



工业和信息化普通高等教育“十三五”规划教材立项项目
普通高等学校计算机教育“十三五”规划教材

信息与 智能科学导论

Introduction to Information and
Intelligent Science

宁爱军 曹鉴华 主编

- 突出计算思维和创新能力的培养
- 系统介绍大数据、人工智能等新技术
- 提供丰富的教学资源和操作案例



 中国工信出版集团

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化部普通高等教育“十三五”规划教材立项项目
普通高等学校计算机教育“十三五”规划教材

信息与 智能科学导论

Introduction to Information and
Intelligent Science

宁爱军 曹鉴华 主编



人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

信息与智能科学导论 / 宁爱军, 曹鉴华主编. — 4
版. — 北京: 人民邮电出版社, 2019.9
普通高等学校计算机教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-115-51466-0

I. ①信… II. ①宁… ②曹… III. ①信息学—高等
学校—教材 IV. ①G201

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第149628号

内 容 提 要

本书从计算思维的角度介绍计算机硬件和软件系统、计算机网络、信息安全、Python 程序设计、文档处理与排版、数据处理与分析、数据库技术和演示文稿设计等内容, 以及物联网、云计算、大数据和人工智能等新一代信息技术。本书还配有相应的实验和课后习题。

本书适合作为普通高等院校的计算机基础课教材, 也可以作为计算机爱好者的自学参考书。

-
- ◆ 主 编 宁爱军 曹鉴华
责任编辑 张 斌
责任印制 陈 犇
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 21 2019年9月第4版
字数: 605千字 2019年9月北京第1次印刷

定价: 59.80 元

读者服务热线: (010) 81055256 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

近年来,以物联网、云计算、大数据和人工智能等为代表的新一代信息技术成为社会经济和生产发展的关键因素,带动了各行各业的产业转型和结构升级。计算思维作为人类的重要思维方法,对人们解决实际问题、进行创新创业具有重要作用。因此,融合物联网、云计算、大数据和人工智能等新一代信息技术,凝聚“计算思维”理念,将成为大学计算机基础课程的发展方向。

本书特点如下。

(1) 从计算思维的角度介绍计算机硬件和软件系统、计算机网络、信息安全等知识,培养学生的计算思维能力。

(2) 理论联系实际,系统地介绍物联网、云计算、大数据和人工智能等新一代信息技术,并安排了操作性强的大数据和人工智能实验。

(3) 介绍了 Linux 操作、Python 程序设计、高级文档排版、数据处理与分析、数据库和演示文稿设计等内容,培养学生使用信息技术解决实际问题、进行创新创业的能力。

(4) 部分章节配有针对性强的实验,可操作性强。

(5) 每章均设有习题,习题与教材内容结合紧密,有利于学生理解和巩固所学知识。

(6) 本书配有视频和电子教案等学习资源,要想获取相关资源和习题参考答案,可以登录人邮教育社区(www.ryjiaoyu.com)进行下载。

本书适合大学本科各专业的学生学习,建议安排在第1学年的第1学期学习。任课教师可合理选择讲授和自主学习的内容,并充分利用本书提供的教学资源。

读者还可扫描二维码或登录人邮学院(www.rymooc.com)查找本课程观看视频。



全书共13章,第1章由赵奇编写,第2章由杨光磊编写,第3章、第4章由宁爱军编写,第5章由王淑敬编写,第6章由张睿编写,第7章由曹鉴华编写,第8章由王燕编写,第9章由李伟编写,第10章由张艳华编写,第11章由胡香娟编写,第12章由满春雷编写,第13章由窠若非编写。

全书由宁爱军、曹鉴华担任主编,负责全书的总体策划、校对和统筹定稿。为本书的编写做出贡献的还有熊聪聪、林琳等老师。本书的出版得到了编者所在学校各级领导的关心和支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。编者邮箱为 naj@tust.edu.cn。

编者

2019年3月

第1章 计算机系统概述.....1

1.1 计算思维与计算.....1	1.1.1 计算思维概述.....1
	1.1.2 计算思维与各学科的关系.....2
	1.1.3 信息技术与智能科学.....2
	1.1.4 计算工具的发展.....3
	1.1.5 元器件的发展.....5
1.2 数据编码.....6	1.2.1 进位计数制.....6
	1.2.2 不同进制数的转换.....7
	1.2.3 二进制与元器件.....8
	1.2.4 存储单位.....9
	1.2.5 二进制与数字的表示.....10
	1.2.6 计算机中的字符编码.....10
	1.2.7 计算机中的汉字编码.....12
	1.2.8 图像的数字化编码.....13
	1.2.9 声音的数字化编码.....14
	1.2.10 数据压缩技术.....15
1.3 计算机体系结构.....16	1.3.1 图灵与图灵机.....16
	1.3.2 冯·诺依曼计算机结构.....18
	1.3.3 存储程序控制原理.....19
1.4 现代计算机结构.....20	1.4.1 微型计算机结构.....20
	1.4.2 主板.....20
	1.4.3 微处理器.....21
	1.4.4 计算机存储体系.....23
	1.4.5 输入设备和输出设备.....26
	1.4.6 选购计算机策略.....30
小结.....31	
习题.....31	

第2章 计算机软件系统.....36

2.1 软件系统概述.....36	2.1.1 软件与硬件的关系.....36
	2.1.2 系统软件.....37

	2.1.3 应用软件.....38
2.2 操作系统.....38	2.2.1 进程管理.....38
	2.2.2 存储管理.....39
	2.2.3 磁盘和文件管理.....40
	2.2.4 设备管理.....42
2.3 操作系统的高级应用.....42	2.3.1 单机多系统.....42
	2.3.2 备份和还原操作系统.....43
2.4 虚拟机和 Linux 操作系统.....43	2.4.1 虚拟机.....43
	2.4.2 Linux 操作系统.....44
	2.4.3 使用虚拟机安装 Linux 操作系统.....47
	2.4.4 优麒麟操作系统的使用.....51
小结.....57	
实验 1.....57	
实验 2.....58	
习题.....58	

第3章 计算机网络技术.....61

3.1 网络概述.....61	3.1.1 网络的定义.....61
	3.1.2 网络的主要功能.....61
	3.1.3 网络的发展历史.....62
3.2 网络分类.....63	3.2.1 从网络地理范围分类.....63
	3.2.2 从网络使用范围分类.....63
	3.2.3 从网络拓扑结构分类.....64
3.3 网络体系结构和协议.....66	3.3.1 网络体系结构.....66
	3.3.2 TCP/IP.....67
3.4 TCP/IP 的网络访问层.....68	3.4.1 网络传输介质.....68
	3.4.2 数据传输与控制.....70
	3.4.3 硬件设备.....72

3.5 TCP/IP 的网络层	74	4.3.2 病毒的传播途径	113
3.5.1 IP 地址	74	4.3.3 病毒防治	114
3.5.2 IP 地址的分层结构	74	4.3.4 木马	115
3.5.3 特殊 IP 地址	74	4.4 信息社会的道德规范	115
3.5.4 Ping 命令	75	4.5 知识产权保护	116
3.5.5 路由器	76	小结	117
3.6 TCP/IP 的传输层	76	实验	117
3.7 TCP/IP 的应用层	76	习题	117
3.7.1 客户机/服务器工作模式	76	第5章 Python 语言程序设计	121
3.7.2 端口号	77	5.1 Python 语言简介	121
3.7.3 DNS 域名	77	5.2 Python 语言编程基础	123
3.7.4 WWW 服务	79	5.2.1 标识符和关键字	123
3.7.5 电子邮件	81	5.2.2 变量	123
3.7.6 FTP 与文件的上传下载	81	5.2.3 数据类型	124
3.7.7 远程登录与远程桌面	82	5.2.4 运算符和表达式	124
3.8 局域网接入 Internet	83	5.2.5 输入和输出	126
3.9 信息检索	87	5.3 程序设计	127
3.9.1 光盘数据库检索系统	88	5.3.1 顺序结构	127
3.9.2 联机信息检索系统	88	5.3.2 选择结构	128
3.9.3 网络信息检索	89	5.3.3 循环结构	131
3.10 互联网+创新创业	90	5.3.4 海龟图形程序设计	134
小结	91	小结	136
实验	91	习题	136
习题	92	第6章 物联网导论	140
第4章 信息安全技术	96	6.1 物联网概述	140
4.1 信息安全概述	96	6.1.1 物联网的定义	140
4.1.1 信息安全的含义	96	6.1.2 物联网的体系结构	141
4.1.2 信息安全的风险来源	97	6.2 感知层相关技术	142
4.2 信息安全防范措施	98	6.2.1 无线射频识别技术	142
4.2.1 数据备份	98	6.2.2 二维条形码	143
4.2.2 双机热备份	100	6.2.3 传感器技术	143
4.2.3 数据加密	100	6.2.4 定位技术	144
4.2.4 数字签名	104	6.3 网络层相关技术	146
4.2.5 身份认证	106	6.3.1 移动通信系统	146
4.2.6 防火墙	108	6.3.2 ZigBee	147
4.2.7 漏洞、后门、补丁程序和安全卫士	110	6.4 物联网应用案例	147
4.2.8 提高物理安全	111	6.4.1 智能家居	147
4.3 计算机病毒和木马	112	6.4.2 智能交通	148
4.3.1 病毒概述	112	小结	150

习题	150	9.1.3 人工智能的三次浪潮	195
第7章 云计算导论	152	9.1.4 人工智能的发展趋势	196
7.1 云计算概述	152	9.2 人工智能的流派	196
7.1.1 云计算的由来	152	9.2.1 符号主义	197
7.1.2 身边的云计算	153	9.2.2 连接主义	197
7.1.3 云计算的概念及特征	154	9.2.3 行为主义	198
7.1.4 云计算业务模型	155	9.2.4 其他流派	198
7.1.5 国内外知名云	156	9.3 人工智能的研究领域	199
7.2 云计算技术基础	157	9.3.1 概念表示	199
7.2.1 云计算硬件技术基础	157	9.3.2 知识表示	200
7.2.2 分布式技术	158	9.3.3 专家系统	202
7.2.3 虚拟化技术	159	9.3.4 知识图谱	202
7.3 云计算的应用	161	9.3.5 搜索技术	203
7.3.1 云计算典型案例	161	9.3.6 机器学习	205
7.3.2 云计算应用实践	163	9.3.7 人工神经网络与深度学习	207
7.3.3 虚拟机与虚拟操作系统	165	9.4 机器学习算法及其在 Python	
小结	165	中的应用	211
习题	165	9.4.1 机器学习、深度学习和	
第8章 大数据导论	168	强化学习	211
8.1 大数据概论	168	9.4.2 使用 Python 进行机器学习	211
8.1.1 数据的类型	169	9.4.3 有监督学习的 K-近邻算法	212
8.1.2 大数据产生的背景	171	9.4.4 无监督学习的 K-均值算法	212
8.1.3 大数据的概念和特征	172	9.5 云计算、大数据与人工智能的	
8.2 大数据的处理流程	172	关系	213
8.2.1 数据采集与预处理	172	小结	214
8.2.2 数据管理	177	实验 1	214
8.2.3 数据处理	179	实验 2	215
8.2.4 数据可视化	181	习题	217
8.3 大数据的应用领域	182	第10章 文档处理与排版	220
小结	185	10.1 样式	220
实验 1	185	10.1.1 套用内置样式	220
实验 2	188	10.1.2 创建新样式	220
实验 3	190	10.1.3 管理样式	222
习题	192	10.2 项目符号、编号与多级列表	222
第9章 人工智能导论	194	10.2.1 项目符号	222
9.1 人工智能概述	194	10.2.2 编号	223
9.1.1 人工智能的起源	194	10.2.3 多级列表	224
9.1.2 人工智能的定义	195	10.3 题注和交叉引用	227
		10.3.1 插入题注	227
		10.3.2 交叉引用	228

10.4	脚注与尾注	229	11.5.2	MIN 函数	257
10.4.1	添加脚注	229	11.5.3	AVERAGE 函数	258
10.4.2	添加尾注	230	11.5.4	SUM 函数	258
10.4.3	管理脚注和尾注	230	11.5.5	IF 函数	258
10.5	分栏	231	11.5.6	SUMIF 函数	259
10.6	页眉、页脚和页码	231	11.5.7	AVERAGEIF 函数	259
10.6.1	设置页眉、页脚和页码	231	11.5.8	COUNT 函数	260
10.6.2	分节设置不同的页眉和页脚	233	11.5.9	COUNTA 函数	260
10.7	编制目录	235	11.5.10	COUNTIF 函数	261
10.7.1	根据样式自动生成目录	235	11.6	图表	261
10.7.2	大纲目录	236	11.6.1	创建图表	261
10.7.3	管理目录	237	11.6.2	编辑图表	262
10.8	邮件合并	237	11.7	数据分析	265
10.9	使用 Visio 绘制流程图	239	11.7.1	数据的排序	265
小结		240	11.7.2	数据筛选	267
实验 1		240	11.7.3	数据有效性	269
实验 2		242	11.7.4	分类汇总	270
实验 3		244	11.7.5	数据透视表	272
习题		245	小结		275
第 11 章 数据处理与分析		249	实验 1		275
11.1	输入特殊数据	249	实验 2		277
11.1.1	文本型数据	249	习题		280
11.1.2	数值型数据	249	第 12 章 数据库技术基础		287
11.1.3	日期型数据	250	12.1	数据库概述	287
11.2	高级编辑技巧	250	12.1.1	数据库体系结构	287
11.2.1	填充	250	12.1.2	概念模型	288
11.2.2	选择性粘贴	252	12.1.3	关系模型	290
11.2.3	查找和替换	252	12.2	关系数据库	290
11.2.4	条件格式	254	12.2.1	关系术语	290
11.3	Excel 中的公式	254	12.2.2	关系完整性	291
11.3.1	运算符与表达式	254	12.3	Microsoft Access 2010 简介	292
11.3.2	输入公式	255	12.4	数据库的基本操作	293
11.4	单元格引用	256	12.4.1	创建数据库	293
11.4.1	相对地址引用	256	12.4.2	创建表	294
11.4.2	绝对地址引用	256	12.4.3	数据记录操作	298
11.4.3	混合地址引用	256	12.4.4	定义表之间的关系	299
11.4.4	跨表引用	256	12.5	查询	300
11.5	函数	257	12.5.1	选择查询	300
11.5.1	MAX 函数	257	12.5.2	交叉表查询	302
			12.5.3	SQL 语言	302

小结	306	13.5 动画刷	319
实验	306	13.6 创建交互式演示文稿	319
习题	309	13.6.1 创建超链接	320
第 13 章 演示文稿设计	312	13.6.2 添加动作按钮	320
13.1 幻灯片版式	312	13.7 幻灯片放映	321
13.2 幻灯片主题和母版	313	13.7.1 幻灯片的切换方式	321
13.2.1 主题	313	13.7.2 设置放映类型	322
13.2.2 幻灯片母版	313	13.7.3 控制幻灯片放映	322
13.3 添加元素	315	13.7.4 设置排练计时	323
13.3.1 添加音频	315	13.8 演示文稿的设计理念	324
13.3.2 添加视频	315	小结	324
13.3.3 添加 SmartArt 图示	316	实验	325
13.3.4 添加图表	317	习题	325
13.4 幻灯片动画	317		

计算机系统的发展离不开计算思维，计算思维作为一种思维方式，通过广义的计算来描述各类自然过程和社会过程，从而解决各学科的问题，是大学生必须掌握的思维方法。本章引入计算思维的定义，讲述计算思维与各学科的关系、信息的数字化编码方法、计算机体系结构及其硬件组成等内容。

1.1 计算思维与计算

1.1.1 计算思维概述

计算思维 (Computational Thinking) 是指计算机、软件以及计算相关学科的科学家和工程技术人员的思维方法。2006 年，美国卡内基·梅隆大学的周以真 (Jeannette M. Wing) 教授提出了“计算思维”的概念，即“计算思维是运用计算科学的基础概念进行问题求解、系统设计以及人类行为理解等涵盖计算机科学之广度的一系列思维活动”，“其本质是抽象和自动化，即在不同层面进行抽象，以及将这些抽象机器化”。计算思维的目的是希望人们能够像计算机科学家一样思考，将计算技术与各学科的理论、技术与艺术融合，从而实现创新。

计算思维包括多项基本内容。

1. 二进制 0 和 1 的基础思维

计算机以二进制 0 和 1 为基础，客观世界的各种信息都可转换为 0 和 1 进行存储及处理。

2. 指令和程序的思维

指令是计算机的基本动作，计算机为了完成一个任务，可以将指令按照顺序组织为程序。计算机按照程序的控制顺序执行指令，从而完成任务。

3. 递归的思维

递归可以用有限的步骤实现近于无限的功能。递归使用类似递推的方法，如例 1.1 为求解自然数的阶乘问题，可以描述为函数 $f(n)$ ， $f(n)$ 可以通过 $f(n-1)$ 求得，依此类推直到求得 $f(1)$ ，然后倒推得到 $f(2)$ 、 $f(3)$ ……，直到 $f(n)$ 。有一些问题的求解必须使用递归的方法，如汉诺塔问题等。

【例 1.1】 计算自然数 n 的阶乘问题。

阶乘可以描述如下：

$$n! = \begin{cases} 1 & (n \leq 1) \\ n \times (n-1) \times \cdots \times 1 & (n > 1) \end{cases}$$

函数 $f(n)$ 的功能是计算 $n!$ ，其描述如下：

$$f(n) = \begin{cases} 1 & (n \leq 1) \\ n \times f(n-1) & (n > 1) \end{cases}$$

4. 计算机系统发展的思维

计算机系统的主要发展阶段包括冯·诺依曼计算机、个人计算机、并行与分布式计算、云计算等，体现了不同时代计算手段的发展和变化，以及在各学科的应用研究。

计算机系统包括计算机硬件系统、软件系统、网络系统等。

5. 问题求解的思维

利用计算手段进行问题求解的思维主要包括算法和系统两个方面。

算法是计算机系统的灵魂，它是有穷规则的集合，规定了任务执行或问题求解的一系列步骤。问题求解的关键是设计可以在有限时间和空间内执行的算法。

系统是解决社会/自然问题的综合解决方案。设计和开发计算机系统是一项复杂的工程，不仅要采用系统化的科学思维，还要在系统开发时控制系统的复杂性，优化系统结构，提高系统的可靠性、安全性、实时性。

6. 网络化的思维

由计算机技术发展起来的网络，将计算机和各种设备连接起来的局域网、互联网，逐步实现了物-物、人-人、物-人连接的网络化环境。通过网络环境进行问题求解的网络化思维是计算思维的重要组成部分。网络化的思维丰富了社会和自然科学问题的求解手段。

1.1.2 计算思维与各学科的关系

计算思维对计算机相关学科的影响极为深远，同时它还与其他学科相结合，促进其他学科的研究和创新，为各学科的专业人才提供了计算手段。

1. 应用计算手段促进各学科的研究和创新

各学科应用计算手段进行研究和创新，将成为未来各学科创新的重要手段。

例如，3D 打印技术可以生产机械设计的模型，生物科学利用计算机技术进行药物研制，自行车行业利用计算机和互联网技术创立了摩拜等共享单车公司。

2. 各学科创新自己的新型计算手段

各学科利用已有的计算手段，还可以研究支持本学科创新和研究的新计算手段。

例如，从事音乐创作的人可以研发创作音乐的计算机软件，从事建筑设计的人可以研发建筑设计的辅助软件，从事电影艺术的人可以研发视频编辑和动画设计的软件。

3. 计算思维可以帮助培养各专业的人才

各专业的学生可以学会用很多计算手段的应用和技能（如 Office、Photoshop 等各种工具软件）解决实际问题。但是如果学生只掌握这些工具软件，而不掌握计算思维，那么在未来就很难融会贯通、自我学习专业所需要的新工具和软件，也将会缺乏使用计算工具进行创新的能力。

各专业的学生掌握了计算思维能力，就可以自学掌握各种新软件工具，甚至创新本专业的计算手段。

1.1.3 信息技术与智能科学

1. 信息技术

信息技术（Information Technology）是管理和处理各类信息所采用的技术的总称。其中包括计算机的硬件和软件技术，网络和通信技术及各种应用开发工具等。随着计算机技术的发展和 Internet 的普及，越来越多的生产、生活都离不开各种计算机硬件和软件的辅助。人们利用计算机进行各类信

息的交换和存储,并通过计算机进行大量计算以帮助人们完成各种复杂的工作。

信息技术的研究涵盖各个领域,包括科学、工程以及管理等多个学科,这些学科在信息的管理、传递和处理中都大量使用了最新的信息技术。

随着信息技术的快速发展,越来越多的学科领域开始使用信息技术来进行辅助工作,最近持续升温的人工智能技术就是信息技术的一个重要组成部分。人工智能技术不仅可以应用在语言处理、智能检索、机器翻译等传统领域,而且可以在逻辑推理、专家系统、语音识别等更为复杂的学科领域中发挥极为重要的作用。

2. 智能科学

智能科学是近年来为人们所关注的新兴科学,其内容涵盖人工智能、机器学习、大数据、数据挖掘、智能机器人、智能信息处理等多个领域。智能科学属于高新前沿技术,具有涉及专业知识面广、覆盖领域多等特点。

目前,智能技术及其应用已经成为国家新一轮科技革命与产业变革中非常重要的一部分内容,具有广阔的应用前景,如智能机器人、智能化机器、智能化电器、智能化楼宇、智能化社区、智能化物流等,对人类生活的方方面面产生重要的影响。

2017年,智能科学与技术专业被我国列入新工科重点发展的专业之一。它以加强智能科学理论方法和应用技术为核心,以促进学生知识、能力、素质协调发展为目标,注重培养学生良好的科学研究素养和技术应用能力。

1.1.4 计算工具的发展

计算工具的发展过程就是人们不断追求计算的机械化、自动化和智能化,尝试各种计算工具,实现数据的表示、存储和自动存储数据、计算规则的表示、执行和自动执行计算规则的过程。

计算工具的发展包括手动计算器、机械式计算器和电子计算机3个阶段。

1. 手动计算器

在有史料记载之前,人类就开始使用小石块和有刻痕的小棍作为计数工具。随着人类的生产和生活日益复杂,简单的计数已经不能满足需要,很多交易不仅需要计数而且还需要计算。

计算需要基于算法,算法是处理数字所依据的一步一步操作过程,而手动计算器就是利用算法进行辅助数字计算过程的设备。

在我国西周时期出现的算珠和春秋早期出现的算筹是最早将算法和专用实物结合起来的运算工具。到了宋元年间,杨辉等数学家创建的珠算歌诀是将算法理论化、系统化的初步表现。到了明代,珠算取代了算筹,算盘的应用空前成熟和广泛,如图1-1所示。

算盘利用算珠表示和存储数字,计算规则是一套口诀,由人按照口诀手工拨动算珠完成四则运算。自动计算需要由机器自动存储数据执行规则,而算盘的计算过程由手工完成,所以算盘不是自动计算工具。

纳皮尔筹也称纳皮尔计算尺,如图1-2所示,是17世纪由英国数学家约翰·纳皮尔(John Napier)发明的。它由10根木条组成,每根木条上都刻有数码,右边第一根木条是固定的,其余的木条都可以根据计算的需要进行拼合或调换位置。纳皮尔筹也曾传到过中国,北京故宫博物院里至今还保留有藏品。

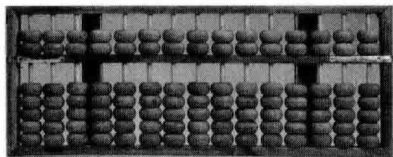


图 1-1 算盘

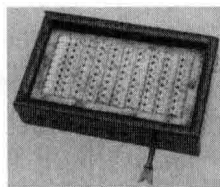


图 1-2 纳皮尔筹

在 17 世纪中期,英国数学家威廉·奥特雷德(William Oughtred)在刻度尺的基础上发明了滑动刻度尺,此后的很长一段时期一直被学生、工程师和科学家所使用,如图 1-3 所示。

2. 计算机的雏形——机械式计算器

手动计算器需要操作者使用算法来进行计算,而机械式计算器则可以自动完成计算,操作者不需要了解其算法。使用机械式计算器时,操作者只需输入计算所需的数字,然后拉动控制杆或转动转轮来进行计算,操作者无须思考,且计算的速度更快。

1642 年,法国物理学家、思想家布莱兹·帕斯卡(Blaise Pascal)发明了加法器(Pascaline),如图 1-4 所示。这是人类历史上第一台机械式计算器。它能自动存储计算过程中的数字,自动执行规则,通过齿轮表示和存储十进制的各个数位的数字。它通过齿轮比解决进位问题。在两数相加时,操作者先在加法机的轮子上拨出一个数,再按照第二个数在相应的轮子上转动对应的数字,最后就会得到这两数的和。



图 1-3 滑动刻度尺

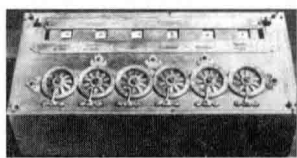


图 1-4 加法器

1673 年,德国哲学家、数学家戈特弗里德·威廉·莱布尼茨(Gottfried Wilhelm Leibniz)发明了乘法器,这是第一台可以运行完整四则运算的计算器。他还在巴黎科学院展示了经他改进的采用十字轮结构的计算器(见图 1-5),完成了数字的不连续传输,这就是早期机械式计算器的雏形。据记载,莱布尼茨曾把自己的乘法机复制品送给了康熙皇帝。

1822 年,英国数学家查尔斯·巴贝奇(Charles Babbage)发明了差分机。它以蒸汽作为动力,可以快速而准确地计算天文学和大型工程中的数据表。差分机中使用了类似存储器的设计方式,甚至包含了很多现代计算机的概念,体现了早期程序设计思想的萌芽,如图 1-6 所示。

库塔(Curta)是能用手拿着的机械式计算器,如图 1-7 所示。它可以进行加减乘除运算,还能计算平方根,其计算结果至少可以精确到 11 位。库塔计算器的发明者库特·赫兹斯塔克(Curt Herzstark)是在第二次世界大战期间被关押在布痕瓦尔德集中营中完成该设计的。20 世纪 50~60 年代,库塔计算器广泛应用于科学家、工程师、测量员和会计师等人群。直到袖珍电子计算器于 20 世纪 70 年代得到广泛应用后,库塔才逐渐退出市场。



图 1-5 莱布尼茨改进的计算器

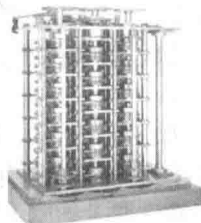


图 1-6 差分机



图 1-7 库塔计算器

3. 电子计算机

在借鉴了手动计算器、机械式计算器的机械化和自动化的思想后,电子计算机实现了自动存储数据,且能够理解和自动执行任意的复杂规则,能进行任意形式的计算,计算能力得到了显著提高。

1937—1942 年,美国艾奥瓦州立大学的约翰·文森特·阿塔纳索夫(John Vincent Atanasoff)

和他的研究生克利福特·贝瑞 (Clifford Berry) 共同设计了阿塔纳索夫-贝瑞计算机 (Atanasoff-Berry Computer, ABC), 如图 1-8 所示。它不仅采用了真空电子管替代机械式开关作为处理电路, 还结合了二进制数字系统的理念。ABC 本身不可编程, 仅可用于求解线性方程组。

ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer, 电子数字积分计算机) 于 1946 年 2 月诞生在美国宾夕法尼亚大学, 它是美国为计算弹道表而研制的一台军用电子计算机, 如图 1-9 所示。它使用了 18 000 个电子管, 耗电量 150kW, 总重量达 30t, 每秒可以执行 5 000 次加法运算, 造价为 48 万美元。ENIAC 是世界公认的第一台通用电子计算机。

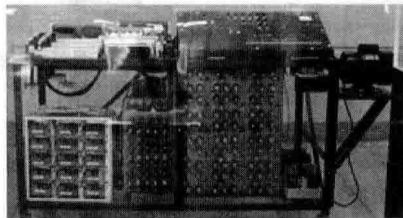


图 1-8 ABC

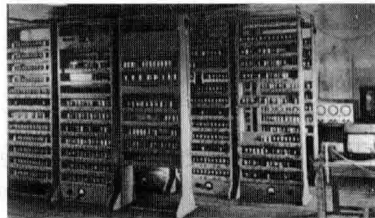


图 1-9 ENIAC

1.1.5 元器件的发展

在计算机发展的过程中, 人们需要寻找和发明能够进行数据自动存储、自动执行规则的元器件, 元器件的发展与演变是计算工具发展的重要基础。计算机的元器件发展经历了电子管、晶体管、集成电路 3 个阶段。

1. 电子管

1895 年, 英国电器工程师约翰·弗莱明 (John Fleming) 发明了电子管 (真空二极管), 它是使电子单向流动的元器件。1907 年, 美国人德·福雷斯特 (De Forest) 发明了真空三极管, 这一发明使他获得了“无线电之父”的称号。他在二极管的灯丝和板级间加了一块栅板, 使电子流动可以控制。从而使电子管进入普及和应用阶段, 并使电子管成为可用于存储和控制二进制数的电子元器件。世界上公认的第一台电子计算机 ENIAC 就是使用的电子管。

电子管比机械式继电器反应快、运算速度快, 但缺点是体积大、可靠性低、能耗大、易损坏, 如图 1-10 (a) 所示。

2. 晶体管

1947 年, 美国贝尔 (Bell) 实验室发明了晶体管, 晶体管可以控制电流和电压, 还可以作为电子信号的开关, 如图 1-10 (b) 所示。20 世纪 50 年代末, 晶体管风靡全世界。与电子管相比, 晶体管的体积更小、价格更便宜, 并且能耗低、可靠。以晶体管为主要元器件的计算机体积更小, 运算速度可提升至每秒数百万次。这一时期还出现了计算机操作系统, 并且开始采用高级语言进行程序设计。晶体管计算机需要使用电线将数万个晶体管连接起来, 其电路结构复杂, 使得计算机的可靠性变低。

3. 集成电路

1958 年, 美国德州仪器公司的工程师杰克·基尔比 (Jack Kilby) 提出了集成电路的构想: 在同一材料 (硅块) 上集成所有元件, 并通过其上方的金属化层连接各个部分, 自动实现复杂的变换。这样, 就不再需要分立的独立元件, 避免了手工组装元件、导线的操作。

集成电路使在单个小型芯片上集成数千个元件成为可能, 大大降低了设备的体积、重量和能耗。由于其集成的元件个数多, 运算速度也更快, 如图 1-10 (c) 所示。

大规模集成电路可以在一个芯片上集成几百个元件, 20 世纪 80 年代出现的超大规模集成电路 (Very Large Scale Integrated Circuit, VLSI) 可以在芯片上集成几十万个元件, 如图 1-10 (d) 所示,

20 世纪 90 年代的特大规模集成电路 (Ultra Large Scale Integrated Circuit, ULSI) 将数量扩充到了百万级。到了 2012 年, 在一块采用超大规模集成电路技术的硅片上可以集成 14 亿个元件。

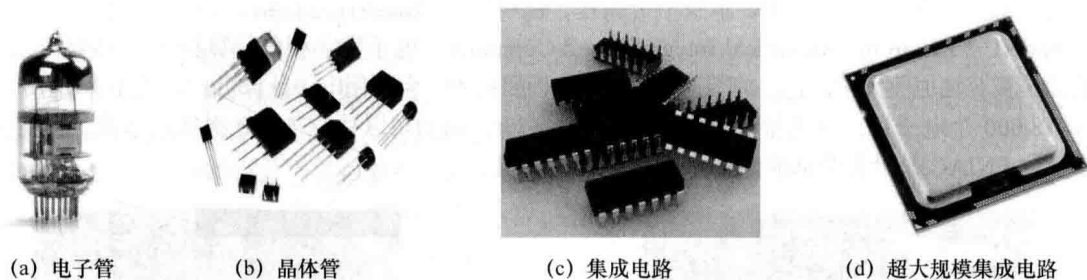


图 1-10 元器件的发展

对于集成电路的发展, Intel 公司创始人戈登·摩尔 (Gordon Moore) 提出了摩尔定律: 当价格不变时, 集成电路上可容纳的晶体管数目约每 18 个月会增加 1 倍, 其性能也会提升 1 倍。

1.2 数据编码

在计算机系统中可将文字、声音、视频等数据转换为简单的电脉冲, 并以 0 和 1 的形式存储。0 和 1 的思维是计算系统的工作基础。

1.2.1 进位计数制

计数制是指用一组固定的数码和一套统一的规则表示数值的方法。按进位的原则进行计数称为进位计数制。

在我们日常生活中常用的计数制是十进制, 而在计算机中常用计数制是二进制、八进制、十六进制。表 1-1 所示为十进制、二进制、八进制、十六进制数码的表示方法。

表 1-1 十进制、二进制、八进制、十六进制的数码表示方法

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
16	10000	20	10

进位计数制中表示一位数所能使用的数码符号个数称为基数。例如, 十进制数有 0~9 共 10 个数码, 基数为 10, 逢 10 进 1。

任何一个数, 不同数位的数码表示的值的大小是不同的。例如, 十进制中, 323.4 可以表示为:

$$323.4=3\times(10)^2+2\times(10)^1+3\times(10)^0+4\times(10)^{-1}$$

其中，百位上的“3”表示300，个位上的“3”表示3。

每个数位的数码代表的数值，等于数码乘以一个固定数值，这个固定数值就称为位权或权。各种进制中位权均等于基数的若干次幂。因此，任何一种进位计数制表示的数都可以拆分为多项式的和。

1. 十进制

十进制中， K 表示0~9的10个数码中的任意一个数码，任何一个数(N)都可以表示为：

$$N=\pm[K_{n-1}\times(10)^{n-1}+K_{n-2}\times(10)^{n-2}+\cdots+K_0\times(10)^0+K_{-1}\times(10)^{-1}+K_{-2}\times(10)^{-2}+\cdots]$$

2. 二进制

计算机中信息的存储和处理都采用二进制。二进制数只有0、1两个数码，基数为2，逢2进1。为了便于区分，在二进制数后加“B”，表示该数为二进制数。例如：

$$1101.1\text{B}=(1101.1)_2=1\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0+1\times2^{-1}=(13.5)_{10}$$

3. 八进制

八进制有0~7共8个数码，基数为8，逢8进1。为了便于区分，在八进制数后加“O”，表示该数为八进制数。例如：

$$127.5\text{O}=(127.5)_8=1\times8^2+2\times8^1+7\times8^0+5\times8^{-1}=(87.625)_{10}$$

4. 十六进制

十六进制有0~9、A、B、C、D、E、F共16个数码，基数为16，逢16进1，用A~F表示十进制中10~15的6种状态。为了便于区分，在十六进制数后加“H”，表示该数为十六进制数。例如：

$$\text{BE}23.8\text{H}=(\text{BE}23.8)_{16}=11\times16^3+14\times16^2+2\times16^1+3\times16^0+8\times16^{-1}=(48675.5)_{10}$$

1.2.2 不同进制数的转换

由于计算机中使用二进制，而现实生活中常用十进制，因此经常需要在不同进制间进行数据的转换。

1. 将不同进制数转换为十进制数

将任何进制的数转换为十进制数时，用每个位置上的数码乘以相应的位权，然后求和，就能得到对应的十进制数值。

【例 1.2】 将二进制数 $(110010100111.1)_2$ 、八进制数 $(6247.4)_8$ 、十六进制数 $(\text{CA}7.8)_{16}$ 转换为对应的十进制数。

$$\begin{aligned} (110010100111.1)_2 &= 1\times2^{11}+1\times2^{10}+0\times2^9+0\times2^8+1\times2^7+0\times2^6+1\times2^5+0\times2^4+0\times2^3+1\times2^2+1\times2^1+1\times2^0+1\times2^{-1} \\ &= (3239.5)_{10} \end{aligned}$$

$$(6247.4)_8=6\times8^3+2\times8^2+4\times8^1+7\times8^0+4\times8^{-1}=(3239.5)_{10}$$

$$(\text{CA}7.8)_{16}=12\times16^2+10\times16^1+7\times16^0+8\times16^{-1}=(3239.5)_{10}$$

2. 将十进制数转换为二进制、八进制、十六进制数

将十进制数的整数部分转换为 R 进制数，通常采用“除 R 取余法”，即用十进制整数除以 R 取余数，将商反复除以 R ，直至商为0。

得到的第一个余数为最低位，最后一个余数为最高位，将所得余数从高位到低位依次排列，就是对应的 R 进制数。

例如，把十进制数转换为二进制数采用“除2取余法”，把十进制数转换为八进制或十六进制数采用“除8取余法”或“除16取余法”。

【例 1.3】 将十进制数 $(167)_{10}$ 转换为对应的二进制、八进制、十六进制数。

