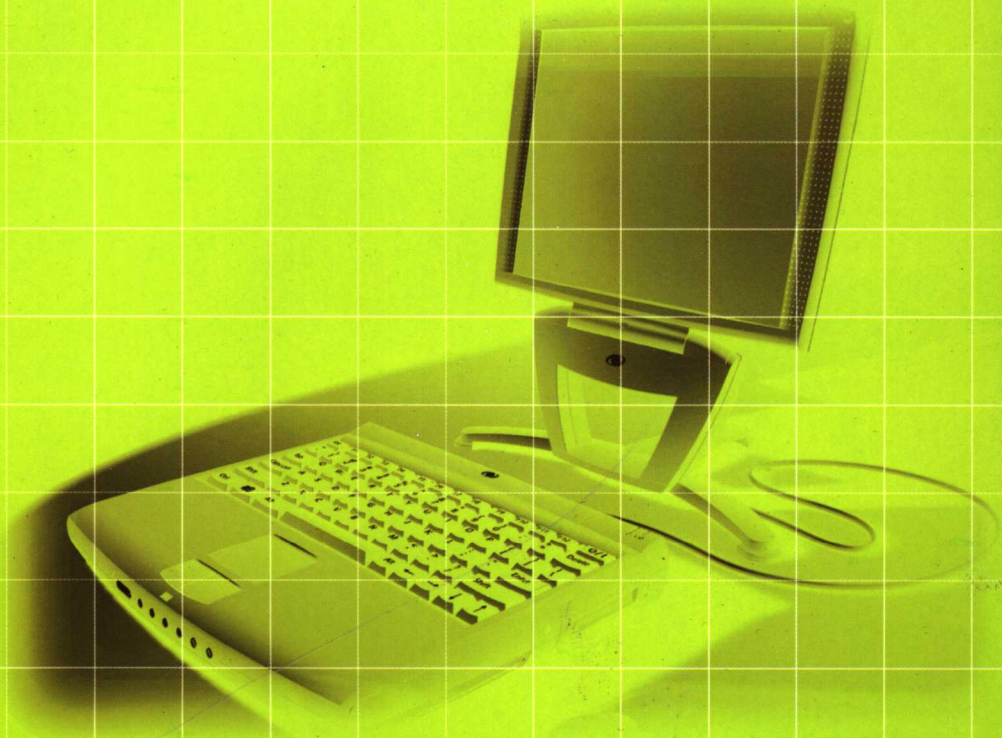


C 全国职业教育计算机类系列教材

# J 计算机 组成原理

ISUANJI 谭 忠 主编

ZUCHENGYUANLI



东南大学出版社  
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

全国职业教育计算机类系列教材

# 计算机组成原理

主 编 谭 忠

参 编 (按姓氏笔画排序)

居晓琴 韩 弢 裴海红

东南大学出版社

## 内 容 提 要

全书共分7章,系统地介绍了计算机系统的组成和工作原理。内容包括:计算机系统概论,数据编码与数字逻辑,运算方法和运算器,指令系统与控制器,存储器与存储系统,系统总线,外设与输入输出系统。

本书是作者对“计算机组成原理”这一基础课程的体系、方法和内容等进行的探索和改革之成果体现。全书内容全面、概念清晰、语言简练、系统性强、例题经典、图文并茂,各重要知识点后均配有教学方法介绍或学习方法点拨,极富创意。

本书适合高职高专及中等职业技术学院计算机专业及相关专业使用,亦可供相关职业人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理/谭忠主编. —南京:东南大学出版社,2005.1

ISBN 7-81089-826-4

I. 计... II. 谭... III. 计算机体系结构—高等学校:技术学校—教材 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 131126 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 常州市武进第三印刷有限公司印刷  
开本:787mm×1092mm 1/16 印张:12.5 字数:312千字

2005年1月第1版 2005年1月第1次印刷

印数:1—4000册 定价:20.00元

(凡有印装质量问题,可直接向发行部调换。电话:025—83795801)

# 出版说明

全国职业教育计算机专业建设研讨会于2004年7月18日在湖北三峡职业技术学院召开,来自上海、江苏、山西、辽宁、贵州、黑龙江等40多位职业技术学院的代表参加了会议。

在本次会议上,与会专家学者对目前职业教育的现状进行了深刻地分析,特别对计算机专业建设提出了独到的见解。他们一致认为:计算机专业建设要与教学改革相结合,以市场需求为导向,以教材建设为基础。因此,会议决定为配合计算机专业建设,编写一套适合职业教育的计算机系列教材,要求突出职业特点,有创新思想,以“考证”为切入点,加强实践环节。

根据各校计算机专业建设和课程设置情况,本次会议由全国职业教育计算机类教材建设委员会秘书长孔繁华组织各院校计算机专业教师确定了首批教材建设的选题,以后还将随着专业建设的深入及计算机技术的发展,逐步形成一套完善的、切合实际的计算机职业教育系列教材。

全国职业教育电子信息类教材编委会总要求:坚决贯彻职业教育的要求,即基础适度够用、加强实践环节、突出职能教育,把握职业教育电子信息类专业课程建设的特点;立足当前学生现状,面向用人单位(市场),打破条条框框,少一些理论,多一些技能教育;采取逆向思维的方式编写,即从市场需要什么技能来决定学生需要什么知识结构,并由此决定编写什么教材。

全国职业教育电子信息类教材编委会会员单位:

南京信息职业技术学院

本溪电子工业学校

扬州电子信息学校

河南信息工程学校

大连电子工业学校

黑龙江信息技术职业学院

本溪财贸学校

山西工程职业技术学院

四川省电子工业学校

锦州铁路运输学校

内蒙古电子信息职业技术学院

江苏海事职业技术学院

黑龙江农业经济职业技术学院

南通纺织职业技术学院

湖北三峡职业技术学院

长沙市电子工业学校

山西综合职业技术学院

北京信息职业技术学院

福建省电子工业学校

山西省邮电学校

新疆机械电子职业技术学院

山东信息职业技术学院

哈尔滨机电工程学校

上海机电工业学校

贵州省电子工业学校

南京交通职业技术学院

扬州职业大学

南通航运职业技术学院

全国职业教育电子信息类教材编委会

2005年1月

# 前 言

本书按照全国职业教育电子信息类教材编委会系列教材总体规划的要求,吸收《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》的研究成果,结合当前我国职业教育发展的需要而编写,侧重于讲授计算机基本部件的构造和组织方式,基本运算的操作原理以及部件和单元的简单设计思想等。

本书以组成计算机的五大功能部件为主线,按循序渐进规律逐步展开,分别为运算器、控制器、存储器与输入输出系统。首先由前续课程《计算机应用基础》和数学常识作为切入点,介绍计算机系统概况和数制、定点数四则运算,从而让学生由数学概念自然过渡到计算机中运算的概念;由前续课程《数字电路》中的逻辑代数与逻辑电路自然过渡到计算机中实现各种功能的逻辑部件……本人经过多年教学实践发现:采用这种介绍顺序并辅以“比较教学法”可以有效地消除学生对于理论性较强课程的畏难情绪。另外,书中还配备了大量经典例题,推荐了多种新颖的教学方法。我们就是要传递给学生这样一种理念——这是有用的知识、这是有效的方法,你可以并应该使用它解决实际问题!为加强感性认识,在书中还插入了相当数量的实物图片,以求形象、直观、简明、易懂。此外,考虑职业教育特点,我们对本课程内容做了必要的删略,真正把握只讲有用的,强调技能性和实用性。

本书特色:

(1) 全书以组成计算机的五大功能部件为主线,脉络明晰,逻辑顺序严谨,遵从认识规律,各章过渡自然。

(2) 全书遵循一个原则:以必需够用为度,由浅入深,深入浅出,通俗讲解,学以致用。强调技能性和实用性。

(3) 将学习方法与教学方法贯穿整个体系,有效的方法是使知识变为力量的保障,对于原理类课程,不仅要讲授知识,更应该告知学生如何高效率地掌握知识的方法以及认识到方法对于课程学习的重要。

(4) 全书采用大量实例讲授和实物图片展示,其实用性和实效性显而易见。

(5) 每章后有单元小结,总结本章内容,理顺知识点间的逻辑顺序;并编有思考与练习题,使学生能及时运用所学知识解决问题,从而形成理论与实践的最佳结合。

本课程教学计划课时 68 学时,思考与习题部分可另外适当安排课时。

本书由谭忠任主编,并编写了第 1 章、第 2 章第 1 节、第 5 章第 1、2、4 节,居晓琴编写第 3、4 章,裴海红编写第 2 章第 2 节和第 6 章,韩弢编写第 5 章第 3、5 节和第 7 章,全书由谭忠统稿。

本教材由湖北三峡职业技术学院孔繁华副教授担任主审,在此向他表示衷心的感谢。

编 者

2004 年 11 月

# 目 录

<b>1 计算机系统概论</b> .....	( 1 )
1.1 计算机的分类及应用 .....	( 1 )
1.1.1 计算机的分类 .....	( 3 )
1.1.2 计算机的应用 .....	( 6 )
1.2 计算机的硬件 .....	( 8 )
1.2.1 计算机硬件的基本构成 .....	( 8 )
1.2.2 计算机硬件的主要技术指标 .....	( 11 )
1.2.3 计算机的工作过程 .....	( 13 )
1.3 计算机的软件 .....	( 14 )
1.3.1 计算机软件的组成与分类 .....	( 15 )
1.3.2 程序设计语言及其编译 .....	( 16 )
1.4 计算机系统的层次结构 .....	( 17 )
1.4.1 多级组成的计算机系统 .....	( 17 )
1.4.2 计算机软件与硬件的逻辑等价性 .....	( 19 )
思考与练习 1 .....	( 20 )
<b>2 数据编码与数字逻辑</b> .....	( 22 )
2.1 数据与文字的编码 .....	( 22 )
2.1.1 进位计数制与数制转换 .....	( 23 )
2.1.2 数值数据的表示 .....	( 27 )
2.1.3 非数值数据的表示 .....	( 33 )
2.2 逻辑代数与逻辑电路 .....	( 37 )
2.2.1 逻辑代数 .....	( 37 )
2.2.2 逻辑电路 .....	( 40 )
2.2.3 加法器 .....	( 43 )
2.2.4 寄存器 .....	( 43 )
2.2.5 计数器 .....	( 45 )
思考与练习 2 .....	( 47 )
<b>3 运算方法和运算符</b> .....	( 49 )
3.1 定点数加减运算 .....	( 49 )
3.1.1 原码加减法运算 .....	( 49 )
3.1.2 补码加减法运算及溢出判别 .....	( 51 )
3.1.3 反码加减法运算 .....	( 54 )
3.1.4 二进制加法器 .....	( 55 )
3.2 定点数乘除法运算 .....	( 57 )
3.2.1 原码一位乘法 .....	( 58 )

3.2.2	补码一位乘法 .....	(60)
3.2.3	定点数除法运算 .....	(62)
3.3	定点运算器的组成与结构 .....	(65)
3.3.1	逻辑运算与移位操作 .....	(66)
3.3.2	多功能算术/逻辑运算单元(ALU) .....	(68)
3.3.3	运算器与其他部件的关系 .....	(69)
	思考与练习 3 .....	(70)
<b>4</b>	<b>指令系统与控制器</b> .....	(72)
4.1	计算机的指令系统 .....	(72)
4.1.1	指令的一般格式 .....	(73)
4.1.2	指令字长度 .....	(75)
4.1.3	指令助记符 .....	(76)
4.2	操作数的存储及其寻址方法 .....	(76)
4.2.1	操作数的类型及其存储方式 .....	(76)
4.2.2	数据的寻址方式 .....	(79)
4.3	指令系统 .....	(86)
4.3.1	设计指令格式应考虑的各种因素 .....	(86)
4.3.2	指令类型 .....	(86)
4.3.3	精简指令集计算机和复杂指令集计算机 .....	(89)
4.4	控制器的功能 .....	(90)
4.4.1	指令周期及指令的执行过程 .....	(90)
4.4.2	控制器的功能简介 .....	(92)
4.5	控制器的设计 .....	(93)
4.5.1	组合逻辑设计 .....	(93)
4.5.2	微程序设计 .....	(99)
	思考与练习 4 .....	(107)
<b>5</b>	<b>存储器与存储系统</b> .....	(109)
5.1	概述 .....	(109)
5.1.1	存储器的分类 .....	(110)
5.1.2	存储器的层次结构 .....	(111)
5.2	主存储器 .....	(112)
5.2.1	半导体存储器芯片简介 .....	(113)
5.2.2	半导体随机存储器 .....	(115)
5.2.3	半导体只读存储器 .....	(117)
5.2.4	存储器的扩展 .....	(119)
5.2.5	提高访存速度的措施 .....	(124)
5.3	高速缓冲存储器(Cache) .....	(125)
5.3.1	Cache的功能与基本原理 .....	(125)
5.3.2	Cache—主存地址映像 .....	(127)
5.3.3	替换策略及更新策略 .....	(129)

5.4	虚拟存储器	(131)
5.4.1	虚拟存储器的基本概念	(131)
5.4.2	页式虚拟存储器	(132)
5.4.3	段式虚拟存储器	(133)
5.4.4	段页式虚拟存储器	(133)
5.4.5	替换算法	(134)
5.5	辅助存储器	(135)
5.5.1	磁盘存储器	(136)
5.5.2	光盘存储器	(138)
5.5.3	移动存储器—U盘	(140)
	思考与练习 5	(141)
<b>6</b>	<b>系统总线</b>	(145)
6.1	总线的基本概念	(145)
6.1.1	总线的分类	(145)
6.1.2	总线的信息传输方式	(146)
6.1.3	总线的通信同步方式	(149)
6.2	总线控制	(151)
6.2.1	链式查询方式	(152)
6.2.2	计数器定时查询方式	(152)
6.2.3	独立请求方式	(153)
6.3	总线接口	(154)
6.3.1	串行总线接口	(155)
6.3.2	并行总线接口	(158)
	思考与练习 6	(160)
<b>7</b>	<b>外设与输入输出系统</b>	(164)
7.1	概述	(164)
7.1.1	输入输出系统的组成	(164)
7.1.2	I/O设备与主机的联系方式	(165)
7.1.3	I/O设备与主机信息传送的控制方式	(165)
7.2	外部设备	(167)
7.2.1	输入设备	(167)
7.2.2	输出设备	(169)
7.2.3	多媒体技术	(173)
7.3	I/O接口	(174)
7.3.1	接口的功能	(174)
7.3.2	接口的类型	(175)
7.4	程序查询方式	(175)
7.4.1	程序查询流程	(175)
7.4.2	程序查询方式的接口电路	(176)
7.5	程序中断方式	(176)



7.5.1	中断的基本概念 .....	(177)
7.5.2	中断的类型与应用 .....	(178)
7.5.3	中断请求与裁决 .....	(179)
7.5.4	多重中断与中断屏蔽 .....	(180)
7.5.5	中断响应的过程 .....	(180)
7.5.6	中断输入输出接口 .....	(182)
7.6	直接存储器存取方式 .....	(183)
7.6.1	DMA 方式的基本概念 .....	(183)
7.6.2	DMA 传送方式 .....	(183)
7.6.3	基本的 DMA 控制器 .....	(184)
7.7	通道方式 .....	(185)
7.7.1	通道的类型 .....	(185)
7.7.2	通道的功能 .....	(186)
7.7.3	通道工作过程 .....	(187)
	思考与练习 7 .....	(188)
	参考文献 .....	(191)

# 1 计算机系统概论

## 本章学习目标

- ◎ 计算机的发展史；
- ◎ 计算机的分类和应用；
- ◎ 计算机的基本结构；
- ◎ 计算机的工作过程；
- ◎ 计算机硬件和软件的概念；
- ◎ 计算机系统的性能问题。

## 学习提示

计算机是一种由硬件、软件组成的复杂的自动化设备,它能够接收信息、存储信息,并能按照存储在其内部的程序(这些程序是人们意志的体现)对输入的信息进行加工、处理,得到人们所期望的结果,然后把结果输出。

本章先说明计算机的分类和应用,然后采用自上而下的方法,粗略地介绍硬件、软件的概念和组成,是对本门学科的基本内容所作的概述,以便展开后续各章的学习和讨论。

**方法推荐** 迁移教学法、课堂讨论法、比较分析法、表解法等。

## 1.1 计算机的分类及应用

我们现在所知道的计算机已经有超过 60 年的历史。在它被发明之前有一段漫长的机械计算设备发展的过程。这段历史是这样被描述的:

在 20 世纪中叶之前的 300 年里,一系列由齿轮、杠杆和滑轮构成的越来越复杂的机械装置,被用来做基本的加、减、乘、除操作。穿孔卡片上的孔被机器感知后自动控制一系列的计算,这就是当时所能提供的主要编程能力。这些设备可以计算完整的对数表和近似的三角函数表,输出的结果被穿孔在卡片上或打印在纸上。而一些电动机械传动设备,如使用在早期电话转换系统中的设备,又提供了计算机构造中执行逻辑功能的方法。至此,第一台用于无线电和军事雷达设备中的基于真空管技术的电子计算机终于宣告面世。使用真空管来执行逻辑运算和存储数据,从此开创了电子数字计算机的新纪元。

1946 年 2 月 5 日,世界上第一台电子计算机 ENIAC 在美国宾夕法尼亚大学诞生。

1958 年,我国研制成功了第一台电子计算机——103 机。

自 1983 年起,我国相继研制了每秒运算上亿次、百亿次、千亿次的“银河”、“曙光”、“神威”等系列的巨型电子计算机。

计算机的发展分两个阶段:大型计算机阶段、微型计算机阶段。

### 1) 大型计算机阶段

计算机的划代原则主要还是依据计算机所采用的电子器件不同来划分的,这就是人们通

常所说的电子管、晶体管、集成电路、超大规模集成电路等 4 个时代,见表 1.1 所示。

表 1.1 电子计算机的发展简史

名称	时代	年份
第一代计算机	电子管时代	1946—1955
第二代计算机	晶体管时代	1955—1965
第三代计算机	中、小规模集成电路时代	1965—1975
第四代计算机	大规模、超大规模集成电路时代	1975—至今

(1) 第一代计算机的主要特点

- ① 采用电子管作为逻辑开关元件;
- ② 内存储器使用水银延迟线、静电存储管等,容量非常小,仅 1 000~4 000 B;
- ③ 外存储器采用纸带、卡片、磁带和磁鼓等;
- ④ 使用机器语言,20 世纪 50 年代中期开始使用汇编语言,但还没有操作系统;
- ⑤ 运算速度仅为几千至几万次每秒。

这一代计算机主要用于军事目的和科学研究。它体积大、笨重、耗电多、可靠性差、速度慢、维护困难。

(2) 第二代计算机的主要特点

- ① 使用半导体晶体管作为逻辑开关元件;
- ② 使用磁芯作内存储器,容量扩大到几十万字节;
- ③ 外存储器采用磁盘和磁带等;
- ④ 开始使用操作系统,有了各种计算机高级语言,如 Basic、Fortran、Cobol 等;
- ⑤ 运算速度提高到每秒几十万次。

计算机的应用已由军事领域和科学计算扩展到数据处理和事物处理,它的体积变小、重量变轻、耗电量减少、速度加快、可靠性增强。

(3) 第三代计算机的主要特点

- ① 使用中、小规模集成电路作为逻辑开关元件;
- ② 开始使用半导体存储器,辅助存储器仍以磁盘、磁带为主;
- ③ 外部设备种类和品种增加;
- ④ 开始走向系列化、通用化和标准化;
- ⑤ 操作系统进一步完善,高级语言数量增多,如结构化程序设计语言 Pascal 等。

这一时期的计算机主要用于科学计算、数据处理以及过程控制。计算机的体积、重量进一步减小,运算速度和可靠性有了进一步提高。

(4) 第四代计算机的主要特点

- ① 使用大规模、超大规模集成电路作为逻辑开关元件;
- ② 主存储器采用半导体存储器,辅助存储器采用大容量的软、硬磁盘,并开始引入光盘;
- ③ 外部设备有了很大发展,采用光字符阅读器(OCR)、扫描仪、激光打印机和各种绘图仪等;
- ④ 操作系统不断发展和完善,数据库管理系统进一步发展,软件行业已发展成为现代新型的工业部门;

⑤ 运算速度高达几百万至上亿次每秒。

这一时期数据通信、计算机网络已有很大发展,微型计算机异军突起,遍及全球。计算机的体积、重量、功耗进一步减小,运算速度、存储容量、可靠性等又有了大幅度提高。人们通常把这一时期出现的大型主机称为第四代计算机。

## 2) 微型计算机阶段

(1) 第一代微型计算机——XT 及其兼容机

型号: 1981 年 8 月 IBM 公司推出了个人计算机 IBM-PC。1983 年 8 月又推出了 IBM-PC/XT,其中 XT 表示扩展型。

CPU: Intel 8088 芯片。

总线: PC 单总线。

字长: 准 16 位,内部总线为 16 位,外部总线为 8 位。

结构: 开放式。

显示: 80 列。

配套: 有大小写字母和光标控制的键盘、有文字处理等配套软件。

(2) 第二代微型计算机——286AT 及其兼容机

型号: 1984 年 8 月 IBM 公司又推出了 IBM-PC/AT,其中 AT 表示先进型或高级型。

CPU: Intel 80286 芯片。

时钟: 8 MHz~16 MHz。

总线: AT 总线(又称工业标准体系结构 ISA 总线)。

字长: 完全 16 位。

配套: 内存达 1 MB,高密软磁盘驱动器和 20 MB 以上硬盘。

(3) 第三代微型计算机——386 及其兼容机

型号: 1986 年兼容 PC 厂家 Compaq 公司率先推出了 386AT,1987 年 IBM 推出了 PS/2-50 型。

CPU: Intel 80386 芯片。

总线: 分为 MCA 总线(微通道体系结构总线)和 EISA 总线(扩展工业标准体系结构总线)两个分支。

(4) 第四代微型计算机——486 及其兼容机

型号: 1989 年出现的 486 机。

CPU: Intel 80486 芯片。

总线: 总线类型仍然分为 MCA 和 EISA 两个分支。1992 年 Dell 公司的 XPS 系列使用了 VESA 局部总线。1993 年 NECImageP60 则采用了 PCI 局部总线。

(5) 第五代微型计算机——奔腾及其兼容机

型号: 1993 年的奔腾机。我国的长城、联想、方正、同创等公司也均有奔腾机推出。

CPU: Intel 公司的 Pentium 芯片(80586)。

字长: 32 位。

(6) 第六代微型计算机——Pentium II 及其兼容机。

(7) 第七代微型计算机——Pentium III 及其兼容机。

### 1.1.1 计算机的分类

计算机的种类很多,从不同角度对计算机有不同的分类方法,下面从计算机处理数据的方法

式、使用范围、规模和处理能力 3 个角度进行说明。

### 1) 按计算机处理数据的方式分类

(1) 电子数字计算机 它处理的是非连续变化的数据,这些数据在时间上是离散的,输入的是数字量,输出的也是数字量,如职工编号、年龄、工资数据等。电子数字计算机是在算盘的基础上发展起来的,是用数目字来表示数量的大小。它的主要特点是按位运算,并且是不连续地跳动计算,其基本运算部件是数字逻辑电路,因此其运算精度高、通用性强。

(2) 电子模拟计算机 它处理和显示的是连续的物理量,所有数据用连续变化的模拟信号来表示,基本运算部件是由运算放大器构成的各类运算电路,其运算过程也是连续的。模拟信号在时间上是连续的,通常称为模拟量,如电压、电流、温度都是模拟量。一般说来,模拟计算机不如数字计算机精确,通用性不强,但解题速度快,主要用于过程控制和模拟仿真。

表 1.2 列出了电子数字计算机与电子模拟计算机之间的主要区别。

表 1.2 电子数字计算机与电子模拟计算机的比较

比较项目	电子数字计算机	电子模拟计算机
数据表示方法	0 和 1	电压
计算方式	数字计数	电压组合和测量值
精度	高	低
控制方式	程序控制	硬连线控制
数据存储量	大	小
逻辑判断能力	强	无

电子模拟计算机由于精度和解题能力都有限,所以应用范围较小。电子数字计算机则与模拟计算机不同,它是以近似于人脑的“思维过程”来工作的,所以有人把它称为“电脑”。它的发明是 20 世纪人类最伟大的科学技术成就之一,也是现代科学技术发展水平的主要标志。习惯上所称的电子计算机,一般是指现在广泛应用的电子数字计算机,本书介绍的也仅是电子数字计算机。

### 2) 按计算机使用范围分类

电子数字计算机按照其使用范围,进一步又可分为专用计算机和通用计算机。严格地说,专用和通用是根据计算机的效率、速度、价格、运行的经济性和适应性来划分的。

(1) 专用计算机 是指为适应某种特殊应用而设计的计算机,具有运行效率高、速度快、精度高等特点,一般用在过程控制中,如智能仪表、飞机的自动控制和导弹的导航系统等,是最有效、最经济和最快速的计算机,但是它的适应性很差。

(2) 通用计算机 是指为解决各种问题,具有较强的通用性而设计的计算机。该机适用于一般的科学计算、学术研究、工程设计和数据处理等用途,这类机器本身有较大的适用面。通用计算机适应性很好,但是却没有了效率、速度和经济上的优势。

### 3) 按计算机的规模和处理能力分类

按照 1989 年由 IEEE 科学巨型机委员会提出的运算速度分类法,通用计算机又可分为巨型机、大型机、小型机、工作站和微型计算机。它们的区别在于体积、简易性、功率损耗、性能指标、数据存储容量、指令系统规模和机器价格。

(1) 巨型机 巨型机运算速度快、存储容量大,每秒可达 1 亿次以上浮点运算速度,主存储器容量高达几百兆字节甚至几百万兆字节,字长可达 32 位以上。这类机器价格相当昂贵,有极

高的速度、极大的容量。用于国防尖端技术、空间技术、大范围长期性天气预报、石油勘探等方面。目前这类机器的运算速度可达每秒百亿次。这类计算机在技术上朝两个方向发展：一是开发高性能器件，特别是缩短时钟周期，提高单机性能；二是采用多处理器结构，构成超并行计算机，通常由 100 台以上的处理器组成超并行巨型计算机系统，它们同时解算一个课题，达到高速运算的目的。由国防科技大学研制的“银河”和国家智能中心研制的“曙光”都属于这类机器。

(2) 大型机 这类计算机通用性能好、外部设备负载能力强，运算速度在每秒 100 万次至几千万次，字长为 32 位至 64 位，主存容量在几十兆字节至几百兆字节左右。它有完善的指令系统、丰富的外部设备和功能齐全的软件系统，并允许多个用户同时使用，具有极强的综合处理能力和极大的性能覆盖面。在一台大型机中可以使用几十台微机或微机芯片来完成特定的操作，可同时支持上万个用户，可支持几十个大型数据库，主要应用在政府部门、银行、大公司、大企业等。

(3) 小型机 小型机的机器规模小、结构简单、设计研制周期短，便于及时采用先进工艺技术，软件开发成本低，易于操作维护。它们已广泛应用于工业自动控制、大型分析仪器、测量设备、企业管理、大学和科研机构等，也可以作为大型与巨型计算机系统的辅助计算机。近年来，小型机的发展也引人注目。特别是 RISC(Reduced Instruction Set Computer, 精简指令系统计算机)体系结构，顾名思义是指令系统简化、缩小了的计算机，而过去的计算机则统一属于 CISC(复杂指令系统计算机)。

RISC 的思想是把这些很少使用的复杂指令用子程序来取代，将整个指令系统限制在数量甚少的基本指令范围内，并且绝大多数指令的执行都只占一个时钟周期，甚至更少，优化编译器，从而提高机器的整体性能。

(4) 工作站 是指为了某种特殊用途而将高性能的计算机系统、输入/输出设备与专用软件结合在一起的系统。它的独到之处是有大容量主存、大屏幕显示器，特别适合于计算机辅助工程。例如，图形工作站一般包括主机、数字化仪、扫描仪、鼠标、图形显示器、绘图仪和图形处理软件等。它可以完成对各种图形与图像的输入、存储、处理和输出等操作。

(5) 微型机 微型机技术在近 10 年内发展速度迅猛，平均每 2~3 个月就有新产品出现，1~2 年产品就更新换代一次。平均每两年芯片的集成度可提高一倍，性能提高一倍，价格降低一半。

微型机的发展目前还有加快的趋势，它已经广泛应用于办公自动化、数据库管理、图像识别、语音识别、专家系统，多媒体技术等领域，并且开始成为家庭的一种常规电器。

微型机、工作站、小型机、大型机和巨型机之间的比较如图 1.1 所示。

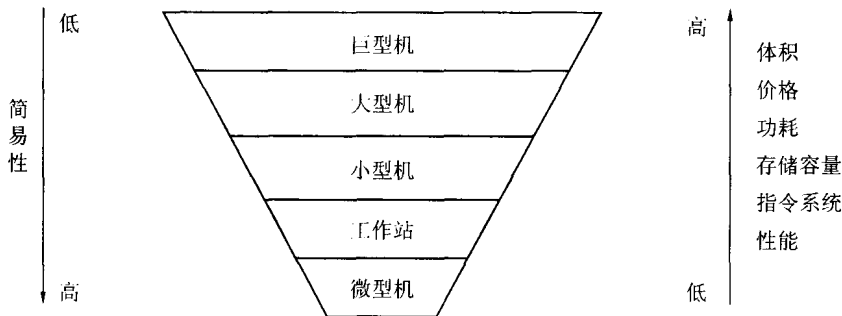


图 1.1 微型机、工作站、小型机、大型机和巨型机之间的比较

## 【教你一招】

电子计算机的分类归纳如下：

- (1) 按数据表示的形式分为电子模拟计算机和电子数字计算机；
- (2) 按计算机的用途分，数字计算机分为专用计算机和通用计算机；
- (3) 按计算机的规模分，通用计算机分为巨型机、大型机、小型机、工作站和微型机。

### 1.1.2 计算机的应用

随着计算机技术的不断发展，计算机的应用领域越来越广泛，应用水平也越来越高，已经渗透到各行各业，改变着人们传统的工作、学习和生活方式，推动着人类社会的不断发展。

#### 1) 科学计算

科学计算也称为数值计算，是指用于完成科学研究和工程技术中提出的数学问题的计算。通过计算机可以解决人工无法解决的复杂计算问题，50多年来，一些现代尖端科学技术的发展都是建立在计算机强大计算能力之上的，如卫星轨迹计算、气象预报等。

现实意义之一，有些问题的计算并不很复杂，但计算的工作量实在太大，以至于用人工根本无法计算。例如：19世纪中叶，数学上提出的地图着色问题，即“四色问题”。意思是地图上相邻的两国不用同一种颜色表示，整个地图只要用四种颜色表示就足够了。这一定理在数学上长期得不到精确的证明，成为一大难题。直到一百多年后，1976年科学家们才利用高速电子计算机作出了证明，其轰动世界的效应在于：这道题在高速电子计算机上共计算了1200小时才完成，若用人工来做，一个人日夜不停地计算也要十几万年。

现实意义之二，人工计算速度太慢，即使算出来也失去了实际意义。例如：天气预报，采用计算机计算，不到一分钟就可以算出结果。若用手摇计算机计算，就要几个星期，那天气的“日预报”就毫无价值了。

现实意义之三，有些问题用人工计算不一定能选出最佳方案。比如，现代技术工程往往投资大、周期长，所以设计方案的选择非常关键，需要详细地计算几十个甚至几百个方案，再从中选择最佳的。试想如果没有计算机的帮助，要计算多个方案并从中选优，谈何容易。即使有个别选择，也不一定是最佳的。

#### 2) 数据处理

数据处理也称为非数值处理或事务处理，是指对大量信息进行存储、加工、分类、统计、查询及报表等操作。一般来说，科学计算的数据量不大，但计算过程比较复杂；而数据处理的数据量很大，但计算方法较简单。

#### 3) 过程控制

过程控制也称为实时控制，是指利用计算机及时采集检测数据，按最佳值迅速地对控制对象进行自动控制或自动调节，如对数控机床和流水线的控制。在日常生产中，有一些控制问题是人们无法亲自操作的，如核反应堆。有了计算机就可以精确地控制了，用计算机来代替人完成繁重或危险的工作。表1.3列出了近年来国内研制的计算机控制系统的部分实例。

表 1.3 计算机控制系统实例

行业	计算机控制系统
水利电力	城市供水过程控制,水纯净化系统控制,自来水厂生产过程控制,水位控制,电站监测控制,电站远程控制,发电厂程序控制,变电所实时监控
交通邮电	船舶导航,大型车站自动化调度,城市交通控制,自动电话交换系统控制,光导纤维拉丝控制,包裹自动分拣,自动转报,惯性导航
石油化工	合成塔温度、压力、流量控制,玻璃窑炉料道温度控制,石油裂解和煤气生产炉控制,炼油厂装油台控制,水泥生产过程控制,流体流量、混合比控制
轻工纺织	味精发酵系统控制,地毯织机提花控制,五色提花织机控制,32台化纤织袜机群控制,塑料轮转印刷套色控制,纺棉机纱锭控制,高温高压染色机控制,喷液印花控制
冶金制造	电炉温度控制,高炉配料上料控制,铝板轧制机控制,转炉副轮控制,均热炉控制,冲天炉熔炼过程最优控制,平炉节能控制,电解炉自动控制,轧钢飞剪自动控制
机械制造	自动磨床控制,印制电路板钻床控制,线切割机床控制,多头钻床控制,锻造水压机控制,激光加工控制,随动系统定时定位控制,电镀生产线加工控制中心

#### 4) 计算机辅助工程

计算机辅助工程是以计算机为工具,配备专用软件辅助人们完成特定任务的工作,以提高工作效率和工作质量为目标。

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)技术,是综合地利用计算机的工程计算、逻辑判断、数据处理功能和人的经验与判断能力结合,形成一个专门系统,用来进行各种图形设计和图形绘制,对所设计的部件、构件或系统进行综合分析模拟仿真实验。它是近十几年来形成的一个重要的计算机应用领域。目前在汽车、飞机、船舶、集成电路、大型自动控制系统的设计中, CAD 技术有着愈来愈重要的地位。

计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)技术,是利用计算机对生产设备进行控制和管理,实现无图纸加工。

计算机基础教育(Computer Basic Education, CBE),主要包括计算机辅助教学(CAI)、计算机辅助测试(CAT)和计算机管理教学(CMI)等。其中, CAI 技术是利用计算机模拟教师的教学行为进行授课,学生通过与计算机的交互“对话”进行学习并自测学习效果,是提高教学效率和教学质量的新途径。近年来,由于多媒体技术和网络技术的发展,推动了 CBE 的发展,网上教学和现代远程教育已在许多学校展开。开展 CBE 不仅使学校教育发生了根本变化,还可以使学生在学校里就能熟练掌握计算机的应用,培养出新世纪的复合型人才。

电子设计自动化(Electronics Design Automation, EDA)技术,利用计算机中安装的专用软件和接口设备,用硬件描述语言开发可编程芯片,将软件进行固化,从而扩充硬件系统的功能,提高系统的可靠性和运行速度。

#### 5) 信息高速公路

信息高速公路是在 1991 年由美国当时的参议员、后来的副总统戈尔提出的,是指将美国的所有信息库及信息网络连成一个全国性的大网络,把大网络连接到所有的机构和家庭,让各种各样的信息都能在大网络里交互传输。美国在 1993 年正式宣布实施“国家信息基础设施”计划,即“信息高速公路”计划,预计 20 年内耗资 4 000 亿美元,1997—2000 年初步建成。该计划引起了世界各发达国家、新兴工业国家和地区的极大震动,纷纷提出了自己发展信息高速公路计划的设想,积极加入到这场世纪之交的大竞争中去,我国也不例外。

国家信息基础设施,除了通信、计算机、信息本身和人力资源 4 个关键要素外,还包括标



准、准则、政策、法规和道德等软环境,其中最主要的是“人才”。针对我国信息技术相对落后、信息产业不够强大、信息应用不够普遍和信息服务队伍还没有壮大的现状,有关专家提出我国的“信息基础设施”应该加上两个关键部分,即民族信息产业和信息科学技术。

面对正在向深度和广度发展的信息化浪潮,我国政府成立了国家经济信息化联席会议组织,中共十四届五中全会又把“加速国民经济信息化进程”写入了《关于制定国民经济和社会发展“十五”计划和2010年远景目标》的建议中,把信息产业的发展摆在突出的地位。

### 6) 电子商务

电子商务是指通过计算机和网络进行商务活动,是在 Internet 的广阔联系与传统信息技术的丰富资源相结合的背景下应运而生的一种网上相互关联的动态商务活动。

电子商务是在1996年开始的,起步时间虽然不长,但因其高效率、低支出、高收益和全球性等特点,很快受到各国政府和企业的广泛重视,有着广阔的发展前景。目前,世界各地的许多公司已经开始通过 Internet 进行商业交易,他们通过网络方式与顾客、批发商和供货商的联系,在网上进行业务往来。

### 7) 家用电器

目前在洗衣机、电冰箱、彩电、微波炉等家用电器中已经大量采用单片机控制。而且人们正积极研究把计算机技术应用到整个住宅或建筑物的控制中,工作之余人们还使用计算机欣赏 VCD、DVD 影碟和 CD 音乐,进行游戏娱乐以及家庭理财、家庭教学等。可见,计算机的使用已大大改善了人们的生活条件。

## 【教你一招】

电子数字计算机的特点总结如下:

- (1) 信息表示简单、一致;
- (2) 运算速度快、精度高;
- (3) 具有逻辑运算能力;
- (4) 能在程序控制下自动地连续工作;
- (5) 具有强大的信息存储能力;
- (6) 通用性强。

## 1.2 计算机的硬件

硬件(Hardware)是计算机系统中实际装置的总称,或称硬件平台。它可以是电子的、电的、磁的、机械的、光的元件或装置,或由它们组成的计算机部件或整个计算机硬件系统。

计算机的基本工作原理概括起来就是在硬件系统实现数学运算和逻辑运算的基础上,通过软件程序的控制,实现各种复杂的运算和控制功能。可见,硬件是整个计算机系统的物质基础。

### 1.2.1 计算机硬件的基本构成

硬件是组成计算机系统的物质基础,不同类型的计算机,其硬件组成是不一样的。从计算机的产生发展到今天,各种类型的计算机都是基于冯·诺依曼思想而设计的。这种计算机的