

高等院校计算机应用系列教材

大学计算机基础

(Windows 7/10+Office 2016)

姜春峰 主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以培养学生的计算思维能力和计算机操作能力为核心任务,共分10章,分别介绍了计算思维与计算机技术、Windows操作系统、Word 2016的基本操作、文档的格式化与排版、Excel 2016的基本操作、工作表的整理与分析、公式与函数的使用、PowerPoint 2016的基本操作、演示文稿的设置与放映、计算机网络与信息安全等内容。

本书内容丰富、结构清晰、语言简练、图文并茂,具有较强的实用性和可操作性,是一本适用于高等院校计算机基础课程的优秀教材,也适合作为广大初、中级计算机用户的自学参考书。

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。举报:010-62782989, beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn

图书在版编目(CIP)数据

大学计算机基础: Windows 7/10+ Office 2016 / 姜春峰主编. —北京: 清华大学出版社, 2021.8
高等院校计算机应用系列教材
ISBN 978-7-302-58613-5

I. ①大… II. ①姜… III. ①Windows操作系统—高等学校—教材 ②办公自动化—应用软件—高等学校—教材 IV. ①TP316.7 ②TP317.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 131716 号

责任编辑: 王 定
装帧设计: 孔祥峰
责任校对: 成凤进
责任印制: 杨 艳

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 装 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 20.5 字 数: 524 千字

版 次: 2021 年 8 月第 1 版 印 次: 2021 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 59.80 元

产品编号: 092475-01

前 言

“计算机基础”是高等院校非计算机专业学生必修的公共基础课，同时也是学习其他计算机应用技术的基础。

本书根据教育部的教学基本要求，追求教与学、研究与探究、理论与实践的有机结合，围绕课程内容的基础性、科学性和前瞻性搭建基本体系，结合本学科领域的最新科技应用成果，以理论学习为基础、以技术为主体、以应用创新为目的，通过调整知识结构、完善学生综合认知，让学生树立不断学习、深究探索的意识，进而加强人才培养的针对性、应用性、实践性。

本书系统研究、梳理并介绍了目前大学计算机基础教育和计算机技术发展的状况，在内容取舍、篇章结构、教学讲解和实验安排等方面都进行了精心的设计。全书共分 10 章，分别介绍了计算思维与计算机技术、Windows 操作系统、Word 2016 的基本操作、文档的格式化与排版、Excel 2016 的基本操作、工作表的整理与分析、公式与函数的使用、PowerPoint 2016 的基本操作、演示文稿的设置与放映、计算机网络与信息安全等。本书配套的实验教程《大学计算机基础实验教程(Windows 7/10+Office 2016)》(ISBN: 978-7-302-38633-3)，可以培养学生的实践能力和处理实际问题的能力。

本书编写人员希望学生通过全面、系统的课程学习，能够较好地掌握计算机软、硬件技术与网络技术的基本概念，了解计算思维的基本概念，掌握 Word 2016、Excel 2016 和 PowerPoint 2016 等 Office 软件的使用方法，具有较强的信息系统安全与社会责任意识，为后续深入、广泛地学习计算机技术打下坚实基础。

本书内容全面、由浅入深，较为紧密地结合了计算机专业技术的发展，并采用计算机专业写作手法，避免了过于通俗而专业讲解不足的问题。本书适应多层次分级教学，可以满足不同学时数的教学，适合不同基础人员的学习。在教学中，可根据实际教学学时数和学生基础灵活选择教学内容。

本书由西北大学现代学院姜春峰主编，在编写过程中得到诸多同事、朋友的帮助，在此表示感谢。由于编者水平有限，本书若有不当之处，希望同行和读者提出宝贵建议。

本书教学课件、教学大纲及习题参考答案可通过扫描以下二维码下载。



教学课件



教学大纲



习题参考答案

编 者
2021 年 4 月

目 录

第 1 章 计算思维与计算机技术 1	
1.1 计算思维与算法概述..... 2	
1.1.1 计算思维..... 2	
1.1.2 算法..... 5	
1.2 计算机的产生与发展..... 8	
1.2.1 计算机的产生..... 9	
1.2.2 计算机的发展..... 10	
1.3 计算机的分类与应用..... 11	
1.3.1 计算机的分类..... 11	
1.3.2 计算机的应用..... 12	
1.4 计算机系统的基本组成..... 12	
1.4.1 计算机硬件系统..... 13	
1.4.2 计算机软件系统..... 18	
1.5 计算机中数据的表示和存储..... 18	
1.5.1 常用数制..... 18	
1.5.2 数制转换..... 21	
1.5.3 二进制数的表示..... 23	
1.5.4 数据的存储..... 30	
1.6 多媒体技术的概念与应用..... 34	
1.6.1 多媒体概述..... 34	
1.6.2 多媒体的关键技术..... 35	
1.6.3 多媒体技术的应用..... 36	
1.7 习题..... 37	
第 2 章 Windows 操作系统 39	
2.1 操作系统概述..... 40	
2.1.1 操作系统的基本概念..... 40	
2.1.2 操作系统的功能..... 40	
2.1.3 操作系统的分类..... 44	
2.1.4 典型操作系统介绍..... 44	
2.2 Windows操作系统简介..... 45	
2.2.1 Windows 7 操作系统..... 45	
2.2.2 Windows 10 操作系统..... 45	
2.3 Windows操作系统的基本操作..... 46	
2.3.1 使用系统桌面..... 46	
2.3.2 操作鼠标和键盘..... 51	
2.3.3 使用中文输入法..... 52	
2.3.4 使用资源管理器..... 54	
2.4 文件和文件夹管理..... 56	
2.4.1 文件和文件夹的概念..... 56	
2.4.2 文件和文件夹的基本操作..... 57	
2.4.3 回收站..... 59	
2.5 设置个性化系统环境..... 60	
2.5.1 控制面板..... 61	
2.5.2 显示设置..... 61	
2.5.3 网络设置..... 63	
2.5.4 鼠标和键盘设置..... 66	
2.5.5 用户账户设置..... 68	
2.5.6 字体设置..... 71	
2.5.7 打印机设置..... 71	
2.5.8 系统设置..... 73	
2.6 安装和删除程序..... 74	
2.7 使用系统工具..... 74	
2.8 综合案例..... 76	
2.9 习题..... 77	
第 3 章 Word 2016 的基本操作 79	
3.1 Word 2016简介..... 80	
3.1.1 Word 2016 的基本功能..... 80	
3.1.2 Word 2016 的启动和退出..... 81	

3.1.3 Word 2016 的运行环境	81	4.7 保护文档	130
3.2 文档的基本操作	83	4.8 打印文档	131
3.2.1 创建文档	83	4.8.1 预览文档	131
3.2.2 保存文档	83	4.8.2 打印设置与执行打印	131
3.2.3 打开和关闭文档	84	4.9 综合案例	132
3.3 输入与编辑文本	85	4.10 习题	133
3.3.1 输入文本	85	第 5 章 Excel 2016 的基本操作	135
3.3.2 输入日期和时间	87	5.1 电子表格的基本功能	136
3.3.3 选取文本	88	5.2 Excel 2016 简介	136
3.3.4 复制、移动和删除文本	90	5.2.1 Excel 2016 的基本概念	136
3.3.5 查找和替换文本	91	5.2.2 Excel 2016 的启动与退出	136
3.3.6 撤销和恢复操作	93	5.2.3 Excel 2016 的运行环境	137
3.4 多窗口与多文档操作	93	5.3 操作工作簿	139
3.5 综合案例	96	5.3.1 创建工作簿	139
3.6 习题	96	5.3.2 保存工作簿	139
第 4 章 文档的格式化与排版	99	5.3.3 转换工作簿版本和格式	140
4.1 设置文本格式	100	5.3.4 显示和隐藏工作簿	140
4.1.1 设置字体格式	100	5.4 操作工作表	141
4.1.2 修饰文本效果	102	5.4.1 创建工作表	141
4.1.3 设置段落格式	103	5.4.2 选取当前工作表	142
4.1.4 使用格式刷工具	108	5.4.3 移动和复制工作表	142
4.2 设置文档页面	109	5.4.4 删除工作表	144
4.2.1 设置页边距	109	5.4.5 重命名工作表	144
4.2.2 设置纸张	109	5.4.6 隐藏和显示工作表	144
4.2.3 设置文档网络	110	5.5 操作行与列	145
4.2.4 设置稿纸页面	111	5.5.1 选取行与列	145
4.3 设置文档背景和主题	112	5.5.2 插入行与列	146
4.4 设置文档分栏	115	5.5.3 移动和复制行与列	147
4.5 制作图文混排文档	115	5.5.4 隐藏和显示行与列	148
4.5.1 使用图片	115	5.5.5 删除行与列	149
4.5.2 使用艺术字	118	5.6 操作单元格与区域	149
4.5.3 使用自选图形	120	5.6.1 选取与定位单元格	150
4.5.4 使用文本框	121	5.6.2 选取区域	151
4.6 使用表格	122	5.6.3 复制和移动单元格	152
4.6.1 创建表格	122	5.6.4 隐藏和锁定单元格	154
4.6.2 编辑表格	124	5.6.5 删除单元格内容	154
4.6.3 修饰表格	127	5.6.6 合并单元格	155
4.6.4 表格数据的排序和计算	129	5.7 控制工作窗口视图	155

5.7.1 多窗口显示工作簿	156	6.2 设置单元格样式	189
5.7.2 并排查看	157	6.2.1 应用 Excel 内置样式	189
5.7.3 拆分窗口	157	6.2.2 创建自定义样式	189
5.7.4 冻结窗口	158	6.2.3 合并单元格样式	190
5.7.5 缩放窗口	158	6.3 设置行高和列宽	191
5.7.6 自定义窗口	159	6.4 设置条件格式	192
5.8 输入与编辑数据	159	6.4.1 使用数据条	192
5.8.1 在单元格中输入数据	159	6.4.2 使用色阶	193
5.8.2 编辑单元格中的内容	161	6.4.3 使用图标集	194
5.8.3 数据显示与数据输入的关系	161	6.4.4 突出显示单元格规则	194
5.8.4 日期和时间的输入与识别	165	6.4.5 自定义条件格式	195
5.9 快速填充数据	167	6.4.6 条件格式转换成单元格格式	195
5.9.1 自动填充	167	6.4.7 复制与清除条件格式	196
5.9.2 设置序列	168	6.4.8 管理条件格式规则优先级	196
5.9.3 使用填充选项	169	6.5 使用批注	197
5.9.4 使用填充菜单	170	6.6 使用模板与主题	198
5.10 设置工作表链接	170	6.6.1 使用模板	198
5.11 查找与替换数据	171	6.6.2 使用主题	199
5.11.1 查找数据	171	6.7 设置工作表背景	200
5.11.2 替换数据	172	6.8 建立数据清单	200
5.12 设置打印工作表	173	6.9 排序数据	202
5.12.1 快速打印工作表	173	6.9.1 指定多个条件排序数据	203
5.12.2 设置打印内容	174	6.9.2 按笔画条件排序数据	203
5.12.3 调整打印页面	176	6.9.3 按颜色条件排序数据	204
5.12.4 打印设置	178	6.9.4 按单元格图标排序数据	205
5.12.5 打印预览	178	6.9.5 自定义条件排序数据	205
5.13 综合案例	179	6.10 筛选数据	206
5.14 习题	180	6.10.1 普通筛选	206
第 6 章 工作表的整理与分析	182	6.10.2 高级筛选	208
6.1 设置单元格格式	183	6.10.3 模糊筛选	210
6.1.1 认识 Excel 格式工具	183	6.10.4 取消筛选	210
6.1.2 使用 Excel 实时预览功能	184	6.11 分类汇总	211
6.1.3 设置对齐	184	6.11.1 创建分类汇总	211
6.1.4 设置字体	186	6.11.2 隐藏和删除分类汇总	211
6.1.5 设置边框	186	6.12 数据合并	212
6.1.6 设置填充	187	6.12.1 按类合并计算	212
6.1.7 复制格式	188	6.12.2 按位置合并计算	213
6.1.8 快速格式化数据表	188	6.13 使用图表	214
		6.13.1 创建图表	214

6.13.2	编辑图表	214	7.4.13	条件查询数据	240
6.13.3	修改图表数据	216	7.4.14	正向查找数据	240
6.13.4	修饰图表	216	7.4.15	逆向查找数据	241
6.14	使用数据透视表	219	7.4.16	分段统计学生成绩	241
6.14.1	数据透视表简介	219	7.4.17	剔除极值后计算平均得分	241
6.14.2	建立数据透视表	220	7.4.18	屏蔽公式返回的错误值	242
6.15	综合案例	221	7.5	综合案例	243
6.16	习题	222	7.6	习题	244
第7章 公式与函数的使用			第8章 PowerPoint 2016 的		
7.1	公式的使用	225	基本操作		
7.1.1	输入公式	227	8.1	PowerPoint 2016简介	248
7.1.2	编辑公式	227	8.1.1	PowerPoint 2016 的基本功能	248
7.1.3	删除公式	227	8.1.2	PowerPoint 2016 的工作界面	248
7.1.4	复制与填充公式	227	8.2	演示文稿的基本操作	249
7.2	单元格的引用	228	8.2.1	创建演示文稿	249
7.2.1	相对引用	228	8.2.2	保存演示文稿	251
7.2.2	绝对引用	229	8.2.3	打开演示文稿	251
7.2.3	混合引用	229	8.2.4	关闭演示文稿	251
7.2.4	多单元格/区域的引用	230	8.3	幻灯片的基本操作	252
7.3	函数的使用	231	8.3.1	插入幻灯片	252
7.3.1	函数的结构	231	8.3.2	选择幻灯片	252
7.3.2	函数的参数	232	8.3.3	移动和复制幻灯片	253
7.3.3	函数的分类	232	8.3.4	编辑幻灯片版式	253
7.3.4	函数的易失性	233	8.3.5	删除幻灯片	255
7.3.5	输入与编辑函数	233	8.4	输入与编辑幻灯片文本	256
7.4	常用函数的应用案例	234	8.4.1	输入幻灯片文本	256
7.4.1	大小写字母转换	234	8.4.2	设置文本格式	257
7.4.2	生成A~Z序列	235	8.4.3	设置段落格式	257
7.4.3	生成可换行的文本	235	8.4.4	使用项目符号和编号	258
7.4.4	统计包含某字符的单元格个数	236	8.5	插入多媒体元素	259
7.4.5	将日期转换为文本	236	8.5.1	在幻灯片中插入图片	259
7.4.6	将英文月份转换为数字	236	8.5.2	在幻灯片中插入艺术字	259
7.4.7	按位舍入数字	237	8.5.3	在幻灯片中插入声音	261
7.4.8	按倍舍入数字	237	8.5.4	在幻灯片中插入视频	262
7.4.9	截断舍入或取整数	238	8.5.5	在幻灯片中插入表格	262
7.4.10	四舍五入数字	238	8.6	综合案例	264
7.4.11	批量生成不重复随机数	239	8.7	习题	265
7.4.12	自定义顺序查询数据	239			

第9章 演示文稿的设置与放映	267	9.10 习题	287
9.1 设置幻灯片母版	268	第10章 计算机网络与信息安全	289
9.1.1 幻灯片母版简介	268	10.1 计算机网络基础知识	290
9.1.2 设计母版版式	268	10.1.1 计算机网络的形成和发展	290
9.1.3 设计页眉和页脚	269	10.1.2 计算机网络的定义	291
9.2 设置主题和背景	270	10.1.3 计算机网络的主要功能	291
9.2.1 设置幻灯片主题	270	10.1.4 计算机网络的组成	292
9.2.2 设置幻灯片背景	271	10.1.5 计算机网络的分类	293
9.3 设置幻灯片动画	271	10.2 计算机网络体系结构	295
9.3.1 设置幻灯片切换动画	271	10.2.1 计算机网络体系结构的形成	295
9.3.2 设置幻灯片对象动画	272	10.2.2 OSI 参考模型	296
9.3.3 设置动画效果选项	273	10.2.3 TCP/IP 参考模型	297
9.4 制作交互式演示文稿	274	10.3 网络传输介质	298
9.4.1 添加超链接	274	10.3.1 有线介质	298
9.4.2 使用动作按钮	275	10.3.2 无线介质	300
9.4.3 隐藏幻灯片	276	10.4 网络互联设备	300
9.5 设置放映方式	277	10.5 Internet 及其应用	303
9.5.1 定时放映幻灯片	277	10.5.1 IP 与域名	304
9.5.2 循环放映幻灯片	277	10.5.2 Internet 的接入	306
9.5.3 连续放映幻灯片	277	10.5.3 Internet 提供的服务	307
9.5.4 自定义放映幻灯片	278	10.5.4 网络信息检索	308
9.6 设置放映类型	279	10.6 使用IE浏览器	310
9.7 控制幻灯片放映	279	10.7 使用Outlook	311
9.7.1 排练计时	279	10.8 计算机病毒及其防范	312
9.7.2 控制放映过程	280	10.8.1 计算机病毒的概念	313
9.7.3 使用墨迹注释	281	10.8.2 计算机病毒的特征	313
9.7.4 使用旁白	281	10.8.3 计算机病毒的分类	313
9.8 放映与输出演示文稿	282	10.8.4 计算机病毒的防范	315
9.8.1 放映演示文稿	282	10.9 信息安全	315
9.8.2 输出演示文稿	283	10.10 习题	316
9.8.3 打印演示文稿	284		
9.9 综合案例	286		

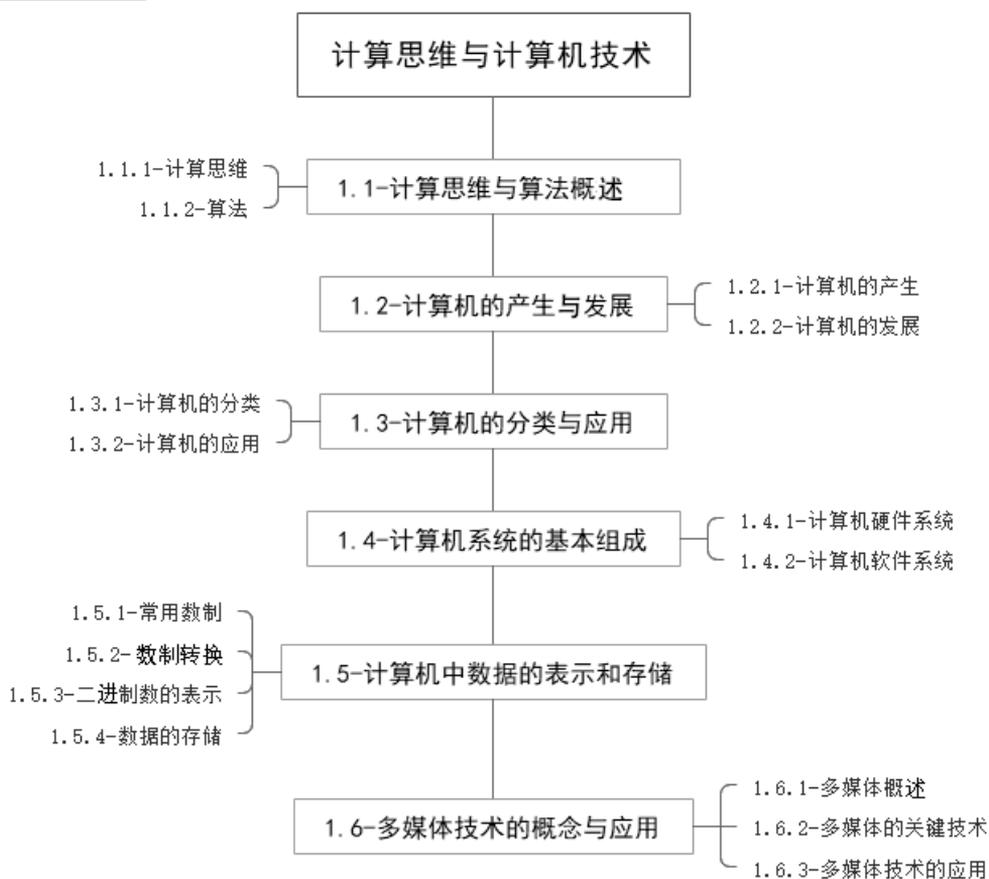
第 1 章

计算思维与计算机技术

☑ 本章要点

掌握计算思维与算法的基本概念，了解计算机的发展、类型及应用领域，了解计算机软件、硬件系统的组成及主要技术指标，理解计算机中数据的表示与存储，掌握多媒体技术的概念与应用。

☑ 知识体系



1.1 计算思维与算法概述

计算机是 20 世纪重大的科技成果之一。第一台电子计算机诞生以来, 计算机学科已经成为发展最快的学科之一, 尤其是微型计算机的出现和计算机网络的发展, 极大地促进了社会的信息化进程和知识经济的发展, 引起了社会的变革。现在, 计算机已广泛应用于社会的各行各业, 深刻地改变了人们工作、学习与生活的方式。在正式开始讲解计算机系统的基础理论、工作原理, 以及计算机作为工具的使用方法之前, 本章从计算思维与算法的基础概念开始, 介绍计算机技术的思想和方法, 即计算机科学家在解决计算(机)科学问题时的思维方法, 阐明计算系统的价值实现过程。

1.1.1 计算思维

理论科学、实验科学和计算科学三大科学方法作为科学发展的三大支柱, 推动着人类文明进步和科技发展。与三大科学方法相对应的是三大科学思维, 即理论思维、实验思维和计算思维。本小节重点介绍计算思维。

计算思维又称构造思维, 以设计和构造为特征, 以计算机学科为代表。计算思维的研究目的是提供适当的方法, 使人们借助现代和将来的计算机, 逐步实现人工智能的较高目标。例如, 模式识别、决策、优化和自动控制等算法都属于计算思维的范畴。

1. 计算思维的概念

计算机科学家迪科斯彻(Edsger Wybe Dijkstra)说过: “我们使用的工具影响着我们的思维方式和思维习惯, 从而也将深刻地影响我们的思维能力。” 计算的发展也影响着人类的思维方式, 从最早的结绳计数发展到现在的电子计算机, 人类思维方式发生了相应的改变, 例如, 计算生物学改变着生物学家的思维方式, 计算机博弈论改变着经济学家的思维方式, 计算社会科学改变着社会学家的思维方式, 量子计算改变着物理学家的思维方式。计算思维已经成为利用计算机求解问题的一个基本思维方法。

计算思维是美国卡内基-梅隆大学(CMU)周以真(Jeanette M. Wing)教授提出的一种理论。周以真教授认为, 计算思维是运用计算机科学的基础概念去求解问题、设计系统和理解人类行为, 它涵盖了计算机科学的一系列思维活动。

国际教育技术协会(ISTE)和计算机科学教师协会(CSTA)于 2011 年给计算思维做了一个具有可操作性的定义, 即计算思维是一个问题解决的过程, 该过程具有以下几个特点。

- (1) 拟定问题, 并能够利用计算机和其他工具来解决问题。
- (2) 符合逻辑地组织和分析数据。
- (3) 通过抽象(如模型、仿真等)再现数据。
- (4) 利用算法思想(一系列有序的步骤), 支持自动化的解决方案。
- (5) 分析可能的解决方案, 找到最有效的方案, 并且有效地应用这些方案和资源。
- (6) 将问题的求解过程进行推广, 并移植到更广泛的问题中。

2. 计算思维的特征

周以真教授在《计算思维》论文中对计算思维的基本特征进行了如下描述。

(1) 计算思维是人的思维方式，不是计算机的思维方式。计算思维是人类求解问题的思维方法，而不是要使人像计算机那样思考。

(2) 计算思维是数学思维和工具思维的相互融合。计算机科学本质上源于数学思维，但是由于受计算设备的限制，计算机科学家必须进行工程思考，不能只进行数学思考。

(3) 计算思维建立在计算过程的能力和限制的基础上。人们需要考虑哪些事情人类比计算机做得好，哪些事情计算机比人类做得好，最根本的问题是什么是可计算的。

(4) 为了有效地求解一个问题，我们可能要进一步问：一个近似解是否就够了呢？是否允许漏报和误报？计算思维就是通过简化、转换和仿真等方法，把一个看似困难的问题重新阐述成一个人人们知道如何解决的问题。

(5) 计算思维采用抽象和分解的方法，将一个庞杂的任务分解成一个适合计算机处理的问题。计算思维选择合适的方式对问题进行建模，使其易于处理，使人们不必理解系统的每一个细节，就能够安全地使用或调整一个大型的复杂系统。

由此可以看出，计算思维是运用计算机科学的基本概念，进行问题求解、系统设计的一系列思维活动。

3. 人们对计算思维的认知

在计算机的帮助下，人类的思维方法与实践活动反复促进、交替上升，从而使计算思维与实践活动向更高层次迈进。计算思维的研究包含两个方面：计算思维研究的内涵和计算思维推广与应用的外延。其中，立足于计算机学科本身，研究该学科中涉及的构造性思维就是狭义计算思维。近年来，很多学者提出的各种说法，如算法思维、协议思维、计算逻辑思维、互联网思维、计算系统思维及三元计算思维，本质上都是一种狭义的计算思维。

在不同层面、不同视角下，人们对狭义计算思维的认知观点有以下几个。

(1) 计算思维强调用抽象和分解来处理庞大、复杂的任务或者设计巨大的系统。计算思维关注分离，选择合适的方法陈述一个问题，或者选择合适的方式对一个问题的相关方面建模使其易于处理。计算思维是利用不变量简明扼要且表述性地刻画系统的行为。计算思维使人们在不理解系统的每个细节的情况下就能安全地使用、调整和影响一个大型复杂系统。计算思维是为预期的多个用户而进行的模块化，是为预期的未来应用而进行的预置和缓存。

(2) 计算思维是通过冗余、堵错、纠错的方式，在最坏的情况下进行预防、保护和恢复的一种思维，称堵塞为死结，称合同为界面。计算思维就是学习在协调同步的同时避免竞争的情形。

(3) 计算思维是利用启发式的推理来寻求解答。计算思维是在不确定情况下的规划、学习和调度，是利用海量数据来加快计算。计算思维就是在时间和空间之间的权衡，在处理能力和存储容量之间的权衡。

(4) 计算思维是通过约简、嵌入、转化和仿真等方法，把一个困难的问题阐释成如何求解它的思维方法。

(5) 计算思维是一种递归思维，是一种并行处理方法，能够把代码译成数据，又能把数据译成代码，是一种多维分析推广的类型检查方法。

(6) 计算思维是选择合适的方式陈述一个问题，或对一个问题的相关方面建模使其易于处理的思维方法。

我们已经知道，计算思维是人的思维，但是，不是所有的人的思维都是计算思维。比如，人们觉得困难的一些事情，如累加、连乘、微积分等，用计算机来做就很简单；而人们觉得容易的一些事情，如视觉、移动、顿悟、直觉等，用计算机来做就比较困难，例如让计算机分辨一个动物是猫还是狗可能就不太容易。

在不久的将来，那些可计算的、难计算的，甚至不可计算的问题也可能会有解决方法。这些立足计算本身来解决问题，包括问题求解、系统设计及人类行为理解等一系列的人的思维就称为广义计算思维。

狭义计算思维基于计算机科学的基本概念，而广义计算思维基于计算科学的基本概念。广义计算思维显然是对狭义计算思维概念的外延和拓展，以及推广和应用。狭义计算思维强调由计算机作为主体来完成，广义计算思维则拓展到由人或机器作为主体来完成。不过，计算思维虽然是涵盖所有人类活动的一系列思维活动，但是都建立在当时的计算过程的能力和限制的基础上。

4. 计算思维的应用

计算思维正在渗透到社会的各个学科、各个领域，并潜移默化地影响和推动着各领域的发展，成为一种发展趋势。

(1) 生物学领域。霰弹枪算法大大提高了人类基因组测序的速度，不仅具有能从海量的序列数据中搜索、寻找模式规律的能力，还能用体现数据结构和算法自身的方式来表示蛋白质的结构。

(2) 神经科学领域。大脑是人体中最难研究的器官，科学家可以从肝脏、脾脏和心脏中提取活细胞进行活体检查，唯独从大脑中提取活检组织的目标仍难以实现。无法观测活的大脑细胞一直是精神病研究的障碍。精神病学家目前转换思路，从患者身上提取皮肤细胞，转成干细胞，然后将干细胞分裂成所需要的神经元，最后得到所需要的大脑细胞，首次观测到神经分裂症患者的脑细胞。类似这样的思维方法，为科学家提供了以前不曾想到的解决方案。

(3) 物理学领域。物理学家和工程师仿照经典计算机处理信息的原理，对量子比特(qubit)中所包含的信息进行操控，如控制一个电子或原子核自旋的上下取向。与现在的计算机相比，量子比特能同时处理两个状态，意味着它能同时进行两个计算过程，这将赋予量子计算机超凡的能力，远远超过今天的计算机。现在的研究集中在如何使量子比特始终保持相干，不受到周围环境的干扰，如周围原子的推搡。随着物理学与计算机科学的融合发展，量子计算机走入人们的生活将不再是梦想。

(4) 地质学领域。地质学家将地球模拟成一台计算机，用抽象边界和复杂性层次模拟地球与大气层，并且设置了越来越多的参数来进行测试。地质学家甚至可以将地球模拟成一个生理测试仪，跟踪并测试不同地区人们的生活质量、出生和死亡率、气候影响等。

(5) 数学领域。E8 李群(E8 lie Group)是 18 名世界顶级数学家凭借不懈的努力，借助超级计算机，计算了 4 年零 77 小时，处理了 2000 亿个数据，完成的世界上最复杂的数学结构之一。如果在纸上列出整个计算过程所产生的数据，其用纸面积可以覆盖整个曼哈顿。

(6) 经济学领域。自动设计机制在电子商务中被广泛采用(广告投放、在线拍卖等)，社交网络是 MySpace 和 YouTube 等发展壮大的原因之一，统计机器学习被用于 Netflix 和联名信用卡

等的推荐和声誉排名系统。

(7) 工程领域。计算高阶项可以提高精度，进而减轻质量，减少浪费并节省制造成本。例如，波音 777 飞机没有经过风洞测试，完全采用计算机模拟测试。在航空航天工程中，研究人员利用最新的成像技术，重新检测“阿波罗 11 号”带回的月球上类似玻璃的沙砾样本，模拟后的三维立体图像放大几百倍后仍清晰可见。

(8) 环境学领域。大气科学家用计算机模拟暴风雨的形成来预报飓风及其强度。最近，计算机仿真模型表明，空气中的污染物颗粒有利于减缓热带气旋，因此，与污染物颗粒相似但不影响环境的气溶胶被研发并将成为阻止和延缓热带气旋风暴的有力手段。

(9) 艺术领域。音乐、戏剧、摄影等借助计算思维，应用计算工具，可以让艺术家们得到从未有过的崭新体验。

可见，实验思维和理论思维无法解决问题时，我们可以使用计算思维来理解大规模序列。计算思维不仅可以提高解决问题的效率，还可以解决经济问题、社会问题。大量复杂问题的求解、宏大系统的建立、大型工程的组织，包括流体力学、物理、电气、电子系统和电路，甚至和人类居住地联系在一起的社会和社会形态研究，以及核爆炸、蛋白质生成、大型飞机和舰艇设计等，都可应用计算思维借助现代计算机进行模拟。

如果我们能不断追问，计算机科学家面临过什么问题？这些问题他们是怎样思考的？他们是怎么解决问题的？从提出问题到找到解决问题的方案，其中蕴含着怎样的思想和方法？如果我们能够理解计算机科学家是如何分析问题、解决问题的，并在工作和生活中借鉴这些思想，那么就能真正体会计算思维的意义了。

1.1.2 算法

通俗地讲，算法就是定义任务如何执行的一套步骤。在日常生活中，我们会经常用到算法。例如，刷牙的时候会执行一个算法：拿出牙刷，打开牙膏盖，将足够量的牙膏挤在牙刷上，然后盖上牙膏盖，将牙刷放到牙齿上上下下移动……又如我们每天乘坐地铁，乘地铁也是一个算法。

计算机与算法有着密不可分的关系。在计算机上运行的算法也会影响我们的生活。例如，当我们使用 GPS 或北斗导航时，会使用一种称为“最短路径”的算法来寻求路线；当我们在网上购物时，会运行一个采用了加密算法的安全网站；当我们在网上购买的商品发货时，计算机采用一定的算法将快递包裹分配给不同的卡车，然后确定每个司机的发车顺序。算法可以运行在各种设备上，包括台式(或笔记本)计算机、服务器、智能手机、嵌入式系统(例如车载电脑、微波炉、可穿戴设备)等，它无处不在。

1. 算法的基本定义

算法被公认为计算机科学的灵魂。简单地说，**算法就是解决问题的方法和步骤**。在实际情况下，方法不同，则解决问题的步骤也不一样。算法设计时，首先应考虑采用什么方法，方法确定了，再考虑具体的求解步骤。任何解题过程都是由一定的步骤组成的，通常把解题过程准确而完整的描述称为解该问题的算法。

进一步说，**程序就是用计算机语言表述的算法，流程图就是图形化了的算法**。既然算法是解决给定问题的方法，算法的处理对象必然是该问题涉及的相关数据。因而，算法与数据是程序设计过程中密切相关的两个方面。程序的目的是加工数据，而如何加工数据是算法的问题。

程序是数据结构与算法的统一。因此，著名计算机科学家、Pascal 语言发明者 N. 沃斯(Niklaus Wirth)教授提出了以下公式：

$$\text{程序} = \text{算法} + \text{数据结构}$$

这个公式说明：不能离开数据结构去抽象地分析程序的算法，也不能脱离算法去孤立地研究程序的数据结构，只能从算法与数据结构的统一上去认识程序。换句话说，程序就是在数据的某些特定的表示方式和结构的基础上，用计算机语言对抽象算法的具体表述。

当用一种计算机语言来描述一个算法时，其表述形式就是一个计算机语言程序。而当一个算法的描述形式详尽到足以用一种计算机语言来表述时，程序就自然而然出现了。因此，算法是程序的前导与基础。从算法的角度，可以将程序定义为：为解决给定问题的计算机语言有穷操作规则(即低级语言的指令、高级语言的语句)的有序集合。当采用低级语言(机器语言和汇编语言)时，程序的表述形式为“指令(instruction)的有序集合”；当采用高级语言时，程序的表述形式为“语句(statement)的有序集合”。

2. 算法的基本特征

算法的基本特征有以下几个。

(1) 有穷性。一个算法必须在有穷步后结束，即算法必须在有限时间内完成。这种有穷性使得算法不能保证一定有解，结果包括以下几种情况：有解；无解；有理论解；有理论解，但算法执行有穷步骤后没有得到；不知有无解，但在算法执行有穷步骤后没有得到解。

(2) 确定性。算法中的每一条指令必须有确切含义，无二义性，保证不会产生理解偏差。算法可以有多个执行路径，但是对某个确定的条件值只能选择其中的一条路径执行。

(3) 可能性。算法是可行的，描述的操作都可以通过基本的有限次运算实现。

(4) 输入。一个算法有 0 个或多个输入，输入取自某些特定对象的集合。有些算法在执行过程中输入，有些算法不需要外部输入，输入量被嵌入在算法中了。

(5) 输出。一个算法有 1 个或多个输出，输出与输入之间存在某些特定的关系。不同的输入可以产生不同或相同的输出，但是相同的输入必须产生相同的输出。

需要说明的是，有穷性的限制是不充分的。一个实用的算法，不仅要求有穷的操作步骤，而且应该尽可能是有限的步骤。

3. 算法的表示方法

算法可以用任何形式的语言和符号来表示，通常用自然语言、伪代码、流程图、N-S 图、PAD 图、UML 等进行描述，下面介绍几种常用的算法表示方法。

(1) 用自然语言表示算法。用自然语言描述算法的优点是简单，便于人们对算法的阅读。但是，用自然语言表示算法时文字冗长，容易出现歧义，而且描述分支和循环结构时不直观。

【例 1-1】用自然语言描述并输出计算 $z=x \div y$ 的流程。

自然语言描述如下：

- ① 输入变量 x 、 y ；
- ② 判断 y 是否为 0；

- ③ 如果 $y=0$ ，则输出出错提示信息；
- ④ 否则，计算 $z=x/y$ ；
- ⑤ 输出 z 。

(2) 用伪代码表示算法。用编程语言描述算法过于烦琐，常常需要添加注释才能使人明白。为了解决算法理解与执行两者之间的矛盾，人们常常用伪代码进行算法思想描述。伪代码是一种算法描述语言，它忽略了编程语言中严格的语法规则和细节描述，使算法容易被理解。用伪代码写算法并无固定的、严格的语法规则，即没有标准规范，只要把意思表达清楚，并且书写格式清晰、易于读写即可。因此，大部分教材对伪代码做以下约定。

① 伪代码语句可以用英文、汉字、中英文混合表示，用编程语言中的部分关键字来描述算法。例如进行条件判断时，用 `if-then-else-end if` 语句，这种方法既符合人们正常的思维方式，并且转化成程序设计语言时也比较方便。

② 伪代码的每一行或几行表示一个基本操作。每一条指令占一行(`if` 语句例外)，语句结尾不需要任何符号(C 语言以分号结尾)。语句的缩进表示程序中的分支结构。

③ 伪代码中，变量名和保留字不区分大小写，变量的使用也不需要先声明。

④ 伪代码用符号 \leftarrow 表示赋值语句，例如 $x \leftarrow \text{exp}$ 表示将 `exp` 的值赋给 `x`，其中 `x` 是变量，`exp` 是与 `x` 具有相同数据类型的变量或表达式。在 C、C++、Java 程序语言中，用 `=` 进行赋值，如 `x=0`、`a=b+c`、`n=n+1`、`ts=“请输入数据”` 等。

⑤ 伪代码的选择语句用 `if-then-else-end if` 表示。循环语句一般用 `while` 或 `for` 表示循环开始，用 `end while` 或 `end for` 表示循环结束，语法与 C 语言类似。

⑥ 函数值利用 `return(变量名)` 语句来返回，如 `return(z)`；调用方法用“`call 函数名(变量名)`”语句来调用，如 `call Max(x,y)`。

【例 1-2】 用键盘输入 2 个数，输出其中最大的数。

用伪代码描述如下。

<code>Begin</code>	#算法伪代码开始
<code>input A,B</code>	#输入变量 A、B
<code> if A>B then Max←A</code>	#如果 A 大于 B，则将 A 赋值给 Max
<code> else Max←B</code>	#否则，将 B 赋值给 Max
<code> end if</code>	#结束 if 语句
<code>output Max</code>	#输出最大数 Max
<code>End</code>	#算法伪代码结束

(3) 用流程图表示算法。流程图由一些特定意义的图形、流程线及简要的文字说明构成，能清晰地表示程序的运行过程。在流程图中，一般用圆边框表示算法开始或结束；用矩形框表示各种处理功能；用平行四边形框表示数据的输入或输出；用菱形框表示条件判断；用圆圈表示连接点；用箭头表示算法流程；用字母 Y(真)表示条件成立，N(假)表示条件不成立。用流程图描述的算法不能直接在计算机上执行，如果要将它转换成可执行的程序还需要进行编程。

【例 1-3】用流程图表示：输入 x 、 y ，计算 $z=x \div y$ ，输出 z 。

流程图如图 1-1 所示。

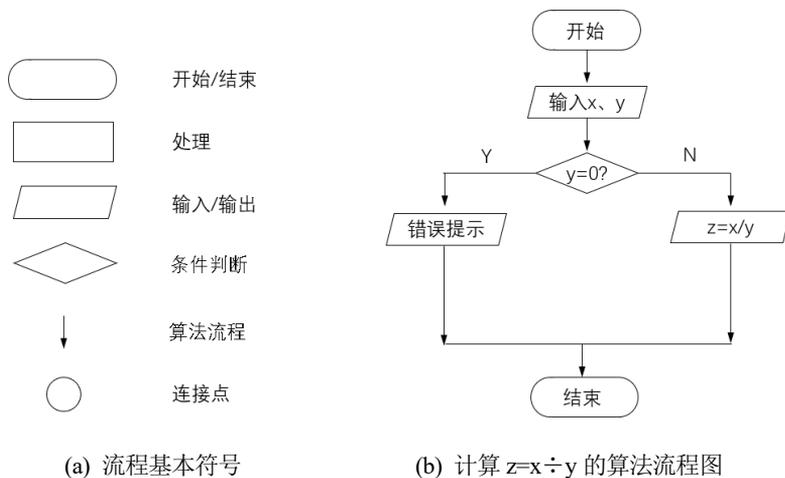


图 1-1 例 1-3 流程图

4. 算法的作用

一台机器(例如计算机)执行任务之前，必须先找到与之兼容的执行该任务的算法。一个算法的表示称作一个程序(program)。为了方便人类读写，计算机程序通常是打印在纸上或显示在计算机屏幕上；为了便于机器执行，程序需要以一种与机器兼容的形式编码。开发程序并将其编码成与机器兼容的形式然后输入机器中的过程叫作程序设计(programming)。程序及其体现的算法共同称为软件(software)，而机器本身称为硬件(hardware)。

通过算法捕获并传达智能(或者至少是智能行为)使人们能够让机器执行有意义的任务，因此，机器表现出来的智能受限于算法本身可以传达的智能。只有执行某任务的算法存在时，人们才可以制造出执行该任务的机器。换言之，如果执行某任务的算法还不存在，那么这个任务就已经超出该机器的能力范围了。

20 世纪 30 年代，美籍奥地利数学家、逻辑学家和哲学家库尔特·哥德尔(Kurt Gödel)发表了不完备性理论的论文，确定算法能力局限成为数学学科中的研究命题。这一理论从本质上阐述了在任何包含传统算术系统的数学理论中，总有通过算法方式不能确定其真伪的命题。简单来说，对于算术系统的任何完整性研究都超出了算法活动的的能力范围。这一发现动摇了数学领域的基础，而对算法能力的研究相继而来，对算法的研究就是当今计算机领域的开端，也是计算机科学的核心。

1.2 计算机的产生与发展

1946 年，世界上第一台电子计算机在美国宾夕法尼亚大学诞生。之后短短的几十年里，电子计算机经历了几代的演变，并迅速渗透到人类生活和生产的各个领域，在科学计算、工程设

计、数据处理以及人们的日常生活中发挥着巨大的作用。电子计算机被公认为 20 世纪最重大的工业革命成果之一。

计算机是一种能够存储程序，并按照程序自动、高速、精确地进行大量计算和信息处理的电子机器。科技的进步推动了计算机的产生和迅速发展，而计算机的迅速发展又反过来促进了科学技术和生产力水平的提高。电子计算机的发展和应用水平已经成为衡量一个国家的科学、技术水平和经济实力的重要标志。

1.2.1 计算机的产生

1946 年 2 月第二次世界大战期间，由于军事上的需要，美国宾夕法尼亚大学的物理学家莫克利(见图 1-2)和工程师埃克特(见图 1-3)等人为弹道导弹研究实验室研究出了著名的电子数值积分计算机(electronic numerical integrator and calculator, ENIAC)，如图 1-4 所示。一般认为，这是世界上第一台数字式电子计算机，它标志着电子计算机时代的到来。



图 1-2 莫克利



图 1-3 埃克特

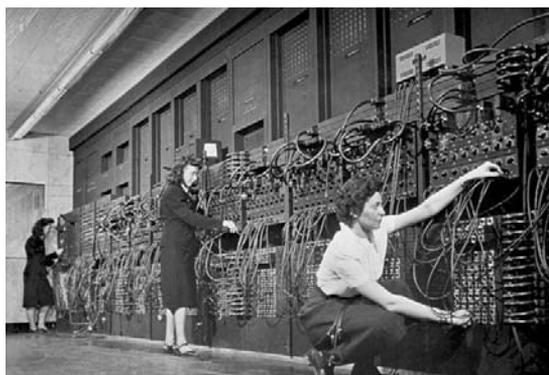


图 1-4 ENIAC

ENIAC 的运算速度可以达到每秒 5000 次，相当于手工计算的 20 万倍(据测算，人最快的运算速度是每秒 5 次加法运算)，相当于机电式计算机的 1000 倍。ENIAC 可以进行平方、立方运算，正弦和余弦等三角函数计算，以及一些更复杂的运算。美国军方对炮弹弹道的计算，之前需要 200 人手工计算两个月的工作量，ENIAC 只需要 3s 即可完成。后来，ENIAC 还被用于诸多科研领域，曾在人类第一颗原子弹的研制过程中发挥了重要的作用。

ENIAC 是一个重量达 30 t，占地面积 170m² 的庞然大物，使用了大约 1500 个继电器、18000 只电子管、7000 多只电阻和其他各种电子元件，每小时的耗电量大约 140kW。尽管 ENIAC 证明了电子真空技术可以极大地提高计算技术，但是它本身存在两大缺点：一是没有真正的存储器，程序是外插型的，电路的连通需要手工进行；二是用布线接板进行控制，耗时长，故障率高。

在 ENIAC 诞生之前的 1944 年，美籍匈牙利科学家冯·诺依曼已经成为 ENIAC 研制小组的顾问。针对 ENIAC 设计过程中的问题，1945 年，他以“关于 EDVAC(electronic discrete variable automatic computer, 离散变量自动电子计算机)的报告草案”为题起草了长达 101 页的总结报告。报告提出了制造电子计算机和程序设计的新思想，即“存储程序”和“采用二进制编码”；明确说明了新型的计算机由 5 个部分组成，即运算器、逻辑控制装置、存储器、输入设备和输出设备，并描述了这 5 个部分的逻辑设计。EDVAC 是一个全新的存储程序通用电子计算机方案，

是计算机设计史上的一座里程碑。

1949年，首次实现冯·诺依曼存储程序思想的EDSAC(electronic delay storage automatic calculator, 电子延迟存储自动计算机)由英国剑桥大学研制并正式运行。同年8月，EDSAC交付使用，于1951年开始正式运行，其运算速度是ENIAC的240倍。直到今天，无论是什么规模的计算机，其基本结构仍遵循冯·诺依曼提出的基本原理，因而被称为“冯·诺依曼计算机”。

1.2.2 计算机的发展

计算机的发展阶段通常以构成计算机的电子器件来划分，至今已经历了四代，目前正在向第五代过渡。每一个发展阶段在技术上都在前一阶段的基础上有新的突破，在性能上都有质的飞跃。下面介绍计算机的发展简史。

1. 第一代电子管计算机(1946—1957年)

第一代计算机的主要元件是电子管，称为电子管计算机，其主要特征如下。

- (1) 采用电子管元件，体积庞大，耗电量高，可靠性差，维护困难。
- (2) 计算速度慢，一般每秒可进行一千次到一万次运算。
- (3) 使用机器语言，几乎没有系统软件。
- (4) 采用磁鼓、小磁芯作为存储器，存储空间有限。
- (5) 输入/输出设备简单，采用穿孔纸带或卡片。
- (6) 主要用于科学计算。

2. 第二代晶体管计算机(1958—1964年)

晶体管的发明给计算机技术的发展带来了革命性的变化。第二代计算机的主要元件是晶体管，称为晶体管计算机，其主要特征如下。

- (1) 采用晶体管元件，体积大大缩小，可靠性增强，寿命延长。
- (2) 计算速度加快，每秒可进行几万次到几十万次运算。
- (3) 提出了操作系统的概念，出现了汇编语言，产生了FORTRAN和COBOL等高级程序设计语言和批处理系统。

(4) 普遍采用磁芯作为内存储器，采用磁盘、磁带作为外存储器，容量大大提高。

(5) 计算机的应用领域扩大，除科学计算外，还用于数据处理和实时过程控制。

3. 第三代集成电路计算机(1965—1969年)

20世纪60年代中期，随着半导体工艺的发展，已制造出了集成电路元件。集成电路可以在几平方毫米的单晶硅片上集成十几个甚至上百个电子元件。第三代计算机开始使用中小规模的集成电路元件，其主要特征如下。

- (1) 采用中小规模集成电路软件，体积进一步缩小，寿命更长。
- (2) 计算速度加快，每秒可进行几百万次运算。
- (3) 高级语言进一步发展，操作系统的出现使计算机功能更强，计算机开始广泛应用在各个领域。
- (4) 普遍采用半导体存储器，存储容量进一步提高，而体积更小、价格更低。
- (5) 计算机应用范围扩大到企业管理和辅助设计等领域。

4. 第四代大规模和超大规模集成电路计算机(1970 年至今)

随着 20 世纪 70 年代初集成电路制造技术的飞速发展,产生了大规模集成电路元件,使计算机进入了一个崭新的时代,即第四代大规模和超大规模集成电路计算机时代,其主要特征如下。

(1) 采用大规模集成(large scale integration, LSI)和超大规模集成(very large scale integration, VLSI)电路元件,体积与第三代相比进一步缩小,在硅半导体上集成了几十万甚至上百万个电子元器件,可靠性更好,寿命更长。

(2) 计算速度加快,每秒可进行几千万次到几十亿次运算。

(3) 软件配置丰富,软件系统工程化、理论化,程序设计部分自动化。

(4) 发展了并行处理技术和多机系统,微型计算机大量进入家庭,产品更新速度加快。

(5) 计算机在办公自动化、数据库管理、图像处理、语言识别和专家系统等各个领域大显身手,计算机的发展进入了以计算机网络为特征的时代。

1.3 计算机的分类与应用

随着计算机科学技术的不断发展,计算机的应用领域也越来越广泛,应用水平也越来越高。下面将介绍计算机的分类和主要应用领域。

1.3.1 计算机的分类

科学技术的发展使计算机的类型不断丰富,不同类型的计算机可以支持不同的应用。最初,计算机按照结构原理可分为模拟计算机、数字计算机和混合式计算机三类,按用途又可以分为专用计算机和通用计算机两类。专用计算机是针对某类应用而设计的计算机系统,具有经济、实用、有效等特点(例如铁路、飞机、银行使用的专用计算机)。通常所说的计算机是指通用计算机,例如学校教学、企业会计做账和家用的计算机等。

对于通用计算机而言,通常按照计算机的运行速度、字长、存储容量等综合性能进行分类,可分为以下几种。

(1) 超级计算机。超级计算机就是常说的巨型机,主要用于科学计算,运算速度在每秒亿万次以上,数据存储容量很大,结构复杂、价格昂贵。超级计算机是国家科研的重要基础工具,在军事、气象、地质等诸多领域的研究中发挥着重要的作用。目前,国际上最权威的高性能计算机评测机构是世界超级计算机协会,每年公布一次世界 500 强计算机排行榜。

(2) 微型计算机。大规模集成电路与超大规模集成电路的发展是微型计算机得以产生的前提。日常使用的台式计算机、笔记本型计算机、掌上型计算机等都是微型计算机。目前微型计算机已经广泛应用于科研、办公、学习、娱乐等社会生产、生活的方方面面,是发展最快、应用最为普遍的计算机。

(3) 工作站。工作站也是微型计算机的一种,是一种高档的微型计算机。工作站通常配置容量很大的内存储器和外部存储器,主要面向专业应用领域,具备强大的数据运算与图形、图像处理能力。工作站主要是为了满足工程设计、科学研究、软件开发、动画设计、信息服务等专业

领域的需要而设计开发的高性能微型计算机。需要注意：这里所说的工作站不同于计算机网络系统中的工作站，后者是网络中的任一用户节点，可以是网络中的任何一台普通微型机或终端。

(4) 服务器。服务器是指在网络环境下为网上多个用户提供共享信息资源和各种服务的高性能计算机。服务器上需要安装网络操作系统、网络协议和各种网络服务软件，主要用于为用户提供文件、数据库、应用及通信方面的服务。

(5) 嵌入式计算机。嵌入式计算机是嵌入到对象体系中，实现对象体系智能化控制的专用计算机系统。车载控制设备、智能家居控制器，以及日常生活中使用的各种家用电器都采用了嵌入式计算机。嵌入式计算机系统以应用为中心，以计算机技术为基础，并且软硬件可裁剪，适用于对系统的功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的场合。

1.3.2 计算机的应用

计算机的快速性、通用性、准确性和逻辑性等特点，使它不仅具有高速运算能力，而且具有逻辑分析和逻辑判断能力。现代计算机的应用大大提高了人们的工作效率，还部分替代人的脑力劳动，能进行一定程度的逻辑判断和运算。如今计算机已广泛应用于人们的生活中和工作中，主要体现在以下几个方面。

(1) 科学计算(或数值计算)：是指利用计算机来完成科学研究和工程技术中提出的数学问题的计算。在现代科学技术工作中，有大量的和复杂的科学计算问题，利用计算机的高速计算、大存储容量和连续运算的能力，可以解决人工无法解决的各种科学计算问题。

(2) 信息处理(或数据处理)：是对各种数据进行收集、存储、整理、分类、统计、加工、利用、传播等一系列活动的统称。据统计，80%以上的计算机主要用于数据处理。这类工作的量大、范围广，决定了计算机应用的主导方向。

(3) 自动控制(或过程控制)：是指利用计算机及时采集检测数据，按最优值迅速地对控制对象进行自动调节或自动控制。利用计算机进行自动控制，不仅可以大大提高控制的自动化水平，而且可以提高控制的及时性和准确性，从而改善劳动条件、提高产品质量及合格率。目前，计算机自动控制已在机械、冶金、石油、化工、纺织、水电、航天等领域得到广泛的应用。

(4) 计算机辅助技术：是指利用计算机帮助人们进行各种设计、处理等，包括计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助教学(CAI)、计算机辅助测试(CAT)、计算机辅助生产、计算机辅助绘图和计算机辅助排版等。

(5) 人工智能(或智能模拟)：人工智能(artificial intelligence, AI)是指计算机模拟人类的智能活动，诸如感知、判断、理解、学习、问题求解和图像识别等。人工智能的研究目标是使计算机更好地模拟人的思维活动，那时的计算机将可以完成更复杂的控制任务。

(6) 网络应用：随着社会信息化的发展，通信业也发展迅速，计算机在通信领域的作用越来越大。目前，全球最大的网络 Internet 已把全球的大多数计算机联系在一起。除此之外，计算机在信息高速公路、电子商务、娱乐和游戏等领域也得到了快速的发展。

1.4 计算机系统的基本组成

一个完整的计算机系统由硬件系统和软件系统两部分组成。现在的计算机已经发展成一个

庞大的家族，其中的每个成员尽管在规模、性能、结构和应用等方面存在很大的差别，但是它们的基本结构和工作原理是相同的。

计算机由许多部件组成，但总体来说，一个完整的计算机系统由两大部分组成，即硬件系统和软件系统，如图 1-5 所示。

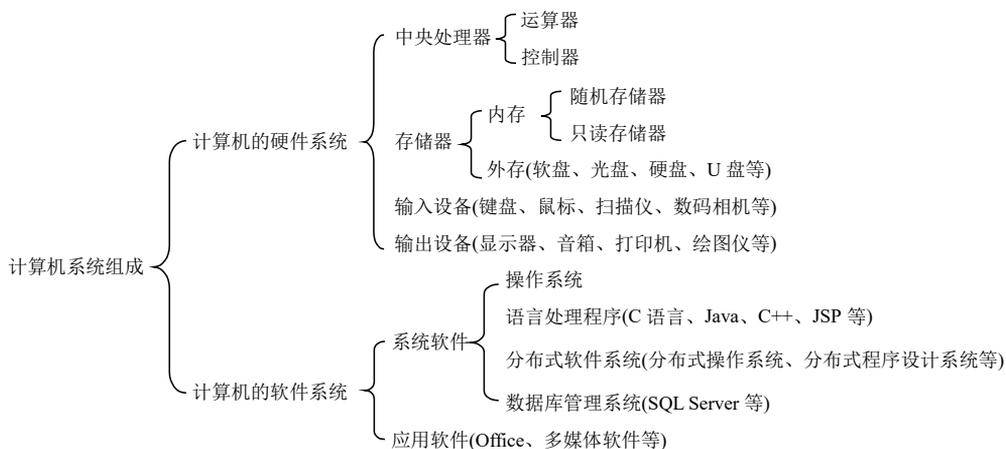


图 1-5 计算机系统的组成

1.4.1 计算机硬件系统

硬件是构成计算机的物理部件，是计算机的物质基础。无论计算机在结构和功能上发生什么变化，就其本质而言，当前计算机仍以冯·诺依曼计算机结构为主体而构建。

1. 冯·诺依曼计算机模型

根据冯·诺依曼的设想，计算机必须具有以下功能。

- 接受输入：输入是指送入计算机系统的任何东西，也指把信息送进计算机的过程。输入可能由人、环境或其他设备来完成。
- 存储数据：具有记忆程序、数据、中间结果及最终运算结果的能力。
- 处理数据：数据泛指那些代表某些事实和思想的符号，计算机要具备能够完成各种运算、数据传送等数据加工处理的能力。
- 自动控制：能够根据程序控制自动执行，并能根据指令控制机器各部件协调操作。
- 产生输出：输出是指计算机生成的结果，也指产生输出结果的过程。

按照冯·诺依曼计算机模型(见图 1-6)构造的计算机应该由 4 个子系统组成，其中各子系统所承担的任务如下。

- 存储器：存储器是实现程序内存思想的计算机部件。冯·诺依曼认为，对于计算机而言，程序和数据是一样的，所以都可以被事先存储。把运算程序事先放在存储器中，程序设计员只需要在存储器中寻找运算指令，机器就会自行计算，解决了计算器处理每个问题都重新编程的问题。程序内存标志着计算机自动运算成为可能。存储器子系统的主要任务就是存放计算机运行过程中所需要的数据和程序。

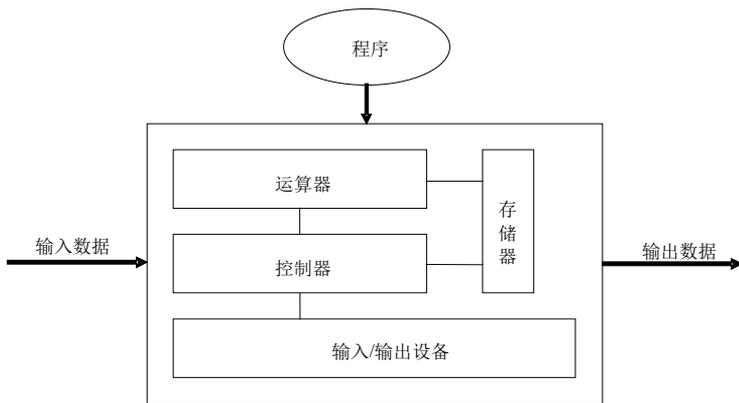


图 1-6 冯·诺依曼计算机模型

- 运算器：运算器是冯·诺依曼计算机的计算核心，主要完成各种算术运算和逻辑运算，所以也被称为算术逻辑部件(arithmetic logic unit, ALU)。除了计算之外，运算器还应当具有暂存运算结果和传送数据的能力，这一切活动都受控于控制器。
- 控制器：控制器是整个计算机的指挥、控制中心，它的主要功能是向机器的各个部件发出控制信号，使整个机器自动、协调地工作。控制器管理着数据的输入、存储、读取、运算、操作、输出以及控制器本身的活动。
- 输入/输出设备：输入设备将程序和原始数据转换成二进制串，并在控制器的指挥下按一定的地址顺序送入内存。输出设备则将运算的结果转换为人们能识别的信息形式，并在控制器的指挥下由机器内部输出。

2. 计算机的基本组成

按照冯·诺依曼的设想设计的计算机，其体系结构具体分为控制器、运算器、存储器、输入设备、输出设备等五大部分，如图 1-7 所示。

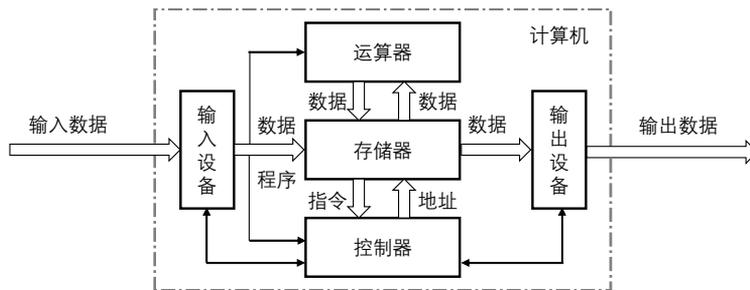


图 1-7 冯·诺依曼计算机体系结构

图 1-5 中，双线表示并行流动的数据信息，单线表示串行流动的控制信息，箭头则表示信息流动的方向。计算机工作时，这五大部分的基本工作流程如下：整个计算机在控制器的统一协调和指挥下完成信息的计算与处理，而控制器进行指挥所依赖的程序是人编制的，需要事先通过输入设备将程序和需要加工的数据一起存入存储器。当计算机开始工作时，根据地址从存储器中查找到指令，控制器按照对指令的解析进行相应的命令发布和执行工作。运算器是计算机的执行部门，根据控制命令从存储器中获取数据并进行计算，将计算所得的新数据存入存储器。计算结果最终经输出设备完成输出。

(1) 中央处理器。在图 1-5 所示的体系结构中,控制器和运算器是计算机系统的核心,称为中央处理器(central processing unit, CPU),控制计算机所发生的全部动作,安装在计算机主机内部,如图 1-8 所示。

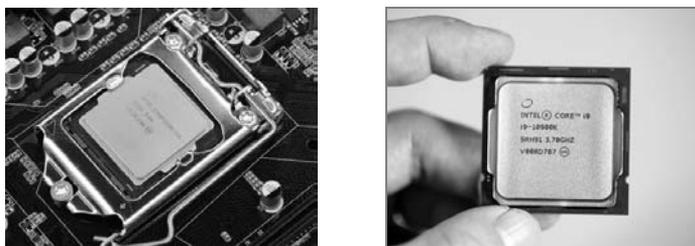


图 1-8 CPU

(2) 存储器。存储器无疑是计算机自动化的基本保证,因为它实现了程序存储的思想。存储器通常由主存储器和辅助存储器两个部分构成,由此组成计算机的存储体系。

主存储器又称为内存储器、主存或内存,它和运算器、控制器紧密联系,与计算机各个部件进行数据传送。主存储器的存取速度直接影响计算机的整体运行速度,所以在计算机的设计和制造上,主存储器和运算器、控制器是通过内部总线紧密连接的,它们都采用同类电子元件制成。通常,将运算器、控制器、主存储器等三大部分合称计算机的主机,如图 1-9 所示。

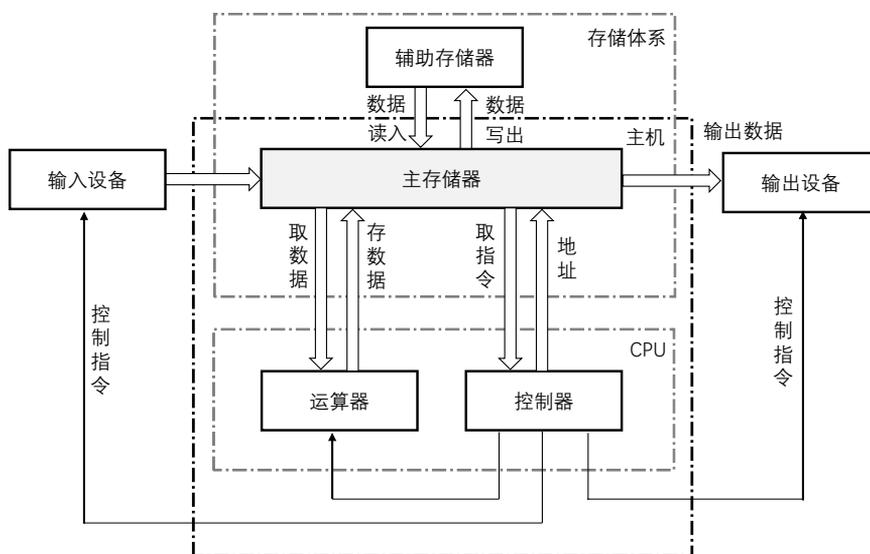


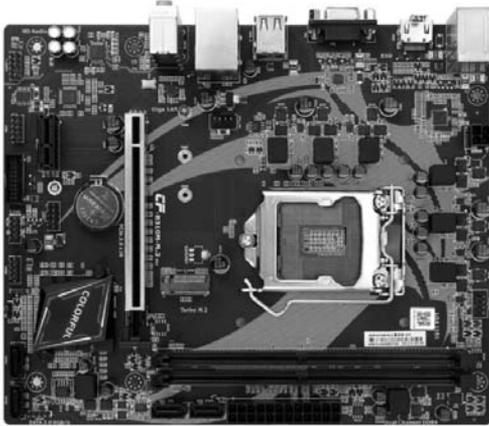
图 1-9 计算机的主机

主存储器按信息的存取方式分为两种:

① 只读存储器(read only memory, ROM),信息一旦写入就不能更改。ROM 的主要作用是完成计算机的启动、自检,各功能模块的初始化,系统引导等重要功能,只占主存储器很小的一部分。通用计算机中的 ROM 指的是主板上的 BIOS ROM,其中存储着计算机开机启动需要运行的程序。计算机的主板如图 1-10(a)所示。

② 随机存储器(random access memory, RAM),是主存储器的一部分。计算机工作时, RAM 能保存数据,但一旦电源被切断, RAM 中的数据将完全消失。通用计算机中的 RAM 有多种存

在方式，第一种是大容量、低价格的动态存储器 DRAM(dynamic RAM)，作为内存而存在；第二种是高速、小容量的静态存储器 SRAM(static RAM)，作为内存和处理器之间的缓存存在；第三种是互补金属氧化物半导体存储器 CMOS。计算机主板上安装的内存如图 1-10(b)所示。



(a) 计算机的主板



(b) 主板上安装的内存

图 1-10 计算机的主板和内存

从主机的角度来看，弥补内存功能不足的存储器被称为辅助存储器，又称为外部存储器或外存。这种存储器追求的目标是永久性存储及大容量存储，所以辅助存储器采用的是非易失性材料，例如硬盘(见图 1-11)、光盘、磁带等。



图 1-11 硬盘

目前，通用计算机上常见的辅助存储器——硬盘，大致分为机械硬盘(hard disk drive, HDD)、固态硬盘(solid state drive, SSD)和混合硬盘(hybrid hard drive, HHD)三种，其中机械硬盘是计算机中最基本的存储设备，是一种由盘片、磁头、盘片转轴及控制电机、磁头控制器、数据转换器、缓存等几个部分组成的硬盘，工作时，磁头可沿盘片的半径方向运动，加上盘片的高速旋转，磁头就可以定位在盘片的指定位置进行数据的读写操作，如图 1-12(a)所示；固态硬盘由控制单元和存储单元(FLASH 芯片、DRAM 芯片)组成，比机械硬盘的读写速度更快、功耗更低，但容量较小、寿命较短，并且价格更高，如图 1-12(b)所示；混合硬盘是一种既包含机械硬盘，又包含闪存模块的大容量存储设备，比机械硬盘和固态硬盘的数据存储与恢复速度更快，寿命更长，如图 1-12(c)所示。



(a) 机械硬盘的内部

(b) 固态硬盘

(c) 混合硬盘

图 1-12 硬盘

(3) 输入设备。输入设备是把数据和程序输入计算机中的设备。常用的输入设备包括键盘、鼠标、扫描仪、数码摄像头、数字化仪、触摸屏、麦克风等。其中，键盘是最常见和最重要的计算机输入设备之一，在文字输入领域，虽然鼠标和手写输入的应用越来越广泛，但键盘依旧有着不可动摇的地位，是用户向计算机输入数据和控制计算机的基本工具。键盘和鼠标如图 1-11 所示。

(4) 输出设备。输出设备是将计算机的处理结果或处理过程中的有关信息交付给用户的设备。常用的输出设备有显示器(见图 1-13)、打印机、绘图仪、音响等，其中显示器是计算机的基本设备。显示器通过主板上安装的显示适配卡(video adapter, 简称显卡, 见图 1-14)与计算机连接。计算机工作时，显卡与显示器配合输出图形和文字，其作用是将计算机系统所需要的显示信息进行转换驱动，并向显示器提供扫描信号，控制显示。



图 1-13 键盘、鼠标、显示器



图 1-14 显卡

3. 计算机的主要技术指标

面向个人用户的微型计算机简称微机，其主要技术指标包括字长、主频、运算速度、存储容量、存储周期等。

(1) 字长。计算机在同一时间内能够同时处理的一组二进制数称为一个计算机的字，而这组二进制数的位数就是字长。计算机的其他指标相同时，字长越大，计算机处理数据的速度也就越快。

(2) 主频。主频是指 CPU 的内部时钟工作频率，代表 CPU 的运算速度，单位一般是 MHz、GHz。主频是 CPU 的重要性能指标，但不代表 CPU 的整体性能。一般来说，主频越高，速度越快。

(3) 运算速度。运算速度是指计算机每秒钟能执行的指令条数，单位为百万指令数每秒(MIPS)。运算速度比主频更能直观地反映计算机的数据处理速度。运算速度越快，性能越高。

(4) 存储容量。存储容量是衡量计算机能存储多少二进制数据的指标，包括内存容量和外

存容量。内存容量越大，计算机能同时运行的程序越多，处理能力越强，运算速度越快；外存容量越大，表明计算机存储数据的能力越强。

(5) 存取周期。存取周期是指内存存储器完成一次完整的读操作或写操作所需的时间，即 CPU 从内存中存取一次数据的时间。它是判断计算机系统整体性能的主要指标之一。

此外，计算机还有其他一些重要的技术指标，包括可靠性、可维护性、可用性、性价比等，它们共同决定计算机系统的总体性能。

1.4.2 计算机软件系统

计算机仅有硬件系统是无法工作的，还需要软件的支持。计算机软件系统的能力，分别由系统软件和应用软件两类软件提供。

1. 系统软件

系统软件提供一台独立计算机必须具备的基本能力，它负责管理计算机系统中的各种独立硬件，使它们可以协调工作。系统软件使计算机使用者和其他软件将计算机当作一个整体而不需要顾及底层每个硬件如何工作。此外，系统软件还包括操作系统和一系列基本工具软件，如编译器、数据库管理、存储格式化、文件系统管理、用户身份验证、驱动管理、网络连接等。

2. 应用软件

应用软件提供基于操作系统的扩展能力，是为了某种特定用途而被开发的软件，它控制所有计算机运行的程序并管理整个计算机的资源，是计算机与应用程序及用户之间的桥梁。常见的应用软件有电子表格制作软件、文本处理软件、多媒体演示软件、网页浏览器、电子邮件收发软件等。

1.5 计算机中数据的表示和存储

在计算机中，信息是以数据的形式表示和使用的，计算机能表示和处理的信息包括数值型数据、字符型数据及音频和视频数据，这些信息在计算机内部都是以二进制的形式表示的。也就是说，二进制是计算机内部进行数据存储、数据处理的基本形式。计算机之所以能区别这些不同的信息，是因为它们采用不同的编码规则。

1.5.1 常用数制

在实际应用中，需要计算机处理的信息是多种多样的，如各种进位制的数据、不同语种的文字符号和各种图像信息等，这些信息要在计算机中存储并表达，都需要转换成二进制数。了解信息在计算机中表达和转换的过程，可以帮助人们掌握计算机的基本原理，认识计算机各种外部设备的基本原理和作用。

二进制数最大的缺点是数字的书写特别冗长。例如，十进制数的 100000 写成二进制数为 11000011010100000。为了解决这个问题，在计算机的理论和应用中还使用两种辅助的进位制，即八进制和十六进制。二进制和八进制、二进制和十六进制之间的转换都比较简单。本小节将

介绍数制的基本概念，以及十进制、二进制、八进制、十六进制的表示方法。

1. 数制的基本概念

在计算机中，必须采用某一方式来对数据进行存储或表示，这种方式就是数制。数制，即进位计数制，是人们利用数字符号按进位原则进行数据计算的方法。在数制中，数码、基数和位权这3个概念是必须掌握的。下面将简单地介绍这3个概念。

(1) 数码：数码是指一个数制中表示基本数值大小的不同数字符号。例如，十进制有10个数码，即0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。

(2) 基数：基数是指一个数值所使用数码的个数。例如，二进制的基数为2，十进制的基数为10。

(3) 位权：位权是指一个数值中某一位上的1所表示数值的大小。例如，十进制的123，1的位权是100，2的位权是10，3的位权是1。

2. 十进制数

十进制数的基数为10，使用10个数字符号表示，即每一位上只能使用0、1、2、3、4、5、6、7、8、9这10个符号中的一个，最小为0，最大为9。十进制数采用“逢十进一”的进位方法。

一个完整的十进制的值可以由每位所表示的值相加，每位的权为 10^i ($i=-m\sim n$, m 、 n 为自然数)。例如，十进制数9801.37可以用以下形式表示：

$$(9801.37)_{10}=9\times 10^3+8\times 10^2+0\times 10^1+1\times 10^0+3\times 10^{-1}+7\times 10^{-2}$$

3. 二进制数

二进制数的基数为2，使用两个数字符号表示，即每一位上只能使用0、1两个符号中的一个，最小为0，最大为1。二进制数采用“逢二进一”的进位方法。

一个完整的二进制数的值可以由每位所表示的值相加，每位的权为 2^i ($i=-m\sim n$, m 、 n 为自然数)。例如，二进制数120.12可以用以下形式表示：

$$(120.12)_2=1\times 2^2+2\times 2^1+0\times 2^0+1\times 2^{-1}+2\times 2^{-2}$$

4. 八进制数

八进制数的基数为8，使用8个数字符号表示，即每一位上只能使用0、1、2、3、4、5、6、7这8个符号中的一个，最小为0，最大为7。八进制数采用“逢八进一”的进位方法。

一个完整的八进制数的值可以由每位所表示的值相加，每位的权为 8^i ($i=-m\sim n$, m 、 n 为自然数)。例如，八进制数8701.61可以用以下形式表示：

$$(8701.61)_8=8\times 8^3+7\times 8^2+0\times 8^1+1\times 8^0+6\times 8^{-1}+1\times 8^{-2}$$

5. 十六进制数

十六进制数的基数为16，使用16个数字符号表示，即每一位上只能使用0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F这16个符号中的一个，最小为0，最大为F。其中A、B、C、D、E、F分别对应十进制的10、11、12、13、14、15。十六进制数采用“逢十六进一”的进位方法。

一个完整的十六进制数的值可以由每位所表示的值相加，每位的权为 $16^i (i=-m \sim n, m、n$ 为自然数)。例如，十六进制数 70D.2A 可以用以下形式表示：

$$(70D.2A)_{16} = 7 \times 16^2 + 0 \times 16^1 + 13 \times 16^0 + 2 \times 16^{-1} + 10 \times 16^{-2}$$

表 1-1 所示给出了 4 种进制数以及具有普遍意义的 r 进制的表示方法。

表 1-1 不同进制数的表示方法

数 制	基 数	位 权	进位规则
十进制	10(0~9)	10^i	逢十进一
二进制	2(0、1)	2^i	逢二进一
八进制	8(0~7)	8^i	逢八进一
十六进制	16(0~9、A~F)	16^i	逢十六进一
r 进制	r	r^i	逢 r 进一

直接用计算机内部的二进制数或者编码进行交流时，冗长的数字及不断重复的 0 和 1 既烦琐又容易出错，所以人们常用八进制数和十六进制数进行交流。十六进制数和二进制数的关系是 $2^4=16$ ，表示一位十六进制数可以表达四位二进制数，降低了计算机中二进制数书写的长度。二进制制和八进制制、二进制制和十六进制制之间的换算也非常直接、简便，避免了数字冗长带来的不便。所以，八进制制、十六进制制已成为人机交流中常用的计数法。表 1-2 列举了 4 种进制数的编码以及它们之间的对应关系。

表 1-2 不同进制数的表示方法

十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

1.5.2 数制转换

为了便于书写和阅读,用户在编程时常使用十进制、八进制、十六进制来表示一个数。但在计算机内部,程序与数据都采用二进制来存储和处理,因此不同进制的数之间常常需要互相转换。虽然不同进制的数之间的转换工作由计算机自动完成,但熟悉并掌握进制间的转换原理有利于我们了解计算机。常用数制间的转换关系如图 1-15 所示。

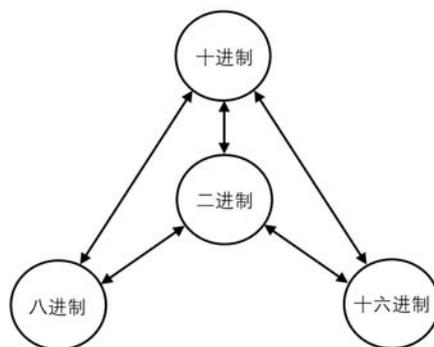


图 1-15 常用进制间的转换关系

1. 二进制数与十进制数转换

在二进制数与十进制数的转换过程中,要频繁地计算 2 的整数次幂。2 的整数次幂与十进制数值的对应关系如表 1-3 所示。

表 1-3 2 的整数次幂与十进制数值的对应关系

2^n	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
十进制数值	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1

二进制数与十进制小数的对应关系如表 1-4 所示。

表 1-4 二进制数与十进制小数的关系

2^n	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	2^{-5}	2^{-6}	2^{-7}	2^{-8}
十进制分数	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256
十进制小数	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.0078125	0.00390625

二进制数转换成十进制数时,可以采用按权相加的方法,这种方法是按照十进制数的运算规则,将二进制数个位的数码乘以对应的权再累加起来。

【例 1-4】 将 $(1101.101)_2$ 按位权展开转换成十进制数。

二进制数按位权展开转换成十进制数的运算过程如表 1-5 所示。

表 1-5 二进制数按权位展开过程

二进制数	1	1	0	1	1	0	1	1101.101						
位权	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	—						
十进制数值	8	+	4	+	0	+	1	+	0.5	+	0	+	0.125	13.625

【例 1-5】 将 $(1101.1)_2$,转换为十进制数。

$$\begin{aligned}
 (1101.1)_2 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} \\
 &= 8 + 4 + 0 + 1 + 0.5 \\
 &= 13.5
 \end{aligned}$$

2. 十进制数与二进制数转换

十进制数转换为二进制数时，整数部分与小数部分必须分开转换。整数部分采用除 2 取余法，就是将十进制数的整数部分反复除 2，如果相除后余数为 1，则对应的二进制数位为 1；如果余数为 0，则相应位为 0；逐次相除，直到商小于 2 为止。转换为整数时，第一次除法得到的余数为二进制数低位(第 K_0 位)，最后一次除法得到的余数为二进制数高位(第 K_n 位)。

小数部分采用乘 2 取整法，就是将十进制小数部分反复乘 2；每次乘 2 后，所得积的整数部分为 1，相应二进制数为 1，然后减去整数 1，余数部分继续相乘；如果积的整数部分为 0，则相应二进制数为 0，余数部分继续相乘；直到乘 2 后小数部分等于 0 为止，如果乘积的小数部分一直不为 0，则根据数值的精度要求截取一定位数即可。

【例 1-6】 将十进制 18.8125 转换为二进制数。

整数部分除 2 取余，余数作为二进制数，从低到高排列。小数部分乘 2 取整，积的整数部分作为二进制数，从高到低排列。竖式运算过程如图 1-16 所示。

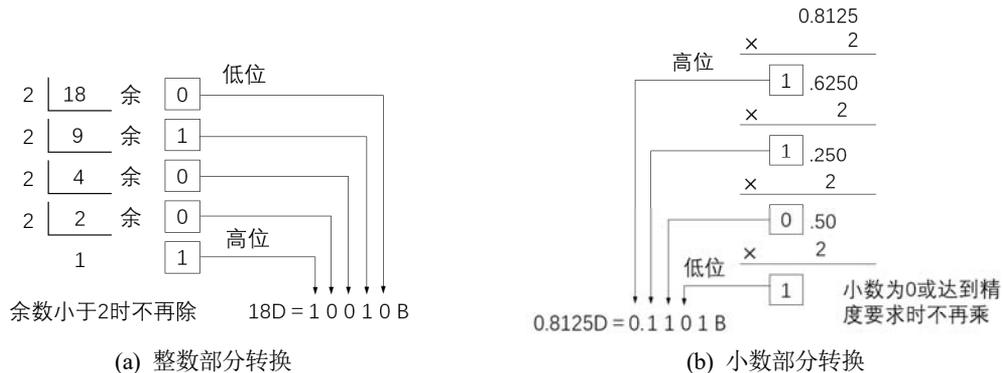


图 1-16 十进制数转换为二进制数的运算过程

转换结果为 $(18.8125)_{10} = (10010.1101)_2$ 。

3. 二进制数与十六进制数转换

对于二进制整数，自右向左每 4 位分一组，当整数部分不足 4 位时，在整数前面加 0 补足 4 位，每 4 位对应一位十六进制数；对于二进制小数，自左向右每 4 位分为一组，当小数部分不足 4 位时，在小数后面(最右边)加 0 补足 4 位，然后每 4 位二进制数对应 1 位十六进制数，即可得到十六进制数。

【例 1-7】 将二进制数 111101.010111 转换为十六进制数。

$(111101.010111)_2 = (00111101.01011100)_2 = (3D.5C)_{16}$ ，转换过程如表 1-6 所示。

表 1-6 二进制数转换为十六进制数

二进制数	0011	1101	0101	1100
十六进制数	3	D	5	C

4. 十六进制数与二进制数转换

将十六进制数转换成二进制数非常简单，只要以小数点为界，向左或向右每一位十六进制数用相应的 4 位二进制数表示，然后将其连在一起即可完成转换。

【例 1-8】 将十六进制数 4B.61 转换为二进制数。

$(4B.61)_{16}=(01001011.01100001)_2$ ，转换过程如表 1-7 所示。

表 1-7 十六进制数转换为二进制数

十六进制数	4	B	6	1
二进制数	0100	1011	0110	0001

1.5.3 二进制数的表示

人们在日常生活中经常接触到的数据类型包括数值、字符、图形、图像、视频、音频等，总体上可归纳为数值型数据和非数值型数据两大类。由于计算机采用二进制编码方式工作，在使用计算机来存储、传输和处理上述各类数据之前，必须解决用二进制序列表示各类数据的问题。

在计算机中，所有的数值型数据都用一串由 0 和 1 组成的二进制编码来表示。这串二进制编码称为该数据的机器数，数据原来的表示形式称为真值。根据是否带有小数点，数值型数据分为整数和实数。对于整数，按照是否带有符号，分为带符号整数和不带符号整数；对于实数，根据小数点的位置是否固定，分为定点数和浮点数。数值型数据的分类如图 1-17 所示。

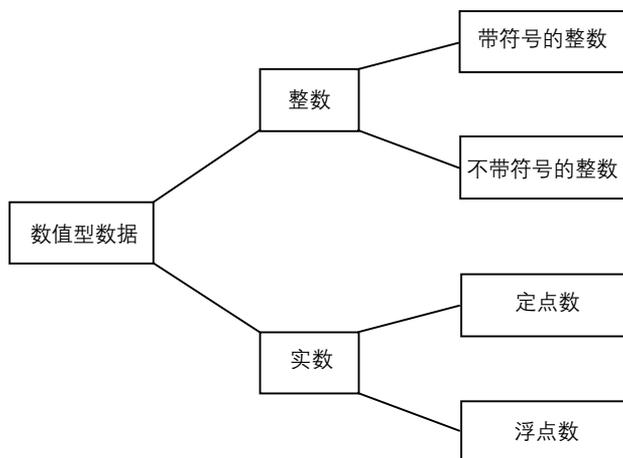


图 1-17 数值型数据的分类

1. 整数的计算机表示

如果二进制数的全部有效位都用于表示数的绝对值，即没有符号位，这种方法表示的数叫作无符号数。大多数情况下，一个数既包括表示数的绝对值部分，又包括表示数的符号部分，这种方法表示的数叫作带符号数。在计算机中，总是用数的最高位(左边第一位)来表示数的符号，并约定用“0”代表正数，用“1”代表负数。

为了区分符号和数值，同时便于计算，人们对带符号整数进行合理编码。常用的编码形式有以下 3 种。

(1) 原码。原码表示法简单、易懂，分别用 0 和 1 代替数的正号和负号，并置于最高有效位上，绝对值部分置于右端，中间若有空位填上 0。例如，如果机器字长为 8 位，十进制 15 和 -7 的原码表示如下：

$$[15]_{\text{原}} = 00001111$$

$$[-7]_{\text{原}} = 10000111$$

这里应注意以下几点：

- ① 用原码表示数时， n 位(含符号位)二进制数所能表示的数值范围是 $-(2^{n-1}-1) \sim (2^{n-1}-1)$ 。
- ② 用原码表示数直接明了，而且与其所表示的数值之间转换方便，但不便进行减法运算。
- ③ 0 的原码表示不唯一，正 0 为 00000000，负 0 为 10000000。

(2) 反码。正数的反码表示与其原码表示相同，负数的反码表示是把原码除符号位以外的各位取反，即 1 变为 0，0 变为 1。

$$[15]_{\text{反}} = 00001111$$

$$[-7]_{\text{反}} = 11111000$$

这里应注意以下几点：

① 用反码表示数时， n 位(含符号位)二进制数所能表示的数值范围与原码一样，是 $-(2^{n-1}-1) \sim (2^{n-1}-1)$ 。

② 用反码表示的数不便进行减法运算。

③ 0 的反码表示不唯一，正 0 为 00000000，负 0 为 11111111。

(3) 补码。正数的补码表示与其原码表示相同，负数的补码表示是把原码除符号位以外的各位取反后末位加 1。

$$[15]_{\text{补}} = 00001111$$

$$[-7]_{\text{补}} = 11111001$$

这里应注意以下几点：

① 用补码表示数时， n 位(含符号位)二进制数所能表示的数值范围是 $-(2^{n-1}-1) \sim (2^{n-1}-1)$ 。

② 用补码表示数据不像原码那样直接明了，很难直接看出它的真值。

③ 0 的补码表示唯一，为 00000000(对于某数，如果对其补码再求补码，可以得到该数的原码)。

由以上三种编码规则可见，采用原码表示法简单、易懂，但它的最大缺点是加减法运算复杂。这是因为，当两数相加时，如果是同号则数值相加，如果是异号则数值应相减，而在进行减法时还要比较绝对值的大小，然后用大数减去小数，最后还要给结果选择符号。为了解决这些矛盾，人们才找到了补码表示法。反码的主要作用是求补码，而补码可以把减法转化成加法运算，使计算机中的二进制运算变得非常简单。

2. 实数的计算机表示

在自然描述中，人们把小数问题用小数点“.”表示，例如 1.5，但对于计算机而言，只能有“1”和“0”，不能有别的形式，而且计算机的“位”非常珍贵，所以小数点位置的表示采取“隐含”方案。这个隐含的小数点位置可以是固定的，也可以是可变的，前者称为定点数，后者称为浮点数。

(1) 定点数表示法，包括定点小数表示法和定点整数表示法。

① 定点小数表示法：将小数点的位置固定在最高数据位的左边，如图 1-18 所示。定点小数能表示小于 1 的纯小数。因此，使用定点小数时要求参加运算的所有操作数、运算过程中产生的中间结果和最后运算结果，其绝对值均应小于 1，如果出现大于或等于 1 的情况，定点小数就无法正确地表示出来，这种情况称为溢出。

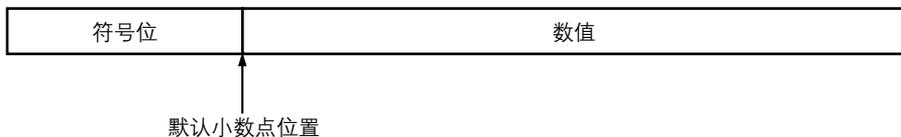


图 1-18 定点小数表示法

② 定点整数表示法：将小数点的位置固定在最低有效位的右边，如图 1-19 所示。对于二进制定点整数，所能表示的所有数都是整数。

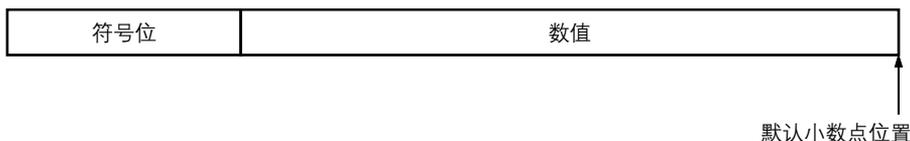


图 1-19 定点整数表示法

定点数表示法具有直观、简单、节省硬件等特点，但表示数的范围较小，缺乏灵活性，所以现在很少使用。

(2) 浮点数表示法。实数是既有整数又有小数的数，实数有很多种表示方法，例如 3.1415926 可以表示为 0.31415926×10 、 0.031415926×10^2 、 $31.1415926 \times 10^{-1}$ 等。在计算机中，如何表示 10^n ？解决方案是：一个实数总可以表示成一个纯小数和一个幂之积（纯小数可以看作实数的特例），例如 $123.45 = 0.12345 \times 10^3 = 0.012345 \times 10^4 = 12345 \times 10^{-2} = \dots$

在十进制中，一个数的小数点的位置可以通过乘以 10 的幂次来调整。二进制也可以采用类似的方法，例如 $0.01001 = 0.1001 \times 2^{-1} = 0.001001 \times 2^1$ 。即在二进制中，一个数的小数点位置可以通过乘以 2 的幂次来调整，这就是浮点数表示的基本原理。

假设有任意一个二进制数 N 可以写成 $M \cdot 2^E$ ，其中， M 称为数 N 的尾数， E 称为数 N 的阶码。由于浮点数是用阶表示小数点的实际位置，所以同一个数可以有多种浮点表示形式。为了使浮点数有一种标准表示形式，也为了使数的有效数字尽可能多地占据尾数部分，以便提高表示数的精确度，规定非零浮点数的尾数最高位必须是 1，这种形式称为浮点数的规格化形式。

计算机中，尾数 M 通常都用定点小数的形式表示，阶码 E 通常都用整数表示，其中都有一位用来表示其正负。浮点数的一般格式如图 1-20 所示。

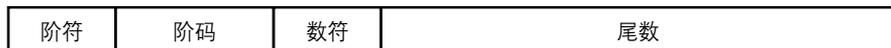


图 1-20 浮点数的一般格式

阶码和尾数可以采用原码、补码或其他编码方式表示。计算机中表示浮点数的字长通常为 32 位，其中 7 位作为阶码，1 位作为阶符，23 位作为尾数，1 位作为数符。

在计算机中按规格化形式存放浮点数时，阶码的存储位数决定了可表达数值的范围，尾数

的存储位数决定了可表达数值的精度。对于相同的位数，用浮点法表示的数值范围比定点法大得多。所以目前的计算机都采用浮点数表示法，也因此又被称为浮点机。

3. 文本的表示

文本由一系列字符组成。要表示文本，必须先对每个可能出现的字符进行表示，并存储在计算机中。同时，计算机中能够存储和处理的只能是用二进制表示的信息，因此每个字符都需要进行二进制编码，称为内码。计算机最早用于处理英文，使用 ASCII 码(American Standard Code for Information Interchange, 美国信息交换标准代码)来表示字符，后来计算机也用于处理中文和其他文字。由于字符多且内码表示方式不尽相同，为了统一，出现了 Unicode 码，它包括世界上出现的各种文字符号。

(1) ASCII 码。目前，国际上使用的字母、数字和符号的信息、编码系统种类很多，但使用最广泛的是 ASCII 码。ASCII 码最初是美国国家信息交换标准字符码，后来被采纳为一种国际通用的信息交换标准代码。

ASCII 码总共有 128 个元素，其中包括 32 个通用控制字符、10 个十进制数码、52 个英文大小写字母和 34 个专用符号。因为 ASCII 码总共有 128 个元素，故用二进制编码表示时需要使用 7 位二进制数。任意一个元素由 7 位二进制数 $D_6D_5D_4D_3D_2D_1D_0$ 表示，从 0000000 到 1111111 共有 128 种编码，可用来表示 128 个不同的字符。ASCII 码是 7 位的编码，但由于字节(8 位)是计算机中的常用单位，故仍以 1 字节来存放一个 ASCII 字符，每个字节中多余的最高位 D_6 取 0。表 1-8 所示为 7 位 ASCII 编码表(省略了恒为 0 的最高位 D_7)。

表 1-8 7 位 ASCII 编码表

$D_3D_2D_1D_0$	$D_6D_5D_4$							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	,	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

要确定某个字符的 ASCII 码,可在表中先查到它的位置,然后确定它所在位置相应的列和行,最后根据列确定高位码($D_6D_5D_4$),根据行确定低位码($D_3D_2D_1D_0$),把高位码与低位码合在一起就是该字符的 ASCII 码(高位码在前,低位码在后)。例如,字母 A 的 ASCII 码是 1000001,符号 + 的 ASCII 码是 0101011。

ASCII 码的特点如下。

- 编码值 0~31(0000000~0011111)不对应任何可印刷字符,通常为控制符,用于计算机通信中的通信控制或对设备的功能控制;编码值 32(0100000)是空格字符,编码值 127(1111111)是删除控制 Del 码;其余 94 个字符为可印刷字符。
- 字符 0~9 这 10 个数字字符的高 3 位编码($D_6D_5D_4$)为 011,低 4 位编码为 0000~1011。当去掉高 3 位的值时,低 4 位正好是二进制形式的 0~9。这既满足正常的排序关系,又有利于完成 ASCII 码与二进制码之间的转换。
- 英文字母的编码是正常的字母排序关系,且大、小写英文字母编码的对应关系相当简单,差别仅表现在 D_5 位的值为 0 或 1,有利于大、小写字母之间的编码转换。

(2) Unicode 码。常用的 7 位二进制编码形式的 ASCII 码只能表示 128 个不同的字符,扩展后的 ASCII 字符集也只能表示 256 个字符,无法表示除英文以外的其他文字符号。为此,硬件和软件制造商联合设计了一种名为 Unicode 的代码,它有 32 位,能表示最多 $2^{32}=4\ 294\ 967\ 296$ 个符号,代码的不同部分被分配用于表示世界上不同语言的符号,还有些部分用于表示图形和特殊符号。

Unicode 字符集广受欢迎,被许多程序设计语言和计算机系统所采用。为了与 ASCII 字符集保持一致,Unicode 字符集为 ASCII 字符集的超集,即 Unicode 字符集的前 256 个字符集与扩展的 ASCII 字符集完全相同。

(3) 汉字编码。为了在计算机内部表示汉字,用计算机处理汉字,同样要对汉字进行编码。计算机对汉字的处理要比英文字符复杂得多,它涉及多个汉字的编码和编码间的转换。这些编码包括汉字信息交换码、汉字机内码、汉字输入码、汉字字形码和汉字地址码等。

① 汉字信息交换码:用于汉字信息处理系统与通信系统之间进行信息交换的汉字代码称为汉字信息交换码,简称交换码,也称作国家码。它直接把第 1 个字节和第 2 个字节编码拼接起来,通常用十六进制表示,在一个汉字的区码和位码上分别加十六进制数 20H,即构成该汉字的国际码。例如,汉字“啊”的区位码为十六进制数 1601D(即十六进制数 1001H),位于 16 区 01 位;对应的国标码为十六进制数 3021H(其中, D 表示十进制数, H 表示十六进制数)。

② 汉字机内码:为了在计算机内部对汉字进行存储、处理而设置的汉字编码称为汉字机内码,简称内码。当一个汉字输入计算机后,就转换为机内码,然后才能在机器内传输、存储、处理。汉字机内码的形式也有多种。目前,对应于国际码,1 个汉字的机内码也用 2 个字节存储,并把每个字节的最高二进制位置为 1,作为汉字机内码的标识,以免与单字节的 ASCII 码产生歧义。也就是说,国标码的 2 个字节中,每个字节的最高位置为 1,即可将其转换为机内码。

③ 汉字输入码:为将汉字输入计算机而编制的代码称为汉字输入码,也叫外码。目前,汉字主要经标准键盘输入计算机,所以汉字输入码都是由键盘上的字符或数字组合而成。流行的汉字输入码编码方案有多种,但总体来说分为音码、形码和音形码三大类。音码是根据汉字的发音进行编码,如全拼输入法;形码是根据汉字的字形结构进行编码,如五笔字型输入法;音

形码结合了两者的，如自然码输入法。

④ 汉字字形码：又称汉字字模，用于在显示器上或通过打印机输出汉字。汉字字形码通常有点阵和矢量两种表示方式。用点阵表示字形时，汉字字形码指的就是这个汉字字形点阵的代码。根据输出汉字的要求不同，点阵的多少也不同。简易型汉字为 16×16 点阵，提高型汉字为 24×24 点阵、 32×32 点阵、 48×48 点阵等。点阵规模越大，字形越清晰、美观，所占存储空间越大。

⑤ 汉字地址码：每个汉字字形码在汉字字库中的相对位移地址称为汉字地址码，即汉字字形信息在汉字字模库中存放的首地址。每个汉字在字库中都占有固定大小的连续区域，其首地址即该汉字的地址码。输入汉字时，必须通过地址码，才能在汉字字库中取到所需的字形码，最终在输出设备形成可见的汉字字形。

4. 图像 的表示

图像是由输入设备捕捉的实际场景，或以数字化形式存储的任意画面，如照片。随着信息技术的发展，越来越多的图像信息需要用计算机来存储和处理。

照片是由模拟数据组成的模拟图像，其表面的色彩是连续的，且由多种颜色混合而成。数字化图像是将图像按行和列的方式均匀地划分为若干个小格，每个小格称为一个像素，一幅图像的尺寸用像素点来衡量，如图 1-21 所示。

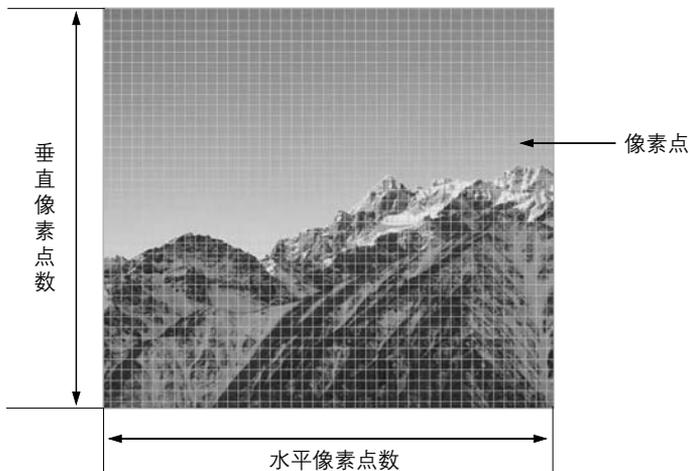


图 1-21 图像 的数字化表示

图像中的像素点的个数称为分辨率，用“水平像素点数 \times 垂直像素点数”来表示。图像的分辨率越高，构成像素的像素点越多，能表示的细节越多，图像越清晰；反之，分辨率越低，图像越模糊。

存储图像，本质上就是存储图像中每个像素点的信息。根据色彩信息，将图像分为彩色图像、灰度图像和黑白图像。

(1) 彩色图像。彩色图像的每个像素由红、绿、蓝三色(也称 RGB)组成，须用 3 个矩阵来表示每个彩色分量的亮度值，如图 1-22 所示。真彩色的颜色深度为 24 位颜色，即 RGB 中的每个分量都用 8 位表示。

(2) 灰度图像。灰度图像的每个像素点只有一个灰度分量，通常用 8 位表示。灰度共有 256

个级别(0~255), 其中, 255 是最高灰度级, 呈现最亮的像素; 0 是最低灰度级, 呈现最暗的像素。

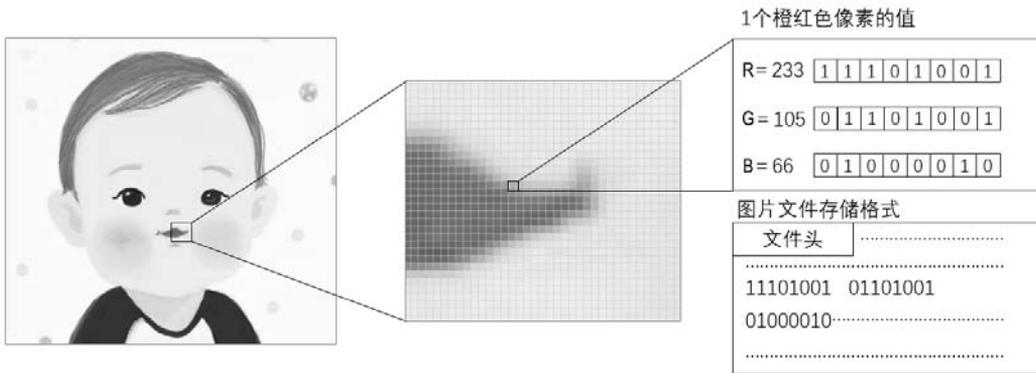


图 1-22 24 位色彩深度图像的编码方式(没有压缩时的编码)

(3) 黑白图像。黑白图像的每个像素只有一个黑色分量, 且只用一个二进制位 0 或 1 来表示。0 表示黑, 1 表示白。有时为了处理方便, 仍然采用每个像素 8 位的方式来存储黑白图像。

5. 音频的表示

在计算机中, 声音、图形、视频等信息需要转换成二进制数, 才能被计算机存储和处理。将模拟信号转换成二进制数的过程称为数字化处理。

音频信号的数字化过程如图 1-23 所示。

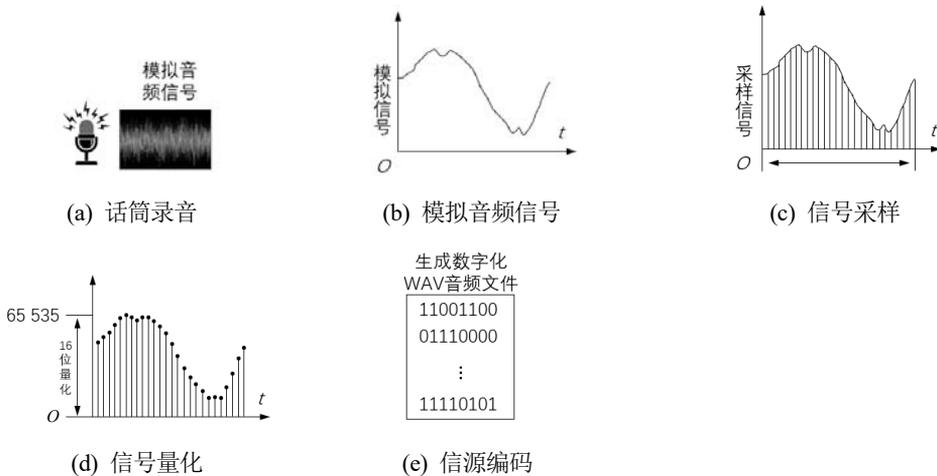


图 1-23 音频信号的数字化过程

声音是连续变化的模拟量。例如, 对着话筒讲话时, 话筒根据它周围空气压力的不同变化, 输出连续变化的电压值。这种变化的电压值是对声音的模拟, 称为模拟音频。要使计算机能存储和处理声音信号, 就必须将模拟音频数字化。

(1) 采样。任何连续信号都可以表示成离散值的符号序列, 存储在数字系统中。因此, 模拟信号转换成数字信号必须经过采样过程。采样过程是在固定的时间间隔内, 对模拟信号截取一个振幅值, 并用定长的二进制数表示, 将连续的模拟音频信号转换成离散的数字音频。截取

模拟信号振幅值的过程称为采样, 所得到的振幅值为采样值。单位时间内采样次数越多, 即采样频率越高, 数字信号就越接近原声。

奈奎斯特(Nyquist)采样定理指出: 模拟信号离散化采样频率达到信号最高频率的 2 倍时, 可以无失真地恢复原信号。人耳听力的频率范围为 20Hz~20kHz, 声音采样频率达到 40kHz(每秒采集 4 万个数据)就可以满足要求, 声卡采样频率一般为 44.1kHz 或更高。

(2) 量化。量化是将信号样本值截取为最接近原信号的整数值过程, 例如, 采样值是 16.2 就量化为 16, 采样值是 16.7 就量化为 17。音频信号的量化精度(也称为采样位数)一般用二进制数位衡量, 如声卡量化位数为 16 位时, 有 $2^{16}=65\,535$ 种量化等级。目前的声卡大多为 24 位或 32 位量化精度(采样位数)。

音频信号采样量化时, 一些系统的信号样本全部在正值区间, 这时编码采用无符号数存储; 另外一些系统的样本有正值、0、负值(如正弦曲线), 编码时用样本值最左边的位表示采样区间的正负符号, 其余位表示样本绝对值。

(3) 编码。如果每秒钟采样速率为 S , 量化精度为 B , 则它们的乘积为位率。例如, 采样速率为 40kHz, 量化精度为 16 位时, 位率= $40\,000\text{Hz}\times 16\text{b}=640\text{kb/s}$ 。位率是信号采集的重要性能指标, 如果位率过低, 就会出现数据丢失的情况。

数据采集后得到了一大批原始音频数据, 对这些数据进行压缩编码(如 wav、mp3 等)后, 再加上音频文件格式的头部, 就得到了一个数字音频文件, 这项工作由声卡和音频处理软件(如 Adobe Audition)共同完成。

6. 视频的表达

视频是图像在时间上的表示, 称为帧。一部电影就是由一系列的帧一帧接一帧地播放而形成的运动图像, 即视频是随空间(单个图像)和时间(一系列图像)变化的信息表现。所以, 在计算机中将每一幅图像或帧转换为一系列的位模式并存储, 这些图像组合起来就可表示为视频。视频通常被压缩存储。MPEG 是一种常用的视频压缩技术。

1.5.4 数据的存储

在现代计算机中, 信息被编码成 0 和 1 的模式, 这些数字称为位(bit), 是表示信息的唯一符号, 其具体含义取决于当前的应用。位模式有时表示数值, 有时表示字符表里的字符和标点, 有时表示图像, 有时则表示声音。

1. 主存储器

为了存储数据, 计算机中有大量的电路(如触发器), 每个电路都可以存储一位数据。这种位存储器被称作计算机的主存储器。

(1) 存储器的结构。计算机的主存储器是通过一种名为存储单元(cell)的可管理单位组织起来的, 一个典型的存储单元可以存储 8 位(8 位称作 1 个字节, 因此一个典型的存储单元有 1 个字节的容量)。家庭设备, 如电冰箱、空调中嵌入的小型计算机的主存可能只有几百个存储单元, 但是大型计算机的主存储器可能有数十亿个存储单元。

虽然计算机中没有左右的概念, 但人们通常会将存储单元中的位想象成是排成一行的。一行的左端称为高位端(high-order end), 右端称为低位端(low-order end)。最左边的一位称为高位

或者最高有效位(most significant bit)。采用这种叫法是因为如果把存储单元的内容解释为数值，那么这一位会是这个数值最高位的有效数字。相应地，最右边的一位称为低位或者最低有效位(least significant bit)。因此，可以用图 1-24 所示的形式来表示字节型存储单元。

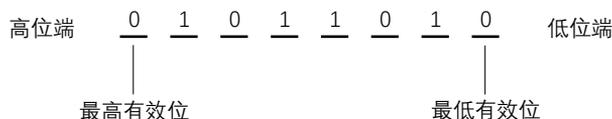


图 1-24 字节型存储单元的结构

为了有效地识别计算机主存中的每个存储单元，每个单元都有一个独一无二的“名字”，也就是地址(address)，类似于在一个城市里通过地址来确定房子的位置，不过存储单元的地址全部由数字组成。更准确地说，如果把所有的存储单元都看成排成一行的，并按照这个顺序从 0 开始编号，这样的地址系统不仅可以让人们单独识别每个存储单元，还赋予存储单元顺序的概念，如图 1-25 所示。

为存储单元及存储单元中的每一位编码的一个重要的结果是：一台计算机主存储器中的所有位本质上都可以看成一个有序的长行，因此这个长行的片段就可以存储比单个单元更长的位模式。具体来说，只需要用两个连续的存储单元，就可以存储长度为 16 的位模式。

要实现计算机的主存储器的功能，实际存储位的电路要和其他电路组合在一起，这些电路允许其他电路从存储单元中存取数据。这样，其他电路就可以询问某一地址的内容来获得数据(称为读操作)，或者要求某个位模式被存储到特定地址来记录数据(称为写操作)。

因为计算机主存储器是由单个有地址的存储单元组成，所以这些存储单元可以根据请求被相互独立地访问。为了体现这种存储单元可以采用任何顺序被访问的能力，计算机的主存储器通常叫作随机存取存储器。

(2) 存储器的容量。计算机存储器的容量以字节数来度量，经常使用的度量单位有 KB、MB 和 GB，其中 B 代表字节(byte)。各度量单位可用字节表示如下：

$$1\text{KB}=2^{10}\text{B}=1024\text{B}$$

$$1\text{MB}=2^{10}\text{KB}=1024\text{KB}$$

$$1\text{GB}=2^{10}\text{MB}=1024\text{MB}$$

例如，一台计算机的内存标注为 2GB，则它实际可存储的内存字节数=2×1024×1024×1024B。

2. 辅助存储器

由于计算机主存储器的不稳定性和容量的有限性，大部分计算机会使用额外的存储设备(辅

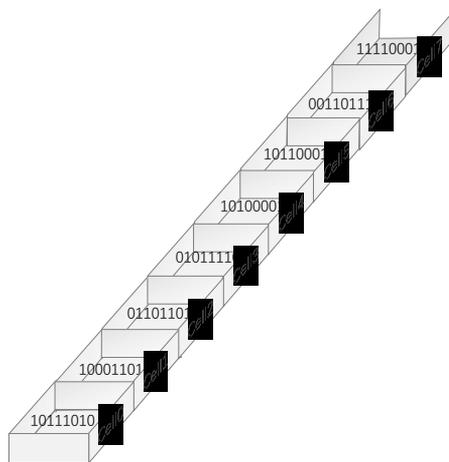


图 1-25 存储单元按地址排列

助存储器), 包括磁盘、光盘等。与主存储器相比, 辅助存储器的优点是稳定性高、容量大、价格低, 并且在很多情况下可以从计算机中方便地取出, 以便归档整理数据。

(1) 磁盘存储器。磁盘存储器在很多年以来一直是主流的计算机辅助存储器, 最常见的例子就是现在计算机中仍在使用的硬盘。硬盘由一个个旋转的磁盘盘片组成, 每个盘片上有一层用于存储数据的磁介质图层, 其结构如图 1-26 所示。

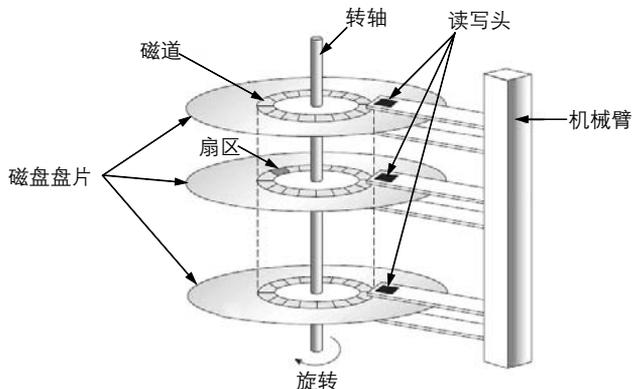


图 1-26 磁盘存储器的结构

磁盘盘片的上面和下面有读写头, 当磁盘盘片旋转时, 读写头相对于磁道进行运动。调整读写头的位置, 就可以访问其他同心磁道。在很多情况下, 一个磁盘存储系统包括若干同轴盘片, 这些盘片层叠在一起, 中间有足够的控件允许读写头滑动。在这种情况下, 所有读写头一致地运动, 每次读写头移动到新的位置时, 就可以访问一组新的磁道。

由于一道磁道包含的信息通常比每次操作的信息多, 所以每个磁道都被划分为若干被称为扇区的小弧形, 上面以连续的二进制位串形式记录着信息。一个磁盘上所有的扇区都包含相同的位数, 典型的容量范围为 512B 到几千字节(KB), 而且最简单的磁盘存储系统中的每个磁道都有相同数目的扇区。因此, 靠近磁盘外边缘的磁道上扇区的存储密度比靠近中心的磁道上扇区的存储密度小, 因为外缘的扇区比内部的扇区长。相比之下, 在大容量磁盘存储系统中, 外边缘的磁道比靠近中心的磁道多很多扇区, 大容量一般通过一种叫作区记录的技术得以实现。使用这种技术, 几个相邻的磁道被共同称为区, 一个典型的盘片包括大约 10 个区。一个区中的磁道有相同数目的扇区, 但是相较于靠近中心的区, 每个靠近外部的区中每一条磁道都有更多的扇区。利用这种方式可以有效使用整个磁盘表面。一个磁盘存储系统包括大量独立的扇区, 每一个扇区又可以作为独立的字符串单独访问。

磁盘存储系统的容量取决于其盘片数量以及盘片上磁道的扇区的密度。容量低的系统可能只有一个盘片, 而存储容量高达几吉字节(GB)甚至太字节(TB)的系统可能在一个公共轴上安装了多个盘片。此外, 数据既可以存储在每个盘片的上表面, 也可以存储在下表面。

以下几个指标可以用来评判一个磁盘存储系统的性能。

- ① 寻道时间: 将读写头从一个磁道移动到另一个磁道所需的时间。
- ② 旋转延迟或等待时间: 磁盘完成一周完整旋转所需时间的一半, 这是读写头移动到指定磁道后, 等待盘片旋转到存取所需数据位置的平均用时。
- ③ 存取时间: 寻道时间与旋转延迟的时间总和。

④ 传输速率：从磁盘读取或向磁盘写入的速度。

由于磁盘存储系统执行操作时需要物理运动，所以其速度比不上电子电路。电子电路内的延迟时间以纳秒(十亿分之一秒)甚至更小的单位为单位，而磁盘系统的寻道时间、延迟时间和存取时间以毫秒(千分之一秒)为度量单位。因此，与电路所需的等待时间相比，磁盘系统在获取信息时需要的时间相对较长。

还有一些磁存储技术，例如磁带。磁带中的信息存储在很薄的塑料带的磁涂层上，塑料带则缠绕在卷轴上。访问磁带需要极长的寻道时间，但是因为成本低廉、存储容量大，常被用于存档数据备份。

(2) 光盘存储器。光盘(compact disk, CD)盘片直径大约 12cm，由光洁的保护涂层覆盖着反射材料制成，通过在反射层上制造偏差来记录信息，再通过激光束检测旋转的盘片表面不规则的偏差来读取数据。目前，光盘存储器已逐渐退出市场。

3. 微型计算机的多级存储体系

现代计算机体系结构的一个重要的原理，即存储程序原理，计算机中运行的程序都是存储于存储器上，供运算器在需要的时候访问。而计算机的存储系统总希望做到存储容量大而存取速度快、价格低。但容量、速度、价格这三者是矛盾的，例如存储器的速度越快则价格就越高，存储器的容量越大则存储器的速度就越慢，所以仅仅采用一种技术组成单一的存储器是不可能满足这些要求的。随着计算机技术的不断发展，通常是把几种存储技术结合起来构成多级存储体系，即将存储实体由上向下分为 4 层，分别为微处理器存储层、高速缓冲存储器层、主存储器层和外存储器层，如图 1-27 所示。

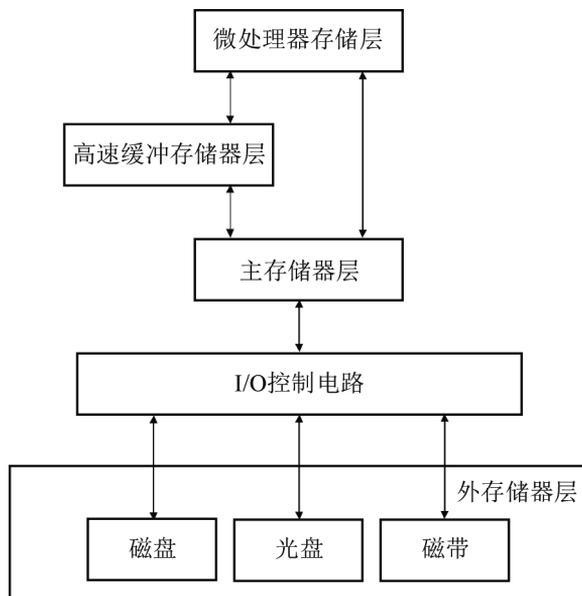


图 1-27 微型计算机的多级存储体系

(1) 微处理器存储层。CPU(运算器、控制器)以及一些需要的电路集成在一个半导体芯片上，称为微处理器。微处理器存储层是多级存储体系的第一层，由 CPU 内部的通用寄存器组、指令与数据缓冲栈来实现。由于寄存器存在于 CPU 内部，速度比磁盘要快百万倍以上。一些运算可

以直接在 CPU 的通用寄存器中进行，这样就减少了 CPU 与内存之间的数据交换。但通用寄存器的数量非常有限，一般只有几个到几百个，不可能承担更多的数据存储任务，仅可用于存储使用最频繁的数据。

(2) 高速缓冲存储器层。高速缓冲存储器层是计算机多级存储体系的第二层，设置在微处理器和内存之间。高速缓冲存储器由静态随机存储器组成，通常集成在 CPU 芯片内部，容量比内存小得多，但速度比内存高得多，接近 CPU 的速度。

高速缓冲存储器的使用依据是程序局部性原理：由于正在使用的内存单元邻近的单元将被用到的可能性很大，因此当 CPU 存取内存某一单元时，计算机就自动地将包括该单元在内的那一组单元的内容调入高速缓冲存储器中。CPU 首先从高速缓冲存储器中查找即将存取的数据，如果找到了就不必再访问内存，这样就有效地提高了计算机的工作效率。

(3) 主存储器层。在多级存储器体系中，主存储器(内存)层属于第三层，它是 CPU 可以直接访问的唯一的容量存储区域。任何程序或数据要为 CPU 所使用，必须先放到内存中，即便是高速缓冲存储器，其中的信息也是来自内存，所以内存的速度在很大程度上决定了系统的运行速度。

(4) 外存储器层。由于内存的容量非常有限，因此必须通过辅助存储设备提供大量的存储空间，这就需要使用存储体系中不可缺少的外存储器。外存储器包括磁盘、光盘、磁带等，具有永久保留信息且容量大的特点。

综上所述，在微型计算机的多级存储体系中，每一种存储器都不是孤立的，而是有机整体的一部分。存储体系整体的速度接近高速缓冲存储器和寄存器，而容量取决于外存储器的容量，是可以扩展的，从而较好地解决了存储器的速度、容量、价格三者之间的矛盾，满足了计算机系统的应用需要，这是微型计算机系统设计思路的精华之一。随着半导体工艺水平的发展和计算机技术的进步，存储器多级存储体系的构成可能会有所调整，但由于系统软件和应用软件的发展，内存的容量总是无法满足应用的需求，以内存、外存为主体的多级存储体系也就会长期存在下去。

1.6 多媒体技术的概念与应用

简单地说，多媒体是指文本、图形、图像、声音、动画、视频等多种媒体的统称。多媒体技术的定义目前有多种，可根据多媒体技术的环境特征来进行综合的描述：计算机综合处理多种媒体信息，包括文本、图形、图像、声音、动画以及视频等，在各种媒体信息之间按某种方式建立逻辑连接，集成为具有交互能力的信息演示系统。

1.6.1 多媒体概述

多媒体技术涉及许多学科，如图像处理系统、声音处理技术、视频处理技术以及三维动画技术等，它是一门跨学科的综合性技术。多媒体技术用计算机把各种不同的电子媒体集成并控制起来，且使整个系统具有交互性，因此多媒体技术又可看成一种界面技术，它使得人机界面更为形象、生动、友好。

多媒体技术以计算机为核心，计算机技术的发展为多媒体技术的应用奠定了坚实的基

础。国外有的专家把个人计算机、图形用户界面(GUI)和多媒体称为近年来计算机发展的三大里程碑。

1. 媒体

媒体在计算机领域主要有两种含义：一是指用于存储信息的实体，如磁盘、光盘、U 盘、光盘、半导体存储器等；二是指用于承载信息的载体，如数字、文字、声音、图形、图像、动画等。在计算机领域，媒体一般分为感觉媒体、表示媒体、表现媒体、存储媒体和传输媒体等 5 类。

(1) 感觉媒体指的是能直接作用于人的感官让人产生感觉的媒体，包括人类的语言、文字、音乐，自然界的其他声音，静止或活动的图像、图形和动画等。

(2) 表示媒体是用于传输感觉媒体的手段，其内容上指的是对感觉媒体的各种编码，包括语言编码、文本编码和图像编码等。

(3) 表现媒体是指感觉媒体和计算机的中间界面，即感觉媒体传输的电信号在感觉媒体之间转换所用的媒体。表现媒体又分为输入表现媒体和输出表现媒体。输入表现媒体有键盘、鼠标、光笔、数字化仪、扫描仪、麦克风、摄像机等；输出表现媒体有显示器、打印机、扬声器、投影仪等。

(4) 存储媒体是指用于存储表现媒体的介质，包括内存、硬盘、磁带和光盘等。

(5) 传输媒体是指将表现媒体从一处传送到另一处的物理载体，包括导线、电缆、电磁波等。

2. 多媒体的基本元素

多媒体主要有以下几个基本元素。

(1) 文本。指以 ASCII 码存储的文件，是最常见的媒体形式之一。

(2) 图形。指由计算机绘制的各种几何图形。

(3) 图像。指由摄像机或图形扫描仪等输入设备获取的实际场景的静止画面。

(4) 动画。指借助计算机生成一系列可供动态实习演播的连续图像。

(5) 音频。指数字化的声音，可以是解说、背景音乐及各种声响，可分为音乐音频和话音音频。

(6) 视频。指由摄像机等输入设备获取的活动画面。通过摄像机得到的视频图像是一种模拟视频图像。模拟视频图像输入计算机需经过模数转换，才能进行编辑和存储。

此外，多媒体还具有多样化、交互性、集成性和实时性等特征。

1.6.2 多媒体的关键技术

多媒体的关键技术主要包括数据压缩与解压缩、媒体同步、多媒体网络、超媒体等，其中以视频和音频数据的压缩与解压缩技术最为重要。

视频和音频信号的数据量大，同时要求传输速度快，目前的微机还不能完全满足要求，因此，必须对多媒体数据进行实时的压缩与解压缩。

数据压缩技术又称数据编码技术，有关它的研究已有 50 年的历史。目前，多媒体信息数据的编码技术主要有以下几种。

(1) JPEG 标准。JPEG(joint photographic experts group, 联合摄像专家组)是一个专家组，该专家组于 1986 年制定了主要针对静止图像的的第一个图像压缩国际标准。JPEG 现在已成为有关

技术标准的代名词，该标准制定了有损和无损两种压缩编码方案，JPEG 对单色和彩色图像的压缩比通常分别为 10:1 和 15:1。许多 Web 浏览器都将 JPEG 图像作为一种标准文件格式，以供浏览者浏览网页中的图像。

(2) MPEG 标准。MPEG(moving picture experts group, 动态图像专家组)是国际标准化组织和国际电工委员会组成的一个专家组，MPEG 现在已成为有关技术标准的代名词。MPEG 是压缩全动画视频的一种标准方法，可以压缩运动图像，包括三部分：MPEG-Video、MPEG-Audio、MPEG-System(也可用数字编号代替 MPEG 后面对应的单词)。MPEG 平均压缩比为 50:1，常用于硬盘、局域网、有线电视信息压缩。

(3) H.216 标准，又称 P(64)标准。H.216 标准是国际电报电话咨询委员会 CCITT 为可视电话和电视会议制定的标准，是关于视像和声音双向传输的标准。

1.6.3 多媒体技术的应用

借助日益普及的高速信息网络，多媒体技术可以实现计算机的全球联网和信息资源的共享。新技术带来的新感受和新体验在任何时候都是不可想象的。

(1) 数据压缩、图像处理的应用。多媒体计算机技术是针对 3D 图形、环绕声、彩色全屏动画画面的处理技术。然而，数字计算机面临数值、文本、语言、音乐、图形、动画、图像、视频等媒体的问题，这些媒体承载着信息从模拟信号到数字信号的吞吐、存储和传输工作。数字化的视音频信号数量惊人，对内存的存储容量、通信干线的信道传输速率以及计算机的速度都造成了很大的压力。要解决这个问题，单纯地扩大存储容量、提高通信中继的传输速率是不现实的。数据压缩技术为图像、视频和音频信号压缩，文件存储和分布式利用，提高通信干线的传输效率等提供了有效的方法。同时，它使计算机能够实时处理音频和视频信息，以确保能够播放高质量的视频和音频节目。为此，国际标准化协会、国际电子委员会、国际电信协会等国际组织牵头制定了与视频图像压缩编码相关的三项重要国际标准：JPEG 标准、MPEG 标准、H.261 标准。

(2) 语音识别的应用。语音识别一直是人们美好的梦想，让计算机理解人的语音是发展人机语音通信和新一代智能计算机的主要目标。随着计算机的普及，越来越多的人在使用计算机，如何为不熟悉计算机的人提供友好的人机交互手段是一个有趣的问题，语音是最自然的交流手段之一。

目前，语音识别领域的新算法、新思想、新应用系统不断涌现。同时，语音识别领域也处于非常关键的时期，全世界的研究人员都在向语音识别应用的最高水平冲刺——没有特定人、词汇量大、语音连续的听写机系统的研究和应用。也许，人们对语音识别技术的梦想很快就会成为现实。

(3) 文语转换的应用。中、英、日、法、德五种语言的文语转换系统在世界范围内得到了发展，并广泛应用于许多领域。例如，声波文语转换系统是清华大学计算机系基于波形编辑的中文文语转换系统。该系统利用汉语词库进行分词，并根据语音研究的结果建立语音规则来处理汉语中一些常见的语音现象，同时，利用粒子群优化算法修改超音段的语音特征，提高语音输出质量。

(4) 多媒体信息检索技术的应用。多媒体信息检索技术的应用使多媒体信息检索系统、多媒体数据库、可视化信息系统、多媒体信息自动获取和索引系统逐渐成为现实。基于内容的图像检索

和文本检索系统是近年来多媒体信息检索领域最活跃的研究课题。基于内容的图像检索是基于图像视觉特征,包括颜色、纹理、形状、位置、运动、大小等,并从图像数据库中检索与需要查询的图像内容相似的图像。使用图像视觉特征索引可以大大提高图像系统的检索能力。

1.7 习题

一、判断题

1. 内存储器是主机的一部分,可与 CPU 直接交换信息,存取时间快,但价格较高,比外存储器存储的信息少。()
2. 运算器只能运算,不能存储信息。()
3. 程序存储和程序控制思想是微型计算机的工作原理,对巨型机和大型机不适用。()

二、选择题

1. 微型计算机完成各种算术运算和逻辑运算的部件称为()。
 - A. 控制器
 - B. 寄存器
 - C. 运算器
 - D. 加法器
2. 计算机处理信息的最小单位是()。
 - A. 字节
 - B. 位
 - C. 字
 - D. 字长
3. 某编码方案用 10 位二进制数进行编码,最多可编()个码。
 - A. 1000
 - B. 10
 - C. 1024
 - D. 256
4. 多媒体的主要特征是()。
 - A. 动态性、丰富性
 - B. 集成性、交互性
 - C. 标准化、娱乐化
 - D. 网络化、多样性
5. 按照计算机应用的分类,模式识别属于()。
 - A. 科学计算
 - B. 人工智能
 - C. 实时控制
 - D. 数据处理
6. 在微型计算机系统中,基本字符编码是()。
 - A. 机内码
 - B. ASCII 码
 - C. BCD 码
 - D. 拼音码
7. 关于基本 ASCII 码在计算机中的表示方法,准确的描述应该是()。
 - A. 使用 8 位二进制数,最低位为 1
 - B. 使用 8 位二进制数,最高位为 1
 - C. 使用 8 位二进制数,最低位为 0
 - D. 使用 8 位二进制数,最高位为 0
8. 如果字符 C 的十进制 ASCII 码值是 67,则字符 H 的十进制 ASCII 码值是()。
 - A. 77
 - B. 75
 - C. 73
 - D. 72
9. 如果字符 A 的十进制 ASCII 码值是 65,则字符 H 的十六进制 ASCII 码值是()。
 - A. 48
 - B. 4C
 - C. 73
 - D. 72
10. 下列描述中,正确的是()。
 - A. $1\text{KB}=1024\times 1024\text{B}$
 - B. $1\text{MB}=1024\times 1024\text{B}$
 - C. $1\text{KB}=1024\text{MB}$
 - D. $1\text{MB}=1024\text{B}$

三、操作题

1. 查看当前计算机的硬盘空间和内存容量，并写出方法。
2. 列举你所在机房中计算机使用的应用软件。
3. 将二进制数 11011.011 根据按权展开的方法转换成十进制数。
4. 将十进制数 0.5 转换为对应的二进制数。
5. 将二进制数 1101000.0010011 转换为对应的十六进制数。
6. 结合网上搜索的配件参数，根据日常使用计算机的需要，确定一份计算机配件采购清单，并详细标注主要配件的型号和价格(总价在 4500 元以内)。