

高等院校计算机应用系列教材

大学计算机基础

(Windows 10 + Office 2016)

王文发 主 编

刘 翼 田云娜 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书由浅入深、循序渐进地介绍了计算机与信息技术的基础知识、基本操作方法以及计算机在办公和网络等方面的具体应用。全书共 9 章，分别介绍了计算机与信息技术，数据在计算机中的表示，Windows 10 操作系统，计算机网络与信息安全，使用 Word 2016 制作办公文档，使用 Excel 2016 处理电子表格数据，使用 PowerPoint 2016 设计演示文稿，算法与程序设计，计算机发展新技术等内容。

本书内容丰富，结构清晰，语言简练，图文并茂，具有很强的实用性和可操作性，可作为高等院校计算机基础课程的教材，也可作为广大初、中级电脑用户的自学参考书。

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 10 + Office 2016 / 王文发主编. —北京：清华大学出版社，2023.8

高等院校计算机应用系列教材

ISBN 978-7-302-64516-0

I. ①大… II. ①王… III. ①电子计算机—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

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 159312 号

责任编辑：王 定

封面设计：周晓亮

版式设计：思创景点

责任校对：成凤进

责任印制：沈 露

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：010-83470000

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：三河市少明印务有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×260mm

印 张：22.25

字 数：584 千字

版 次：2023 年 9 月第 1 版

印 次：2023 年 9 月第 1 次印刷

定 价：69.80 元

产品编号：103492-01

前 言

2022 年 10 月，习近平总书记在党的二十大报告中指出：“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。”“我们要坚持教育优先发展、科技自立自强、人才引领驱动，加快建设教育强国、科技强国、人才强国，坚持为党育人、为国育才，全面提高人才自主培养质量，着力造就拔尖创新人才，聚天下英才而用之。”

随着我国信息技术飞速发展，计算机技术不断更新换代，计算机的研究和应用成为未来社会科技和文化发展的重要抓手，熟练操作计算机已经成为当今人们所必须要掌握的一项基本技能，越来越多的人也渴望了解和掌握计算机的基础知识与基本操作方法。

本书从教学实际需求出发，合理安排知识结构，从零开始、由浅入深、循序渐进地讲解计算机的基本操作方法、中文版 Windows 10、Office 2016、计算机与信息技术、数据在计算机中的表示、计算机网络应用和安全防护、算法与程序设计、计算机发展新技术等内容。本书共分为 9 章，主要内容如下：

第 1 章介绍了计算机概述、计算机硬件的组成、计算机基本工作原理、计算机的分类与分代、微型计算机体系结构、微型计算机性能指标信息与信息技术以及计算机的前沿技术。

第 2 章介绍了计算机中的数制及其转换、二进制数制表示与计算、字符信息编码以及多媒体信息编码技术。

第 3 章介绍了操作系统的基本概念与功能、Windows 10 的基本操作、文件与文件夹的管理、添加与删除程序的方法。

第 4 章介绍了计算机网络的概念与体系结构、Internet 基础知识、计算机病毒、网络威胁与信息安全防护、网络安全与国家安全。

第 5 章介绍了使用 Word 2016 制作运动会通知、项目安排表、成绩统计表、专题文档，以及使用“邮件合并”功能的方法。

第 6 章介绍了使用 Excel 2016 制作表格，并使用公式、函数、图表、排序、筛选、分类汇总以及数据透视表处理表格数据的方法。

第 7 章介绍了使用 PowerPoint 2016 制作季度工作汇报、主题班会、学校宣传等演示文稿的具体操作方法。

第 8 章介绍了算法的基本概念、问题求解方法、算法思想、数据结构设计、计算机语言的分类与构成、计算机语言的执行以及面向对象的程序设计方法。

第 9 章介绍了高性能计算、云计算、大数据、人工智能、ChatGPT 等计算机新技术。

本书图文并茂，条理清晰，通俗易懂，内容丰富，在讲解每个知识点时都配有相应的实例，方便读者上机实践。同时在难于理解和掌握的部分内容上给出相关提示，让读者能够快速地提高操作技能。此外，本书配有大量综合实例和练习，让读者在不断的实际操作中更加牢固地掌

握书中讲解的内容。

本书是集体智慧的结晶，由王文发任主编，刘翼、田云娜任副主编，参加编写和校对工作的还有刘逗逗、崔恒睿、张娜、王玮、乔小军、程凤娟、李浩等人。

由于作者水平有限，加之创作时间仓促，本书不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

本书配套有教学课件、教学大纲、习题参考答案，读者可扫描下列二维码获取。



教学课件



教学大纲



习题参考答案

编 者
2023 年 6 月

目 录

第 1 章 计算机与信息技术	1	2.3 字符信息编码	44
1.1 计算机概述	1	2.3.1 西文字符编码	44
1.1.1 计算装置的发展	1	2.3.2 中文字符编码	46
1.1.2 计算机硬件组成	4	2.3.3 国际字符编码	48
1.1.3 计算机基本工作原理	7	2.4 多媒体信息编码	51
1.1.4 计算机的分类与分代	10	2.4.1 图像信息数字化	51
1.1.5 微型计算机体系结构	12	2.4.2 声音信息数字化	54
1.1.6 微型计算机性能指标	18	2.5 课后习题	55
1.2 信息与信息技术	18	第 3 章 Windows 10 操作系统	57
1.2.1 信息	18	3.1 操作系统概述	57
1.2.2 信息技术	19	3.1.1 操作系统的基本概念	57
1.2.3 信息化与信息社会	22	3.1.2 操作系统的功能	58
1.2.4 信息产业	24	3.1.3 操作系统的分类	58
1.3 计算机在信息社会的前沿技术	25	3.2 Windows 10 操作系统简介	58
1.3.1 机器学习	25	3.3 Windows 10 基本操作	59
1.3.2 自然语言理解	27	3.3.1 使用系统桌面	59
1.3.3 可穿戴计算	28	3.3.2 操作鼠标和键盘	67
1.3.4 情感计算	30	3.3.3 使用 Ribbon 界面	68
1.3.5 计算机仿真技术	31	3.4 Windows 10 个性化设置	72
1.3.6 虚拟现实技术	31	3.4.1 自定义桌面主题	72
1.4 课后习题	33	3.4.2 自定义锁屏界面	73
第 2 章 数据在计算机中的表示	34	3.4.3 设置屏幕保护程序	74
2.1 计算机中的数制及其转换	34	3.4.4 系统账户设置	74
2.1.1 计算机中的“0”和“1”	34	3.5 Windows 10 文件管理	78
2.1.2 各种数制表示	35	3.5.1 使用资源管理器	78
2.1.3 数制间的转换	37	3.5.2 文件的复制与移动	79
2.2 二进制数的表示与计算	39	3.5.3 文件的备份与还原	81
2.2.1 二进制数的表示	40	3.5.4 文件的删除与恢复	84
2.2.2 算术运算与补码运算	42	3.6 Windows 10 系统工具	84
2.2.3 逻辑运算与计算机控制	43		

3.7 添加与删除程序	86	5.2.3 输入表格数据	144
3.7.1 安装程序	86	5.2.4 设置行高与列宽	144
3.7.2 卸载程序	87	5.2.5 设置内容对齐方式	146
3.8 课后习题	88	5.2.6 插入与删除行/列	147
第4章 计算机网络与信息安全	90	5.2.7 合并与拆分单元格	148
4.1 计算机网络基础	90	5.2.8 设置边框与底纹	149
4.1.1 计算机网络的基本概念	90	5.2.9 设置表格属性	150
4.1.2 计算机网络体系结构	91	5.3 制作“第十届学生运动会成绩	
4.1.3 局域网基本技术	92	统计表”文档	152
4.1.4 网络互连	98	5.3.1 页面设置	152
4.2 Internet 基础	100	5.3.2 创建超大表格	154
4.2.1 Internet 简介	100	5.3.3 绘制自选图形	155
4.2.2 TCP/IP 协议和 Internet 地址	100	5.3.4 使用文本框	156
4.2.3 Internet 基本服务	104	5.3.5 计算运动会竞赛总成绩	158
4.3 信息安全	104	5.3.6 按总成绩高低排序表格	159
4.3.1 信息安全概述	105	5.3.7 设置表格与文本转换	160
4.3.2 计算机病毒	107	5.4 制作“第十届学生运动会专题”	
4.3.3 网络威胁与入侵	110	文档	161
4.3.4 信息安全防御	113	5.4.1 设置封面	161
4.4 网络安全与国家安全	115	5.4.2 设置页面背景	161
4.4.1 网络安全与国家安全概述	115	5.4.3 使用图片	163
4.4.2 网络空间主权	116	5.4.4 使用艺术字	166
4.4.3 网络安全法	117	5.4.5 使用主题	167
4.5 课后习题	118	5.4.6 设置分栏	169
第5章 使用 Word 2016 制作办公		5.4.7 设置首字下沉	169
文档	120	5.4.8 设置图文混排	170
5.1 制作“关于举办第十届学生		5.4.9 设置页眉页脚	171
运动会的通知”文档	120	5.4.10 设置页码	172
5.1.1 Word 2016 概述	120	5.4.11 使用分页符和分节符	172
5.1.2 输入与编辑文本	124	5.4.12 创建文档目录	173
5.1.3 文本与段落排版	132	5.5 使用“邮件合并”功能	174
5.1.4 输出与打印文档	141	5.5.1 创建主文档	175
5.2 制作“第十届学生运动会项目		5.5.2 选择数据源	175
安排表”文档	142	5.5.3 编辑主文档	177
5.2.1 在文档中快速绘制表格	143	5.5.4 合并文档	178
5.2.2 制作表格标题	143	5.6 课后习题	179

第 6 章 使用 Excel 2016 处理电子表格

数据 181

6.1 表格制作 181

6.1.1 Excel 2016 概述 181

6.1.2 创建“学生基本信息表” 183

6.1.3 输入表格数据 189

6.1.4 整理表格数据 200

6.1.5 设置表格页面 211

6.1.6 打印电子表格 214

6.2 公式与函数 218

6.2.1 制作“学生成绩表” 218

6.2.2 使用公式进行简单数据
计算 2196.2.3 使用函数实现复杂数据
统计 225

6.3 数据分析 229

6.3.1 制作“员工基本信息表” 229

6.3.2 按“性别”排序数据 229

6.3.3 筛选出“市场部”的员工 230

6.3.4 筛选出“王”姓员工 231

6.3.5 筛选出基本工资最高的前 5 位
员工 2316.3.6 筛选出基本工资大于 5000 且
小于 8000 的员工 2326.3.7 分类汇总各部门“基本工资”
的平均值 2326.3.8 用“数据透视表”分析表格
数据 233

6.4 数据可视化 234

6.4.1 制作“员工工资表” 234

6.4.2 创建图表 234

6.4.3 编辑图表 235

6.4.4 修饰图表 237

6.5 课后习题 238

第 7 章 使用 PowerPoint 2016 设计

演示文稿 241

7.1 制作“季度工作汇报”演示

文稿 241

7.1.1 PowerPoint 2016 概述 241

7.1.2 幻灯片版式设置 245

7.1.3 占位符设置 247

7.1.4 文本框设置 252

7.1.5 输出演示文稿 255

7.2 制作“主题班会”演示文稿 256

7.2.1 使用模板创建演示文稿 257

7.2.2 设置演示文稿主题 258

7.2.3 设置演示文稿背景 259

7.2.4 使用图片 260

7.2.5 使用表格 261

7.3 制作“学校宣传”演示文稿 266

7.3.1 设置演示文稿尺寸 266

7.3.2 使用形状 267

7.3.3 使用 SmartArt 图形 273

7.3.4 插入音频 274

7.3.5 插入视频 275

7.3.6 使用动作按钮 276

7.3.7 使用超链接 277

7.3.8 使用动画 278

7.3.9 幻灯片放映设置 282

7.3.10 放映演示文稿 284

7.4 课后习题 285

第 8 章 算法与程序设计 287

8.1 算法 287

8.1.1 算法的基本概念 287

8.1.2 问题求解方法 290

8.1.3 算法描述工具 291

8.1.4 算法性能评价 295

8.2 算法思想 296

8.2.1 穷举法 296

8.2.2 递推法 298

8.2.3 递归法 300

8.2.4 迭代法 304

8.2.5 贪心法·····	305	9.1.1 高性能计算的意义·····	325
8.3 算法设计·····	306	9.1.2 高性能计算的工作原理·····	325
8.3.1 数据结构设计·····	307	9.2 云计算与大数据·····	326
8.3.2 控制结构设计·····	308	9.2.1 云计算·····	326
8.4 算法实现·····	311	9.2.2 大数据·····	329
8.4.1 计算机语言的分类·····	311	9.3 人工智能·····	330
8.4.2 计算机语言的构成·····	312	9.3.1 人工智能的定义·····	331
8.4.3 计算机语言的执行·····	317	9.3.2 人工智能的发展·····	332
8.5 程序设计方法·····	321	9.3.3 人工智能的应用·····	334
8.5.1 面向过程的程序设计·····	321	9.4 ChatGPT 简介·····	344
8.5.2 面向对象的程序设计·····	322	9.5 课后习题·····	344
8.6 课后习题·····	322	参考文献·····	346
第9章 计算机发展新技术·····	324		
9.1 高性能计算·····	324		

计算机与信息技术

☑ 内容简介

在信息技术飞速发展的今天，计算机已经成为人们工作和生活不可或缺的部分，掌握一定程度的计算机基础知识和基础操作，是人们在各行各业所必备的基本能力和素质。本章将主要讲解计算机的硬件组成、工作原理、体系结构等基础知识。

☑ 重点内容

- 计算机硬件组成
- 计算机基本工作原理
- 计算机的分代与分类
- 微型计算机体系结构
- 计算机在信息社会的前沿技术

1.1 计算机概述

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。科技的进步促使计算机的产生和迅速发展，而计算机的产生和发展又促进科学技术的提高。计算机的发展和应用程度已经成为衡量一个国家科技水平和经济实力的重要标志。

1.1.1 计算装置的发展

自古以来，人类就在不断地发明和改进计算工具，从古老的“结绳计数”到算盘、计算尺、手摇计算机，再到 1946 年第一台电子计算机诞生，经历了漫长的岁月。从总体上来看，计算机的发展经历了计算工具→计算机器→现代计算机→微型计算机 4 个历史阶段。

1. 早期的计算工具

人类最早的计算工具也许是手指和脚趾，因为这些计算工具与生俱来，无须任何辅助设施。但手指和脚趾只能实现计算，不能存储计算结果，并且局限于 0~20 的计算。

1937 年，人们在摩拉维亚(捷克东部)地区发现了一根 40 万年前(旧石器时代)幼狼的前肢骨，

有 7 英寸长,上面“逢五一组”,有 55 道很深的刻痕,这是迄今为止发现最早的计数工具。

中国使用“九九乘法口诀”(简称“九九表”)的时间较早,在《荀子》《管子》《战国策》等古籍中,能找到“三九二十七”“六八四十八”等语句。可见早在春秋战国时期,“九九表”已经流行。“九九表”广泛用于筹算中进行乘法、除法、开方等运算,到明代改良后用在算盘上。中国发现最早的“九九表”实物是湖南湘西出土的秦简木牍,上面详细记录了“九九乘法口诀”。与今天乘法口诀不同,秦简上的“九九表”不是从“一一得一”开始,而是从“九九八十一”开始,到“二半而一”结束。

2. 中世纪的计算机器

算盘作为主要计算工具流行了相当长时间,直到 18 世纪,欧洲科学家兴起了研究计算机器的热潮。当时,法国数学家勒内·笛卡尔(Rene Descartes)曾经预言,总有一天,人类会造出一些举止与人一样“没有灵魂的机械”来。

1614 年,苏格兰的数学家约翰·纳皮尔(John Napier)发明了对数,对数能够将乘法运算转换为加法运算。他还发明了简化乘法运算的纳皮尔运算。

1623 年,德国的威廉·契克卡德(Wilhelm Schickard)教授在给天文学家约翰内斯·开普勒(Johannes Kepler)的信中,设计了一种能做四则运算的机器(注:没有实物佐证)。

1630 年,英国的威廉·奥特雷德(William Oughtred)发明了圆形计算尺。

1642 年,法国数学家布莱士·帕斯卡(Blaise Pascal)制造了一台能进行 6 位十进制加法运算的机器。这台机器在巴黎博览会展出期间引起了轰动。加法器发明的意义远远超出了机器本身的使用价值,它证明了需要人类思维的计算过程完全能够由机器自动化实现,从此欧洲兴起了制造“思维工具”的热潮,帕斯卡制造的加法机没有存储器。

18 世纪末,法国数学家组成人工手算流水线,经过长期的艰苦工作,完成了 17 卷《数学用表》的编制。但是手工计算的数据表格出现了大量的错误,这件事情极大地刺激了当时剑桥大学的著名数学家查尔斯·巴贝奇(Charles Babbage)。巴贝奇经过整整 10 年的反复研制,终于在 1822 年研制出第一台差分机。差分机由英国政府出资,工匠克里门打造,估计有约 25 000 个零件,重达 4 吨。1862 年,伦敦世博会展出了巴贝奇的差分机。差分机是现代计算机设计的先驱。

巴贝奇的设计思想是利用“机器”将计算到表格印刷的过程全部自动化,全面消除人为错误(如计算错误、抄写错误、校对错误、印刷错误等)。差分机是一种专门用来计算特定多项式函数值的机器,“差分”的含义是将函数表的复杂计算转化为差分运算,用简单的加法代替平方运算。差分机专用于编辑三角函数表、航海计算表等。

3. 现代计算机发展

现代计算机是指利用电子技术代替机械或机电技术的计算机。现代计算机经历了 70 多年,其中最重要的代表人物有英国科学家阿兰·麦席森·图灵(Alan Mathison Turing)和美籍匈牙利科学家约翰·冯·诺依曼(John von Neumann),图灵是计算机科学理论的创始人,冯·诺依曼是计算机工程技术的先驱人物。

人类发明的第一台现代电子计算机是阿塔纳索夫-贝瑞计算机(Atanasoff-Berry Computer,通常简称 ABC 计算机)。美国爱荷华州立大学物理系副教授约翰·阿塔纳索夫(John Vincent Atanasoff)和他的研究生克利福特·贝瑞(Clifford Berry)在 1939—1942 年研制成功第一台现代电子计算机,如图 1-1(1)所示。因此,1990 年,阿塔纳索夫获得了全美最高科技奖“国家科技奖”。

在第二次世界大战时期,美国宾夕法尼亚大学莫尔学院约翰·莫克利(John Mauchly)教授

和他的学生普雷斯伯·埃克特(Presper Eckert),向军方代表提交了一份研制 ENIAC 计算机的设计方案,军方提供了 48 万美元经费资助。1946 年,莫克利成功地研制出了 ENIAC 计算机。ENIAC 采用大约 18 800 个电子管、10 000 个电容器、7000 个电阻、1500 个继电器,耗电 150kW,重达 30t,占地面积 170m²,如图 1-1(2)所示。

1964 年由 IBM 公司设计的 IBM System 360 是现代计算机最经典的产品(如图 1-1(3)所示),它包含了多项技术创新,改变了商业界、科学界、政府以及 IT 界本身。IBM System 360 采用晶体管和集成电路作为主要器件;它开发了非常经典的通用分时操作系统 IBM OS/360,可以在一台主机中允许多道程序;它是第一台可以仿真(模拟)其他计算机的机器;它第一次开始了计算机产品的通用化、系列化设计,从而有了兼容的重要概念;它解决了并行二进制计算和串行十进制计算的矛盾;它的寻址空间达到了 $2^{24}=16\text{MB}$,这在当时看来简直是一个天文数字。



(1) 贝瑞计算机



(2) ENIAC



(3) IBM System 360

图 1-1 现代计算机

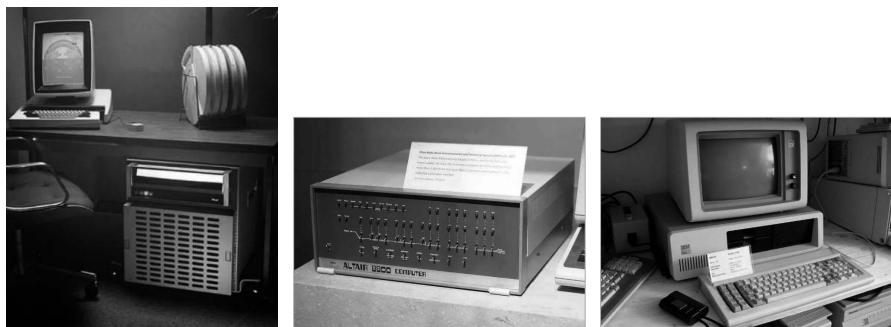
现代计算机诞生后,基本元器件经历了电子管、晶体管、中小规模集成电路、大规模和超大规模集成电路这 4 个发展阶段(有专家认为它们是四代计算机)。计算机运算速度显著提高,存储容量大幅增加。同时,软件技术也有了较大发展,出现了操作系统、编译系统、高级程序设计语言、数据库等系统软件,计算机应用开始进入许多领域。

4. 微型计算机发展

现代计算机的普及得益于台式微机的发展,微机(microcomputer,又称微型计算机)的研制始于 20 世纪 70 年代,早期产品有 1971 年推出的 Kenbak-1,这台机器没有微处理器和操作系统。1973 年推出的 Micral-N 微机第一次采用微处理器(Intel 8008),它同样没有操作系统,而且销量极少。1975 年,施乐公司发明了世界上第一台运用图形化用户界面操作系统的微型计算机,命名阿尔托(Alto),如图 1-2(1)所示。这台微机具备大量创新元素,包括显示器、图形用户界面、鼠标以及“所见即所得”的文本编辑器等。Alto 的机器成本约为 1.2 万美元,在当时并没有进行量产推广。

1975 年 1 月,《大众电子》杂志的封面刊出了 Altair 8800(牛郎星)问世的消息,如图 1-2(2)所示,它是第一台量产化的通用型微机。最初的 Altair 微机包括以下几部分:一个 Intel 8080 微处理器,256 字节存储器(后来增加为 64KB),一个电源,一个机箱,大量开关和显示灯面板。Altair 8800 微机售价为 395 美元,与当时大型计算机相比,它非常便宜,牛郎星推出立即引起了市场极大的轰动。

1981 年 8 月,IBM 公司推出了第一台 16 位个人计算机 IBM PC 5150,当时计算机上使用的是 86-Dos 系统,如图 1-2(3)所示。IBM 公司将这台计算机命名为 PC(personal computer,个人计算机)。微型计算机在此时终于突破了只为个人计算机爱好者使用的局面,迅速普及到工程技术领域和商业领域。



(1) Alto (2) Altair 8800 (3) IBM PC 5150

图 1-2 微型计算机

IBM PC 微机继承了开放式系统设计思想，IBM 公司公开除 BIOS(基本输入/输出系统)之外的全部技术资料，并通过分销商传递给最终用户，这一开放措施极大地促进了微机的发展。IBM PC 微机采用了总线扩充技术，并且放弃了总线专利权。这意味着其他公司也可以生产同样总线的微机，这给兼容机的发展提供了巨大空间。

20 世纪 90 年代后，每当 Inter(英特尔)公司推出新型 CPU 产品时，马上就会有新型 PC 机推出。

现今的微机在性能上得到了极大的提高，功能也越来越强大。国家统计局数据显示，2023 年 1—3 月份中国计算机产量达到了 8343.6 万台，占全球计算机产量的 80%以上，中国是名副其实的计算机生成大国。

1.1.2 计算机硬件组成

计算机系统包括硬件系统和软件系统两大部分，如图 1-3 所示。计算机通过执行程序而运行，软、硬件协同工作，二者缺一不可。

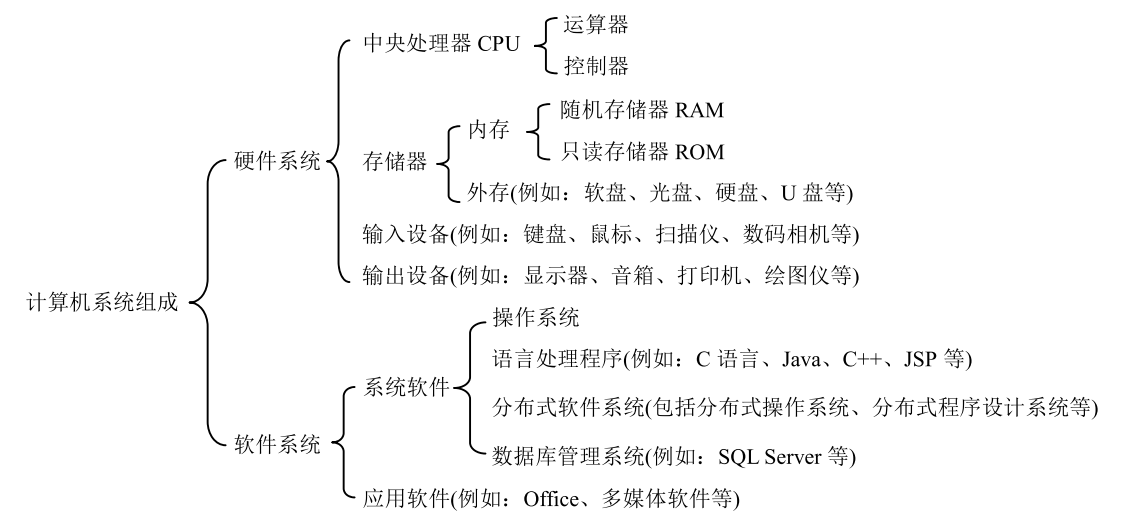


图 1-3 计算机系统的组成

硬件系统是组成计算机系统的各种物理设备的总称，是计算机系统的物质基础，是看得见、摸得着的一些实实在在的有形实体。

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。输入可以由人、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(如图 1-4 所示)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。

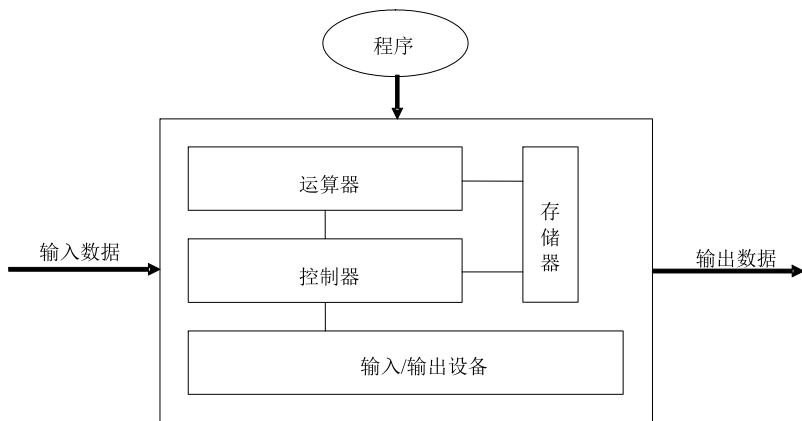


图 1-4 冯·诺依曼计算机模型

(1) 存储器。存储器是实现程序内存思想的计算机部件。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要重新编程的问题。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。

(2) 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。

(3) 控制器。控制器是整个计算机的指挥、控制中心，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、输出等活动。

(4) 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 1-5 所示。

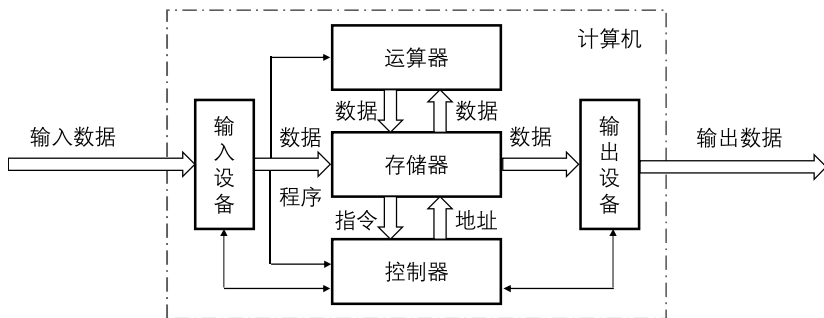


图 1-5 冯·诺依曼计算机体系结构

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，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。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的主板上。

(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。

(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。

(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、打印机、绘图仪、音响等，其中显示器是计算机的基本设备。

3. 计算机的存储体系

在冯·诺依曼计算机体系结构中，存储器的作用无疑是实现计算机自动化的基本保证。在一个实际计算机系统中，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。

(1) 主存储器。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为计算机的主机。

主存储器按信息的存取方式分为两种。一种是只读存储器(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。第二种是随机存储器(random access memory, RAM)，是主存储器的主体部分。当计算机工作时，RAM 能保存数据，但是一旦切断电源，数据将完全消失。

(2) 辅助存储器。从主机的角度上, 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, 所以辅助存储器采用的是非易失性材料。

辅助存储器速度与主存储器相比要慢得多, 因此它不和计算机的其他部件直接进行数据交流, 只和主存储器单独交换数据, 这就是需要进行“内外存调度”的原因。主存储器和辅助存储器共同构成了计算机的存储体系, 如图 1-6 所示。

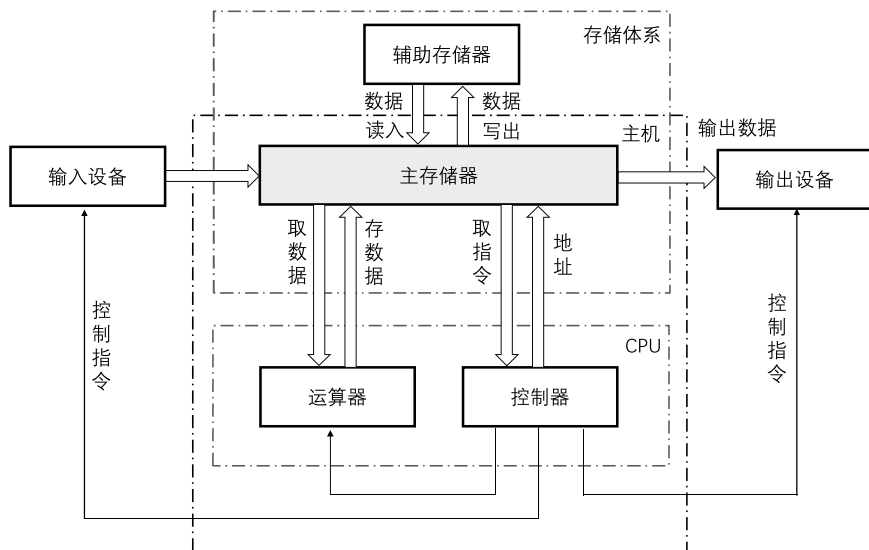


图 1-6 计算机的主机

1.1.3 计算机基本工作原理

由计算机的基本组成可知, 计算机只是一个电子设备, 它本身并不具备主动思维的能力, 更没有先天性的“智能”, 但是计算机却能完成人类都力所不能及的复杂计算和信息处理, 而且是完全“自动化”执行。

1. 用算盘解题的过程

计算机的工作原理可以从打算盘说起。假设有一个算盘、一张纸和一支笔, 如果要进行一个连续复杂计算, 需要事先把解题步骤写下来。这里为了讨论方便, 只做简单的 $y=a+b$ 这样一个计算。首先, 在纸上写上序号, 每一行占一个序号, 如表 1-1 所示。

表 1-1 算盘的解题过程

序号	解题步骤和数据	说明
1	取第 7 行数据→算盘	取数据 a
2	加第 8 行数据→算盘	完成 $a+b$ 计算, 结果在算盘上
3	存放结果数据 y	把算盘上的 y 值记到第 9 行
4	输出	把算盘上的 y 值写在纸上
5	停止	运算完毕, 暂停
6		

(续表)

序号	解题步骤和数据	说明
7	a	参加运算的数据
8	b	参加运算的数据
9	y	计算结果数据

按照以下方法将使用算盘进行解题的步骤记录在纸上，步骤如下。

步骤 1：存放数据。把计算式中给定的两个数 a 、 b 分别写到第 7 和第 8 行。

步骤 2：列出解题步骤。第 1 步写到第 1 行中，第 2 步写到第 2 行中，以此类推。

步骤 3：进行计算。根据表 1-1 所列的解题步骤，从第 1 行开始一步一步进行计算，最后得出所要求的结果。

步骤 4：记录结果。将计算结果记录在纸上。

现在回顾在完成 $y=a+b$ 的计算过程中，都用到了什么呢？首先，用到了编有序号的纸，上面有原始数据以及解题步骤，这个步骤就是“程序”。纸“存储”了解题的程序和原始数据，起到了存储器的功能。其次，用到了算盘，它用来对数据进行加、减、乘、除等算术运算，相当于运算器。再次，用到了笔，把原始数据和解题步骤记录到纸上，也把计算结果记录下来，这就是输出。这个过程除了算盘、纸和笔之外，还有一个重要的控制机构，这就是人。在人的控制下，按照解题步骤一步一步进行操作，直到完成全部运算。

计算机进行解题的过程和人用算盘解题的情况相似，也必须有运算工具、解题步骤和原始数据的输入与存储、运算结果的输出以及整个计算过程的调度控制。与算盘不同的是，以上这些部分都是由电子线路和其他设备自动进行的。

2. 指令和指令系统

按照冯·诺依曼计算机模型，人首先把需要计算机完成的所有工作，以计算机能懂的方式告诉计算机，这种方式就称为计算机指令。人用指令来表达自己的意图，写出求解问题的程序并事先存放在计算机中，计算机运行时由控制器取出程序中的一条条指令分析并执行，控制器就是靠指令来指挥计算机工作的。

指令是人对计算机发出的工作命令，它通知计算机执行某种操作。通常一条指令对应着一种计算机硬件能直接实现的基本操作，如“取数”“存数”“加”“减”等。将这些基本操作用命令集合的形式表达，这就是指令。

如何编制这些指令呢？这是由人设计的，而不是电子化的机器固有的。指令以二进制编码形式表示，即由一串二进制数排列组合而成的符号串，其中所有信息都是计算机硬件能识别的，所以又称为机器指令。一条机器指令至少要告诉计算机两个信息：一是做何种操作，二是操作数在哪里，前者称为指令的操作码，后者称为指令的地址码。操作码是计算机首先要识别的信息，它指出计算机要完成的操作种类，除了上述的“取数”“存数”“加”“减”之外，还有诸如“输入”“输出”“移位”“转移”“逻辑判断”“停机”等所有计算机能完成的基本功能。地址码指出参与运算的数据存放的位置。

常见的计算机指令格式如图 1-7(1)所示。某计算机的加法指令的符号串如图 1-7(2)所示，它表达了以下三个信息：

- 做加法。
- 相加的两个数一个在运算器里，另一个在内存的存储单元里，并且给出了这个单元的地址。
- 相加后的结果放回运算器中。



图 1-7 指令的一般格式

每种计算机都规定了确定数量的指令，这批指令的总和称为计算机的指令系统。不同的指令系统所拥有的指令种类和数目是不同的，组成操作码字段的位数一般取决于计算机指令系统的规模。较大的指令系统就需要更多的位数来表示每条特定的指令，例如，一个指令系统只有 8 条指令，则有 3 位操作码就够了($2^3=8$)，如果有 32 条指令，那么就需要 5 位操作码($2^5=32$)，一个包含 n 位操作码的指令系统最多能够表示 2^n 条指令。

一般来说，任何指令系统都应具有数据传送类、算术运算和逻辑运算类、程序控制类、输入/输出类、控制和管理机器类(停机、启动、复位、清除等)功能。指令系统是表征一台计算机性能的重要因素，它的格式与功能不仅影响到机器的硬件结构，而且也直接影响到系统软件和机器的适用范围。所以，指令系统在很大程度上决定了计算机的处理能力。指令系统功能越强，人们使用就越方便，但机器结构也就越复杂。

3. 程序自动控制的实现

计算机如何自动执行连续的操作呢？这需要由硬件部件和程序共同解决以下三个问题。

问题 1：告诉计算机在什么情况下到哪个地址去取指定的指令。

问题 2：对指令进行分析和执行。

问题 3：当执行完一条指令后，能自动去取下一条要执行的指令。

因此，计算机的控制器由指令寄存器、程序寄存器、操作控制器、地址生成部件、时序电路等部件组成。

如图 1-8 所示，程序事先被存放在内存中，当计算机开始工作时，程序中第一条指令的地址号被放置在程序计数器中。这是个具有特殊功能的寄存器，具有“自动加 1”功能，用来自生成“下一条”指令的地址，所以程序中后续各条指定的地址都由它自动产生，从而实现了程序的自动控制。

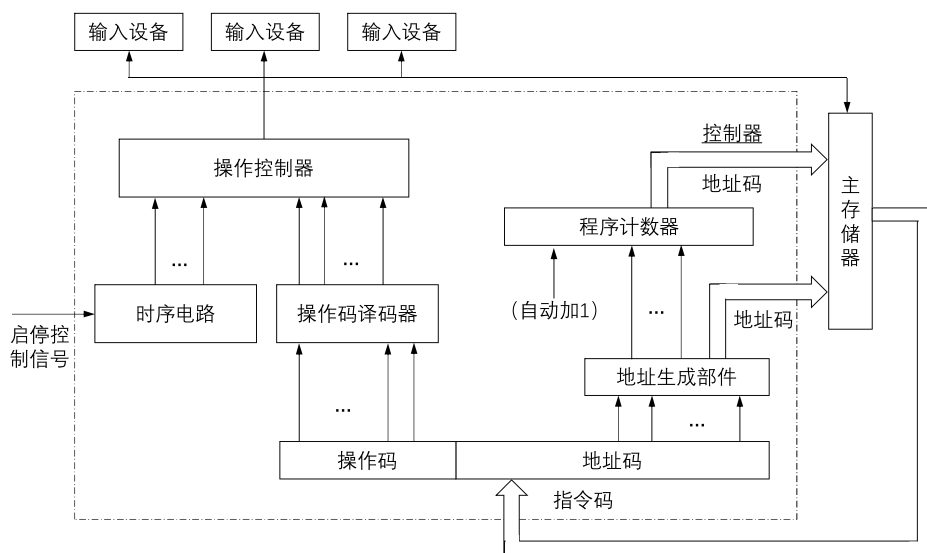


图 1-8 控制器结构与程序自动控制的实现示意图

完成一条指令的操作可以分为以下阶段。

阶段 1: 取指令。根据程序计数器的内容(指令地址)到内存取出指令,并放置到指令寄存器(instruction register, IR)中。指令寄存器也是一个专用寄存器,用来临时存放当前执行的指令代码,等待译码器来分析指令。当一条指令被取出后,程序计数器便自动加 1,使之指向下一条要执行的指令地址,为取下一条指令做好准备。

阶段 2: 分析指令。控制器中的操作码译码器对操作码进行译码,然后送往操作控制器进行分析,以识别不同的指令类别及各种获取操作数的方法,产生执行指令的操作命令(也称微命令),发往计算机需要执行操作的各个部件。

阶段 3: 执行指令。根据操作命令取出操作数,完成指令规定的操作。

取指令→分析指令→执行指令→再取下一条指令,依次反复地执行指令序列的过程就是程序自动控制的过程,计算机的所有工作就是由这样一个简单过程实现的。

1.1.4 计算机的分类与分代

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、企业会计记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。

- 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,全球超级计算机大会每年举行一次,探讨全球 IT 科技领域在高性能计算、网络、存储及分析方面的最新技术、产品和发展趋势。2023 年全球超级计算机排名中,美国居首(前沿,运算性能 119.4 京),日本第二(寓岳,运算性能 44.2 京),中国第七(神威·太湖之光,运算性能 9.3 京)。
- 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。
- 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 and 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。
- 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。
- 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。

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是一次新的突破,在性能上都是一次质的飞跃。

1. 第一代——电子管计算机(1946—1957 年)

第一代计算机采用的主要原件是电子管,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,一般为每秒钟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。第二代计算机采用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,达到每秒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,磁盘、磁带作为外存储器,容量大大提高。
- (5) 计算机应用领域扩大,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,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。计算机开始使用中小规模的集成电路元件,它们的主要特征如下:

- (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,可达每秒几百万次运算。
- (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、并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、超大规模集成电路计算机(1971 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) 采用大规模和超大规模集成电路元件,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) 计算速度更快,可达每秒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。

1.1.5 微型计算机体系结构

微型计算机简称微机，主要面向个人用户，其普及程度及应用领域非常广。

1. 微型计算机系统组成

微型计算机的体积小，能够完成输入、处理、输出和存储操作，并至少配备一个输入设备、输出设备、外存储设备、内存和微处理器。图 1-9 左图所示就是台式微型计算机的外观，主要部件有主机箱、显示器、键盘和鼠标。其中显示器、键盘和鼠标称为外部设备。

如果打开主机箱，将会看到图 1-9 右图所示的硬件，包括微处理器、主板、内存存储器、外存储器、电路接口部件。可以从微机的系统组成角度上将其分为芯片、主板、系统单元三个物理层次。



图 1-9 微型计算机的基本硬件

(1) 芯片。微型计算机中需要很多电路，这些电路大多为集成电路(integrated circuits, IC)，用特殊工艺将大量诸如三极管、电阻、电容、连线等电子元件做成微小的电路，并蚀刻在半导体晶片上制成，如图 1-10 所示。一个或多个集成电路可以封装成一个芯片。微机中最重要的芯片就是 CPU，同其他芯片一起安装在一个电路板上。

(2) 主板。微机中最大的一块电路板称为主板，也称为系统板或母板，如图 1-11 所示。

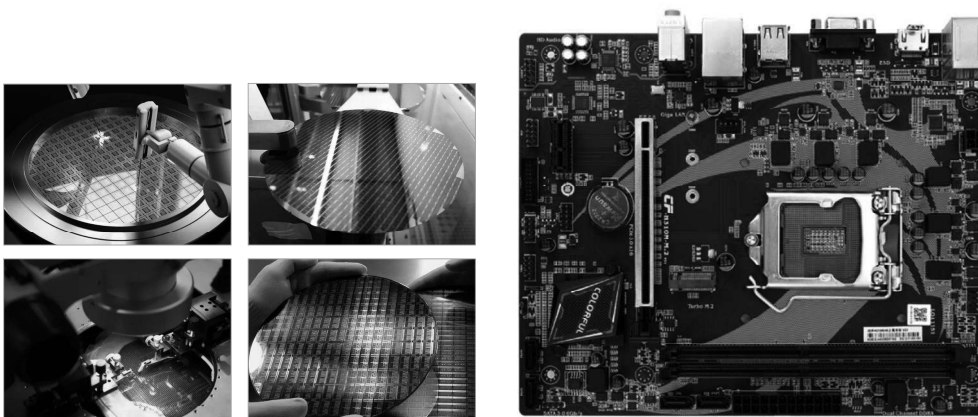


图 1-10 集成电路芯片制作

图 1-11 微型计算机主板

主板安装在主机箱内, CPU 和内存直接安装在主板上。除此之外, 主板上还安装了组成计算机的主要电路系统, 有 BIOS 芯片、处理输入输出的 I/O 控制芯片、键盘和面板控制开关接口、指示灯插接件、扩充插槽、直流电源等。此外, 主板上还有蚀刻的电路, 为芯片之间传送数据提供通道。主板作为其他硬件运行的平台, 为计算机的运行发挥了联通和纽带的作用, 是微机最基本的也是最重要的部件之一。

主板采用开放式结构, 通常会有 6~15 个扩展插槽, 用于插接外部设备的控制卡(适配器)。通过更换这些控制卡, 可以对微机的相应子系统进行局部升级, 使厂家和用户在配置计算机时有更大的灵活性。总之, 主板直接影响到整个系统的性能, 其重要性不言而喻。

主板上的芯片组是其核心组成部分, 可以比作 CPU 与周边设备沟通的桥梁。对于主板而言, 芯片组是主板的灵魂, 几乎决定了这块主板的功能, 进而影响到整个计算机系统性能的发挥。按照在主板上的排列位置, 通常将芯片组分为北桥芯片和南桥芯片。北桥芯片提供对 CPU 的类型和主频、内存的类型和最大容量、ISA/PCI/AGP 插槽、ECC 纠错等支持; 而南桥芯片则提供对 KBC(键盘控制器)、RTC(实时时钟控制器)、USB(通用串行总线)、Ultra DMA/33(66) EIDE 数据传输方式和 ACPI(高级能源管理)等的支持。其中北桥芯片起着主导性的作用, 也称主桥(host bridge)。

(3) 系统单元。从系统的观点上, 通常把主机箱看成是一个独立的系统单元。为保护微机部件, 通常将微机硬件系统中不属于独立设备的各部件都装在一个金属或塑料箱子内, 由于主板、微处理器、内存和芯片组都装在这个箱子里, 所以俗称为“主机箱”。这里需要说明的是: 主机箱里并不只有主机部件, 还有电源、硬盘、风扇以及其他一些设备的驱动器等。主机箱连同其内的各种部件统称为系统单元。其他外部设备, 如键盘、鼠标、打印机、麦克风、显示器等, 它们放置在系统单元之外, 通过电缆和接口与系统单元相连。

2. 微处理器

微处理器与一般大、中、小型计算机一样, 都沿用冯·诺依曼体系结构, 运算过程也采用二进制数, 所以无本质区别。但相对于其他类型计算机而言有两个结构上的特点: 一是采用微处理器作为 CPU, 二是采用总线实现系统连接。

微处理器是将 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, 可以完成取指令、分析和执行指令操作, 完成所有的算术和逻辑运算, 并能够与外部存储器和逻辑部件交换信息, 控制微型计算机各部分协调工作。与传统的 CPU 相比, 微处理器具有体积小、重量轻和容易模块化等优点。

微处理器的发展决定了微型计算机的发展。每一款新型微处理器的出现, 都会带动微机系统其他部件的相应发展。所以人们通常以微处理器的发展看微型计算机的发展。通常按照各种功能、性能指标将微处理器产品划分为以下六个阶段。

(1) 第一代(1971—1973 年): 是 4 位和 8 位低档微处理器时代, 其典型产品是 Intel 4004 和 Intel 8008 微处理器, 主要用于计算、电动打字机、照相机、台秤、电视机等家用电器上, 使这些电器设备具有智能化, 从而提高它们的性能。

(2) 第二代(1974—1977 年): 是 8 位中高档微处理器时代, 其典型产品是 Intel 公司的 8008/8085、Motorola 公司的 M6800、Zilog 公司的 Z80 等。

(3) 第三代(1978—1984 年): 是 16 位微处理器时代, 其典型产品是 Intel 公司的 8086/8088/80286, Motorola 公司的 M68000, Zilog 公司的 Z8000 等微处理器, 芯片内部均采用 16 位数据传输。其著名微机产品有 IBM 公司的个人计算机, 例如 80286 处理器为核心组成的 16 位增强型个人计算机 IBM PC/AT。

(4) 第四代(1985—1992年): 是32位微处理器时代,其典型产品是Intel公司的80386/80486, Motorola公司的M69030/68040等。其特点是采用HMOS或CMOS工艺,集成度高达100万个晶体管/片,具有32位地址线和32位数据总线,每秒可以完成600万条指令。

(5) 第五代(1993—2005年): 是奔腾(Pentium)系列微处理器时代,其典型产品是Intel公司的奔腾系列芯片及与之兼容的AMD的K6系列芯片。内部采用了超标量指令流水线结构,并具有相互独立的指令和数据高速缓存。2000年推出的Pentium 4处理器内部集成了4200万个晶体管;2005年推出的双核心处理器,使微机的发展在网络化、多媒体化和智能化等方面跨上了更高台阶。

(6) 第六代(2005年至今): 是酷睿(Core)系列微处理器时代。早期的酷睿是基于笔记本处理器的;2006年推出基于Core微架构的产品酷睿2,是一个跨平台的构架体系;2010年发布了第2代Core i3/i5/i7;2011年发布了新的处理器微架构,将显卡与CPU封装在同一块基板上,使视频处理时间比老款处理器至少提升了30%。

3. 以总线为数据通道的微机体系结构

在微型计算机中,为了既方便数据传送,又能将所有计算机用到的部件都集中到一个系统单元(机箱)内,其体系结构采用了总线设计方案。

(1) 总线结构。任何一个微处理器都要与一定数量的部件和外部设备连接,但如果将各部件和每一种外部设备都分别用一组线路与CPU直接连接,那么连接将会错综复杂,甚至难以实现。为了简化硬件电路设计、简化系统结构,常用一组线路,再配置适当的接口电路,与各部件和外部设备连接,这组共用的连接线路被称为总线。采用总线结构便于部件和设备的扩充或更换,尤其是统一的总线标准易于实现不同设备的互连。

CPU与内存之间通过总线传递信息,外部设备所对应的各接口电路也是挂在总线上。所以,总线与微机的系统结构、系统扩展密切相关,形成了以总线为数据通道的微机体系结构。

(2) 总线的类型。总线分为内部总线、系统总线和外部总线三种。

① 内部总线。内部总线是在CPU集成电路芯片内部的总线,是CPU内部各组件之间的连线,所以也叫片内总线。内部总线作为CPU内部的公共数据通道,用于提高控制器、运算器及各逻辑单元之间的信息传送效率。

② 系统总线。系统总线主要提供CPU与计算机系统各部分之间的信息通路,决定CPU与主存、内存与外部的联络方式。在讨论微机系统结构时说的总线,通常是指系统总线。

③ 外部总线。外部总线是微机与外部设备之间的总线,也称为扩展总线。主板上存在一些插槽,也叫扩展槽,扩展槽中的金属线就是外部总线。外部板卡插到扩展槽中时,其管脚的金属线与槽口的外部总线相接触,实现了信号互通的目的。外部总线提供了计算机系统的功能扩展,例如更换显卡或网卡,增加新的外部设备等。

(3) 总线的技术指标。如果说微处理器是微机的核心,那么总线就是微机的神经了。通常主要有三种评价总线的技术指标:总线带宽、总线位宽和总线频率。

① 总线带宽是指单位时间内总线和总线频率,它们之间的关系是:总线带宽=总线频率×总线位宽/8,或者总线带宽=(总线位宽/8)/总线周期。

② 总线位宽是指总线能同时传送的二进制位数,微机常有的总线位宽有16位、32位、64位等,目前使用的主要是32位和64位。总线位数越多,传输数据就越快。例如,某个数据占有8个字节,那么32位的总线要两次才能传送完该数据,而64位总线一次就可以了。

③ 总线频率的含义与处理器的时钟频率一样,总线频率越高,传送数据越快。

4. 微型计算机的多级存储体系

对于计算机存储系统,总希望做到存储容量大而且存取速度快、价格低,但这三者之间正好是矛盾的。例如存储器的速度越快,价格就越高;存储器的容量越大,则存储器的速度就越慢等。所以仅仅采用一种技术组成单一的存储器是不可能同时满足这些要求的。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:微处理器存储层、高速缓冲存储层、主存储器层和外存储器层,如图 1-12 所示,多级存储体系比较好地解决了存储容量、存取速度和成本价格的问题。

(1) 微处理器存储层。微处理器存储层是多级存储体系结构的第一层,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,不可能承担更多的数据存储任务,仅用于存储使用频繁的数据。

(2) 高速缓冲存储层。高速缓冲存储层是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(cache)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,接近于 CPU 的速度。

为什么要使用 Cache 呢?内存的存取速度比 CPU 速度慢得多,使得 CPU 的高速处理能力不能充分发挥,影响了整个计算机系统的工作效率。Cache 的使用依据的是程序局部性原理:正在使用的内存单元邻近的那些单元将被用到的可能性很大。因而,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内容调入到 Cache 中;CPU 即将存取的数据首先从 Cache 中查找,如果找到了就不必再访问内存,有效提高了计算机的工作效率。

(3) 主存储器层。在多级存储体系系统中,主存储器(内存)属于第三层存储,它是 CPU 可以直接访问的唯一大容量存储区域。任何程序或数据要为 CPU 所使用,必须先放到内存中。即便是 Cache,其中的信息也是来自于内存。所以内存的速度在很大程度上决定了系统的运行速度。

内存通常由存储体、地址译码驱动电路、I/O 和读写电路等部分组成,其结构如图 1-13 所示。其中存储体式存储单元的集合,用来存放数据;地址译码驱动电路包含译码器和驱动器两部分,接收来自于系统的地址总线(AB)的信息,并进行译码产生有效电平,以表示选中了某一存储单元,然后由驱动器提供驱动电流去驱动相应的读写电路,完成对被选中存储单元的读写操作;I/O 和读写电路包括读出放大器、写入电路和读写控制电路,用以完成被选中存储单元中各位的读出和写入操作。

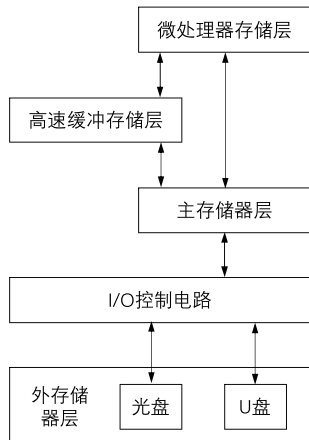


图 1-12 多级存储体系

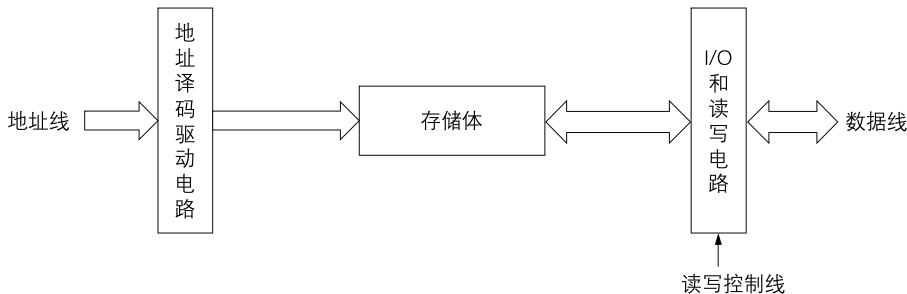


图 1-13 主存组成结构

(4) 外存储器层。内存的容量非常有限，目前微机常见的基本配置大约是 16GB，因此必须通过辅助存储设备提供大量的存储空间，这就是存储体系中不可缺少的外存储器。外存储器包括软盘、硬盘、光盘、磁带、磁卡等，具有永久保留信息且大容量的特点。

硬盘(通常指的是 HDD 硬盘，即机械硬盘)是由坚硬金属材料制成的涂以磁性介质的盘片，如图 1-14 所示。其所有盘片垂直叠放，每个盘片的两个面各有一个读写磁头，它们装在硬盘的机械臂上。当硬盘工作时，所有盘片都在电机的驱动下转动。需要访问硬盘时，首先确定数据所在的位置，然后磁头传动装置移动机械臂，使读写磁头定位在盘片的适当位置，之后进行读写操作。由于硬盘系统本身由机械部件驱动，所以速度与内存相比就慢得多。

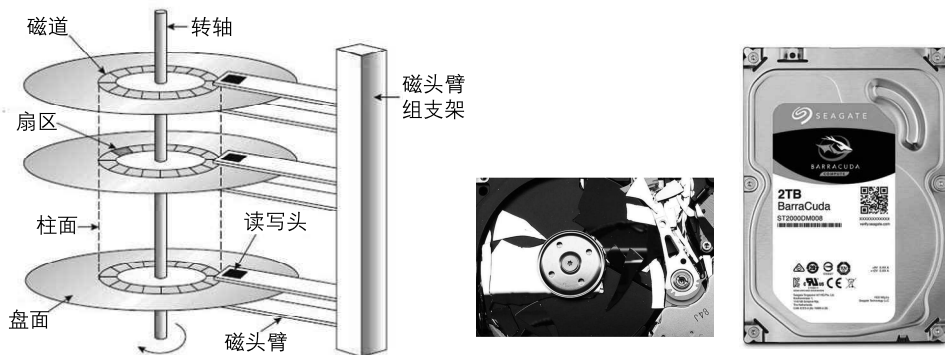


图 1-14 硬盘及其内部结构

硬盘分为固定硬盘和移动硬盘，固定硬盘也称联机外存，通常是和主板连接，固定在主机箱内，操作系统等平台软件必须存放在联机硬盘上。移动硬盘属于移动存储设备，它和联机硬盘的存储原理相同，但比光盘、U 盘的存储容量大得多。目前移动硬盘的存储容量也能做到 TB 数量级。

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于 Cache 和寄存器，而容量却是外存储器的容量，从而较好地解决了存储器中的速度、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，存储器多级体系的构成可能会有所调整(比如，HDD 机械硬盘在 SSD 固态硬盘出现之后，已经不符合微型计算机技术层面的要求了，只适合做一些单纯存储数据文件的工作)，但由于系统软件和应用软件的发展使得内存的容量总是满足不了应用的需求，由“内存—外存”为主体的多级存储体系也就会长期存在下去。

5. 外部设备与通信接口

外部设备包括所有的外部存储设备、输入输出设备等。外部存储设备的主要功能是扩展内存，而输入输出设备的功能则是实现人和计算机的交互。通信接口的功能是将外部设备和主机连接，以实现信息的存储及输入输出。

(1) 扩展卡与扩展槽。扩展卡也叫适配器，是实现扩展功能的装置，有的扩展卡作为外部设备经过电缆与计算机连接。最常见的三种扩展卡是视频卡、声卡和内置调制解调器。

- ① 视频卡(显卡)负责将计算机的输出转换成视频信号，经电路传送到显示器显示。
- ② 声卡的功能是增强计算机生成的声音，使声音可以经麦克风输入并经扬声器输出。
- ③ 内置调制解调器是一种通信装置，它可以使计算机通过电话线与另一台机器通信。

目前,随着集成电路的发展,上述三种扩展卡的功能已经被集成在主板上。但是,如果有特殊需要,例如进行图形图像处理,就可以单独购买视频卡,并将其插入主板上对应的扩展槽中,如图 1-15 所示。

(2) 接口。接口是系统单元与外部电缆的连接处,它可以是扩展卡的一部分,也可以跳过扩展卡直接与主板相连,许多接口通常都固定在主机箱的背面,如图 1-16 所示。



图 1-15 主板上的视频卡



图 1-16 微机主机接口

微机接口主要分为串口、并口和 USB 接口。

① 串口。串口就是信息像糖葫芦一样连成一串,每次只能传送一个二进制位。传送的数据按串传输。串口多用于数据传输速度要求不是很快的设备。

② 并口。并口每次能传送一组二进制位,例如显示器、打印机等都是成组传送信息。所以,并口比串口传送数据要快得多。

③ USB 接口。USB 接口将不同的接口统一起来,它使用一个 4 针插头作为标准插头,采用菊花链形式将所有的外设连接起来。随着大量支持 USB 的个人计算机的普及,USB 逐步成为 PC 机的标准接口。USB 需要主机硬件、操作系统和外设三个方面的支持才能工作。目前微机主板一般都采用支持 USB 功能的控制芯片组,并且也安装了 USB 接口插槽,一般的操作系统也提供了对 USB 接口的支持。USB 接口具有使用方便、速度快等特点,它比串口快了数百倍,比并口也快几十倍。所以已经在微机的多种外设上得到应用,包括数码产品、家电等。

(3) 外部存储设备。除了硬盘以外,计算机常用的外部存储设备有光盘、U 盘等。

① 光盘。光盘采用冲压设备将表示数据的凹凸点压制到盘的表面,信息以二进制数的形式存入光盘中,盘片上的平坦表面表示 0,凹坑端部表示 1。当读取信息时,利用从光盘表面反射回来的激光束来读取 CD-ROM 盘上的信息。

② U 盘即 USB Flash Disk,也称为 USB 闪存盘。U 盘采用 Flash 芯片作为存储介质,通过 USB 接口与计算机连接,无需物理驱动器,可实现即插即用。U 盘最大的优点是存储容量大、速度快、性能可靠、价格便宜、便于携带。

(4) 输出设备。输出设备用于接收计算机数据,将内存中计算机处理后的信息以能为人或其他设备所接受的形式输出。这些输出结果可能是用户视觉上能体验的,或是作为其他设备的输入。常见的输出设备有显示器、打印机、绘图仪、扬声器、影像输出系统、语音输出系统、

磁记录设备等。其中最常用的是显示器和打印机。

(5) 输入设备。计算机能够接收各种各样的数据,既可以是数值型的数据,也可以是各种非数值型的数据,例如模拟量、文字符号、语音和图形图像等。对于这些信息形式,计算机往往无法直接处理,必须把它们转换成相应的数字编码后才能处理。输入设备把待输入信息转换成能为计算机处理的数据形式输入到计算机,它的一个重要作用是可以使计算机与输入设备协同起来工作,提高计算机工作效率。

除了键盘、鼠标,还有以下几类输入设备。

- ① 光学阅读设备:如光学标记阅读机、光学字符阅读机。
- ② 模拟输入设备:如语言模数转换识别系统。
- ③ 图像输入设备:如摄像机、扫描仪、传真机。
- ④ 图形输入设备:如操纵杆、光笔、条形码输入器。

1.1.6 微型计算机性能指标

从应用的角度讲,大多数时候我们并不关心计算机的硬件结构,只注重它的性能指标。微型计算机的性能指标是由它的指令系统、系统结构、硬件组成、软件配置等多方面的因素综合决定的。通常可以从以下几个方面衡量微型计算机的性能。

- (1) 字长:指微处理器一次能够完成的二进制数运算的位数,如 32 位、64 位。
- (2) 主频:指微型计算机中 CPU 的时钟频率,也就是 CPU 运算时的工作频率。一般来说,主频越高,一个时钟周期里完成的指令数也越多,当然 CPU 的速度就越快。
- (3) 内存容量:指内存中所有存储单元的总数目,反映了计算机即时存储信息的能力。
- (4) 外部存储器的容量:指硬盘容量(内置硬盘)。
- (5) 外设扩展能力:指一台微型计算机可配置外部设备的数量以及配置外部设备的类型,对整个系统的性能有重大影响。

1.2 信息与信息技术

信息时代的到来,给人们的生活带来了前所未有的变革。在现代社会中,信息是一种与物质和能源同样重要的资源,以开发和利用信息资源为目的的信息技术已成为促进经济增长、维护国家利益和实现社会可持续发展的最重要手段,信息技术已成为衡量一个国家综合国力和国家竞争实力的关键因素。

1.2.1 信息

1. 数据的概念

数据是指存储在某种媒体上可以加以鉴别的符号集合。数据的概念包括两个方面:一方面数据内容是对事物特性的反映或描述;另一方面数据是存储在某一媒体上的符号的集合。

数据是描述、记录现实世界客体的本质、特征以及运动规律的基本量化单元。描述事物特性必须借助一定的符号,这些符号就是数据,它们是多种多样的。数据在数据处理领域中的概

念与在科学计算领域中的概念相比已大大拓宽。所谓“符号”不仅仅指数字、文字、字母和其他特殊字符，而且还包括图形、图像、动画、影像及声音等多媒体数据。

2. 信息的概念

作为一个科学概念，信息最早出现于通信领域。不同学者在自己的学科领域内对信息这一概念有着不同的理解。在最一般的意义上，即没有任何约束条件，我们可以将信息定义为事物存在的方式和运动状态的表现形式。

3. 数据与信息的关系

数据和信息这两个概念既有联系又有区别。

数据是描述客观事实、概念的一组文字、数字或符号等，它是信息的素材，是信息的载体和表达形式。信息是从数据中加工、提炼出来的，是用于帮助人们正确决策的有用数据，它的表达形式是数据。根据不同的目的，可以从原始数据中得到不同的信息。虽然信息都是从数据中提取的，但并非一切数据都能产生信息。

例如，数据 1、3、5、7、9、11、13、15，是一组数据，因为它是一组等差数列，可以比较容易地知道后面的数字，所以是一条信息，是有用的数据。而数据 1、3、2、4、5、1、41，是没有任何意义的数字，故不是信息。

可以认为，数据是处理过程输入的，而信息是输出，如图 1-17 所示。

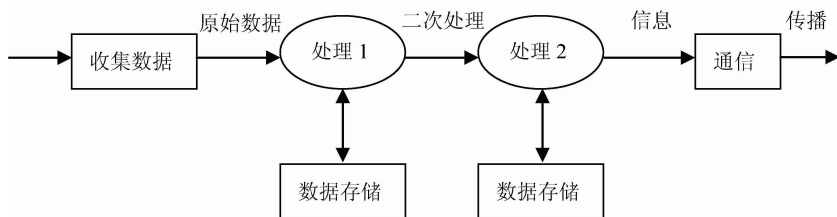


图 1-17 信息与数据的关系

4. 信息处理

对信息的采集、传递、加工处理是信息处理的主要内容。信息处理又称为数据处理。

计算机是一种功能强大的信息处理工具，信息处理实质上就是由计算机进行数据处理的过程，即通过数据的采集和输入，有效地把数据组织到计算机中，由计算机系统对数据进行一系列存储、加工和输出等操作。

在信息处理过程中，输入就是接受由输入设备提供的数据；处理就是对数据进行操作，按一定方式对它们进行转换和加工；输出就是在输出设备上输出数据、显示操作处理的结果；存储就是将处理结果存储起来供以后使用。

1.2.2 信息技术

人类在认识环境、适应环境与改造环境的过程中，为了应对日趋复杂的环境变化，需要不断地增强自己的信息处理能力，即扩展信息器官的功能，主要包括感觉器官、神经器官、思维器官和效应器官等的功能。

1. 信息技术的概念

由于人类的信息活动愈来愈高级、广泛和复杂,人类信息器官的天然功能也就愈来愈难以适应需要。例如,在复杂的环境或任务中,人的肉眼既看不见微观的粒子,也看不到遥远的天体,人体神经系统传递信息的速度、人脑的运算速度、记忆力、控制精度以及人体对外界刺激的反应速度等均显得力不从心,不能满足快速多变的环境要求。信息技术就是对不断扩展人类信息器官功能的一类技术的总称。人类信息器官的功能及其扩展技术如表 1-2 所示。

表 1-2 人类信息器官的功能及其扩展技术

人体的信息器官	人体信息器官的功能	扩展信息器官功能的信息技术
感觉器官	获取信息	感测技术
神经器官	传递信息	通信技术
思维器官	加工/再生产信息	人工智能技术
效应器官	使用信息	控制技术

信息技术的概念,因其使用的目的、范围、层次不同而有不同的表述。狭义上讲,凡是涉及信息的产生、获取、检测、识别、变换、传递、处理、存储、显示、控制、利用和反馈等与信息活动有关的、以增强人类信息器官功能为目的的技术都可以称作信息技术(information technology, IT)。

2. 信息技术的核心

信息技术中比较典型的代表,就是人工智能技术、感测技术、通信技术和控制技术,它们大体上相当于人的思维器官、感觉器官、神经器官和效应器官。

(1) 人工智能技术。人工智能技术是研究使计算机来模拟人的某些思维过程和智能行为(如学习、推理、思考、规划等)的学科,主要包括计算机实现智能的原理、制造类似于人脑智能的计算机,使计算机能实现更高层次的应用。

实现人工智能有两种途径:一是以传统计算机硬件技术为基础,在一些知识比较完备且可以形式化表达的领域里,通过软件在一定程度上实现类似人脑智能活动的效果,即面向功能模拟的专家系统,这是比较现实的方法;二是采用全新的硬件技术和软件方法研制具有类似于人脑结构、能像人脑一样具有思维的计算机,即面向结构模拟的神经计算机。

(2) 感测技术。感测技术是信息采集技术,对应于人的感觉器官,用于扩展人的感觉器官来收集信息,灵敏、精确、可靠的传感器是感测技术的核心。

例如,光传感器可以模仿人的视觉,能把可见光、红外线、紫外线以及其他电磁辐射变为电信号。安装了红外探测仪的枪支,可在漆黑的夜间瞄准射击。

(3) 通信技术。通信技术是信息的传递技术,用于扩展人的神经系统来传递信息,是人类赖以生存和发展的基本功能之一。在信息作为人类社会经济发展最重要战略资源的今天,传递信息的通信网络已经成为社会经济发展的生命线,没有先进的通信技术手段,就不可能有现代化的科研开发和生产经营管理,也不可能有发达的社会经济活动。

(4) 控制技术。控制技术是信息的使用技术,对应于人的效应器官。控制技术基于模糊数学理论,通过模拟人的近似推理和综合决策过程,使控制算法的可控性、适应性和合理性提高,成为智能控制技术的一个重要分支。

未来最重要的信息技术趋势,就是要求以现代计算机技术为核心的人工智能技术与通信技术、感测技术和控制技术融合在一起,形成具有信息化、智能化和综合化特征的智能信息环境

系统,更有效地扩展人类的信息功能。

3. 信息技术的功能

信息技术的功能主要体现在以下几个方面。

(1) 辅人功能。信息技术能够扩展人类信息器官的固有功能,提高或增强人们的信息获取、存储、处理、传输与控制能力,帮助人类克服信息资源开发利用活动中的障碍和困难,增强人类认识环境和改造环境的本领,使其能够不断取得更好的生存与发展机会,获得更大的解放与自由。为了满足社会实践活动的需要,人类不但创造了各种各样的信息技术,而且在不断地发展和创新信息技术以适应社会需要的发展变化。辅人功能是信息的本质。

(2) 开发功能。利用信息技术能够充分开发信息资源,它的应用不仅推动了社会文献大规模的生产,而且大大加快了信息的传递速度。

(3) 协同功能。人们通过信息技术的应用,可以共享资源、协同工作。例如,电子商务、远程教育等。

(4) 增效功能。为了有效地应对越来越复杂的问题,客观上就要求人们更好地应用信息技术,以使现代社会的效率和效益大大提高。例如,用计算机的高速度、高精度来弥补人脑运算速度与精度的不足;通过卫星照相、遥感遥测可以更多更快地获得地理信息。

(5) 先导功能。信息技术是现代文明的技术基础,是高技术群体发展的核心,也是信息化、信息社会、信息产业的关键技术,它推动了世界性的新技术革命。大力普及与应用新技术可实现对整个国民经济技术基础的改造,优先发展信息产业可带动各行各业的发展。

4. 信息技术的发展

人类已经历过四次信息技术革命,第一次是语言的使用,第二次是文字的使用,第三次是印刷术的发明,第四次是电报、电话、广播和电视的使用。从20世纪60年代开始,以计算机和现代通信技术为核心的现代信息技术被称为第五次信息技术革命。历次信息革命的到来,都会极大地促进社会生产力的发展。

(1) 语言的使用。在远古时期,人类仅能用眼、耳、鼻等感觉器官来获取信息,用眼神、声音、表情和动作来传递和交流信息,用大脑来存储、加工信息。人类经过长期的生产、生活活动,逐步产生和形成了用于信息交流的语言。语言使人类信息交流的范围、能力和效率都得到了飞跃式的发展,使人类社会生产力得到了跳跃式发展。

(2) 文字的使用。由于纯语言信息交流在时间和空间上都存在很大的局限性,于是人类逐步创造了各种文字符号来表达信息。信息的符号化(文字)使信息的传递和存储发生了革命性的变化,文字的使用促使信息的交流、传递突破了时间和空间的限制,将信息传递得更远,保存的时间更长。

(3) 印刷术的发明。印刷术的发明使文字、图画等信息交流更加方便、传递范围更加广泛。通过书籍、报刊等诸多印刷品的流通,信息传递、共享在时间和空间两个维度上得到进一步拓展。

(4) 电报、电话、广播和电视的使用。1837年,美国人塞缪尔·莫尔斯(Samuel Morse)成功研制了世界上第一台有线电报机。1878年,英国人贝尔(A. G. Bell)首次实现了长途电话实验,并获得了成功。1928年,美国西屋电气公司发明了光电显像管,实现了电视信号的发送和传输。这些发明奠定了电信、广播、电视产业的基础。人们使用的文字、声音、图像等信息通过电磁信号来表示、发送和接收,使信息的传递距离得到了极大的提高。电话、电视的普及与应用使人们相互传递信息、获得信息的方式更加方便、快捷,冲破了距离的限制,可以进行实时信息的交流。

(5) 计算机和现代通信技术的广泛应用。20 世纪 40 年代, 计算机的发明掀起了信息技术的第五次革命。计算机的普及、通信技术的发展和应用, 尤其是 Internet 的兴起, 使得信息的传递、存储、处理等实现了完全自动化。人类社会进入了一个崭新的信息化社会, 现代信息技术已成为社会最重要的组成部分。

5. 信息技术的应用

信息技术的应用已渗透到人类生活、生产的各个方面。在信息技术应用领域中, 最具代表性的是工厂自动化、办公自动化和家庭自动化技术。

(1) 工厂自动化技术。工厂自动化技术主要包括过程控制技术和生产管理技术。过程控制技术是指实现生产中加工、装配、运输等过程的自动化控制。生产管理技术就是通过使用计算机辅助计划、计算机辅助设计、计算机辅助制造、信息管理系统、数控技术、最优控制技术和工业机器人等技术, 使工厂生产的信息流自动化、物流自动化, 并将工厂的整个过程和管理一体化, 实现集成优化和生产、管理的自动化。

(2) 办公自动化技术。办公自动化技术是指利用先进的行为科学、管理科学、计算机技术、通信技术、自动化技术和现代办公设备, 帮助人们完成办公室的各种事务, 实现办公自动化的一种信息应用技术。

使用办公自动化系统可加快办公速度, 提高办公效率, 减少办公人员, 减轻劳动强度, 降低办公成本, 提高办公质量, 增强协作, 辅助决策和提高管理水平。

(3) 家庭自动化技术。家庭自动化技术是指计算机技术、通信技术和自动化技术在家庭中应用的一种综合技术。随着家用电脑、信息家电、Internet 等的普及, 家庭自动化系统已经成型并已开始使用。家庭自动化系统主要包括家庭信息系统和家庭生活系统等构成部分。

家庭信息系统是利用由家用电脑所控制的各种信息化家电所组成的综合信息系统, Internet 与社会信息服务中心相连, 使家庭成员足不出户就可以从事各种社会信息活动, 如投保、股票交易、订票、转账、购物、就医、娱乐等。

家庭生活系统是指将洗衣机、空调、微波炉、电冰箱等家用电器设备, 防盗、防火设备以及照明、供水、供热等系统用网络连接起来, 进行自动控制和管理。

家庭自动化技术可以达到节能、省力、方便生活、提高生活质量的目的, 使人们的日常生活更加轻松自如。

1.2.3 信息化与信息社会

信息化与信息社会是一个相互依存, 相互伴随的过程。

1. 信息化

信息化是指在国民经济和社会各个领域, 不断推广和应用计算机、通信、网络及信息技术的相关智能技术, 达到全面提高经济运行效率、劳动生产率、企业核心竞争力和人民生活质量的过程。信息化与工业化、现代化一样, 是一个动态变化的过程, 在这个过程中包含三个层面、六大要素。

三个层面是指: 信息技术的开发和应用过程是信息化建设的基础, 信息资源的开发和利用过程是信息化建设的核心与关键, 信息产品制造业不断发展的过程是信息化建设的重要支撑。它们是相互促进、共同发展的过程, 也是工业社会向信息社会演化的动态过程。

六大要素是指信息网络、信息资源、信息技术、信息产业、信息法规环境与信息人才。

这三个层面、六大要素的相互作用过程就构成了信息化的全部内容。也就是说，信息化是在经济和社会活动中，通过普遍采用信息技术和电子信息装备，更有效地开发和利用信息资源，推动经济发展和社会进步，使由于利用了信息资源而创造的劳动价值在国民生产总值中的比重逐步上升直至占主导地位的过程。

2. 信息化对社会的影响

信息技术的飞速发展和广泛运用，对现代社会的影响和冲击是巨大而深远的，它涉及社会的各个领域和人类社会生产生活的各个方面，以致影响到整个社会发展的轨迹，主要表现在以下方面。

(1) 高渗透性。信息的渗透性决定了信息化发展的普遍服务原则，信息化发展的基本目标就是要让每个社会成员都有权利、有能力享用信息化发展的成果，从而彻底改变社会诸方面的生存状态。

(2) 生存空间的网络化。这里的网络化不仅仅包括技术方面的具体网络之间的互通互联，而且强调基于这种物质载体之上的网络化社会、政治、经济和生活形态的网络化互动关系。目前，信息社会期望与正在实施的是将电信网、有线电视网和计算机网三网合一，并建成全光纤交换网。信息化发展的区域目标是要建设数字城市、数字国家和数字地球。

(3) 信息劳动者、脑力劳动者的作用日益增大。信息化的发展大大加快了各主体之间的信息交流和知识传播的速度和效率。信息化水平提高必然表现为国家人口素质的普遍提高。从事信息的生产、存储、分配、交换活动的劳动者及从事相关种类工作的劳动者的人数和比重正在急剧增加。知识成了改革与制定政策的核心因素，技术是控制未来的关键力量，专家与技术人员在推动信息化社会进程中必将发挥重大作用。

3. 信息化对社会的负面影响

虽然信息可以给人类带来利益和财富，但由于信息的过度增长，也会对社会产生一定的负面影响。

(1) 信息过度增长，导致信息爆炸。信息的日益累积，构成了庞大的信息源，一方面为社会发展提供了巨大的信息动力，另一方面使人们身处信息的汪洋大海，却找不到自己所需要的信息，反而导致社会信息吸收率下降，信息利用量与信息生产量之间的差距越拉越大，过量的信息流使人们处于一种信息超载的状态。

(2) 信息失真和信息污染。社会信息流中混杂着虚假错误、荒诞离奇、淫秽迷信和暴力凶杀等信息，这种信息失真、信息噪音乃至信息污染现象，使传统的文化道德、文化准则和价值观念受到冲击，伦理法规容易被弱化。

(3) 知识产权受到侵害。信息技术完全突破了传统的信息获取方式，备份技术的发展，使信息极易被多次复制和扩散，为大规模侵权提供了方便，更容易产生知识产权纠纷，使知识生产者和数据库生产者的利益受到威胁和侵害。

(4) 对国家主权和利益的冲击。信息社会中信息技术已成为构成国家实力的重要战略武器，掌握最先进的信息技术的国家在世界舞台上处于有利的支配地位。在信息社会中维护国家安全不仅要靠先进而强大的军事力量，对数据库的占用和在核心信息技术上的领先与控制同样成为国家实力和国家安全的重要组成部分，因此维护国家主权和利益已从军事领域扩展到信息领域。同时，国家与国家之间的信息差距问题，造成了“马太效应”，即信息技术基础好的国家发展更快，信息技术基础弱的国家发展更慢。这使得国家与国家之间信息资源的分布、流通和

获取极不平衡。

另外,信息社会的发展还带来电子犯罪问题、信息经济利益分配问题、个人隐私问题和个人交流问题等。

1.2.4 信息产业

人类社会步入 20 世纪后半叶以来,信息技术革命的浪潮以不可阻挡之势席卷了全球,随即在全世界范围内诞生了一个新兴产业——信息产业。信息产业的出现深刻地影响着当今世界经济、科技的发展格局,不断改变着人们的生产、工作、思维、生活和娱乐方式,改变着社会特征、企业的形态。

1. 信息产业的概念

信息产业一般是指以信息为资源,信息技术为基础,进行信息资源的研究、开发和应用,以及对信息进行收集、生产、处理、传递、储存和经营活动,为经济发展及社会进步提供有效服务的综合性的生产和经营活动的行业。

在工业发达国家,一般都把信息当作社会生产力发展和国民经济发展的重要资源,把信息产业作为所有产业核心的新兴产业群,称为第四产业。

2. 信息产业的模式

我国对信息产业分类没有统一模式,一般可认为包括七个方面:

- (1) 微电子产品的生产与销售。
- (2) 电子计算机、终端设备及其配套的各种软件、硬件开发、研究和销售。
- (3) 各种信息材料产业。
- (4) 信息服务业,包括信息数据、检索、查询、商务咨询。
- (5) 通信业,包括计算机、卫星通信、电报、电话、邮政等。
- (6) 与各种制造业有关的信息技术。
- (7) 大众传播媒介的娱乐节目及图书情报等。

3. 信息产业的特点

(1) 信息产业是高智力密集型的产业。信息产业的核心技术是信息技术,始终是高新技术的主流并且处于尖端科学前沿,代表着人类最新智慧的结晶。信息产业的投入主要是知识、技术和智力资源,而产出中知识信息的含量较其他产业要高得多,劳动力结构以脑力劳动者为主。

(2) 信息产业是高度创新性产业。信息产业技术进步快,信息产品的更新速度也大大加快。20 世纪以来信息技术领域的几项重大突破,如半导体、卫星通信、计算机、光导纤维等都体现了信息产业的这种高度创新性。

(3) 信息产业是高度倍增性产业。信息技术的应用可以显著提高资源利用率,提高劳动生产率与工作效率,从而取得巨大的经济效益。据国际电联的统计结果显示,一个国家对通信建设的投资每增加 1%,其人均国民经济收入可提高 3%,足见信息产业是一个高倍增的产业。从信息产品本身来看,也具有低消耗、高增值性,1 公斤集成电路的价值,超过一辆豪华轿车;50 公斤的光纤光缆传输的信息与 1 吨重的铜制电缆相当,而消耗的能量仅是后者的 5%。

(4) 信息产业是高度渗透性的产业。信息技术既是针对特定行业的专业技术,又是适应于各种环境的通用技术,因而在国民经济的各个领域具有广泛的适用性和极强的渗透性。同时,

信息产业的发展还催生了一些新的边缘产业,如光学电子产业、汽车电子产业等,创造了大量产值与需求。

(5) 信息产业是高度带动性产业。信息产业对其他产业的发展具有很强的带动性。在 IT 业内部,它带动微电子、半导体、激光、超导、通信、信息服务业等产业发展;在 IT 业外部,它带动一批如新材料、新能源、机器制造、仪器仪表、生物、海洋、航空航天等产业发展。从长远来看,信息产业的发展会带动文化教育、服务产业的发展以及新的信息行业的产生,从而创造大量新的就业机会,形成对高素质劳动者的更大需求。

(6) 信息产业是高投资、高风险、高竞争的产业。在信息技术领域,技术设计和制造越来越复杂精密,技术难度日益加大,信息网络覆盖的范围也越来越广,因而相关的研究与开发费用和基本建设投资特别是初始投资的需要量往往是巨大的。但是,由于信息技术具有极强的时效性,所以巨额投资同时又意味着巨大的风险,一旦决策失误,不仅会招致惨重的损失,而且会贻误发展的时机。

4. 我国信息产业发展对人才的需求

信息产业技术发展快,产业门类多,渗透能力强,市场竞争激烈,人才资源尤为重要。目前,我国信息产业规模总量已进入世界大国行列,但是,与国际先进水平相比,我国信息产业在核心技术、产业结构、管理水平、综合效益等方面还存在较大差距,产业发展“大”而不“强”。能否培养和建设一支适应产业发展需要的高素质人才队伍,是推动信息产业持续、健康、快速发展的关键,对提升我国信息产业的核心竞争力,实现信息产业由“大”到“强”的战略转变具有重大意义。

1.3 计算机在信息社会的前沿技术

随着信息化技术时代的到来,计算机科学技术在社会建设事业中的应用也越来越广泛,在提升社会生产力及生产效率的同时,也给经营和管理模式带来了重大的改革创新。下面介绍几种关注度较高的计算机科学前沿技术。

1.3.1 机器学习

机器学习是一门从数据中研究算法的多领域交叉学科,其研究计算机如何模拟或实现人类的学习行为,根据已有的数据或以往的经验进行算法选择、构建模型、预测新数据,并重新组织已有的知识结构使之不断改进自身的性能。

1. 让计算机拥有学习能力

学习是人类具有的一种重要智能行为,那么计算机能否像人类一样能具有学习能力呢?1959年,IBM公司的亚瑟·塞缪尔(Arthur Samuel)设计了一款具有学习能力的跳棋程序,它可以在对弈中不断改善自己的棋艺。4年后,这个程序战胜了塞缪尔本人。又过了3年,这个程序战胜了美国一个保持了8年之久的常胜冠军。这个程序向人们证实了一个事实:机器可以具有学习能力。这个事实揭示了许多令人深思的社会问题与哲学问题。

机器学习涉及概率论、统计学、逼近论、凸分析、算法复杂度理论等多门学科,这里所说的“机器”就是指现代电子计算机,当然以后还可能是量子计算机或神经计算机等。无论是什

么类型的计算机,让机器具有学习能力的首要方法就是基于计算的思维,即基于高性能计算的信息快速获取→基于深度学习算法的知识识别→基于人类行为理解的逼真模拟。

2. 机器学习重要理论和策略

机器学习理论上主要是设计和分析一些让计算机可以自动“学习”的算法。这些“学习算法”是计算机对大量数据进行自动分析获得规律,反过来再利用这些规律对未知数据进行预测的算法。

因为这些学习算法中涉及了大量的统计学理论,使得机器学习与统计推断学的联系尤为密切,所以也被称为统计学习理论。在算法的设计方面,机器学习理论仅关注可以实现的、行之有效的学习算法。由于很多推论问题存在无程序可循的困难,所以很多机器学习研究的是近似算法。

机器学习所采用的主要策略是推理机制。因为学习是一项复杂的智能活动,学习过程与推理过程是紧密相连的。一个学习系统总是由学习和环境两部分组成。由环境(如书本或教师)提供信息,学习部分则实现信息转换,用能够理解的形式记忆下来,并从中获取有用的信息。在学习过程中,学习部分使用的推理越少,对环境的依赖就越大,环境的负担也就越重。学习策略的分类标准就是根据学习部分实现信息转换所需要的推理多少和难易程度来分类的,大致分为以下六种基本类型:机械学习、示教学习、演绎学习、类比学习、解释学习、归纳学习。学习中所用的推理越多,系统的学习能力就越强。这些越来越多的推理是建立在“学习”自动化、执行自动化基础之上的。

3. 机器学习的发展及应用

机器学习始于 20 世纪 50 年代,复兴于 20 世纪 80 年代,进入新阶段的发展和主要应用主要表现在以下几个方面。

(1) 机器学习与人工智能各种基础问题的统一性观点在形成。例如学习与问题求解结合进行、通用智能系统 SOAR 的组块学习、基于案例方法的经验学习。

(2) 机器学习已成为新的边缘学科并逐步在高校成为一门独立的课程。它综合应用了心理学、生物学和神经生理学以及数学、自动化和计算机科学,形成了自己的理论基础。

(3) 结合各种学习方法、多种形式的集成学习系统研究正在兴起。特别是连接学习符号学习的耦合,更好地解决了连续性信号处理中知识与技能的获取与求精问题。

(4) 各种学习方法的应用范围不断扩大,一部分已形成商品。遗传算法与强化学习在工程控制中有较好的应用前景,归纳学习的知识获取工具已在诊断分类型专家系统中广泛应用,分析学习已用于设计综合型专家系统,连接学习在图文声识别中有明显优势,与符号系统耦合的神经网络连接学习在企业智能管理与智能机器人运动规划中发挥了显著作用。

目前,机器学习领域的研究主要围绕以下三个方面进行。

- 面向任务的研究。研究和分析改进一组预定任务的执行性能的学习系统。
- 认知模型。研究人类学习过程并进行计算机模拟。
- 理论分析。从理论上探索各种可能的学习方法和独立于应用领域的算法。

机器学习是继专家系统之后人工智能应用的又一重要研究领域,也是人工智能和神经计算的核心研究课题之一。目前使用的计算机系统和人工智能系统并没有真正意义上的学习能力,包括平常我们所谓的智能家电、智能家居等诸多冠以“智能”的设备,其智能只是判断,而没有实际意义的学习和推理,至多也只是非常有限的学习能力,因而不能满足科技和生产提出的新要求。对机器学习的研究必将促使人工智能和整个科学技术的进一步发展。

1.3.2 自然语言理解

计算思维的核心之一是人类行为理解,自然语言是人类行为的重要组成部分。从技术角度上讲,自然语言理解是研究能够实现人与机器之间用自然语言进行有效通信的各种理论和方法。

1. 基于计算思维的自然语言理解

广义的“语言”是指任何一种有结构的符号系统,其中最重要的两类语言是自然语言和形式语言。而狭义的“语言”是人类在社会生活中发展出来用于交流的声音符号系统,是“自然语言”。自然语言具有四个主要特征:极其复杂的符号系统、含有巨大的不确定性、有自身发展和演变的特征、是思想交流的工具而不仅仅是形式化方法。这些特征决定了自然语言理解的技术难度。

自然语言理解主要研究用计算机模拟人的语言交际过程,目标是实现人机之间的自然语言通信。其内容涉及语言学、心理学、逻辑学、声学、数学以及计算机科学,是一门极具高阶性和挑战性的交叉学科。自然语言理解需要解决的核心问题是:语言究竟是怎样组织起来传输信息的?人又是怎样从一连串的语言符号中获取信息的?

从计算思维和人工智能的观点看,自然语言理解就是建立一种计算机模型,这种模型能够给出像人一样理解、分析并回答自然语言(即人们日常使用的各种通俗语言)的结果。用计算思维的方法就是:建立复杂的自然语言高层抽象→进行符号化描述→交给计算机进行自动化处理。

2. 自然语言处理技术

自然语言处理技术是所有与自然语言的计算机处理有关技术的统称,其目的是能够让计算机理解和接受人类用自然语言输入的指令,完成从一种语言到另一种语言的翻译功能。自然语言处理技术的研究可以丰富计算机知识处理的研究内容,推动人工智能技术的发展。

计算机对自然语言的处理过程大致分为以下四个阶段。

- (1) 从语言学的角度提出自然语言处理问题并建立计算思维的抽象模型。
- (2) 将抽象模型形式化,使之能以一定的数学形式或接近于数学的形式表示出来。
- (3) 将这种数学形式表示为算法,使之可以在计算上形式化。
- (4) 根据算法编写可在计算机上实现的程序,使之成为语言分析器。

从以上过程看,语言信息处理必须了解关于语言自身结构的知识,包括如何构词、如何成句、何为词义、词义对语义有何影响等。同时,还需要掌握人类智能的其他因素,如人类的一般性知识和人类的推理能力等。因此自然语言理解涉及的常用技术有模式匹配技术、语法驱动的分析技术、语义文法、格框架约束分析技术、系统文法等,其中关键技术有词法分析、句法分析、语法分析、语用分析、语境分析等。可见,语言分析是自然语言理解的核心,此外,建立和完善适合自然语言分析与生成的语法理论,以及支撑上述的语料、电子词典与知识库的资源收集、获取与自动生成,等等,也是在不断探索中的重要课题。

自然语言处理的范围涉及众多方面,如语音的自动识别与合成、机器翻译、人机对话、信息检索、文本分类、自动文摘等。

3. 自然语言理解的主要应用领域

自然语言理解技术可以广泛应用在机器翻译、问答系统、信息检索、语言识别与合成等领

域,正如前面提到的,每一次与实际应用相结合的研究都会推动自然语言理解的长足进步和快速发展。

(1) 机器翻译。机器翻译是利用计算机自动把一种自然语言转变为另一种自然语言的过程。当今的机器翻译产品可以分为在线类和离线类两种。离线类产品是指安装在个人计算机上,如国外的 SYSTRAN、TRADOS,国内的译星、华建等;在线类产品是指需要借助于互联网才能使用的机器翻译系统,如百度翻译、Yahoo 翻译等。

(2) 问答系统。如何从大规模真实的联机文本中找出指定问题的正确答案,这是自然语言理解一个历久弥新的应用领域。例如,超级计算机“沃森”存储了大量图书、新闻和电影剧本资料、辞海、文选和《世界图书百科全书》等海量数据和一套逻辑推理程序,利用深度自然语言理解技术可以推断出它认为最正确的答案。每当读完问题后,“沃森”会在不到 3 秒钟的时间内从自己的数据库中,检索数百万条信息,再筛选出“答案”并以自然语言方式输出。

(3) 语音识别与合成。语言识别就像是机器的听觉系统,让机器能够识别和理解自然语言;而语音合成就像是机器的发声系统,让机器说出人类语言。例如苹果公司在其 iOS 系统中推出的智能助理 Siri,因为使用了自然语言理解技术,使得用户可以使用自然的对话与手机进行互动,完成信息发送、搜索资料等许多服务。

(4) 信息检索。信息检索是指将信息按一定的方式组织起来,并根据用户的需要找出有关信息的过程和技术。典型的信息检索应用是搜索引擎,例如搜狗的“知立方”产品,就是利用搜索引擎“中文知识图谱”引入“语义理解”技术,试图理解用户的搜索意图,将搜索结果准确地传递给用户。

1.3.3 可穿戴计算

可穿戴计算是一种将计算机“穿戴”在人体上,进行各种应用的计算机前沿技术,如图 1-18 所示。



图 1-18 可穿戴设备

1. “计算”为何被“穿戴”

“计算”为何被“穿戴”?加拿大的斯蒂夫·曼恩(Steve Mann)教授是国际上公认的可穿戴计算技术的先驱者,他认为可穿戴计算机系统属于用户的个人空间,由穿戴者控制,同时具有操作和互动的持续性。可穿戴计算的目的是为人们提供一个更加智能的环境,这个环境给人们一个数字世界,有趣的是这个世界是依赖不停运转的各种“可穿戴计算设备”,使我们的生活变得更加舒适和便利,如眼镜、手表、手环、服饰及鞋等。而“可穿戴计算设备”是应用可穿戴计算技术进行智能化设计、开发出可穿戴设备的总称。

可穿戴计算思想和雏形早在 20 世纪 60 年代就出现了,最早的产品是美国麻省理工学院学生爱德华·索普(Edward Thorp)和克劳德·艾尔伍德·香农(Claude Elwood Shannon)等人研制的用于轮盘赌的计算机,十多年之后便有了配有头戴显示器、形态化的可穿戴计算机。接下来的一个时期,随着计算机软硬件和互联网技术的迅速发展,来自多伦多大学、麻省理工学院、卡耐基·梅隆大学、哥伦比亚大学和施乐欧洲实验室等科研机构的研究人员开发出一批具有代表性的可穿戴计算机原型(如 Wearable Wireless Webcam, KARMA, Forget-Me-Mot, VuMan I 等)。1997 年,麻省理工学院、卡耐基·梅隆大学、佐治亚理工学院联合举办了第一届国际可穿戴计算机学术会议(ISWC),从此,可穿戴计算开始得到学术界和产业界的广泛重视,逐渐在工业、医疗、军事、教育、娱乐等诸多领域表现出重要的研究价值和应用潜力。尤其是军事方面,美国军方的两个计划与此相关:一是 20 世纪 90 年代中期业界著名的美国陆地勇士计划,目的是研制一种以可穿戴计算机为核心的数字化作战单兵系统;二是 20 世纪 90 年代中期美国国防部高级研究计划局的聪明模块计划。

2. 可穿戴计算的关键技术

普适计算机之父马克·维瑟(Mark Weiser)对智能环境这样描述:这是一个由传感器、驱动器、显示器和计算机元素组成的物理世界,这些元素无缝嵌入到我们生活中的物件中,通过不间断的网络连接在一起。这里需要强调的是,可穿戴计算技术并非是简单地把计算机微小化后直接穿戴在人们身上,它需要解决关键性技术才能真正发展起来。

2013 年在美国奥斯汀的 SXSW 大会上推出一款“会说话的概念鞋”,这款智能鞋配备有一块微控制器、加速计、陀螺仪、压力感应器、喇叭和蓝牙芯片,传感器可以收集鞋子的运动信息并发出语音评论,同时此款智能鞋还利用蓝牙与智能手机保持同步,通过一些编程方式让鞋子功能更加智能化。从这个实际的产品,可以将可穿戴计算的关键技术归纳为以下几点。

(1) 片上系统(SoC)。SoC 是一个微小系统,将微处理器、模拟 IP 核、数字 IP 核和存储器集成在单一芯片上。如果说中央处理器(CPU)是大脑,那么 SoC 就是包括大脑、心脏、眼镜和手的系统。

(2) 嵌入式操作系统技术。由于可穿戴计算机系统的体积和存储空间十分有限,操作系统应尽量压缩到“专用”程度,并且是实时的和微内核的,且具有极强的处理多外设的能力。

(3) 无线自组网络技术。可穿戴计算系统要伴随人的活动并作为一个移动节点随时联网,多个这样的节点构成一个特殊的网络,称之为自组网。在任何时刻、任何地点,不需要现有信息基础网络设施的支持就能快速构建起一个移动通信网络,它是一组带有无线收发装置的移动终端组成的多跳频、临时性自治系统。

(4) 移动数据库技术。可支持多种连接协议、完备的嵌入式数据库的管理功能、支持多种嵌入式操作系统。

(5) 人机交互技术与协同。人通过这种交互提高对环境感知的能力,实现人与计算机的交互与协同。

(6) 无线连接技术。采用蓝牙等近距离无线通信方式替代连接线缆,减少设备的负担、提高系统可靠性。

3. 可穿戴计算的应用

可穿戴计算产品众多,因其便携性,在不知不觉中已经深入人们的日常生活。其应用领域可以分为两大类,即自我量化与体外进化。在自我量化领域最为常见的是运动健身户外领域和医疗保健领域;体外进化领域主要是协助用户实现信息感知与处理能力的提升,其应用领域极

为广阔,从行业应用信息交流到休闲娱乐,用户均能通过拥有多样化的传感、处理、连接、显示功能的可穿戴式设备来实现自身技能的增强或创新,例如数据手套、数据衣、手表、腕带、眼镜、智能鞋等。

这里需要强调的是,所有的可穿戴设备不会像我们平常所使用的计算机那样通用,而是根据不同需求进行专门设计和配置。一般设备都配置了传感器或屏幕,另外多数可以通过蓝牙、Wi-Fi 等方式和智能手机登录设备保持通信,或是与其他可穿戴计算产品交换信息。

1.3.4 情感计算

我们如今的生活模式是全天候与计算机、手机为伴,人与人之间的互动逐渐减少,人机互动不断增加。这样对人机交互技术提出了更高的要求,即情感需求。特别是近年来,随着普适计算、社会计算等概念和研究方向的提出,自然的人机交互日益成为各研究领域的研究内容和目标,情感计算也自然地成为相关领域共同关注的热点和焦点。

1. 情感可计算吗

传统的人机交互主要通过键盘、鼠标、屏幕等方式进行,只追求便利和准确,但是无法了解人的情绪或心境。随着情感计算技术的不断发展,情感交互成为高级信息时代人机交互的主要发展趋势。情感交互的终极目标就是使人机交互可以像人与人交互一样自然、亲切、生动并且富有情感。因此人们期望与之交互的计算机也具有类似于人的情感理解和表达能力。

情感可计算吗?这个问题的提出可以追溯到 20 世纪 90 年代初,耶鲁大学心理系的彼得·沙络维(Peter Salovey)教授提出了情绪智力的概念,并开展了一系列的研究。1995 年哈佛大学心理学教授丹尼尔·戈尔曼(Daniel Goleman)出版的《情绪智力:为什么它比智商更重要》一书畅销,情绪智力概念迅速流行,随后便发展为与智商 IQ 相对的情商 EQ,在心理、认知、计算机等领域掀起了一个研究情感智能的小高潮。

情感计算的概念是 1997 年麻省理工学院媒体实验室的罗莎琳德·皮卡德(Rosalind Picard)教授提出的,她在《情感计算》一书中指出:“情感计算是与情感相关,来源于情感或能够对情感施加影响的计算。”中国科学院自动化研究所也通过自己的研究,提出了对情感计算的应用:“情感计算的目的是通过赋予计算机识别、理解、表达和适应人的情感的能力来建立和谐人机环境,并使计算机具有更高的、全面的智能。”情感可计算得以肯定,情感交互也引起人们的普遍关注,并且在 21 世纪得到了较多的研究关注。

2. 情感计算的具体内容

人的情感交流是个十分复杂的过程,不仅受时间、地点、环境、人物对象和经历的影响,且有表情、语言、动作或身体的接触。每种情感都具有独特的主观体验——个体对不同情感状态的自我感受体验,所以情感计算是计算思维中关于人类行为理解最难于表达和实现的内容,其研究在很大程度上依赖于心理科学和认知科学。

从本质上讲,情感计算是一个典型的模式识别问题。通过多种传感器技术和设备,计算机可以获取人的表情、手势、姿态、语音、语调以及血压、心率等各种数据,结合当时的环境、情境、语境等上下文信息,识别和理解人的情感。在实际的自然交互系统中,还需要智能机器对上述信息作出及时并恰当的反应。

情感之间距离的定义和计算方法是情感计算的核心问题,例如对于“笑”的定义和计算可

以有微笑、大笑、狂笑等,需要确定它们之间的距离,以便将其分别聚类,从而使系统能够识别出不同程度的笑。所以,根据情感计算的过程可将其研究内容分为以下几个方面:情感机理、情感信息获取、情感模式识别、情感建模与理解、情感合成与表达、情感计算的应用、情感的传递与交流、情感交互接口,等等。

参照人类情感交流过程,情感计算的研究可分为以下四步。

- (1) 通过传感器直接或间接与人接触获得情感信息。
- (2) 通过建立模型对情感信息进行分析与识别。
- (3) 对分析结果进行推理达到感性的理解。
- (4) 将理解结果通过合理的方式表达出来。

3. 情感计算的潜在问题

情感计算是人工智能的重要部分,目前的人工智能实际上只是人工认知,广义的人工智能应该包括人工认知、人工情感和人工意志三个方面。因此想要发展人工智能,就必须首先解决一系列有关情感的基本理论问题:什么是情感?情感的客观目的是什么?认知与情感到底有何区别?这些深层次的理论问题是当今的哲学、思维科学、生命科学和心理学等没能真正解决的。显然,不解决上述理论问题,要想研究真正意义的情感机器是很困难的。

目前,针对各种生理指标的情感计算方法还存在难以克服的困难,例如复杂情感的表达、多情感相互渗透的计算模型、情感的基本类型划分标准、不同的生理指标计算和测量标准等都还存在很大的不确定性,应用较多的是人脸情感识别和语音情感交互。

1.3.5 计算机仿真技术

计算机仿真是应用计算机技术对系统的结构、功能和行为以及参与系统控制的人的思维过程和行为进行动态性的、比较逼真的模仿,是当前应用最广泛的实用技术之一。

仿真就是用模型(物理模型或数学模型)代替实际系统进行实验和研究。它所遵循的基本原则是相似原理,即几何相似、环境相似和性能相似等,它是对现实系统的某一层抽象属性的模仿。实际上,仿真是一个相对概念,任何逼真的仿真都只能是对真实系统某些属性的逼近。仿真是有层次的,既要针对所欲处理的客观系统的问题,又要针对提出处理者的需求层次,否则很难评价一个仿真系统的优劣。

计算机仿真是利用计算机软件模拟实际环境进行科学实验的技术。它是以数学理论为基础,以计算机和各种物理设施为设备工具,利用系统模型对实际的或设想的系统进行仿真研究的一门综合性技术。它具有高效、安全、受环境条件的约束较少、可改变时间比例尺等优点,已成为分析、设计、运行、评价、培训系统(尤其是复杂系统)的重要工具。

一直以来,计算机仿真作为一种实用性极强的工具被应用于各个方面,在减少开支、避免风险、缩短开发周期、提高产品质量方面起着重要作用。例如,在核武器研究领域,核弹爆炸可以采用计算机仿真模拟完成而不进行实际试验。自联合国全面禁止核试验以来,各发达国家均通过高速大规模计算机来模拟进行核弹爆炸试验。

1.3.6 虚拟现实技术

虚拟现实技术(virtual reality, VR)是近年来随着社会和科技发展出现的计算机应用技术,也

被称作灵境技术或人工环境。虚拟现实利用计算机技术模拟产生一个三维空间的虚拟世界，可以给用户提供视觉、听觉、触觉全方位的感受，可以及时、没有限制地与虚拟环境进行交互，如图 1-19 所示。



图 1-19 虚拟现实技术的应用

虚拟现实是多项计算机技术的综合，包括图形计算、三维立体显示技术、人体行为跟踪技术，以及触觉/力觉反馈、立体声、网络技术、语音输入输出技术等。

虚拟现实研究中存在以下几种关键技术。

(1) 显示技术。双目立体视觉问题是 VR 系统中的一项关键技术。为了模拟人类双目所观察到的图像不同，可以在不同显示器上显示同一幅图像，也有些 VR 系统将两组图像放在单个显示器上，而通过特殊的头盔显示器或者过滤眼镜，使用户佩戴之后一只眼睛只能看到奇数帧图像，另一只眼睛只能看到偶数帧图像，通过这样的视差产生立体感。

(2) 声音。人类的听觉系统能够很好地识别声音的方向。因为人类两耳的位置差异使得其接收到声音的时间也略有不同，人类正是依靠这种细微的差异来判定声音的方向。常见的立体声效果也正是依靠左右耳听到在不同位置的不同声音来产生一种方向感。在现实中，人的头部运动会改变听到的声音效果。但在目前的 VR 系统中，暂时还无法模拟产生这样的立体效果。

(3) 感觉反馈。用户的手可以和虚拟的物体进行接触并进行抓取等操作。然而，用户却无法感受到手部与物体接触到的感觉，并且无法精确控制手与物体的接触位置而避免“穿过”物体表面。这与真实世界明显不同。为了解决这个问题，常用方法是在手套内层安装一些可以模拟触觉的触点设备。

(4) 语音。语音识别是 VR 系统中除了图形图像以外另一项重要的人机交互途径。因为人类的语音和自然语言信号极其多样复杂，这就给计算机的识别工作造成很大的困难。在一段连续的人类语音信息中，词与词之间的连续与停顿，因为具体前后文环境产生的变化，说话人的差异以及具体心情、生理疾病、语气等产生的各种不同变化，都是语音识别的巨大障碍。截至目前，使用语音信息作为计算机系统的输入途径还存在两方面问题，首先是语音识别的效率问题，为便于计算机准确理解，可能造成输入的语音以及辅助信息过于繁琐；其次是识别正确性问题，计算机理解语音的方法是以对比匹配为主，整个过程缺乏人类的智能，识别正确率还有待提高。

在各种人机交互设备中，键盘和鼠标是被用到最多的工具。但对于三维虚拟世界，却因为 6 个自由度，很难找出直观的方法把鼠标的二维运动映射成三维空间的运动。目前，已经有一些设备可以提供 6 个自由度，如 3Space 数字化仪和 SpaceBall 空间球等。另外一些较为常见的交互设备是数据手套和数据衣。

1.4 课后习题

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. ()是计算机的主要特点。
A. 运算速度快 B. 计算精度高
C. 具有存储功能 D. 以上都对
2. 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
3. 计算机处理信息的最小单位是()。
A. 字节 B. 位 C. 字 D. 字长
4. 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
5. 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
6. 下列描述中，正确的是()。
A. $1KB=1024 \times 1024B$ B. $1MB=1024 \times 1024B$
C. $1KB=1024MB$ D. $1MB=1024B$
7. 计算机系统的组成包括()。
A. 系统软件和应用软件
B. 硬件系统和软件系统
C. 主机和外部设备
D. 运算器、控制器、存储器和输入/输出设备
8. 物理器件采用中、小规模集成电路的计算机被称为()。
A. 第一代计算机 B. 第二代计算机
C. 第三代计算机 D. 第四代计算机

三、思考题

1. 虚拟现实的应用主要有哪些？除了本章介绍的，还能列举哪些例子？
2. 你知道的情感交互应用有哪些？这些交互途径是怎么模拟人的情感交互过程的？
3. 你见过的可穿戴计算设备有哪些？
4. 总线的作用是什么？它的数据流动方向靠什么来控制？
5. 内存和外存的主要区别是什么？
6. 运算器能保留计算结果吗？为什么？