

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



计算机组成与汇编语言

蔡启先 蓝红莉 阳树洪 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术

计算机组成与汇编语言

蔡启先 蓝红莉 阳树洪 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书将计算机类专业的两门专业基础课程“计算机组成原理”与“汇编语言程序设计”的内容有机地组织起来,从软件应用的角度,系统地阐述计算机组成原理及汇编语言程序设计方法,使读者在掌握计算机的各个硬件组成部分原理的基础上,熟悉机器指令系统和汇编语言,进一步提高使用计算机解决实际问题的能力。全书包括计算机系统组成基础、数据编码和数值计算、存储系统、CPU 及其控制器、指令系统、汇编语言、汇编语言程序设计、总线、输入输出系统及外围设备共 9 章,每章之后均有大量习题,并提供了电子教案。

本书系统性强,实例丰富,具有编排新颖,偏重基础,强化能力的培养,适于自学,紧密结合地方院校教学实际的特色,同时内容与时俱进,吐故纳新,突出了当前计算机技术的主流应用和发展。本书适合作为高等学校计算机类、自动控制及电子技术应用等专业的计算机硬件技术基础教材,也可作为 IT 技术人员的参考书。

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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成与汇编语言/蔡启先,蓝红莉,阳树洪编著. —北京:清华大学出版社,2011.2
(21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术)

ISBN 978-7-302-24613-8

I. ①计… II. ①蔡… ②蓝… ③阳… III. ①计算机体系结构—高等学校—教材 ②汇编语言—高等学校—教材 IV. ①TP303 ②TP313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 012447 号

责任编辑:梁 颖 徐跃进

责任校对:梁 毅

责任印制:何 芊

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

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954,jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015,zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市艺辉印刷有限公司印刷

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:17.25 字 数:425 千字

版 次:2011 年 1 月第 1 版 印 次:2011 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00 元

产品编号:037685-01

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
	冯建华	教授
	刘强	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
中国人民大学	王珊	教授
	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
	赵宏	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
同济大学	苗夺谦	教授
	徐安	教授
华东理工大学	邵志清	教授
华东师范大学	杨宗源	教授
	应吉康	教授
东华大学	乐嘉锦	教授
	孙莉	副教授

浙江大学	吴朝晖	教授
	李善平	教授
扬州大学	李 云	教授
南京大学	骆 斌	教授
	黄 强	副教授
南京航空航天大学	黄志球	教授
	秦小麟	教授
南京理工大学	张功萱	教授
南京邮电学院	朱秀昌	教授
苏州大学	王宜怀	教授
	陈建明	副教授
江苏大学	鲍可进	教授
中国矿业大学	张 艳	副教授
武汉大学	何炎祥	教授
华中科技大学	刘乐善	教授
中南财经政法大学	刘腾红	教授
华中师范大学	叶俊民	教授
	郑世珏	教授
	陈 利	教授
江汉大学	颜 彬	教授
国防科技大学	赵克佳	教授
	邹北骥	教授
中南大学	刘卫国	教授
湖南大学	林亚平	教授
西安交通大学	沈钧毅	教授
	齐 勇	教授
长安大学	巨永锋	教授
哈尔滨工业大学	郭茂祖	教授
吉林大学	徐一平	教授
	毕 强	教授
山东大学	孟祥旭	教授
	郝兴伟	教授
中山大学	潘小轰	教授
厦门大学	冯少荣	教授
仰恩大学	张思民	教授
云南大学	刘惟一	教授
电子科技大学	刘乃琦	教授
	罗 蕾	教授
成都理工大学	蔡 淮	教授
	于 春	讲师
西南交通大学	曾华桑	教授

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

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21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”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·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) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与计算机应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

清华大学出版社经过二十多年的努力,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

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

本书是一本主要面向普通高等学校计算机类本科专业《计算机硬件基础课程》的通用教材。随着计算机技术的迅速发展和应用的深入与普及,计算机类专业的培养方向多种多样,其中很大一部分是基于软件理论与应用方向的所谓偏软专业。这些专业的特点是对硬件要求虽然不如偏硬的专业,但必须有一定的扎实基础。为此,本书作者结合一般本科院校的培养目标和教学实际,针对学生所学专业偏重“软”的特点,以及结合计算机应用型人才培养的需要,对传统计算机类专业的两门必修硬件基础课程《计算机组成原理》和《汇编语言程序设计》进行了重新整合,同时也综合了《微机原理与接口技术》及《计算机系统结构》等课程内容和要求,重点是面向大众化教育,突出内容的基础性、应用性和实践性,满足计算机应用型人才,特别是计算机软件人才的需要,构建新型的以软为主适当兼顾硬件基础的计算机组成原理和汇编语言知识结构。本书不仅在内容上而且在实践教学上突出以软带硬,以硬挺软的效果。

全书共分9章。第1章计算机系统组成基础,概述了计算机系统的软硬件组成及其发展与分类,使读者对计算机系统有一个全面的认识。第2章数据编码和数值计算,阐述了数值数据的信息表示、定点数和浮点数的运算及运算器,重在数据的运算规则,对运算器的组成及优化只给以大致介绍。第3章存储系统,从系统的角度描述了存储器的基本组成、技术指标和层次结构,从原理上对存储器的设计与控制做了简要介绍,还叙述了高速缓冲存储器、虚拟存储器的工作原理。第4章CPU及其控制器,对CPU的功能和组成、指令周期、控制器的设计等进行了介绍,重点描述了8086CPU的结构,为8086汇编语言程序设计打下基础。第5章指令系统,概述了指令系统的组成和寻址方式,重点讲述了8086微处理器编程结构和指令系统。第6章汇编语言,重点介绍了汇编语言的主要语句、常用伪指令和汇编语言程序结构。第7章汇编语言程序设计,讲述了顺序结构、分支结构、循环结构、过程调用和宏展开等基本程序设计方法,并对系统调用做了简要介绍。本章结合实例,重在基本程序设计技能的培养。第8章总线,概述了总线的基本概念和工作原理,并对当前常用的系统总线如PCI总线和外部总线SATA、USB等进行了详细的描述。第9章输入输出系统及外围设备,概述了输入输出系统的特点和接口的组成,讲述了程序控制方式、中断方式、DMA方式等基本的输入输出方式的工作原理,也涉及了有关可编程接口的工作原理和实例介绍。最后介绍了常用的外围设备如键盘、鼠标、显示系统和磁盘、光驱、闪存等外存设备的工作原理和技术指标。一般在各章都安排了与该章内容相关的新技术的发展介绍。每一章末尾都提供了一定数量的习题练习。

总之,本书将计算机类专业的两门专业基础课程《计算机组成原理》与《汇编语言程序设计》的内容有机地组织起来,结合一般院校的培养目标和教学实际,从软件应用的角度,系统地阐述计算机组成原理及汇编语言程序设计基本方法,使学生在掌握计算机的各个硬件组成部分的原理的基础上,熟悉从机器指令系统开始使用汇编语言编写程序,进一步提高使用

计算机解决实际问题的能力。本书具有编排新颖,偏重基础,强化能力培养,适于自学,紧密结合地方院校教学实际的特色,同时内容与时俱进,吐故纳新,突出了当前计算机技术的主流应用和发展。

本书内容较为全面丰富,可由教师根据教学实际有所取舍,部分内容如相关新技术的发展可作为学生自学资料,开阔眼界,扩大其知识面。

全书由蔡启先教授策划并担任主编,由蓝红莉、阳树洪担任副主编。其中由阳树洪和蔡启先负责编写第1章、第2章和第3章。蔡启先负责编写第4章、第8章和第9章,蓝红莉负责编写第5章、第6章和第7章。夏冬雪参与了部分内容编写,绘制了部分插图。在本书撰写过程中,参考了大量书籍和网络上的信息,本人对这些信息的作者致以诚挚的谢意。同时本书的编著出版得到了清华大学出版社和作者所在单位广西工学院的大力支持,谨此致谢。

作者深感高等教育课程改革的责任重大,虽然尽力反映自己在教学改革方面的最新成果,但限于作者水平,必然存在遗漏之处和不当之处,敬请读者和同行批评指正。

蔡启先

2010.10.10

目 录

第 1 章 计算机系统组成基础	1
1.1 计算机的发展及其分类	1
1.1.1 计算机的发展	1
1.1.2 微型计算机的发展	4
1.1.3 计算机的分类	10
1.2 计算机系统的基本组成	12
1.2.1 计算机的硬件系统	13
1.2.2 计算机的软件系统	17
1.2.3 计算机语言及其编译	18
1.2.4 计算机系统的层次结构	20
1.3 计算机的性能指标分析	21
1.3.1 机器字长	21
1.3.2 存储容量	22
1.3.3 运算速度	22
1.3.4 存取周期	22
1.3.5 其他指标	22
习题 1	23
第 2 章 数据编码和数值计算	24
2.1 数值数据的信息表示	24
2.1.1 数制及其转换	24
2.1.2 定点数表示	27
2.1.3 浮点数表示	28
2.1.4 BCD 码	28
2.1.5 非数值数据的信息表示	29
2.1.6 校验码	31
2.2 定点数的运算和运算器	32
2.2.1 二进制位运算	32
2.2.2 定点数的加减法运算	34
2.2.3 定点数的乘除法运算	40
2.3 浮点数的运算和运算器	43
2.3.1 IEEE 754 标准与移码表示法	44

2.3.2	浮点数的加减法运算	45
2.3.3	浮点数的乘除法运算	47
2.4	运算器的组成和优化	48
2.4.1	运算器的优化	48
2.4.2	运算器的基本结构及其发展	49
习题 2	50
第 3 章	存储系统	52
3.1	存储器概述	52
3.1.1	主存储器的基本组成和技术指标	52
3.1.2	存储器分类	56
3.1.3	存储器的层次结构	58
3.2	存储器的设计与控制	59
3.2.1	常用的译码电路	59
3.2.2	内存容量的扩充	60
3.2.3	设计实例	61
3.3	高速缓冲存储系统	63
3.3.1	cache 系统的工作原理	63
3.3.2	地址变换与映像	64
3.3.3	替换策略	68
3.4	虚拟存储系统	68
3.4.1	虚拟存储器的工作原理	68
3.4.2	虚拟存储的实现	69
3.5	存储器技术的发展	73
3.5.1	主存的发展	73
3.5.2	缓存的发展	74
习题 3	75
第 4 章	CPU 及其控制器	76
4.1	CPU 概述	76
4.1.1	CPU 的功能	76
4.1.2	CPU 的组成	77
4.1.3	CPU 的寄存器	78
4.2	指令周期	79
4.2.1	指令周期的基本概念	79
4.2.2	几个典型的机器周期	81
4.2.3	指令执行的微操作流程	82
4.3	8086 微处理器	83
4.3.1	8086 微型计算机系统的硬件结构	83

4.3.2	8086 微处理器的功能结构	84
4.3.3	8086 的寄存器组	85
4.3.4	8086 的存储器组织	88
4.3.5	8086 外部引脚及功能	89
4.4	控制单元的设计	92
4.4.1	组合逻辑方式	92
4.4.2	微程序方式	94
4.5	微处理器技术的发展	98
4.5.1	流水线技术	98
4.5.2	RISC 硬件结构	101
4.5.3	多核技术	102
4.5.4	VLSI 门阵列控制器	103
	习题 4	106
第 5 章	指令系统	107
5.1	指令系统概述	107
5.1.1	指令的格式	107
5.1.2	操作码	107
5.1.3	操作数的类型	108
5.1.4	操作数地址码	108
5.2	寻址方式	108
5.2.1	操作数寻址方式	108
5.2.2	指令寻址方式	114
5.3	指令的分类及指令系统	116
5.3.1	指令的分类	116
5.3.2	8086 指令系统	117
5.4	指令系统的发展	135
5.4.1	复杂指令系统	136
5.4.2	精简指令系统	137
5.4.3	指令系统的优化发展方向	139
	习题 5	139
第 6 章	汇编语言	141
6.1	汇编语言语句	141
6.1.1	汇编语言语句格式	141
6.1.2	伪指令运算符和操作数	141
6.2	汇编语言伪指令	146
6.2.1	符号定义伪指令	146
6.2.2	数据定义伪指令	147

6.2.3 其他伪指令·····	148
6.3 汇编语言程序结构·····	150
6.3.1 汇编语言程序的一般结构·····	150
6.3.2 段寄存器的装填·····	152
6.3.3 程序返回操作系统·····	153
习题6·····	154
第7章 汇编语言程序设计·····	157
7.1 顺序结构程序设计·····	157
7.2 分支结构程序设计·····	158
7.2.1 利用比较与条件转移实现分支·····	158
7.2.2 利用跳转表实现分支·····	160
7.3 循环结构程序设计·····	161
7.3.1 循环程序结构·····	161
7.3.2 循环的控制方法·····	162
7.3.3 循环程序设计举例·····	163
7.4 子程序与宏·····	167
7.4.1 子程序·····	167
7.4.2 宏·····	173
7.5 系统功能调用·····	175
7.5.1 概述·····	175
7.5.2 常用的DOS输入输出系统功能调用·····	176
习题7·····	179
第8章 总线·····	181
8.1 总线的基本原理·····	181
8.1.1 基本概念·····	181
8.1.2 总线的工作原理·····	183
8.2 常用系统总线·····	188
8.2.1 ISA和EISA总线·····	188
8.2.2 PCI总线·····	188
8.2.3 AGP总线·····	189
8.2.4 PCI Express(PCI-E)总线·····	190
8.3 主要外设总线·····	191
8.3.1 SATA总线·····	191
8.3.2 USB总线·····	192
8.3.3 IEEE 1394总线·····	194
8.4 现代微机的主机板和主板芯片组·····	195
8.4.1 现代微机的主机板结构·····	195

8.4.2 主板芯片组·····	196
8.4.3 前端总线·····	196
习题 8·····	197
第 9 章 输入输出系统及外围设备·····	199
9.1 概述·····	199
9.1.1 输入输出系统的特点·····	199
9.1.2 I/O 接口的基本组成和功能·····	200
9.1.3 I/O 端口的访问·····	202
9.2 程序查询方式·····	203
9.2.1 无条件传送方式·····	203
9.2.2 查询传送方式·····	204
9.3 程序中断方式·····	205
9.3.1 程序中断方式的基本原理·····	205
9.3.2 I/O 中断的处理过程·····	208
9.3.3 中断控制接口例·····	210
9.4 DMA 方式·····	212
9.4.1 DMA 控制器的功能和工作过程·····	212
9.4.2 DMA 传送的特点·····	213
9.5 可编程 I/O 接口及其应用·····	214
9.6 输入输出系统的发展·····	214
9.6.1 通道·····	215
9.6.2 外围处理机·····	216
9.7 外围设备·····	217
9.7.1 输入设备·····	217
9.7.2 输出设备·····	218
9.7.3 外存储器·····	221
习题 9·····	227
附录 A 基本 ASCII 码表·····	229
附录 B 8088/8086 指令系统一览表·····	231
附录 C 8088/8086 指令对标志位的影响·····	239
附录 D 8088/8086 宏汇编常用伪指令表·····	241
附录 E DOS 功能调用(INT 21H)·····	244
附录 F 常用 BIOS 功能调用·····	254
参考文献·····	258

计算机系统组成基础

计算机诞生之初,主要用于科学计算,故称之为“计算机”(computer)。随着计算机技术的发展。计算机已广泛应用于国民经济各个领域,并深入到人们的生活之中。计算机的功能也不仅仅用于计算,更多的是进行各种各样的信息处理,包括文字、声音、图形图像等数据处理,以及各行各业的事务管理和控制。因此,计算机又被称为“信息处理机”。也有人认为计算机能部分代替人的大脑考虑问题,处理信息,是人的大脑的功能延伸,故又称它为“电脑”。但不管怎样,计算机的名称一直被人们习惯称呼,沿用至今。概括说来,计算机系统是一种能够接收信息、存储信息,并按照存储程序来处理、加工信息,而且能将处理结果用人类理解的形式进行输出的高度自动化的电子设备。

本章首先介绍计算机的发展及其分类,然后介绍计算机系统的基本组成及其层次结构,最后分析衡量计算机的主要性能指标。

1.1 计算机的发展及其分类

1.1.1 计算机的发展

1946年2月世界上第一台电子数字计算机ENIAC(Electrical Numerical Integrator and Computer,电子数字积分器和计算机)(见图1.1)在美国宾夕法尼亚大学制成,标志着电子数字计算机时代的开始。

此后,计算机技术在六十多年的时间里得到了突飞猛进的发展。今天,价格不到500美元的个人计算机就比1985年花100多万美元购买的大型计算机具有更高的性能、更大的存储器和磁盘空间。计算机技术发展初期,器件的进步起了主导作用,因此人们常从使用元器件的角度来划分计算机的发展阶段,认为计算机经历了4个发展阶段:电子管时代、晶体管时代、中小规模集成电路时代、大规模和超大规模集成电路时代。

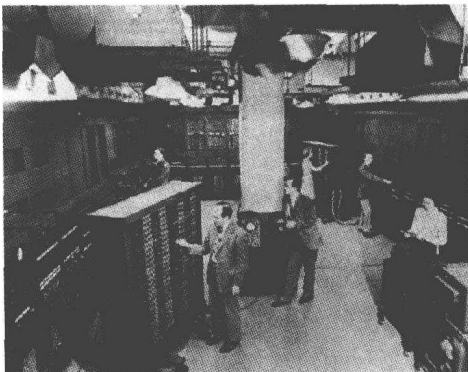


图 1.1 ENIAC 计算机

1. 电子管时代(1946—1954)

这一代计算机的典型特征是采用电子管为基本逻辑电路元件,始于 20 世纪 40 年代中期,以 ENIAC 为标志,采用磁鼓作为主存储器,采用磁带存储器作为外存储器,使用机器语言,采用的是“定点运算制”,参与运算数的绝对值必须小于 1,计算机体积庞大、功耗大、可靠性差,以致计算机应用很不普遍。但是,其所采用二进制、存储程序、程序控制的方法,形成了计算机的基本体系,为现代计算机技术的发展提供了理论基础。

2. 晶体管时代(1955—1964)

这一代计算机的典型特征是采用晶体管为基本逻辑电路元件,始于 20 世纪 50 年代中期,以 TRADIC(TRANsistor Digital Computer(参见图 1.2))为标志,采用磁芯存储器作为主存储器,采用磁鼓和磁带作为外存储器,创立了一系列高级程序设计语言,并且提出了多道程序设计、并行处理和可变的微程序设计思想,增加了浮点运算,使数据的绝对值可达 2 的几十次方或几百次方,从此,计算机的应用也从单一的计算发展到了数据、事务管理和过程控制。

3. 中小规模集成电路时代(1965—1970)

第三代计算机的典型特征是采用中、小规模集成电路为主要逻辑部件,始于 20 世纪 60 年代中期,以 IBM 公司生产的 IBM 360 系统(参见图 1.3)为主要标志,采用半导体存储器作为主存储器,标准化了计算机程序设计语言,并提出了计算机结构化程序设计思想,运算速度达到几十万次至几百万次,计算机的体积更小,运算速度更快、运算精度更高、存储容量更大以及可靠性更高。此外,在产品的系列化、计算机系统之间的通信方面都得到了较大发展,计算机的应用领域和普及程度有了迅速的发展。

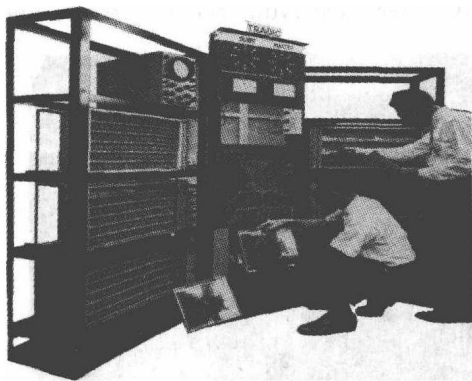


图 1.2 TRADIC 全晶体管计算机

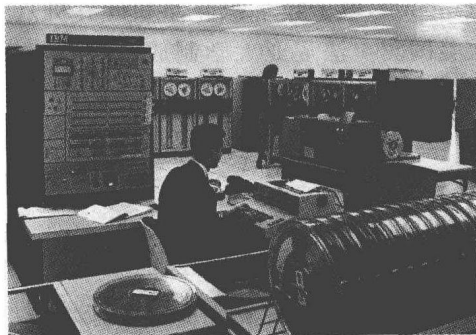


图 1.3 IBM 360 集成电路计算机

4. 大规模和超大规模集成电路时代(1971 年以后)

第四代计算机的典型特征是采用大规模和超大规模集成电路 VLSI(Very Large Scale Integration)为计算机的逻辑部件,始于 20 世纪 70 年代初期,以 IBM 公司生产的 IBM 370

系列机(参见图 1.4)和 Intel 公司生产的 4004 微处理器(参见图 1.5)为主要标志,采用半导体存储器为主存储器,并提供虚拟存储能力,计算机外围设备多样化、系列化;实现了软件固化技术,出现了面向对象的计算机程序设计编程思想,并广泛采用了数据库技术、计算机网络技术。其中,微处理器是一种超小型化的电子器件,它把计算机的运算器、控制器等核心部件集成在一个集成电路芯片上。



图 1.4 IBM 370 系列机

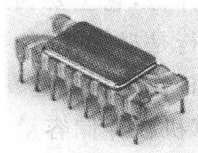


图 1.5 Intel 4004 微处理器

在大规模集成电路出现之前,器件和对冯·诺依曼系统结构的改进使计算机性能大约以每年 25% 的速度提高。20 世纪 70 年代, VLSI 技术和微处理器的出现加速计算机的发展,其性能约以 35% 的速度提高,并逐步转向以微处理器为基础来组成计算机系统。在软件上,人们已极少使用汇编语言编程,从而降低了目标代码兼容性的要求;通用、跨平台操作系统如 UNIX 的出现和发展,使得新的计算机系统的成本和风险进一步降低。这促使了 20 世纪 80 年代 RISC(精简指令系统计算机)的出现和迅速发展,又使指令级并行(从采用流水线到多指令发射)和 cache(高速缓存)技术的使用普遍得以推广。Intel 及时跟上发展的脚步,在其处理器内部将 x86(或 IA32)指令翻译成类 RISC 指令,并大量采用许多 RISC 新技术。而红极一时的 CISC(复杂指令系统计算机)计算机 VAX 系统结构则惨遭淘汰,被 RISC 系统结构所取代。

1986 年之后的 16 年,计算机系统性能的提高更以 50% 的速度持续增长。进入 21 世纪以来,基于微处理器的计算机占据了统治地位,工作站和 PC 成为计算机产品的主流。基于微处理器的服务器取代了基于逻辑电路或门阵列的小型机,由多个微处理器构成的多处理器系统已经取代了大型机。甚至以复杂计算为主的高端超级计算机也由多个高性能微处理器构成。例如 2010 年上半年名列世界超级计算机第一的美国克雷公司研制的超级计算机“美洲虎”共有 37 376 颗 AMD 6 核皓龙处理器和 7832 颗 AMD 4 核皓龙处理器,其计算速度为每秒钟 1.76 千万亿次(PFlops)浮点运算。我国曙光公司研制的位于深圳国家超级计算机中心的“星云”排名第二(如图 1.6 所示)。“星云”内部采用英特尔至强 X5650 2.66GHz 6 核处理器、NVIDIA Tesla C2050 图形处理器,总计 120 640 个计算核心,运行 Linux 操作系统,计算速度为



图 1.6 超级计算机“星云”