



目 录

1	微机控制的基础知识	(1)
1.1	微机的基本概念和发展概况	(1)
1.2	微型计算机运算基础	(15)
1.3	工业控制计算机简介	(25)
1.4	请你做一做	(27)
2	微型计算机系统	(29)
2.1	微型计算机系统	(29)
2.2	MCS-51 单片机的硬件结构、工作原理及应用系统设计	(35)
2.3	请你做一做	(55)
3	微机控制的指令系统	(59)
3.1	MCS-51 单片机指令系统简介	(59)
3.2	指令的寻址方式	(61)
3.3	MCS-51 指令系统	(62)
3.4	请你做一做	(76)
4	汇编语言程序设计	(79)
4.1	伪指令	(79)
4.2	汇编程序设计步骤	(80)
4.3	顺序程序	(81)
4.4	分支程序	(82)
4.5	循环程序	(84)
4.6	子程序	(89)
4.7	应用程序设计举例	(92)
4.8	请你做一做	(97)
5	中断系统	(101)
5.1	中断概念及处理过程	(101)
5.2	中断系统	(103)
5.3	中断应用举例	(109)
5.4	请你做一做	(113)
6	定时/计数器	(115)
6.1	MCS-51 定时/计数器的功能原理及控制	(115)
6.2	MCS-51 定时/计数器的工作方式	(117)
6.3	MCS-51 定时/计数器应用举例	(125)



6.4	请你做一做	(127)
7	串口,总线与扩展	(131)
7.1	串行通信	(131)
7.2	总线	(134)
7.3	存储器扩展	(137)
7.4	I/O接口的扩展	(142)
7.5	请你做一做	(149)
8	键盘及显示接口	(152)
8.1	键盘接口	(152)
8.2	数码显示	(162)
8.3	LCD显示器	(166)
8.4	请你做一做	(167)
9	A/D及D/A接口	(171)
9.1	A/D转换及其接口	(171)
9.2	D/A转换及其接口	(180)
9.3	请你做一做	(188)
10	微机控制系统设计方法	(190)
10.1	微机控制系统的总体方案和总体设计	(190)
10.2	控制算法及其选择	(191)
10.3	硬件设计	(198)
10.4	软件设计	(200)
10.5	微机控制系统的调试与提高可靠性措施	(200)
10.6	帆板控制系统的设计	(203)
10.7	请你做一做	(210)
附录1	Keil C51详细菜单介绍	(212)
附录2	MCS-51单片机指令系统表	(227)
附录3	Proteus仿真软件介绍	(232)
参考文献		(242)



1 微机控制的基础知识



学习目标

知识目标

1. 了解微机的基本概念。
2. 了解微机的发展概况。
3. 了解计算机中的数制和编码。
4. 了解工业控制计算机。

技能目标

1. 掌握进位计数制。
2. 掌握二进制数的运算方法。
3. 掌握数在计算机内的表示方法。

本章首先介绍微型计算机的发展概况,并从应用角度出发,介绍微型计算机中数的表示及编码方法,本章内容将对后续章节的学习打下良好的基础。



1.1 微机的基本概念和发展概况

1.1.1 微机的基本概念

微型计算机简称“微型机”、“微机”,由于其具备人脑的某些功能,所以也称其为“微电脑”。是由大规模集成电路组成的、体积较小的电子计算机。它是以微处理器为基础,配以内存储器及输入输出(I/O)接口电路和相应的辅助电路而构成的裸机。特点是体积小、灵活性大、价格便宜、使用方便。

把微型计算机集成在一个芯片上即构成单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)。

由微型计算机配以相应的外围设备(如打印机)及其他专用电路、电源、面板、机架以及足够的软件构成的系统称为微型计算机系统(Microcomputer System)(即通常说的电脑)。

微型计算机简称微机,俗称电脑,其准确的称谓应该是微型计算机系统。它可以简单地定义为:在微型计算机硬件系统的基础上配置必要的外部设备和软件构成的实体。



1.1.2 微型计算机的硬件发展

1.1.2.1 电子计算机的发展概况

1946年,在美国宾夕法尼亚大学诞生了世界上第一台电子计算机 ENIAC(electronic numerical integrator and computer)。它使用了 18800 多个电子管和 1500 多个继电器,重达 30t,占地 150m²,耗电 150kW,每秒可以完成 5000 次加法运算。从此以后,电子计算机为世人瞩目,而且对它寄予了无限的厚望。

自从第一台电子计算机问世以来,计算机科学与技术获得了日新月异的飞速发展。计算机的发展大致经历了四代:

第一代为电子管计算机时代。发展年代为 1946~1958 年。这一代计算机的主要逻辑元件采用电子管,存储器采用磁芯和磁鼓,软件主要使用机器语言。在此期间,形成了电子管计算机体系,确定了程序设计的基本方法,数据处理机(指专门用于数据处理的计算机)开始得到应用。计算机的运算速度一般为每秒几千至几万次,体积庞大,成本很高。虽然它的体积、速度、软件等各方面都不能与今天的微型计算机相比,但它却奠定了计算机科学与技术的发展基础。这一代计算机主要应用于科学计算。

第二代为晶体管计算机时代。发展年代为 1958~1965 年。这一代计算机的主要逻辑元件为晶体管,主存储器仍用磁芯,外存储器已开始使用磁盘,软件也有较大发展,出现了各种高级语言。在此期间,计算机的可靠性和速度均得到提高。速度一般为每秒几万次至几十万次,体积缩小,成本降低。工业控制机(指专门用于工业生产过程控制的计算机)开始出现并得到应用。这一代计算机除用于科学计算外,也开始应用于各种事务的数据处理、工业控制等领域。

第三代为集成电路计算机时代。发展年代为 1965~1971 年。这一代计算机的主要逻辑元件采用中小规模集成电路。在此期间,计算机的可靠性和速度都有了进一步的提高,速度一般为每秒几十万至几百万次,体积进一步缩小,成本进一步降低。小型计算机(指规模小,结构简单,操作方便的计算机)开始出现并迅速发展,操作系统、会话式高级语言等软件发展迅速。机种多样化,生产系列化,结构积木化,使用系统化,是这一阶段计算机发展的主要特点。

第四代为大规模集成电路计算机时代。发展年代为 1971 年至今。这一代计算机采用大规模集成电路 LSI(large scale integrator,指在单个硅片上集成 1000~2000 个晶体管)或超大规模集成电路 VLSI(very large scale integrator,指在单个硅片上集成 6 万~10 万个晶体管)。由于 LSI, VLSI 的体积小,耗电少,可靠性高,因而使这一阶段的计算机体积更小,可靠性和运算速度更高,成本更低。计算机的速度可达每秒运算几千万至上亿次。同时,全套电路只集中在一块硅片上的微型计算机已开始出现,相继出现了广泛使用的单板机、单片机和各种型号的个人计算机。同时,以并行处理为特征的用于科学计算和尖端技术中的巨型机也得到了发展,由若干台计算机组成的计算机网络也已开始实际使用。

目前,电子计算机正在向着人工智能化方向发展,人工智能是综合了计算机科学与控制论而发展的一门新技术。它能模拟人的智能,如识别图形、语言、物体等。它将对社会的发展带来不可估量的影响。电子计算机的发展概况见表 1.1。



表 1.1 电子计算机的发展概况

计算机	第一代	第二代	第三代	第四代
特征	采用电子管作为计算机逻辑元件,运算速度每秒仅几千次,内存容量仅几 kB	采用晶体管作为计算机的逻辑元件,运算速度每秒达几十万次,内存容量扩大到几十 kB	采用集成电路作为计算机的逻辑元件,运算速度每秒达几十到至几百万次	采用大规模和超大规模集成电路作为计算机的逻辑元件,运算速度每秒达几千万至上亿次
时间	1946~1958 年	1958~1965 年	1965~1971 年	1971 年至今
代表机型	ENIAC	CDC7600	IBM360	Intel 80×86
应用	仅限于军事和科研中的科学计算	由科学计算扩展到数据处理和自动控制	开始广泛应用于各个领域	应用范围已渗透到各行各业,并进入了以网络为特征的时代

计算机类型【computer category】:

按照工作能力和体积大小进行的计算机划分。随着计算机的不断发展,各种计算机类型都得到了广泛的应用。

根据计算机功能的不同,可以分为巨型机、大型机、小型机、微型机、工程工作站和网络计算机等。巨型机运算速度快,价格昂贵,主要用于现代科学技术、大范围天气预报等;大型机具有完善的指令系统,主要应用于银行政府部门等;小型机结构简单,规模小,用于数据采集领域;微型机应用广泛,适合家庭个人使用;工程工作站介于小型机和微型机之间,主要用于工程设计;网络计算机依赖服务器使用,降低成本。

按照使用范围,计算机还可以分为专用计算机和通用计算机。

电子计算机按其性能分类

- (1)大中型计算机/巨型计算机(Mainframe Computer)。
- (2)小型计算机(Minicomputer)。
- (3)微型计算机(Microcomputer)。
- (4)单片计算机(Single-Chip Microcomputer)。

1.1.2.2 微型计算机的发展概况

微型计算机是 20 世纪 70 年代初才发展起来的,是人类重要的创新之一。人们可以从不同的角度对微型机计算进行分类。

A 按制造工艺分

MOS 型、双极型。

B 按机器组成分

单片机 又称为“微控制器”和“嵌入式计算机”。这是一种把构成一个计算机的一些功能部件集成在一块芯片之中的计算机。

单板机 将 up、RAM、ROM 以及一些 I/O 接口电路,加上相应的外设(键盘、发光二极管显示器)以及监控程序固件等安装在一块印刷电路板上所构成的计算机系统。

个人计算机所谓“个人计算机”是指“由微处理器芯片装成的、便于搬动而且不需要维护的



计算机系统”。

C 从应用形态上分

(1)将 CPU、存储器、I/O 接口电路和总线接口等组装在一块主机板(即微机主板)。各种适配板卡插在主机板的扩展槽上并与电源、软/硬盘驱动器及光驱等装在同一机箱内,再配上系统软件,就构成了一台完整的计算机系统(简称系统机)。工业 PC 机也属于多板机。

(2)将 CPU 芯片、存储器芯片、I/O 接口芯片和简单的 I/O 设备(小键盘、LED 显示器)等装配在一块印刷电路板上,再配上程序(固化在 ROM 中),就构成了一台单板计算机(简称单板机)。单板机的 I/O 设备简单,软件资源少,使用不方便。早期主要用于微型计算机原理的教学及简单的测控系统,现在已很少使用。

(3)在一片集成电路芯片上集成微处理器、存储器、I/O 接口电路,从而构成了单芯片微型计算机,即单片机。

微型计算机的发展主要表现在其核心部件——微处理器的发展上,每当一款新型的微处理器出现时,就会带动微机系统的其他部件的相应发展,如微机体系结构的进一步优化,存储器存取容量的不断增大、存取速度的不断提高,外围设备的不断改进以及新设备的不断出现等。从微型机问世到现在不过 30 多年,根据微处理器的字长和功能,可将微型计算机的发展划分为以下几个阶段:

第一代为低档 8 位微处理器和微型计算机。发展年代为 1971~1973 年,是微机的问世阶段。1971 年美国 Intel 公司生产了 4004 芯片,它本来是为高级袖珍计算机设计的,但生产出来后却获得了意外的成功。经过改进,生产出了 4 位的微处理器 4004,并于 1972 年生产了 8 位微处理器 8008。这一代微型计算机的特点是采用 PMOS(P-channel metal oxide semiconductor)工艺,集成度为每片 2300 个晶体管,字长分别为 4 位和 8 位,运算速度较慢(基本指令执行时间 4~10ms),指令系统简单,运算功能较差,采用机器语言或简单汇编语言,价格低廉。

第二代为中档 8 位微处理器和微型计算机。发展年代为 1973~1977 年。这一代微型计算机采用 NMOS(N-channel metal oxide semiconductor)工艺,集成度提高了 1~4 倍,每片集成了 8000 个晶体管,字长为 8 位,基本指令执行时间 2ms 左右。典型的微处理器产品有 1973 年的 Intel 8085, Motorola 6800, 以及 1976 年 Zilog 公司的 Z80。这些微处理器有完整的配套接口电路,如可编程的并行接口电路、串行电路、定时/计数器接口电路,以及直接存储器存取接口电路等,并且已具有高级中断功能。软件除采用汇编语言外,还配有 BASIC, FORTRAN, PL/M 等高级语言及其相应的解释程序和编译程序,并在后期配上了操作系统。

第三代为 16 位微处理器和微型计算机。发展年代为 1977~1984 年。1977 年前后,超大规模集成电路(VLSI)工艺的研制成功,使一个硅片上可以容纳十万个以上的晶体管,64k 位及 256k 位的存储器已生产出来。这一代微型计算机采用 HMOS(high performance metal oxide semiconductor)工艺,基本指令执行时间约为 0.5ms。代表产品是 Intel 8086、Z8000 和 MC68000。这类 16 位微型计算机都具有丰富的指令系统,采用多级中断系统、多种寻址方式、多种数据处理形式、分段式存储器结构及乘除运算硬件,电路功能大为增强。软件方面可以使用多种语言,有常驻的汇编程序、完整的操作系统、大型的数据库,并可构成多处理器系统。此外,在这一阶段,还有一种称为准 16 位的微处理器出现,典型产品有 Intel 8088 和 Motorola



6809,它们的特点是能用8位数据线在内部完成16位数据操作,工作速度和处理能力均介于8位机和16位机之间。近年来,高档16位微处理器发展很快,Intel公司在8086的基础上又制成了80186和80286等性能更为优越的微处理器。其特点是从单元集成过渡到系统集成,以获得尽可能高的性能价格比。

第四代为32位微处理器和微型计算机。发展年代为1984~1993年。20世纪80年代初,在每个单片硅片上可集成几十万晶体管,产生了第四代的32位微处理器。典型产品有Intel的80386、National Semiconductor的16032、Motorola的68020等。在32位微处理器中,具有支持高级调度、调试及系统开发的专用指令。由于集成度高,系统的速度和性能大为提高,可靠性增加,成本降低。

第五代为64位高档微处理器和微型计算机。发展年代为1994年~2005年。随着人们对图形图像、定时视频处理、语音识别、CAD(computer-assisted design)/CAE(computer-assisted education)/CAI(computer-assisted instruction)、大规模财务分析和大流量客户机/服务器应用等的需求日益迫切,现有的微处理器已难以胜任此类任务。于是,在1993年3月,Intel公司率先推出了统领PC(personal computer)达十余年之久的第五代微处理器体系结构产品——Pentium(奔腾),代号为P5,也称为80586。从它的设计制造工艺到性能指标,都比第四代产品有了大幅度的提高。

第六代(2005年至今)是酷睿(core)系列微处理器时代,通常称为第6代。“酷睿”是一款领先节能的新型微架构,设计的出发点是提供卓然出众的性能和能效,提高每瓦特性能,也就是所谓的能效比。早期的酷睿是基于笔记本处理器的。酷睿2:英文名称为Core 2 Duo,是英特尔在2006年推出的新一代基于Core微架构的产品体系系统称。于2006年7月27日发布。酷睿2是一个跨平台的构架体系,包括服务器版、桌面版、移动版三大领域。其中,服务器版的开发代号为Woodcrest,桌面版的开发代号为Conroe,移动版的开发代号为Merom。微型计算机的发展概况见表1.2。

表 1.2 微型计算机的发展概况

微处理器	第一代(8位)	第二代(8位)	第三代(16位)	第四代(32位)	第五代(64位)
时间	1971~1973年	1973~1977年	1977~1984年	1984~1993年	1993年至现在
代表产品	Intel 8008	Intel 8085	Intel 8086	Intel 80386	Pentium

1.1.2.3 Intel 80×86 系列微处理器的发展概况

80×86微处理器是Intel公司的系列产品,随着微处理器芯片从低级向高级、从简单到复杂的发展过程,也可以看成个人计算机家族的进化史。其设计、制造和处理技术的不断更新换代,以及处理能力的不断增强,使微型计算机的应用领域越来越广泛。

1978年Intel公司生产的8086是第一个16位的微处理器。很快Zilog公司和Motorola公司也宣布计划生产Z8000和68000。这就是第三代微处理器的起点。8086微处理器最高主频速度为8MHz,具有16位数据通道,内存寻址能力为1MB。

1979年,Intel公司又开发出了8088。8086和8088在芯片内部均采用16位数据传输,所以都称为16位微处理器,但8086每个总线周期能传送或接收16位数据,而8088每个总线周



期只能传送或接收 8 位数据。因为最初的大部分设备和芯片是 8 位的,而 8088 的外部 8 位数据传送、接收能与这些设备相兼容。所以 8088 得到了广泛的应用。8088 采用 40 针的 DIP(dual in-line package)封装,工作频率为 6.66MHz, 7.16MHz 或 8MHz,微处理器集成了大约 29 000 个晶体管。

8086 和 8088 问世后不久,Intel 公司就开始对它们进行改进,将更多功能集成在芯片上,这样就诞生了 80186 和 80188。这两款微处理器内部均以 16 位工作,在外部输入/输出上 80186 采用 16 位,而 80188 和 8088 一样,是采用 8 位工作。

1981 年,美国 IBM 公司将 8088 芯片用于其研制的 PC 中,从而开创了全新的微机时代。也正是从 8088 开始,个人电脑的概念开始在全世界范围内发展起来。从 8088 应用到 IBM PC 上开始,个人电脑真正走进了人们的工作和生活之中,它也标志着一个新时代的开始。

1982 年,Intel 公司在 8086 的基础上,研制出了 80286 微处理器,该微处理器的最大主频为 20MHz,内、外部数据传输均为 16 位,使用 24 位内存储器的寻址,内存寻址能力为 16MB。80286 可工作于两种方式,分别是实模式和保护方式。

在实模式下,微处理器可以访问的内存总量限制在 1MB。而在保护方式之下,80286 可直接访问 16MB 的内存。此外,80286 工作在保护方式下,可以保护操作系统,使之不像实模式或 8086 等不受保护的微处理器那样,在遇到异常时会系统停机。

IBM 公司将 80286 微处理器用在微机中,引起了极大的轰动。80286 在以下四个方面比它的前辈有显著的改进:支持更大的内存;能够模拟内存空间;能同时运行多个任务;提高了处理速度。最早,PC 的速度是 4MHz,第一台基于 80286 的 AT 机运行速度为 6~8MHz,一些制造商还自行提高速度,使 80286 达到了 20MHz,这意味着在性能上有了重大的进步。

80286 的封装是一种被称为 PGA(pin grid array),插针网格阵列式的正方形封装。PGA 是塑料有引线芯片载体 PLCC(plastic leaded chip carrier)的一种简易封装形式,在这个封装中,80286 集成了大约 130000 个晶体管。

8086 发展到 80286 的这个时代是个人电脑起步的时代,当时在国内使用甚至见到过 PC 的人很少,它在人们心中是一个神秘的东西。到 20 世纪 90 年代初,国内才开始普及计算机。

1985 年春,Intel 公司开始开发 32 位核心的 CPU——80386。Intel 给 80386 设计了三个技术要点:使用“类 286”结构;开发 80387 协处理器,增强浮点运算能力;开发高速缓存,解决内存速度瓶颈。

1985 年 10 月 17 日,Intel 80386 DX 正式发布,其内部包含 27.5 万个晶体管,时钟频率为 12.5MHz,后来逐步提高到 20MHz、25MHz、33MHz,最后还有少量的 40MHz 产品。80386 DX 的内部和外部数据总线是 32 位,地址总线也是 32 位,可以寻址 4GB 内存,并可以管理 64TB 的虚拟存储空间。它的运算模式除了具有实模式和保护模式以外,还增加了一种“虚拟 8086”的工作方式,可以通过同时模拟多个 8086 微处理器来提供多任务处理能力。80386 DX 有比 80286 更多的指令,频率为 12.5MHz 的 80386 每秒钟可执行六百万条指令,比频率为 16MHz 的 80286 快 2.2 倍。

由于 32 位微处理器的运算能力较强,PC 的应用扩展到很多领域,如商业办公和计算、工程设计和计算、数据中心、个人娱乐。80386 使 32 位 CPU 成为 PC 的工业标准。虽然当时 80386



没有完善和强大的浮点运算单元,但配上 80387 协处理器,80386 就可以顺利完成许多需要大量浮点运算的任务,从而顺利进入了主流的商用电脑市场。另外,30386 还有较丰富的外围配件支持,如 82258(DMA 控制器)、8259A(中断控制器)、8272(磁盘控制器)、82385(cache 控制器)、82062(硬盘控制器)等。针对内存的速度瓶颈,Intel 公司为 80386 设计了高速缓存(cache),采取预读内存的方法来缓解速度瓶颈,从此以后,cache 就成了 CPU 的标准配件。

1989 年,Intel 推出 80486 芯片。这款芯片首次突破了 100 万个晶体管的界限,单个硅片上集成了 120 万个晶体管,使用 1mm 的制造工艺。80486 的时钟频率从 25MHz 逐步提高到 33MHz, 40MHz, 50MHz。80486 是将 80386 和数字协处理器 80387 及 8kB 的高速缓存器集成在一个芯片内。80486 中集成的 80487 的运算速度是以前 80387 的两倍,内部缓存缩短了微处理器与慢速 DRAM 之间的等待时间。并且,在 80486 系列中首次采用了精简指令集 RISC (reduction instruction set computer)技术,可以在一个时钟周期内执行一条指令。它还采用了突发总线方式,大大提高了与内存的数据交换速度。由于这些改进,80486 的性能比带有 80387 数字协处理器的 80386 DX 性能提高了四倍。常见的 80486 CPU 有 80486 DX 33(40 和 50)。486 CPU 与 386 DX 一样,内外数据总线都是 32 位,但是最慢的 486 CPU 也比最快的 386 CPU 要快,这是因为 486 SX/DX 执行一条指令,只需要一个时钟周期,而 386 DX CPU 却需要两个时钟周期。

1993 年,586 CPU 问世,并被命名为 Pentium(奔腾)以区别于 AMD 和 Cyrix 的产品。Pentium 最初级的 CPU 是 Pentium 60 和 Pentium 66,分别工作在与系统总线频率相同的 60MHz 和 66MHz 两种频率下,没有现在所说的倍频设置。早期的奔腾 75~120MHz 使用 0.5mm 的制造工艺,后期 120MHz 以上的奔腾 CPU 则改用 0.35mm 工艺。

Pentium Pro 的核心架构代号为 P6(也是未来 P II、P III 所使用的核心架构),这是第一代产品,二级 cache 有 256kB 或 512kB,最大有 1MB。工作频率有:133/66MHz(工程样品)、150/60MHz、166/66MHz、180/60MHz、200/66MHz。

Pentium II 的中文名称是“奔腾二代”,它有 Klamath, Deschutes, Mendocino, Katmai 等几种不同核心结构的系列产品,其中,第一代采用 Klamath 核心,0.35mm 工艺制造,内部集成了 750 万个晶体管,核心工作电压为 2.8V。

Pentium II 微处理器采用了双重独立总线结构,即其中一条总线连通二级缓存,另一条主要负责内存。Pentium II 使用了一种脱离芯片的外部高速 L2 Cache,容量为 512kB,并以 CPU 主频的一半速度运行。作为一种补偿,Intel 公司将 Pentium II 的 L1 Cache 从 16kB 增至 32kB。另外,在 Pentium II 中采用了 Slot 1 接口标准和单边接触盒 SECC(single edge contact cartridge)封装技术。

1999 年春,Intel 公司又发布了采用 Katmai 核心的 Pentium III。它具有以下特点:采用 0.25mm 工艺制造,内部集成了 950 万个晶体管;系统频率为 100MHz;采用第六代 CPU 核心 P6 微架构,针对 32 位应用程序进行优化,双重独立总线;L1 Cache 为 32kB(16kB 指令缓存加 16kB 数据缓存),L2 Cache 大小为 512kB,以 CPU 核心速度的一半运行;采用 SECC2 封装形式;新增加了能够增强音频、视频和 3D 图形效果的数据流单指令多数据扩展 SSE(streaming simd extensions)指令集,共 70 条新指令。Pentium III 的起始主频速度为 450MHz。与 Pentium II Xeon 一样,Intel 同样也



推出了面向服务器和 workstation 系统的 Pentium III Xeon 微处理器。除前期的 Pentium II Xeon 500, 550 采用 0.25mm 技术外,该款微处理器是采用 0.18mm 工艺制造,Slot 2 架构和 SECC 封装形式,内置 32kB L1 Cache 和 512kB L2 Cache,工作电压为 1.6V。

2000 年 6 月,Intel 公司推出了 Pentium 4(简称 P4)。P4 系统的工作频率在 1.3GHz 以上,工作电压为 1.565~1.700V。P4 微处理器不但拥有更高的时钟频率,并且支持 Intel 超线程技术 HT(hyper threading)技术。超线程技术就是利用特殊的硬件指令,把两个逻辑内核模拟成两个物理芯片,让单个处理器都能使用线程级并行计算,进而兼容多线程操作系统和软件,减少了 CPU 的闲置时间,提高了 CPU 的运行效率,使一块芯片的性能几乎相当于两块。

2005 年至今是酷睿(core)系列微处理器时代。“酷睿”是一款领先节能的新型微架构,设计的出发点是提供卓然出众的性能和能效,提高每瓦特性能,也就是所谓的能效比。早期的酷睿是基于笔记本处理器的。酷睿 2:英文名称为 Core 2 Duo,是是英特尔在 2006 年推出的新一代基于 Core 微架构的产品体系系统称。于 2006 年 7 月 27 日发布。酷睿 2 是一个跨平台的构架体系,包括服务器版、桌面版、移动版三大领域。其中,服务器版的开发代号为 Woodcrest,桌面版的开发代号为 Conroe,移动版的开发代号为 Merom。

酷睿 2 处理器的 Core 微架构是 Intel 的以色列设计团队在 Yonah 微架构基础之上改进而来的新一代英特尔架构。最显著的变化在于在各个关键部分进行强化。为了提高两个核心的内部数据交换效率采取共享式二级缓存设计,2 个核心共享高达 4MB 的二级缓存。

SNB(Sandy Bridge)是英特尔在 2011 年初发布的新一代处理器微架构,这一构架的最大意义莫过于重新定义了“整合平台”的概念,与处理器“无缝融合”的“核芯显卡”终结了“集成显卡”的时代。这一创举得益于全新的 32nm 制造工艺。由于 Sandy Bridge 构架下的处理器采用了比之前的 45nm 工艺更加先进的 32nm 制造工艺,理论上实现了 CPU 功耗的进一步降低,及其电路尺寸和性能的显著优化,这就为将整合图形核心(核芯显卡)与 CPU 封装在同一块基板上创造了有利条件。此外,第二代酷睿还加入了全新的高清视频处理单元。视频转解码速度的高与低跟处理器是有直接关系的,由于高清视频处理单元的加入,新一代酷睿处理器的视频处理时间比老款处理器至少提升了 30%。

在 2012 年 4 月 24 日下午北京天文馆,intel 正式发布了 ivy bridge(IVB)处理器。22nm Ivy Bridge 会将执行单元的数量翻一番,达到最多 24 个,自然会带来性能上的进一步跃进。Ivy Bridge 会加入对 DX11 的支持的集成显卡。另外新加入的 XHCI USB 3.0 控制器则共享其中四条通道,从而提供最多四个 USB 3.0,从而支持原生 USB3.0。cpu 的制作采用 3D 晶体管技术的 CPU 耗电量会减少一半。80×86 系列微处理器的发展见表 1.3。

表 1.3 80×86 系列微处理器的发展

微处理器	首批生产时间	性能(MIPS) ^①	CPU 最高主频(MHz)	集成度(百万) ^②	寄存器宽度	外部数据线宽度	最大寻比空间	内含(或捆绑)高速缓存大小
8086	1978	0.8	8	0.029	16	16	1MB	无
80286	1982	2.7	12.5	0.134	16	16	16MB	无
80386DX	1985	6.0	20	0.275	32	32	4GB	无



微处理器	首批生产时间	性能 (MIPS) ^①	CPU 最高主频 (MHz)	集成度 (百万) ^②	寄存器宽度	外部数据线宽度	最大寻比空间	内含(或捆绑)高速缓存大小
80486DX	1989	20	25	1.2	32	32	4GB	8KBL1
Pentium	1993	100	200	3.1	32	64	4GB	16KBL1
Pentium Pro (P6)	1995	440	266	5.5	32	64	64GB	16KBL1, 256KB 或 512KBL2 ^④
Pentium II	1997	466	450	7.5	32	64	64GB	32KBL1, 256KB 或 512KBL2
Pentium III	1999	1000	900	28.2	32 ^③	64	64GB	32KBL1, 256KB 或 512KBL2
Pentium 4	2000	3200	2800	42	32 ^③	64	64GB	32KBL1, 256KB 或 512KBL2

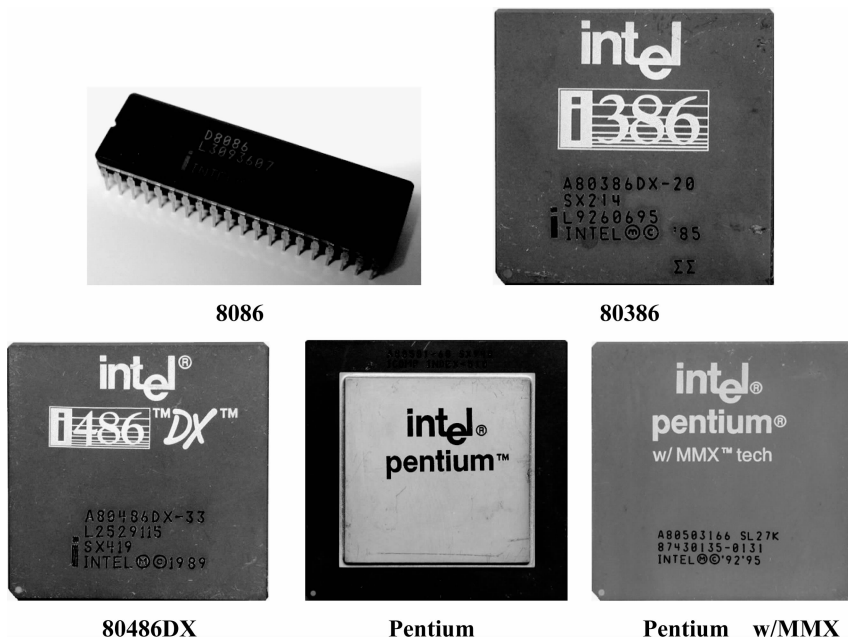
注:①MIPS(millions of instructions per second),每秒执行的指令数,单位为百万条/秒。

②芯片中所集成的晶体管数,单位为百万个。

③用做通用目的寄存器时为 32 位,用于单指令流、多数数据流 SIMD(single instruction multiple data)处理时为 128 位。

④L1 为一级高速缓存器,L2 为二级高速缓存器。

微型计算机的核心:微处理器(或称中央处理器,CPU)从 8086 到 Pentium 4 见图 1.1 CPU 外形图。



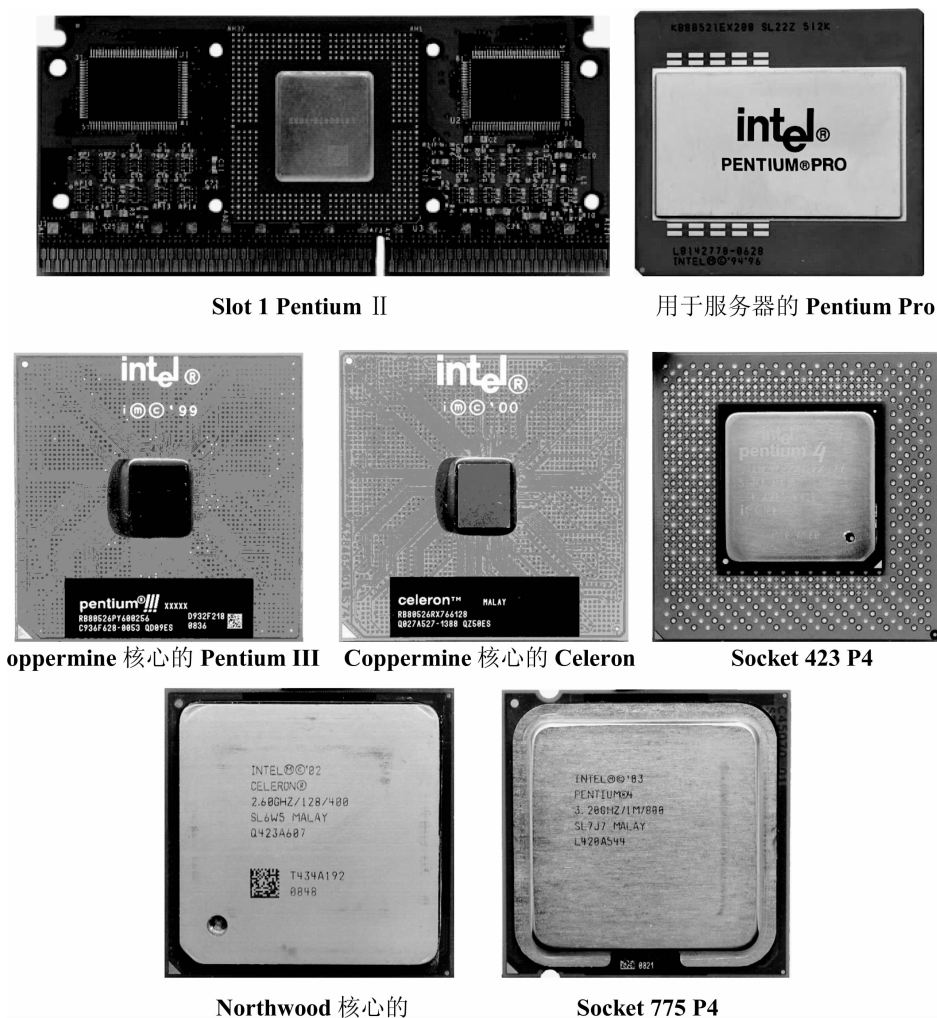


图 1.1 CPU 外形图

1.1.3 微型计算机的软件发展

所谓微型计算机的软件,是利用计算机本身提供的逻辑功能,合理地组织计算机的工作,简化或代替人们在使用计算机过程中的各个环节,提供给用户一个便于掌握操作的工作环境。

人们知道,世界上第一台电子计算机是在 1946 年出现的,而计算机软件的开发是 1955 年在美国和欧洲的实验室里兴起的,大多数研究结果也产生于实验室。它们多数来自于学术界,其余产生于政府和私人公司。世界上第一家独立软件公司是 1955 年在美国成立的计算机惯用法公司 CUC(computer usage corporation),在此之前,软件由硬件厂商编制或者由用户自己编制。软件开发到现在已有 50 年的历史了,在整个软件发展的过程中,已经取得了划时代的成就。计算机软件的发展由低级向高级经历了如下变迁:

机器语言 → 汇编语言 → 高级语言 → 操作系统 → 网络软件 → 数据库软件

通过对计算机软件发展历史的回顾,大致将其发展划分为三个不同阶段:开创阶段、稳定阶



段及发展阶段。

1.1.3.1 开创阶段(1955~1965年)

在此阶段,计算机硬件向着专用化方向发展,而科学与商业领域需要的是完全不同的机器硬件。运算速度越来越快、价格越来越便宜的新型计算机不断涌现,软件工作人员就需要针对不同的计算机编写出新的软件。然而,这一阶段的计算机软件主要采用面向具体机器的机器语言和汇编语言,用于科学研究的计算机使用的是固定字长,指令集为十进制,而不是采用二进制计算。这种不同用途的机器使用不同字长,给编程带来了难以想象的困难。

频繁重写相同的软件触发了另一种思想——软件移植。工业界中的软件研究人员试图将一台机器上的汇编语言自动移植到另一台,但是却失败了。原因是60%或80%的代码较容易自动移植,而余下的40%或20%必须人工移植,代码比较复杂,而且人工移植非常困难。这个问题长期得不到彻底解决,直到高级语言的产生。最早发布的FORTRAN语言是在20世纪50年代中期诞生的,20世纪50年代后期出现了第一版COBOL语言,而ALGOL语言产生于20世纪60年代早期。当时,高级语言不能被软件编程人员所接受,他们认为真正的编程人员应当使用汇编语言。之后,软件业从计算机工业中独立出来,成为一枝新秀。20世纪60年代初期,学术上还没有计算学科、计算机科学和信息系统,然而却在实践中产生了以后称为“软件工程”的萌芽。软件工作者开始学习模块化编程的方法,并涵盖了与基本数据结构有关的子程序,从而使其便于访问,现在,人们称为数据提取,并进一步拓宽到面向目标,但是那时的软件人员就已经意识到它的思想与价值。此阶段是激动人心的年代,随着计算机硬件以令人生畏和惊奇的快节奏发展,计算机软件在计算机业中也占据着越来越重要的地位。

1.1.3.2 稳定阶段(1965~1985年)

稳定阶段这期间是大型机占主导地位的阶段。此时计算机成为专业人员使用的专用设备,人们编程不仅使用机器语言和汇编语言,也广泛采用高级语言。以IBM360为代表的计算机将软件工业带入了稳定发展的阶段。

IBM360采用了系列机的思想,开创了复杂指令系统计算机CISC(complex instruction system computer)时代,目的是使指令系统兼容。新型机或高档机的指令系统在原有机型上只能扩充而不能减少任何一条指令,以达到软件兼容的目的,这样就导致日趋庞大的指令系统使计算机硬件的研制周期变长、运行速度变慢、可靠性变差、难以调试和维护。为了改进,提出了精简指令集RISC技术。RISC技术使指令数量大大减少,再加上一些其他措施(如指令系统面向寄存器,使数据能直接存储),从而大大减少指令执行所需要的周期数,极大地提高了计算机的计算速度。同时IBM360机为软件领域带来了重要的发展,它使科学研究与商业应用合二为一,且同时使用十进制和二进制两种算法,它不再有讨厌的变字长问题。

随后,又产生了工作控制语言JCL(job control language),程序员只要把卡片塞进读卡机,然后按“启动”就可以运行程序。随着360机汇集科学和商务应用在一台计算机上,IBM也希望将所有的计算机语言合成为一种语言。PL/1就这样诞生了,它不仅包含科学计算FORTRAN和商务计算COBOL语言的功能,而且还具有新生语言ALGOL的功能。

在稳定阶段,形成了软件的独立经销。随着软件领域的稳定发展和新软件产品的问世,它



们逐渐成为公司和市场的商品,价值连城。软件维护与更新也成为一项日益重要的工作,从而形成了计算机软件市场经济。稳定阶段中开始出现了计算机学科的学术讨论。第一个计算机科学程序在 20 世纪 60 年代晚期奠基,不久以后又编制了第一个管理信息系统程序。人工智能就是第一个竭力宣扬的学科,即称之为“有知觉”的机器,可以模仿人类大脑的功能,并期望代替人类大脑去做任何事情。此阶段由于计算机硬件变化节奏缓慢了一些,属于较平稳的年代,计算机软件随着平稳发展,并确立了软件在市场上的重要地位,成为商品并逐渐变得被人们理解和接受。

1.1.3.3 发展阶段(1985 至现在)

此阶段是再一次激动人心的年代,计算机已经得到广泛普及,各种操作系统、网络软件及数据库软件得以开发应用,软件业在计算机行业中成为不可缺少的部分并取得了辉煌成就。

这个阶段是软件发展过程中最重要的时期。过去存在的大量问题被解决了,老的 JCL 问题已经由友好用户、友好程序界面解决。图形用户界面 GUI(graphical user interface)的普及与流行,成为 20 世纪 80 年代计算机领域最伟大的功绩。以前的 FORTRAN 和 COBOL 语言都没能解决用户界面的友好问题,而可视化软件编程改变了这一现状。

此阶段牢固地树立起软件的作用和价值。人工智能、知识工程、专家系统以及神经网络领域的研究得以发展与深化。软件市场在世界范围内以比较快的速度增长,在美国犹他州已出现以软件为主的第二高新技术产业区。目前软件的发展速度已超过硬件产业,占信息产业的主导地位。美国垄断世界软件市场的格局,一时很难发生变化。

软件特性体现为:软件进入结构化生产时期,以结构化分析和设计,结构化评审,结构化程序设计,以及结构化测试为特征;从 20 世纪 80 年代中期开始,软件生产进入以过程为中心的开发阶段;从 1995 年开始,逐步进入面向对象和构件重用等技术为基础的软件工业化生产时代。

此阶段软件业绩如下。

(1)软件重用技术。

软件重用的目的是使非结构化、非标准化程序变为结构化、标准化,并形成大量能重用的计算机构件和模块。软件重用技术使软件的开发基本上变成了搭积木,把需要的对象和功能模块拼起来即可。它节省了大量的人力与物力,减少了重复开发。这种技术可以应用在数据库管理和信息系统管理上,Microsoft Access 等软件均采用软件重用技术,集成了大量基本构件和模块,便于重用。

(2)面向对象技术。

20 世纪 80 年代中期以来,各个领域的发展和变化越来越快,对应用软件不断提出新的功能要求,这就使以功能为基础的软件体系改动较大,甚至推倒重来。20 世纪 80 年代末发现,使用面向对象技术能极大地提高软件的可维护性,而且它还有很多其他的优点,例如提高软件开发率,提高软件的可靠性和安全性等。面向对象技术获得了极大成功,终于成为 20 世纪 90 年代软件界最大的热点。随着软件技术的发展,面向对象技术形成了面向对象编程 OOP(object oriented program)、面向对象设计 OOD(object oriented design)、面向对象分析 OOA(object oriented analysis),形成了完整的软件开发方法学。

(3)集成工具与 CASE(computer aided software engineering)技术。



今天,已将过去单个的工具集成在一个系统中,用于软件开发,形成了集成工具。而 CASE 技术,即“支持软件工程方法学的计算机辅助手段”,它为实现从软件工程诞生起就面临着如何组织人员进行集体作业和如何逐步代替人进行编程的两大任务。CASE 技术使开发支持工具与开发方法学统一和结合起来,通过实现分析、设计、程序开发与维护的自动化,提高了整个软件开发工程的效率。如果方法驱动器理论得以实现,软件自动化将成为现实。CASE 技术的发展不仅给传统软件工程方法以新生,也推动着各种软件工程方法的演变、合并和淘汰,为软件工程方法理论实用化开辟了一条崭新的道路。

(4) 图形用户界面。

用户界面一般是由菜单窗口和对话框等元素构成,它为用户提供了一个使用软件交互过程的环境,提高了软件的使用效率,灵活便捷,并且易于修改维护程序,充分体现了图形界面“所见即所得”的现代软件设计风格,使用户能以简单自然的方式与软件系统交流信息,提供对键盘及鼠标两种输入设备的双重支持,引导用户正确、快速、方便地使用软件系统,易懂易学,尽可能地减少用户必须记忆的信息。

(5) 多媒体技术。

多媒体技术曾经是被炒得沸沸扬扬的话题,也是计算机科学在 20 世纪 90 年代的一个热点。多媒体技术是将文字、声音、图形、视频图像集成在一起的技术。它包括多媒体计算机原理、多媒体数据库、多媒体通信和多媒体表现技术等。它的一个重要方面是将图像、图形、声音、文字等集成一体,再按 1:10 或 1:30 压缩比进行图像数据压缩,最后高质量地再现给用户。

软件技术的发展将呈现平台网络化、技术对象化、系统构件化、产品领域化、开发过程化、生产规模化、竞争国际化的趋势。高端计算机软件、操作系统微内核与源码技术、软件可靠性和安全性、软件开发和集成工具等面向人们个性化需求的应用软件,在相当长的时期内仍将是软件领域的主要研究内容。

微型计算机的发展前景是不可估量的。微型计算机功能强、体积小、使用方便、可靠性高、价格低廉,因而应用范围非常广泛,航天工业、交通运输,医药卫生甚至家庭生活及教学仪器等方面都广泛地使用了微型计算机。毫无疑问,今后微型计算机在人类社会和日常生活中的影响将会越来越大。

各代微处理器的技术指标见表 1.4。

表 1.4 各代微处理器的技术指标

代	发表年份	字长(bits)	型号	线宽/ μm	晶体管数 /万个	时钟频率 /MHz	速度 /MIPS
一	1971	4	4004	50	0.2	<1	0.05
	1972	8	8008		0.3		
二	1974	8	8080	20	0.5	2~4	0.5
三	1978	16	8086/8088	2~3	2.9	4.77~10	<1
	1982		80286		13	8~20	1~2



代	发表年份	字长(bits)	型号	线宽/m	晶体管数 /万个	时钟频率 /MHz	速度 /MIPS
四	1985	32	80386	1~2	27.5	12~33	6~12
	1989		80486		120	25~66	20~40
五	1993	32	Pentium	0.6~0.8	330	60~200	100~200
六	1995	32	P/Pro	0.6	550	133~200	>300
	1996		P/MMX	0.6	450	166~233	
	1997		PII	0.35	750	233~450	
	1999		PIII	0.25~0.13	850	450~1200	
	2001		P4	0.08~0.13	>3000	1300~3400	
七	2002	64	Itanium	0.08	CPU:2.5k Cache:30k	800(20条指令/ 时钟周期)	>3000

1.1.4 微型计算机的应用领域

微机机的应用可概括为以下几个方面。

1.1.4.1 科学计算(或称为数值计算)

早期的计算机主要用于科学计算。目前,科学计算仍然是计算机应用的一个重要领域。如高能物理、工程设计、地震预测、气象预报、航天技术等。由于计算机具有高运算速度和精度以及逻辑判断能力,因此出现了计算力学、计算物理、计算化学、生物控制论等新的学科。

1.1.4.2 过程检测与控制

利用计算机对工业生产过程中的某些信号自动进行检测,并把检测到的数据存入计算机,再根据需要对这些数据进行处理,这样的系统称为计算机检测系统。特别是仪器仪表引进计算机技术后所构成的智能化仪器仪表,将工业自动化推向了一个更高的水平。

1.1.4.3 信息管理(数据处理)

信息管理是目前计算机应用最广泛的一个领域。利用计算机来加工、管理与操作任何形式的数据资料,如企业管理、物资管理、报表统计、账目计算、信息情报检索等。近年来,国内许多机构纷纷建设自己的管理信息系统(MIS);生产企业也开始采用制造资源规划软件(MRP),商业流通领域则逐步使用电子信息交换系统(EDI),即所谓无纸贸易。

4. 计算机辅助系统

(1)计算机辅助设计(CAD)是指利用计算机来帮助设计人员进行工程设计,以提高设计工作的自动化程度,节省人力和物力。目前,此技术已经在电路、机械、土木建筑、服装等设计中得到了广泛的应用。

(2)计算机辅助制造(CAM)是指利用计算机进行生产设备的管理、控制与操作,从而提高产品质量、降低生产成本。缩短生产周期,并且还大大改善了制造人员的工作条件。



(3) 计算机辅助测试(CAT)是指利用计算机进行复杂而大量的测试工作。

(4) 计算机辅助教学(CAI)指利用计算机帮助教师讲授和帮助学生学习的自动化系统,使学生能够轻松自如地从中学到所需要的知识。

1.2 微型计算机运算基础

1.2.1 二进制数的运算方法

电子计算机具有强大的运算能力,它可以进行两种运算:算术运算和逻辑运算。

1.2.1.1 二进制数的算术运算

二进制数的算术运算包括:加、减、乘、除四则运算,下面分别予以介绍。

A 二进制数的加法

根据“逢二进一”规则,二进制数加法的法则为:

$$0+0=0$$

$$0+1=1+0=1$$

$$1+1=0(\text{进位为}1)$$

$$1+1+1=1(\text{进位为}1)$$

例如:1110 和 1011 相加过程如下:

	1	1	1	0	被加数
+)	1	0	1	1	加数
	1	1	0	0	1 和

B 二进制数的减法

根据“借一有二”的规则,二进制数减法的法则为:

$$0-0=0$$

$$1-1=0$$

$$1-0=1$$

$$0-1=1(\text{借位为}1)$$

例如:1101 减去 1011 的过程如下:

	1	1	0	1	被减数
-)	1	0	1	1	减数
	0	0	1	0	差

C 二进制数的乘法

二进制数乘法过程可仿照十进制数乘法进行。但由于二进制数只有 0 或 1 两种可能的乘数位,导致二进制乘法更为简单。二进制数乘法的法则为:

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 1 \times 0 = 0$$



可见,两个相“或”的逻辑变量中,只要有一个为1,“或”运算的结果就为1。仅当两个变量都为0时,或运算的结果才为0。计算时,要特别注意和算术运算的加法加以区别。

B 逻辑“与”运算

逻辑“与”运算又称为逻辑乘,常用符号“ \times ”或“ \cdot ”或“ \wedge ”表示。“与”运算遵循如下运算规则:

$$0 \times 1 = 0 \text{ 或 } 0 \cdot 1 = 0 \text{ 或 } 0 \wedge 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0 \text{ 或 } 1 \cdot 0 = 0 \text{ 或 } 1 \wedge 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1 \text{ 或 } 1 \cdot 1 = 1 \text{ 或 } 1 \wedge 1 = 1$$

可见,两个相“与”的逻辑变量中,只要有一个为0,“与”运算的结果就为0。仅当两个变量都为1时,“与”运算的结果才为1。

C 逻辑“非”运算

逻辑“非”运算 又称为逻辑否定,实际上就是将原逻辑变量的状态求反,其运算规则如下:

$$\bar{0} = 1$$

$$\bar{1} = 0$$

可见,在变量的上方加一横线表示“非”。逻辑变量为0时,“非”运算的结果为1。逻辑变量为1时,“非”运算的结果为0。

D 逻辑“异或”运算

“异或”运算,常用符号“ \oplus ”或“ \vee ”来表示,其运算规则为:

$$0 \oplus 0 = 0 \text{ 或 } 0 \vee 0 = 0$$

$$0 \oplus 1 = 1 \text{ 或 } 0 \vee 1 = 1$$

$$1 \oplus 0 = 1 \text{ 或 } 1 \vee 0 = 1$$

$$1 \oplus 1 = 0 \text{ 或 } 1 \vee 1 = 0$$

可见:两个相“异或”的逻辑运算变量取值相同时,“异或”的结果为0。取值相异时,“异或”的结果为1。

以上仅就逻辑变量只有一位的情况得到了逻辑“与”、“或”、“非”、“异或”运算的运算规则。当逻辑变量为多位时,可在两个逻辑变量对应位之间按上述规则进行运算。特别注意,所有的逻辑运算都是按位进行的,位与位之间没有任何联系,即不存在算术运算过程中的进位或借位关系。下面举例说明。

例 1.1 如两变量的取值 $X=00FFH$, $Y=5555H$ 。求 $Z_1=X \wedge Y$; $Z_2=X \vee Y$; $Z_3=\bar{X}$; $Z_4=X \oplus Y$ 的值。

解 $X=0000000011111111$

$$Y=0101010101010101$$

$$\text{则: } Z_1=000000001010101=0055H$$

$$Z_2=0101010111111111=55FFH$$

$$Z_3=1111111100000000=FF00H$$

$$Z_4=0101010110101010=55AAH$$

电子计算机算术运算及逻辑运算规则见表 1.5。



表 1.5 二进制数运算规则一览表

加法	减法	乘法	除法	“与”运算	“或”运算	“异或”运算
$0+0=0$	$0-0=0$	$0\times 0=0$	与十进制 除法类似	按位进行“与”运算。两位均为 1 时,其结果为 1。否则为 0。“与”运算用符号“ \wedge ”“ \times ”或“ \cdot ”表示	按位进行“或”运算。两位中有一位为 1 时,其结果为 1。两位均为 0 时,结果为 0。“或”运算用符号“ \vee ”或“ $+$ ”表示	按位进行“异或”运算。两位不相同,其结果为 1。两位相同时,结果为 0。“异或”运算用符号“ \oplus ”或“ ∇ ”表示
$0+1=1$	$1-0=1$	$0\times 1=0$				
$1+1=10$ 有进位	$1-1=0$	$1\times 0=0$				
$1+1+1=11$ 有进位	$0-1=1$ 有借位	$1\times 1=1$				

1.2.2 数在计算机中的表示

在计算机中要处理的数有无符号数和有符号数。这些数在计算机中是如何表示的呢?

1.2.2.1 无符号数

所谓无符号数,通常表示一个数的绝对值,即数的各位都用来表示数值的大小。一个字节(8位)二进制数只能表示 0~255 范围内的数。因此,要表示大于 255 的数,必须采用多个字节来表示,它的长度可以为任意倍字节长,其数据格式如图 1.2 所示。

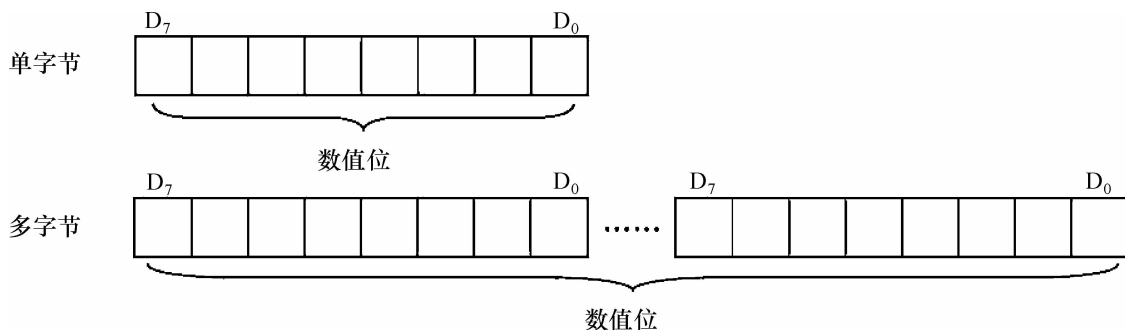


图 1.2 无符号二进制数表示格式

1.2.2.2 有符号数

所谓有符号数,即用来表示一个任意位长的正数或负数。人们知道,在普通数字中,区分正负数是在数的绝对值前面加上符号来表示,即“+”表示正数,“-”表示负数。在计算机中数的符号也数码化了,即用一位二进制数位来表示符号。一般是,用一个数的最高位来表示符号位,用“0”表示正号,用“1”表示负号,而其余位为数值位。其数据格式如图 1.3 所示。

1.2.2.3 有符号数的原码、反码、补码及补码运算

带正、负号的二进制数称为数的真值表示。

例如: $X=+1010110$

$Y=-0110101$

为了运算方便,在计算机里的有符号数,有三种表示方法,即原码、反码和补码,称为机

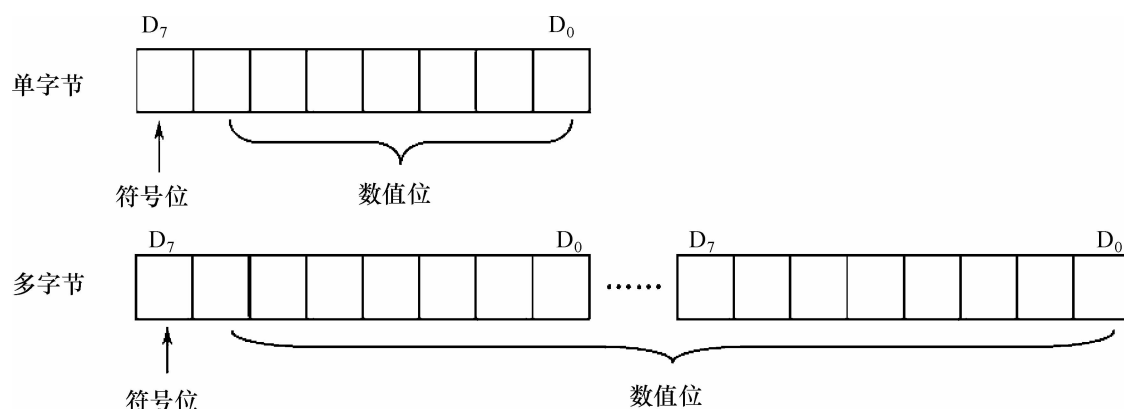


图 1.3 有符号二进制数表示格式

器数。

A 原码

正数的符号位用“0”表示,负数的符号位用“1”表示,其余数字位表示数值本身,这种表示法称为原码。

如上例中:

$$[X]_{\text{原}} = 01010110$$

$$[Y]_{\text{原}} = 10110101$$

对于0,可以认为它是+0,也可以认为它是-0。因此在原码中,0有下列两种表示:

$$[+0]_{\text{原}} = 00000000$$

$$[-0]_{\text{原}} = 10000000$$

原码表示数的方法很简单,只需要在真值的基础上,将符号位用数码“0”和“1”表示即可。但采用原码表示的数在计算机中进行加减运算时很麻烦。如:遇到两个异号数相加,或两个同号数相减时,就要用减法运算。为了把减法运算转变成加法运算,则引入了反码和补码。

B 反码

在原码表示的基础上很容易求得一个数的反码。正数的反码与原码相同,而负数的反码则是在原码的基础上,符号位不变(仍为1),其余数位按位求反,即 $0 \rightarrow 1, 1 \rightarrow 0$ 。

如上例中:

$$[X]_{\text{反}} = 01010110$$

$$[Y]_{\text{反}} = 11001010$$

$$\text{而: } [+0]_{\text{反}} = 00000000$$

$$[-0]_{\text{反}} = 11111111$$

C 补码

一个数的补码也很容易求得。如果是正数,补码同原码也同反码,如果是负数,则在反码的基础上最末位加1。

如上例中:

$$[X]_{\text{补}} = 01010110 = [X]_{\text{反}} = [X]_{\text{原}}$$



$$[Y]_{\text{补}} = 11001011$$

注：补码中 0 只有一种表示，无正负之分，即：

$$[+0]_{\text{补}} = [-0]_{\text{补}} = 00000000$$

不难证明，补码具有如下特性：

$$[[X]_{\text{补}}]_{\text{补}} = [X]_{\text{原}}$$

用 8 位二进制数来表示无符号数及有符号数的原码、反码、补码时的对应关系见表 1.6。

表 1.6 用 8 位二进制数来表示无符号数及有符号数的原码、反码、补码的对应关系

8 位二进制数	无符号十进制数	原码	反码	补码
0000 0000	0	+0	+0	+0
0000 0001	1	+1	+1	+1
0000 0010	2	+2	+2	+2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0111 1100	124	+124	+124	+124
0111 1101	125	+125	+125	+125
0111 1110	126	+126	+126	+126
0111 1111	127	+127	+127	+127
1000 0000	128	-0	-127	-128
1000 0001	129	-1	-126	-127
1000 0010	130	-2	-125	-126
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1111 1100	252	-124	-3	-4
1111 1101	253	-125	-2	-3
1111 1110	254	-126	-1	-2
1111 1111	255	-127	-0	-1

由表 1.6 可知，用 8 位二进制数，表示无符号数为 0~255；表示原码为 -127~+127；表示反码为 -127~+127；表示补码为 -128~+127。

D 补码运算

两个用补码表示的带符号数进行加减运算时，特点是把符号位上表示正负的“1”和“0”也看成数，与数值部分一同进行运算，所得的结果也为补码形式，即结果的符号位为“0”，表示正数，结果的符号位为“1”表示负数。下面分加、减两种情况予以讨论。

两个带符号的数 X 和 Y 进行相加时，是将两个数分别转换为补码的形式，然后进行补码加运算，所得的结果为和的补码形式。即：

$$[X+Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [Y]_{\text{补}}$$

例 1.2 用补码进行下列运算

$$(+18) + (-15); (-18) + (+15); (-18) + (-11)$$



解

$$\begin{array}{r}
 00010010 \quad [+18]_{\#} \\
 +) 11110001 \quad [-15]_{\#} \\
 \hline
 1\ 00000011 \quad [+3]_{\#} \\
 \uparrow \downarrow \\
 \text{符号位的进位自动丢失}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 11101110 \quad [-18]_{\#} \\
 +) 00001111 \quad [+15]_{\#} \\
 \hline
 11111101 \quad [-3]_{\#} \\
 11101110 \quad [-18]_{\#} \\
 +) 11110101 \quad [-11]_{\#} \\
 \hline
 1\ 11100011 \quad [-29]_{\#} \\
 \uparrow \downarrow \\
 \text{符号位的进位自动丢失}
 \end{array}$$

由例 1.2 可知:当带符号的数采用补码形式进行相加时,可把符号位也当作普通数字一样与数值部分一起进行加法运算,若符号位上产生进位时,则自动丢掉,所得的结果为两数之和的补码形式。如果想得到运算后原码的结果,可对运算结果再求一次补码即可。

两个带符号数相减,可通过下面的公式进行:

$$X - Y = X + (-Y)$$

$$\text{则 } [X - Y]_{\text{补}} = [X + (-Y)]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [-Y]_{\text{补}}$$

可见:求 $[X - Y]_{\text{补}}$, 可以用 $[X]_{\text{补}}$ 和 $[-Y]_{\text{补}}$ 相加来实现。这里关键在于求 $[-Y]_{\text{补}}$ 。如果已知 $[Y]_{\text{补}}$, 那么对 $[Y]_{\text{补}}$ 的每一位(包括符号位)都按位求反,然后再在末位加 1, 结果即为 $[-Y]_{\text{补}}$ 。(证明从略)。一般称 $[-Y]_{\text{补}}$ 为对 $[Y]_{\text{补}}$ 的“变补”, 即 $[[Y]_{\text{补}}]_{\text{变补}} = [-Y]_{\text{补}}$; 已知 $[Y]_{\text{补}}$ 求 $[-Y]_{\text{补}}$ 的过程叫变补。

这样一来,求两个带符号的二进制数之差,可以用“减数(补码)变补与被减数(补码)相加”来实现。这是补码表示法的主要优点之一。

例 1.3 用补码进行下列运算:

$$(1) 96 - 19; (2) (-56) - (-17)$$

$$\text{解 } (1) X = 96, Y = 19$$

$$\text{则 } [X]_{\text{补}} = 01100000$$

$$[Y]_{\text{补}} = 00010011$$

$$[-Y]_{\text{补}} = 11101101 \text{ 故 } [X - Y]_{\text{补}} = [X - Y]_{\text{原}} = 01001101 = +77$$



$$\begin{array}{r}
 01100000 [X]_{\#} \\
 +) 11101101 \quad [-Y]_{\#} \\
 \hline
 1\ 01001101 \quad [X-Y]_{\#} \\
 \uparrow \\
 \text{符号位的进位自动丢失}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 11001000 [X]_{\#} \\
 +) 00010001 \quad [-Y]_{\#} \\
 \hline
 11011001 \quad [X-Y]_{\#}
 \end{array}$$

(2) $X = -56, Y = -17$, 则

$$[X]_{\text{补}} = 11001000$$

$$[Y]_{\text{补}} = 11101111$$

$$[-Y]_{\text{补}} = 00010001$$

$$\text{则 } [X-Y]_{\text{补}} = 11011001$$

$$\text{故 } [X-Y]_{\text{原}} = [[X-Y]_{\text{补}}]_{\text{补}} = 10100111 = -39$$

综上所述,对于补码的加、减运算可用下边一般公式表示:

$$[X \pm Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [\pm Y]_{\text{补}} \quad (\text{都小于 } 2n+1)$$

E 溢出判断

当两个有符号数进行补码运算时,若运算结果的绝对值超出运算装置容量时,数值部分就会发生溢出,占据符号位的位置,导致错误的结果。这种现象通常称为补码溢出,简称溢出。这和正常运算时符号位的进位自动丢失在性质上是不同的。下面举例说明。例如:某运算装置共有五位,除最高位表示符号位外,还有四位用来表示数值。先看下面两组运算。

(1) 计算 $13+7=?$

$ \begin{array}{r} +13 \\ +) + 7 \\ \hline +20 \end{array} $	$ \begin{array}{r} 01101 \\ +) 00111 \\ \hline 10100 = -12 \end{array} $
十进制运算	二进制补码运算

(2) 计算 $(-4)+(-4)=?$

$ \begin{array}{r} -4 \\ +) -4 \\ \hline -8 \end{array} $	$ \begin{array}{r} 11100 \\ +) 11100 \\ \hline 1\ 11000 = -8 \\ \uparrow \\ \text{符号位的进位自动丢失} \end{array} $
十进制运算	二进制补码运算

(1)的运算结果显然是错误的,因为两个正数相加不可能得到负数的结果,产生错误的原因是由于两个数相加后的数值超出了加法装置所允许位数(数值部分4位,可以表示的最大数值为 $2^4=16$),因而从数值的最高位向符号位产生了进位,或说这种现象是由于“溢出”而造成的。



(2)的结果显然是正确的,由符号位产生的进位自动丢失。

为了保证运算结果的正确性,计算机必须能够判别出是正常进位还是发生了溢出错误。

微机中常用的溢出判别称为双高位判别法,并常用“异或”电路来实现溢出判别。其表达式为:

$$C_S \oplus C_P = 1 \text{ (表示发生了溢出错误)}$$

式中 C_S ——最高位(符号位)产生进位的情况。 $C_S = 1$,有进位; $C_S = 0$,无进位。

C_P ——次高位(数值部分最高位)向符号位产生进位的情况。 $C_P = 1$,有进位; $C_P = 0$,无进位。

由表达式可知,在运算结果中, C_S 和 C_P 状态不同(为01或10)时,产生溢出;当运算结果中, C_S 和 C_P 状态相同(为00或11)时,不产生溢出。

发生溢出时, $C_S C_P = 01$ 为正溢出,通常出现在两个正数相加时; $C_S C_P = 10$ 为负溢出,通常出现在两个负数相加时。考察上面的两例。当 $C_S \oplus C_P = 0 \oplus 1 = 1$,有溢出,为正溢出。

当 $C_S \oplus C_P = 1 \oplus 1 = 0$,无溢出,从而可知:一个正数和一个负数相加时,和肯定不会发生溢出。下面举例说明溢出判别。

$$\begin{array}{r} 01000000 \quad [+64]_{\#} \\ +) 01000001 \quad [+65]_{\#} \\ \hline 10000001 \quad [-127]_{\#} \end{array}$$

例 1.4 由于 $C_S C_P = 01 = 1$ 产生了溢出,并且是正溢出,导致运算结果出错(两个正数相加得到负数的结果)。

例 1.5 由于 $C_S \oplus C_P = 1 \oplus 0 = 1$,产生了溢出,并且是负溢出,结果出错。

例 1.6

$$\begin{array}{r} 10001011 \quad [-117]_{\#} \\ +) 01111001 \quad [+121]_{\#} \\ \hline 1\ 00001100 \quad [+4]_{\#} \end{array}$$

一个负数和一个正数相加,结果不溢出。此时, $C_S \oplus C_P = 1 \oplus 1 = 0$ 。

1.2.3 数的编码方法

在计算机里,所有用到的数字、字母、符号、指令等都必须用特定的二进制码来表示,这就是二进制编码。

1.2.3.1 二进制编码的十进制数

计算机只能识别二进制数,但是,人们却熟悉十进制数。所以,在计算机输入和输出数据时,往往采用十进制数表示。不过,这样的十进制数是用二进制编码表示的,称为二进制编码的十进制数——BCD(binary code decimal)码。

用二进制数为十进制数编码,每一位十进制数需要由四位二进制数来表示。四位二进制数共有16种编码形式,由于十进制数只有0~9十个数码,故有六个码是多余的,放弃不用。而这种多余性便产生了多种不同的BCD码。在计算机中较常用的是8421 BCD码(在以后的章节中简称BCD码)。这种BCD码用四位二进制数表示一位十进制数的数码0~9,而这四位的权



从高位到低位依次为 8,4,2,1。十进制数 0~15 与 8421 BCD 码的编码关系见表 1.7。

例如: $(208)_{10} = (0010\ 0000\ 1000)_{8421\ BCD}$

$(1001\ 0001\ 0111\ 0101)_{8421\ BCD} = (9175)_{10}$

表 1.7 8421 BCD 码编码表

十进制数	8421 BCD 码	十进制数	8421 BCD 码
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	10	0001 0000
3	0011	11	0001 0001
4	0100	12	0001 0010
5	0101	13	0001 0011
6	0110	14	0001 0100
7	0111	15	0001 0101

1.2.3.2 字母与符号的编码

在计算机里,字母和符号也必须用特定的二进制编码来表示。目前,在微机、通信设备和仪器仪表中广泛采用的是美国标准信息交换码 ASCII(american standard code for information interchange)码。它用七位二进制码表示一个字母或符号,共能表示 $2^7=128$ 个不同的字符。其中包括数字 0~9、英文 26 个大、小写字母、运算符、标点及其他的一些控制符号。常用的七位 ASCII 码见表 1.8。

例如:数字 0 的 ASCII 码为 0110000B 或 30H

数字 9 的 ASCII 码为 0111001B 或 39H

字母 A 的 ASCII 码为 1000001B 或 41H

ASCII 码多用于微型计算机的输入/输出设备(如电传打字机)及在数据传送过程中进行奇偶校验。

表 1.8 美国标准信息交换码 ASCII

高位 MSB \ 低位 LSB		0	1	2	3	4	5	6	7
		000	001	010	011	100	101	110	111
0	0000	NUL 空操作	DLE 转义	SP	0	@	P	,	p
1	0001	SOH 标题开始	DC1 设备控制 1	!	1	A	Q	a	q
2	0010	STX 正文开始	DC2 设备控制 2	”	2	B	R	b	r
3	0011	ETX 正文结束	DC3 设备控制 3	#	3	C	S	c	s
4	0100	EOT 传输结束	DC4 设备控制 4	\$	4	D	T	d	t
5	0101	ENQ 询问	NAK 否定	%	5	E	U	e	u



高位 MSB \ 低位 LSB		0	1	2	3	4	5	6	7
		000	001	010	011	100	101	110	111
6	0110	ACK 认可	SYN 同步	&	6	F	V	f	v
7	0111	BEL 响铃	ETB 信息组结束	,	7	G	W	g	w
8	1000	BS 退格	CAN 取消	(	8	H	X	h	x
9	1001	HT 横向制表	EM 纸尽	)	9	I	Y	i	y
A	1010	LF 换行	SUB 取代	*	:	J	Z	j	z
B	1011	VT 纵向制表	ESC 换码	+	;	K	[	k	{
C	1100	FF 换页	FS 文件分隔符	,	<	L	\	l	|
D	1101	CR 回车	GS 组分分隔符	-	=	M	]	m	}
E	1110	SO 移出	RS 记录分隔符	.	>	N	↑	n	—
F	1111	SI 移入	US 单元分隔符	/	?	O	←	o	DEL 删除

1.3 工业控制计算机简介

一般微型机往往在实验室、办公室或在家庭中使用,而机电一体化系统中的微型机则必须为工业控制机或按工业环境要求设计的微型机,其要求是可靠性高、抗干扰能力强、环境适应能力强。

一般的把适合于工业环境使用的微型计算机系统称之为工业控制计算机。一般也称为 IPC。

严格说来,所谓工业控制计算机,是指那些满足下述条件的计算机系统:

- (1)能够提供各种数据采集和控制功能。
- (2)能够和工业对象的传感器、执行机构直接接口。
- (3)能够在苛刻的工业环境下可靠运行。

1.3.1 工业计算机的特点

工业控制计算机与信息处理机(商业计算机或家用计算机)相比较,具有以下主要特点:

- (1)丰富的过程输入/输出(I/O)功能。

工业控制机是与工业生产控制系统紧密结合,主要面向机电一体化产品和成套装置控制应用的要求,与生产工艺过程和机械设备相匹配的一个有机组成部分。它必须与调节控制仪表、显示仪表、检测仪表、执行器,以及联锁保护系统联用,才能完成对各种设备和工艺装置的控制。因此,除了计算机的基本部分如 CPU、存储器外,还必须有丰富的过程输入/输出设备(相对于数据处理机)和完善的外部设备(相对于 PLC 等),这些是工业控制机能否投入运行的重要条件。

- (2)实时性高。



工业控制机应具有时间驱动和事件驱动的能力,要能对生产过程工况变化实时地进行监视和控制。当过程参数出现偏差甚至故障时,能迅速响应,予以判断,及时处理。为此,需配有实时操作系统,完善的中断系统等,没有这些就无法很好地执行工业控制任务。

所谓的“实时”,是指信号的输入、计算和输出都要在一定的时间内完成,亦即“及时”,超出这个时限,就失去了控制的时机,控制也就失去了意义。

(3)高可靠性。

工业生产过程通常是昼夜连续的,一般的生产装置要几个月甚至一年才大修一次,这就要求工业控制机可靠性尽可能的高。它要求:

1)低故障率。一般来说,要求工业控制机的平均故障间隔时间(MTBF)不应低于数千甚至上万小时。

2)短的故障修复时间(MTTR)。采用冗余技术,更换模板容易,能够热拔插。

3)运行效率高。一定时间内(例如一年),运行时间占整个时间的比率一般要求 99%以上。

(4)很高的环境适应性。

工业环境恶劣,必须采取必要的措施,适应高温、高湿、腐蚀、振动冲击、灰尘等环境。工业环境电、磁干扰严重,供电条件不良,工业控制机必须有极高的电磁兼容性,有高抗干扰能力和共模抑制能力。

(5)丰富的应用软件。

工业控制软件正向结构化、组态化发展。建立模型,为寻找生产过程的最佳工况,在进行控制时要注意建立生产过程规律的数学模型,建立标准控制算法并加以固化。

(6)技术综合性要求高。

工业控制是系统工程问题。除了要解决计算机的基本部分以外,还需要解决它如何与被测控对象的接口,如何适应复杂的工业环境,如何与工艺过程与企业管理相结合等一系列问题。

1.3.2 工业计算机的种类

1.3.2.1 加固型工业控制计算机

目前流行的一般工业控制计算机多采用全钢标准机架机箱,基本配置与一般 PC 机相同,芯片采用工业级芯片,采用无源母板和 ALL-IN-ONE 主板,留有多个槽口供插入各类 I/O 模板作扩展之用,选用工业级抗干扰电源,机箱带防震夹,采用半导体虚拟存储器磁盘卡和加保护膜键盘。如图 1.4 所示这些结构上的改造提高了工业控制计算机对工业现场环境的适应性。但就其本质而言还只是一般 PC 机的改良型,还必须在可靠性,抗干扰能力及模板设计等方面采取新的措施。

1.3.2.2 面板式工业控制机

如图 1.5 所示,这是一种紧凑型的工业控制机。它是一种将主机、显示器(触模式屏幕,可代替键盘)、电源、软盘驱动器和串行接口集中在一起的一体化工业控制机,具有体积小、重量轻的特点。显示器为超薄型显示器。彩色显示器有 TFT 型及 STN 型。单色显示器有 LCD 和 EL 型之分。这种紧凑型工业控制机非常适用于机电一体化的控制器。



图 1.4 加固型工业控制计算机



图 1.5 面板式工业控制机

1.3.2.3 工业工作站

如图 1.6 所示,这是一种将 IPC 主机、显示器、操作面板集为一体的 IPC 机。主机采用主流 CPU。显示器可采用一般的 14 英寸至 20 英寸彩色 CRT 显示器,也可采用 LCD 显示器。操作面板为操作式键盘。采用 19 英寸机架结构,工业工作站具有很强的信息处理能力和大量的 I/O 扩展槽。可以作为中小型控制系统的工作站或主机。



图 1.6 工业工作站

1.4 请你做一做

任务:计算机中的数制和编码

(1)训练目的。

熟悉计算机中的数制和编码。



(2)训练要求。

熟练掌握计算机中的数制及编码方法。

(3)自主学习内容。

计算机中的数制和编码。

(4)环境要求。

联网的计算机、校园网和 Internet 网、图书馆。

(5)内容与步骤。

1)数字资源与信息检索。学会利用综合性检索数据库、专业期刊数据库的检索工具,搜索并下载所需的电子资源。学会利用这些工具进行本课程有关内容的学习。

2)微机控制技术相关网站。

3)找到相关练习题自主练习,有问题与同学和老师探讨。

本章小结

本章介绍了微机控制的基础知识。介绍了微机的基本概念及微机的发展概况,还简单介绍了微机的应用领域。接着介绍了微机运算基础,包括二进制运算方法、数在计算机中的表示、数的编码方法。还简单介绍了工业控制计算机,对工业计算机的特点、种类也作了一个介绍。

本章重点:微机运算基础,包括二进制运算方法、数在计算机中的表示、数的编码方法。



思考与练习

- 1.1 电子计算机按其性能分类可分为哪几类?
- 1.2 微型计算机的发展主要表现在哪个部件?
- 1.3 电子计算机可以进行几种运算?
- 1.4 数在计算机中是如何表示的?
- 1.5 简单概述二进制编码。
- 1.6 简述工业计算机的特点。
- 1.7 工业计算机的种类。



2 微型计算机系统



学习目标

知识目标

1. 了解微机的硬件组成。
2. 了解微机的软件组成及性能指标。
3. 了解 MCS-51 微型计算机的硬件结构、工作原理及应用系统的设计。

技能目标

1. 初步掌握 MCS-51 微型计算机引脚、时钟与复位电路。
2. 了解 MCS-51 微型计算机的工作过程及工作方式。



2.1 微型计算机系统

微型计算机的分类方法有多种。

按微处理器的位数,可分为:1位机、4位机、8位机、16位机、32位机和64位机等。

按结构,可分为单片机和多片机。

按组装方式,可分为单板机和多板机。

按外形和使用特点,可分为台式微机和笔记本式微机等等。

单片机是最简单的微型机,它仅由一块超大规模集成电路组成,CPU、存储器、I/O接口电路和总线制作在一块很小的芯片上。使用简单的开发装置可以对它进行在线开发。单片机在智能化仪器仪表、家用电器和其它各种嵌入式系统中获得了广泛的应用。

单板机规模比单片机大;它的CPU是一块单独的大规模集成电路芯片,存储器和I/O接口电路也各是一块或几块大规模集成电路芯片。这些芯片加上若干附加逻辑电路和简单的键盘/数码显示器装在一块印刷电路板上,便构成一个单板机。单板机结构简单,价格低廉,性能较好,常用作过程控制和各种仪器、仪表、装置的控制部件。因其各组成部分对用户来说看得见摸得着,易于使用,便于学习,所以普遍用作学习微机原理的实验机型。

多板机即通常所说的台式微机,系指由CPU芯片、存储器芯片、I/O接口电路、I/O适配器和必要的外部设备(键盘、CRT显示器、磁盘和光盘驱动器等)组成的整机系统。CPU、ROM、RAM、I/O接口都装在系统板(又叫主板)上。系统板上另有一些扩展插槽,用于插入存储板和I/O适配板以扩充存储器容量和增加外设。系统板、扩充板、磁盘光盘驱动器和系统电源等一起装在一个方形机箱中,称之为主机。外加一个键盘、一个CRT显示器,便构成了一台完整的微机。这种微机既可作为通用机,用于科学计算和数据处理,也可作为专用机,用于实时控制和



管理等。

2.1.1 微型计算机系统的组成

首先介绍几个基本概念。

(1) 微处理器。

微处理器简称 MP(micro processor)或 CPU,也称为微处理机。是指由一片或几片大规模集成电路组成的具有运算和控制功能的中央处理单元。微处理器主要由算术逻辑部件 ALU、寄存器以及控制器 CU 组成,它是微型计算机的主要组成部分。

(2) 微型计算机。

微型计算机简称为 MC(micro computer)或 mC。以微处理器 CPU 为核心,再配上一定容量的存储器(RAM、ROM)、输入/输出接口电路,这三部分通过外部总线连接起来,便组成了一台微型计算机。

(3) 微型计算机系统。

微型计算机系统简称为 mCS 或 MCS(micro computer system),它以微型计算机为核心,再配备以相应的外围设备、辅助电路和电源(统称硬件)及指挥微型计算机工作的系统软件,便构成了一个完整的系统。

微处理器、微型计算机和微型计算机系统,是三个含义不同但又有密切关联的基本概念,要特别注意对它们的理解和区别。微型计算机系统的组成如图 2.1 所示。下面分别介绍各部分的组成及功能。

2.1.2 微型计算机系统的硬件组成

由图 2.1 可以看到,微型计算机系统的硬件主要包括微型计算机、外围设备和电源,实际上就是用眼能看得见、用手能摸得着的机器系统部分。

2.1.2.1 微型计算机

微型计算机结构框图如图 2.2 所示。由图可知:一台微型计算机主要由微处理器 CPU、存储器、输入/输出接口电路及系统总线构成(虚线上的部分)。

微处理器 CPU 由运算器和控制器两部分组成。运算器主要用来完成对数据的运算,包括算术运算和逻辑运,控制器为整机的指挥控制中心,计算机的一切操作,如:数据输入/输出、打印、运算处理等都必须是在控制器的控制下才能进行。

存储器是一个记忆装置,用来存储数据、程序、运算的中间结果和最后结果。包括随机存取存储器 RAM 和只读存储器 ROM。

输入/输出接口电路是微型计算机与外部设备联系的桥梁,由于外设的种类繁多,工作速度大部分不能和主机相匹配(相对来讲都较慢),因而,主机和外设之间的信息传递都必须经过接口电路加以合理的匹配、缓冲。输入接口连接在主机的输入端,用来将输入设备(如键盘、鼠标等)接收的信息输入到主机内部,而输出接口则接在主机的输出端,用来将主机运算的结果或控制信号输出到输出设备(如 CRT(cathode ray tube)显示器、打印机等)。

CPU 和机器内部各部件的联系,以及和微型机外部设备信息的传递都要通过总线来实现。