

第 3 章 系统思维—— 计算机系统基础

谚语：“Pull oneself up by one’s bootstraps.”

字面意思是“拽着鞋带把自己拉起来。”这当然是不可能的事情。

最早的时候,工程师们用它来比喻计算机启动这个过程:必须先运行程序,然后计算机才能启动,但是计算机不启动就无法运行程序!

早期真的是这样,必须想尽各种办法,把一小段程序装进内存,然后计算机才能正常运行。所以,工程师们把这个过程称为“拉鞋带”,久而久之 bootstrap(鞋带)就简称为 boot(靴子)了。因此,我们现在用 boot 单词来表达启动。

3.1 计算机系统

计算机是如何启动的?计算机的启动是一个非常复杂的过程。它涉及硬件系统和软件系统。本章主要讲述计算机的硬件系统、软件系统知识,以及关于计算机件系统思维的解析。

一台完整的计算机应包括硬件部分和软件部分。硬件的功能是接收计算机程序,并在程序控制下完成数据输入、数据处理和输出等任务;软件是保证硬件的功能得以充分发挥,并为用户提供良好的工作环境。

冯·诺依曼型计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成,如图 3.1 所示。

硬件系统是指由电子部件和机电装置组成的计算机实体,如用集成电路芯片、印制线路板、接插件、电子元件和导线等装配成中央处理器、存储器及外部设备等。

软件系统是指为运行、管理和维护计算机而编制的各种程序、数据和文档的

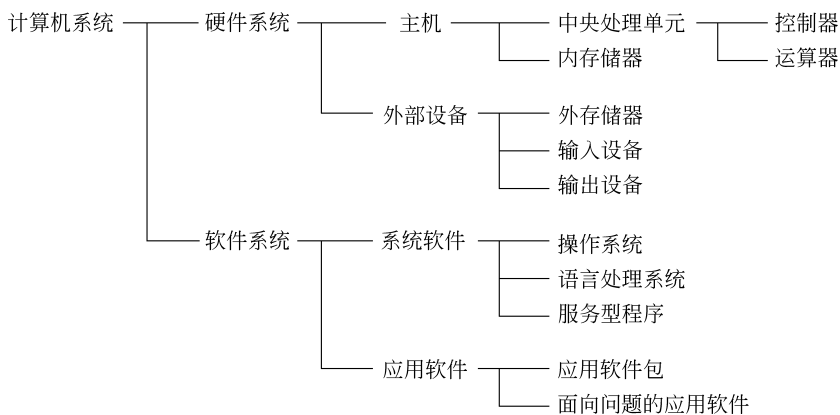


图 3.1 计算机系统的组成

总称。程序是完成某一任务的指令或语句的有序集合；数据是程序处理的对象和处理的结果；文档是描述程序操作及使用的相关资料。计算机的软件是计算机硬件与用户之间的一座桥梁。

软件按其功能分有应用软件和系统软件两大类。系统软件面向计算机硬件系统本身，解决普遍性问题；应用软件面向特定问题处理，解决特殊性问题。用户与计算机系统各层次之间的关系，如图 3.2 所示。

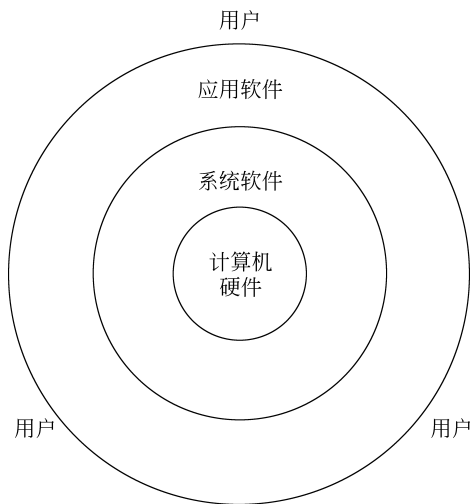


图 3.2 用户与计算机系统各层次之间的关系



3.1.1 计算机硬件系统

计算机的规模不同、机种和型号不同,它们在硬件配置上差别很大。但是,绝大多数都是根据冯·诺依曼计算机体系结构的思想来设计的,因而具有共同的基本配置,即五大部件:控制器、运算器、存储器、输入设备和输出设备。运算器和控制器合称为中央处理单元,即 CPU(Central Processing Unit),它是计算机的核心。

计算机硬件系统中五大部件的相互关系,如图 3.3 所示,其中空心箭头线代表数据流,实心箭头线代表控制流。

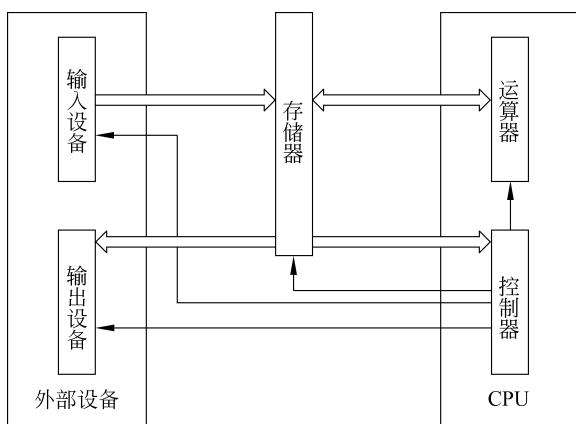


图 3.3 计算机硬件系统中五大部件的相互关系

1. 控制器

控制器(Control Unit)是计算机的指挥中心,它使计算机各部件自动协调地工作。控制器每次从存储器中读取一条指令,经过分析译码,产生一串操作命令,发往各个部件,控制各部件的动作,使整个机器连续地、有条不紊地运行。控制器一般是由程序计数器(Program Counter, PC)、指令寄存器(Instruction Register, IR)、指令译码器(Instruction Decoder, ID)和操作控制器(Operation Controller, OC)等组成。程序计数器(PC)用来存放下一条指令的地址,具有自动加 1 的功能。指令寄存器(IR)用来存放当前要执行的指令代码。指令译码器(ID)用来识别 IR 中所存放要执行指令的性质。操作控制器(OC)根据指令译码器对要执行指令的译码,产生实现该指令的全部动作的控制信号。

2. 运算器

运算器(Arithmetic Unit)是用于信息处理的部件。算术逻辑运算单元是运

算器的主要部件,其功能是对数据编码进行算术运算和逻辑运算。

算术运算是按照算术规则进行的运算。逻辑运算一般泛指非算术性运算,例如,比较、移位、逻辑加、逻辑乘、逻辑取反以及“异或”操作等。运算器通常由运算逻辑部件(ALU)和一系列寄存器组成。基本的逻辑运算可以由开关及其电路连接来实现,也可以由电子元器件及其电路连接来实现。比如,电路接通为1,电路断开为0(高电平为1,低电平为0)。

3. 存储器

存储器(Memory)的主要功能是存放程序和数据。不管是程序还是数据,在存储器中都是用二进制的形式表示,统称为信息。

(1) 存储器的分类。

存储器分为内存储器(主存储器)和外存储器(辅助存储器)两类。

内存储器简称内存,是计算机各部件信息交流的中心,用来存放现行程序的指令和数据。用户通过输入设备输入的程序和数据先送入内存,控制器执行的指令和运算器处理的数据取自内存,运算的中间结果和最终结果保存在内存中,输出设备输出的信息来自内存,内存中的信息如果要长期保存应送到外存中。总之,内存要与计算机的各个部件打交道,所以内存的存取速度直接影响计算机的运算速度。

目前大多数内存由半导体器件构成,内存储器由许多存储单元组成,每个存储单元存放一个数据或一条指令,且有自己的地址,根据地址就可找到所需的数据和程序。内存具有容量小、存取速度快、停电后数据丢失的特点。

外存储器简称外存,用来存储大量暂时不参与运算的数据和程序以及运算结果。通常外存不与计算机的其他部件直接交换数据,而是成批地与内存交换信息。外存储器具有容量大、存取速度慢、停电后数据不丢失的特点。常见的外存设备有软盘、硬盘、闪存、光盘和磁带等。

(2) 存储器有关术语如下。

① 地址。整个内存被分成若干存储单元,每个存储单元都可以存放程序或数据。用于标识每个存储单元的唯一编号称为地址。

② 位。一个二进制数(0或1)称为位(bit,比特),是数据的最小单位。

③ 字节。每八个二进制位称为一字节。为了衡量存储器的容量,统一以字节(Byte,简称为B)为基本单位。存储器的容量一般使用KB、MB、GB、TB表示,它们之间的关系是 $1\text{KB}=1024\text{B}$, $1\text{MB}=1024\text{KB}$, $1\text{GB}=1024\text{MB}$, $1\text{TB}=1024\text{GB}$, $1\text{PB}=1024\text{TB}$, $1\text{EB}=1024\text{PB}$,其中 $1024=2^{10}$ 。再往上还有ZB、YB、BB、NB、DB等。

④ 字和字长。在计算机中,作为一个整体被存取或运算的最小信息单位称

为单元或字,每个字中存放的二进制数的长度称为字长。计算机的字长,一般指参加运算的寄存器所能表示的二进制数的位数。字长通常为字节的整数倍。计算机的字长越长,运行速度也就越快,其结构也就越复杂。计算机的字长可以是32位、64位等。

4. 输入设备

输入设备用来接收用户输入的原始数据和程序,并将它们变换为计算机能识别的形式,存放到内存中。常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、触摸屏和语音识别系统等。输入设备和主机之间通过接口连接。

5. 输出设备

输出设备用于将存放在内存中由计算机处理的结果转变为人们所能理解的形式。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪和音响等。外存储器是计算机中重要的外部设备,它既可以作为输入设备,也可以作为输出设备。

总之,计算机硬件系统是运行程序的基本组成部分,人们通过输入设备将程序和数据存入存储器,运行时,控制器从存储器中逐条取出指令,将其解释成控制命令,控制各部件的动作。数据在运算器中被加工处理,处理后的结果通过输出设备输出。



知行合一

硬件系统是用正确的、低复杂度的芯片电路组合成高复杂度的芯片,逐渐组合,功能越来越强,这种层次化构造化的思维是计算及自动化的基本思维之一。

3.1.2 问题求解与计算机软件系统

通过了解计算机学科独特的思维方式,能够为我们将来创新性地解决生活中的问题奠定基础,能够为我们提供可持续发展的应用计算机技术的能力。

人类社会一般问题的求解,可以归纳为4个主要步骤:分析和确定问题、制定计划与方案、执行计划与方案、评估与反思。

计算机软件系统可以固化人类的行为和思维特征,可以演绎人类解决各类问题的思想和方法,从而完成各种各样的功能。

人类使用计算机进行问题求解的方式主要有交互方式和程序方式两类。交互方式是直接使用计算机,是一种最基本的方法,也称为人机对话式;程序方式是通过程序间接使用计算机,是人类使用计算机的高级方式。

有些问题我们可以通过简单的人机交互或称人机对话来完成,比如,通过选择一个菜单项或单击一个命令按钮进行命令式人机交互。有些问题必须首先把问题求解的过程用“程序化”的方式表示出来,建立模型、设计算法,然后用计算机语言编程实现。两种方式很类似于人类社会中的讲话和写作。人与人之间的交流用简单的语言就可以完成,而在写作中,必须要求文章语法规范、语义清晰。

前面讲过,软件系统是指为运行、管理和维护计算机而编制的各种程序、数据和文档的总称。软件按其功能分为应用软件和系统软件两大类。系统软件面向计算机硬件系统本身,解决普遍性问题;应用软件面向特定问题处理,解决特殊性问题。

1. 系统软件

系统软件是指控制计算机的运行,管理计算机的各种资源,并为应用软件提供支持和服务的一类软件,其功能是方便用户,提高计算机使用效率,扩充系统的功能。系统软件具有两大特点:一是通用性,其算法和功能不依赖特定的用户,无论哪个应用领域都可以使用;二是基础性,其他软件都是在系统软件的支持下开发和运行的。系统软件是构成计算机系统必备的软件,例如,操作系统、数据库管理系统等。

2. 应用软件

应用软件是用户利用计算机硬件和系统软件,为解决各种实际问题而设计的软件。它包括应用软件包和面向问题的应用软件。某些应用软件经过标准化、模块化,逐步形成了解决某些典型问题的应用程序的组合,称为软件包(Package)。例如 AutoCAD 绘图软件包、通用财务管理软件包、Office 软件包等。目前,软件市场上能提供数以千计的软件包供用户选择。面向问题的应用软件是指计算机用户利用计算机的软硬件资源为某一专门的目的而开发的软件,例如,科学计算、工程设计、数据处理、事务管理等方面的程序。随着计算机的广泛应用,应用软件的种类及数量将越来越多、越来越庞大。根据应用软件的功能大致可分为字处理、电子表格、辅助设计、网络应用软件、实时控制、工具软件等,例如,文字处理软件、CAD 软件、城市交通监管系统、生产设备的自动控制系统软件等。

3.1.3 计算机的基本工作原理

计算机的基本工作原理包括存储程序和程序控制。计算机工作时先要把程序和所需数据送入计算机内存,然后存储起来,这就是“存储程序”的原理。运行时,计算机根据事先存储的程序指令,在程序的控制下由控制器周而复始地取出

指令,分析指令,执行指令,直至完成全部操作,这就是“程序控制”的原理,计算机的工作原理如图 3.4 所示。

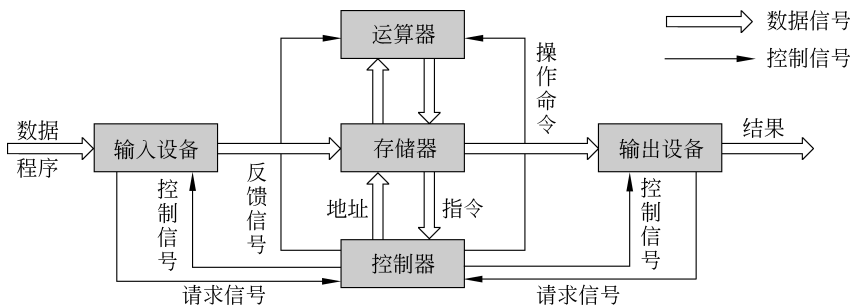


图 3.4 计算机的工作原理

1. 指令和指令系统

指令是指示计算机执行某种操作的命令,它由一串二进制数码组成。一条指令通常由两个部分组成:操作码+地址码。

(1) 操作码。

操作码规定计算机完成什么样的操作,如算术运算、逻辑运算或输出数据等操作。

(2) 地址码。

地址码是指明操作对象的内容或所在的存储单元地址,即指明操作对象是谁等信息。

一台计算机所能识别和执行的全部指令的集合称为这台计算机的指令系统。

指令按其完成的操作类型可分为数据传送指令(主机 $\longleftrightarrow$ 内存)、数据处理指令(算术和逻辑运算)、程序控制指令(顺序和跳转)、输入/输出指令(主机 $\longleftrightarrow$ I/O 设备)和其他指令。

程序是由指令组成的有序集合。对一个计算机系统进行总体设计时,设计师必须根据要完成的总体功能设计一个指令系统。指令系统中包含许多指令。为了区别这些指令,每条指令用唯一的代码来表示其操作性质,这就是指令操作码。操作数表示指令所需要的数值或数值在内存中所存放的单元地址。

2. 计算机的工作过程

计算机的工作过程,是计算机依次执行程序指令的过程。一条指令执行完毕后,控制器再取下一条指令执行,如此下去,直到程序执行完毕。计算机完成一条指令操作包括取指令、分析指令和执行指令三个阶段。

(1) 取指令。

控制器根据程序计数器的内容(存放指令的内存单元地址)从内存中取出指令送到指令寄存器,同时修改程序计数器的值,使其指向下一条要执行的指令。

(2) 分析指令。

对指令寄存器中的指令进行分析和译码。

(3) 执行指令。

根据分析和译码实现本指令的操作功能。



知行合一

计算机或计算系统可以被认为是由基本动作以及基本动作的各种组合所构成的。对这些基本动作的控制就是指令。指令的各种组合和数据组成了程序。指令和程序的思维是一种重要的计算思维。

3.2 微型计算机的硬件系统

微型计算机是大规模集成电路技术发展的产物,又称个人计算机(PC),本节就微型计算机系统的基本组成(即硬件系统和软件系统)分别进行阐述。

微型计算机的硬件系统根据冯·诺依曼体系结构配置,由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备组成。

3.2.1 总线

1. 系统总线的概念

主板上配有连接插槽,这些插槽又称“总线接插口”。计算机的外设通过接口电路板连接到主板上的总线接插口,与系统总线相连接。

系统总线(Bus)是CPU与其他部件之间传送数据、地址和控制信号的公用通道。如果说主板是一座城市,那么总线就像是城市里的公共汽车,能按照固定行车路线传输信号,总线上传输的信号就像公共汽车上运载的人或物。

总线是由导线组成的传输线束,主机的各个部件通过总线相连接,外部设备通过相应的接口电路再与总线相连接,从而形成了计算机硬件系统。

从物理上讲,系统总线是计算机硬件系统中各部分互相连接的方式;从逻辑上讲,系统总线是一种通信标准,是关于扩展卡能在PC中工作的协议。采用总

线结构便于部件或设备的扩充,使用统一的总线标准,不同设备间互连将更容易实现。

2. 总线的分类

按照计算机所传输的信息种类,计算机的总线主要分为数据总线、地址总线和控制总线三种,分别用来传输数据、数据地址和控制信号。

(1) 数据总线。

数据总线(Data Bus)用于实现数据的输入和输出,数据总线的宽度等于计算机的字长。因此数据总线的宽度是决定计算机性能的主要指标。

(2) 地址总线。

地址总线(Address Bus)用于 CPU 访问内存和外部设备时传送相关地址,实现信息传送的设备的选择。例如,CPU 与主存传送数据或指令时,必须将主存单元的地址送到地址总线上。地址总线通常是单向线,地址信息由源部件发送到目的部件。地址总线的宽度决定 CPU 的寻址能力。若某计算机的地址总线为 n 位,则此计算机的寻址范围为 $0 \sim 2^n - 1$ 。

(3) 控制总线。

控制总线(Control Bus)用于 CPU 访问内存和外部设备时传送控制信号,从而控制对数据总线和地址总线的访问和使用。

3. 常用总线标准

在计算机系统中通常采用标准总线。标准总线不仅具体规定了线数及每根线的功能,而且还规定了统一的电气特性。主板上主要有 FSB、MB、PCI、PCI-E、USB、LPC、IHA 等 7 大总线,以及 CA、EISA、VESA、PCI、AGP 等总线标准。现在,主板上配备较多的是 PCI 和 AGP 总线。PCI(Peripheral Component Internet)是一种局部总线标准,它能够一次处理 32 位数据,用于声卡、内置调制解调器的连接。AGP(Accelerated Graphics Port)加速图形端口,是显卡的专用扩展插槽,它是在 PCI 图形接口的基础上发展而来的。AGP 直接把显卡与主板控制芯片连接在一起,从而很好地解决了低带宽 PCI 接口造成的系统瓶颈问题。

PCI-E(PCI Express)是目前流行的一种高速串行总线。PCI-E 2.0 标准制定于 2007 年,PCI-E 3.0 标准于 2010 年进入市场,PCI-E 3.0 的信号频率从 PCI-E 2.0 的 5GT/s 提高到 8GT/s。

4. 系统总线的性能指标

(1) 总线的带宽。

总线的带宽是指单位时间内总线上可传送的数据量,即每秒传送的字节数,它与总线的位宽和总线的工作频率有关。

(2) 总线的位宽。

总线的位宽是指总线能同时传送的数据位数,即数据总线的位数。

(3) 总线的工作频率。

总线的工作频率也称为总线的时钟频率,以 MHz 为单位,总线带宽越宽,总线工作速度越快。

3.2.2 中央处理单元(CPU)

1. CPU 的功能

在微型计算机中,CPU 是由大规模和超大规模集成电路组成的模块,又被称为微处理器 MPU(Micro Processing Unit)。它由运算器、控制器和寄存器组成,是微型计算机硬件中的核心部件。晶体管是制造所有微芯片的基础。晶体管只能生成二进制的信息:如果电流流过就是“1”,而没有电流就是“0”。根据这些被称为位(bit)的“1”和“0”,只要计算机拥有足够的晶体管以容纳所有的“1”和“0”,那么它就能生成任何数字。随着大规模集成电路的出现,微处理器的所有部分都集成在一块半导体芯片上。

CPU 有 Intel 8080、80286、80386、80486、80586、Pentium 系列等,从单一核心发展到多核心。CPU 生产厂家主要有 Intel 公司、AMD 公司和 VIA 公司等。16 核的 CPU 于 2012 年由我国首先发布,目前用于超级计算机中。

现在主流计算机都配置一个或多个 CPU,每个 CPU 中又有多个核,以提高任务处理的效率。

2. CPU 的主要性能指标

(1) 字与字长。

前面讲过,计算机内部作为一个整体参与运算、处理和传送的一串二进制数,称为一个字。在计算机中,许多数据是以字为单位进行处理的,是数据处理的基本单位。字长越长,运算能力就越强,计算精度就越高。

(2) 主频。

CPU 有主频、倍频、外频三个重要参数,它们的关系是:主频=外频×倍频,主频是 CPU 内部的工作频率,即 CPU 的时钟频率(CPU Clock Speed)。外频是系统总线的工作频率,倍频是它们相差的倍数。CPU 的运行速度通常用主频表示,以 Hz 作为计量单位。主频越高,CPU 的运算速度越快。

(3) 时钟频率。

时钟频率即 CPU 的外部时钟频率(即外频),它由计算机主板提供,直接影响 CPU 与内存之间的数据交换速度。

(4) 地址总线宽度。

地址总线宽度决定了 CPU 可以访问的物理地址空间,即 CPU 能够使用多大容量的内存。假设 CPU 有 n 条地址线,则其可以访问的物理地址为 2^n 个。

(5) 数据总线宽度。

数据总线宽度决定了整个系统的数据流量的大小,数据总线宽度决定了 CPU 与二级高速缓存、内存以及输入/输出设备之间一次数据传输的信息量。

3.2.3 内存存储器

内存存储器是计算机中最主要的部件之一,用来存储计算机运行期间所需要的大量程序和数据。微型计算机中的内存都采用内存条的形式直接插在主板的内存条插槽上。

1. 内存存储器的分类

内存存储器按功能分为随机存储器(Random Access Memory, RAM)、只读存储器(Read Only Memory, ROM)、高速缓冲存储器(Cache)。

(1) RAM。

RAM 的作用是临时存放正在运行用户程序和数据以及临时(从磁盘)调用的系统程序。其特点是, RAM 中的数据可以随机读出或者写入;关机或者停电时,其中的数据丢失。

RAM 又可分为以下两种。

① 静态存储器(Static RAM, SRAM)。“静态”是指数据被写入后,除非重新写入新数据或关机,否则写入的数据保持不变。

② 动态存储器(Dynamic RAM, DRAM)。人们平常所说的内存就是 DRAM,它是用 MOS 型晶体管中的栅极电容来存储数据信息,需要定时(一般为 2ms)充电,补充丢失的电荷,因此称为动态存储器,充电的过程称为刷新。

SRAM 要比 DRAM 速度更快,常用来做计算机的 Cache。

(2) ROM。

ROM 的作用是存放一些需要长期保留的程序和数据,如系统程序、控制时存放的控制程序等。其特点是只能读,一般不能改写,能长期保留其上的数据,即使断电也不会破坏。一般在系统主板上装有 ROM-BIOS,它是固化在 ROM 芯片中的系统引导程序,完成系统加电自检、引导和设置输入/输出接口的任务。

ROM 主要分为以下几种。

① 固定只读存储器(ROM): 其内容是厂家生产时写入,用户不能改写。

② 可编程只读存储器(PROM): 其内容由用户事先写入,写入后不能

改写。

③ 可改写可编程只读存储器(EPROM): 其内容可用紫外线照射擦除, 然后重新写入。

④ 电擦除只读存储器(E2PROM): 其内容可用电擦除, 然后重新写入。

(3) Cache。

因为 CPU 的速度越来越快, 动态随机存取存储器的速度受到制造技术的限制, 无法与 CPU 的速度同步, 因而经常导致 CPU 不得不降低自己的速度来适应 DRAM 的速度, Cache 的作用是缓解高速度的 CPU 和低速度的 DRAM 之间的矛盾, 以提高整机的工作效率。其实现方法是, 将当前要执行的程序段和要处理的数据复制到 Cache, CPU 读写时, 首先访问 Cache。当 Cache 中有 CPU 所需的数据时, 直接从 Cache 中读取; 如果没有就从内存中读取, 并把与该数据相关的部分内容复制到 Cache, 为下一次访问做好准备。

一般 Cache 分两种: 一种是 CPU 内部 Cache, 也称一级 Cache, 内置在 CPU 内部, 容量较小; 另一种是 CPU 外部 Cache, 也称二级 Cache, 容量比一级 Cache 大一个数量级, 价格也便宜。目前一级 Cache 和二级 Cache 通常集成到 CPU 芯片中。为了进一步提高性能, 还可以把 Cache 设置成三级。

2. 内存的性能指标

(1) 存储容量。

通常以 RAM 的存储容量来表示微型计算机的内存容量。常用单位有 KB、MB、GB 等。

(2) 存取周期。

内存的存取周期是指存储器进行两次连续、独立的操作(存数的写操作和取数的读操作)之间所需要的最短时间, 以 ns(纳秒)为单位, 该值越小速度越快。常见的有 7ns、10ns、60ns 等。存储器的存取周期是衡量主存储器工作速度的重要指标。

(3) 功耗。

功耗能反映存储器耗电量的大小, 也反映了发热程度。功耗小, 对存储器的工作稳定有利。

3.2.4 系统主板

系统主板(System Board)又称主板或母板, 用于连接计算机的多个部件, 它安装在主机箱内, 是微型计算机的最基本最重要的部件之一。在微型计算机系统中, CPU、RAM、存储设备和显示卡等所有部件都是通过主板相结合, 主板性

能和质量的好坏将直接影响整个系统的性能。

1. 主要部件

集成在主机板上的主要部件有芯片组、扩展槽(总线)、BIOS 芯片、CMOS 芯片、电池、CPU 插座、内存槽、Cache 芯片、DIP 开关、键盘插座及小线接脚等。其结构如图 3.5 所示。



图 3.5 主板的结构

主板结构是根据主板上各元器件的布局排列方式、尺寸大小、形状、所使用的电源规格等制定出的通用标准,所有主板厂商都必须遵循,比如 ATX、BTX 等。

主板采用了开放式结构。主板上大都有 6~15 个扩展插槽,供 PC 外围设备的控制卡(适配器)插接。通过更换这些插卡,可以对微型计算机的相应子系统进行局部升级,使厂家和用户在配置机型方面有更大的灵活性。

(1) 芯片组。

芯片组(Chipset)是主板的核心组成部分,几乎决定了这块主板的功能,进而影响到整台计算机系统性能的发挥。按照在主板上的排列位置的不同,通常分为北桥芯片和南桥芯片。北桥芯片提供对 CPU 的类型和主频、内存的类型和最大容量、ISA/PCI/AGP 插槽、ECC 纠错等支持。南桥芯片则提供对键盘控制器、实时时钟控制器、USB 等的支持。其中北桥芯片起着主导性的作用,也称为主桥(Host Bridge)。

(2) CPU 插槽。

不同主板支持不同的 CPU,其上的 CPU 插槽也各不相同。

(3) 内存插槽与内存条。

在主板上,有专门用来安插内存条的插槽,称为“系统内存插槽”。根据内存条的线数,可以把内存分为 72 线、168 线、184 线、240 线等;根据内存条的容量,可以分为 512MB、1GB、2GB 等。用户可以根据自己主板上的内存插槽类型和个数酌情增插内存条以扩充计算机内存。

(4) 扩展槽与扩展总线。

扩展插槽是主板上用于固定扩展卡并将其连接到系统总线上的插槽,也称扩展槽、扩充插槽,又称“总线接插口”。计算机的外设通过接口电路板连接到主板上的总线接插口,与系统总线相连接,可以连接声卡、显卡等设备。扩展槽总线是主板与插到它上面的板卡的数据流通的通道。扩展槽口中的金属线就是扩展总线。扩展槽有 ISA、EISA、VESA、PCI、AGP 等多种类型,相应的扩展总线也分为 ISA、EISA、VESA、PCI、AGP、PCI-Express(简称 PCI-E)等多种类型。扩展槽是一种添加或增强计算机特性及功能的方法。扩展插槽的种类和数量的多少是决定一块主板性能高低的重要指标。

(5) 基本输入/输出系统。

基本输入/输出系统(Basic Input/Output System, BIOS)是高层软件(如操作系统)与硬件之间的接口。BIOS 主要实现系统启动、系统自检、基本外部设备输入/输出驱动和系统配置分析等功能。BIOS 一旦损坏,计算机将不能工作。有一些病毒(如 CIH 等)专门破坏 BIOS,使计算机无法正常开机工作,以致系统瘫痪,造成严重后果。

(6) CMOS 芯片。

CMOS 是一块小型的 RAM,具有工作电压低、耗电量少的特点。在 CMOS 中保存有存储器和外部设备的种类、规格及当前日期、时间等系统硬件配置和一些用户设定的参数,为系统的正常运行提供所需数据。若 CMOS 上记载的数据出错或数据丢失,则系统无法正常工作。恢复 CMOS 参数的方法是:系统启动时,按设置键(通常是 Delete 键)进入 BIOS 设置窗口,在该窗口内进行 CMOS 的设置。CMOS 开机时由系统电源供电,关机时靠主板上的电池供电,即使关机,信息也不会丢失,但应注意更换电池。

2. 工作原理

当主机加电时,电流会在瞬间通过 CPU、南北桥芯片、内存插槽、AGP 插槽、PCI 插槽、IDE 接口以及主板边缘的串口、并口、PS/2 接口等。随后,主板会根据 BIOS(基本输入输出系统)来识别硬件,并进入操作系统,发挥出支撑系统平台工作的功能。

3.2.5 外存储器

外存储器又称为辅助存储器,用来长期保存数据、信息。

1. 硬盘存储器

硬盘是计算机主要的存储媒介之一,由一个或多个铝制或玻璃制的碟片组

成。碟片外覆盖有铁磁性材料。

硬盘主要有固态硬盘、机械硬盘、混合硬盘三类。

(1) 固态硬盘。

固态硬盘(Solid State Disk、Solid State Drive,SSD)是用固态电子存储芯片阵列而制成的硬盘。固态硬盘的存储介质分为两种:一种是采用闪存(Flash 芯片)作为存储介质;另一种是采用 DRAM 作为存储介质。近年来还推出了 XPoint 颗粒技术。

基于闪存的固态硬盘是固态硬盘的主要类别,其内部构造十分简单,固态硬盘内主体其实就是一块印制电路板,而这块板上最基本的配件就是控制芯片、缓存芯片(部分低端硬盘无缓存芯片)和用于存储数据的闪存芯片。

固态硬盘的主要特点如下:

① 读写速度快。采用闪存作为存储介质,读取速度相对机械硬盘更快。固态硬盘不用磁头,寻道时间几乎为 0。

② 防震抗摔性、低功耗、无噪音、抗震动、低热量、体积小、重量轻、工作温度范围大。

(2) 机械硬盘。

机械硬盘(Hard Disk Drive,HDD)即是传统普通硬盘,主要由盘片、磁头、盘片转轴及控制电机、磁头控制器、数据转换器、接口、缓存等几个部分组成。

机械硬盘中所有的盘片都装在一个旋转轴上,每张盘片之间是平行的,在每个盘片的存储面上有一个磁头,磁头与盘片之间的距离比头发丝的直径还小,所有的磁头联在一个磁头控制器上,由磁头控制器负责各个磁头的运动。磁头可沿盘片的半径方向运动,加上盘片每分钟几千转的高速旋转,磁头就可以定位在盘片的指定位置上进行数据的读写操作。

(3) 混合硬盘。

混合硬盘(Hybrid Hard Disk,HHD)是把磁性硬盘和闪存集成到一起的一种硬盘。

2. 光盘存储器

(1) 光盘及其分类。

光盘又称 CD(Compact Disc,压缩盘),由于其存储容量大、存储成本低、易保存,因此在微型计算机中得到了广泛的应用。光盘存储器由光盘驱动器和盘片组成,其盘片(也称为母盘)上敷以光敏材料,激光照射时,分子排列发生变化,形成小坑点(也称为光点),以此记录二进制信息。常见的光盘驱动器有以下几种。

① CD-ROM 光驱。它可以读取 CD 盘和 CD-ROM(只读型光盘)中的信

息,其工作原理是利用激光束扫描光盘盘片,把盘片上的光电信息转换成数字信息并传给计算机。

② DVD-ROM 光驱。DVD(Digital Versatile Disc)又称数字化视频光盘,是 CD-ROM 的后继产品。

③ 刻录机。它能够对一次写入型光盘(包括 CD-R 和 DVD±R)和可擦写型盘片(包括 CD-RW 和 DVD±RW)一次性或重复地写入数据。其工作原理是用强激光束对光介质进行烧孔或起泡,从而产生凹凸不平的表面。它可当 CD-ROM 光驱和 DVD-ROM 光驱使用。

(2) 使用光盘的注意事项:

① 保持盘面清洁,要小心轻放,以免盘面划伤。

② 光盘在高速旋转状态中,不能按“弹出”按钮,以免损伤盘面。

3. 移动存储器

目前常见的移动存储设备主要是闪存和移动硬盘。

(1) 闪存。

闪存具有 USB 接头,只要插入个人计算机的 USB 插槽,计算机即会检测到并把它视为另一个硬盘,又称优盘或闪存。目前常见的闪存存储容量有 64GB、128GB、256GB、512GB、1TB 等,资料储存期限可达 10 年以上。按功能可分为无驱型、固化型、加密型、启动型和红外型等。

(2) 移动硬盘。

移动硬盘是以硬盘为存储介质,以“盘片”存储文件,容量较大,数据的读写模式与标准 IDE 硬盘是相同的。移动硬盘多采用 USB、IEEE 1394 等传输速度较快的接口。移动硬盘的容量有 500GB、1TB、5TB 等。盘片的直径常见有 2.5 英寸和 3.5 英寸两种。

4. 云存储

云存储是与云计算同时发展的一个概念。云存储是通过网络提供可配置的虚拟存储及相关的数据服务,即将存储作为一种服务,通过网络提供给用户。用户可以通过若干种方式使用云存储。用户可直接使用与云存储相关的在线服务,如网络硬盘、在线存储、在线备份或在线归档等服务。目前,提供云存储服务的有 Google Drive、iCloud、华为网盘、Windows Live Mesh 和 360 云盘等。

3.2.6 输入设备

常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、手写板、摄像头等。

1. 键盘

键盘是用于操作设备运行的一种指令和数据输入装置,是最常用也是最主要的输入设备。常规的键盘有机械式按键和电容式按键两种。在工控机键盘中还有一种轻触薄膜按键的键盘。键盘的接口有 AT 接口、PS/2 接口和 USB 接口。

2. 鼠标

鼠标是一种屏幕标定装置。鼠标是 1968 年出现的,美国科学家道格拉斯·恩格尔巴特(Douglas Engelbart)在加利福尼亚制作了第一只鼠标。

鼠标分有线和无线两种。按接口类型可分为串行鼠标、PS/2 鼠标、总线鼠标和 USB 鼠标。按其工作原理及其内部结构的不同可以分为机械式、光机式、光电式和蓝牙式。

3. 扫描仪

扫描仪是利用光电技术和数字处理技术,以扫描方式将图形或图像信息转换为数字信号的装置。

4. 手写板

手写板不仅可以通过手写输入中文,还可以代替鼠标进行操作。

5. 摄像头

摄像头是一种视频输入设备,被广泛运用于视频会议、远程医疗及实时监控等方面。

现在人们正在研究使计算机具有人的“听觉”和“视觉”,即让计算机能听懂人说的话,看懂人写的字,从而能像人类接收信息的方式一样接收信息,为此,开辟了新的研究方向,包括模式识别、人工智能、信号与图像处理等,并在这些研究方向的基础上产生了语言识别、文字识别、自然语言解与机器视觉等研究方向。

3.2.7 输出设备

常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪、影像输出系统、语音输出系统等。

1. 显示器

(1) 显示器主要技术参数如下。

① 屏幕尺寸。指矩形屏幕的对角线长度,以英寸为单位,反映显示屏幕的大小。

② 显示分辨率。指屏幕像素的点阵。像素是指屏幕上能被独立控制其颜色和亮度的最小区域,即荧光点。显示分辨率通常写成水平点数 $\times$ 垂直点数的

形式,例如,800×600、1024×768 等许多规格,它取决于垂直方向和水平方向扫描线的线数。

③ 点距。指一种给定颜色的一个发光点与离它最近的相邻同色发光点之间的距离。在任何相同分辨率下,点距越小,图像就越清晰,14 英寸显示器常见的点距有 0.31mm 和 0.28mm 两种。

④ 扫描频率。指显示器每秒扫描的行数,单位为千赫(kHz)。它决定着最大逐行扫描清晰度和刷新速度。水平扫描频率、垂直扫描频率、分辨率这三者是密切相关的,每种分辨率都有其对应的最基本的扫描速度,比如,分辨率为 1024×768 的水平扫描速率为 64kHz。

⑤ 刷新速度。指每秒出现新图像的数量,单位为 Hz(赫兹)。刷新率越高,图像的质量就越好,闪烁越不明显,人的感觉就越舒适。

(2) 显示卡。

显示卡也称为显示适配器,显示卡是连接 CPU 与显示器的接口电路,负责把需要显示的图像数据转换成视频信号,控制显示器的显示。显示卡由寄存器、显示存储器和控制电路三部分组成。显示存储器用来暂存显示卡芯片所处理的数据。

(3) LCD 彩色显示器。

LCD 彩色显示器的工作原理是:通过电场控制液晶分子的排列,使得通电时液晶排列有序,光线易通过;不通电时液晶分子排列混乱,阻止光线通过,从而将二进制信息转换成由亮点和暗点组成的可视信号。通过不同电压的控制,来控制点的亮度;通过光过滤器将白光分解成红、绿、蓝三基色,并通过它们的线性组合形成各种颜色。对于多个点的控制,可以组合成点阵,从而在屏幕上显示出一幅图像。

2. 打印机

衡量打印机好坏的指标有三项:打印分辨率、打印速度和噪声。按打印元件对纸是否有击打动作,分击打式打印机与非击打式打印机。按打印字符结构,分全形字打印机和点阵字符打印机。按一行字在纸上的形成方式,分串式打印机与行式打印机。按所采用的技术,分柱形、球形、喷墨式、热敏式、激光式、静电式、磁式、发光二极管式等打印机。

(1) 激光印字机。

激光印字机是一种非击打式打印机。其基本原理是:激光源发出的激光束经由字符点阵信息控制的声光偏转器调制后,进入光学系统,通过多面棱镜对旋转的感光鼓进行横向扫描,于是在感光鼓上的光导薄膜层上形成字符或图像的静电潜像,再经过显影、转印和定影,便在纸上得到所需的字符或图像。其主要优点是打印速度快,印字的质量高,噪声小。

(2) 喷墨印字机。

喷墨印字机基本原理是带电的喷墨雾点经过电极偏转后,直接在纸上形成所需字形。其主要优点是印字速度较快,分辨率较高,无击打噪声。

3. 绘图仪

绘图仪主要用于绘制各种管理图表和统计图、大地测量图、建筑设计图、电路布线图、各种机械图与计算机辅助设计图等。

3.2.8 微型计算机的主要性能指标和分类

1. 微型计算机的主要性能指标

(1) 字长。

字长是 CPU 的主要参数,字长越长,可以表示的有效位数就越多,运算精度越高,能支持功能的指令更强,计算机的处理能力更强,计算机的数据处理速度也越快。微型计算机的字长一般为 32 位和 64 位。

(2) 运算速度。

计算机的运算速度指每秒所能执行的指令数。由于不同类型的指令所需时间不同,因此,运算速度也有不同的计算方法。现在多用各种指令的平均执行时间及相应指令的运行比例来综合计算运算速度,即用加权平均法求出等效速度。单位为 MIPS(百万条指令/秒)。

(3) 主频和外频。

主频越高,CPU 的运算速度越快。外频由计算机主板提供,直接影响 CPU 与内存之间的数据交换速度。人们通常把微型计算机的类型与主频标注在一起,例如,P4/2.4G,表示 CPU 芯片的类型为 P4,主频为 2.4GHz。

(4) 内存容量。

内存容量是指随机存储器 RAM 存储容量的大小,它决定了可运行程序的大小和程序运行的效率。内存越大,主机外设交换数据所需要的时间越少,因而运行速度越快。

(5) 硬盘容量。

硬盘容量反映了微机存取数据的能力。

除了以上主要指标外,还可用存取周期、系统的兼容性、可靠性、可维护性、可用性、性能价格比等方面衡量计算机的性能。

2. 微型计算机的分类

(1) 按字长分类。

微型计算机按不同的字长可以分为 8 位机、16 位机、32 位机和 64 位机。

(2) 按结构分类。

按结构分类分为以下三种。

① 单片机。单片机是把微机处理器、存储器、输入输出接口都集成在一块集成电路芯片上。

② 单板机。单板机是将计算机的各个部分都组装在一块印制电路板上。

③ 多板机。多板机是由多个功能不同的电路板组成的计算机,目前的微型计算机都属于多板机。单片机和单板机主要用于设备和仪器仪表的控制部件或用于生产过程控制。

3.3 计算机的启动过程

计算机是如何启动的呢? 计算机的启动是一个非常复杂的过程。计算机的启动从打开电源到开始操作,我们看见屏幕快速滚动,并出现各种提示。

计算机的整个启动过程分成四个阶段。

1. 第一阶段: BIOS

20 世纪 70 年代初,只读内存(ROM)发明,开机程序被刷入 ROM 芯片,计算机通电后,第一件事就是读取它。

(1) 硬件自检。

基本输入输出系统(BIOS)程序首先检查,计算机硬件能否满足运行的基本条件,这称为“硬件自检”(Power-On Self-Test, POST)。如果硬件出现问题,主板会发出不同含义的蜂鸣,启动中止。如果没有问题,屏幕就会显示出 CPU、内存、硬盘等信息。

(2) 启动顺序。

硬件自检完成后, BIOS 把控制权转交给下一阶段的启动程序。

这时, BIOS 需要知道下一阶段的启动程序具体存放在哪一个设备。也就是说, BIOS 需要有一个外部储存设备的排序,排在前面的设备就是优先转交控制权的设备。这种排序称为启动顺序(Boot Sequence)。打开 BIOS 的操作界面,里面有一项就是“设定启动顺序”。

2. 第二阶段: 主引导记录

BIOS 按照启动顺序,把控制权转交给排在第一位的储存设备。这时,计算机读取该设备的第一个扇区,也就是读取最前面的 512 字节。如果这 512 字节的最后两字节是 0×55 和 $0 \times AA$,表明这个设备可以用于启动;如果不是,表明设备不能用于启动,控制权于是被转交给启动顺序中的下一个设备。