向的,但作为一个整体则是双向的。因此在各种结构框图中,凡涉及控制总线,均是以双向线表示。

3. 总线标准

计算机采用总线结构后使整个系统的结构变得简单。制定总线标准的目的是便于机器的扩充和新设备的接入。国际上通用的总线标准已得到各厂家的认可,可以按照有关标准设计、生产相应的功能模块和软件。有了总线标准,不同厂商可按同样的标准和规范生产各种不同功能的芯片、模块和整机。用户也可以根据功能需求去选择不同厂家生产的、基于同种总线标准的模块和设备,甚至可以按照标准,自主设计专用模块和设备组成应用系统。这样可使产品具有兼容性和互换性,使计算机系统可维护性和可扩充性得到充分保证。

在计算机的发展中,CPU 的处理能力迅速提升,总线屡屡成为系统性能的瓶颈,也促使总线技术不断更新,从 PC/XT 到 ISA、MCA、EISA、VESA、PCI、PCI-E 总线,如图 3-30 所示。

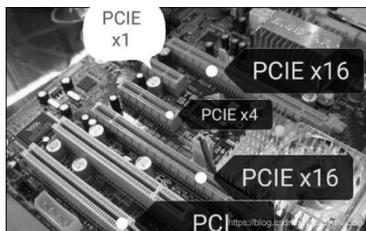


图 3-30 总线型号

总线性能的改善和发展对提高计算机的总体性能有着极大的影响。ISA(Industrial Standard Architecture)总线是 IBM 公司于 1984 年为推 PC/AT 机而建立的系统总线标准,也叫 AT 总线。EISA(Extended Industrial Standard Architecture)总线是在 ISA 总线基础上扩充的开放总线标准。

PCI(Peripheral Component Interconnect)总线是目前个人计算机、服务器主板广泛采用一种高性能总线。PCI 是 Intel 公司于 1991 年提出的。后来 Intel 又联合 IBM、DEC 等 100 多家 PC 业界主要厂商进行了统筹和推广 PCI 标准的工作。PCI 总线具有兼容性和可扩充性好、主板插槽体积小、支持即插即用(Plug-and-Play, PnP)等优点。

USB 接口也是常用的总线标准。它是由 Intel 等 7 家世界著名的计算机和通信公司共同推出的。USB 使用 4 线电缆:两个作为串行数据信号线,一个是 +5V 电源线,另一个是地线。USB 使用集线器(Hub)经电缆分层形成树形结构,理论上最多可以连接 127 个外设。

IEEE 1394 同样是一种连接外部设备的机外总线,具有即插即用、支持带电热插拔、为

外设提供电源等特性。从性能看最高传输率可达 480Mb/s。

3.3 计算机软件

在计算机问世初期,通常“计算机”都是指“计算机硬件”。20 世纪 60 年代,随着程序设计技术的进步和发展,逐步形成了“计算机硬件”和“计算机软件”的概念。软件最初源于程序,后期人们慢慢认识到各类数据、程序文档的重要性,进一步提升了软件的理解和认识。计算机软件作为计算机系统的重要组成部分的地位也得到认可。

计算机硬件是“躯体”,计算机软件是“灵魂”,软件的出现使计算机呈现出多样性。在计算机系统中软件与硬件相互依存,缺一不可。从系统工程角度来看,计算机软件作为系统元素,与计算机硬件、人、数据库等共同构成计算机系统。

3.3.1 基本概念

1. 软件的定义

“软件”是指与计算机系统操作有关的计算机程序、规程、规则以及可能有的文件、文档及数据。

完整的软件原则上由计算机程序、数据、文档和服务组成。其中,计算机程序是按事先设计的功能和性能要求执行的指令序列;数据是指支撑计算机程序执行的数据结构。计算机程序能够满意地处理信息的数据结构;文档是与描述程序开发、操作使用和运行维护有关材料,具体包括用于描述系统的结构系统文档和针对软件产品解释如何使用系统的用户文档。目前,随着计算机网络的发展,软件的文档信息更多由相应 Web 站点提供下载。

从学术上更细致地探讨“软件”对象,可以看出“软件”具有三层含义:

- (1) 个体含义是指计算机系统中的一个特定的程序、数据、文档以及服务。
- (2) 整体含义是指在特定计算机系统中所有个体含义软件的总体。
- (3) 学科含义是指在开发、使用和维护前述含义下的软件所涉及的理论、原则、方法、技术所构成的学科。通常在此含义下,软件也可称为软件学。

从使用计算机的角度,软件为用户与硬件之间的接口。用户主要通过软件与计算机进行交互。没有软件的计算机仅仅是无任何功能的“裸机”,要操控和使用计算机,必须要有软件。软件在计算机系统中起指挥、管理作用。计算机系统工作与否、做什么以及如何做本质上取决于软件。

2. 软件的特点

1) 软件的抽象性

软件是一种逻辑实体,无形,没有物理形态,不是具体的物理实体。软件可以记录在介质上,但却无法看到形态。只能通过运行状况来观察、分析、思考、判断和了解软件的功能、特性和质量。这个特点使软件和计算机硬件、其他工程对象有着明显的差别。

2) 软件的开发

软件的开发渗透了大量的脑力劳动。软件没有明显的制造过程,因而人的逻辑思维、智能活动和技术水平是保证软件产品质量的关键。在软件开发过程中,人们通过智力活动的有效管理,把知识与技术转化成软件产品。一旦软件开发成功,后期就可大量地复制同一内