

全国计算机等级考试

# 三级A类教程

教育部考试中心

高等教育出版社



全国计算机等级考试

# 三级 A 类教程

教育部考试中心

主编 张福炎

编者 张福炎 陈本林 奚抗生 唐 棠  
朱欣华 陈季琪 杨明福 王卫兵

高等教育出版社

(京)112号

## 内 容 提 要

由教育部考试中心推出的计算机等级考试是一种客观、公正、科学的专门测试非计算机专业人员计算机应用知识与技能的全国范围的等级考试。它面向社会,服务于社会。

本书是在教育部考试中心组织、全国计算机等级考试委员会的指导下,由有关专家亲自执笔编写而成。本书按照修订后新的三级(A)考试大纲的要求,内容包括了计算机基础知识、操作系统与软件基础、数据结构与算法、微型计算机组成原理与接口技术、汇编语言程序设计、微型计算机测控技术、计算机网络与数据通信基础以及上机指导等。

本书内容精炼,叙述准确,文字通俗,简明易懂,为参加三级(A)考试的应试者必备的辅导教材,对二级考试的基础部分也有参考价值。本书也可供大中专院校非计算机专业作教材使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

全国计算机等级考试三级 A 类教程/教育部考试中心编.  
北京:高等教育出版社,1998(1999重印)

ISBN 7-04-006901-6

I.全… II.教… III.电子计算机-工程技术人员-水平  
考试-教材 IV.TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 21305 号

---

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 化学工业出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16

版 次 1998年9月第1版

印 张 37

印 次 1999年7月第4次印刷

字 数 920 000

定 价 48.00元

---

凡购买高等教育出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页等  
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

**版权所有 侵权必究**

# 第二届全国计算机等级考试 委员会名单

**主任委员：**杨芙清

**副主任委员：**(以姓氏笔画为序)

朱三元 杨学为 应书增 罗晓沛  
谭浩强

**委 员：**(以姓氏笔画为序)

王义和	王申康	边奠英	古天祥
齐治昌	仲萃豪	刘淦澄	刘瑞挺
李克洪	吴文虎	吴功宜	沈钧毅
杨 洪	杨明福	林卓然	施伯乐
钟津立	侯炳辉	俞瑞钊	张福炎
袁开榜	席先觉	唐兆亮	徐沪生
钱维民	潘桂明	鞠九滨	瞿 坦

**秘 书 长：**徐沪生 (兼)

# 全国计算机等级考试 系列用书编审委员会名单

**主任委员：** 杨芙清

**副主任委员：** 应书增 罗晓沛 谭浩强

**委 员：** (以姓氏笔画为序)

王申康 孙显福 刘瑞挺 吴文虎

钟津立 唐兆亮 徐沪生 温 波

# 大力推行全国计算机等级考试 为发展知识经济、信息产业和 培养计算机专门人才做出贡献

中国科学院院士

北京大学计算机科学技术系主任

全国计算机等级考试委员会主任委员

杨芙清

当今,人类正在步入一个以智力资源的占有和配置,知识生产、分配和使用为最重要因素的知识经济时代,也就是小平同志提出的“科学技术是第一生产力”的时代。科教是经济发展的基础、知识是人类创新的源泉,基础研究的科学发现,应用研究的原理探索和开发研究的技术发明,三者之间的联系愈来愈紧密,转换周期日趋缩短。世界各国的竞争已成为以经济为基础,以科技特别是以高科技为先导的综合国力的竞争。

在高科技中,信息科学技术是知识高度密集、学科高度综合、具有科学与技术融合特征的学科,它直接渗透到经济、文化和社会的各个领域,迅速改变着人们的观念、生活和社会的结构,是当代发展知识经济的支撑之一。

在信息科学技术中,微电子是基础,计算机硬件及通信设施是载体,计算机软件是核心。软件是计算机的灵魂,没有软件就没有计算机的应用。软件产业已成为信息产业的核心和支柱。信息产业的发展,会大大提高我国的总体实力,增强我国在全球的竞争地位。

为了适应知识经济发展的需要,大力推动信息产业的发展,就需要在全民中普及计算机的基本知识,广开渠道,培养和造就一批又一批能熟练运用计算机和软件技术的各行各业的专门人才。

1994年,国家教委推出了全国计算机等级考试,它是一种重视应试人员对计算机和软件的实际掌握能力的考试。它不限制报考人员的学历背景,任何年龄阶段的人员都可以报考。这就为培养各行业计算机的应用人才,开辟了一条广阔的道路。

1994年是推出计算机等级考试的第一年,当年参加考试的有1万余人;到了1998年上半年,报考人员已达38万余人。截止至1998年上半年,等级考试共开考7次,考生人数累计共达115万人。其中,有49万4千人获得了各级计算机等级证书。

事实说明,鼓励社会各阶层的人士通过多种途径掌握计算机应用技术,并运用等级考试对他们的才干予以认真的、有权威性的认证,是一种较好的人才培养的有效途径,是比较符合我国具体情况的。等级考试也为用人单位录用和考核人员提供了一种评测手段。从有关公司对等级考试所作的社会抽样调查结果来看,不论是管理人员还是应试人员,对该项考试的内容和形

式都给予了充分肯定的评价。

计算机等级考试所取得的良好效果,也同全国各有关单位专家们在等级考试的大纲编写、试题设计、阅卷评分及效果分析等多项工作中付出的大量心血和辛勤的劳动密切相关,他们为这项工作的顺利开展作出了重要的贡献。

计算机与软件技术是一项日新月异的高新技术。计算机等级考试大纲有必要根据计算机与软件技术在近年的新发展,进行适当的修正,从而使等级考试更能反映当前计算机与软件技术的应用实际,使培养计算机应用人才的基础工作更健康地向前发展。

从面临知识经济的机遇与挑战这样一个社会大环境的背景,考察全国计算机等级考试,就会看到,这一举措是符合知识经济和发展信息产业的方向的,是值得大力推行的。

我们相信,在 21 世纪知识经济和加快发展信息产业的形势下,在教育部考试中心的精心组织领导下,在全国各有关专家们的大力配合下,全国计算机等级考试一定会以更新的面貌出现,从而为我国培养计算机应用专门人才的宏大事业做出更多的贡献。

# 前 言

随着计算机技术的发展与普及,计算机已经成为各行各业最基本的工具之一,而且正迅速进入千家万户,有人还把它称为“第二文化”。因此,许多单位把具有一定计算机应用知识与能力作为录用、考核工作人员的重要条件。

遵照中央关于为社会主义经济建设服务,打破部门所有、条块分割,拓宽社会服务领域的精神,教育部考试中心决定推出全国计算机等级考试。

该项考试面向社会,服务于社会,不以评价教学为目的,考核内容不是按照学校教学要求设定,而是根据使用计算机的不同要求,以应用能力为主,划分等级,分别考核,为人员择业、人才流动提供其计算机应用知识与能力水平之证明。该考试仅对应试者个体进行测试,不对教学单位或应试者群体进行评价。我们希望,它能为参加工作的人考核自己的水平、为各单位录用与考核工作人员,提供一个科学、统一、公正的基础性的考试。这可以免去许多用人单位单独设计实施考试之苦。我们认为,这完全符合《中共中央关于建立社会主义市场经济体制的若干问题的决定》的精神,也为世界各国的大量经验所证明。

教育部考试中心在设计实施这项考试中,得到了全国著名计算机专家的热情支持与大力帮助。为了考试顺利和有效地进行,组织编写了本考试培训辅导用书,其内容包括了一级、二级、三级(A)和三级(B)。

考试培训辅导用书(三级A类教程)由南京大学张福炎教授主编,参加编写的人员是:张福炎(第一、七章和第二章2.5、2.6节),陈本林(第二章2.1~2.4节和第三章),奚抗生(第五章、第八章),唐棠(第四章),朱欣华、陈季琪(第六章),杨明福、王卫兵(第八章)。本书由浙江大学王申康教授、姚俊副教授主审。

由于编写时间仓促,教材涉及面广,疏误之处必然存在,望读者提出宝贵意见,以便修订时改进。

编 者

1998年5月



# 目 录

## 第一章 计算机硬件基础

1.1 计算机的发展与应用 .....	1	1.4 数字逻辑电路 .....	44
1.1.1 计算机的发展 .....	1	1.4.1 逻辑代数 .....	44
1.1.2 计算机的应用 .....	6	1.4.2 基本逻辑电路 .....	48
1.1.3 计算机的组成、分类与 性能评测 .....	10	1.4.3 常用数字电路 .....	53
1.2 二进制及数值信息的表示和运算 .....	17	1.5 多媒体技术基础 .....	56
1.2.1 二进制 .....	17	1.5.1 多媒体技术的基本概念 .....	56
1.2.2 数值信息在计算机内的表示 .....	21	1.5.2 多媒体计算机系统的组成 .....	58
1.2.3 整数和实数的运算方法 .....	24	1.5.3 声音信息的表示与处理 .....	58
1.3 文字和图形信息在计算机内的表示 .....	34	1.5.4 视频信息的表示与处理 .....	59
1.3.1 西文信息在计算机内的表示 .....	34	1.5.5 多媒体信息与光盘存储器 .....	60
1.3.2 中文信息在计算机内的表示 .....	35	1.5.6 多媒体技术的应用 .....	62
1.3.3 图形信息在计算机内的表示 .....	40	习 题 .....	63

## 第二章 操作系统与软件基础

2.1 软件的功能及分类 .....	66	2.3.1 汇编语言 .....	98
2.1.1 软件的功能 .....	66	2.3.2 高级语言 .....	98
2.1.2 软件的分类型 .....	66	2.4 软件开发基本知识 .....	100
2.2 操作系统 .....	67	2.4.1 程序设计风格 .....	100
2.2.1 操作系统的功能和类型 .....	67	2.4.2 软件工程初步 .....	101
2.2.2 进程与处理器管理 .....	69	2.5 计算机安全与病毒防范 .....	106
2.2.3 存储管理 .....	78	2.5.1 计算机安全 .....	106
2.2.4 设备管理 .....	82	2.5.2 计算机病毒 .....	110
2.2.5 文件管理 .....	84	2.6 计算机软件的法律保护 .....	111
2.2.6 DOS、UNIX、Windows 的基本特点 .....	88	习 题 .....	112
2.3 语言处理程序 .....	98		

## 第三章 数据结构与算法

3.1 数据类型与数据结构的基本概念 .....	115	3.2.1 线性表的基本概念 .....	121
3.1.1 数据类型与数据结构 .....	115	3.2.2 线性表的实现 .....	123
3.1.2 算法及其描述语言 .....	118	3.2.3 其他链表结构 .....	129
3.2 线性表的基本概念和实现技术 .....	121	3.3 栈和队列的基本概念和实现技术 .....	131

3.3.1 栈的定义及其实现 .....	131	3.5.1 插入排序 .....	155
3.3.2 队列的定义及其实现 .....	135	3.5.2 选择排序 .....	160
3.3.3 应用举例 .....	140	3.5.3 交换排序 .....	164
3.4 树 .....	144	3.5.4 归并排序 .....	168
3.4.1 树的定义及基本概念 .....	144	3.6 检索的基本概念和检索算法 .....	170
3.4.2 二叉树 .....	146	3.6.1 顺序检索 .....	170
3.4.3 树和森林的二叉树表示 .....	151	3.6.2 二分法检索 .....	171
3.4.4 森林的遍历 .....	152	3.6.3 分块检索 .....	172
3.4.5 树的应用举例 .....	153	3.6.4 散列表检索 .....	173
3.5 内排序 .....	155	习 题 .....	178

#### 第四章 微型计算机组成原理与接口技术

4.1 微型计算机硬件的组成 .....	182	4.5.3 VESA 局部总线及 PCI 局部总线 ..	240
4.2 微处理器的原理与组成 .....	185	4.5.4 串行接口 .....	242
4.2.1 微处理器的基本结构 .....	185	4.5.5 并行接口 .....	254
4.2.2 微处理器的工作原理 .....	187	4.5.6 SCSI 接口 .....	261
4.2.3 80x86 系列微处理器介绍 .....	191	4.6 常用输入/输出设备 .....	264
4.3 主存储器 .....	203	4.6.1 键盘 .....	264
4.3.1 主存储器及其分类 .....	203	4.6.2 鼠标器 .....	265
4.3.2 存储器组成与工作原理 .....	205	4.6.3 扫描仪 .....	266
4.3.3 Cache 存储器 .....	212	4.6.4 显示器 .....	267
4.4 输入/输出控制 .....	214	4.6.5 打印机 .....	271
4.4.1 输入/输出寻址 .....	214	4.6.6 绘图仪 .....	277
4.4.2 轮询 I/O 方式 .....	218	4.7 外存储器 .....	278
4.4.3 程序中中断 I/O 方式 .....	219	4.7.1 软盘存储器 .....	278
4.4.4 DMA 输入/输出控制方式 .....	229	4.7.2 硬盘存储器 .....	281
4.5 系统总线与外设接口 .....	237	4.7.3 磁带存储器 .....	283
4.5.1 系统总线概述 .....	237	4.7.4 光盘存储器 .....	285
4.5.2 ISA 总线 .....	238	习 题 .....	288

#### 第五章 汇编语言程序设计

5.1 概 述 .....	291	5.2.2 寻址方式 .....	300
5.1.1 汇编语言的基本概念 .....	291	5.2.3 8086/8088 指令系统 .....	303
5.1.2 80x86 宏汇编语言的基本语法 .....	292	5.2.4 80286 增强和扩充的指令 .....	325
5.1.3 汇编程序和汇编处理过程 .....	294	5.2.5 80386 增强和扩充的指令 .....	327
5.1.4 汇编语言的功能和特点 .....	298	5.2.6 80486 和 Pentium 增强和扩充的 指令 .....	331
5.2 80x86 指令系统 .....	299	5.3 80x86 宏汇编语言的数据与表达式 .....	332
5.2.1 指令格式与编码 .....	299		

5.3.1 常量 .....	332	5.5.3 分支程序设计 .....	359
5.3.2 变量 .....	333	5.5.4 循环程序设计 .....	364
5.3.3 标号 .....	333	5.5.5 子程序设计 .....	371
5.3.4 表达式和运算符 .....	334	5.5.6 ROM BIOS 中断调用和 DOS 系统 功能调用 .....	381
5.4 80x86 宏汇编语言的伪指令语句 .....	338	5.6 输入/输出及中断程序设计 .....	383
5.4.1 基本汇编伪指令语句 .....	338	5.6.1 无条件传送方式程序设计 .....	383
5.4.2 高级汇编伪指令语句 .....	347	5.6.2 查询传送方式程序设计 .....	384
5.4.3 伪指令语句的增强与扩充 .....	352	5.6.3 中断传送方式程序设计 .....	385
5.5 汇编语言程序设计的基本方法 .....	355	5.6.4 直接存储器存取方式程序设计 .....	395
5.5.1 概述 .....	355	习 题 .....	396
5.5.2 顺序程序设计 .....	358		

## 第六章 微型计算机测控技术

6.1 实时处理的基本概念 .....	399	6.5.1 多微处理器系统的基本概念 .....	420
6.1.1 实时计算机系统 .....	399	6.5.2 多主 CPU 模板间的通信 ——总线协议 .....	421
6.1.2 实时处理的内涵 .....	400	6.6 过程数字量输入/输出通道 .....	427
6.2 微型计算机测控系统的一般组成及 结构形式 .....	401	6.6.1 过程数字量 I/O 通道中的光电 隔离技术 .....	428
6.2.1 实时微型计算机测控系统的 一般组成 .....	401	6.6.2 过程数字量输出通道中的并行接口及 其功率驱动 .....	430
6.2.2 实时微型计算机测控系统的 结构形式 .....	402	6.6.3 常用的数字化测频方法 .....	440
6.2.3 实时微型计算机测控系统的 具体组成 .....	404	6.7 实时时钟接口 .....	443
6.2.4 实时微型计算机测控系统的 软件组成 .....	404	6.8 监控定时器的基本原理 .....	443
6.3 分布式微型计算机测控系统的概念 .....	406	6.8.1 CPU 可复位型监控定时器的 工作原理 .....	444
6.3.1 分布式微型计算机测控系统 的优点 .....	407	6.8.2 用可重复触发的单稳态电路构成 监控定时器 .....	444
6.3.2 分布式微型计算机测控系统的 层次结构 .....	407	6.8.3 MAXIM 公司的微处理器监控电路 .....	444
6.4 微型计算机测控系统主机 .....	409	6.9 过程模拟量输入/输出通道 .....	449
6.4.1 总线结构的测控微型计算机系统 的组成及结构 .....	410	6.9.1 过程模拟量信号输入及其 信号调理 .....	450
6.4.2 ISA 总线工业级 PC 机主机举例 .....	411	6.9.2 过程模拟量通道中的多路 选择开关 .....	469
6.4.3 STD 总线 PC 兼容机主机举例 .....	413	6.9.3 过程模拟量通道中的取样-保 持器 .....	472
6.5 多主 STD 总线测控微型计算机 基本系统 .....	420	6.9.4 过程模拟量输入通道中的 A/D 转 换器接口 .....	473

6.9.5 过程模拟量输出通道中的 D/A 转换器接口 .....	485	6.10.2 标准化及结构化的设计技术 .....	494
6.10 微型计算机测控系统设计概述 .....	494	6.10.3 微型计算机测控应用系统的功能规范 .....	496
6.10.1 微型计算机测控应用装置或系统的开发流程 .....	494	习 题 .....	500

## 第七章 计算机网络与数据通信基础

7.1 计算机网络的功能、结构与分类 .....	502	7.3.2 开放系统互连参考模型 (OSI/RM) .....	522
7.1.1 什么是计算机网络 .....	502	7.3.3 TCP/IP .....	525
7.1.2 计算机网络的功能 .....	502	7.4 计算机局域网 .....	528
7.1.3 计算机网络的发展 .....	503	7.4.1 局域网的特点 .....	528
7.1.4 计算机网络的分类 .....	503	7.4.2 局域网的参考模型 .....	529
7.2 数据通信基础 .....	505	7.4.3 常用局域网技术简介 .....	530
7.2.1 数据通信的基本概念 .....	505	7.4.4 结构化布线简介 .....	532
7.2.2 物理信道与传输介质 .....	507	7.4.5 制造自动化协议(MAP) .....	533
7.2.3 数据通信的传输技术 .....	509	7.5 广域网及其应用 .....	535
7.2.4 调制解调器 .....	511	7.5.1 广域网的构成 .....	535
7.2.5 传输中的差错检测技术 .....	513	7.5.2 因特网(Internet) .....	537
7.2.6 多路复用技术 .....	514	7.5.3 B-ISDN 和信息高速公路 .....	538
7.2.7 交换技术 .....	517	习 题 .....	538
7.3 网络体系结构与协议 .....	520		
7.3.1 网络体系结构的基本概念 .....	520		

## 第八章 上机指导

8.1 上机考试系统使用说明 .....	541	8.3 编辑软件 .....	555
8.1.1 上机考试环境 .....	541	8.3.1 PE2 .....	555
8.1.2 上机考试时间 .....	542	8.3.2 EDIT .....	556
8.1.3 上机考试题型及分值 .....	542	8.4 汇编与连接软件 .....	557
8.1.4 上机考试登录 .....	542	8.4.1 TASM .....	557
8.1.5 试题内容查阅工具的使用 .....	545	8.4.2 TLINK .....	558
8.1.6 考生目录和文件的恢复 .....	547	8.5 调试软件 .....	559
8.1.7 文件名的说明 .....	547	8.5.1 DEBUG .....	559
8.2 考题格式与题型 .....	548	8.5.2 TD .....	528
8.2.1 考题格式 .....	548	习题答案 .....	573
8.2.2 考题类型 .....	550		

# 第一章 计算机硬件基础

## 1.1 计算机的发展与应用

### 1.1.1 计算机的发展

#### 一、计算机的出现和分代

现代计算机的诞生是 20 世纪人类最伟大的发明创造之一。经历了短短半个世纪的发展，几乎所有的人都认为计算机与信息处理是当今世界上发展最快和应用最广的一个科技领域，计算机已经是各行各业必不可少的一种基本工具，计算机与信息处理知识已成为人们必修的基础文化课程之一。

计算机得以飞速发展的根本动力是计算机的广泛应用。在应用需求的强大驱动下，早期的计算机大约每隔 8~10 年其运算速度就提高 10 倍，而成本和体积却是原来的 1/10。20 世纪 80 年代开始，则更进一步发展到几乎每三年计算机的性能提高近 4 倍，成本却下降一半。相比之下，1946 年诞生在美国宾夕法尼亚大学的世界上第一台数字电子计算机 ENIAC 却是一个庞然大物，它使用了 18 000 多个电子管和 1 500 多个继电器，占地面积 170 m<sup>2</sup>，重约 30 余吨，耗电 140 kW，价格昂贵；而 50 年后已广泛使用的 Pentium(奔腾)微处理器，在一个小小的集成电路芯片中已集成了 300 多万个晶体管，面积不到 5 cm×5 cm，时钟频率已在 100 MHz(1M=2<sup>20</sup>≈1 百万)以上，总功耗小于 15 W，与 ENIAC 的主机有天壤之别！

多年来，人们习惯于从计算机主机所使用的主要元、器件为着眼点，把计算机的发展划分为四代：

第一代(约 1946~1957 年)是电子管计算机时代。其特征是采用电子管作为运算和逻辑元件，数据表示主要是定点数，用机器语言和汇编语言编写程序，主要用于科学和工程计算。有代表性的计算机是 1946 年美国数学家 von Neumann(冯·诺依曼)与他的同事们在普林斯顿研究所设计的存储程序计算机 IAS。它的逻辑结构(即所谓冯·诺依曼结构)对后来计算机的发展产生了深远的影响。

第二代(约 1957~1964 年)是晶体管计算机时代。其特征是用晶体管代替电子管作为运算和逻辑元件，用铁淦氧磁心作为主存储器，磁带和磁盘用作外存储器；软件方面也有了很大发展，出现了 FORTRAN、ALGOL 和 COBOL 等一系列高级程序设计语言，简化了程序设计，

建立了程序库和批处理的管理程序；除了科学计算之外，计算机被广泛应用于数据处理领域，同时还开始用于过程控制。IBM 公司生产的 IBM-7094 计算机和 CDC 公司的 CDC-1604 计算机为该时期代表机种。与第一代比较，第二代计算机体积小，重量轻，耗电省，速度达几次~几十万次/秒。

第三代(约 1965~1970 年)是中、小规模集成电路计算机时代。其特征是用集成电路代替了分立元件，用半导体存储器取代了磁心存储器，中央处理器采用了微程序控制技术；软件方面，操作系统日益成熟和功能逐渐强化，多道程序、并行处理技术、多处理机、虚拟存储系统以及面向用户的应用软件的发展，大大丰富了计算机软件资源；为了充分利用已有的软件，解决软件兼容性问题，出现了系列化的计算机产品。这一时期计算机的应用深入到许多领域，科学计算、数据处理、过程控制诸方面都得到了广泛应用。具有代表性的机种是 IBM-360 系列、CDC-6600 和 CDC-7600 计算机。高档机种的速度可达几十万次~几百万次/秒。在 20 世纪 60 年代中期，计算机产品的另一发展方向是成本较低的小型计算机。DEC 公司研制成功的 PDP-8 机，以及由此而发展出来的有名的 PDP-11 系列和 VAX-11 系列等小型机，由于它们性能好，成本低，适用范围广，对计算机的推广普及起了很大作用。

第四代(约 1971 年至今)是大规模集成电路和超大规模集成电路计算机时代。其特征是以大规模集成电路 LSI(Large Scale Integration) 和超大规模集成电路 VLSI(Very Large Scale Integration) 为主要功能部件；软件方面，发展了数据库系统、分布式操作系统、通信软件等。这一时期出现了许多不同类型的大、中、小型计算机和巨型机系统，特别是 20 世纪 80 年代开始，个人计算机异军突起，计算机网络也有了很大的发展，促使计算机应用领域向纵深发展，使用面日益广泛。

尽管人们早已习惯谈论第五代、第六代计算机了，但学术界、工业界认为不要再沿用第五代计算机的说法为好，而赞成用新一代计算机或未来型计算机来称呼可能出现的新事物。一些专家认为，新一代的计算机系统主要着眼于机器的智能化，它以知识库为基础，采用智能接口，能进行逻辑推理，完成判断和决策任务。它可以模拟或部分替代人的智能活动，并具有自然的人机通信能力。事实上，对于什么是新一代计算机仍存在着一些不同的观点和看法。

## 二、微处理器和微型计算机的发展

进入 20 世纪 80 年代后，计算机发展史上最重大的事件之一是出现了微处理器和微型计算机。微处理器(Microprocessor)，简称  $\mu P$  或 MP，通常是指以单片大规模集成电路制成的具有运算和控制功能的处理器。以微处理器作为中央处理器(CPU)的计算机通称为微型计算机(Microcomputer)。有的微型计算机把 CPU、存储器、输入/输出接口电路等都集成在单个芯片上，称之为单片微型计算机，也叫单片机。

由于大规模集成电路技术和计算机技术的飞跃发展，自 1971 年微处理器和微型计算机问世以来，它就得到了异乎寻常的发展。有人认为，微型计算机产品至今已历经了四次大的演变，目前已进入第五次变革。微型计算机产品的演变和换代，通常是以其使用的 CPU(微处理器)的字长和功能作为主要标志的。

最早出现的微型计算机产品主要是 4 位或 8 位微处理器构成的低档微型机。代表产品是美国 Intel 公司最先制成的 4004 微处理器以及由它组成的 MCS-4 微型计算机(集成度 1 200 个晶体管/片)，以及随后又制成的 8008 微处理器及由它组成的 MCS-8 微型计算机。这些微处理

器采用了 PMOS 工艺,基本指令执行时间约为 10~20  $\mu\text{s}$ ,字长 4 位或 8 位,指令系统比较简单,运算功能较差,速度慢,系统结构仍然停留在台式计算器的水平上。软件主要采用机器语言或简单的汇编语言。

很快,8 位的中档微处理器和微型机就取代了第一批微型计算机。典型的第二代微型计算机所使用的微处理器,以美国 Zilog 公司的 Z80、Intel 公司的 8085 和 Motorola 公司的 M6502 为代表,其集成度和运算速度都比第一代微型计算机有大幅度的提高。这些芯片采用 NMOS 工艺,集成度提高 4 倍以上,运算速度提高 10~15 倍;指令系统比较完善,已具有典型的小型计算机体系结构以及中断、DMA 等控制功能;软件除采用汇编语言外,还配有 BASIC、FORTRAN、PL / 1 等高级语言及其相应的解释程序和编译程序,并开始配上操作系统,如 CP/M(Control Program / Monitor)操作系统。第二代微型计算机中影响最大的当数美国苹果电脑公司的 Apple-2。

接下来的是 16 位微处理器和微型机。最有代表性的微处理器是 Intel 8086(集成度 29 000 管/片)。它的特点是采用 HMOS 工艺,从各项性能指标评估,都比第二代微型计算机提高了一个数量级,已经达到和超过传统中、低档小型机(如 PDP - 11/45)的水平。这类 16 位微型机具有丰富的指令系统、多种寻址方式、多种数据处理方式,采用多级中断系统、段式寄存器结构,乘除运算硬件,电路功能大为增强,并配备了丰富的系统软件和应用软件。其中最有代表性的 16 位微型机产品是美国 IBM 公司的 IBM PC 个人计算机。所谓个人计算机(Personal Computer,简称 PC),一方面强调了这种计算机系统属于个人专用,而非多人共享使用;另一方面则标志着微型计算机已不仅仅应用于学习和娱乐,而且开始进入工作领域(商用领域)。16 位微型机发展很快,Intel 公司在 8086 基础上制成了 80286 等性能更为优越的 16 位微处理器,其寻址空间达 16 MB,工作主频达到 6 MHz,性能差不多是 8086 的 5 倍。IBM PC 系列微型计算机以及相应的兼容机,以其卓越的性能开始占领世界个人计算机市场。

20 世纪 80 年代末、90 年代初出现了 32 位微处理器构成的微型机。1985 年 Intel 公司在 80286 基础上又开发出了 80386 微处理器。80386 的工作频率达到 25 MHz,数据线和地址线都是 32 位。1989 年,Intel 公司在 80386 的基础上又研制出了 80486 微处理器,它是在 80386 的芯片内部增加一个 8 KB 的高速缓存(Cache)和 80386 的浮点协处理器芯片 80387 而形成的新一代 CPU。与此同时,随着存储器芯片的发展,内存的容量已达 1 MB 甚至更大。硬盘技术的不断提高,也使得外存储器容量可达 1 GB。在总线结构上一方面保留了原来通用的 16 位工业总线 (ISA),同时又发展了 32 位的总线结构,如 EISA 总线和 IBM 公司的 MCA(微通道体系结构)。以 80386、80486 为 CPU 的 COMPAQ、AST、DELL 和 IBM/PS2 等品牌机都是这一期间的代表。这些微型机性能已赶上传统的超级小型机,可执行多任务、多用户操作。由微型机组成的局域网也大量出现,从而扩大了个人计算机的应用范围。

1992 年 Intel 公司研制成 Pentium 微处理器是 PC 机世界中最重要的事件。Pentium 微处理器与 80486 是完全二进制兼容,它采用 0.8  $\mu\text{m}$  的 BiCMOS 工艺,在一个芯片上集成了 310 万个晶体管,封装在 273 脚的 PGA 包装内。Pentium 的地址总线为 36 位,同时也支持 64 位物理地址空间,数据总线 64 位,内部有两个定点流水线和一个浮点流水线运算器,采用两个相互独立的可以同时访问的指令和数据超高速缓存,时钟频率可以是 120 MHz、133 MHz、150 MHz、166 MHz、200 MHz,运算速度已超过 100 MIPS。

近两年来,Intel 公司的微处理器又有了新的发展,先后推出了 Pentium MMX(多能奔腾)、

Pentium Pro(高能奔腾)和 Pentium II 微处理器。1996 年 Intel 公司在 Pentium 的基础上开发成功具有多媒体信息处理功能的 Pentium MMX 微处理器,这种新型微处理器比 Pentium 增加了 57 条指令,它特别适合于进行音频、视频之类的数字信号处理,使多媒体 PC 机不再一定需要配置价格较贵的数字信号处理(DSP)芯片。随后,Intel 公司推出了高能奔腾 Pentium Pro,它采用了创新的动态执行体系结构,在同样的半导体工艺条件下,性能是 Pentium 的 2 倍。Pentium Pro 芯片包含有 550 万个晶体管,工作频率达 200 MHz 以上,性能达到甚至超过 RISC 处理器的水平。Pentium II 微处理器是 1997 年发布的,它具有动态执行、双总线、MMX 三大特点,含有 750 万个晶体管,采用 0.35  $\mu\text{m}$  工艺,主频为 300 MHz、266 MHz、233 MHz,把微处理器的性能又提高到了一个新的水准。

### 三、计算机的发展趋势

从 1946 年第一台计算机诞生,计算机已经走过了半个世纪的发展历程。它的发展速度之快,大大超出人们的预料。

50 多年来,计算机在提高速度、增加功能、缩小体积、降低成本和开拓应用等方面不断发展。进入 20 世纪 90 年代之后,这些趋势不仅仍在继续,而且节奏加快,大大加剧了市场竞争。

#### 1. 计算机速度继续不断提高

随着用户需求的不断增长,如何提高计算机的计算能力,一直是计算机发展的动力之一。20 世纪 50 年代至 70 年代,计算机已经奠定了高速化的基础,80 年代实现了高速化,90 年代更向超高速迈进。按照传统的分类,计算机一般分为巨、大、中、小、微型计算机,下面从巨型、大型和微型计算机的计算能力的超高速化,就能看出 90 年代计算机超高速化的明显趋势。

**巨型计算机迈向万亿次(TFLOPS)级** 巨型机集中了当代高科技之精华,是计算技术的顶峰;巨型机是决定一个国家军事、经济和科技地位的关键因素,是国家综合国力的象征。巨型机一般采用大规模并行处理(MPP)技术,所以也称大规模并行计算机。20 世纪 90 年代的巨型机正在迈向万亿次级。

**大型机转向超高速** 大型机被许多部门广泛应用,它一直带动着整个计算机科学技术和产业的发展。大型机计算能力大约每隔五年至八年就提高 10 倍以上。20 世纪 80 年代以后的进展速度就更快,90 年代则超乎人们的预料。以 IBM 公司的大型机为例,80 年代后期的 IBM3090 系统,速度从 10 MIPS 提高到 52.7 MIPS(1987 年,IBM3090-400 大型机的速度是 52.7MIPS)。90 年代 IBM RS/6000 服务器和 workstation,各有 20 个以上型号,计算能力在百万次、千万次和亿次级以上,引人注目。从 1994 年起,大型机又开始迈向超高速——几十亿次级的计算能力。例如 IBM 公司的新机型 S/390 已大量上市,速度已可达 325 MIPS。

**微型机的计算能力猛追大型机** 在计算机的发展史上,大、中、小和微型机的界定都是暂时的;只需几年,就从大变中、变小、变微,以此重新循环。微型机依靠超大规模集成电路(VLSI)、微型组装等技术的支持,又沿用大型机的体系结构,这就使微型机计算能力提高之快,往往超越人们的预料。20 世纪 80 年代是微型机的全盛时期,计算能力可达几十 MIPS。90 年代的微型机速度更快,例如 Intel Pentium Pro 计算能力达到 300 MIPS,使用 Pentium 微型计算机的一个中学生,他所拥有的计算能力,已经超过美国首次送人登月时所用计算机的计算能力。人们预言,到 2001 年,微型机的计算能力还将再提高 10 倍以上。



## 2. 计算机体积不断缩小

在性能指标、功能特性和可靠性等有增无减的前提下，计算机的体积、重量自然是越小越好(显示屏幕除外)。20世纪50年代至70年代，计算机的体积，每5~8年就缩小到原来的1/10左右。80年代以来大规模集成电路的发展，使计算机体积微型化了。近十多年来，半导体集成电路的集成度，大约每3年就提高4倍，目前这种趋势仍将保持下去，计算机继续朝着超微型化方向发展。

例如，美国国防部已把圆片规模集成(WSI)定为20世纪90年代六大攻关技术之一。美国半导体工业协会(SIA)计划在2010年推出最小特征尺寸为0.07 μm的芯片，包括64 Gb(吉位)的动态随机存储器芯片，集成9 000万个晶体管的微处理器芯片，以及每平方厘米4 000万个晶体管的专用集成电路(ASIC)芯片。

计算机体积的缩小，它的性能，包括计算能力、功能特性和安全可靠性等却越来越高、越来越先进。VLSI和大规模并行处理技术相结合，产生了过去人们不敢想象的、每秒钟能运算几十、几百亿次的个人计算机，造就了“计算机无处不在”的广泛应用局面。

## 3. 计算机的价格将持续下降

50多年来，计算机在性能不断提高、功能不断增强和可靠性大大改善的同时，价格一直在下降。下降幅度之大、速度之快，令世人惊叹。1980年至1990年，大、中型机每MIPS(每秒执行百万条指令)的计算成本从30万美元降至10万美元，10年下降到原来的1/3；与此同时，微型机每MIPS从1万美元下降到500美元，10年下降到原来的1/20。90年代计算机价格战越演越烈，例如1991年以Intel i486为基础的PC机，每MIPS合225美元；而1995年Pentium微处理器大量生产后，PC机每MIPS的成本已不到10美元。

## 4. 计算机的信息处理功能走向多媒体化

从应用的角度来看，计算机50多年的发展过程，也是一个从单一计算功能向多种信息处理功能全面发展的过程，计算机从一般的科学工程计算(数值计算)，逐步发展到数据处理、文字处理、图形/图像处理 and 声音、动画、影像(视频)处理等。计算机的信息处理功能不断增强，它不但能处理数值信息、文字信息、图形信息等静态的视觉信息，而且可以处理动态的视觉信息(动画)，还能处理语言、音乐等音频信息，甚至还可以处理用户的姿势、动作等，它将越来越贴近人类的感知习惯，特别是听觉、视觉习惯。计算机与人的界面越来越友好了。正是由于多媒体技术的发展，计算机的应用正在迅速地渗透到各行各业乃至人们的日常生活、工作和学习，计算机的应用将会到达无人不用的地步。

## 5. 计算机与通信相结合，计算机应用进入网络计算时代

在计算机50多年的发展过程中，计算机数据通信网络(简称计算机网络)的发展与应用，几乎与计算机的发展是同步进行的。计算机与通信网络相互协调、相互补充，越来越融化为一体了。

计算机网络的发展，20世纪50年代和60年代是集中计算模式网络，70年代和80年代是分散计算模式网络，90年代则进入了网络计算时代。网络计算时代的特征是：90年代的计算机用户已经不是单纯只靠自己的一台计算机进行信息处理，而是必须从互连网络(他所在的局域网以及与其互连的其他网络)获得他所需要的解决问题的能力。在这里，这种能力泛指应用软件、数据、计算与处理资源和系统软件等的总和。当然，有些用户仍然只需依靠自己的一台计算机就能完成自己的特定任务，只是说，网络计算已经上升为主要模式。