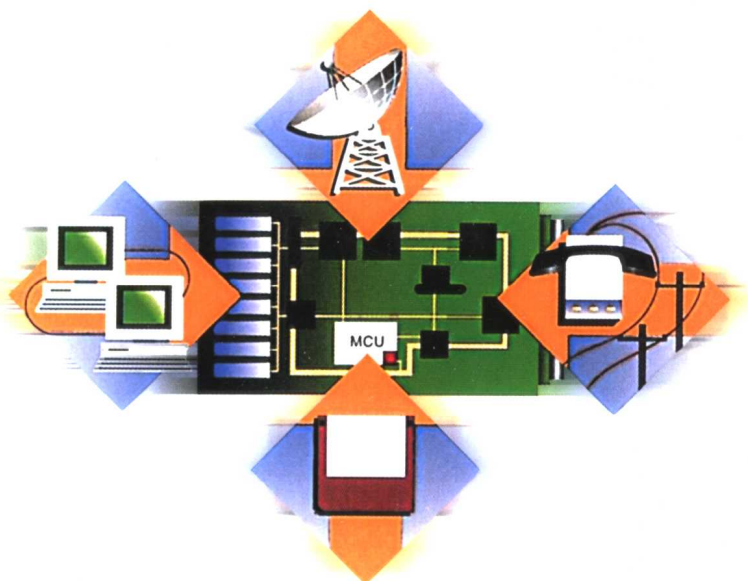


 新世纪高等学校
计算机专业教材系列

计算机组织与结构

网络版

白中英 邝 坚 主编



 科学出版社
www.sciencep.com

新世纪高等学校计算机专业教材系列

计算机组织与结构

(网络版)

白中英 邝 坚 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书重点介绍计算机单处理机系统的硬件组成与工作原理, 最后一章介绍计算机的并行组织。内容分九章: 计算机系统概论; 运算方法和运算器; 存储系统; 指令系统; 中央处理器; 总线系统; 外围设备; 输入输出系统; 并行组织。

本书内容全面, 概念清楚, 系统性强, 注重实践环节和能力培养。文字主教材、辅教材、网络教材光盘、试题库、教学仪器、教学实验、课程设计、资源库等综合配套, 形成了 ACM/IEEE-CS 倡导的“理论、抽象、设计”三个过程相统一的立体化教学体系。

全书文字流畅, 便于自学, 有广泛的适应面, 是大专院校计算机学科的专业基础课教材, 也可作为全国成人自学考试用教材、全国计算机等级考试(四级)参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组织与结构(网络版)/白中英, 邝坚主编. —北京: 科学出版社, 2003

(新世纪高等学校计算机专业教材系列)

ISBN 7-03-012604-1

I. 计… II. ①白…②邝… III. 计算机体系结构—高等学校—教材 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 118679 号

责任编辑: 钟谊 巴建芬/责任校对: 刘小梅

责任印制: 安春生/封面设计: 陈敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 12 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2003 年 12 月第一次印刷 印张: 22 1/2 插页: 1

印数: 1—10 000 字数: 510 000

定价: 36.00 元(含网络光盘)

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

作者简介



白中英，男，甘肃省永靖县人。现任北京邮电大学计算机科学与技术学院责任教授。2003 年度北京市高校教学名师奖获奖者。

在工程和科学研究中，“622 小型通用计算机”获 1978 年全国科学大会重大成果奖，1 项成果获国家级科技进步三等奖，1 项成果获全国发明展银质奖，5 项成果获部级科技进步一、二等奖，1 项成果获国家专利。近四年主持完成国家 863 项目、国家自然科学基金项目各 1 项，正在进行国家自然科学基金项目 1 项。

在教育和教学研究中，《计算机组成原理教程》获 1992 年国家级优秀教材特等奖，“CNCC 网络型计算机辅助教学系统”等 3 项成果分别获 1989 年、1993 年、1997 年国家级教学成果二等奖。4 项成果获省部级教学成果一等奖，2 项成果获北京市教学成果二等奖。《计算机组成原理》（第三版）获教育部 2002 年全国高校优秀教材一等奖。

先后在科学出版社、国防工业出版社等出版科技著作 20 部，880 万字。发表学术论文 30 余篇。

研究方向：计算机体系结构，人工智能。



邝坚，男，北京市人。1987 年北京邮电学院计算机通信专业本科毕业，1990 年在北京邮电大学获得计算机应用专业硕士学位。现任北京邮电大学计算机科学与技术学院副教授/副院长，兼任摩托罗拉-北京邮电大学计算机网络通信联合实验中心主任。

在科学技术研究中，承担国家自然科学基金项目及省部级科研项目各 1 项，完成通信系统开发项目 23 项。

在教育教学中，1 项成果获北京市教学成果二等奖，1 项成果获北京邮电大学优秀教学成果一等奖。在人民邮电出版社、北京邮电大学出版社等出版科技著作 6 部。

研究方向：计算机应用，宽带通信与嵌入式系统。

前 言

2002年北京人才市场上硬件人才以较大差额供不应求,其年薪之高居行业第二,而软件人才则以3倍数量供大于求。

2002年中国科学院计算技术研究所研制成功了中国第一个通用CPU芯片。这对我国的国家战略安全具有十分重要的意义。与此同时,我国计算机界的权威专家们强调,必须加强计算机硬件的科研和人才培养。

当前国内计算机科学技术学科硬件主干课程的设置有两种模式:一种是**数字逻辑与数字系统(技术基础课)→计算机组成原理(专业基础课)→计算机体系结构(专业课)**,大多数重点院校采用这种模式。另一种是**数字逻辑与数字系统(技术基础课)→计算机组织与结构(专业基础课)**。本教材的出版可以满足第二种模式的教学需要。

值得深思的是,国内一部分院校的计算机学科办得太“软”,学生的硬件知识和动手能力非常薄弱,甚至研究生也惧怕硬件。骨之不存,肉将焉附?没有硬件,何来软件?随着计算机科学技术的飞速发展,计算机系统的软硬件界限开始变得模糊,且开始采用软件方法来设计硬件。作者认为:在软硬件发展逐渐融合的背景下,计算机学科不应该削弱硬件教学。

本教材的编写遵循如下宗旨:

- (1) 内容全面,基本概念清楚;
- (2) 系统性强,使学生能建立计算机整机概念;
- (3) 有合理的知识结构,为后续课程打下良好基础;
- (4) 理论教学与实践教学结合,注重学生的能力培养;
- (5) 有较广的适应面,以适应学生在各类计算机上从事开发和应用的需要;
- (6) 力图反映新技术、新动向,以适应计算机科学技术发展和变化迅速的需要。

本教材的教学目标是:传授知识、培养能力、提高素质。作者根据多年从事硬件课程理论教学与实践教学的经验,在本教材编写中综合配套了文字主教材、辅教材、CAI课件、网络课件、试题库、教学仪器、教学实验、课程设计、资源库等,力求形成ACM/IEEE-CS倡导的**理论、抽象、设计**三个教学过程相统一的立体化教学体系。课内教学计划72—80学时。

王让定、戴志涛、杨旭东、张杰、靳秀国、杨蕾、马小丽、李秀川、徐军、孙志军、徐志明、徐颂、符文卿、袁娜、尚艳淳、吴伟、李星燕、韩维洋、由凡、宋丹杰、周柳忠、张春、张蓉蓉、段国乐、盛利、王锋、林荣恒等参与了文字教材、CAI课件、网络课件、自测试题库、资源库等的编写与研制工作,限于篇幅,封面上未能一一署名。

清华大学计算机科学技术系杨士强教授审定了本教材书稿,在此表示衷心感谢!

作 者

2003年7月于北京

· i ·

目 录

第一章 计算机系统概论	1
1.1 计算机的分类和应用	1
1.1.1 计算机的分类	1
1.1.2 计算机的应用	2
1.2 计算机的硬件	6
1.2.1 数字计算机的硬件组成	6
1.2.2 数字计算机的发展史	11
1.3 计算机的软件	12
1.3.1 软件的组成与分类	12
1.3.2 软件的发展演变	13
1.4 计算机系统的有关概念	14
1.4.1 计算机系统的层次结构	14
1.4.2 软件与硬件的逻辑等价性	15
1.4.3 三个术语的物理概念	16
1.4.4 计算机体系结构的分类	16
本章小结	17
习题	18
第二章 运算方法和运算器	19
2.1 数据与文字的表示方法	19
2.1.1 数据格式	19
2.1.2 数的机器码表示	22
2.1.3 字符与字符串的表示方法	27
2.1.4 汉字的表示方法	28
2.1.5 校验码	29
2.2 定点加法、减法运算	30
2.2.1 补码加法	30
2.2.2 补码减法	32
2.2.3 溢出概念与检测方法	33
2.2.4 基本的二进制加法/减法器	35
2.2.5 十进制加法器	35
2.3 定点乘法运算	37
2.3.1 原码并行乘法	37
2.3.2 补码并行乘法	43
2.4 定点除法运算	45

2.4.1	原码除法算法原理	45
2.4.2	并行除法器	47
2.5	定点运算器的组成	50
2.5.1	逻辑运算	50
2.5.2	多功能算术/逻辑运算单元	52
2.5.3	内部总线	57
2.5.4	定点运算器的基本结构	58
2.6	浮点运算方法和浮点运算器	59
2.6.1	浮点加法、减法运算	59
2.6.2	浮点乘法、除法运算	62
2.6.3	浮点运算流水线	65
2.6.4	浮点运算器实例	68
	本章小结	70
	习题	70
第三章	存储系统	72
3.1	存储器概述	72
3.1.1	存储器分类	72
3.1.2	存储器的分级结构	73
3.1.3	主存储器的技术指标	73
3.2	随机读写存储器	74
3.2.1	SRAM 存储器	74
3.2.2	DRAM 存储器	81
3.2.3	主存储器组成实例	87
3.2.4	高性能的主存储器	89
3.3	只读存储器和闪存存储器	92
3.3.1	只读存储器	92
3.3.2	闪存存储器	95
3.4	高速存储器	99
3.4.1	双端口存储器	100
3.4.2	多模块交叉存储器	102
3.4.3	相联存储器	106
3.5	cache 存储器	108
3.5.1	cache 基本原理	108
3.5.2	主存与 cache 的地址映射	109
3.5.3	替换策略	113
3.5.4	cache 的写操作策略	114
3.5.5	奔腾 PC 机的 cache	115
3.6	虚拟存储器	117
3.6.1	虚拟存储器的基本概念	117

3.6.2 页式虚拟存储器	118
3.6.3 段式虚拟存储器	119
3.6.4 段页式虚拟存储器	120
3.6.5 替换算法	122
3.6.6 虚拟存储器实例	123
3.7 存储保护	124
3.7.1 存储区域保护	124
3.7.2 访问方式保护	126
本章小结	127
习题	127
第四章 指令系统	130
4.1 指令系统的发展与性能要求	130
4.1.1 指令系统的发展	130
4.1.2 对指令系统性能的要求	130
4.1.3 低级语言与硬件结构的关系	131
4.2 指令格式	132
4.2.1 操作码	132
4.2.2 地址码	133
4.2.3 指令字长度	134
4.2.4 指令助记符	134
4.2.5 指令格式举例	135
4.3 指令和数据的寻址方式	137
4.3.1 指令的寻址方式	137
4.3.2 操作数寻址方式	138
4.3.3 寻址方式举例	142
4.4 堆栈寻址方式	145
4.4.1 串联堆栈	145
4.4.2 存储器堆栈	146
4.5 典型指令	147
4.5.1 指令的分类	147
4.5.2 基本指令系统	149
4.5.3 精简指令系统	151
本章小结	153
习题	154
第五章 中央处理器	156
5.1 CPU 的功能和组成	156
5.1.1 CPU 的功能	156
5.1.2 CPU 的基本组成	156
5.1.3 CPU 中的主要寄存器	157

5.1.4 操作控制器与时序产生器	159
5.2 指令周期	160
5.2.1 指令周期的基本概念	160
5.2.2 CLA 指令的指令周期	161
5.2.3 ADD 指令的指令周期	163
5.2.4 STA 指令的指令周期	165
5.2.5 NOP 指令和 JMP 指令的指令周期	166
5.2.6 用方框图语言表示指令周期	168
5.3 时序产生器和控制方式	171
5.3.1 时序信号的作用和体制	171
5.3.2 时序信号产生器	172
5.3.3 控制方式	175
5.4 微程序控制器	176
5.4.1 微命令和微操作	176
5.4.2 微指令和微程序	177
5.4.3 微程序控制器原理框图	178
5.4.4 微程序举例	179
5.4.5 CPU 周期与微指令周期的关系	181
5.4.6 机器指令与微指令的关系	182
5.5 微程序设计技术	184
5.5.1 微命令编码	184
5.5.2 微地址的形成方法	185
5.5.3 微指令格式	186
5.5.4 动态微程序设计	188
5.6 硬布线控制器	188
5.7 流水 CPU	191
5.7.1 并行处理技术	191
5.7.2 流水 CPU 的结构	191
5.7.3 流水线中的主要问题	194
5.7.4 奔腾 CPU	196
5.8 RISC CPU	198
5.8.1 RISC 机器的特点	198
5.8.2 RISC CPU 实例	199
5.9 多媒体 CPU	203
5.9.1 多媒体技术的主要问题	203
5.9.2 MMX 技术	204
5.9.3 动态执行技术	207
5.10 CPU 性能评价	208
5.10.1 CPU 性能公式	208

5.10.2 性能评价标准	209
本章小结	210
习题	211
第六章 总线系统	213
6.1 总线的概念和结构形态	213
6.1.1 总线的基本概念	213
6.1.2 总线的连接方式	214
6.1.3 总线结构对计算机系统性能的影响	216
6.1.4 总线的内部结构	217
6.1.5 总线结构实例	218
6.2 总线接口	220
6.2.1 信息的传送方式	220
6.2.2 接口的基本概念	221
6.3 总线的仲裁、定时和数据传送模式	222
6.3.1 总线的仲裁	222
6.3.2 总线的定时	224
6.3.3 总线数据传送模式	226
6.4 PCI 总线	228
6.4.1 多总线结构	228
6.4.2 PCI 总线信号	229
6.4.3 总线周期类型	229
6.4.4 总线周期操作	231
6.4.5 总线仲裁	233
6.5 ISA 总线和 Futurebus ⁺ 总线	233
6.5.1 ISA 总线	233
6.5.2 Futurebus ⁺ 总线	234
本章小结	234
习题	235
第七章 外围设备	237
7.1 外围设备概述	237
7.1.1 外围设备的一般功能	237
7.1.2 外围设备的分类	237
7.2 显示设备	238
7.2.1 显示设备的分类与有关概念	238
7.2.2 字符/图形显示器	240
7.2.3 图像显示设备	243
7.2.4 IBM PC 系列机的显示系统	244
7.3 输入设备和打印设备	247
7.3.1 输入设备	247

7.3.2 打印设备	248
7.4 硬磁盘存储设备	251
7.4.1 磁记录原理与记录方式	251
7.4.2 硬磁盘机的基本组成和分类	254
7.4.3 硬磁盘驱动器和控制器	255
7.4.4 磁盘上信息的分布	257
7.4.5 磁盘存储器的技术指标	258
7.5 软磁盘存储设备	259
7.5.1 软磁盘存储器与硬磁盘存储器的异同	259
7.5.2 软磁盘片	260
7.5.3 软盘的记录格式	261
7.5.4 软磁盘驱动器和控制器	262
7.6 磁带存储设备	263
7.6.1 磁带机的分类和结构	263
7.6.2 磁带的记录格式	263
7.7 光盘存储设备	265
7.7.1 光盘的分类	265
7.7.2 CD-ROM 光盘	266
7.7.3 CD-ROM 驱动器及其接口	268
本章小结	268
习题	269
第八章 输入输出系统	271
8.1 CPU 对外围设备的管理方式	271
8.2 程序中断方式	273
8.2.1 中断的基本概念	273
8.2.2 程序中断方式的基本接口	275
8.2.3 单级中断	276
8.2.4 多级中断	278
8.2.5 中断控制器	281
8.2.6 Pentium 中断机制	282
8.3 DMA 方式	284
8.3.1 DMA 的基本概念	284
8.3.2 DMA 传送方式	285
8.3.3 基本的 DMA 控制器	286
8.3.4 选择型和多路型 DMA 控制器	289
8.4 通道方式	293
8.4.1 通道的功能	293
8.4.2 通道的类型	294
8.4.3 通道结构的发展	296

8.5 通用 I/O 标准接口	296
8.5.1 并行 I/O 标准接口 SCSI	296
8.5.2 串行 I/O 标准接口 IEEE 1394	298
本章小结	300
习题	301
第九章 并行组织	303
9.1 体系结构中的并行性	303
9.1.1 并行性的概念	303
9.1.2 提高并行性的技术途径	304
9.1.3 单机系统中并行性的发展	304
9.1.4 多机系统中并行性的发展	304
9.2 互连网络	305
9.2.1 互连网络的功能和特征	305
9.2.2 静态互连网络	306
9.2.3 动态互连网络	308
9.3 向量处理机	312
9.3.1 向量处理的基本概念	312
9.3.2 向量处理机的结构	315
9.4 阵列处理机	319
9.4.1 阵列处理机的操作模型和特点	319
9.4.2 阵列处理机的结构	320
9.4.3 阵列处理机实例	322
9.5 多处理机系统	325
9.5.1 多处理机系统的特点和分类	325
9.5.2 多处理机的 Cache 一致性	328
9.5.3 多处理机系统实例	330
9.6 机群系统	333
9.6.1 机群系统的基本概念与结构	333
9.6.2 机群实例	335
本章小结	338
习题	338
附录 A 配套教材与教学设备	341
附录 B 与同行交流	342
参考文献	344

第一章 计算机系统概论

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，目的在于使读者先有一个较粗的总体概念，以便于展开后续各章内容。

1.1 计算机的分类和应用

1.1.1 计算机的分类

电子计算机从总体上来说分为两大类。一类是电子模拟计算机。“模拟”就是相似的意思，例如计算尺是用长度来标示数值；时钟是用指针在表盘上转动来表示时间；电表是用角度来反映电量大小，这些都是模拟计算装置。模拟计算机的特点是数值由连续量来表示，运算过程也是连续的。由于精度和解题能力都有限，所以应用范围较小。

另一类是电子数字计算机，它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。数字计算机的主要特点是按位运算，并且不连续地跳动计算。它是以近似于人类的“思维过程”来进行工作的，所以有人把它叫做电脑。它的发明和发展是 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。

数字计算机进一步又可分为专用计算机和通用计算机。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。专用机是最有效、最经济和最快速的计算机，但是它的适应性很差。通用计算机适应性很大，但是牺牲了效率、速度和经济性。

通用计算机又可分巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机和单片机六类，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，见图 1.1。

一般来说，巨型计算机主要用于科学计算，其运算速度在每秒万亿次以上，数据存

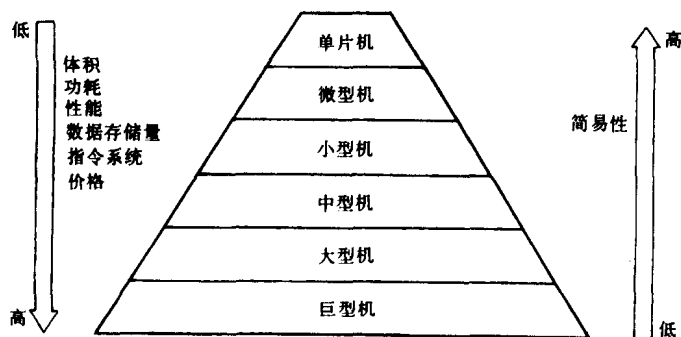


图 1.1 单片机、微型机、小型机、中型机、大型机、巨型机之间的区别

储容量很大,结构复杂,价格昂贵。而单片计算机是只用一片集成电路做成的计算机,体积小,结构简单,性能指标较低,价格便宜。介于巨型机和单片机之间的是大型机、中型机、小型机和微型机,它们的结构规模和性能指标依次递减。但是随着超大规模集成电路的迅速发展,微型机、小型机和中型机彼此之间的概念也在发生变化,因为今天的小型机可能就是明天的微型机,而今天的微型机可能就是明天的单片机。专用计算机是针对某一任务设计的计算机,一般来说,其结构要比通用机简单。目前已经出现了多种型号的单片专用机,用于测试或控制。

1.1.2 计算机的应用

计算机所以迅速发展,其生命力在于它的广泛应用。目前,计算机的应用范围几乎涉及人类社会的所有领域:从国民经济各部门到个人家庭生活,从军事部门到民用部门,从科学教育到文化艺术,从生产领域到消费娱乐,无一不是计算机应用的天下。对于这么多的应用,这里不可能一一介绍,下面归纳成七个方面来叙述。

1. 科学计算

科学研究和工程技术计算领域,是计算机应用最早的领域,也是应用得较广泛的领域。例如数学、化学、原子能物理学、天文学、地球物理学、生物学等基础科学的研究,以及航天飞行、飞机设计、桥梁设计、水力发电、地质找矿等方面的大量计算都要用到计算机。利用计算机进行数值计算,可以节省大量时间、人力和物力。

人们曾遇到这样一类问题,即计算这些问题的方法并不很复杂,但计算的工作量实在太太大,以至于根本无法计算。例如19世纪中叶,数学上提出了地图着色的“四色定理”问题。意思是说,画一张地图要使相邻的两国不同一种颜色,只要用四种颜色就够了。但这一定理在数学上长期得不到精确的证明,成为一大难题。100多年后,直到1976年科学家们才利用高速电子计算机作出了证明,轰动了世界。它在高速电子计算机上共算了1200小时才完成,若用人工来算,一个人日夜不停地算,要算十几万年!

还有一类问题,人工计算太慢,算出来也失去了实际意义。例如,大范围地区的天气预报,采用计算机计算,不到一分钟就可算出结果。若用手摇计算机计算,就得几个星期,那么“日预报”就毫无价值了。

还有一类问题,用人工计算不一定能选出最佳方案。现代技术工程往往投资大、周期长,因此设计方案的选择非常关键。为了选择一个理想的方案,往往需要详细地计算几十个乃至几百个方案,然后从中选优。如果没有计算机帮助,仅计算一个方案就要花费大量人力和时间,而要计算出很多方案来选优,谈何容易!即使有个选择,所选方案也不一定是最佳的。

总之,计算机在科学计算和工程设计中的应用,不仅减小了大量繁琐的计算工作量,更重要的是,一些以往无法解决、无法及时解决或无法精确解决的问题得到了圆满的解决。

2. 自动控制

自动控制是涉及面极广的一门学科,应用于工业、农业、科学技术、国防以至我们

日常生活等各个领域。特别是有了体积小、价廉可靠的微型计算机和单片机后，自动控制就有了强有力的工具，使自动控制进入了以计算机为主要控制设备的新阶段。

据统计，目前国内外大约 20% 的微型机用于生产过程的自动控制，应用于冶金、化工、电力、交通、机械、军事等部门。

用计算机控制各种加工机床，不仅可以减轻工人的劳动强度，而且生产效率高，加工精度高。例如，微型机控制的铣床可以加工形状复杂的涡轮叶片，加工精度可以提高到 0.013 毫米，加工时间从原来的三星期缩短至四小时。

更进一步发展，用一台或多台计算机控制很多台设备组成的生产线，还可以控制一个车间以至整个工厂的生产，其经济和技术效果更为显著。例如一台年产 200 万吨的标准带钢热轧机，如用人工控制，每周产量 500 吨就很不简单了。采用计算机控制后，大大提高了轧机速度，每周可达 5 万吨，产量提高了 100 倍。有人说“计算机是提高生产力最简便的办法”，这是很有道理的。

计算机在自动控制领域中的应用，例子不胜枚举，不再赘述。

3. 测量和测试

据统计，计算机在测量和测试领域中的应用所占的比例也相当大，大约占 20%。在这个领域中，计算机主要起两个作用：第一，对测量和测试设备本身进行控制；第二，采集数据并进行数据处理。

实现测量和测试的自动化，是人们向往已久的事，它不仅可以大大提高测量精度，而且可以成倍、成十倍地提高工作效率。例如，用微型机对液压元件性能进行自动测试和数据处理，使元件性能测试精度提高了一个数量级，工作效率提高了 20 倍。另一方面，有些领域的测量和测试实在非人力所能完成。例如，高温、低温、有毒、辐射环境的测量和测试，核爆炸时的数据采集等等，必须使用自动化手段才能得到数据。自从微型机问世以后，由于它具有物美价廉、小巧玲珑的特点，正好满足了控制和测试领域的需要。各种自动测量、测试系统如雨后春笋，应运而生；各种智能化的测量、测试仪器也纷纷问世，并在生产、科研、教学中发挥了巨大的作用。

4. 信息处理

信息，是我们人类赖以生存和交际的媒介。通过五官和皮肤，我们可以看到文字图像，听到唱歌说话，闻到香臭气味，尝到酸甜苦辣，感到冷热变化。文字图像、唱歌说话、香臭气味、酸甜苦辣、冷热变化，这些都是信息。人本身就是一个非常高级的信息处理系统。

计算机发展初期，它仅仅用于数值计算。但是后来应用范围逐渐发展到非数值计算领域，可用来处理文字、表格、图像、声音等各类问题。因此，确切地讲，计算机应当称为信息机，或叫信息处理机。

信息处理的范围相当广泛。网络就是计算机！正因为如此，这一领域由于 Internet 的广泛应用，所占的比例也最大，带来的各种效益也十分明显。下面仅以商务处理和管理应用来说明。

(1) 商务处理

在商业业务上，广泛应用的项目有：办公室计算机、数据处理机、数据收集机、发票处理机、销售额清单机、零售终端、会计终端、出纳终端，等等。

在银行业务上，广泛采用金融终端、销售点终端、现金出纳机。银行间利用计算机进行的资金转移正式代替了传统的支票。个人存款也使用“电子存款”法，不用支票，雇员的薪金用计算机转账。

在邮政业务上，大量的商业信件，现在开始用传真系统传送。甲地寄出的信件可以自动拆开，用电子传真系统传送到乙地，然后用人送到收信者手中，或在收件者的印字机上印出。未来的邮政局将一般邮件都用“电子邮件”方法办理。

商务处理方面的例子还很多，像飞机与火车订票、电子购物、税收业务等等，不再一一列举。

(2) 管理应用

自从人类社会以来，各种组织就有各种不同的信息处理系统。因为有社会活动，就必须有组织，有组织就必须有管理，要管理就必须收集、处理各种信息。长期以来，人们都是用手工来收集、处理各种信息。但是随着社会的发展，组织日益复杂，管理职能越来越强，对信息处理的要求也越来越高。原来那种手工收集、处理信息的方式越来越不适用。

以物资管理为例，目前全国的物资库存，包括生产物资、商业物资和外贸物资，超过数千亿元，品种规格繁多，信息量很大。仅就钢材一项，品种已超过 10 万，要人工把全国钢材汇总起来，需要 3000 人年！以滚珠轴承来说，目前库存是 6000 多种、3.7 亿套。年产量只有 2 亿套左右，库存几乎比年产量大一倍，这 6000 多种、3.7 亿套轴承分散在全国各地，简直无法查对。

计算机的引入，使信息处理系统获得了强有力的存储和处理手段。上述的物资管理，如用计算机进行，情况就大不一样：可以随时掌握各类物资库存情况，合理调剂，减少库存。一个企业，只要花 1 万元引入一台微型机，至少可以减少库存 50 万元。又如全国人口普查，用计算机对 120 万人按年龄、性别、职业等 14 个项目进行统计分析，总共只需 3 个小时。

总之，企业管理、物资管理、资料图书管理、人事管理、业务管理等等，都是计算机能发挥作用的领域。

5. 教育和卫生

创立学校、应用书面语言、发明印刷术，被称为教育史上的三次革命。目前，计算机广泛应用于教育，被誉为“教育史上的第四次革命”。

较多的应用是“计算机辅助教学”。用这种手段进行教学，学生可以生动活泼地进行学习，教师也可以减少大量重复的课堂讲授，而把精力放在提高教材质量和研究教学方法上。

计算机辅助教学既用于普通教育，又用于专业训练方面。例如通过计算机管理的“飞行模拟器”来训练飞机驾驶员，可以收到多快好省的效果。飞行员坐在地面上的飞行模拟器中进行训练，其环境犹如真实飞机在空中飞行一样。

到 21 世纪,在教学过程中将广泛采用计算机教学,这时人们可坐在家,通过计算机远程网络,按照自己的才能确定个人的学习计划和进度。

计算机的问世,同样为人类健康长寿带来了福音。一方面,使用计算机的各种医疗设备应运而生,如 CT 图像处理设备、身体诊断设备、心电图分析仪、血液分析仪、医疗车系统等等,无疑,这些较先进的设备和仪器为及早发现疾病提供了强有力的手段。另一方面,集专家经验之大成,利用计算机建成了各种各样的专家系统,如中医专家诊疗系统、肝病电脑诊治系统、肺癌电脑诊断系统、黄疸病诊疗系统等等。事实表明,这些专家系统行之有效,为诊治疾病发挥了很大作用。

对人类健康有直接或间接影响的其他领域,像环境保护、水质检测等,应用计算机的实例也很多。

6. 家用电器

计算机不仅在国民经济各部门发挥越来越大的作用,而且已渗入到个人生活,特别是家用电器中。例如彩色电视的调台器,就是把微型机和锁环频率合成器结合起来构成的,从而使电视机增加了数字选台、自动选台、预约节目、遥控等多种功能。目前,不仅使用各种类型的个人计算机,而且将单片机广泛应用于微波炉、磁带录音机、自动洗衣机、煤气用定时器、家用空调设备控制器、电控缝纫机、电子玩具、游戏机等。

未来的家用电脑将指挥机器人扫地,清洁地毯,控制炉灶的烹煮时间,调节室内温度,执行守护房屋和防火工作,还可以接受主人的电话命令,开启暖炉或冷气机。在 21 世纪,计算机网络和计算机控制的设备将广泛地应用于办公室、工厂和家庭。通过因特网,可以传递多种多样有益的信息,如时事新闻、商业行情,等等。

7. 人工智能

“人工智能”又称“智能模拟”,简单地说,就是要使计算机能够模仿人的高级思维活动。影片《未来世界》中所描绘的机器人,就是在人工智能研究成果基础上所设想的未来世界的情景。不管影片中所描绘的那种几乎与真人差不多的机器人是否能够实现,或者到什么时候才能实现,但现在确实在人工智能研究方面进行着大量的工作。

人工智能的研究课题是多种多样的,诸如计算机学习、计算机证明、景物分析、模拟人的思维过程、机器人等等,内容很多。

拿下棋为例,如果程序人员把走棋子的法则编成程序存入计算机,计算机就可以按规则走动棋子,与人对弈。下棋的结果,计算机可能输了,第二次再下,当人的走法不变时,计算机就再输一次。但是如果我们从方法和程序上研究一种新的手段,使计算机下棋输了一次以后它能进行自学习、自组织、自积累经验,那么下次再下棋时就不会重犯上次的错误,这就是人工智能所研究的课题。

人类可以直接利用各种自然形式的信息,如文字、图像、颜色、自然景物、声音、语言等,但是计算机目前还不能直接利用自然形式的信息。直接利用自然形式的信息,这正是当前模式识别研究的奋斗目标。目前,在文字识别、图形识别、景物分析以及语言理解等方面都已取得了不少成就。例如语言理解方面,已达到能理解几千个单词,几百个句子的水平。在文字识别方面,虽然对任意的书写体的识别还未很好解决,但是对