

高等学校计算机硬件技术课程系列教材

计算机硬件技术基础

裘正定 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

高等学校计算机硬件技术课程系列教材

计算机硬件技术基础

裘正定 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是在高等教育出版社 2001 年 12 月出版的《计算机硬件技术基础》的基础上改编而成。

本书由浅入深地介绍了计算机的组成原理,对组成计算机的各个部件的原理、性能指标和标准进行了详细的介绍。在各部分的内容组织上紧跟计算机技术的最新发展,涵盖了计算机主机系统和各种外部设备,包括 CPU、存储器、总线、芯片组、接口、外存储器、基本输入/输出设备、显示系统、音频系统、通信设备、工业控制计算机等。

本书由具有丰富教学经验的一线教师编写,内容新颖、概念清晰,配有大量的习题,适合作为高等学校非计算机专业计算机硬件技术课程的教材,也可以作为计算机爱好者的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机硬件技术基础/裘正定主编. —北京:高等教育出版社,2007.8

ISBN 978 - 7 - 04 - 021957 - 9

I. 计… II. 裘… III. 硬件 - 高等学校 - 教材
IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 096836 号

策划编辑 孙惠丽 责任编辑 郭福生 封面设计 于文燕 责任绘图 尹 莉
版式设计 陆瑞红 责任校对 胡晓琪 责任印制 陈伟光

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	涿州市京南印刷厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787 × 1092 1/16	版 次	2007 年 8 月第 1 版
印 张	25	印 次	2007 年 8 月第 1 次印刷
字 数	610 000	定 价	31.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21957 - 00

前 言

“计算机硬件技术基础”是计算机技术基础教育中一门重要的课程。为了促进计算机教学在大学教育中的规范化,普及计算机硬件知识,针对大学各个专业计算机硬件教学实际编写了本教材。

计算机硬件的教学,在过去几十年主要是面向计算机专业的学生。这方面的课程主要包括计算机组成原理、接口技术、汇编语言等。对于非计算机专业大学本科生的计算机硬件教学,在内容和深度方面尚未形成一个统一的标准。和计算机专业相比,非计算机专业的计算机硬件课程在教学内容和方法上需要做出重大调整。在本教材的编写过程中主要考虑了以下问题:

- 授课对象为各专业本科生,包括理科和文科类专业的学生。
- 对学生没有计算机专业前修课程的要求。
- 侧重在计算应用过程中的硬件相关技术。
- 侧重介绍标准以及标准的发展过程。
- 重点介绍当前最新的硬件新技术和新标准。

本书可以分为三部分,第一部分包括第1、2章,内容是计算机概述和原理;第二部分包括第3~8章,是本书的主要特色内容;第三部分包括第9~11章,是本书的扩展知识部分。全书共需要授课课时40学时。如果是通常的32学时,建议讲授第1~8章。

本课程近10年的教学实践表明,本教材的内容编排是比较合理的,在教学的过程中也达到了预期的效果。

本书是在高等教育出版社2001年12月出版的《计算机硬件技术基础》的基础上改编而成。

为了增加课程的实践性,第3~7章除了习题之外,还增加了实验部分。这些实验都是比较简单且容易实现的。

本书由裘正定教授主编。具体分工如下:第1、11章由裘正定教授编写,第2~4章由朱卫东编写,第5~7章由周洪利编写,第8~10章由陈连坤编写。

国防科技大学邹逢兴教授审阅了全书,并提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平和知识的局限性以及时间的仓促,书中难免存在错误及不妥之处,敬请广大读者批评指正,提出宝贵意见。

编 者

2007年3月

目 录

1011 木对关时容内 5.4
 011 木对数数双容内 1.5.4
 111 讲对其从减容内 5.5.4
 111 失讲书科及数数木对容内 8.5.4
 211 國區
 311 能突

60 木对路数数 0.3.3
 70 木对心数数 5.3.5
 80 讲类口对已容内 CPU 3.4
 90
 10 口数讲 CPU 的数
 20 容内 CPU 的数 3.2
 30 合 CPU 的数

第 1 章 计算机概述 1
 1.1 计算机发展史 1
 1.1.1 从电子器件的发展看电子计算机的发展史 1
 1.1.2 摩尔定律 3
 1.1.3 计算机发展过程中的重要里程碑 5
 1.2 现代计算机的特点及其类型 8
 1.3 计算机的性能与发展趋势 10
 1.3.1 计算机的运算速度与存储容量 10
 1.3.2 计算机的发展趋势 11
 1.4 计算机的基本结构 12
 1.4.1 冯·诺依曼模型 12
 1.4.2 计算机系统结构 13
 1.4.3 计算机的模块结构 14
 习题 16

2.2.3 组合逻辑电路 32
 2.2.4 时序逻辑电路 36
 2.2.5 典型时序电路——触发器 36
 2.2.6 计数器 39
 2.2.7 寄存器 40
 2.3 计算机的硬件组成 41
 2.3.1 CPU 的组成 41
 2.3.2 指令系统 43
 2.3.3 CPU 的工作过程 45
 习题 46

第 2 章 计算机系统组成及工作原理 17
 2.1 二进制数与信息表示 17
 2.1.1 为什么要使用二进制 17
 2.1.2 信息在计算机内的表示 18
 2.1.3 数值型数据 18
 2.1.4 非数值型数据 21
 2.1.5 数据格式 23
 2.1.6 原码、补码和反码 24
 2.1.7 二进制加、减运算 27
 2.2 逻辑电路 28
 2.2.1 有关逻辑电路的基础知识 28
 2.2.2 逻辑门电路 31

第 3 章 微型计算机的中央处理器 48
 3.1 CPU 概述 48
 3.2 CPU 的主要技术指标 50
 3.2.1 位、字节和字长 50
 3.2.2 时钟频率 50
 3.2.3 一级和二级高速缓存的容量和速率 51
 3.2.4 CPU 的扩展指令集 52
 3.2.5 工作电压 52
 3.2.6 地址总线与数据总线的宽度 52
 3.2.7 制造工艺 52
 3.3 提高 CPU 性能的先进行技术 53
 3.3.1 流水线与超标量结构 53
 3.3.2 高速缓存技术 54
 3.3.3 NetBurst 架构 Pentium 4 中的高速缓存实现技术 61
 3.3.4 扩展指令集 62
 3.3.5 64 位技术 65

3.3.6 超线程技术	66	4.7 内存相关技术	110
3.3.7 多核心技术	67	4.7.1 内存双通道技术	110
3.4 CPU 的封装与接口类型	69	4.7.2 内存参数及其优化	112
3.4.1 CPU 的封装	69	4.7.3 内存技术规范及标注格式	114
3.4.2 CPU 的接口	70	习题	115
3.5 CPU 的内核	72	实验	116
3.6 典型 CPU 介绍	73		
3.6.1 Intel 系列 CPU	73	第 5 章 总线与芯片组	117
3.6.2 AMD 系列 CPU	78	5.1 总线	117
习题	83	5.1.1 总线的概念	117
实验	84	5.1.2 总线的类型和性能	118
		5.1.3 PC 机总线的演变	119
第 4 章 内部存储器	85	5.1.4 ISA 总线	122
4.1 存储系统概述	85	5.1.5 PCI 总线	123
4.2 内存的作用及其分类	86	5.1.6 PCI Express 总线	126
4.2.1 内存的作用	86	5.2 芯片组	128
4.2.2 内存的分类	87	5.2.1 芯片组的概念	128
4.2.3 内存的主要技术指标	87	5.2.2 Intel 公司早期的芯片组	129
4.3 半导体存储器的组成及工作		5.2.3 用于 Pentium 4 的 8 × × 系列芯	
原理	89	片组	131
4.3.1 随机存储器	89	5.2.4 Intel 9 × × 系列芯片组	132
4.3.2 只读存储器	91	5.3 主机板	137
4.3.3 内存的组成	93	5.3.1 主机板的构成	137
4.4 RAM 的基本工作方式	95	5.3.2 主机板标准	139
4.5 内存模组与基本结构	96	习题	141
4.5.1 物理存储体	96	实验	142
4.5.2 逻辑存储体	96		
4.5.3 内存条(模组)的结构及工作		第 6 章 接口	143
原理	97	6.1 接口的基本知识	143
4.6 主流内存条介绍	100	6.1.1 接口的构成	143
4.6.1 FPM DRAM	100	6.1.2 接口信号	145
4.6.2 EDO DRAM	101	6.1.3 接口的分类	146
4.6.3 SDRAM	102	6.1.4 接口的操作方式	147
4.6.4 DDR SDRAM 内存	103	6.2 RS-232C	150
4.6.5 DDR2 SDRAM 内存	104	6.2.1 RS-232C 串行接口标准	150
4.6.6 Rambus 内存	106	6.2.2 RS-232C 的接口信号	153
4.6.7 几种常见内存的带宽比较	108	6.2.3 RS-232C 串行接口的实现	154
4.6.8 内存接口类型	109		

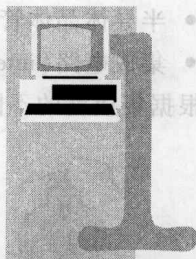
6.3 并行接口	156	7.2 光盘系统	196
6.3.1 并行接口简介	156	7.2.1 光盘分类	197
6.3.2 并行接口的工作模式	158	7.2.2 光盘的数据存储方式	200
6.3.3 并行接口的使用	160	7.2.3 DVD	201
6.4 USB 接口	160	7.2.4 CD 和 DVD 技术	204
6.4.1 新型的串行传输技术简介	161	7.2.5 下一代光存储技术	205
6.4.2 USB 简介	161	7.2.6 光盘驱动器	206
6.4.3 USB 的技术特点	162	7.3 移动存储器	210
6.4.4 USB 传输模式	164	7.3.1 移动盘	210
6.5 IEEE 1394	165	7.3.2 存储卡	211
6.5.1 IEEE 1394 标准	165	习题	214
6.5.2 IEEE 1394a 和 USB 的比较	166	实验	215
6.6 IDE 接口	168		
6.6.1 IDE 接口简介	168	第 8 章 常用外部设备	216
6.6.2 IDE 接口的版本和发展过程	170	8.1 键盘与鼠标	216
6.7 SATA 接口	172	8.1.1 键盘	216
6.7.1 从 ATA 到 SATA	172	8.1.2 鼠标	224
6.7.2 SATA 简介	173	8.2 扫描仪	229
6.8 SCSI 接口	175	8.3 触摸屏	233
6.8.1 SCSI 概述	175	8.4 显示系统	236
6.8.2 SCSI 电缆和连接器	176	8.4.1 CRT 显示器	236
6.8.3 SCSI 的版本	176	8.4.2 液晶显示器	243
6.8.4 SCSI 到 SAS	178	8.4.3 显示适配器	248
6.9 红外线接口	179	8.5 音频设备	256
6.9.1 红外线传输的特点	179	8.5.1 音频设备的发展历史及用途	256
6.9.2 IrDA 简述	180	8.5.2 声卡的工作原理	257
6.10 无线接口	182	8.5.3 声卡的输入输出接口	261
6.10.1 蓝牙	182	8.6 打印机	263
6.10.2 Wi-Fi	183	8.6.1 针式打印机	263
习题	184	8.6.2 喷墨打印机	264
实验	185	8.6.3 激光打印机	265
		8.6.4 打印机的接口	266
第 7 章 外部存储器	186	习题	267
7.1 硬盘	186		
7.1.1 硬盘的结构与工作原理	186	第 9 章 多媒体设备	269
7.1.2 硬盘的性能指标	190	9.1 多媒体的基本概念	269
7.1.3 分区和格式化	193	9.1.1 多媒体技术的定义	269

IV 目录

9.1.2	多媒体技术的主要特征	270	10.2.1	数据通信的分类	303
9.1.3	多媒体系统	271	10.2.2	通信速率与数据传输方式	304
9.1.4	多媒体个人计算机	271	10.2.3	数据的同步方式	304
9.2	音频卡	272	10.2.4	编码与调制	305
9.2.1	采样频率与采样精度	272	10.2.5	多路复用技术	306
9.2.2	输入输出接口	272	10.2.6	信号带宽、信道带宽与差错控制	308
9.2.3	声卡芯片	276	10.3	分布系统与计算机网络	308
9.2.4	外置声卡	276	10.4	虚拟专用网络	313
9.2.5	与专业声卡相关的一些概念	278	10.5	调制解调器	315
9.3	摄像头	279	10.5.1	模拟调制解调器	315
9.3.1	图像传感器	279	10.5.2	DSL 技术	316
9.3.2	数字信号处理器	280	10.5.3	电缆调制解调器	324
9.3.3	镜头	280	10.5.4	电力线调制解调器	326
9.3.4	摄像头的主要技术指标	281	10.5.5	ISDN 和 ISDN 调制解调器	330
9.4	多功能显示卡	282	10.5.6	CDMA 和 GSM/GPRS 调制解调器	334
9.4.1	多功能显示卡的发展	282	10.6	网络设备	334
9.4.2	多功能显示卡的常见功能与应用	284	10.6.1	网络适配器	335
9.5	视频卡	286	10.6.2	无线网卡	337
9.5.1	视频卡的基本概念	286	10.7	中继器	340
9.5.2	视频卡的基本类型	287	10.8	网桥	340
9.5.3	视频卡的主要性能指标	287	10.9	集线器	340
9.6	VGA 设备	289	10.10	交换机	341
9.7	投影机	292	10.11	路由器	343
9.7.1	投影机的工作原理	292	10.12	宽带路由器	344
9.7.2	投影机接口的分类及用途	297	10.13	集线器、交换机与路由器的区别	344
9.7.3	投影机的主要性能指标	298	10.14	网关	346
9.7.4	便携式投影机	299	10.15	网络打印机	348
习题		300	10.15.1	网络打印机的基本概念	348
			10.15.2	网络打印机的应用	348
第 10 章	计算机通信和通信设备	301	10.16	VoIP	350
10.1	计算机通信	301	10.16.1	VoIP 的基本概念	350
10.1.1	计算机技术与通信技术的融合	301	10.16.2	VoIP 的实现	352
10.1.2	通信系统的组成	302	10.16.3	VoIP 的应用方案	354
10.2	数字通信的基本概念	303	习题		355

第 11 章 专用计算机与工业控制系统	356	11.5 工业控制系统	372
系统	356	11.5.1 什么是工业控制系统	372
11.1 嵌入式系统	356	11.5.2 分散控制系统的特点	372
11.1.1 嵌入式系统的概念及特点	356	11.5.3 现场总线控制系统	375
11.1.2 嵌入式系统的结构及分类	357	11.5.4 现场总线控制系统的特点	375
11.2 DSP	360	11.5.5 现场总线控制网络模型	376
11.2.1 DSP 的概念	360	11.5.6 控制网络和信息网络的集成	378
11.2.2 DSP 的发展历程	360	11.5.7 现场总线的标准	379
11.2.3 DSP 的特性	361	习题	380
11.3 SOPC 及其技术	364	英文缩略语	381
11.4 微控制器	367	参考文献	387
11.4.1 什么是微控制器	367		
11.4.2 微控制器的基本结构	368		

管材料晶应效以研普科晶墨游双甜回。高并靠可,那其也,小更本:
。高更并靠可,那更并也,小更并也,那更并也:(
:(示例 1-1 图版)将下不成式分可器由果,同



计算机概述

第1章

管千申的读早(a)

计算机是人类社会在 20 世纪的重大科技成果之一。这一成果的出现,将人类文明从工业社会带入信息社会,推动了社会各个领域的进步与发展。计算机是一种能够快速、高效地对各种信息进行存储和处理的电子设备。它按照人们事先编写的程序,对输入的原始数据进行加工处理、存储或传送,以获得预期的输出信息,并利用这些信息来提高社会生产率、改善人民的生活质量。计算机的应用十分广泛,已从经济、文化、社会各个领域走向家庭和个人。随着计算机网络的发展,其应用的深度和广度正在进一步加深和扩大,计算机已成为信息化社会不可缺少的工具。计算机硬件作为计算机的工作平台,是决定计算机性能的最基础性的元素。功能强大的软件,包括应用软件必须要有高性能的计算机硬件的支撑。与软件升级相比,无论从经济成本到可实现性,硬件的升级都比较困难。因此,计算机硬件基础可作为计算机应用人员技术层面的素质教育,也可为通信、机电、自动控制等专业学生和技术人员学习单片机、嵌入式系统等专业计算机打下良好的基础。

本章主要介绍计算机的发展过程、计算机的类型、计算机的性能与发展趋势和计算机的基本结构,以期使读者对计算机的概况有所了解。

1.1 计算机发展史

计算机作为一种电子设备,其发展过程与电子技术密切相关,并随着电子器件的发展而发展。

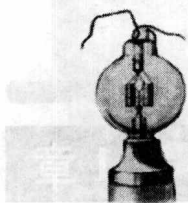
1.1.1 从电子器件的发展看电子计算机的发展史

1. 电子器件的发展

电子器件的发展大体上经历了电子管、晶体管和集成电路 3 个阶段,如图 1-1 所示,其各自的特点如下。

- 电子管:体积大、功耗高、寿命短、速度慢、可靠性差。

- 半导体晶体管:体积小、功耗低、可靠性高。包括双极型晶体管和场效应晶体管。
 - 集成电路(integrated circuits, IC):速度快、体积更小、功耗更低、可靠性更高。
- 根据集成度的不同,集成电路可分为如下几种(如图 1-2 所示):



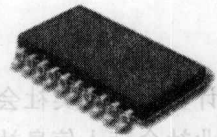
(a) 早期的电子管



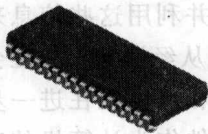
(b) 半导体晶体管



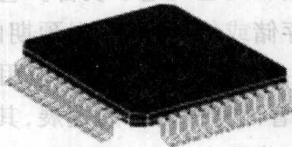
(a) SSI



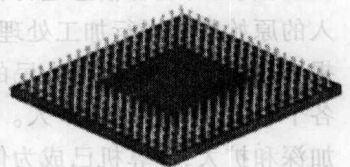
(b) MSI



(c) 集成电路



(c) LSI



(d) VLSI

图 1-1 电子器件的发展

图 1-2 各种规模的集成电路

- SSI(小规模集成电路):晶体管数 100 个以下。
- MSI(中规模集成电路):晶体管数 100 ~ 3 000 个。
- LSI(大规模集成电路):晶体管数 3 000 ~ 10^5 个。
- VLSI(超大规模集成电路):晶体管数 10^5 ~ 10^8 个。
- ULSI(甚大规模集成电路):晶体管数超过 10^8 以上。

2. 计算机的发展史

与电子技术的发展相对应,计算机的发展也经历了相似的几个阶段。

(1) 电子管计算机(1946 年到 20 世纪 50 年代后期)

- 存储器:采用延迟线、磁芯。
- 无高级语言,甚至没有汇编器。
- 主要用于科学计算或为军事与国防尖端科技服务。
- 没有商业化。

(2) 晶体管计算机(20 世纪 50 年代中期到 20 世纪 60 年代后期)

- 磁芯存储器,存储容量从几千提高到 10 万字以上。
- 运算速度从每秒几千次提高到几十万次。
- 应用于军事与尖端技术、气象、工程设计、数据处理以及其他科学研究等领域。

(3) 中、小规模集成电路计算机(从 20 世纪 60 年代中期到 20 世纪 70 年代前期)

- 功耗、体积、价格等进一步下降。

- 速度及可靠性相应提高。
- 应用范围进一步扩大。

(4) 大、超大规模集成电路计算机(从 20 世纪 70 年代初至今)

- 20 世纪 60 年代后期,半导体存储器取代了磁芯存储器,并不断向大容量、高集成度、高速度发展。

- 20 世纪 70 年代初,出现微型计算机——以微处理器(MPU,单片 IC 的 CPU)为核心的电子计算机。

- 计算机进入了几乎所有的领域。

1.1.2 摩尔定律

基于上述计算机与电子技术之间的密切关系,可以说计算机的发展就是电子技术发展的一种体现,因此电子技术发展的规律将直接影响计算机的发展。世界上第一个集成电路诞生时,芯片上只包括一个晶体管、两个电阻和一个电阻-电容网络。随着集成电路工艺日趋完善,芯片上所包含的元件数量以每 1~2 年翻一番的速度不断增长。1965 年,Intel 公司的创办人之一摩尔发现了一个具有历史意义的现象:“在相等面积(制作成本)上,CPU 上的晶体管数量以每 18 个月倍增的趋势增加,执行性能的提升大体也符合这个趋势。”这就是著名的摩尔定律,它揭示了一个趋势。这个趋势一直延续至今,并且事实证明相当准确。Intel 公司微处理器芯片的发展便印证了摩尔定律的正确性。

1971 年诞生的 4 位微处理器 4004,是 Intel 生产的第一个微处理器,它大约有 2 300 个晶体管,以 10 μm 工艺制作,内存空间仅 640 B,工作频率为 108 kHz。

1972 年,Intel 推出第一个 8 位微处理器 8008,它大约有 3 500 个晶体管,以 10 μm 工艺制作,内存空间 16 KB,工作频率为 200 kHz。

1974 年的 8080 是第一个真正的微处理器,由 6 000 个晶体管组成,采用 6 μm 工艺,工作频率为 2 MHz,内存空间 64 KB。

1978 年推出的 8086 是 16 位微处理器,由 29 000 个晶体管所组成,采用 3 μm 工艺。8086 的数据总线与寄存器宽度皆为 16 位,最大内存空间 1 MB,工作频率为 4.77 MHz。之后又推出了 8088。1980 年,IBM 公司推出了以 8088 为微处理器的 IBM PC(以及随后的 PC XT)。

1980 年诞生的 80186/80188 与 8086/88 的内部结构相似,但因 80186 内置的中断控制器与 IBM PC 所规划的中断控制器不兼容,故大多应用在嵌入式系统中。

1982 年,Intel 公司推出了 x86 体系结构,直到今天,x86 体系结构仍然是大多数 Intel 处理器的基础。80286 是第一款基于 x86 体系结构的微处理器,是第一颗具备多任务切换、内存分段保护与虚拟内存功能的 16 位微处理器。它有 134 000 个晶体管,采用 1.5 μm 工艺,工作频率为 6 MHz~25 MHz。1984 年,IBM 以 Intel 80286 为 CPU 架构,推出了 PC AT。

1985 年诞生的 80386 采用的是 2 μm 工艺,由 275 000 个晶体管组成,内部寄存器、外部数据与内存总线宽度全部扩展为 32 位,最大内存空间 4 GB,工作频率从 16 MHz 开始,可外接 64 KB~128 KB 高速缓冲存储器(Cache)。

1989年, Intel公司以最新的 $1\ \mu\text{m}$ 工艺开发出更细小的386芯片, 即386SX。不同于原先的386(改称为386DX), 内部寄存器、外部数据与内存总线皆为32位宽度。386SX内部寄存器为32位。但外部数据总线宽度仅16位, 目的是方便与既有的286芯片组搭配出一台低成本的16/32位386计算机。

1989年推出的80486由1 200 000个晶体管组成, 开始以 $1\ \mu\text{m}$ 工艺制作, 随后的DX2系列进步到 $0.8\ \mu\text{m}$, 最大内存空间4 GB。80486的指令系统与8086/8088/286/386兼容, 芯片内部包含8 KB Cache和浮点运算单元(FPU)。

1993年推出的80586, 又称奔腾 Pentium, 由3 100 000个晶体管组成。Pentium是最早采用超标量结构的处理器。其内部具有两个整数运算单元、一个浮点运算单元, 16 KB高速缓存(指令和数据各占一半), 最大内存空间4 GB。Pentium初期推出的速度版本分别是60 MHz、66 MHz, 以 $0.8\ \mu\text{m}$ 工艺制作, 核心电压为5 V。随后 Intel采用 $0.6\ \mu\text{m}$ 工艺, 推出了Pentium 75 MHz、90 MHz、100 MHz与120 MHz版本, 晶体管数量增为330万个, 但核心电压降低至3.3 V。

1995年推出 Pentium Pro(高能奔腾), 具有5 500 000个晶体管, 采用 $0.35\ \mu\text{m}$ 工艺, 最大内存空间达到64 GB, 工作频率为150 MHz~200 MHz。

1997年推出 Pentium II由750万个晶体管制成, 采用了 $0.35\ \mu\text{m}$ 工艺, 最大内存空间达到64 GB, 工作频率为200 MHz~300 MHz, 主要架构跟第六代x86的 Pentium Pro(P6)类似。

1999年推出 Pentium III, 包含2 800万个晶体管, 采用了 $0.25\ \mu\text{m}$ 工艺。Pentium III依然沿用了P6的系统架构, 极大地提高了计算机在高级图形、三维动画、视频、音频等方面的性能。

2000年11月, Intel的最新一代微处理器——Pentium 4(奔腾4)诞生。Pentium 4由4 200万个晶体管组成, 采用 $0.18\ \mu\text{m}$ 工艺, 工作频率达1.5 GHz。之后, 采用 $0.13\ \mu\text{m}$ 工艺, 工作频率达1.7 GHz。

图1-3给出了 Intel微处理器的发展情况示意图, 显然与摩尔定律非常吻合。可以看到, 计算机及微处理器的发展史, 就是微电子集成技术的发展史。

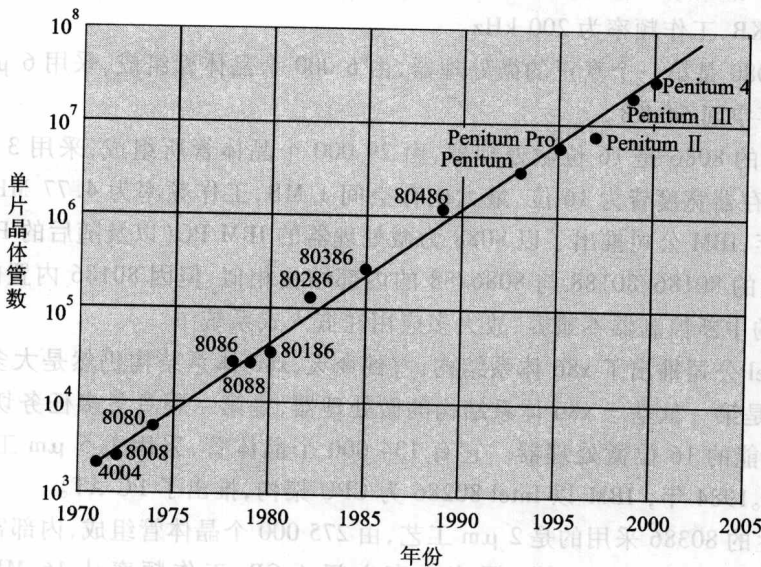


图1-3 Intel微处理器的发展概况

1.1.3 计算机发展过程中的重要里程碑

1. 第一台电子计算机

1946 年在美国诞生的“埃尼亚克”(ENIAC)是举世公认的第一台电子计算机,如图 1-4 所示。其设计的目的是为阿贝丁陆军试炮场进行弹道计算。主要研制者是宾夕法尼亚大学莫尔学院的莫契利(J. Mauchly)和埃克特(J. P. Eckert)。ENIAC 共使用了 18 000 个电子管,另加 1 500 个继电器以及其他器件,其总体积约 90 m³,重达 30 t,占地 170 m²。这台耗电量为 140 kW 的计算机,运算速度为每秒 5 000 次加法,或者 400 次乘法,至多只能存储 20 个 10 位的十进制数,无程序存储器。

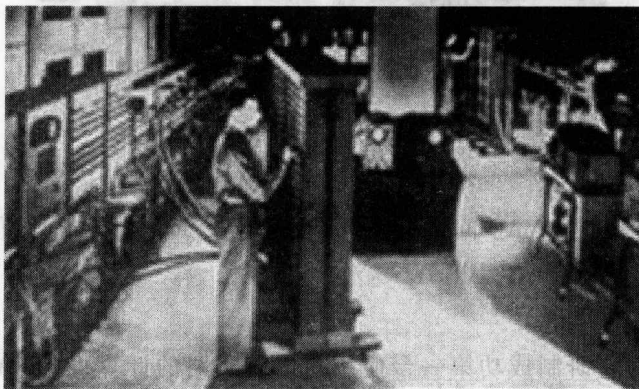


图 1-4 ENIAC

如果将 5 000 次加法看做每秒 5 000 次运算,这样的计算能力是个什么概念呢?以自动车辆行驶为例:每小时行驶 60 公里时,要求处理速度达到 10 ~ 100 GIPS(千兆条指令每秒),即每秒 100 亿 ~ 1 000 亿次运算,5 000 次运算相当于行车速度为:

$$\frac{5 \times 10^3}{10 \times 10^9} \times 60 \times 10^3 \times 10^2 = 3 \text{ cm/h}$$

显然,这样的速度比蜗牛还缓慢。

ENIAC 有两大缺点,一是没有内存储器,二是要由人像搭积木一样,将大量运算部件搭配成各种解题布局,每算一题就要重搭一次,又费时,又麻烦。有的题只要计算 1 秒钟,准备工作却要花上几十分钟。对 ENIAC 的改进,便是著名的美籍匈牙利数学家冯·诺依曼提出的存储程序控制。

2. 存储程序概念的提出

1945 年 6 月,以美籍匈牙利数学家冯·诺依曼为首的研制小组与参与研制 ENIAC 主要人员联名发表了一篇长达 101 页的报告,即计算机史上著名的“101 页报告”,提出了“存储程序控制”的计算机结构(即冯·诺依曼机),奠定了现代计算机的基础。概括来说,冯·诺依曼机的体系结构具有如下特点:

- ① 计算机(指硬件)由五大基本部件组成:运算器、存储器、控制器、输入和输出系统。

- ② 计算机内部采用二进制来表示指令和数据。
- ③ 将编好的程序和原始数据事先存入存储器中,然后再执行程序,完成预定的任务。

3. 第一台存储程序计算机

1949年在英国剑桥大学问世的EDSAC,如图1-5所示,是由3000个电子管为主要元件的存储结构的计算机。

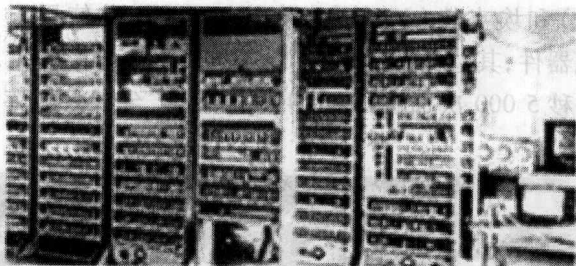


图1-5 EDSAC

1951年冯·诺依曼的EDVAC问世,总共只采用了2300个电子管,但运算速度却比拥有18000个电子管的ENIAC提高了10倍。

4. 晶体管计算机的诞生

1954年,贝尔实验室研制成功第一台使用晶体管线路的计算机(TRANIC),装有800个晶体管。

1958年,IBM公司制成了第一台全部使用晶体管的计算机RCA501。计算速度从每秒几千次提高到几十万次,主存储器的存储容量,从几千字提高到10万字以上。

1959年,IBM公司又生产出全部晶体管化的数字计算机IBM7090。

5. 第三代计算机的标志性产品 IBM S/360 系列计算机

1964年,由IBM公司主设计师吉恩·阿姆达尔(G. Amdahl)主持设计的第一个采用集成电路的通用计算机系列IBM S/360系统研制成功,如图1-6所示,该系列有大、中、小型,共6个型号。阿姆达尔提出了一种全新的思路:IBM S/360必须是一种“兼容性”的产品,这意味着大、中、小型IBM S/360系统计算机,都能以相同方式处理相同的指令,运行相同的软件,配置相同的外部设备,而且能够相互连接在一起工作。“兼容性”是一次伟大的观念变革,由此引起的现代计算机的技术进步,至今仍发挥着巨大的作用。IBM S/360系统取得了难以置信的成功,成为第三代计算机的标志性产品。

6. 使用超大规模集成电路的第四代计算机

1965年,美国国防部拨款开发的ILLIAC-IV计算机,是第一台全面以大规模集成电路作为逻辑元件和存储器的阵列计算机,它标志着计算机的发展已到了第四代。1976年问世的被誉为“美国民族智多星”的克雷公司的Cray系列巨型机(如图1-7所示)以及IBM公司的370系列、43XX、30XX、ES-9000系列和日本富士通公司生产的M系列都是比较有代表性的第四代计算机。

运算速度 (MIPS)	工艺	型号	年份	微分
100 - 500	CMOS	Pentium	1995	五
< 100	CMOS	Pentium II	1997	六
< 5000	CMOS	Pentium IV	2000	七
< 2000	CMOS	Pentium IV E	2004	八

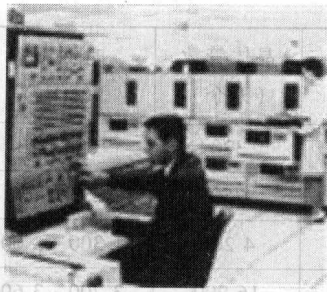


图 1-6 IBM S/360 系统



图 1-7 Cray-2 巨型机

7. 微型计算机的出现

Intel 系列 CPU 的发展,特别是 1978 年推出的 16 位 CPU——8086,为微型计算机的出现奠定了硬件基础。

1980 年,IBM 实行开放政策,采用 Intel 8088 MPU、委托独立软件公司为其开发各种软件。

1981 年 8 月 12 日,IBM 在纽约宣布 IBM 个人计算机(PC)问世,如图 1-8 所示。

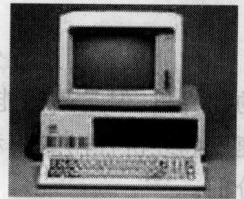


图 1-8 IBM PC

表 1-1 给出了上述以电子技术为特征划分的四代计算机的概况。

表 1-1 四代计算机概况

起始年份	代别	主要逻辑元件	软件
1946—1957	一	电子管	机器语言、汇编语言
1958—1964	二	晶体管	高级语言、监控程序
1965—1970	三	集成电路	简单操作系统
1970 至今	四	大规模或超大规模集成电路	软件工程的研究及应用、数据库、语言编译系统和网络软件

表 1-2 给出了几代计算机中央处理器(CPU)集成度和运算速度等性能,反映了 CPU 的发展概况。

表 1-2 CPU 的集成度和运算性能

代别	年份	字长 (位)	型号	工艺	晶体管数 (万个)	时钟频率 (MHz)	运算速度 (MIPS)
一	1971	4	4004	PMOS	0.2	< 1	0.06
二	1974	8	8080	NMOS	0.5	2~4	0.4
三	1978	16	8086	HMOS	2.9	4.77~10	< 1
四	1985	32	80386	CMOS	27.5	16~33	6~12

续表

代别	年份	字长 (位)	型号	工艺	晶体管数 (万个)	时钟频率 (MHz)	运算速度 (MIPS)
五	1993	32	Pentim	CMOS	320	60 ~ 133	100 ~ 200
六	1997	32	Pentim II	CMOS	750	233 ~ 400	> 300
七	2000	32	Pentim IV	CMOS	4 200	1 300 ~ 3 000	> 2 000
八	2004	64	Pentim IV F	CMOS	16 900	3 200 ~ 3 600	> 5 000

1.2 现代计算机的特点及其类型

计算机按用途可分为专用计算机和通用计算机。一般来说,专用计算机是高效、经济、快速的计算机,但是其功能单一,适用范围很窄;通用计算机功能齐全,适应性很强,但是牺牲了效率、速度和经济性。专用和通用是根据计算机的效率、速度、价格、运行的经济性和适用范围来划分的。

现在,一般意义上讲的计算机都是指通用计算机。

1989年11月IEEE提出一个分类报告,它根据计算机在信息处理系统中的地位与作用,考虑到计算机分类的演变过程和近期可能的发展趋势,把计算机分成六大类:巨型计算机、小巨型机、主机、小型计算机、工作站和个人计算机。目前,国际上比较流行的分类如下:

- 巨型计算机
- 主机(大、中型机)
- 小型计算机
- 个人计算机

1. 巨型计算机(supercomputer)

巨型计算机也称超级计算机,如图1-9所示,是指运算速度快、存储容量大的高性能计算机,它采用了大规模并行处理体系结构,CPU由数以百计、千计的处理器组成,有极强的运算处理能力。对巨型计算机的指标有这样一些规定:首先,计算机的运算速度平均每秒1 000万次以上;其次,存储容量在1 000万位以上。例如,我国研制成功的“银河”计算机,就属于巨型计算机。自从1964年美国Control Data Corporation推出世界首台巨型机CDC 6600以来,由于受科学研究和工程计算的需求牵引,国际巨型计算机技术发展迅猛,其峰值性能已从30多年前的每秒百万次上升到今天的每秒40万亿次(指日本NEC公司的“地球模拟器”系统),平均每10年提高3个数量级。IBM

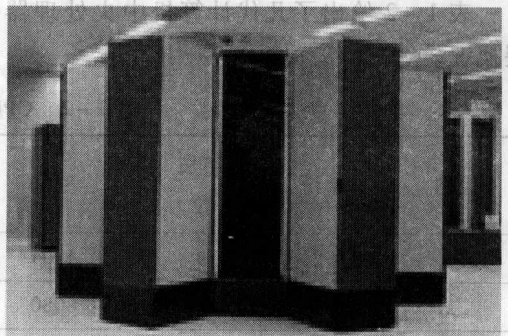


图1-9 银河II十亿次巨型计算机