

第3章 计算机硬件基础

一个完整的计算机系统由硬件子系统和软件子系统两大部分组成。计算机硬件子系统主要包括运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。存储器又分为内存和外存。运算器和控制器合称中央处理器,中央处理器和内存合称主机。输入设备、输出设备和外存合称外部设备(简称外设)。也可以说一台计算机的硬件部分由主机和外设组成。在微型计算机中,各个组成部分通过主板和总线组织在一起,形成一个高效运行的计算机系统。

3.1 计算机的基本组成与工作原理



计算机是一种能够按照程序对数据进行自动处理的电子设备。这里所说的计算机是指存储程序式电子数字计算机,组成计算机硬件的主体是电子器件和电子线路,计算机存储和处理的是数字信息,存储在计算机中的程序通过控制器控制计算机的数据处理工作。按字面理解,计算机就是具有计算功能的机器,其实最初研制计算机的目的就是帮助人们完成复杂的计算任务,第一台电子计算机 ABC 为解方程而设计,第一台通用电子计算机“埃尼阿克”(ENIAC)为计算弹道曲线而设计。当然,现在计算机的功能已远远超出传统计算的范畴,已经广泛应用于经济社会发展的各个领域,发挥着非常重要的作用。

3.1.1 计算机的基本组成

组成一台计算机的所有物理设备构成计算机硬件子系统。计算机硬件(hardware)是看得见摸得着的实体,是计算机工作的物质基础。

在分析“埃尼阿克”设计方案的基础上,1945年6月,冯·诺依曼等人完成了《EDVAC 报告初稿》(“First Draft of a Report on the EDVAC”),EDVAC 是“电子离散变量自动计算机”(Electronic Discrete Variable Automatic Computer)的英文缩写。

《EDVAC 报告初稿》给出了电子计算机逻辑设计的基本要素:

- (1) 二进制,不仅数据用二进制表示和存储,组成程序的指令也用二进制表示和存储;
- (2) 存储程序,程序及其要处理的数据存放在存储器中;
- (3) 5 个基本组成部分,计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 个部分组成。

人们把按这种设计方案制造的计算机称为冯·诺依曼型计算机,其基本组成如图 3.1 所示,图中实线为数据线,虚线为控制线和反馈线。现在使用的计算机虽然在功能、性能上发生了很大变化,但其基本要素没有大的变化,所以仍属于冯·诺依曼型计算机。

计算机各组成部分的主要功能分别如下:

运算器(arithmetic unit)用来完成算术运算和逻辑运算,算术运算包括加、减、乘、除四则运算和更复杂一些的三角函数运算、指数运算等,逻辑运算包括与、或、非、异或、左移、右移等。

控制器(control unit)用来协调与控制程序和数据的输入、程序的执行以及运算结果的

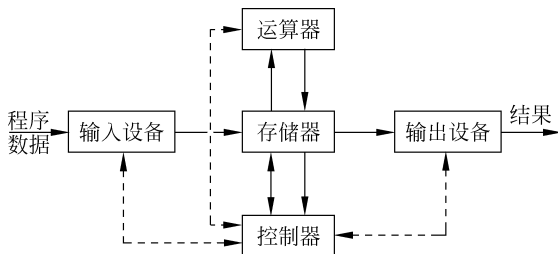


图 3.1 计算机组成结构

处理。控制器工作的依据是存储在存储器中的程序,即控制器是按程序代码的要求控制计算机各个部分协调一致地工作,完成程序规定的任务。

存储器(memory)用来存放程序及其要处理的数据,这里的存储器指内存。

输入设备(input device)用于将程序与数据输入计算机,常用输入设备有键盘、鼠标、触摸屏、扫描仪和 3D 扫描仪等。

输出设备(output device)用于将程序执行结果输出,常用输出设备有显示器、打印机、3D 打印机和绘图仪等。

3.1.2 计算机的基本工作原理

要让计算机完成某一任务,一般按如下步骤进行:

(1) 根据要完成任务的详细工作步骤(算法),编写出相应的程序。高级语言程序由若干条语句组成,每条语句完成一个特定的基本功能,其实程序就是告诉计算机如何一步一步地完成所要完成的任务。

(2) 通过键盘等输入设备把编写的程序输入计算机的存储器中,用一种称为解释器或编译器的软件将由语句组成的高级语言程序翻译成由二进制指令组成的机器语言程序并存放在存储器中。存储器包括大量的存储单元,一个单元能存放 8 个二进制位数字,指令按顺序存放在若干存储单元中,一条指令根据其功能的不同,可能占用一个单元,也可能占用若干单元。

(3) 存储在存储器中的机器语言程序能够被计算机直接执行。执行机器语言程序时,控制器从存储器中读出程序的第一条指令,然后分析该指令的功能,即该指令要求计算机做什么。根据指令的功能要求,控制器指挥计算机的其他部件完成数据的输入、计算和输出等工作。

(4) 执行完一条指令,控制器读取下一条指令,按同样的方式分析指令的功能,指挥其他部件完成指令的功能。按这种“取指令—分析指令—执行指令”的方式把程序中所有的指令执行完,任务也就完成了。

以上只是对计算机工作原理和程序执行过程的一个非常概略的描述,随着本书后面内容及后续课程的介绍,相信读者对计算机的工作原理会有逐步深入的理解。

3.2 中央处理器

3.2.1 中央处理器的基本组成

1. 中央处理器的组成与功能

中央处理器(central processing unit,CPU)也称中央处理单元,由运算器和控制器组成。更微观一点说,中央处理器还包括寄存器(register)。运算器负责完成算术运算和逻辑

运算；寄存器用于临时保存参与运算的数据和运算后的结果；控制器负责从存储器读取指令，并对指令进行分析，然后按照指令的要求指挥各部件工作。

中央处理器是计算机内部对数据进行处理并对处理过程进行控制的部件，是组成计算机最核心的部件，相当于人的大脑。随着集成电路技术的不断发展，芯片集成度越来越高，CPU 可以集成在一个半导体芯片上，这种具有中央处理器功能的超大规模集成电路芯片，称为微处理器(microprocessor)。微处理器就是芯片化的 CPU，所以在多数场合二者具有相同的含义。微处理器不仅是微型计算机的核心部件，也广泛应用于智能手机、数码相机、智能洗衣机、汽车引擎控制装置和数控机床等数字化智能设备上。近些年，超级计算机、大型计算机等高端计算机系统也采用大量的通用高性能微处理器建造。



图 3.2 酷睿 i9 CPU

目前，微处理器的主要生产厂家有英特尔(Intel)公司、AMD 公司、IBM 公司等。图 3.2 所示为英特尔公司的一款酷睿 i9 CPU。英特尔公司、AMD 公司的 CPU 芯片主要用于微型计算机和服务器的制造，IBM 公司的 CPU 芯片主要用于其自己制造的大型计算机。

2. 主要性能指标

评价 CPU 的性能要考虑多种指标，而且不同用途的计算机，其侧重面也不一样。下面介绍针对通用计算机的主要性能指标。

1) 兼容性

每种微处理器都有特定的指令集，指令集就是某款 CPU 能够识别的指令集合。适用于特定 CPU 的机器语言必须使用该 CPU 的指令集。由于各 CPU 都有特定的指令集，为某款 CPU 的计算机设计的程序在另一款 CPU 的计算机上可能无法运行。

CPU 制造商在推出新产品时，需要认真考虑兼容性问题。如果运行在旧款 CPU 上的程序不用修改，就能直接在新款的 CPU 上运行，就称新款 CPU 向下兼容旧款 CPU。向下兼容有利于新型 CPU 及相应计算机的推广，人们一般不会购买无法运行已有程序的计算机。

2) 字长

字长是指 CPU 一次能够处理数据的二进制位数，字长的大小直接反映计算机的数据处理能力，字长越长，一次可处理的二进制数据位数越多，运算速度就越快。例如，要完成两个 64 位二进制数据的加法运算，32 位的 CPU 需要做两次加法操作，而 16 位的 CPU 需要做 4 次加法，如果是目前常见的 64 位的 CPU，做一次加法就可以了。当然，字长越长，制作的技术难度就越大，成本也就越高。

3) 主频

主频是指 CPU 的时钟频率(clock speed)，它决定了 CPU 每秒钟可以划分为多少个时钟周期，可以执行多少条指令。主频越高，CPU 的运算速度也就越快。需要说明的是，时钟频率并不等于 CPU 一秒执行的指令条数，因为一条指令的执行可能需要多个时钟周期。例如，如果一款 CPU 的主频为 3.5GHz，则一秒可以划分为 3.5×10^9 个时钟周期，如果执行一条指令平均需要 6 个时钟周期，则该 CPU 一秒可以执行约 0.6×10^9 条指令，即约 6 亿条指令。一秒完成的加法运算次数也大致如此。

对 CPU 的评价,在具有兼容性的前提下,主要是看其速度,而决定其速度的主要因素是字长和主频,主频越高、字长越长,速度就越快,成本也越高。除了字长和主频这两个主要指标外,CPU 的速度还受地址总线宽度、数据总线宽度和内部缓存等因素的影响。

3.2.2 CPU 芯片的制作过程

在集成电路出现之前,制作 CPU 一般包括设计指令集、画出电路图、搭建电路等步骤。第一步设计出以二进制形式表示的机器语言指令集,第二步手工画出实现各指令功能的数字电路图,第三步按数字电路图手工搭建起实际的数字电路。制作 CPU 就是设计实现一个能执行机器语言指令的数字电路,早期使用电子管或晶体管搭建的 CPU 要占用几个机柜的空间。

随着集成电路的出现及集成度的快速提高,一个微处理器(CPU 芯片)可以集成几十亿甚至上百亿个晶体管,CPU 的制作工艺变得非常复杂和精细,其完整的制作过程包括几百道工序,需要借助多种最专业、最高端、最精细的工具与设备才能完成有关工序。可以把 CPU 芯片的制作过程分为设计与生产两个阶段。

1. CPU 的设计

CPU 的设计阶段主要包括 2 个步骤:设计指令集和画出电路图。

1) 设计指令集

设计 CPU,首先要做的工作是设计指令集,即明确 CPU 能执行哪些指令,具备哪些功能。指令集中包括算术运算指令、逻辑运算指令、存取数据指令、比较指令、转移指令等。设计指令集可以使用硬件描述语言(hardware description languages, HDL), Verilog HDL 和 VHDL 是最流行的两种硬件描述语言,都是在 20 世纪 80 年代中期开发出来的。Verilog HDL 以文本形式描述数字系统硬件的结构和行为,用它可以表示逻辑电路图、逻辑表达式,还可以表示数字逻辑系统所能完成的逻辑功能。

2) 画出电路图

针对二进制形式的指令,画出相应的电路图,然后依据电路图制作出实际的电路,一条指令对应一部分电路。按照 Verilog HDL 代码画出数字电路设计图可以使用电子设计自动化(electronic design automation, EDA)软件,EDA 是一类对电路进行自动布局、布线、分析、验证的设计软件,只需要使用 Verilog HDL 代码描述数字电路的逻辑功能,剩下的工作就交给 EDA 软件来自动转换成晶体管的布局、自动排布晶体管之间的连接线路。EDA 软件还能完成时序分析、功耗分析、功能验证等工作。

2. CPU 的生产

CPU 的生产阶段主要包括 5 个步骤:熔沙成硅、切割硅锭、光刻蚀刻、切分晶圆和封装测试。

1) 熔沙成硅

对主要成分是二氧化硅的沙子进行熔炼、脱氧和净化等处理,得到可用于制造半导体的高纯度硅,其形状为圆柱形硅锭。随着熔炼工艺的不断改进,硅锭的直径从早期的 2in(50mm)逐步发展到近几年的 8in(200mm)和 12in(300mm)。

2) 切割硅锭

用切割工具对硅锭进行横向切割,得到称为晶圆的圆形硅片,并对切割出的晶圆进行抛

光处理,使晶圆的表面非常平滑。

3) 光刻蚀刻

在晶圆的表面涂抹一层非常薄、非常均匀的光刻胶,然后使用光刻机按照 CPU 版图(电路图)在晶圆上进行光刻和蚀刻等处理,把相应的晶体管以及晶体管之间的连线等刻出来。多次重复该过程,可以形成多层的电路。

4) 切分晶圆

把晶圆切分成晶片。一片直径为 12in(300mm)的晶圆,其面积有几万平方毫米,可以切分出几百片晶片,每一片晶片就是一个 CPU 内核(die),包含一套完整的 CPU 电路。

5) 封装测试

把一片 CPU 晶片放到一个称为衬底或基片的绝缘底座上,底座下面是用于连接到主板的焊点,晶片上面再覆盖一个称为散热片的金属壳,就形成了一个单内核 CPU。封装后再进行最后的测试,通过测试的芯片就可以自用或出售了。

制作 CPU 芯片是一项很复杂的工作,对设计人员,对所用的设备和工具都有很高的要求。例如,在设计指令集时,要考虑到 CPU 的内部架构设计和操作系统的设计;对提取出的硅的纯度要求很高,要达到 99.9999%,相当于平均每一百万个硅原子中最多只有一个杂质原子;晶圆的厚度只有 1mm 左右,要在其上完成多层的抛光、涂抹光刻胶、光刻、蚀刻等处理;晶体管的集成度非常高,1 平方毫米要集成上亿个晶体管。每一个工序都有极其精细、极其严格的质量要求,对 EDA 软件、光刻机等也有极高的性能、精度要求。

3.3 存储器



存储器分为内存和外存,也分别称为主存储器(main memory)和辅助存储器(auxiliary memory),简称主存和辅存。内存用于存放要执行的程序和相应的数据,外存作为内存的后援设备,存放暂时不需要执行而将来要执行的程序和相应的数据。没有内存,程序就无法保存到内存中,因而也就无法执行;没有外存,输入的程序及相应的数据就不能长期保存(关机或断电后存放在内存中的数据会丢失),下次用到该程序及相应的数据还得重新输入。

3.3.1 内存

目前主要采用半导体器件和磁性材料作为存储器的存储介质。一个双稳态半导体电路或磁性材料的一个磁化元都可以存储一个二进制位,称为一个存储位或一个存储元,由若干存储元组成一个存储单元,存储器就是由很多个存储单元组成的。每一个存储单元有一个编号,称为存储单元的地址。一个存储器中存储单元的个数称为该存储器的存储容量,存储容量越大,存储的数据就越多。

一个存储元存储一个二进制位(bit,简记为 b),一个存储单元一般存储 8 个二进制位,称为一字节(Byte,简记为 B),存储器的存储容量用字节数来表示。常用的存储容量的度量单位有千字节(KB)、兆字节(MB)、吉字节(GB)、太字节(TB)、拍字节(PB)、艾字节(EB)、泽字节(ZB)等。其中,1ZB=1024EB,1EB=1024PB,1PB=1024TB,1TB=1024GB,1GB=1024MB,1MB=1024KB,1KB=1024B,1B=8b。

作为计算机硬件子系统的重要组成部分,内存的设备形态有一个发展变化过程。最早的

内存是以磁芯的形式排列在线路上的,每个磁芯与晶体管组成一个双稳态电路,用于存储一个二进制位,一位的存储器体积有玉米粒大小,其整体存储容量因体积影响受到很大限制。随着集成电路的出现和集成度的不断提高,出现了能够焊接在主板上的集成电路形态的内存芯片,大幅度提高了存储容量。随着 CPU 的发展和升级,对内存的性能提出了更高的要求,出现了内存条——将内存芯片焊接到事先设计好的印制电路板上,而在计算机主板上留有相应的内存插槽,可以方便地插拔和更换内存条,为灵活配置和扩充内存容量带来了方便。

计算机中常见的内存种类主要有随机存取存储器、只读存储器和高速缓存,但说到内存,更多时是指随机存取存储器。

1. 随机存取存储器

随机存取是相对于顺序存取来说的,顺序存取指一种只能按存储位置顺序存储或读取数据的访问方式。例如,磁带中数据的存取就是按顺序方式进行的,如果需要读取磁带中间某个位置的数据,也得从磁带的开始位置读取,顺序读取出前面的数据后,才能读取到所需要的数据。很显然,以顺序方式存取数据的速度很慢。随机存取指可以根据地址直接存取任一单元中的数据,其存取速度要快得多。

随机存取存储器(random access memory, RAM)可分为静态随机存取存储器(static RAM, SRAM)和动态随机存取存储器(dynamic RAM, DRAM)。

在通电情况下,SRAM 中存储的数据不会丢失,所以不需定时刷新,存取速度快。SRAM 的不足是集成度较低、体积比较大、成本比较高,主要用作存取速度快、但容量较小的高速缓存。DRAM 存储单元需要定时刷新,否则存储的数据就会丢失,存取速度比较慢,但集成度高、体积小、成本低,RAM 内存主要选用 DRAM。图 3.3 所示是一款 RAM 内存条。

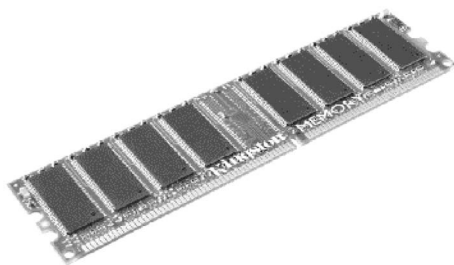


图 3.3 RAM 内存条

随着计算机系统不断要求提高内存的存取速度,出现了同步动态随机存取存储器(synchronous DRAM, SDRAM),SDRAM 比标准动态存储器具有更快的数据存取速度。在此基础上出现了单倍数据速率 SDRAM(single data rate SDRAM, SDR-SDRAM),简称为 SDR; 双倍数据速率 SDRAM(double data rate SDRAM, DDR-SDRAM),简称为 DDR; 4 倍数据速率 SDRAM(quad data rate SDRAM, QDR-SDRAM),简称为 QDR。SDR 在一个时钟周期内只传输一次数据,DDR 在一个时钟周期内传输两次数据,QDR 在一个时钟周期内传输 4 次数据。现在用得比较多的是 DDR 内存,DDR 内存经历了 DDR、DDR2、DDR3、DDR4、DDR5 的发展,存储容量越来越大,存取速度越来越快。

在通电的情况下,RAM 中的数据能够保持,关机或断电将导致 RAM 中的数据丢失。

2. 只读存储器

与既可以向其存入数据,也可以从中读出数据的 RAM 不同,早期的只读存储器(read only memory, ROM)中的数据一旦写入,只能读,不能改写。ROM 中的数据一般是在计算机出厂前由制造商写入的,在断电或关机后数据也不会丢失,主要用于存放与计算机开机相关的系统引导程序、开机自检程序和系统参数等。随着技术的进步及为了满足现实的需要,陆续出现了多种可由用户写入数据的 ROM。

向半导体只读存储器写入数据的过程称为对 ROM 编程。根据编程方式的不同,半导体 ROM 可以分为 3 类:可编程只读存储器(programmable ROM,PROM),只允许写入数据一次,之后只能读,不能再写,如果写错,该 PROM 报废;可擦可编程只读存储器(erasable programmable ROM,EPROM),通过紫外线照射可以多次擦除和重写数据,但需用紫外光长时间照射才能擦除,使用很不方便;电可擦可编程只读存储器(electrically erasable programmable ROM,EEPROM),通过高于普通的电压的作用来擦除和重写数据,但集成度不高,价格较贵。于是人们又开发出一种新型的存储结构同 EPROM 相似的快闪存储器(flash memory),简称为闪存。快闪存储器不仅集成度高、功耗低、体积小,而且不需要特殊的高电压就可以快速擦除和重复编程,因而很快发展起来,得到广泛应用的 U 盘就是一种基于闪存技术的存储设备。

3. 高速缓存

随着集成电路和芯片技术的不断发展,CPU 的主频不断提高,其运算速度不断提升。内存由于容量大、寻址系统和数据存取电路复杂等原因,其数据存取速度大大低于 CPU 的运算速度,导致在计算机执行程序时,其 CPU 的很多时间是在等待内存单元的读写,严重影响了 CPU 性能的充分发挥,进而影响了计算机的总体性能。为了解决内存与 CPU 工作速度上的矛盾,设计人员在 CPU 和内存之间增设了一级存储容量不大、但存取速度很快的高速缓冲存储器,简称高速缓存或缓存(cache)。缓存中存放部分正在运行的指令和数据,当 CPU 需要读取新的指令和数据时,首先从缓存中查找,找到则直接执行;如果所需指令和数据不在缓存中,再到内存中读取,并同时写入缓存中。因此采用缓存可以提高系统的运行速度。早期的缓存只有一级,分指令缓存和数据缓存,集成在 CPU 内部,后来出现了二级缓存和三级缓存,二级和三级缓存一般不再分指令缓存和数据缓存,有集成在 CPU 内部的,也有集成在主板上的。缓存由存取速度快、成本高的静态存储器(SRAM)构成,缓存的容量早期在 KB 级,现在达到了 MB 级。

通过分析发现,程序的执行一般都具有局部特性(也称为局部性原理),局部特性包括时间局部性和空间局部性。时间局部性指执行过某条指令或使用某个数据后,可能很快就会再次执行这条指令或再次使用这个数据;空间局部性指执行过某条指令或使用某个数据后,可能很快就会执行相邻的指令或使用相邻的数据。当需要把某些指令或数据调入缓存时,系统也会把相邻的指令或数据一起调入缓存中,由于程序执行具有局部特性,这些指令或数据短时间内被再次取出执行或使用的可能性很大,直接从缓存中读取将会大大提高读取速度,这样就会大幅减少 CPU 的等待时间,从而提高了计算机系统的性能。

图 3.4 给出了英特尔酷睿 i7 处理器的高速缓存层次结构。每个 CPU 芯片包含 4 个内核,每个内核有自己私有的一级指令缓存(L1 i-cache)和数据缓存(L1 d-cache)以及统一的二级缓存(L2 cache),还有 4 个核心共享的三级缓存(L3 cache)。

3.3.2 外存

由于计算机的内存(主要是指 RAM)具有易失性,必须将数据由内存传送到硬盘、U 盘之类的永久性存储设备才能长久保存,这类能长久保存数据的存储器称为辅助存储器(辅存)或外部存储器(外存),只要用户需要,它们可以长期地保存大量的数据。目前常用的外存主要包括硬盘、固态硬盘、光盘和 U 盘等。

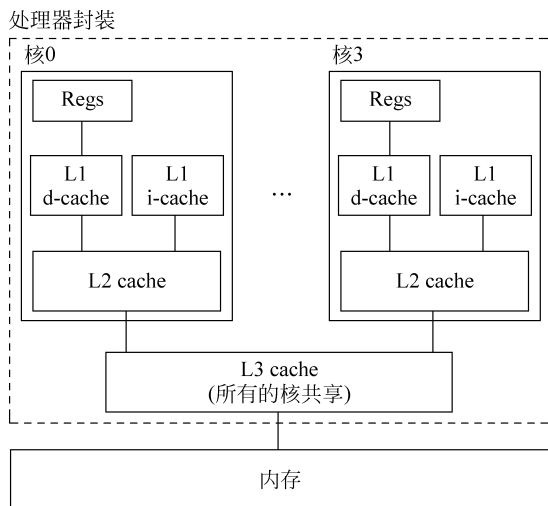


图 3.4 高速缓存层次结构

1. 硬盘

硬盘(hard disk)是硬磁盘的简称,最早出现在 1956 年,存储容量只有 5MB。1973 年 IBM 公司研制出第一块温彻斯特(Winchester)硬盘,简称温盘,存储容量达到 60MB,其主要特点是具有密封、固定并高速旋转的镀磁盘片,磁头沿盘片径向移动,磁头悬浮在高速转动的盘片上方,而不与盘片直接接触。

1988 年,法国物理学家阿尔伯·费尔(Albert Fert,1938—)和德国物理学家彼得·格林贝格尔(Peter A. Grünberg,1939—2018)各自独立发现了一个特殊现象:非常弱小的磁性变化就能导致磁性材料发生非常显著的电阻变化,这种现象称为巨磁阻(giant magneto resistance,GMR)效应。

硬盘要向小体积高密度方向发展,势必要求盘片上每一个被划分出来的独立区域越来越小,这就导致了每个独立区域所能记录的磁信号也越来越弱。利用巨磁阻效应,才能够制造出更加灵敏的数据读写磁头,将越来越弱的磁信号读出后因为电阻的巨大变化而转换成明显的电流变化,使得大容量的小硬盘成为可能。现在的机械硬盘体积虽小,容量却很大,完全得益于巨磁阻效应的发现。由于巨磁阻效应的发现,费尔和格林贝格尔共同获得 2007 年度诺贝尔物理学奖。

1991 年,IBM 公司生产的使用了 GMR 磁头的 3in 硬盘的存储容量首次达到了 1GB。2000 年,还是 IBM 公司,使用玻璃取代传统的铝作为盘片材料,这为硬盘带来更大的平滑性及更高的坚固性,玻璃材料在高转速时具有更高的稳定性,硬盘的存储容量达到 75GB。目前一块硬盘的存储容量已达到 TB 级。

硬盘的技术特点:①硬盘用铝、玻璃等硬质材料作盘片基质;②一块硬盘中可包含多个盘片;③硬盘与硬盘驱动器是封装在一起的,所以日常所说的硬盘既包括硬盘片,也包括硬盘驱动器。图 3.5 所示为硬盘的外观和内部结构。

一块硬盘有多个盘片,所有盘片按同心轴方



图 3.5 硬盘的外观和内部结构

式固定在同一轴上,每个盘片的两面都配有读写磁头,在磁头控制装置的统一控制下沿着盘片表面径向同步移动。每个硬盘片按磁道、扇区来组织数据的存储。磁道就是在硬盘盘片上划出的一个个同心圆,每个磁道又划分为若干弧段,称为扇区,扇区是硬盘的基本存储单位。由于硬盘有多个盘片,所以有多个记录信息的磁表面(记录面),不同记录面的同一磁道称为柱面。

硬盘的存储容量=磁头数×柱面数×每磁道扇区数×每扇区字节数

在硬盘的发展过程中,体积越来越小、容量越来越大,并出现了移动硬盘,即不用固定在机箱内部,可以通过 USB 等接口热插拔的小型硬盘,主要有 2.5in 和 3.5in 两种,存储容量从早期的 GB 级发展到现在的 TB 级(1TB=1024GB)。

2. 固态硬盘

固态硬盘(solid state disk,SSD)简称固盘,是用固态电子存储芯片制成的硬盘。固态硬盘的存储介质分为两种,一种是采用快闪存储器(闪存)作为存储介质,另外一种是采用动态随机存取存储器(DRAM)作为存储介质。基于闪存的固态硬盘是目前的主流产品,其内部主体是一块印制电路板(printed circuit board,PCB),PCB 上最主要的部件是控制芯片、缓存芯片和闪存芯片阵列,部分低端固态硬盘没有缓存芯片。控制芯片的主要作用是合理调配数据在各个闪存芯片上的存储及对外接口,缓存芯片辅助控制芯片进行数据处理,闪存芯片阵列用于存储数据。

固态硬盘出现后,把前面介绍的有磁头及控制磁头移动的控制装置等机械部件的硬盘称为机械硬盘或普通硬盘,一般还是把机械硬盘简称为硬盘。相对于机械硬盘,固态硬盘的优点是读写速度快、防震抗摔碰性能好、无噪声、更轻便,缺点是价格比较高、擦写次数有限制、损坏后数据难以恢复。

现在同时配置机械硬盘和固态硬盘的双硬盘台式机越来越多了,固态硬盘用于安装操作系统等系统软件和常用软件,保证计算机有比较快的启动和运行速度,机械硬盘用于存储文档、PPT、图片、视频、音乐、数据库等数据文件,保证有比较大的存储空间和可靠性。

目前常用的固态硬盘主要有 SATA 接口硬盘和 M.2 接口硬盘,SATA 接口的固态硬盘与机械硬盘在外形与大小上一致,如图 3.6 所示,但比机械硬盘的存取速度快,接口速度可以达到 6Gb/s; M.2 接口的固态硬盘如图 3.7 所示,比 SATA 接口的固态硬盘体积小、速度更快,最高可达到 32Gb/s,更适合用于笔记本计算机等移动设备中。



图 3.6 SATA 接口的固态硬盘

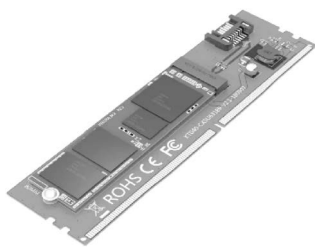


图 3.7 M.2 接口的固态硬盘

3. 光盘

光盘中的数据是存储在其螺旋形的光道上,在光道上刻上能代表数字 0 或 1 的一些凹坑;读取数据时,用激光去照射旋转着的光盘片,从凹坑和非凹坑处得到的反射光的强弱是

不同的,根据反射光强弱的差别就可以判断出不同位置存储的是 0 还是 1,从而得到 0、1 数字串。

常用光盘有 CD、VCD 和 DVD 等。

1) CD

CD(compact disc)有 3 种格式:只读光盘(CD-read only memory,CD-ROM)中的数据由制造商在生产时写入,用户只能读出,不能改变其内容;一次写入型光盘(CD-recordable,CD-R)出厂时是无内容的,可由用户写入内容一次;可重复写光盘(CD-rewriteable,CD-RW)可由用户多次写入内容。

常用 CD 的存储容量有 650MB 和 700MB 两种。

2) VCD

VCD 是视频 CD(video CD)的英文缩写,可存储约 70min 基于 MPEG-1 标准的影视节目。前面介绍的 CD 只能存放音乐,不能存放视频信息。VCD 的存储容量与 CD 相同。

MPEG(moving pictures experts group)标准是由动态图像专家组制定的用于视频信息和与其伴随的音频信息的压缩标准。其中,MPEG-1 用于 VCD 光盘,MPEG-2 用于 DVD 光盘,MPEG-4 用于网络传输,MPEG-7 用于支持多媒体信息的基于内容检索,MPEG-21 用于建立多媒体框架。

3) DVD

DVD 是数字视频光盘(digital video disk)的英文简称。随着 MPEG-2 标准的成熟,促使具有更高密度、更大容量的 DVD 产生,DVD 大小和普通的 CD-ROM 完全一样。它采用与普通 CD 相类似的制作方法,但具有更密的数据轨道、更小的凹坑和较短波长的红激光激光器,大大增加了光盘的存储容量。DVD 定义了 4 种规格:单面单层、单面双层、双面单层和双面双层,容量分别是 4.7GB、8.5GB、9.4GB 和 17GB。

DVD 有 6 种格式: DVD-Video 用于存储和播放电影和其他可视娱乐节目,DVD-ROM 用于存储数据,DVD-R 可由用户写入一次数据,DVD-RAM 能随机存取并可以重写 100 000 次,DVD-RW 采用顺序存取方式并可以重写 1000 次,DVD-Audio 用于存储音频数据并且比标准 CD 具有更好的音质。

读写光盘要用到光盘驱动器(光驱),光驱分为只读光驱和读写光驱。只读光驱只能读取和播放光盘中存储的数据(音频、视频也是一种数据),读写光驱既能把数据写入可写光盘,也能读取和播放光盘中存储的数据,读写光驱也称为光盘刻录机。

光盘是一种低成本的移动存储介质,适合存储说明书、音乐、视频、电子图书、数据文件等。在光盘得到广泛应用的时期,光驱是台式机计算机、笔记本计算机的标准配置。近几年,由于 U 盘的价格越来越低,人们使用光盘越来越少,台式计算机、笔记本计算机出厂时一般不再配置光驱。如果需要,可以单独购买外置光驱。

4. U 盘

U 盘是 USB 闪存盘(USB flash disk)的简称,通过 USB 接口与计算机相连。USB 是通用串行总线(universal serial bus)的英文缩写,是一个外部总线标准,用于规范个人计算机与外部设备的连接和通信,1994 年底由 Intel、康柏、IBM、微软等多家公司联合提出,现在已经发展到 3.0 版本,成为目前个人计算机的标准扩展接口。USB 接口具有传输速度快(USB 3.0 达到 5.0Gb/s,是 USB 2.0 的 10 倍)、使用方便、支持热插拔和连接灵活等优点,

可以连接鼠标、键盘、打印机、扫描仪、移动硬盘、U 盘、手机、数码相机、摄像头、外置软驱、外置光驱、USB 网卡和调制解调器等几乎所有的外部设备。

U 盘具有体积小、存储容量大和价格低等优点,是目前人们最常用的移动存储设备,存储容量从早期的几十兆字节到几百兆字节,发展到目前的几十吉字节,还会陆续推出容量更大的 U 盘。对于安装有目前常用的 Windows 操作系统或苹果操作系统的计算机,将 U 盘直接插到机箱前面板或后面板的 USB 接口上,系统就会自动识别,使用很方便。

U 盘是一种基于闪存(flash memory)技术的移动存储设备,闪存用快可擦可编程只读存储器芯片(flash erasable programmable read only memory chip,Flash EPROM 芯片)来存储数据。Flash EPROM 芯片可分为主要用于程序存储和执行的 NOR 结构和主要用于数据存储的 NAND 结构,NOR 闪存适用于手机和个人数字助理等,NAND 闪存适用于制作各种闪存卡(flash card)和 U 盘等。

U 盘与硬盘、光盘相比有如下优点:

(1) 在读写数据的过程中没有机械动作,其工作状态非常稳定,是一种不怕震动的存储设备。

(2) 其存储介质是基于集成电路的闪存芯片,随着集成度的不断提高,U 盘的体积越来越小、存储容量越来越大、成本越来越低。

图 3.8 所示为一款普通 U 盘,图 3.9 所示为一款带写保护的 U 盘,带写保护的 U 盘的侧面有一个小滑块,拨动小滑块可以分别设置成写保护状态和可写入状态,通过设置写保护状态可使 U 盘免受计算机病毒的侵扰。

衡量存储器性能的指标主要有存取速度、存储容量和单位价格,为计算机配置存储器就是在三者之间达到综合最优,达到较高的性价比。可以按照图 3.10 所示的结构配置存储系统,即存取速度快、单位价格高的存储器容量小一些,存取速度慢、单位价格低的存储器容量大一些。这样,既能保证高效地完成程序执行和数据存储工作,又能有较低的成本。



图 3.8 普通 U 盘



图 3.9 带写保护的 U 盘

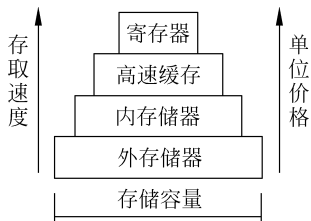


图 3.10 存储器结构

3.4 输入输出设备

给计算机输入程序、数据和图片等要用输入设备,计算机处理信息的结果要输出。

3.4.1 输入设备

目前常用的输入设备有键盘、鼠标、触摸屏、扫描仪和 3D 扫描仪等。

1. 键盘

键盘(keyboard)是最常用也是最主要的输入设备。通过键盘,可以向计算机输入字母、

汉字、数字和标点符号等数据,也可以输入命令控制计算机的运行。

在 DOS 作为主流操作系统的时代,83 键键盘为主流产品。随着 Windows 取代 DOS 成为主流操作系统,83 键键盘被 101 键和 104 键键盘取代。在 104 键键盘之后出现的是新兴多媒体键盘,在传统的键盘基础上增加了一些常用快捷键或音量调节装置,对于收发电子邮件、打开浏览器和启动多媒体播放器等都只需要按一个特殊按键即可,进一步简化了微型计算机的操作。

2. 鼠标

随着苹果 macOS、微软 Windows 等图形界面操作系统成为主流操作系统,鼠标(mouse,形状像一只老鼠而得名)成为微型机的标配输入设备,鼠标的使用给人们操作各种图形界面软件带来了极大的方便,省却了记忆各种操作命令的烦扰。鼠标的发明人是美国著名计算机科学家道格拉斯·恩格尔巴特(Douglas Engelbart,1925—2013)。恩格尔巴特获得 1992 年度的 IEEE-CS 计算机先驱奖和 1997 年度的图灵奖。

常见的鼠标类型有机械鼠标和光电鼠标。机械鼠标内有一个实心橡皮球,当鼠标移动时,橡皮球滚动,通过相应装置将移动的信号传送给计算机。光电鼠标的内部有红外或激光发射、接收装置,它利用光的反射来确定鼠标的移动,是目前常用的一种鼠标。

鼠标上一般有两个按键,左键用作确定操作,右键用作弹出菜单等特殊功能。现在人们常用的滚轮鼠标,是在原有两键鼠标的基础上增加了一个滚轮键,它拥有特殊的滑动和放大功能,手指轻轻滑动滚轮就可以使页面上下翻动,对于翻页比较多的操作非常方便。

目前 USB 接口鼠标和 2.4GHz 无线鼠标较为常见。

3. 触摸屏

触摸屏(touch screen)是一种用手指或笔触及屏幕上所显示的选项来完成指定操作的人机交互式输入设备。触摸屏由 3 部分组成,一是传感器,把手指或笔触及的位置检测出来;二是控制卡,触及信号经过模数转换器形成位置数据,经接口送入计算机;三是驱动程序,即相应的管理软件。触摸屏是平板计算机的主要输入设备,触摸屏还广泛应用于智能手机、笔记本计算机、智慧教室显示屏、自动售票、交通信息查询、旅游景点介绍等设备上,极大地方便了用户操作。

4. 扫描仪

扫描仪(scanner)是一种将图像信息输入计算机的输入设备,它将图像分割成条或块,逐条或逐块依次扫描,利用光电转换元件把模拟信号(纸上图像)转换成数字信号(数字图像)并输入计算机。利用扫描仪可以输入图像和图片,也可以输入文字。例如,要输入一本书的内容,可以一页一页地扫描,形成图像信息,再通过合适的软件把每一个字切分、识别出来进行存储,和用键盘输入的效果是相同的,但速度要快很多,准确率也高很多。

5. 3D 扫描仪

3D 扫描仪(3D scanner)也称三维扫描仪,是一种采集三维物体的形状与外观数据并输入计算机的设备。3D 扫描仪通过扫描的方式采集目标物体的几何形状与外观数据,外观数据包括物体表面的颜色、光照亮度等,并把采集到的数据用于进行三维重建计算,在计算机中建立起目标物体的三维数字模型。3D 扫描、三维数字模型重建、3D 打印已逐步广泛应用于虚拟博物馆、电影制作、游戏创作、工业设计、智慧医疗等领域。

此外,还有数码相机、数码摄像头、语音识别器、光笔和游戏操纵杆等应用于不同场景的

输入设备。

3.4.2 输出设备

常用的输出设备有显示器、打印机、3D 打印机和绘图仪等。

1. 显示器

显示器(display device)用来显示字符与图形图像信息,是计算机必配的输出设备。常用的显示器有 CRT 显示器和液晶显示器,早期台式计算机主要配置 CRT 显示器,液晶显示器刚出现时主要供笔记本电脑使用,但近几年台式计算机使用液晶显示器也越来越多,已经取代了 CRT 显示器。

液晶显示器(liquid crystal display,LCD)是在两片平行的玻璃当中放置液态的晶体,两片玻璃中间有许多垂直和水平的细小电线,通过通电与否来控制杆状水晶分子改变方向,将光线折射出来产生画面。LCD 显示器具有体积小、重量轻、省电、无闪烁和不产生辐射等优点。

显示器要通过显示适配器(video adapter)才能与 CPU 相连,显示适配器是连接 CPU 与显示器的接口电路,一般做成插卡的形式,插接在主板的扩展槽上,所以人们习惯称其为显示卡或显卡(video card)。显卡的主要作用是把 CPU 向显示器发出的显示信号转换为显示器所需的信号。显卡分集成显卡和独立显卡,集成显卡又分为集成在 CPU 封装内的显卡和集成在主板上的显卡,通常独立显卡具有比集成显卡更强大、快速的图形图像处理能力及并行计算能力,而且易于更新升级。

显卡主要由显示芯片、显示内存(显存)、RAMDAC 芯片和总线接口组成。显示芯片是显卡的核心部件,其主要功能是对要显示的图形、图像、视频信息进行计算处理和渲染。显示内存用来存放显示芯片处理后的数据,其容量和存取速度影响着显卡的整体性能,对显示器的分辨率及色彩的位数也有影响。RAMDAC 芯片将显示内存中的数字信号转换成能在显示器上显示的模拟信号,其转换速度影响着显卡的刷新频率和最大分辨率,DAC 是数模转换(digital to analog converter)的简称。总线接口是显卡与主板总线的通信接口,实现显示器与 CPU 的连接与通信,近几年使用较多的是外设部件互连(peripheral component interconnect,PCI)接口、PCI-Express(PCI-E)接口和图形加速端口(accelerate graphical port,AGP)接口。

早期显卡的作用比较简单,主要功能是把数字信息转换为能够在显示器上显示的模拟信号。随着 3D 图形图像成为重要的显示内容,能够高效处理图形图像(特别是 3D 图形图像)的图形处理器(graphic processing unit,GPU)成为显示芯片的主流选择。GPU 的使用使图形图像处理减少了对 CPU 的依赖,提高了图形图像处理速度和显示效果。GPU 的计算部件是专门针对图形图像和视频处理等高强度并行浮点运算而设计的,而人工智能模型的训练也需要大量的并行浮点运算,因此,近几年 GPU 卡在人工智能模型训练上得到了广泛应用,有效提高了模型的训练速度。

目前,显示芯片主要由英伟达(NVIDIA)和 AMD 两大公司制造,再由华硕、技嘉、微星等公司使用这些显示芯片生产出独立显卡或集成有显卡的主板。Intel 公司生产集成有显卡的 CPU,把 CPU 核和显示芯片封装在一个 CPU 芯片内。

2. 打印机

打印机(printer)也是一种常用的输出设备,用于将计算机处理结果(编辑好的文档、执行程序得到的计算结果等)打印在纸上。利用打印机不仅可以打印文字,也可以打印图形和图像。打印机按工作方式可分为击打式打印机和非击打式打印机。目前常用的打印机有针式打印机、激光打印机和喷墨打印机,其中针式打印机属于击打式打印机,激光打印机和喷墨打印机属于非击打式打印机。

针式打印机也称点阵式打印机,打印头上有若干根精密的打印针,打印时相应的打印针撞击色带(在打印纸上留下细小的色点痕迹)来完成打印工作,常用的是24针打印机。针式打印机的优点是价格低、打印成本低;缺点是打印速度慢、打印质量低、噪声大。针式打印机曾经在办公领域流行过好长一段时间,随着激光打印机价格的不断降低,逐渐被其替代。现在在银行、宾馆、药店等需要多联票据打印的地方还在使用针式打印机。

喷墨打印机的打印头上有许多小喷嘴,使用液体墨水,精细的小喷嘴将墨水喷到纸面上形成字符或图像等要打印的内容。喷墨打印机的优点是价格便宜、打印精度较高、噪声低;缺点是墨水消耗量大、打印速度慢。彩色喷墨打印机比较适合打印量不大的家庭与办公场所使用。

激光打印机采用激光和电子放电技术,通过静电潜像,再用碳粉使潜像变成粉像,加热后碳粉固定,最后印出内容。激光打印机的优点是打印精度高、噪声低、打印速度快。随着其价格的不断降低,激光打印机已成为办公与家庭用的主流打印机。

选择打印机可以从打印分辨率、打印速度、打印纸最大尺寸和价格等方面综合考虑。

3. 3D 打印机

3D打印其实是一种快速成形技术,以三维(3D)数字模型文件为基础,运用塑料、树脂、陶瓷、金属等可黏合材料,通过逐层打印黏合材料的方式来构造物体。

有些3D打印机在成型的区域喷洒一层液态黏合剂,然后再喷洒一层均匀的原料粉末,粉末遇到黏合剂会迅速固化黏结,这样在一层液态黏合剂一层粉末的交替下,实物被逐渐打印成形;有些3D打印机使用激光烧结技术,按形状先喷洒一层粉末,然后通过激光高温烧结后,再喷洒一层粉末,再通过激光高温烧结,层层累加,打印出实物;有些3D打印机使用熔积成型技术,在喷头内熔化原料,然后逐层挤出,原料挤出后凝固成型;还有些3D打印机使用光固化技术,用光束照射液态感光性树脂使其固化成型。

基于3D打印技术,完成3D打印工作的设备称为3D打印机(3D printer)或三维打印机。最早的3D打印机出现在20世纪80年代,近几年得到广泛关注和快速发展。从长远来看,3D打印将会冲击基于车床、钻头、冲压机、制模机等工具的传统制造业;但从目前看,由于受到打印材料、打印性能、打印成本和打印速度等因素的制约,主要还是用于产品模型、设计样品、玩具、装饰品、个性化用品等的打印,还难以规模化打印实用产品。

3D打印机可以和3D扫描仪配合使用,对于一个实物,先用3D扫描仪扫描生成三维数字模型,然后用3D打印机打印出来。

4. 绘图仪

绘图仪(plotter)是一种能在纸张、薄膜和胶片等记录介质上绘出计算机生成的各种图形或图像的设备。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。绘图仪除了必要的硬件设备之外,还必须配备丰富的绘图软件。只有软件与硬件结合起来,

才能实现自动绘图。现代的绘图仪已具有智能化的功能,它自身带有 CPU,可以使用绘图命令,具有直线和字符演算处理以及自检测等功能。

3.5 主板与总线



从前面的介绍可知,组成一台微型计算机需要 CPU、内存、硬盘、键盘、鼠标、显示器和打印机等各种部件和设备,这些部件需要以适当的方式连接起来,彼此之间高效通信、协调工作。研制人员以主板和总线的方式把这些部件组织在一起,通过主板上的插槽和接口,将各种部件连接在一起,通过总线来实现各部件(设备)之间的相互通信。这种方式有利于计算机结构和计算机组装的标准化,有利于提高性能、降低成本。

3.5.1 主板

主板(mainboard)也称为系统板或母板,是微型计算机最基本的也是最重要的部件之一,是其他部件组装和工作的基础。主板的主要功能有两个:一是提供插接 CPU、内存条和各种功能卡的插槽,部分主板甚至将一些功能卡(如显卡和声卡等)集成在主板上;二是为各种常用外部设备,如键盘、鼠标、显示器、打印机、扫描仪、硬盘和 U 盘等提供与 CPU 连接的通用接口。主板采用了开放式结构,主板上大都有多个扩展插槽,供外部设备的控制卡(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,使制造商和用户在配置组装计算机时有更大的灵活性。主板的类型和档次决定着整个微型计算机系统的类型和档次,主板的性能影响着整个微型计算机系统的性能。

主板由芯片、扩展槽和对外接口 3 个主要部分组成。

1. 芯片部分

芯片组。芯片组是主板的核心,由北桥芯片和南桥芯片组成。北桥芯片主要负责 CPU 与内存、显卡等高速部件之间的数据传输。随着设计的不断改进优化和集成电路集成度的不断提高,北桥芯片的功能逐步被移入 CPU 内部,目前有的主板已经没有北桥芯片了。南桥芯片主要负责 CPU 与硬盘、U 盘、集成网卡等低速设备之间的数据传输。芯片组中的芯片焊接在主板上,不像 CPU 和内存条等通过插槽可进行简单的升级替换。

RAID 控制芯片。相当于一块 RAID 卡的作用,可支持多个硬盘组成各种 RAID 模式。RAID 是独立冗余磁盘阵列(redundant array of independent disk)的英文缩写,使用冗余磁盘阵列技术的目的是把多台小容量的硬盘组合成一台大容量的硬盘,以降低大批量数据存储的成本,同时也希望采用冗余信息的方式,使得磁盘失效时能够有效保护数据不受损失,具有一定的数据保护功能,并且能适当地提高数据传输速度。

BIOS 芯片。BIOS 是基本输入输出系统(basic input/output system)的英文缩写, BIOS 芯片保存着计算机系统中的基本输入输出程序、系统设置信息、自检程序和系统启动自举程序等。现在主板的 BIOS 还具有电源管理、CPU 参数调整、系统监控和计算机病毒防护等功能。BIOS 为计算机提供最基本、最直接的硬件控制功能。

早期的 BIOS 通常采用 PROM 芯片,用户不能改写其中的数据,即不能更新 BIOS 中的程序版本。随着技术的发展,主板上的 BIOS 芯片逐渐采用了电可擦可编程只读存储器(EEPROM)和快闪只读存储器(flash ROM)。由于新型只读存储器可以擦除,因此可以更

新 BIOS 的内容,升级比较方便,但也成为主板上唯一可被计算机病毒攻击的芯片,CIH 病毒就是专门攻击 BIOS 系统的,BIOS 中的程序一旦被破坏,主板将不能工作,需要由制造商或专门的维修人员重新写入正确的 BIOS 程序。

CMOS 芯片。CMOS 是互补金属氧化物半导体(complementary metal oxide semiconductor)的英文缩写,CMOS 芯片是可读可写的,用来存放 BIOS 中一些可由用户设定和修改的参数,如计算机是从硬盘启动还是从光盘启动、芯片组工作特性、能源管理参数、管理员密码等。开机时,CMOS 由系统电源供电,关机时靠主板上的电池供电。在电池正常工作的前提下,即使关机,CMOS 中的数据也不会丢失。如果电池没电了,CMOS 中保存的参数会恢复到某个初始状态,可能导致系统不能正常启动,需要对其重新设置。设置方法是系统启动时按设置键(通常是 Delete 键)进入 CMOS 参数设置窗口,在窗口内可对相关参数进行重新设置。

2. 扩展槽部分

目前,主板上的扩展槽一般可以分为 CPU 插座、内存插槽、总线扩展插槽等。

CPU 插座。CPU 芯片通过 CPU 插座连接到主板上,不同类型的 CPU 需要有与之对应的 CPU 插座。目前常见 CPU 的接口是针脚式或触点式接口。

内存插槽。通过该插槽可以更换或增加内存条,以扩充内存容量,但要注意内存条与插槽的匹配以及新内存条与原有内存条的匹配。

总线扩展插槽。通过总线扩展插槽可以插接多种标准板卡,如显卡、视频采集卡、声卡和网卡等。目前的主板上主要有 PCI 扩展槽和 PCI-E 扩展槽,插接进扩展槽的板卡实现了与 CPU 的连接,成为计算机系统的组成部分。

3. 对外接口部分

接口主要用于输入输出设备(外设)和主机的连接,主机和外设是不能直接通过总线连接的,因为外设都是些机电、磁性或光学设备等,而构成主机的 CPU 和内存是电子设备(数字电路)。与 CPU 和内存相比,外设的工作速度要慢得多、处理的信号格式也可能不同,因此需要有某种机制来缓解这种差异,外设是通过一种被称为输入输出控制器或接口的部件连接到总线的。

接口一般由两部分组成:硬件电路和相应的设备驱动程序。例如,要把一台打印机连接到计算机上打印文档,一是要把打印机的数据线插接到计算机的相应接口(可以是 USB 接口),二是运行与打印机品牌、型号对应的设备驱动程序,之后打印机才能正常工作。当然,目前有些外设的驱动程序是自动加载运行的,如 U 盘,插接到计算机的 USB 口后,就会自动加载运行相应的设备驱动程序。

SATA 接口。用于插接机械硬盘和固态硬盘。串行高级技术附件(serial advanced technology attachment,SATA)接口是一种基于行业标准的串行硬件驱动器接口,主要用作硬盘接口,SATA 接口的机械硬盘和固态硬盘都可插接,相对于之前的集成设备电路(integrated device electronics,IDE)接口,提高了硬盘的读写速度。

音频接口。音频接口分为 SPEAKER、MIC、LINE IN/OUT 等不同类型,分别用于连接音箱/耳机、麦克风、线路输入输出设备,进行声音的播放与录制。

USB 接口。USB 接口具有传输速度快(USB 3.0 达到 5.0Gb/s)、使用方便、支持热插拔和连接灵活等优点,可以连接鼠标、键盘、打印机、扫描仪、摄像头、U 盘、手机、数码相机、

移动硬盘和 USB 网卡等几乎所有的外部设备。USB 接口是目前使用最多的一种接口。

M.2 接口。M.2 接口是一种新型接口,可以兼容 SATA、PCI-E、USB 等多种协议,目前常见的接入设备是固态硬盘和无线网卡。

3.5.2 总线

计算机系统中各部件之间、主机与外设之间都需要传输数据,如果都分别用一组线路直接连接,那么连线将会错综复杂,连接成本高、数据传输效率低。为了简化和标准化系统结构,常用一组连线,配以适当的接口电路,实现部件之间以及主机和外设的连接及数据传输,这组多个部件或设备共享的数据传输线称为总线。采用总线结构便于部件和设备的扩充,使用统一的总线标准,不同设备间的互连更容易实现。

所谓总线(bus),是指将数据从一个或多个源部件传送到一个或多个目的部件的一组传输线,是计算机中传输数据的公共通道。

运算器、控制器和寄存器构成 CPU,CPU 和内存构成主机,再给主机配上键盘、鼠标、硬盘、显示器等外设就构成一台完整的计算机,CPU 与各种外设连接要通过相应的接口进行,如键盘接口、硬盘接口、显示器接口等。总线一般有内部总线、系统总线和外部总线之分。内部总线指芯片内部连接各元件的总线,如 CPU 芯片内部连接运算器和控制器的总线;系统总线指连接 CPU、内存和各种输入输出接口的总线;外部总线则是指外设接口和外部设备之间的连接总线。

由于 CPU、内存和各种外设接口都在主板上,所以系统总线就是主板上的板级总线。根据传送数据的不同,系统总线分为数据总线、地址总线和控制总线。

数据总线(data bus,DB)。用于 CPU 与内存、CPU 与外设接口之间传输数据。目前,微型计算机中常用的数据总线有 PCI 总线和 PCI-E 总线。

PCI 总线定义了 32 位数据总线(能同时传输 32 位的二进制数),可扩展为 64 位,典型工作频率是 33.33MHz。标准的 32 位 PCI 总线的传输带宽为 133MB/s,64 位 PCI 总线的传输带宽可达 266MB/s。PCI 总线属于并行传输方式,即使用多条信号线同时并行传输多位数据。现在,PCI 总线已经发展到 PCI-Express,这是一种高速串行总线。为了进一步提升带宽,PCI-E 总线还支持多通道数据传输模式,PCI-E 总线有 $\times 1$ 、 $\times 2$ 、 $\times 4$ 、 $\times 8$ 、 $\times 12$ 、 $\times 16$ 和 $\times 32$ 等多种多通道方式,能够成倍地增加传输带宽。目前主流显卡多使用 PCI-E 4.0 $\times 8$ 接口,接口的单向传输速率高达 128Gb/s。

地址总线(address bus,AB)。从内存单元或外设端口中读出数据或写入数据,首先要知道内存单元或外设端口的地址,地址总线就是用来传送这些地址信息的。地址总线的宽度决定了 CPU 能访问的内存空间大小,若某款 CPU 有 36 根地址线,则最多能访问 64GB 的内存空间。

控制总线(control bus,CB)。用于传输控制信息,进而控制对内存和外部设备的访问。

至此,对计算机硬件的各组成部分作了简要介绍。需要说明的是,组成计算机硬件子系统的各部件产品都有不同的品牌、档次和型号,而且其制造技术也是在不断发展和变化的。例如,CPU 有 Intel CPU、AMD CPU、IBM CPU 之分;对于 Intel CPU,又可分为用于台式计算机和笔记本计算机的酷睿(Core)系列、用于服务器的志强(Xeon)系列等;对于酷睿系列,又分为酷睿 i3、i5、i7、i9 等系列,酷睿 i9 再分为 i9-7980XE、i9-11900H、i9-12900KF i9-

i3980HX 等型号,其中的 i9-13980HX 具有 24 核、32 线程和最高达到 5.8GHz 的主频。要了解某个部件(设备)的详情和最新技术变化,还需查阅相关书籍或网站。

对于选购计算机,可以直接购买品牌机,或购买部件自己组装。直接购买品牌台式计算机或笔记本计算机时,根据自己的需要,只要在品牌、主要性能指标(CPU 型号、内存容量、机械硬盘容量、固态硬盘容量等)和价格之间做出一个综合比较就可以决定购买哪一款了。如果是组装台式计算机,就要认真选择主板、CPU、内存条、机械硬盘、固态硬盘、键盘、显示器、鼠标、电源和机箱等,如果有需要还要选择打印机、扫描仪等。不仅要考虑各部件的性能、型号,还要注意各部件在性能、型号和接口上的匹配,如 CPU 引脚和 CPU 插座是否匹配、内存条和内存插槽是否匹配、显卡和显卡插槽是否匹配等,否则在使用时容易出现启动故障、达不到预期性能、运行不稳定等情形。当然,初次购买计算机时,最好是在有经验人员的指导下进行。

实际上,当需要配置一台计算机时,只有硬件是不够的,还需要有相应的软件,才能让计算机运行起来,才能充分发挥硬件的作用。一般在购买计算机时,商家会预装一些常用的软件,如操作系统、字处理软件、电子表格软件等。更多的软件,则要根据使用计算机时的实际需要自行安装。

3.6 计算机系统结构的发展



在计算机的发展过程中,计算机的性能快速提升。1946 年研制成功的占地 170m² 的第一台通用电子计算机“埃尼阿克”的运算速度只有 5000 次/秒加法。现在的笔记本计算机都能达到数亿次/秒以上的运算速度,超级计算机的运算速度更是超过了 170 亿亿次/秒。计算机性能的快速提升主要得益于两方面,一是计算机制造技术的不断发展,例如,现在一个不到 1cm² 的芯片能集成数十亿、甚至超百亿个晶体管,一块 3in 硬盘能达到 TB 级的存储容量;二是计算机系统结构的不断创新优化,例如,精简指令集计算机(RISC)、流水线、多核处理器、并行计算机、多级缓存等新设计方案的提出与实现。

3.6.1 CISC 与 RISC

CISC 与 RISC 是设计 CPU 时采用的两种不同的架构和技术思路。

CISC 是复杂指令集计算机(complex instruction set computer)的英文缩写。设计 CPU 时都要首先为其设计一组实现多种功能的机器语言指令,称为指令集。指令集中指令越多,直接编写或把高级语言程序翻译成机器语言程序就越容易,解决实际问题的能力就越强。CISC 体系结构的指令集中有大量的指令,包括一些实现复杂任务的指令(如求开方值的指令),每一项简单或复杂的任务都有一条对应的指令。所以,在 CISC 结构的计算机上编写程序比较容易。但复杂的指令集使得 CPU 的电路设计非常复杂,因为指令集中的每一条指令的功能都需要设计对应的硬件电路来实现。

RISC 是精简指令集计算机(reduced instruction set computer)的英文缩写。20 世纪 70 年代,约翰·科克(John Cocke,1925—2002)在研究了 IBM 370 系统(一种 CISC 结构的计算机)后发现,编写程序时,指令集中经常用到的指令大约占 20%,用这些指令编写的程序代码占程序代码总量的约 80%,而其余大约 80%的指令不常用到,只占程序代码总量的约

20%。由此,科克提出了 RISC 体系结构,其要点就是简化指令集,指令集中只保留最常用的那些实现基本操作的简单指令,这样就能简化 CPU 的电路设计。在 RISC 结构的计算机上,简单功能直接由指令集中的指令实现,复杂的功能则由多条简单指令组合成微程序实现。而且,由于 RISC 结构 CPU 的每条指令的执行时间相同,指令的执行便于组织成流水线方式,CPU 具有较快的处理速度,且功耗较低。

早期计算机所用 CPU 都是采用的 CISC 结构。由于 RISC 结构具有速度快、功耗低的优势,Intel 公司在 20 世纪 80 年代也曾研制过 RISC 结构的 CPU,但由于失去了和先前 CPU 的兼容性,市场效果并不好。所以 Intel 公司到目前推出的 CPU 都是 CISC 结构,其主要考虑是满足用户对兼容性的需求,使得之前的软件能够在新款 CPU 上运行,这对很多计算机用户来说是非常重要的,而且 Intel 公司在研发新款 CPU 上投入了大量的人力和财力,使得新款 CPU 的性能不断提升,保住了计算机用 CPU 市场的优势地位。AMD 公司的定位就是生产和 Intel CPU 兼容的产品,所以其生产的 CPU 也是 CISC 结构的。ARM 公司的 CPU 是 RISC 结构。

目前,CISC 结构的 CPU 主要用在服务器、台式计算机和笔记本计算机上,RISC 结构的 CPU 主要用于智能手机和平板计算机中。约翰·科克由于在提出 RISC 结构和在优化编译器设计上的贡献获得 1987 年度图灵奖。约翰·轩尼诗(John Hennessy,1953—)、大卫·帕特森(David Patterson,1947—),开创了一种系统的、定量的方法来设计和评价计算机体系结构,并对 RISC 微处理器行业产生了持久的影响,获得了 2017 年度图灵奖。

在 CPU 的指令集中,一些功能复杂的指令被分解为一组相对简单的指令,这些简单指令称为微指令(microinstruction)。一组微指令构成一个微程序(microprogram),微程序由 CPU 设计人员编写并存储在只读性质的微码存储器中,当执行到复杂指令时,就从微码存储器中读出对应的微程序执行,程序员可见的复杂指令称为宏指令(macroinstruction)。引入微指令和微程序的好处是将机器指令与相关的电路设计分离,只针对基本的操作指令设计电路,而一条机器指令对应的是一个微程序,可以更灵活地进行指令的设计与修改,而不用修改电路设计。

在不断的技术演化过程中,CISC 和 RISC 互相借鉴了对方的优点,CISC 结构使用了微程序,RISC 结构采用了 CISC 的部分指令。

3.6.2 流水线技术

计算机执行一条指令一般包括 3 个步骤:取指令、分析指令和执行指令。在早期的计算机系统结构中,多以串行方式执行指令,即完成一条指令的“取指令、分析指令和执行指令”,再进行下一条指令的“取指令、分析指令和执行指令”,指令执行过程如图 3.11 所示,如果每条指令的执行需要时间 T ,则执行 n 条指令就需要 $n \times T$ 的时间。由于取指令、分析指令和执行指令分别由 CPU 中的不同部件(电路模块)完成,在一条指令的执行期间,虽然 CPU 作为整体没有闲着,但其中的部件(如取指令部件)是时而工作时而空闲的,所以这种指令执行方式的效率并不高。

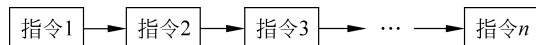


图 3.11 串行执行指令

如果能够让指令并行执行,即在同一时刻或同一时间间隔内完成两个或两个以上的指令,那么前面 n 条指令的执行时间一定会小于 $n \times T$ 。

流水线技术的设计灵感来自现代工业生产流水线,即把计算机中各个功能部件要完成的操作分解成若干“操作步骤”来处理。一条指令分成取指令、分析指令和执行指令 3 个串行执行的步骤,如图 3.12 所示。

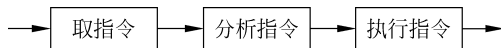


图 3.12 单条指令执行过程

如果把一条指令的各个步骤与后一条指令的各个步骤安排成适当的重叠执行方式,这样就形成了如图 3.13 所示的流水线,从图 3.13 中可以看出,每一个部件完成当前指令的任务后,不会空闲等待,而是立即进入下一条指令的处理过程。原本每条指令需要 $3t$ 的时间完成从取指令到分析指令、执行指令的过程,采用流水线后,3 条指令的执行只需要 $5t$ 的时间即可完成,相对于串行执行 3 条指令所需的 $9t$,减少了 $4t$ 。流水线方式执行指令所需时间明显少于串行执行方式。

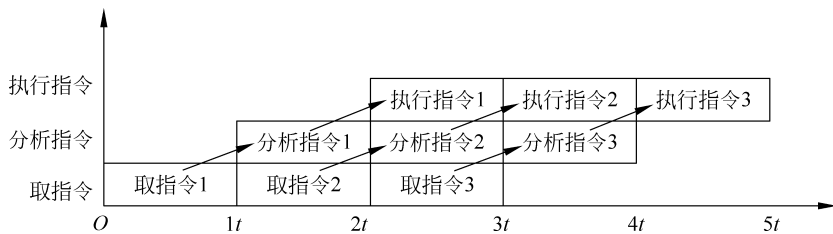


图 3.13 流水线执行过程

目前有多种设计流水线的方式,例如,可以设计指令级、功能部件级、处理器级的流水线。图 3.13 就是一种指令级的流水线,指令级的流水线也有多种方式可选,可以把一条指令的执行分为取指令、分析指令、执行指令和结果回写 4 个阶段后再设计流水线。

3.6.3 并行处理技术

并行处理指同时进行处理。例如,小明和小亮同时分别计算一批数的平方值,小明负责计算 101~150 的平方值,小亮负责计算 151~200 的平方值,这就属于并行处理或并行计算。并行处理以增加资源的方式提高处理效率,小明和小亮各负责 50 个数的平方值的计算,比全部的 100 个数由一个人计算,效率要高;如果同时安排 4 个人计算,每人计算 25 个数,效率会更高。

早期的计算机都只有一个单核的 CPU,采用串行处理方式工作,相当于一个人一个数一个数的计算,效率(性能)比较低。一段时期内,提高计算机的性能主要靠提高单核 CPU 的性能,虽然通过改进 CPU 的架构设计和提高主频,可以提高 CPU 的性能,但提升的速度越来越慢,而且由大功耗引起的散热问题也难以解决。设计人员基于“人多力量大”的思路,逐步采用一种更有效的并行处理方式来提高计算机的性能。多核计算机、多处理器计算机、多计算机系统(机群系统)都是并行处理的具体实现形式。

1. 多核计算机

多核计算机所用处理器为多核处理器,多核处理器指在一个 CPU 芯片内包含多个内

核(包括运算器、控制器等)。计算机运行时,CPU 内的多个内核可同时完成计算等工作,提高了计算和其他处理工作的速度。多核处理器主要分原生多核和封装多核。原生多核最早由 AMD 公司提出,每个内核都是完全独立的,都拥有自己的外部总线,不会造成相互之间的冲突,即使在高负载情形下,每个内核的性能也不会有大的变化。但原生多核处理器的设计、制造比较复杂。首款原生多核 CPU 由 AMD 公司在 2005 年推出。封装多核是把多个内核直接封装在一起,多个内核共享三级缓存和外部总线,计算机运行时存在冲突的可能性较大,综合性能不如原生内核高,但易于设计和制造,成本较低,在多核处理器发展的初期,封装多核发展得更快一些。

2023 年 1 月,Intel 公司推出了第十三代酷睿处理器——酷睿 i9-13980HX,这款 CPU 拥有 24 个内核,包括 8 个性能核和 16 个能效核。性能核的睿频可达 5.6GHz,能效核的睿频可达 4GHz。性能核(也称大核)注重性能的提升,能耗较高;能效核(也称小核)性能稍弱,但能耗低。性能核与能效核的配合在性能与能耗之间取得较优的综合效果。睿频是一种根据负载动态调整的工作频率,在工作负载较轻的情况下自动提高频率以提升处理性能,最高可以达到 CPU 的最大睿频。而主频指 CPU 芯片上的时钟频率,是固定不变的。

2. 多处理器计算机

多处理器计算机指包含多个处理器的计算机系统,也称为并行计算机。多处理器计算机运行时,多个处理器可同时工作,分别承担某项处理任务的一部分,可有效提升计算机系统的性能。多处理器计算机可分为并行向量计算机、大规模并行处理机、对称式共享存储器多处理机、分布式共享存储多处理机系统等。

1) 并行向量计算机

向量是一种常见的数据形式,一个向量可以包含很多个元素,特别适合并行处理和流水线处理(同时处理不同分量数据)。并行向量计算机(parallel vector processor,PVP)简称向量机,其中的处理器设计有专门的向量表示和向量处理指令,而且一台向量机可以包含多个向量处理器。美国 Cray 公司推出的多个机型、NEC 公司的 SX-X44、我国国防科技大学研制成功的“银河 I”“银河 II”都是向量机。1991 年公布推出的 Cray C-90 向量机由 16 个处理器构成,每个处理器设置有 2 条向量流水线,峰值运算速度达到 160 亿次/秒浮点运算。向量计算机在 20 世纪 80—90 年代是超级计算机的主流机型。

2) 大规模并行处理机

从 20 世纪 90 年代开始,大规模并行处理机(massively parallel processor,MPP)逐渐显示出代替和超越向量机的趋势。MPP 的特点包括:处理结点使用商用微处理器,每个结点可包括多个微处理器;可扩展性好,可扩展到成百上千个微处理器;采用分布式非共享的存储器,各结点有自己的地址空间;采用专门设计和定制的高性能互连网络连接各结点,采用消息传递的通信机制。IBM 公司的 IBM SP2、Intel 公司的 ASCI Red、我国的“曙光 1000”等都是 MPP 计算机。其中,1996 年推出的 ASCI Red 在超级计算机发展史上首次突破万亿次/秒的运算速度。2000 年前后,MPP 是超级计算机的主流机型。

3) 对称式共享存储器多处理机

对称式共享存储器多处理机(symmetric shared-memory multi-processor,SMP)包含的处理器个数较少(一般不超过几十个),多个处理器通过系统总线或交叉开关共享单

一的集中式存储器。IBM R50、SGI Power Challenge、我国的“曙光一号”等都是 SMP 计算机。其中,SGI Power Challenge 配备 8 个处理器,峰值运算速度达到 28.8 亿次/秒浮点运算。

4) 分布式共享存储多处理机系统

分布式共享存储多处理机(distributed shared-memory multi-processor,DSM)可以构建规模较大的多处理机系统。由于处理器较多,只能采取为各处理器分别配置存储器的方式,不能采用集中式存储器方式,否则处理器访问存储器的速度将会影响整个计算机系统的性能。越来越多的中小规模的多处理机系统采用这种分布式存储器结构。斯坦福大学的 DASH、SGI-Cray 的 Origin 2000 等是 DSM 的代表机型。

3. 机群系统

机群(cluster)也称集群,起源于 20 世纪 90 年代中后期。机群是由多个同构或异构的独立计算机通过高性能网络连接在一起的高性能并行计算机系统。构成机群的每台计算机都有自己的存储器、输入输出设备和操作系统,它们在机群操作系统的控制下协同完成特定的并行计算任务。机群虽然由多台计算机构成,但对用户和应用来说是一个单一的系统,它可以提供低价高效的高性能环境和快速可靠的服务。

1997 年 6 月,国际 500 强超级计算机排行榜中只有一台机群计算机。到 2004 年 6 月,排行榜中的机群计算机已超过 50%,达到 298 台;到 2013 年 6 月,更是达到 417 台,占比 83.4%。机群已成为近些年构建超级计算机的主要结构。

美国加州大学伯克利分校的 NOW、日本 NEC 公司的 LAMP、我国的“天河二号”等都是代表性机群。近些年的排名世界第一的超级计算机大多是机群。

无论是计算机制造技术,还是计算机系统结构,还会不断地向前发展和创新,以推动计算机性能的继续不断提升。其实,各类型之间有时也没有严格的界限,如 IBM SP2 计算机有人将其分类为 MPP,也有人将其分类为机群。

3.7 小结

一个完整的计算机系统由硬件和软件两大部分组成。硬件包括中央处理器、存储器、输入设备和输出设备。中央处理器(CPU)包括运算器、控制器和寄存器,CPU 是计算机的核心部件,主要评价指标有兼容性、字长和主频等。存储器包括内存、外存和高速缓存,多级高速缓存的配置,有效提高了 CPU 的利用率,进而提升了计算机的整体性能。输入设备和输出设备也在不断发展,3D 扫描仪和 3D 打印机的出现推动计算机应用深入发展。主板和总线的使用,既提高了计算机的整体性能,又使计算机的生产标准化、模块化,有助于降低计算机的成本。

在不断提高单个 CPU 芯片集成度的基础上,计算机体系结构也在不断改进、优化,出现了 RISC(精简指令集计算机)、多核 CPU、流水线、并行处理等多种新技术,大幅度提高了计算机的运算速度。

拓展阅读:冯·诺依曼与冯·诺依曼计算机

1944 年夏的一天,美国弹道试验场所在地阿伯丁火车站,“埃尼阿克”(ENIAC)研制组



图 3.14 冯·诺依曼

的戈尔斯坦看到冯·诺依曼(见图 3.14)正在等车,戈尔斯坦以前听过冯·诺依曼教授的学术报告,但一直无缘直接交往。机会难得,戈尔斯坦主动上前自我介绍,当戈尔斯坦讲到正在研制的电子计算机时,平易近人的数学大师顿时严肃起来。据戈尔斯坦回忆,此后的谈话好像博士学位答辩。显然,ENIAC 深深地打动了具有敏锐科学洞察力的冯·诺依曼教授,几天之后,他就专程到莫尔学院考察正在研制中的 ENIAC,并参加了为改进 ENIAC 而举行的一系列学术会议。

这次偶然的车站相遇,对计算机的发展具有决定性的作用,既确定了现代计算机的基本逻辑结构,也奠定了冯·诺依曼在计算机发展史上的重要地位。

冯·诺依曼(John von Neumann,1903—1957),出生于匈牙利布达佩斯,中学时期受到特殊、严格的数学训练,19 岁时就发表了有影响的数学论文,在校期间他学习拉丁语和希腊语卓见成效,这对锻炼他的记忆力非常有帮助,他掌握了 7 种语言,成为从事科学研究强有力的工具。后来他游学于著名的柏林大学、洪堡大学和普林斯顿大学,成为德国大数学家戴维·希尔伯特(David Hilbert,1862—1943)的得意门生,1933 年,他被聘为美国普林斯顿大学高等研究院的终身教授,成为著名物理学家爱因斯坦(Albert Einstein,1879—1955)最年轻的同事。冯·诺依曼才华横溢,在数学、应用数学、物理学、博弈论和数值分析等领域都有杰出的贡献。他的数学功底为进行计算机的逻辑设计奠定了坚实的基础。

当冯·诺依曼从戈尔斯坦那里听说他们正在制造电子计算机的时候,他正参加第一颗原子弹的研制工作,遇到原子核裂变反应过程的大量计算的困难,这涉及数十亿次初等算术运算和初等逻辑运算。为此,曾有成百名计算员一天到晚用计算器计算,然而,结果还是不能满足需要。这使他马上意识到研制电子计算机的重要意义,决定参与到这一工作中来。

ENIAC 并不是存储程序式的,程序要通过外接线路输入,非常不方便。1944 年 8 月到 1945 年 6 月,在莫尔学院定期举行会议,针对 ENIAC 遇到的问题,提出各种研究报告。冯·诺依曼与莫尔学院研制小组积极合作,经过 10 个月的紧张工作,提出了一个全新的存储程序通用电子计算机方案——离散变量自动电子计算机(electronic discrete variable automatic computer,EDVAC)。人们通常称它为冯·诺依曼机,时至今日,所用的计算机都没有突破冯·诺依曼机的基本结构。EDVAC 方案的讨论过程与 ENIAC 的研制是同时进行的,再改动 ENIAC 的结构已来不及了,所以 ENIAC 仍是外插程序式计算机。

1945 年 6 月 30 日,莫尔学院发布了长达 101 页的 EDVAC 方案,这是冯·诺依曼和莫尔学院研制小组的专家们集体的研究成果,冯·诺依曼因用其非凡的分析、综合能力及深厚的数理基础知识,在 EDVAC 的总体结构和逻辑设计中起到了关键的作用。

EDVAC 方案明确规定了计算机有 5 个基本组成部分:用于完成算术运算和逻辑运算的运算器,基于程序指令控制计算机各部分协调工作的控制器,用来存放程序和数据的存储器,把程序和数据输入存储器的输入装置,以显示、打印等方式输出计算结果的输出装置。相对于 ENIAC,EDVAC 方案有两个重大改进:一是用二进制代替了十进制,便于电子元件表示数据,

简化了运算器的设计,提高了运算速度;二是提出了“存储程序”的概念,程序和数据都存放在存储器中,实现了基于程序的计算机自动执行,实现了程序执行中的“条件转移”。

1945年底,ENIAC刚刚完成,设计组就因发明权的争执而解体,影响了EDVAC的研制进度。世界上第一台存储程序式计算机是英国剑桥大学研制的电子延迟存储自动计算机(electronic delay storage automatic calculator,EDSAC),使用水银延迟线作存储器,1949年投入运行,EDSAC的主要研制者莫里斯·威尔克斯(Maurice V. Wilkes,1913—2010)因此获得第二届图灵奖。而EDVAC直到1952年才研制完成。

习题 3

一、填空题

- 冯·诺依曼计算机的3个基本要素是_____、_____和_____。
- CPU主要包括_____、_____和_____。
- 评价CPU性能的主要指标包括_____、_____和_____。
- 把CPU芯片的制作过程分为_____与_____两个阶段。
- CPU的制作过程可以分为设计和生产2个阶段,设计阶段主要包括_____和_____2个步骤,生产阶段包括_____、_____、_____、_____、_____5个步骤。
- 1GB=1024_____,1MB=1024_____。
- 说到内存,DDR的含义是_____。
- 内存一般包括_____、_____、_____。
- 写出3种常用的外存设备:_____、_____、_____。
- 硬盘容量的计算公式是_____。
- 基于闪存的固态硬盘的主要部件是_____、_____、_____。
- 写出3种常用的输入设备:_____、_____、_____。
- 写出3种常用的输出设备:_____、_____、_____。
- 主板主要包括3个组成部分:_____、_____、_____。
- 系统总线分为_____、_____、_____。

二、名词解释

计算机、中央处理器、主频、字长、内存、外存、高速缓存、GPU、主板、总线、数据总线、地址总线、控制总线、CISC、RISC。

三、简答题

- 简述冯·诺依曼体系结构计算机的基本组成及工作原理。
- 对比说明内存和外存的不同特点与不同作用。
- 简述高速缓存的工作原理。
- 对比说明机械硬盘和固态硬盘。
- 简述流水线技术在提高计算机性能方面的作用。
- 简述并行处理技术在提高计算机性能方面的作用。

思考题 3

1. 冯·诺依曼体系结构有什么缺点？能给出新的体系结构吗？
2. 自行查阅相关文献，说明磁盘、光盘和 U 盘 3 种存储介质的工作原理的区别。
3. 打开主机箱，对照主板上的组成部件理解书中关于主板和总线的介绍。