

微型计算机系统 原理及应用

(上册)

许 骏 编著

华南理工大学出版社

前 言

《计算机组成原理》、《汇编语言程序设计》和《微型计算机接口技术》是计算机应用专业三门重要的专业基础课，但内容重复和衔接不佳的现象比较严重。事实上，随着超大规模集成电路技术的进步，一度曾为大型机、中型机所特有的计算机系统结构技术正在迅速下移到高档微型计算机中，成为计算机专业人员必须掌握的基本知识。另一方面，随着 C 语言的普及，许多原来用汇编语言写的软件现在可以用 C 语言来编写，汇编语言通常仅用在能体现其速度和与硬件打交道能力的场合，例如接口驱动程序和实时控制软件。至于计算机接口设计，既要用到《计算机组成原理》的基本概念，也需要程序设计方法与技巧，显然是综合性的。本书尝试突破《计算机组成原理》、《汇编语言程序设计》和《微型计算机接口技术》三门课程的界限，使其内容有机结合、相互渗透，组成一门体系完整、结构合理、内容新颖的课程，取名为《微型计算机系统原理与应用》，全书共十二章，分上、下册出版。本书以与 PC/AT 兼容的 386/486 计算机系统为背景，全面介绍高档微型计算机组成原理及系统设计方法、汇编语言程序设计和接口技术。全书强调“系统”的概念，硬件与软件的紧密结合是贯穿全书的主线。本书的显著特色是注重能力的培养，这包括两个方面：一是对主流机型 PC 386/486 计算机系统应用开发的能力，即充分利用微机系统提供的软硬件资源，设计接口卡(板)及应用软件以组成满足应用要求的实际系统；二是以微处理器及其他芯片构成系统的能力，为此本书安排了单片计算机及其应用一章的内容。

计算机技术属高新技术，其应用范围又触及社会的各个角落，作者在组织本书内容时，除注意选材的先进性、系统性和完整性外，还力求尽量缩短与实际工作的距离，做到既方便组织教学，又能直接指导应用。在具体写法上，力求做到内容精练、重点突出、概念清晰，特别注意避免手册式的繁琐叙述。书中给出的程序均全部在 PC386/486 计算机上调试通过，其中很多例子可供读者直接引用。

本书可用作计算机应用专业本、专科教材，也可作为通信、电子、自动化等专业本科生或研究生微计算机技术课的教材。对于从事计算机应用系统开发的科技人员也是一本合适的参考书。

本书是作者对自编的同名讲义进行反复修改、更新和充实而写成的，其中戴国梁、彭毓两同志参加了第二章部分内容的编写。在编写过程中，参考了大量国

内近年出版的专著和教材，对这些文献的作者，在此一并表示感谢。

感谢促成本书出版的华南理工大学出版社以及关心、支持本书编著工作的广东广播电视大学计算机学科教学指导小组。在本书的编写过程中，我得到许多同事的热心帮助，黄惠青、谢敏菁完成了书稿的电脑录入和排版工作，陈力调试了书中的部分程序，他们为本书的出版付出了辛勤的劳动，在此谨表示最诚挚的谢意！

由于作者水平有限，加上时间仓促，不妥之处或错误在所难免，恳请同行和读者批评指正，谢谢。

编著者

1996年2月

目 录

第一章 概论	1
1.1 存储程序概念	1
1.2 计算机系统的硬件组成	2
一、计算机的主要部件	2
二、微计算机系统的总线结构	4
1.3 计算机系统层次结构	7
一、硬件与软件	7
二、计算机软件	7
三、系统层次结构与虚拟	8
1.4 计算机的性能指标	9
第二章 数据的表示及运算方法	10
2.1 数制与转换	10
一、进位制中数的表示	10
二、各种进位制之间的相互转换	12
三、二进制数的优点	14
2.2 数据在计算机中的表示	15
一、数值在计算机中的表示	15
二、非数值数据在计算机中的表示	19
三、数据传送及校验	21
四、逻辑运算	22
2.3 定点加减运算	24
一、原码加减运算	24
二、补码加减运算	25
三、反码加减运算	27
四、溢出	28
2.4 定点乘法运算	29
一、移位	30
二、原码一位乘法	30
三、补码一位乘法	32
2.5 定点除法运算	35

一、原码一位除法	36
二、原码恢复余数法	37
三、原码不恢复余数法	37
2.6 浮点运算方法	39
一、浮点数的表示法	39
二、浮点数加减法	41
三、浮点数乘、除法运算	43
2.7 运算器的组成	44
一、运算器的基本组成	44
二、并行加法器	46
三、串行进位链	47
四、单级分组跳跃进位	48
五、多级分组跳跃进位	50
六、算术逻辑运算部件 ALU	53
第三章 中央处理器(CPU)	54
3.1 控制器概述	54
一、控制器的基本功能及组成	54
二、控制器的实现方法	57
3.2 控制方式	58
一、同步控制与异步控制	58
二、顺序方式与重叠方式	60
3.3 中央处理器(CPU)的结构	61
一、CPU 的内部结构	62
二、CPU 的外部特性	63
3.4 微程序控制技术	64
一、微程序控制的基本概念	64
二、微程序控制原理	65
三、微指令的编码方法	67
四、微程序的顺序控制	68
五、微程序控制器设计	71
3.5 典型的中央处理器	76
一、Intel 80 × 86 CPU 简介	76
二、8086/8088 CPU	77
三、80386 CPU	82
第四章 存储系统	87
4.1 概述	87
一、存储器的分类	87

二、主存储器的基本结构	89
三、存储器的主要性能指标	89
四、存储系统的层次结构	90
4.2 半导体随机存储器	91
一、静态RAM(SRAM)	91
二、动态RAM(DRAM)	96
4.3 半导体只读存储器	100
一、掩膜式ROM(MROM)	100
二、可编程ROM(PROM)	101
三、可擦除可编程ROM(EPROM)	102
4.4 半导体存储器的组成与连接	104
一、存储器容量扩展	104
二、存储器地址译码方式及译码电路	106
三、PC 386/486 主存及其容量扩展	111
4.5 辅助存储器	112
一、磁表面存储器的工作原理	112
二、磁盘存储器	114
4.6 提高存储系统性能的若干技术	118
一、并行主存储器	118
二、高速缓冲存储器(Cache)	120
三、虚拟存储器	125
第五章 指令系统	129
5.1 概述	129
5.2 指令	132
一、指令格式	132
二、操作码的编码	133
三、指令的操作数	134
5.3 8086/386 指令系统	137
一、寻址方式	137
二、指令系统	142
第六章 汇编语言程序设计	167
6.1 汇编语言	167
一、汇编语言语句	167
二、常用伪指令	172
三、结构和记录	178
四、条件汇编与宏代换	182
6.2 DOS 与汇编程序	188

一、汇编程序的建立、汇编、链接和运行	188
二、程序的装载	189
三、完整的汇编程序	192
四、几个常用的 DOS 功能调用	194
五、COM 文件	198
6.3 程序设计的基本方法	199
一、汇编语言程序设计的基本步骤	199
二、程序的基本结构形式	202
三、分支程序设计	207
四、循环程序设计	216
五、子程序设计	224
六、模块化程序设计	237
6.4 非数值处理程序设计	248
一、代码转换	248
二、字符处理	258
三、查找和排序	266
6.5 DOS 功能调用和 BIOS 中断调用程序设计	272
一、一般方法	272
二、使用 DOS 调用的磁盘文件存取程序设计	272
三、使用 BIOS 调用的磁盘 I/O 程序设计	279
6.6 汇编语言与 C 语言的接口	286
一、调用协定	286
二、C 程序调用汇编语言子程序的实现步骤	287
三、编程举例	289
四、获得汇编函数(子程序)框架的方法	290
附录 A IBM PC ASC II 码字符表	296
附录 B 8086/386 指令表	297
附录 C PC-DOS 的软件中断与系统功能调用	304
参考文献	310

第一章 概 论

本章从存储程序的概念出发,用框图说明微型计算机系统的基本组成原理,简述计算机系统的硬件组成、软件组成以及层次结构等,让读者一开始就对计算机系统建立一个整体概念,对各功能部件有一个简单的了解,为以后各章的深入讨论作好准备。

1.1 存储程序概念

计算机能够高速、自动、精确地完成数据采集与处理、过程控制以及复杂科学计算等工作,但它的这些本领完全是人赋予的,计算机自己并不能主动思维(至少在目前是这样),一切均听从人的安排。当我们要求计算机完成某项工作时,例如要解一道复杂的数学题,就必须设法把复杂的解题方法分解成许多简单操作能实现的细小步骤,这些简单操作必须是计算机能实现的基本操作,由这些基本操作按一定顺序排列起来实现解题任务的步骤称之为“程序”,每一种基本操作称为一条“指令”。指令就是人对计算机发出的一道工作命令,它通知计算机执行某种操作。

例 计算 $y = ax^2 + bx + c$

先对其进行如下形式的变换:

$$y = (ax + b)x + c$$

计算步骤如下:

- (1) 计算 $a \times x$;
- (2) 计算 $a \times x + b$;
- (3) 计算 $(a \times x + b) \times x$;
- (4) 计算 $(a \times x + b) \times x + c$ 。

根据上述计算步骤,用计算机的指令(例如取数、存数、乘法、加法等)就可编制出解题程序。计算机工作时,依次执行每条指令就能完成解题任务。显然,在计算机开始工作前,要把预先编好的程序和数据通过一定的方式送到有记忆功能的部件——存储器中保存起来。这就是计算机自动连续工作的基础——存储程序原理。

存储程序概念是冯·诺依曼(Von Neumann)于1946年在一篇题为“电子计算机装置逻辑结构初探”的报告中首先提出来的,他同时提出了一个完整的现代计算机雏型。这个报告的要点可以概括为以下几点:

- (1) 计算机应包括运算器、控制器、存储器、输入装置和输出装置五大基本部件。
- (2) 计算机内部采用二进制形式表示指令和数据。
- (3) 将编好的程序和原始数据事先存入存储器中,计算机工作时能够自动高速地从存储器中取出指令并执行,这就是存储程序的基本含义。

这样一些概念奠定了现代计算机的基本结构，开创了程序设计的时代。近半个世纪以来，虽然计算机技术的发展是惊人的，但就其结构原理而言，目前绝大多数计算机仍是建立在“存储程序”概念基础上的，即所谓的冯·诺依曼型计算机。当然，现代计算机与早期的计算机相比在结构上还是有许多改进，例如原始的冯·诺依曼计算机在结构上是以运算器为中心的，演变到现在，已转向以内存系统为中心了，图 1-1 给出计算机最基本的组成框图。

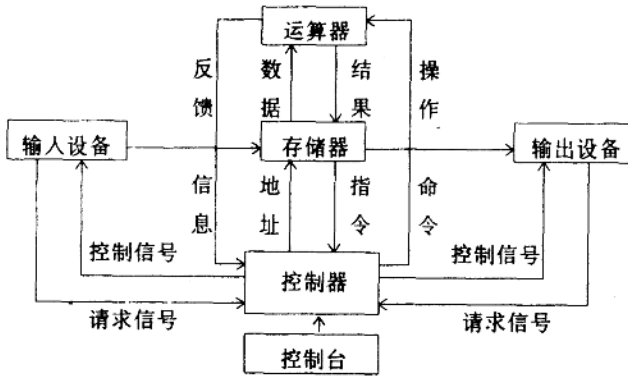


图 1-1 计算机的简单框图

为使计算机按预定要求工作，必须先编制好程序。操作人员将程序和原始数据通过输入设备送入存储器，启动计算机运行后，计算机就从存储器中取出指令送到控制器去识别、分析该指令要做什么事，控制器根据指令的含义发出相应的命令控制存储器和运算器操作。例如将某存储单元中存放的数据取出，送往运算器进行运算，再把运算结果送回指定的存储单元或通过输出设备输出。操作员可以通过控制台启动或停止机器的运行，或对程序的执行进行某种干预。

随着计算机技术的不断发展，也暴露出冯·诺依曼型计算机的一些缺点，目前已出现了一些突破冯·诺依曼结构的计算机，统称非冯结构计算机，如数据流计算机、智能计算机等，本书讨论的范围仅限于冯·诺依曼结构计算机。

1.2 计算机系统的硬件组成

一、计算机的主要部件

1. 运算器

运算器是一个信息加工部件，经常进行的运算是算术运算和逻辑运算。因此，运算器的核心是算术逻辑运算部件(Arithmetic and Logical Unit,简称 ALU)。由于四则运算加、减、乘、除等算法都归结为加法与移位操作(详见第二章)，因此加法器的设计是算术逻辑线路设计的关键。运算器中还有若干个寄存器，用于暂存数据，这些寄存器的存取速度比存储

器快得多。

2. 控制器

控制器是整个计算机的指挥中心，它控制与协调整机各部件有条不紊地自动工作。控制器从主存中逐条地取出指令进行分析，翻译指令码，安排操作顺序，向各部件发出相应的操作信号，控制它们执行指令所规定的操作。

控制器最基本的组成部分一般有：指出指令执行顺序的程序计数器(PC)；寄存现行指令的指令寄存器(IR)，分析指令的指令译码器(ID)，直接向全机发出控制命令串的控制信号形成部件，以及产生计算机工作所需的定时信号的时序部件。

由于运算器和控制器不论在逻辑关系上或是在结构工艺上都有十分紧密的联系，往往组装在一起，通常将这两个部分合称为中央处理器(Central processing Unit，简称 CPU)。在微型计算机中，CPU 就是一块超大规模集成电路芯片，也称为微处理器芯片。

自从微处理器和微型计算机问世以来，按照 CPU 字长和功能的不同可划分为四代。

第一代(1971 ~ 1973 年)是 4 位和低档 8 位微机，代表产品是 Intel 公司的 4004 微处理器。

第二代(1974 ~ 1978 年)是中高档 8 位微机，Intel 公司的 8080 和 8085、Motorola 公司的 MC6800、Zilog 公司的 Z80 等是这一时期有代表性的 CPU。

第三代(1978 ~ 1981 年)是 16 位微机，如 8086、MC68000 和 Z8000。

第四代(1981 年以后)是 32 位微机，典型的 CPU 有 80386、MC68020。Intel 公司在 80386 之后推出的 80486 CPU，整个芯片集成了约 120 万个晶体管。

3. 存储器

存储器是用来存放程序和数据的部件，它是一个记忆装置，是计算机能够实现存储程序工作原理的基础。存储器的工作过程可分为读出过程和写入过程。在计算机系统中，规模较大的存储器往往分成若干级，称为存储系统，图 1-2 是常用的三级存储系统。

主存储器可由 CPU 直接访问，通常由半导体动态存储器 DRAM 构成，存取速度较快但容量不大，一般用来存放当前运行的程序和数据。CPU 与主存储器是信息加工、处理的主要部件，通常把这两部分合称为主机。外存储器(也称辅助存储器)，如磁盘存储器、光盘存储器等设置在主机外部，它的存储容量大，价格较低，但存取速度较慢。一般用来存放当前不参与运行的程序和数据。由于外存储器不能直接与 CPU 交换信息，在需要时要把信息从外存传送到主存，因此外存是主存的补充和后援。随着 CPU 速度的提高，采用 DRAM 芯片构成的主存储器与 CPU 的速度差异越来越明显，其结果是快速的 CPU 要插入等待状态从而影响整个计算机系统的工作速度，倘若主存采用高速的静态 RAM(SRAM)，则主机的价格将大大提高，这是不合算的。在 CPU 与主存之间设置一级高速缓冲存储器(Cache)是较理想的方案。Cache 得以实现的先决条件是程序访问的局部性原理，Cache 通常采用高速静态 RAM 组成，用来存



图 1-2 三级存储系统

放当前一段时间间隔要执行的局部程序段和数据的副本。

主存是由若干个存储单元组成的，每个单元可存放一串若干位的二进制信息。全部存储单元统一编号，称为地址码。要特别注意把存储单元的地址和存储单元里存放的内容(数据或指令)区分开。

存储系统在本书第四章讨论。

4. 输入/输出设备(I/O)

输入/输出设备是实现人与计算机相互联系的重要部件，其主要功能是实现人-机对话、数据输入与输出以及各种形式的数据变换等。最常用的输入设备有键盘和鼠标器，随着多媒体技术的发展，用触摸屏和扫描仪作输入设备也逐渐增多。最常用的输出设备是CRT显示器、打印机和绘图仪等。

通常把主机以外的其它部分如输入/输出设备、外部(辅助)存储器等称为外围设备或外部设备(简称外设)，计算机接口技术主要是研究这些外设与主机的接口原理及实现方法。

以微处理器为核心，配上存储器、输入/输出接口电路及系统总线便可组成微型计算机。以微型计算机为中心，配以相应的外部设备以及系统软件，构成微型计算机系统。微型计算机系统以其很高的性能/价格比，应用越来越广泛。目前，主流机种是32位微型计算机PC 386/486。

二、微计算机系统的总线结构

微计算机体系结构特点之一就是采用总线(Bus)，所谓总线是一组能为多个部件服务的公共信息传送线路，它能分时地发送和接收各部件的信息。总线结构是主机部分与其它外设连接的一种策略，可以提高微计算机系统扩充主存容量及外设的灵活性，下面是几种典型的总线结构。

1. 以CPU为中心的双总线结构

图1-3是以CPU为中心的双总线结构。一组总线是CPU与主存储器之间的信息交换通路，称为存储总线，另一组总线是CPU和I/O设备(外设)之间的信息交换通路，称I/O总线。

这种结构的优点是比较简单，但由于外设与主存间的信息交换必须通过CPU来进行，使本来可以高速工作的CPU要花费大量的时间来进行信息交换，因而降低了CPU的工作效率。

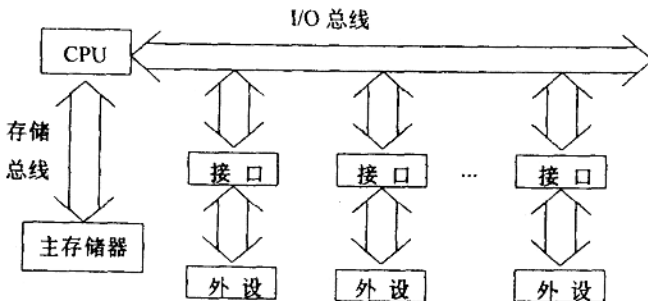


图 1-3 以 CPU 为中心的双总线结构

2.单总线结构

这种结构把各大部件都连接在单一的一组总线上,所有各部件间的信息交换都由单总线进行,如图 1-4 所示。CPU 与主存、CPU 与外设之间可以直接互连通讯,主存与外设、外设与外设之间也可以直接互连通讯(不需经过 CPU)。

这种结构提高了 CPU 的工作效率,而且外设连接灵活,易于扩充。但由于所有部件都挂在同一单总线上,单总线又只能分时工作,故同一时刻只允许在一对设备(或部件)间传送数据,这使信息传送的吞吐率受到了限制。单总线结构广泛应用于速度不是很高的微型计算机系统中。

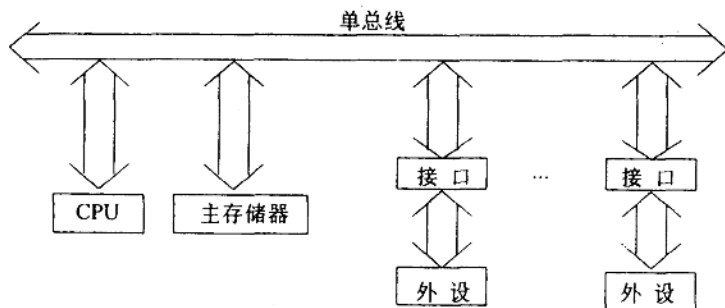


图 1-4 单总线结构

3.面向存储器的双总线结构

图 1-5 为面向存储器的双总线结构,这种结构保持了单总线结构的优点,又在 CPU 和主存之间专门设置了一组存储总线。这是因为 CPU 和主存之间需频繁地交换信息,采用专用的存储总线可提高存取速度并减轻了系统总线的负担,但是硬件代价有所增加。

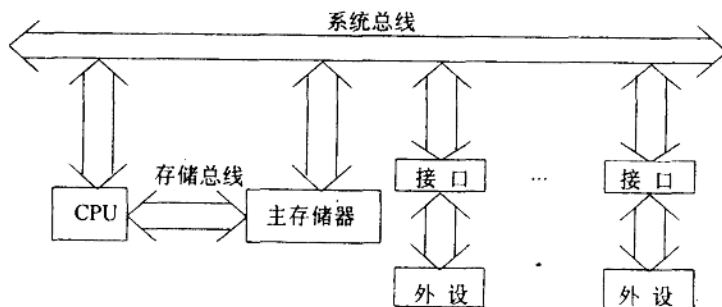


图 1-5 面向存储器的双总线结构

上述三种总线结构在实际机器的使用中通常有一些变化。

自 1973 年以来,得到 LSI/VLSI 技术支持的微处理器及微型计算机空前广泛地深入到各个领域,使计算机技术的应用呈现出前所未有的繁荣。目前最流行的 IBM PC 系列计算

机已经历了 8086/8088、80286、80386、80486 以及奔腾 586 五个时期，也就是五个档次。系列机的各个档次机器具有相同的系统结构，从指令系统上看，高档机的指令系统都把低档机的指令系统包括在内，即低档机的指令系统是高档机指令系统的一个子集。如 Intel 80386、80486 都与 8086 兼容。现在计算机用户使用的大多为 386 或 486 系统，这也是当今电脑市场的主流机种。系列机的核心问题之一就是软件兼容性的设计思想，软件兼容有向上兼容和向下兼容两个含义：向上兼容指的是按某档机器编制的程序，不加修改就能运行于比它高档的机器；向下兼容指的是按某档机器编制的程序，不加修改就能运行于比它低档的机器。系列机的软件兼容一般可以做到向上兼容，但向下兼容则要看什么样的程序，并不是都能做到的。软件兼容的思想使得不同的生产厂家可以采取不同的技术，生产出与某个机种在软件上兼容的各种各样的计算机，统称为某个机种的兼容机。如目前大量出现的 IBM PC 的兼容机，就能与原装机在软件上实现兼容。

微计算机系统一般采用这样的组织方法：把 CPU、总线控制逻辑、定时逻辑、主存储器等构成基本系统所必须的逻辑电路组装在一块印刷电路板上，这就是所谓的系统板或主机板，它固定安装在计算机机箱内的底板上。主板的系统初始化软件包括初始化 BIOS、初始化 CMOS 和初始化芯片三部分。主板上通常以内存条形式配置有 4M ~ 32M 不等的主存储器。系统板上提供多个插件槽，每个插槽都可以插入另一块印刷线路板，系统板上接到这些插件槽上的全部信号线称为系统总线，各插座上信号的排列是完全相同的。常用的总线标准有 ISA 总线和 EISA 总线，近年来，局部总线(Local Bus)技术逐步应用于高性能微计算机系统中。构成完整的微计算机系统所包括的外部设备接口卡，如 CRT 显示器适配卡、软/硬盘驱动卡等插入系统板的插槽中，通过系统总线与主板相连接。任何新增加的外部设备，只要按照插槽上的总线信号约定设计接口逻辑电路并制作成总线槽上使用的接口卡(I/O 卡)，都可以“挂”在总线上，使之成为微计算机系统的一部分。

CRT 显示器是计算机重要的输出设备，目前大量使用视频图形阵列 VGA 以及 TVGA 等视屏标准。通常所说的 28 和 31 是指显示器的点间距，点间距越小，显示器的分辨率越高，超级 VGA 卡(TVGA)是显示器与计算机(主机)之间的接口，也称显示适配卡，它支持显示器达到最高分辨率(如 1024 × 768)及颜色数(如 256 色)。目前流行的 TVGA 卡有 TVGA-8900 系列和 TVGA-9000 系列，除在技术上有些差异外，主要的差别是显示适配卡上的显示存储器容量(512K ~ 1MB)，它们在寄存器级完全兼容。目前广泛使用的 386/486PC 机的外部存储器主要是软盘、硬磁盘和 CD-ROM(光盘)等，其中软盘按容量可分为 360K、720K、1.2M、1.44M 等多种，但使用最多的是 5.25 英寸 1.2MB 高密度软盘和 3.5 英寸 1.44MB 软盘。从目前计算机应用情况看，Windows 取代 DOS 是必然趋势，因此硬磁盘容量宜大些，一般在 540M 以上。集成电路技术的发展和门阵列电路的应用，不仅简化了系统板(主板)结构，也大大简化了外设接口卡(I/O 卡)的结构，现在常用的多功能卡就可以把下列接口控制功能都包含在一块接口板上：

- 一个软盘控制器，支持两个软磁盘驱动器
- 一个硬盘控制器，能驱动两个硬盘
- 两个异步串行口
- 一个并行打印机口
- 一个游戏接口

多功能卡的串行接口通常用来连接调制解调器 MODEM、串行打印机、鼠标器等串行设备(通过 RS-232C 标准接口连接)。

因此, 386/486 PC 兼容机一般只需在主板插槽上插两个卡: 一个多功能 I/O 卡和一个 TVGA 彩显卡(使用单色显示器时是一个单显卡)。这样用户自己动手装配一台 386/486 计算机, 将是十分简单的事情。

1.3 计算机系统层次结构

一、硬件与软件

一个完整的计算机系统包含硬件和软件两大部分, 硬件通常是指设备实体, 如 1.2 节介绍的主板、接口卡及各种功能的外部设备等, 软件通常是泛指各类程序和文件, 实际上是由一些算法及其在计算机中的表示构成。没有硬件的支持就谈不上软件的编制和软件执行, 软件是在硬件基础上建立的, 硬件通过自己可执行的各种基本操作——指令系统来支持软件。反之没有软件的硬件“裸机”犹如一堆废物, 因为计算机的功能是通过执行软件来体现的。因此, 硬件和软件是相辅相成、不可分割的整体。然而计算机的硬件和软件正朝着互相渗透、相互溶合的方向发展, 在计算机系统中没有一条明确的硬件与软件的分界线。由软件实现的操作, 在原理上可以由硬件来实现。同样, 由硬件实现的许多操作在原理上也可以由软件的模拟来实现。例如, 乘法功能可以用设置硬件乘法器来实现, 此时指令系统中含有乘法指令, 但也可以只设置加减运算器硬件, 用程序实现乘法运算。由此可见, 硬件和软件之间的界面是浮动的, 对于程序设计人员来说, 硬件和软件在逻辑上是等价的。在一个计算机系统中, 硬件与软件之间功能分配及相互配合问题是设计的关键问题之一, 通常需要综合考虑价格、速度、存储容量、灵活性、适应性以及可靠性等诸多因素。

二、计算机软件

计算机系统的软件主要有系统软件和应用软件两大类。

1. 系统软件

所谓系统软件, 就是用来扩大计算机的功能、提高计算机的工作效率、方便用户使用计算机的软件。如操作系统、故障诊断程序、各种语言的编译程序等。它是构成计算机系统的一部分, 通常称为软“设备”, 以区别于计算机的硬件设备。

操作系统是对计算机系统资源(包括硬件和软件)进行管理和控制的程序, 是用户和计算机的接口。

为了判断机器是否正常工作, 当出现故障时能判明出错部位, 许多系统配置了故障诊断程序, 在日常维护机器时能帮助寻找故障。

编译程序充当了“翻译”的角色, 它将高级语言编写的源程序翻译成由机器语言组成的目标程序。高级语言是一种通用的程序设计语言, 它不依赖于具体的计算机, 但高级语言必须配置了相应的编译程序后才能在这台计算机上使用, 例如 Pascal、FORTRAN 和 C

语言等，这在有关课程中已学习过了。本书要介绍一种用助记符表示的面向机器的程序设计语言——汇编语言，把由汇编语言编写的源程序翻译成目标程序的工作是由汇编程序(MASM)完成的。

上面列举的仅是系统软件的部分内容。事实上，系统软件正在迅速发展且日趋丰富，使计算机的功能越来越强，人机界面更加友好。

2. 应用软件

应用软件是为解决某个应用领域中的具体任务而编制的程序，如各种科学计算程序、数据统计与处理程序、情报检索程序、企业管理程序、生产过程自动控制程序等。由于计算机已应用到几乎所有的领域，因而应用程序是多种多样的。目前应用软件正向标准化、模块化方向发展许多通用的应用程序可以根据其功能组成不同的程序包供用户选择。

应当指出，应用软件是在系统软件的支持下工作的。

三、系统层次结构与虚拟

计算机系统可以按功能划分成多层次结构，如图 1-6 所示。第一级是微程序级，这是一个实在的硬件级。大多数计算机采用微程序控制技术，每条机器指令由一串微指令(微操作)来实现，而这些微操作要直接由硬件实现，因此，微程序级是计算机系统层次结构中最基本的层次。

第二级是机器语言级，这也是一个硬件级，而且是一个计算机系统不可缺少的一级，实际上它就是 CPU 所配置的机器指令。

本书第三章和第五章分别介绍微程序级和机器语言级(指令系统)，学习这些内容将有助于了解一台计算机实际上是怎样工作的。

第三级是操作系统级，它由操作系统程序实现。

第四级是汇编语言级，它为程序员提供一种符号形式(助记符)语言。这一级由汇编程序支持，本书第六章介绍汇编语言程序设计方法。

第五级是高级语言级，由高级语言的编译程序支持。

在图 1-6 的多级结构中，除去第一、二级是实际机器外，上面三级均为虚拟机，所谓虚拟机是指这个计算机只对该级的观察者存在。例如用不同层次的程序设计语言编制程序，就对应了不同层次的虚拟机。

不同计算机系统之间的多级层次结构的划分是有差别的。

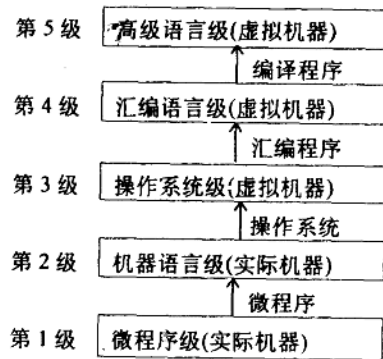


图 1-6 计算机系统的多层结构

1.4 计算机的性能指标

计算机的基本性能一般从以下几个方面来衡量：基本字长、主存容量、运算速度、外围设备的配置、系统软件的配置等。

1. 基本字长

基本字长是指参与运算的数的基本位数。它决定着寄存器、加法器、数据总线等部件的位数，因而直接影响着硬件代价。字长越长，计算的精度越高。为适应不同需要并兼顾精度与硬件代价的关系，很多计算机允许变字长计算，例如半字长，双字长等。

2. 主存容量

一个主存储器所能存储的全部信息量称为主存容量。通常，以字节数来表示存储容量，每 1024 个字节称为 1 K 字节($2^{10}=1K$)，每 1024K 字节称为 1M 字节($2^{20}=1M$)。在以字为单位的计算机中，也可用字数乘以字长来表示存储容量，如 4096×16 表示有 4096 个单元，每个单元字长为 16 位。计算机的存储容量越大，存放的信息就越多，处理问题的能力就越强。

3. 运算速度

由于计算机执行不同的操作所需的时间可能不同，因而对运算速度的衡量有不同的方法。第一种方法是根据不同类型的指令出现的频繁程度，乘以不同的系数，求得统计平均值，这样得到的速度是平均运算速度。第二种方法是具体指明定点加、减、乘、除或浮点加、减、乘、除运算各需多少时间。第三种方法是给出每秒能执行的指令条数(IPS)，一般是指执行加、减运算这类短指令的条数。目前计算机文献中常使用每秒百万次整数运算 MIPS 和每秒百万次浮点运算 MFLOPS 作为运算速度的单位。对于相同类型的计算机，通常以时钟频率比较它们的运行速度，例如，目前以 80386 CPU 为核心的微机系统的时钟频率就有 25M、33M、50M 等多种。

4. 外围设备的配置

指允许配置外围设备的数量与输入输出处理能力。

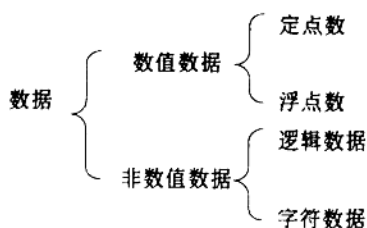
5. 系统软件的配置

指的是系统中的软设备，例如是否有功能很强的操作系统和丰富的高级语言，是否有多种应用软件等。

衡量一台计算机性能的指标还有很多，在此不一一列举了。需要指出的是，衡量一台计算机的优劣，应该全面综合考虑而不能片面强调某一项指标，通常以性能价格比作为综合性指标。

第二章 数据的表示及运算方法

计算机内部的信息分为两大类型：控制信息和数据信息。控制信息指挥计算机如何操作，数据信息是计算机加工的对象。控制信息主要是指令，数据信息包括数值数据和非数值数据。数值数据有确定的数值，能表示大小，可以在数轴上找到确定的点。表示一个数值数据的三个基本要素是：小数点表示、进位计数制与符号表示。非数值数据没有确定的数值，主要包括有逻辑数据和字符数据。它们的从属关系如下：



计算机对数据进行两种基本运算，即算术运算和逻辑运算。实现这两种基本运算的设备称为运算器，它由算术逻辑部件、寄存器和总线等组成。

运算器的具体逻辑结构与数的表示方法（即数据格式）、计算功能以及运算方法等有关。

2.1 数制与转换

日常生活中常用十进制数，它包括 0, 1, 2, …, 9 这十个数码，逢十进位。在计算机中所有的数据都是以二进制代码的形式存储、处理和传送的。此外还有八进制数、十六进制数等等。因此，有必要研究不同进制中数的表示方法及其转换关系。

一、进位制中数的表示

在十进制系统中，任意一个数都可以写成如下的多项式形式：

$$\begin{aligned} N &= \pm(d_n d_{n-1} \cdots d_i \cdots d_1 d_0 d_{-1} \cdots d_{-m})_{10} \\ &= \pm[d_n \times 10^n + d_{n-1} \times 10^{n-1} + \cdots + d_1 \times 10^1 + d_0 \times 10^0 + \cdots + d_{-m} \times 10^{-m}] \\ &= \pm \sum_{i=-m}^n (d_i \times 10^i) \quad (m, n \text{ 都为正整数}) \end{aligned}$$

例如：

$$1039.807 = 1 \times 10^3 + 0 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 9 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 0 \times 10^{-2} + 7 \times 10^{-3}$$

从上可见：