

可下载教学资料

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



高等学校教材
计算机科学与技术

汇编语言 程序设计教程(第二版)

卜艳萍 周伟 编著



清华大学出版社

高等学校教材
计算机科学与技术

汇编语言 程序设计教程(第二版)

卜艳萍 周伟 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 IBM PC 为背景系统, 介绍微型计算机原理的基础知识及汇编语言程序设计的方法和技术。全书共分 9 章, 第 1 章和第 2 章介绍微型计算机基础知识以及 80x86 机型的系统结构; 第 3 章详细介绍 IBM PC 的寻址方式和指令系统; 第 4 章介绍伪指令、汇编语言程序格式等知识; 第 5 章讲述高级汇编技术, 包括宏汇编、条件汇编、重复汇编等; 第 6 章讲述顺序程序设计、分支程序设计、循环程序设计、子程序(过程)设计及参数传递的方法; 第 7 章讲述 DOS 功能调用和 BIOS 功能调用知识; 第 8 章是输入输出程序设计技术; 第 9 章是汇编语言程序设计实验指导。

本书可作为计算机应用及相关专业本科学生的教学用书, 也可作为从事计算机应用的工程技术人员参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

汇编语言程序设计教程 / 卜艳萍, 周伟编著. —2 版. —北京: 清华大学出版社, 2007.6
(高等学校教材·计算机科学与技术)

ISBN 978-7-302-14764-0

I. 汇… II. ①卜… ②周… III. 汇编语言—程序设计—高等学校—教材 IV. TP313

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 026900 号

责任编辑: 魏江江 李 晔

责任校对: 时翠兰

责任印制: 孟凡玉

出版发行: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机: 010-62770175 邮购热线: 010-62786544

投稿咨询: 010-62772015 客户服务: 010-62776969

印 刷 者: 清华大学印刷厂

装 订 者: 三河市漂源装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 21 字 数: 478 千字

版 次: 2007 年 6 月第 2 版 印 次: 2007 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 28.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 022679-01

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学	周立柱	教授
	覃 征	教授
	王建民	教授
	刘 强	副教授
	冯建华	副教授
北京大学	杨冬青	教授
	陈 钟	教授
	陈立军	副教授
北京航空航天大学	马殿富	教授
	吴超英	副教授
	姚淑珍	教授
	王 珊	教授
中国人民大学	孟小峰	教授
	陈 红	教授
北京师范大学	周明全	教授
北京交通大学	阮秋琦	教授
北京信息工程学院	孟庆昌	教授
北京科技大学	杨炳儒	教授
石油大学	陈 明	教授
天津大学	艾德才	教授
复旦大学	吴立德	教授
	吴百锋	教授
	杨卫东	副教授
	邵志清	教授
	杨宗源	教授
华东理工大学	应吉康	教授
华东师范大学	乐嘉锦	教授
东华大学	蒋川群	教授
上海第二工业大学	吴朝晖	教授
浙江大学	李善平	教授
南京大学	骆 斌	教授
南京航空航天大学	秦小麟	教授

南京理工大学
南京邮电学院
苏州大学
江苏大学
武汉大学
华中科技大学
中南财经政法大学
华中师范大学

国防科技大学

中南大学

湖南大学

西安交通大学

长安大学
西安石油学院
西安邮电学院
哈尔滨工业大学
吉林大学

长春工程学院
山东大学

山东科技大学
中山大学
厦门大学
福州大学
云南大学
重庆邮电学院
西南交通大学

张功萱 教授
朱秀昌 教授
龚声蓉 教授
宋余庆 教授
何炎祥 教授
刘乐善 教授
刘腾红 教授
王林平 副教授
魏开平 副教授
叶俊民 教授
赵克佳 教授
肖 依 副教授
陈松乔 教授
刘卫国 教授
林亚平 教授
邹北骥 教授
沈钧毅 教授
齐 勇 教授
巨永峰 教授
方 明 教授
陈莉君 副教授
郭茂祖 教授
徐一平 教授
毕 强 教授
沙胜贤 教授
孟祥旭 教授
郝兴伟 教授
郑永果 教授
潘小轰 教授
冯少荣 教授
林世平 副教授
刘惟一 教授
王国胤 教授
杨 燕 副教授

改革开放以来,特别是党的十五大以来,我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就,高等教育实现了历史性的跨越,已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上,高等教育规模取得如此快速的发展,创造了世界教育发展史上的奇迹。当前,教育工作既面临着千载难逢的良好机遇,同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾,是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月,教育部下发了《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》,提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月,教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件,指出“高等学校教学质量和教学改革工程”是教育部正在制定的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分,精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一。教育部计划用五年时间(2003—2007年)建设1500门国家级精品课程,利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放,以实现优质教学资源共享,提高高等学校教学质量和人才培养质量。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展、顺应并符合新世纪教学发展的规律、代

表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。首批推出的特色精品教材包括:

(1) 高等学校教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 高等学校教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 高等学校教材·信息管理与信息系统。

(6) 高等学校教材·财经管理与计算机应用。

清华大学出版社经过 20 多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会
E-mail: dingl@tup.tsinghua.edu.cn

在第一版《汇编语言程序设计教程》的基础上，修改及合并了部分内容。将第 6 章“汇编语言程序设计”和第 7 章“子程序设计”合并为一章，成为第二版的第 6 章“汇编语言程序设计”；将第 8 章“系统功能调用”和第 10 章“综合应用程序设计”合并为一章，成为第二版的第 7 章“系统功能调用及其应用”；在 8086/8088 汇编语言部分增加了“汇编语言程序生成的可执行文件结构”；在输入输出程序设计部分增加“输入输出综合应用程序举例”；在汇编语言程序设计指导部分增加了“综合应用程序设计”；每章内容都有适当的补充及修改。

全书共分 9 章。第 1 章和第 2 章介绍微型计算机基础知识以及 80x86 机型的系统结构，这两章为后面的讲解提供了必要的微型计算机系统软件、硬件知识；第 3 章详细介绍 IBM PC 的寻址方式和指令系统；第 4 章介绍伪指令、汇编语言程序格式等知识；第 5 章讲述高级汇编技术，包括宏汇编、条件汇编、重复汇编等；第 6 章讲述顺序程序设计、分支程序设计、循环程序设计、子程序（过程）设计及参数传递的方法；第 7 章讲述 DOS 功能调用和 BIOS 功能调用知识，并通过综合程序设计实例分析系统功能调用的实现；第 8 章是输入输出程序设计技术，主要分析了程序查询方式和中断传送方式的基本方法；第 9 章是汇编语言程序设计实验指导，在介绍了 DEBUG 和 MASM 的命令和使用之后，分 6 部分给出了汇编语言程序设计上机练习的实例分析及学生自己编程的要求。第 6 章～第 9 章有大量的例程分析，帮助学生掌握每章内容。每章后均有习题，可以作为巩固相关知识的课后作业。

本书由上海交通大学技术学院教师卜艳萍担任主编，并编写了第 1 章～第 5 章，第 6 章～第 9 章和附录 A～附录 D 由华东理工大学的周伟老师编写。何飞、燕慧、周风波、周烨晴、邱遥、刘雅琴等参加了资料收集及部分书稿的录入工作，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限及时间仓促，书中错漏和不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

2007 年 2 月

第 1 章 计算机基础知识	1
1.1 计算机的发展及应用	1
1.1.1 计算机的历史与发展	1
1.1.2 计算机的分类	3
1.1.3 计算机的应用	6
1.2 计算机的特点与主要技术指标	8
1.2.1 计算机的主要特点	9
1.2.2 计算机的主要性能指标	10
1.3 计算机中的信息表示与运算	12
1.3.1 进位计数制及数制转换	12
1.3.2 定点数与浮点数	15
1.3.3 机器数的编码表示	17
1.3.4 BCD 码与 ASCII 码	19
习题 1	23
第 2 章 微型计算机系统概述	24
2.1 微型计算机的基本结构与组成	24
2.1.1 计算机的基本组成	24
2.1.2 微型计算机硬件系统结构	31
2.2 8086/8088 微处理器的结构与组成	32
2.2.1 8086/8088 的功能结构	33
2.2.2 8086/8088 的内存组织	34
2.2.3 8086/8088 CPU 的内部寄存器	36
2.2.4 8086/8088 的接口组织	39
2.3 80x86 微处理器概述	40
2.3.1 80286 微处理器	40
2.3.2 80386 微处理器	42
2.3.3 80486 微处理器	46

2.3.4 Pentium 微处理器	52
习题 2	57
第 3 章 微型计算机的指令系统	58
3.1 寻址方式	58
3.1.1 与数据有关的寻址方式	59
3.1.2 与转移地址有关的寻址方式	65
3.2 8086/8088 指令系统	66
3.2.1 数据传送类指令	68
3.2.2 算术运算类指令	74
3.2.3 逻辑操作类指令	83
3.2.4 程序控制类指令	88
3.2.5 数据串操作类指令	95
3.2.6 处理器控制类指令	98
3.2.7 输入输出类指令	100
3.3 80x86 指令系统介绍	101
3.3.1 80286 指令系统	102
3.3.2 80386 指令系统	104
3.3.3 80486 指令系统	109
3.3.4 Pentium 指令系统	110
习题 3	111
第 4 章 8086/8088 汇编语言	115
4.1 汇编程序功能	115
4.2 汇编语言中的标记	117
4.3 伪指令	118
4.3.1 表达式赋值伪指令	119
4.3.2 数据定义伪指令	120
4.3.3 LABEL 伪指令	122
4.3.4 段定义伪指令	123
4.3.5 过程定义伪指令	126
4.3.6 模块命名、程序开始和程序结束伪指令	127
4.3.7 模块通信伪指令	128
4.4 汇编语言程序格式	131
4.4.1 名字项	132
4.4.2 操作项	133
4.4.3 操作数项	133
4.4.4 注释项	135

4.5 汇编语言程序返回 DOS 的方法	136
4.6 汇编语言程序生成的可执行文件结构	137
习题 4	139
第 5 章 高级汇编技术	142
5.1 宏汇编	142
5.1.1 宏定义与宏调用	142
5.1.2 宏汇编实例分析	143
5.1.3 宏与子程序	148
5.2 重复汇编	149
5.2.1 定重复汇编	149
5.2.2 不定重复汇编	150
5.3 条件汇编	152
5.3.1 条件汇编概述	152
5.3.2 条件汇编伪指令介绍	153
5.4 结构与记录	155
5.4.1 结构的定义及引用	155
5.4.2 记录的定義及引用	158
习题 5	160
第 6 章 汇编语言程序设计	162
6.1 程序设计思想	162
6.2 顺序程序设计	163
6.3 分支程序设计	167
6.4 循环程序设计	173
6.4.1 循环程序的基本结构	173
6.4.2 简单循环程序设计	174
6.4.3 多重循环程序设计	181
6.5 子程序(过程)的设计方法	185
6.5.1 子程序(过程)的定义	186
6.5.2 子程序(过程)的调用	189
6.5.3 参数传递的方法	194
习题 6	198
第 7 章 系统功能调用及其应用	200
7.1 DOS 系统功能调用	200
7.1.1 DOS 系统功能调用概述	201
7.1.2 DOS 系统功能调用程序实例	204

7.2 BIOS 系统功能调用	208
7.2.1 BIOS 系统功能调用概述	208
7.2.2 显示器 BIOS 中断服务	211
7.2.3 BIOS 系统功能调用程序实例	213
7.3 显示程序设计	221
7.3.1 文本方式与图形方式	222
7.3.2 文本方式下的字符及字符图形显示举例	224
7.3.3 彩色图形方式下显示程序设计举例	233
7.4 磁盘文件存取操作程序设计	236
7.4.1 磁盘文件管理 DOS 功能调用	236
7.4.2 磁盘文件存取操作程序设计举例	239
习题 7	242
第 8 章 输入输出程序设计	244
8.1 输入输出的控制方式	245
8.2 程序查询传送方式	246
8.2.1 查询方式介绍	246
8.2.2 查询方式程序举例	248
8.3 中断传送方式	252
8.3.1 中断概述	252
8.3.2 8086/8088 中断系统	254
8.3.3 中断传送方式程序举例	258
8.4 输入输出综合应用程序举例	261
习题 8	266
第 9 章 汇编语言程序设计实验指导	268
9.1 汇编语言程序的上机过程	268
9.2 DEBUG 命令的使用	270
9.3 顺序程序设计	273
9.4 分支程序设计	274
9.5 单重及多重循环程序设计	277
9.6 子程序设计	281
9.7 系统功能调用程序设计	284
9.8 综合应用程序设计	288
附录 A 80x86 指令系统一览表	293
附录 B MASM 伪指令表	303

附录 C 系统功能调用.....	306
附录 D DEBUG 命令一览表.....	314
附录 E 80x86 中断向量及功能.....	316
参考文献.....	318

第1章

计算机基础知识

本章首先介绍计算机的发展、分类、技术指标及应用等方面的知识，然后讨论计算机中的信息表示与信息运算问题。

计算机系统内部的信息编码采用二进制，但符号式计算机语言（如汇编语言）支持二进制、八进制、十进制以及十六进制的数据表达，因此涉及到不同进制数据之间的转换问题；在计算机中数值数据的定点数和浮点数表达问题，机器数的原码、反码及补码表示问题；十进制数在机器中通常采用 BCD 码表示，而字符及字符串通常用 ASCII 码表示。以上这些问题都将在本章介绍。

1.1 计算机的发展及应用

现代科学技术的发展及信息在社会中的重要地位，促进了电子计算机的产生和发展。在 60 年的发展历程中，人类科技史上还没有哪个学科的发展可以与计算机的快速发展相提并论。

1.1.1 计算机的历史与发展

20 世纪 40 年代，无线电技术和无线电工业的发展为电子计算机的研制奠定了物质基础。1946 年 2 月 15 日，美国宾夕法尼亚大学成功研制了世界上第一台电子数字计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer)，它的名称可直译为“电子数字积分计算机”。ENIAC 是一个庞然大物，它共用了 18 000 多个电子管，耗电 150kW，重量达 30 吨，占地 170 平方米，其运算速度为 5000 次/秒左右。现在看来它的性能不高，但是在计算机发展史上，它已成为一个重要的里程碑，被称为现代计算机的始祖。它奠定了电子数字计算机的基础，开创了电子数字计算机的新纪元。

在研制 ENIAC 的同时，以美籍匈牙利数学家冯·诺依曼 (Von Neumann) 为首的研究小组正在进行电子离散变量自动计算机 (Electronic Discrete Variable Automatic Computer, EDVAC) 的研制工作。EDVAC 采用了存储程序方案，存储程序概念是冯·诺依曼于 1946 年 6 月在题为《电子计算机装置逻辑结构初探》的报告中提出的。

从第一台电子数字计算机问世至今,计算机经历了迅猛的发展历程,其发展速度是世界上其他任何学科无法比拟的。翻开计算机的发展历史,人们感受最直接的是计算机器件的发展,因此通常根据计算机使用的主要电子器件,将其分成4个发展时代。

1. 第一代计算机

电子管计算机时代(从1946年第一台计算机研制成功到20世纪50年代后期),其主要特点是采用电子管作为基本器件。在这一时期,主要为军事与国防尖端技术的需要而研制计算机,并进行有关的研究工作,为计算机技术的发展奠定了基础,其研究成果扩展到民用,又转为工业产品,形成了计算机工业。

这一代计算机的主要贡献是:

- 确立了模拟量可以变换成数字量进行计算,开创了数字化技术的新时代。
- 确立了计算机的基本结构。
- 确定了程序设计的基本方法。
- 首次创造性地使用了阴极射线管(CRT)作为计算机的字符显示器。

2. 第二代计算机

晶体管计算机时代(从20世纪50年代中期到20世纪60年代后期),这时期计算机的主要器件逐步由电子管改为晶体管,因而缩小了体积,降低了功耗,提高了速度和可靠性。而且价格不断下降。后来又采用了磁芯存储器,使速度得到进一步提高。不仅使计算机在军事与尖端技术上的应用范围进一步扩大,而且在气象、工程设计、数据处理以及其他科学研究等领域内也获得应用。在这一时期开始重视计算机产品的继承性,形成了适应一定应用范围的计算机“族”,这就是系列化思想的萌芽。这样做缩短了新机器的研制周期,降低了生产成本,实现了程序兼容,方便了新机器的使用。

这一代计算机的主要贡献是:

- 计算机开始用到图形处理领域,开创了计算机处理文字和图形的新阶段。
- 鼠标器问世,使计算机的输入方式发生了重大变化。
- 开始有了通用机和专用机之分,而且通用机的发展势头十分强劲。
- 多种高级语言投入使用。

3. 第三代计算机

集成电路计算机时代(从20世纪60年代中期到20世纪70年代前期),这时期的计算机采用集成电路作为基本器件,因此功耗、体积、价格等进一步下降,而速度及可靠性相应提高,这就促使了计算机的应用范围进一步扩大。正是由于集成电路成本的迅速下降,产生了成本低但功能不是太强的小型计算机供应市场。小型计算机出现后,占领了许多数据处理的应用领域。

这一代计算机的主要贡献是:

- 计算机运算速度提高到每秒运算百万次以上。
- 多种更完善的操作系统推向使用。

- 推出“系列机”的概念，较好地解决了计算机硬件不断更新而软件相对稳定的矛盾。
- 根据计算机的主要性能（字长、速度、容量等）将计算机分成巨型机、大型机、中型机和小型机等不同型号。

4. 第四代计算机

大规模集成电路计算机时代（20 世纪 70 年代初开始），半导体存储器问世，迅速取代了磁芯存储器，并不断向大容量、高速度发展，此后，存储器芯片集成度大体上每三年翻两番，这就是著名的摩尔定律，从 1971 年内含 2300 个晶体管的 Intel 4004 芯片问世，到 1999 年包含了 750 万个晶体管的 Pentium II 处理器，都证实了摩尔定律的正确性。

20 世纪 90 年代以来，计算机是否应该进入一个更新的时代，目前还没有权威的说法。计算机具有了集文字、图形、声音、图像于一体的能力，1993 年信息高速公路概念的提出，促使计算机与通信结合形成了各种规模的计算机网络，从局域网、城域网、广域网到国际互联网，有人说这一时期应该是多媒体计算机时代或网络计算机时代。也有学者称 1990 年后的计算机时代为超级规模集成电路时代，或称为第五代。从集成度来看，计算机使用的半导体芯片的集成度已接近极限，出现了极大、甚大规模集成电路（ULSI、ELSI）。出现了采用大规模并行计算和高性能集群计算技术的超级计算机，如 IBM 的“深蓝”计算机就是一台 RS/6000 SP2 超级并行计算机，它具有 256 块处理器芯片。

1.1.2 计算机的分类

按照计算机的规模大小及相应功能，可以将计算机分成巨型机、大型机、小型机、微型机、工作站以及计算机网络系统。

1. 巨型机

巨型机主要用于大规模的科学计算，如原子能、弹道导弹技术、航天飞机、天气预报、石油勘探等领域。它的研制集中反映了一个国家科学技术的发展水平。集成电路的进展，为制造巨型机提供了条件。从 20 世纪 60 年代到 70 年代相继完成了一些巨型机，其中取得最高成绩的要首推 Cray-1 计算机。1983 年研制成功的 Cray X-MP 机向量运算速度达每秒 4 亿次。与此同时，CDC 公司的 CYBER203 和 205 先后完成，CYBER205 每秒可进行 4 亿次浮点运算。这些是 20 世纪 80 年代初期水平最高的巨型机。但是这些成就还不能满足一些复杂问题的需要，所以不少单位开展了性能更高的巨型机的研究工作。这些工作后来为处理器的发展、为阵列结构的巨型机发展带来了希望。例如，古德伊尔公司为美国宇航局（NASA）研制了一台处理卫星图像的计算机系统 MPP，该机由 16 384 个微处理器组成 128×128 的方阵。这种采用并行处理技术的多处理器系统是巨型机发展的一个重要方面，称为小巨型机。

我国在 1997 年研制成功的“银河 III”巨型机的运算速度已达到每秒 130 亿浮点运

算，内存容量为 9.15GB。今后，超级计算机的发展方向将是采用新的硬件结构，并以新的软件和处理问题的算法将计算机的处理速度提高到一个新的台阶。

2. 大型机

大型计算机也称为主机。一些高端的企业或研究机构需要功能强大的大型机来存储和处理大量的数据和信息，因此，大型机被许多部门广泛应用。大型机具有通用性强、运算速度快、存储容量大、I/O 通道类型多、网络功能完善等特点，采用对称多处理器、并行处理体系结构。如 IBM 公司的 IBM 370 曾占领了 20 世纪 70 年代和 80 年代的大部分大型机市场。

进入 20 世纪 80 年代以后，随着微型计算机性能的极大提高和网络技术的普及，客户机/服务器技术得以飞速发展，使得人们不得不重新考虑大型机的作用。进入 20 世纪 90 年代后，随着企业规模的扩大与信息技术的发展，很多采用客户机/服务器的分散式运算模式的用户发现，这种系统的管理极为复杂，运算营运成本高，安全可靠难以保证。于是大型机获得东山再起的机会，企业需要一个开放的、安全的大型服务器作为计算平台，因为只有大型机才具有高可靠性、安全性、高吞吐能力、高可扩展性、防病毒以及防黑客的能力。与此同时，大型机的性能在不断提高，成本不断下降。20 世纪 90 年代 IBM 推出的大型机系列称为 IBM S/390 系列，并不断推出新产品。

3. 小型机

小型机规模小、结构简单，所以设计试制周期短，便于及时采用先进工艺，生产量大，硬件成本低；同时由于软件比大型机的简单，所以软件成本也低。再加上容易操作、容易维护和可靠性高等特点，使得管理机器和编制程序都比较简单，因而得以迅速推广，掀起了一个计算机普及应用的浪潮。DEC 公司的 PDP-11 系列是 16 位小型机的代表，到 20 世纪 70 年代中期 32 位高档小型机开始兴起，DEC 公司的 VAX11/780 于 1978 年开始生产，应用极为广泛。VAX11 系列与 PDP11 系列是兼容的。20 世纪 80 年代以后，精简指令系统计算机（RISC）问世，导致小型机性能大幅度提高。

小型机的出现打开了在控制领域应用计算机的局面，许多大型分析仪器、测量仪器、医疗仪器使用小型机进行数据采集、整理、分析、计算等。应用于工业生产上的计算机除了进行上述工作外还可以进行自动控制。小型机还广泛应用于工程设计、科学计算、信号处理、图像处理、企业管理以及在客户/服务器结构中用作服务器等。

4. 微型机

微型机的出现与发展，掀起计算机大普及的浪潮。微型计算机是第四代计算机的典型代表。构成微型计算机的核心部件是微处理器，也叫中央处理器或中央处理单元（Central Processing Unit，CPU）。

第一代微处理器是 1971 年由 Intel 公司研制的 4 位微处理器 4004。Intel 8086 是最早开发成功的 16 位微处理器（1978 年），在 1983 年，IBM 公司又推出带有硬盘的 IBM PC/XT 机，从此 IBM PC 成为个人计算机的主流机之一。