

出版说明

随着国家信息化步伐的加快和高等教育规模的扩大，社会对计算机专业人才的需求不仅体现在数量的增加上，而且体现在质量要求的提高上，培养具有研究和实践能力的高层次的计算机专业人才已成为许多重点大学计算机专业教育的主要目标。目前，我国共有 16 个国家重点学科、20 个博士点一级学科、28 个博士点二级学科集中在教育部部属重点大学，这些高校在计算机教学和科研方面具有一定优势，并且大多以国际著名大学计算机教育为参照系，具有系统完善的教学课程体系、教学实验体系、教学质量保证体系和人才培养评估体系等综合体系，形成了培养一流人才的教学和科研环境。

重点大学计算机学科的教学与科研氛围是培养一流计算机人才的基础，其中专业教材的使用和建设则是这种氛围的重要组成部分，一批具有学科方向特色优势的计算机专业教材作为各重点大学的重点建设项目成果得到肯定。为了展示和发扬各重点大学在计算机专业教育上的优势，特别是专业教材建设上的优势，同时配合各重点大学的计算机学科建设和专业课程教学需要，在教育部相关教学指导委员会专家的建议和各重点大学的大力支持下，清华大学出版社规划并出版本系列教材。本系列教材的建设旨在“汇聚学科精英、引领学科建设、培育专业英才”，同时以教材示范各重点大学的优秀教学理念、教学方法、教学手段和教学内容等。

本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本组织原则和特点。

1. 面向学科发展的前沿，适应当前社会对计算机专业高级人才的培养需求。教材内容以基本理论为基础，反映基本理论和原理的综合应用，重视实践和应用环节。

2. 反映教学需要，促进教学发展。教材要能适应多样化的教学需要，正确把握教学内容和课程体系的改革方向。在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养，为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

3. 实施精品战略，突出重点，保证质量。规划教材建设的重点依然是专业基础课和专业主干课；特别注意选择并安排了一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版，逐步形成精品教材；提倡并鼓励编写体现重点大学计算机专业教学内容和课程体系改革成果的教材。

4. 主张一纲多本，合理配套。专业基础课和专业主干课教材要配套，同一门课程可以有多种具有不同内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化的关系；基本教材与辅助教材以及教学参考书的关系；文字教材与软件教材的关系，实现教材系列资源配套。

5. 依靠专家，择优落实。在制订教材规划时要依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时，要引入竞争机制，通过申报、评审确定主编。书稿完成后要认真实行审稿程序，确保出书质量。

繁荣教材出版事业，提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量，希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

教材编委会

FOREWORD

前言

与传统的传播媒介相比，数字媒体的存在前提是计算机技术。在这个前提下，信息的实时性、准确性、大容量、易检索和多通道传播构成数字媒体的主要特征，正是这些特征使数字媒体成为现代人类传递信息的主要途径。数字媒体以越来越普及的发展趋势，触及着人类信息交流的方方面面。

随着多媒体和网络技术的不断发展，多媒体已经不只与三维动画和游戏有关，它已经在人们不知不觉中走进了商业应用的领域。电子商务的方兴未艾，已经用事实说明了这一点。商用多媒体的声色动感是难以抵御的，唇枪舌剑的谈判和成交后的眉开眼笑都将展露在网上。图像与语音向人们传达的信息是文字描述无法比拟的。

作者近年来一直从事多媒体计算机技术的应用研究并承担研究生、本科生和专科生的课程教学，编写此书的目的是力图使读者能够对多媒体计算机技术的基本原理和应用有比较全面的了解。

全书共分 11 章，部分章节内容的理解需要相关的基础知识，因此在教学安排时，可根据教学对象进行适当的取舍。

在本书的编写过程中，部分内容参考了作者指导的研究生论文，而大量的资料来源于互联网，在此无法将其出处一一列举出来，在此向所有这些资料的作者表示诚挚的感谢。

限于作者的学识和能力，对书中的错误和不当之处，恳请读者批评指正。

编者

2006 年 2 月

于华中科技大学

第 1 章 概述	1
1.1 多媒体计算机的发展历史	1
1.1.1 计算机的发展大事记	1
1.1.2 图形用户界面的发展	4
1.1.3 光盘发展的历史	6
1.2 多媒体技术的相关概念	7
1.2.1 媒体	7
1.2.2 多媒体与多媒体技术	10
1.3 多媒体系统的关键技术	11
1.3.1 多媒体信息的表示	11
1.3.2 多媒体输入输出技术	12
1.3.3 多媒体专用芯片技术	13
1.3.4 多媒体存储设备与技术	14
1.3.5 多媒体系统软件技术	16
1.3.6 多媒体传输技术	16
1.4 多媒体技术的应用	17
思考题	19
第 2 章 多媒体计算机系统	20
2.1 多媒体计算机基本结构	20
2.2 CPU 技术	21
2.2.1 CPU 的制造工艺	21
2.2.2 CPU 内核的发展与转变	21
2.2.3 高速缓冲存储器	22
2.2.4 Intel 超线程技术	22
2.2.5 CPU 的重要性能指标	23

2.3	声卡	25
2.3.1	声卡的发展历史	25
2.3.2	声卡芯片技术指标	25
2.4	显卡	26
2.4.1	显卡的组成	27
2.4.2	显卡的接口	28
2.5	显示器	28
2.5.1	显示器的基本参数	28
2.5.2	CRT 显示器	29
2.5.3	LCD 显示器	30
2.5.4	等离子体显示器	32
2.5.5	背投	33
2.6	其他输入设备	34
2.6.1	视频采集卡	34
2.6.2	触摸屏	34
2.6.3	手写板	35
2.7	USB 设备	36
2.7.1	USB 协议的功能	37
2.7.2	USB 拓扑	38
2.7.3	USB 数据流向模式	39
2.7.4	USB 设备地址和管道概念	39
2.7.5	USB 传送类型	40
2.7.6	USB 的机械特征和电特性	41
2.7.7	USB 包的格式	41
2.7.8	电缆数据格式	43
2.7.9	USB 的互连	43
2.7.10	USB 主机概述	44
2.7.11	USB 系统配置	46
2.8	多媒体操作系统	47
2.8.1	Windows 9x/Me 对多媒体的支持	47
2.8.2	Windows NT 对多媒体的支持	49
2.8.3	Windows XP 对多媒体的支持	50
2.8.4	Windows 2003 对多媒体的支持	51
2.8.5	Linux 对多媒体的支持	51
	思考题	52
	第 3 章 数字信号处理基础	53
3.1	信号处理的基本术语	53

3.2	人类的听觉特性和视觉特性	54
3.2.1	人耳的听觉特性	55
3.2.2	人眼的视觉特性	56
3.3	音频信号处理基础	57
3.3.1	声音信号的特点	58
3.3.2	声音信号的分类	59
3.3.3	语音采样	59
3.3.4	预加重	60
3.3.5	加窗	60
3.3.6	短时能量	61
3.3.7	短时过零率	61
3.4	图像信号处理基础	62
3.4.1	色彩的基本概念	62
3.4.2	彩色空间及其变换	64
3.4.3	数字图像处理的研究内容	67
3.5	数字视频处理基础	69
3.5.1	数字视频的特征	69
3.5.2	数字视频的描述	70
3.5.3	数字视频处理的主要研究内容	71
3.5.4	数字视频 CCIR 601 编码标准	71
3.5.5	视频压缩编码的基本概念	72
3.5.6	视频信号的数字化处理对信号的损伤	73
3.6	常用的信号处理算法	79
3.6.1	傅里叶变换	79
3.6.2	小波变换	80
3.6.3	分形变换	81
3.6.4	人工神经网络	82
3.7	常用的编码算法	83
3.7.1	行程长度编码	83
3.7.2	哈夫曼编码	83
3.7.3	算术编码	85
3.7.4	感知编码	86
3.7.5	基于语义编码	87
3.7.6	矢量量化编码	88
3.7.7	基于模型编码	89
	思考题	90

第 4 章 数字声音处理技术	91
4.1 数字音频压缩技术	91
4.1.1 音频压缩算法的分类	92
4.1.2 时域压缩算法	93
4.1.3 子带编码	97
4.1.4 MP3 音频压缩编码	98
4.2 三维音效	99
4.2.1 人类的听觉	99
4.2.2 3D 音效的分类	100
4.2.3 微软 Direct Sound 3D	101
4.2.4 Aureal A3D	102
4.2.5 Creative EAX	103
4.2.6 Sensaura	104
4.2.7 QSound Q3D	105
4.2.8 杜比 AC-3	105
4.2.9 DTS	107
4.3 语音识别	108
4.3.1 语音识别系统的构成	108
4.3.2 语音识别系统的分类	109
4.3.3 语音识别的基本过程	110
4.4 自然语言理解	111
4.4.1 自然语言理解技术的发展历史	111
4.4.2 自然语言理解的技术特点	112
4.4.3 自然语言理解技术的应用领域	114
4.5 语音合成	116
4.5.1 TTS	117
4.5.2 视觉语音	118
思考题	119
第 5 章 数字图像处理技术	120
5.1 数字图像压缩技术	120
5.1.1 图像数据的冗余	121
5.1.2 视频编码的运动估计方法	123
5.1.3 基于小波变换的极低码率视频编码技术	127
5.2 视频通信差错恢复技术	129
5.2.1 克服比特流同步丢失的编码方法	129
5.2.2 空间域内的差错复原编码技术	130

5.2.3	时间域内的差错复原编码技术·····	130
5.2.4	可伸缩编码·····	131
5.2.5	多描述编码·····	131
5.2.6	解码端差错掩盖技术·····	132
5.2.7	基于反馈的差错控制技术·····	133
5.3	图像分割技术·····	133
5.3.1	图像分割概述·····	134
5.3.2	阈值化分割方法·····	135
5.3.3	基于边缘检测的方法·····	138
5.3.4	基于区域的分割方法·····	139
5.3.5	彩色图像分割方法·····	140
5.3.6	纹理图像分割方法·····	141
5.3.7	灰度图像分割算法的常用评价方法·····	142
	思考题·····	144
第6章	数字信号压缩标准·····	145
6.1	常见图形、图像文件格式·····	145
6.1.1	BMP·····	146
6.1.2	GIF·····	150
6.1.3	PDF·····	160
6.2	AVI数字视频·····	161
6.2.1	AVI数字视频的特点·····	161
6.2.2	AVI文件格式·····	162
6.2.3	AVI文件的主要参数·····	163
6.3	静态图像压缩标准·····	165
6.3.1	JPEG·····	165
6.3.2	JPEG 2000·····	171
6.4	动态图像压缩标准·····	178
6.4.1	概述·····	178
6.4.2	MPEG-1标准·····	179
6.4.3	MPEG-2标准·····	183
6.4.4	MPEG-4标准·····	185
6.4.5	H.261标准·····	187
6.4.6	H.263及H.263+标准·····	188
6.4.7	H.264标准·····	194
6.5	语音压缩编码标准·····	197
	思考题·····	200

第 7 章 多媒体系统的人机交互技术	201
7.1 人机界面概述	202
7.1.1 人机界面的发展历史	202
7.1.2 人机界面设计技术	203
7.1.3 用户界面的设计目的以及设计原则	206
7.1.4 多媒体界面设计的艺术原则	207
7.2 多通道用户界面	211
7.2.1 多通道概念	211
7.2.2 多通道用户界面的特点	212
7.2.3 多通道用户界面的主要研究内容	213
7.2.4 多通道用户界面评价	215
7.2.5 多通道用户界面的应用	216
7.3 三维人机交互技术	216
7.3.1 三维交互设备与交互方式	217
7.3.2 人机交互中的视线跟踪技术	218
7.3.3 基于手势的人机交互技术	221
7.4 虚拟现实	224
7.4.1 虚拟现实的定义	224
7.4.2 虚拟现实的关键技术	226
7.4.3 虚拟现实的应用	227
思考题	228
第 8 章 多媒体信息存储	229
8.1 直接连接存储技术	230
8.1.1 SCSI 技术	230
8.1.2 RAID 技术	231
8.2 网络存储系统	231
8.2.1 网络存储系统的体系结构	232
8.2.2 存储区域网	232
8.2.3 联网存储	233
8.2.4 NAS 与 SAN 的融合统一	235
8.3 存储网络技术	236
8.3.1 基于光纤通道技术的存储网络技术	236
8.3.2 基于分组交换技术的存储网络技术	236
8.3.3 基于 InfiniBand 技术的存储网络技术	238
8.4 磁带技术	239
8.4.1 DAT 技术	239

8.4.2	DLT 技术	239
8.4.3	LTO 技术	240
8.5	存储虚拟化技术	240
8.6	光存储技术	242
8.6.1	光盘盘片的结构	242
8.6.2	光盘的光道结构	243
8.6.3	光盘制作过程	244
8.6.4	光盘数据读出的过程	244
8.6.5	光盘的规范及格式	246
8.6.6	DVD 及其关键技术	248
8.6.7	CD-R 盘	252
8.6.8	CD-RW 盘	253
8.6.9	COMBO 驱动器	255
8.6.10	蓝光光盘	255
	思考题	258
第 9 章	多媒体信息的管理和查询	259
9.1	超文本和超媒体	260
9.1.1	超文本和超媒体的概念	260
9.1.2	超文本系统的基本特征	263
9.1.3	超文本系统的用户接口	263
9.2	HTML 语言简介	265
9.2.1	HTML 语言结构	265
9.2.2	HTML 标签和属性	266
9.2.3	超链接	267
9.2.4	用 HTML 实现多媒体	269
9.3	XML 简介	271
9.3.1	XML 是元标记语言	271
9.3.2	XML 的严格格式	272
9.3.3	XML 文档的组成	273
9.3.4	VoiceXML	276
9.4	多媒体数据库	278
9.4.1	多媒体数据库设计中面临的问题	278
9.4.2	多媒体数据库的体系结构	280
9.4.3	多媒体数据库的层次结构	281
9.4.4	面向对象的多媒体数据库	282
9.5	多媒体数据库检索	284
9.5.1	查询语言	284

9.5.2	全文检索技术	285
9.5.3	Web 信息检索	287
9.5.4	基于内容的图像检索	290
	思考题	298
第 10 章	多媒体信息传输	299
10.1	多媒体计算机网络	299
10.1.1	有线网络接入技术	299
10.1.2	无线网络接入技术	304
10.1.3	IPv6	306
10.2	流媒体技术	309
10.2.1	流式传输	309
10.2.2	流媒体技术原理	310
10.2.3	流媒体播放方式	312
10.2.4	支持流媒体传输的网络协议	313
10.2.5	流媒体文件格式	314
10.3	移动多媒体通信技术	315
10.3.1	移动多媒体通信的关键要素	315
10.3.2	宽带移动多媒体通信	318
10.3.3	WAP 与 GPRS	320
10.4	分布式多媒体系统中的服务质量控制	321
10.4.1	分布式多媒体计算机系统的基本特征	321
10.4.2	服务质量控制的基本方法	323
10.4.3	网络服务模型	324
10.5	IP 多播技术	329
10.5.1	IP 多播概述	329
10.5.2	IP 多播路由及其协议	330
10.5.3	IP 多播路由中的隧道传输机制	332
10.5.4	基于 IP 多播的视频传输	332
10.5.5	IP 多播技术在多点视频数据传输方面的优势	334
10.6	多媒体信息传输的安全	334
10.6.1	常见的攻击方法	335
10.6.2	安全控制目标	336
10.6.3	常用的信息加密技术	337
10.6.4	VPN	341
10.6.5	信息隐藏技术	344
	思考题	347

第 11 章 典型多媒体应用系统的实现	348
11.1 基于多播的视频会议系统——H.323	348
11.1.1 H.323 系统的体系结构	349
11.1.2 H.323 终端	349
11.1.3 IP 多播技术基础	349
11.1.4 基于多播的视频会议系统实现	357
11.1.5 视频会议系统的多点通信	358
11.1.6 音频和视频的实时传输实现	359
11.1.7 会议信令过程的实现	362
11.2 基于 H.324 协议的可视电话系统	369
11.2.1 H.324 标准概述	369
11.2.2 H.223 协议的实现	370
11.2.3 通信控制协议 H.245 及其软件实现	375
11.2.4 V.80 协议接口及其软件实现	379
11.2.5 基于 Windows 的多线程设计策略	385
11.2.6 系统的兼容性设计	388
思考题	392
参考文献	393

计算机和网络的出现,不断地改变着人们的生活。进入 21 世纪,人们考虑的已经不仅仅是让计算机的外观如何更具有人性化,而是从更深层次,从技术本身的改造开始,让技术在更基本的层面上,接近并渗透到普通人的生活中。

人们试图通过多媒体技术,将个人计算机改造成生活资料,比如录音机、立体音响、电视机或影碟机等。目前这些努力虽然只得到了有限的成功,但不断涌现的新技术,已经使我们看到了能够在更大范围内满足人们需求的曙光。当数字电视、视频点播以及 IP-TV 等名词逐渐进入普通人的生活中时,已经向我们展示了这一美好的前景。

然而,目前的技术距离人们期望的目标还相差甚远,仍需要我们不断地创新和努力。当然,首先应该了解已有的技术,然后才能发展和创新。

1.1 多媒体计算机的发展历史

计算机的发展历史,从表面上看似乎仅仅是硬件(如 CPU)和软件(如操作系统)的不断演变,而当声音和视频处理被引入计算机之后,计算机的发展就与多媒体技术结下了不解之缘。

1.1.1 计算机的发展大事记

表 1.1 罗列了从 20 世纪 40 年代到本世纪 2003 年期间,与计算机发展密切相关的具有典型意义的事件。从表中可以看出,计算机的发展从某种意义上讲,其源动力在一定程度上源于多媒体的应用。音频和视频的处理需要更快的处理器提供支持,而多媒体应用的需求则要求个人计算机操作系统对这种应用提供全方位的支持。

表 1.1 计算机的发展历史及相关事件

时间/年	事 件
1941—1945	美国政府为了准确计算导弹的弹道,秘密地进行全电子计算机 PX 计划的开发
1945	美国罗斯福总统的科学顾问 Bush(1894—1974) 在《大西洋月刊》上发表的“ <i>As we may think</i> ”的著名论文,提出了应采用设备或技术来帮助科学家检索、记录、分析及传输各种信息的新思路,和名为“ <i>Memex</i> ”的一种工作站构想,影响着一大批著名计算机科学家
1946	美国宾夕法尼亚大学电机工程系科学家研制首部电子计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer),它采用 18 000 个电子管,体积达 3000ft ³ *
1947	发明晶体管,为计算机的微型化打通道路
1951	美国 RemingtonRand 公司首次使用磁带来存储 IBM 商用计算机的资料,这种磁带一直使用到 20 世纪 60 年代初期
1959	发明集成电路
1960—1970	美国空军研究部门与 IBM 合作,研究中文处理方法,耗资 6000 多万美元,但没有成功
1963	美国麻省理工学院 Sutherland 开创了计算机图形学的新领域,并获 1988 年 ACM 图灵奖。他还在 1968 年开发了头盔式立体显示器,奠定了现代虚拟现实技术的重要基础
1963	美国斯坦福研究所的 Engelbart 发明了鼠标,当时它的外壳是用木头做的。1968 年 12 月 9 日,鼠标的使用在旧金山一次计算机展上得以示范;其后,施乐在其操作系统中加入了鼠标操作的设计
1965	Ted Nelson 提出 Hypertext 概念,它日后成为 WWW 的理论基础
1968	GordonMoore、RobertNoyce 和葛罗夫成立 Intel 公司。“Intel”这个字是由“Integrated Electronics”(集成电子)两个英文单词组合成的
1969-05-01	AMD 公司成立
1971-11-13	Intel 工程师成功开发出首枚微处理器,即 4 位的 4004,它包含 2300 个晶体管
1972	Intel 推出 8 位的微处理器 8008
1972-09	PHILIPS 展示了长时间播放电视节目的光盘系统,光盘上记录的是模拟信号
1975-07	盖茨和爱伦成立了微软公司
1976	首部超级计算机问世。同年制成了没有声音、图像、键盘和外壳的计算机 Apple I
1978-06-08	Intel 推出 16 位的 8086 处理器,集成 2900 个晶体管,主频为 5MHz、8MHz 和 10MHz
1979-06	Intel 推出 8088 处理器,主频为 5MHz 和 8MHz
1981-08-12	IBM 推出首部 PC,采用 DOS 1.0 操作系统。从此,与 PC 兼容的计算机铺天盖地地发展起来
1982	Intel 推出 16 位的 80286 处理器,集成 134 000 个晶体管,主频为 8MHz、10MHz 和 12MHz
1982	Sony 推出了世界上第一台 CD 播放机 CDP-101,并生产了第一张 CD

续表

时间/年	事 件
1983-11	微软推出 Windows 操作系统,只预装在计算机里,不作零售。1985 年 11 月,又推出 1.0 零售版
1985-10-17	Intel 推出首枚 32 位处理器 80385DX,集成 275 000 个晶体管,主频为 16MHz、20MHz、25MHz 和 30MHz
1985	PHILIPS 和 Sony 定义了 CD-ROM 标准
1986	PHILIPS 和 Sony 公司联合推出了交互式紧凑光盘系统,能够将声音、文字、图形、图像等数字化信息存储到光盘上
1989	Tim Berners-Lee 在日内瓦的 CERN 用 HTML 及 HTTP 开发了 WWW 网,随后出现了各种浏览器(网络用户界面),使互联网飞速发展起来
1989-04-10	Intel 推出 80486 处理器,集成 120 万个晶体管,并首次内置浮点运算器和 8KB 缓存,其速度比 8088 快 50 倍以上
1990-05-22	Windows 3.0 推出;1992 年 4 月 6 日,经过改进的 Windows 3.1 推出,年销量 2700 万套,席卷全球 由微软公司联合一些主要 PC 厂商和多媒体产品开发商组成了 MPC 联盟,并制定了第一代多媒体计算机标准——MPC1 标准
1991	在日内瓦确定 HTML 格式,为 WWW 发展奠定了基础
1992-08	Intel 推出 486DX2-66 处理器
1993-04	美国伊利诺伊州大学推出首个 WWW 浏览器 Mosaic;次年,浏览器的主要设计者 Marcandreessen 和 Silicon Graphics 的创办人 James H. Clark 合作创办 Navigator 公司,同年 10 月 14 日推出测试版,12 月推出正式版,到 1995 年,Navigator 市场占有率达 90%
1993-05	Intel 推出其第五代处理器,集成 310 万个晶体管,并首次放弃以数字命名的方式,取名为 Pentium。同年,IBM、Motorola 和苹果公司合作开发 PowerPC 处理器,次年 3 月 14 日,苹果公司推出的 Power Macintosh 首次采用 PowerPC 处理器
1993-05	MPC 联盟制定了第二代多媒体计算机标准——MPC2 标准,该标准提高了基本部件的性能指标
1994-10	IBM 推出 OS/2 WARP 3.0 操作系统,1996 年 10 月,又推出 WARP4 版本,但仍无法扭转微软在 PC 操作系统的优势
1995	Internet 热潮兴起
1995-06	MPC 联盟制定了第三代多媒体计算机标准——MPC3 标准。在进一步提高对基本部件的要求的基础上,MPC3 增加了全屏幕、全动态(30 帧/秒)视频及增强版的 CD 音质的视频和音频硬件标准。MPC3 指定了一个更新的操作平台可以执行增强的多媒体功能,首次将视频播放的功能纳入 MPC 规格
1995-08-24	Windows 95 推出;微软调动 500 名程序员开发的 Internet Explorer(简称 IE)浏览器推出 1.0 版本,1996 年 8 月推出 3.0 版本,直接对 Navigator 公司造成威胁;IE 不仅可以免费下载,更免费供应 ISP,1998 年则内置在 Windows 98 中,蚕食 Navigator 公司的市场
1995-09	Sony 和其他 8 家公司共同建立了 DVD 格式的统一标准

续表

时间/年	事 件
1995-11-01	Intel 推出其第六代处理器 Pentium PRO, 集成 550 万个晶体管, 出世一年半即被 Pentium II 取代
1997	Intel 推出 Pentium II, 集成 750 万个晶体管。5 月, 国际象棋大师卡斯帕罗夫被 IBM “深蓝”击败, 在前一年 2 月, 他曾战胜过“深蓝”, 有人怀疑人类制造的机器是否会将人击败; 8 月 6 日, 苹果宣布, 微软入股苹果公司 1.5 亿美元
1999	Intel 推出 Pentium III CPU, 其中集成了 2400 万个晶体管
1999	ICQ 和免费电子邮件的浪潮势不可挡, 吸引了数以千万的用户登记
2000	Intel 推出 Pentium 4 CPU, 其中集成了 4200 万个晶体管
2002-03-04	Intel 发布 Pentium 4 移动处理器“Pentium 4-M”(简称 P4-M)。P4-M 采用 NetBurst 架构、0.13 μm 工艺流程生产, 芯片内部集成 5500 万个晶体管, 共有 512KB 二级缓存, 系统前端总线频率达到 400MHz
2002-11-14	Intel 发布 3.06GHz Pentium 4。这款具有创新意义的含超线程技术新款 Intel Pentium 4 处理器, 主频为 3.06GHz, 是世界上第一款采用业界最先进的 0.13 μm 制造工艺、每秒计算速度超过 30 亿次的量产微处理器
2003-03-12	Intel 正式发布名为迅驰(Centrino)的移动计算技术。迅驰是一项“移动计算技术”, 它具有集成的无线局域网连接能力, 突破性的移动计算性能, 延长的电池使用时间; 更轻、更薄的外形设计

* $1\text{ft}^3 = 0.028\ 316\ 8\text{m}^3$ 。

1.1.2 图形用户界面的发展

图形用户界面现在已经被大多数操作系统所采用, 因其美观大方、简单易用的特点深受广大用户所喜爱, 使得即使对计算机了解不多的用户也可以很方便地操作计算机, 大大加速了计算机的普及与应用。

最早提出“图形用户界面”这一概念的是 Vanaver。在 1945 年, 他想象用户可以通过简单的机械装置与容易识别的直观图形与计算机进行交互, 并大体提出了一些设计思想。

20 世纪 50 年代, 道格拉斯(Douglas C. Engelbart)发展了他的设想并着手将其变成现实。他召集了一起在国防部研究部门工作的一些天才的计算机科学家们致力于这一具有革命意义的计算机系统的研究工作。

他们这个小组做出许多有趣且有用的发明, 其中最著名的就是在 1963 年开发成功的一个有 3 个按钮、拖着一根电线的定点设备。因为这 3 个按钮像是两只眼睛和一个鼻子, 而且那根电线则像是一条长尾巴, 于是这一定点装置就被自然而然地称之为“MOUSE”。不幸的是, 在研究的中途, 经费被取消了, 许多杰出的工程师离开并到加利福尼亚的 PARC(Palo Alto Research Center)工作, 该部门是 XEROX 公司于 1970 年创办的。

此时的 XEROX 公司已经看出了计算机技术蓬勃发展的前景, 所以他们设立了这个研究机构, 这是一个富有远见的计划。他们不顾一切代价的投入, 大大促进了该机构的发展。工程师们的创造欲被大大的激发, 要设计一种划时代的计算机, 用神奇的图形界面代替以前那种简单、呆板的用户界面, 使得用户可以不用记忆那些复杂的命令。天才的工程

师们经过三年的刻苦攻关,终于有了可喜的结果。

1973年,XEROX ALTO个人计算机诞生了。它拥有当时的计算机所不曾有过的许多特点。最让人激动的是,它是第一台面向个人设计的计算机。因为在这之前,计算机还是个只能被少数人使用的巨型“怪物”。

另一个令人激动的创新是其显示信息的方式:屏幕不仅可以显示文本,还可以像电视机一样利用像素来显示图形。每个像素可以单独地被控制和处理,这就是我们今天所说的位图(bitmap)。

通过工程师们的不断改进,这种个人计算机能显示像真正的图画一样清晰的图形。工程师们一改当时用绿色显示屏的作法,使用了黑白显示屏,并实现在内存当中控制位图的显示,最终实现了图形和文本前所未有的显示精度:808像素×606像素。

这台机器的其他创新还有:可移动显示器、工作区域像窗口一样可以用光标移动位置,使用了类似于我们今天使用的鼠标器、用鼠标在菜单中选择要执行的任务等。

位图显示方式需要大量的内存,这大大提高了机器的价格,每台需要40 000美元。XEROX公司考虑到如此昂贵的价格是难以在个人用户中推广的,所以并没有向市场推出。8年以后,随着技术的进步和关键部件价格的下调,他们才向市场推出了1600美元的XEROX Star。但此时,计算机市场已经被便宜的苹果计算机和IBM-PC机所控制。XEROX造的计算机只卖出极少。面对飞速发展的计算机技术,XEROX起步很早,却没有在最关键的时候冲刺。

后来的几年里,几个对计算机技术有着狂热爱好的“黑客”在一个聚会上讨论微型计算机问题。Larry Tesler也参加了几次这样的聚会,对他们在屏幕上实现的图形功能惊异万分。

另一个参加这种聚会的人Steve Wozniak,他买不起昂贵的设备,就在自己的机器Apple I上开始了探索性的研究,并最终完成了设计。他后来与Steve Jobs一起取得了巨大的市场成功,并创办了苹果计算机公司。1979年,Raskin,第31个苹果公司雇员,开始致力于Macintosh机的研制项目,他也对设计一台能够实现快捷操作的计算机感兴趣。在工程师Bill Atkinson的提醒下,苹果公司注意到了PARC小组的研究成果,并两次被允许参观了他们的机器ALTO。

第一次参观是在1979年的11月。当他们看到那台革命性的机器时赞不绝口:这是梦想中的机器!不久苹果计算机公司的主要人员又一次参观了这台机器,这足以表明他们对这一设计理念的重视。

Jobs后来要求苹果计算机公司应借鉴PARC的技术。15位XEROX的工程师投向苹果的怀抱,在这之前操作系统的程序已经完成了。双击、拖曳、下拉菜单等技术也已基本成熟。

在Jobs的亲自过问和鼓励下,Macintosh研究小组开始了大胆的创新,他们的设计宗旨是功能更强、价格更便宜、使用更简单,并允许第三方在此之上开发软件。他们在ROM中设计了工具条,并给出了许多应用实例来鼓励和引导大家使用苹果机。苹果计算机公司还自己开发了大量优秀的应用软件,包括图形、电子表格等,但内存仍是限制其功能进一步提高的瓶颈。