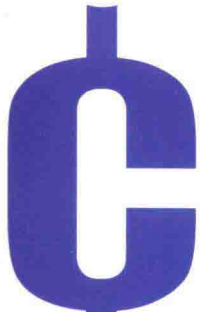




工业和信息化普通高等教育“十三五”规划教材立项项目

21世纪高等教育计算机规划教材



# 大学计算机基础 与计算思维

Fundamentals of Computers and  
Computational Thinking

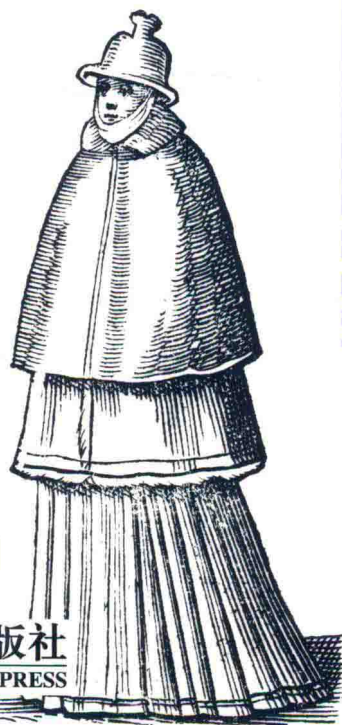
■ 杨丽凤 主编

■ 曹锐 王娜 副主编

— 主线明确，条理清晰，培养计算思维能力

— 问题导入，案例驱动，激发探究式学习

— 内容丰富，以点带面，提高信息素养



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

21世纪高等教育计算机规划教材

# 大学计算机基础 与计算思维

Fundamentals of Computers and  
Computational Thinking

■ 杨丽凤 主编

■ 曹锐 王娜 副主编



人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

大学计算机基础与计算思维 / 杨丽凤主编. -- 北京:  
人民邮电出版社, 2015.9  
21世纪高等教育计算机规划教材  
ISBN 978-7-115-40279-0

I. ①大… II. ①杨… III. ①电子计算机—高等学校—教材②计算方法—思维方法—高等学校—教材 IV.  
①TP3②0241

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第195046号

## 内 容 提 要

本书是由长期从事计算机基础教学和科研并具有丰富教学实践经验的一线教师编写而成的。全书以计算思维为导向,凝练了计算机科学与技术中相关的基本理论、基本方法和基本技能,目标是培养大学生的计算思维能力和提升大学生的信息素养。

全书内容分为3篇共计11章。第一篇计算系统,包括第1章~第4章,概述了计算、计算机、计算思维的基础知识,并从基本运算、硬件系统和软件系统出发构建能够完成自动计算的计算系统。第二篇问题求解,包括第5章~第7章,阐述在计算思维指导下使用计算机解决问题的基本思想和方法,搭建计算机求解问题的基本框架。第三篇信息素养,包括第8章~第11章,介绍在计算机网络和信息安全技术支持下,建立开放的、互联的计算环境,并在应用实践中逐步提高大学生的信息素养。

本书可作为各高等院校非计算机专业计算机基础教学的教材,也可以作为初学者学习计算机基础知识的参考书籍,对于计算机教育工作者、从事计算机工作的人员也有较高的参考价值。

- 
- ◆ 主 编 杨丽凤
  - 副 主 编 曹 锐 王 娜
  - 责任编辑 邹文波
  - 责任印制 沈 蓉 彭志环
  - ◆ 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>  
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 20.5 2015年9月第1版  
字数: 539千字 2015年9月河北第1次印刷
- 

定价: 42.00 元

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

反盗版热线: (010) 81055315



# 目 录

## 第一篇 计算系统

### 第 1 章 计算、计算机与计算思维 ... 2

1.1 计算 .....	2
1.1.1 计算的基本概念 .....	2
1.1.2 计算工具的探索 .....	4
1.2 计算机 .....	6
1.2.1 计算机的发展 .....	6
1.2.2 计算机基础知识 .....	8
1.2.3 计算机新技术 .....	11
1.3 计算模型 .....	15
1.3.1 图灵机模型 .....	15
1.3.2 冯·诺依曼计算机模型 .....	16
1.3.3 哈弗结构模型 .....	18
1.4 计算机系统 .....	19
1.4.1 计算机系统的组成 .....	19
1.4.2 计算机系统的层次结构 .....	21
1.4.3 计算机的基本工作原理 .....	21
1.5 计算思维 .....	23
1.5.1 计算思维概述 .....	23
1.5.2 计算思维的方法与案例 .....	25
1.5.3 计算思维的实现 .....	26
1.5.4 计算思维的应用 .....	28
本章小结 .....	30
习题一 .....	31

### 第 2 章 数据的计算基础 ..... 32

2.1 语义的符号表示 .....	32
2.1.1 自然现象用符号表示 .....	32
2.1.2 思维逻辑用符号表示 .....	33
2.2 计算机中的数制与运算 .....	34
2.2.1 数制与数制间的转换 .....	34
2.2.2 二进制数的运算 .....	36

2.3 信息编码 .....	38
2.3.1 数值信息的表示 .....	38
2.3.2 字符信息的编码 .....	40
2.3.3 汉字信息的编码 .....	42
2.3.4 多媒体信息的编码 .....	44
2.4 电子元器件与基本门电路 .....	47
2.4.1 二极管和三极管的开关特性 .....	48
2.4.2 简单的与门电路 .....	48
2.4.3 简单的或门电路 .....	49
2.4.4 简单的非门电路 .....	50
2.5 数据的组织与压缩 .....	51
2.5.1 数据的组织 .....	51
2.5.2 数据的压缩 .....	52
本章小结 .....	54
习题二 .....	54

### 第 3 章 计算机硬件系统 ..... 55

3.1 硬件概述 .....	55
3.1.1 硬件系统的组成 .....	55
3.1.2 计算机的性能指标 .....	56
3.2 主机箱和主板 .....	57
3.2.1 主机箱 .....	57
3.2.2 主板 .....	58
3.2.3 总线 .....	59
3.2.4 输入/输出接口 .....	62
3.3 中央处理器 .....	64
3.3.1 CPU 的基本结构 .....	64
3.3.2 CPU 的主要性能指标 .....	65
3.3.3 CPU 的主要产品 .....	66
3.3.4 CPU 的新技术 .....	67
3.4 存储器 .....	68

3.4.1 存储系统的层次结构.....	68	4.1.4 操作系统的组成与特征.....	91
3.4.2 高速缓冲存储器.....	69	4.1.5 典型操作系统简介.....	92
3.4.3 内存储器.....	69	4.2 操作系统对不同资源的分工管理.....	93
3.4.4 外存储器.....	72	4.2.1 处理机管理.....	93
3.5 输入/输出设备.....	75	4.2.2 存储管理.....	95
3.5.1 输入设备.....	75	4.2.3 设备管理.....	97
3.5.2 输出设备.....	78	4.2.4 文件管理.....	99
本章小结.....	82	4.2.5 用户接口.....	102
习题三.....	83	4.3 Windows 操作系统.....	104
<b>第4章 操作系统基础.....</b>	<b>84</b>	4.3.1 Windows 的进程管理和内存管理.....	104
4.1 操作系统概述.....	84	4.3.2 Windows 的设备与磁盘管理.....	105
4.1.1 操作系统的基本概念.....	84	4.3.3 Windows 的文件管理.....	107
4.1.2 操作系统的形成与发展.....	85	本章小结.....	115
4.1.3 操作系统的基本类型.....	89	习题四.....	115
<b>第二篇 问题求解</b>			
<b>第5章 算法与数据结构.....</b>	<b>118</b>	<b>第6章 程序设计及软件</b>	
5.1 算法基础.....	118	<b>工程基础.....</b>	<b>143</b>
5.1.1 算法的起源.....	118	6.1 程序、程序设计及软件工程.....	143
5.1.2 算法的定义和特性.....	119	6.2 程序设计语言.....	144
5.1.3 算法的表述.....	119	6.2.1 程序设计语言的发展及分类.....	144
5.1.4 算法的基本结构.....	122	6.2.2 语言处理程序.....	148
5.1.5 算法的评价.....	124	6.2.3 程序设计语言的选择.....	149
5.2 算法设计.....	125	6.2.4 高级程序设计语言的组成.....	150
5.2.1 计算机基本算法.....	126	6.3 程序设计.....	153
5.2.2 经典算法策略.....	127	6.3.1 程序设计的步骤.....	153
5.2.3 常用算法设计.....	131	6.3.2 程序设计的方法.....	155
5.3 数据结构.....	135	6.4 软件工程基础.....	161
5.3.1 数据结构的基本概念.....	135	6.4.1 软件工程的诞生及发展.....	162
5.3.2 数据的逻辑结构.....	136	6.4.2 软件工程的观念.....	162
5.3.3 数据的物理结构.....	136	6.4.3 软件开发模型.....	167
5.3.4 数据的运算.....	137	本章小结.....	170
5.3.5 常见的数据结构.....	137	习题六.....	171
5.3.6 数据结构与算法的关系.....	140	<b>第7章 数据库技术.....</b>	<b>172</b>
本章小结.....	141	7.1 数据与大数据.....	172
习题五.....	141		

7.1.1 数据.....	172	7.3.4 关系模型.....	186
7.1.2 大数据.....	172	7.4 关系数据库案例.....	188
7.2 数据管理和数据库.....	175	7.4.1 分析与设计.....	188
7.2.1 数据库及数据库管理系统.....	175	7.4.2 数据定义.....	189
7.2.2 数据库系统的内部结构.....	180	7.4.3 数据更新.....	192
7.3 数据模型.....	182	7.4.4 数据查询.....	193
7.3.1 概念模型.....	183	7.4.5 视图管理.....	195
7.3.2 层次模型.....	185	本章小结.....	196
7.3.3 网状模型.....	186	习题七.....	196
<b>第三篇 信息素养</b>			
<b>第 8 章 计算机网络.....</b>	<b>200</b>	9.2 信息安全技术.....	238
8.1 计算机网络概述.....	200	9.2.1 数据加密与数字签名.....	238
8.1.1 计算机网络的基本概念.....	200	9.2.2 身份认证与访问控制.....	241
8.1.2 网络协议和体系结构.....	204	9.2.3 防火墙技术.....	245
8.2 局域网.....	206	9.2.4 入侵检测系统.....	248
8.2.1 局域网的组成.....	206	9.3 计算机病毒及其防治.....	249
8.2.2 局域网的体系结构与 802 标准.....	210	9.3.1 计算机病毒的发展.....	249
8.2.3 常见局域网.....	213	9.3.2 计算机病毒的特点与分类.....	250
8.2.4 局域网的组建.....	215	9.3.3 计算机病毒的检测与清除.....	252
8.3 Internet.....	218	9.3.4 计算机病毒的防治措施.....	255
8.3.1 Internet 概述.....	219	9.4 计算机职业道德规范.....	256
8.3.2 TCP/IP 参考模型.....	219	9.4.1 计算机犯罪.....	256
8.3.3 Internet 接入技术.....	223	9.4.2 软件知识产权保护.....	258
8.3.4 Internet 的应用.....	225	9.4.3 信息安全相关法律法规及 道德规范.....	261
8.4 信息的检索与发布.....	229	本章小结.....	263
8.4.1 信息检索系统.....	230	习题九.....	264
8.4.2 信息的发布.....	231	<b>第 10 章 计算软件.....</b>	<b>265</b>
本章小结.....	232	10.1 MATLAB.....	265
习题八.....	233	10.1.1 MATLAB 简介.....	265
<b>第 9 章 信息安全与职业道德.....</b>	<b>234</b>	10.1.2 MATLAB 程序设计基础.....	266
9.1 信息安全概述.....	234	10.1.3 MATLAB 基本计算功能.....	271
9.1.1 信息安全的定义.....	234	10.1.4 MATLAB 数据可视化.....	273
9.1.2 信息安全的特征.....	235	10.1.5 MATLAB 工具箱.....	274
9.1.3 威胁信息安全的因素.....	235	10.2 MATHEMATICA.....	276
9.1.4 信息安全的评价标准.....	236		

10.2.1	MATHEMATICA 的启动和运行.....	277	11.1.6	页面设置与打印.....	297
10.2.2	MATHEMATICA 系统组成.....	277	11.2	电子表格软件 Excel 2010.....	297
10.2.3	MATHEMATICA 的基本操作.....	277	11.2.1	基础知识.....	298
10.3	MAPLE.....	281	11.2.2	工作表操作.....	299
10.3.1	MAPLE 在 Windows 中的启动与退出.....	281	11.2.3	工作表格式化.....	301
10.3.2	MAPLE 系统组成.....	282	11.2.4	公式与函数.....	302
10.3.3	MAPLE 的基本操作.....	282	11.2.5	数据管理与分析.....	306
本章小结	.....	285	11.2.6	页面设置与打印.....	308
习题十	.....	286	11.3	演示文稿制作软件 PowerPoint 2010.....	309
<b>第 11 章 办公软件 Office 2010.....</b>	<b>287</b>		11.3.1	基础知识.....	309
11.1	文字处理软件 Word 2010.....	287	11.3.2	对象插入.....	311
11.1.1	基础知识.....	287	11.3.3	版面设置.....	312
11.1.2	文档格式编辑.....	290	11.3.4	动画设置.....	313
11.1.3	表格使用.....	292	11.3.5	演示文稿放映.....	315
11.1.4	图文混排.....	294	11.3.6	页面设置与打印.....	316
11.1.5	长文档编辑.....	295	本章小结	.....	317
			习题十一	.....	317
			<b>参考文献.....</b>	<b>319</b>	



# 第一篇

## 计算系统

在人类对自动计算的不懈追求和漫长的探索中，电子计算机诞生了。在之后的几十年里，这个只能识别 0 和 1，由基本电子元器件组成，依靠存储程序和程序控制工作的自动计算机器迅猛发展，给人们的生活带来了翻天覆地的变化，并且同时深刻地影响和改变着人们的思维方式。

将现实世界的各种信息符号转换为“0”和“1”，“0”和“1”可以进行算术运算和逻辑运算，这实现了从现实世界到符号世界再到计算世界的转变。电子技术的发展为计算提供了物质基础，从基本元器件到复杂的集成电路芯片，它们最终组成了计算机的硬件系统，从物理上完成了计算自动化的过程，计算世界迈入了计算机世界。为了更好地管理和利用计算机硬件系统资源，人们在裸机上配置了第一个软件——操作系统。操作系统向下屏蔽了硬件的实现细节，向上为其他软件提供有力的支撑。“硬件系统+操作系统”构成了一个完整的计算系统。计算系统为人类利用计算机进行问题求解、系统设计及人类行为理解提供了最基础的计算平台。在此基础之上，人们开发各种各样的软件实现自己的计算梦想。

本篇包括第 1 章~第 4 章，从计算、计算机和计算思维，0 和 1 计算基础，硬件系统和操作系统 4 个要点介绍实现自动计算的思维、方法和过程，构建能够完成自动计算的计算系统。本篇主要内容如下。

第 1 章介绍计算、计算机和计算思维的基本概念，展示计算模型、计算机系统的基础知识，分析计算思维的各种方法及实现和应用，初步建立基于计算过程和计算机能力及限制基础之上的计算思维意识。

第 2 章介绍现实世界到计算机世界的转换思维，通过二进制数的运算、各种信息表示及编码、基本门电路的实现，完成计算机中各类数据的组织与存储，构造计算机系统的计算基础。

第 3 章介绍计算机主机箱和主板、中央处理器、存储器、输入/输出设备等硬件系统各组成部件的基础知识，搭建计算系统的物质基础平台。

第 4 章介绍操作系统的基本概念、组成及工作原理，并以 Windows 为例说明操作系统的资源管理及人机接口的功能，为计算系统建立各种各样的应用奠定重要的软件基础。

# 第 1 章

## 计算、计算机与计算思维

计算机是 20 世纪人类最伟大的发明之一，它的出现和发展极大地推动了人类科学技术的进步。多半个世纪以来，计算机已经渗透到社会生活的各个方面，它还与计算技术相互促进，推动了计算思维的研究和应用。计算机不仅是现代人类活动中不可缺少的工具，对它的认识与掌握还是一个现代高素质人才必须具备的基本信息素养。同时，计算思维将像计算机一样，会逐步渗入每一个人的生活之中，更是每一个人应该具有的普遍认识和应该掌握的基本技能。

### 1.1 计 算

人类早在旧石器时代就已经有了计算的记录，现在每个人都具有计算的能力，人人都离不开计算，然而人的计算速度又是极低的。我国南北朝时期的数学家祖冲之用了 15 年借助于算筹将圆周率  $\pi$  推算至小数点后 7 位。15 世纪初阿拉伯数学家卡西求得了  $\pi$  的 17 位精确小数值，打破了祖冲之保持近千年的纪录。德国数学家鲁道夫·范·科伊伦投入毕生精力，于 1610 年将  $\pi$  算到小数点后 35 位。到 1948 年英国的弗格森和美国的伦奇共同计算的  $\pi$  已达 808 位，这成为人工计算圆周率的最高纪录。

电子计算机的出现使圆周率的计算有了突飞猛进的发展。1950 年，世界上首台电子计算机 ENIAC 只用了 70 小时就计算出  $\pi$  的 2037 个小数位。5 年后，IBM NORC（海军兵器研究计算机）只用了 13 分钟，就算出  $\pi$  的 3089 个小数位。之后借助于计算机， $\pi$  的值也越来越精确，到 1989 年已达 4.8 亿位。2011 年，日本的近藤茂花费约一年时间利用自己组装的计算机将  $\pi$  计算到小数点后 10 万亿位，创造了吉尼斯世界纪录。

在漫长的文明进化中，需要用计算来解决的问题越来越多，计算工具的发明和改进极大地提高了人类的计算能力，发明制造能够代替人进行自动计算的机器一直都是人类的追求和梦想。那么什么是计算，计算就是我们所熟知的“ $1+2=3$ ”“ $3 \times 4=12$ ”吗？

#### 1.1.1 计算的基本概念

计算理论认为计算是依据一定的法则对有关符号串进行变换的过程，即计算是从已知的符号开始，按照规则一步一步地改变符号串，经过有限的步骤，最终得到一个满足预定条件的符号串的过程。“ $1+2=3$ ”“ $3 \times 4=12$ ”就是数据符号在运算符号的操作下，按运算规则进行变换，进而得到正确结果的计算过程。我们学习使用各种函数及其计算规则来求解各种问题，这就是计算。

另外, 1985年图灵奖的获得者 Richard M. Karp 认为: 很多自然的、人工的和社会的系统中的过程自然而然的是计算的, 计算就是执行信息变换。这是广义的计算, 即对信息进行加工和处理。从这个角度讲, 使用计算机浏览网页、写文章和打游戏, 或者用计算机管理企业、设计制造产品及从事电子商务, 这些也都是计算。

计算通过符号和规则完成, 人们一直在研究复杂计算的简化规则, 但有时候即便我们知道了计算规则, 因为超出了人的计算能力却没有办法获得计算的结果怎么办? 我们的另一种办法就是设计一些简单的规则, 让机器通过重复执行来完成计算, 也就是使用机器来代替人进行自动计算, 进而达到解决复杂问题的目的。

为了能够利用机器进行自动计算, 人们面临着以下一些问题需要思考和研究。

### 1. 是不是所有的问题都可以通过自动计算来解决?

可计算性理论通过建立计算的数学模型, 研究哪些是可计算的, 哪些是不可计算的。简单地说, 对于给定的一个输入, 如果计算机器能在有限的步骤内给出答案, 这个问题就是可计算的。数值计算、能够转化为数值计算的数值问题(如语音、图形、图像等)都是可计算的。但并不是所有的问题都可以计算, 事实上不可计算的问题要比可计算的问题多得多, 如哥德巴赫猜想、理发师悖论、“为我做一碗汤”等都是不可计算的。

理发师悖论是 1901 年罗素(B. Russell)在集合论概括原则的基础上提出的, 其大意是: 一个理发师宣称“我给且只给城里那些不自己刮胡子的人刮胡子”, 那么理发师给不给自己刮胡子呢? 如果理发师给自己刮胡子, 他就属于“自己刮胡子的人”, 按规定他就不能给自己刮胡子; 如果理发师不给自己刮胡子, 他就属于“不自己刮胡子的人”, 按规定他就应该给自己刮胡子。这样便由一个规则推出了两个相悖的命题。由此可知, 并不是所有的问题都可以计算, 人们应该把精力集中在研究具有可计算性的问题上。

### 2. 可计算问题的计算代价有多大?

计算复杂性理论使用数学方法研究各类可计算问题的计算复杂性。计算复杂性从数学上提出计算问题难度大小的模型, 判断哪些问题的计算是简单的, 哪些是困难的, 研究计算过程中时间和空间等资源的耗费情况, 从而寻求更为优越的求解复杂问题的有效规则, 这就是算法及算法设计。

例如, 著名的汉诺塔问题描述了在大梵天创造世界的时候做了三根金剛石柱, 在一根柱子上从下往上按照大小顺序摞着 64 片黄金圆盘。大梵天命令婆罗门把圆盘从下面开始按大小顺序重新摆放在另一根柱子上。并且规定, 在小圆盘上不能放大圆盘, 在三根柱子之间一次只能移动一个圆盘。一共需要移动多少次呢? 假设黄金圆盘一共有  $n$  片, 需要移动的次数是  $f(n)$ 。显然  $f(1)=1$ ,  $f(2)=3$ ,  $f(3)=7$ , 且  $f(k+1)=2f(k)+1$ 。那么移动  $n$  片圆盘需要的次数为  $f(n)=2^n-1$ 。该问题的时间复杂度可记为  $O(2^n)$ 。当  $n=64$  时,  $f(64)=18\ 446\ 744\ 073\ 709\ 551\ 615$ 。假如移动一次圆盘需要一秒钟, 一个平年 365 天有 31536000 秒, 闰年 366 天有 31622400 秒, 平均每年 31556952 秒, 移完这些金片需要 5845.54 亿年, 而地球的寿命才 45 亿年。即便使用计算机进行每秒 1 亿次的移动, 也需要大约 5845 年。由此可知, 对于时间复杂度为  $O(2^n)$  的问题, 当  $n$  值稍大时解就很难计算了, 但是它仍然属于可计算问题的范畴。

### 3. 如何实现自动计算?

构建一个低成本、高效率的通用的计算系统。解决平台的硬件系统和软件系统的构建及协调工作问题。

#### 4. 如何方便有效地利用计算系统进行计算?

将可计算性问题的求解算法用程序表示, 利用已有的计算系统, 面向各行各业的计算问题求解。对于具有大规模数据的复杂问题, 通过数据库进行数据的有效管理和分析, 以获取知识发现, 最终解决问题。

#### 5. 如何使计算“无所不能”“无所不在”?

在计算机及网络技术的支持下, 构建并行计算、分布式计算环境, 并且进一步构建云计算环境, 完成复杂的、大规模、低成本、服务化的计算需求。

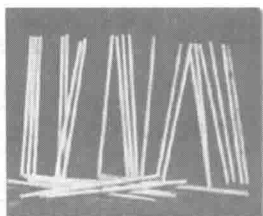
对这些问题的研究不但促进了计算机的诞生和发展, 也促进了计算科学和计算机科学的发展, 并且在这些问题的讨论和解决过程中, 提炼出了一种新的思维方式——计算思维。

### 1.1.2 计算工具的探索

计算和计算工具息息相关, 并且相互促进。计算工具最早可以追溯到人类祖先使用的手指、石头或绳结等。在人类漫长的历史长河中, 人们发明和改进了许许多多的计算工具, 从手动式计算工具——算筹、算盘等, 到机械式计算工具——计算尺、加法器、差分机和分析机等, 再到现代的机电式计算机, 人类不断地追求着“超算”的能力。直到世界公认的第一台电子计算机“ENIAC”诞生, 才开辟了人类使用电子计算工具执行自动计算的新纪元。

#### 1. 手动式计算工具

早在公元前 5 世纪, 中国人就已经开始用算筹作为计算工具了, 这是最早的人造计算工具, 如图 1.1 所示。后来, 在算筹的基础上发明了算盘, 如图 1.2 所示。算盘通过算法口诀化, 加快了计算速度。除此之外, 其他中古国家也发明了各式各样的计算工具, 如古希腊人的“算板”, 印度人的“沙盘”, 英国人的“刻齿本片”等。



数字	1	2	3	4	5	6	7	8	9
纵式						⊥	⊥⊥	⊥⊥⊥	⊥⊥⊥⊥
横式	—	=	≡	≡≡	≡≡≡	⊥	⊥⊥	⊥⊥⊥	⊥⊥⊥⊥

图 1.1 算筹及其计数法

1621 年, 英国数学家威廉·奥特雷德 (William Oughtred) 根据对数原理发明了对数计算尺。它不仅能进行加、减、乘、除、乘方、开方运算, 甚至可以计算三角函数、指数函数和对数函数。历经几百年的改进, 对数计算尺一直沿用到 20 世纪 70 年代才由计算器所取代。现代对数计算尺的外观如图 1.3 所示。

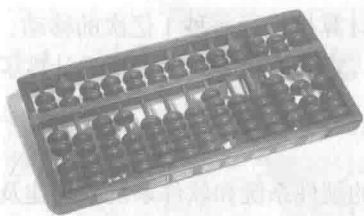


图 1.2 算盘

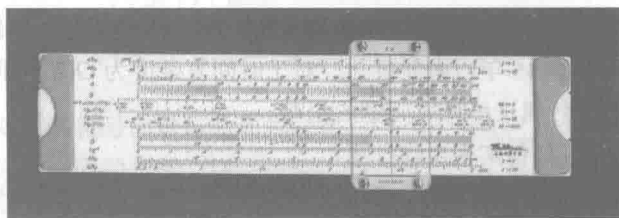


图 1.3 对数计算尺

这些手动式计算工具都是通过某种物体代表数值，并且利用物件的机械操作来进行计算的。

## 2. 机械式计算工具

工业革命开始后，为了很好地设计和制造各种机械设备，人们需要解决的计算问题越来越多、越来越复杂，因而当时的科学家们对于计算工具的研究取得了丰硕的成果。

1642年，法国数学家、物理学家帕斯卡（Blaise Pascal）发明了帕斯卡加法器，如图1.4所示。这是人类历史上第一台机械式计算工具，它通过齿轮旋转解决了自动进位的问题，其原理对后来的计算工具产生了持久的影响。帕斯卡从加法器的成功中得出结论：人的某些思维过程与机械过程没有差别，因此可以设想用机械来模拟人的思维活动。

1673年，德国数学家莱布尼兹（Gottfried Wilhelm Leibniz）发明了乘除法器，进而促成可以进行四则运算的机械式计算器的诞生。这台机器在进行乘法运算时采用进位-加的方法，后来演化为二进制，被现代计算机所采用。莱布尼兹还提出了“可以用机械代替人进行烦琐重复的计算工作”的重要思想。

随着大工业的发展，许多自动化机械设备被发明出来，如提花织机等，随之也引出了计算过程的自动化问题。1822年，英国数学家查尔斯·巴贝奇（Charles Babbage）设计了一台差分机，并在10年后将其变成现实，如图1.5所示，它可以代替人来编制数表。差分机第一次体现了程序设计思想，为现代计算机的发展开辟了道路。1834年他又设计了分析机，不仅可以执行数字运算，还可以执行逻辑运算。分析机已经具备了今天数字计算机的基本框架，包括运算单元、存储单元、输入和输出单元等，巴贝奇甚至还提出了自动制定指令序列的概念。分析机因当时的技术限制而没有实现，但是巴贝奇的工作已经可以看作是采用机械方式实现自动计算过程的一种最积极的探索。

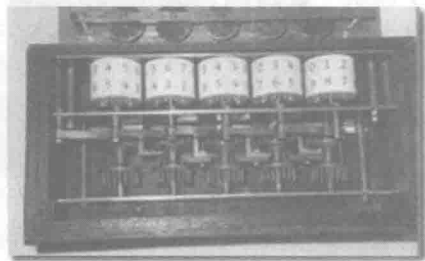


图 1.4 帕斯卡加法器

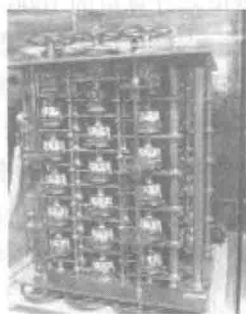


图 1.5 差分机

## 3. 机电式计算机

19世纪到20世纪电学和电子学的发展，进一步为巴贝奇的梦想实现提供了物质和技术基础。人们把电器元件应用到了计算工具上，这就拉开了除了机械式计算机之外的另一条实现自动计算过程的途径。

1938年，德国科学家朱斯（Konrad Zuse）成功制造了世界上第一台二进制计算机Z-1，如图1.6所示。在其此后研制的Z系列计算机中，Z-3型计算机是世界上第一台通用程序控制的机电式计算机。它全部采用继电器，第一次实现了浮点计数法、二进制运算、带存储地址的指令等设计思想。

1944年，美国科学家艾肯（Howard Aiken）成功研制了一台机电式计算机，命名为自动顺序控制计算机MARK-I，如图1.7所示。它使用了3000多个继电器，各种导线总长达800km以上。1947年艾肯又研制出速度更快的机电式计算机MARK-II。

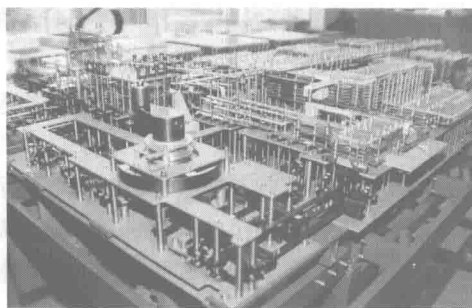


图 1.6 Z-1 计算机

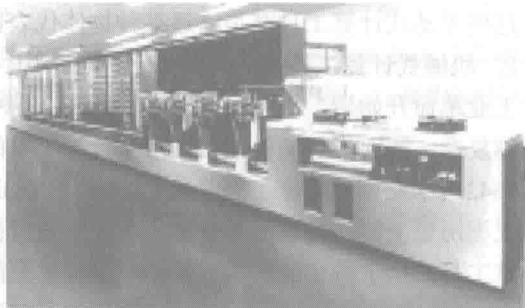


图 1.7 自动顺序控制计算机 MARK-I

机电式计算机的典型部件是普通的继电器，其开关速度大约是百分之一秒，这极大地限制了机电式计算机的运算速度。20 世纪以来电子技术充分发展，利用电子技术提高计算机的运算速度是可行的，这为电子计算机提供了物质基础。另外，数学的充分发展也为设计和研制新型计算机提供了理论依据，尤其是英国数学家图灵在 1936 年提出的“理想计算机”理论为电子计算机奠定了深刻的理论基础。

#### 4. 第一台电子计算机的诞生

1946 年 2 月 15 日，世界公认的第一台“电子数字积分式计算机”ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) 在美国的宾夕法尼亚大学研制成功，如图 1.8 所示。ENIAC 共使用了 18 800 个电子真空管、1500 个继电器及其他电子元件，总重量近 30t，占地约 170m<sup>2</sup>，耗电为 150kW，运算速度可达每秒 5000 次加法或 400 次乘法运算，相当于手工计算的 20 万倍或者继电器计算机的 1000 倍。高速是 ENIAC 最突出的优点。另外，ENIAC 最大的特点是采用电子器件代替了机械齿轮或电动机来执行算术运算、逻辑运算和存储信息。但是因为 ENIAC 不能存储程序，需要用连线的方法来编辑程序，计算速度的优势被过长的准备时间抵消了。尽管如此，ENIAC 仍然是世界上第一台能真正运转的大型电子计算机，它的问世表明了电子计算机时代的到来，具有划时代的意义。

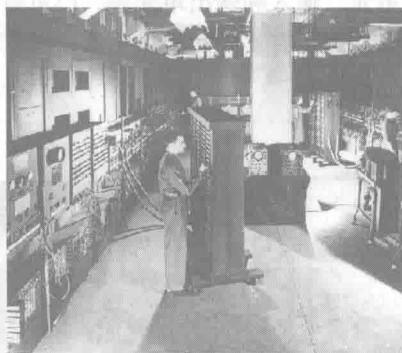


图 1.8 ENIAC

## 1.2 计 算 机

自 ENIAC 诞生以来，电子计算机技术获得了突飞猛进的发展。现在，计算机已经不仅仅是一个“计算”工具，它更是一个能够对各种信息进行获取、表示、存储、传输、处理、控制的信息处理机。它已经渗入了人类社会生活的各个领域，完全改变了人类生存的方式，并由此带来了整个社会翻天覆地的变化。

### 1.2.1 计算机的发展

根据计算机采用的主要电子器件，通常将电子计算机的发展划分为电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、大规模和超大规模集成电路计算机 4 个时代。

### 1. 第一代——电子管计算机（1946—1954年）

这个时期的计算机主要采用电子管作为运算和逻辑元件。主存储器采用汞延迟线、磁鼓、磁芯，外存储器采用磁带。在软件方面，用机器语言和汇编语言编写程序。程序的编写与修改都非常烦琐。计算机主要用于科学和工程计算。代表性的计算机是1946年冯·诺依曼与他的同事们在普林斯顿研究所设计的存储程序计算机IAS。该计算机由存储器、运算器、控制器以及输入设备和输出设备5部分组成。IAS的逻辑结构（即冯·诺依曼结构）对计算机发展所产生的影响直到今天仍具有深远意义。

### 2. 第二代——晶体管计算机（1954—1964年）

这个时期的计算机逻辑元件逐步由电子管改为晶体管，体积与功耗都有所降低。主存储器采用铁淦氧磁芯器，外存储器采用先进的磁盘，计算机的速度和可靠性有所提高。软件方面，出现了各种各样的高级语言，如FORTRAN、ALGOL、COBOL及编译程序语言，简化了程序设计，建立了程序库和批处理的管理程序，开始用“操作系统”软件对整个计算机资源进行管理。除了进行科学计算之外，这时的计算机还应用于工业控制、工程设计及数据处理等领域。世界上第一台晶体管计算机TRADIC（Transistorized Digital Computer）是1955年由美国贝尔实验室研制的，它装有800只晶体管，功率为100W，占地3平方英尺，使用了总线结构。

### 3. 第三代——集成电路计算机（1964—1970年）

这个时期的计算机逻辑元件使用集成电路代替了原来独立的物理元件，使用半导体存储器代替了磁芯存储器。中小规模的集成电路可在单个芯片上集成几十个晶体管。在软件方面，出现了分时操作系统及交互式高级语言，实现了多道程序的运行，如当其中一个程序等待输入/输出时，另一个程序可以进行计算，这大大提高了计算机的运行速度。

### 4. 第四代——大规模集成电路计算机（1970年至今）

这个时期的计算机逻辑元件和主存储器都采用了大规模集成电路（Large Scale Integration of Circuits, LSI）。通过LSI技术在一个芯片上能集成几十万甚至几百万个晶体管，集成度比中小规模集成电路提高了1~2个以上的数量级。大规模集成电路的使用同时也使航天航空、原子能、工业自动化、武器制造等技术得到了迅猛发展，这些领域的蓬勃发展对计算机提出了更高的要求，有力地促进了计算机工业的大发展。1971年末，世界上第一台微处理器和微型计算机在美国旧金山南部的硅谷应运而生，它的诞生开创了微型计算机的新时代。到了20世纪80年代初期，计算机的价格已经降到普通个人能够承受的范围，计算机进入了个人计算机（Personal Computer, PC）时代。

我国1953年成立了第一个电子计算机科研小组，1958年研制成功第一台电子管计算机，到今天计算机的发展经历了仿制、跟踪发展及自主研发几个过程。目前我国在高性能计算机和微型计算机方面都取得了重大的成就。我国电子计算机的发展历程如表1.1所示。

表1.1 我国计算机的发展历程

类型	时间	代表机型	重要意义	
电子管计算机	1958—1964年	小型电子管通用计算机103机	我国第一台电子计算机	
晶体管计算机	1965—1972年	大型晶体管计算机109乙、109丙	主要用于两弹试验	
集成电路计算机	1973年—20世纪80年代初	1974年	集成电路小型计算机DJS-130	掌握集成电路小型机技术
		1977年	微型计算机DJS-050	我国第一台微型计算机
		1983年	银河-I巨型机	我国能够独立设计和制造巨型机的标志

类 型	时 间	代 表 机 型	重 要 意 义		
大规模 超大规模 集成电路 计算机	20 世纪 80 年代中期至 今	1985 年	长城 0520CH 微机	系列微机产业化的里程碑	
		1992 年起	银河系列巨型计算机		我国超级计算机技术已经处于世界领先地位
		1993 年起	曙光系列超级计算机		
		1999 年	神威 I 超级计算机		
		2009 年起	天河系列超级计算机		
	2010 年起	星云超级计算机			
	2001 年起	“龙芯”微处理器芯片及其系列		我国第一款通用 CPU 芯片	

在 2010 年 11 月的全球超级计算机 TOP500 排行榜中,我国首台千万亿次超级计算机“天河一号”排名第一,第一台实测性能超千万亿次的超级计算机“星云”位居第三,这标志着中国拥有了历史上计算速度最快的工具,并且成为继美国之后世界上第二个能够研制千万亿次超级计算机的国家。2013 年 6 月,“天河二号”以每秒 33.86 千万亿次的浮点运算速度,成为全球最快的超级计算机,如图 1.9 所示。到 2014 年 11 月时,“天河二号”在全球超级计算机 TOP500 排行榜中已经连续 4 次荣登榜首。

在微处理器方面,2001 年中科院计算所研制成功我国第一款通用 CPU——“龙芯”(Longstanding)芯片。2002 年,曙光公司推出采用“龙芯-1”CPU 的拥有完全自主知识产权的“龙腾”服务器,在国防、安全等部门发挥了重大作用。目前龙芯产品包括龙芯 1 号、龙芯 2 号和龙芯 3 号 3 个系列,龙芯 3 号芯片如图 1.10 所示。“天河一号”中就使用了“龙芯”CPU,2015 年中国发射了首枚使用“龙芯”的北斗卫星。

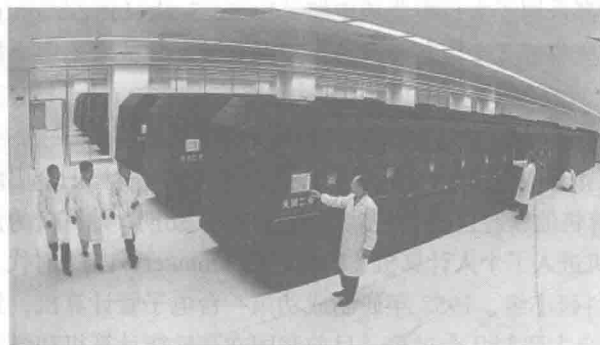


图 1.9 天河二号

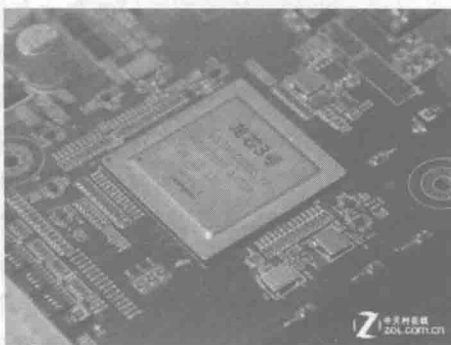


图 1.10 “龙芯”3 号

尽管我国在计算机的发展上已经取得了很高的成就,但是我国与发达国家仍然存在差距,主要表现在我国的原始创新少,研制成果的商品化、产业化落后于发达国家。

## 1.2.2 计算机基础知识

计算机的发展日新月异,计算机的种类和应用也层出不穷。人们平时所说的计算机一般都是指通用计算机,即硬件固定不变,通过加载执行不同的程序,实现不同的功能,解决不同的问题,如台式计算机、笔记本电脑,平板电脑等。除此之外,在工业控制和嵌入式设备等领域,也存在专用计算机,它们只执行预定的程序,从而实现固定的功能。例如,现在的飞机、汽车、电视机、



ATM机、自动售票机、随身听、导航仪、全自动洗衣机等都内嵌了各种各样的计算机。

### 1. 计算机的特点

计算机具有以下几个主要特点。

#### (1) 运算速度快

因为计算机是由高速电子器件组成的，所以能以极快的速度进行运算。计算机的运算速度通常用每秒钟执行定点加法的次数或平均每秒钟执行指令的条数来衡量。这个数值已由早期的每秒几千次（如ENIAC机每秒钟仅可完成5000次定点加法）发展到现在的每秒几千亿次乃至万亿次，并且随着计算机技术的发展还在提高。过去用人工旷日持久才能完成的计算，现在计算机在“瞬间”即可完成。曾有许多数学问题，由于计算量太大，数学家们终其一生也无法完成，而现在使用计算机则可以轻易地解决。

#### (2) 计算精度高

因为计算机采用二进制表示数据，它的精度主要取决于表示数据的二进制位数，即机器字长。字长越长，其精度越高。计算机的字长从8位、16位、32位增加到64位，甚至更长，从而使计算结果具有很高的精度，如果再加上运算技巧，就可以使得计算越来越精确，目前已能达到小数点后上亿位的精度。

#### (3) 具有记忆能力

计算机具有完善的存储系统，可以存储大量数据，这使计算机具备了“记忆”功能，这也是计算机与传统计算工具的一个重要区别。现代计算机的内存容量已达几万兆字节，而外存容量也很惊人。存储系统还可以根据需要不断地扩大，从而满足了社会信息量急剧增长的需要。如果一个大型图书馆使用人工查阅犹如大海捞针，现在普遍采用计算机管理，所有的图书目录及索引都存储在计算机中，而计算机又具备自动查询功能，若需要查找一本图书只需要几秒钟。

#### (4) 具有逻辑判断能力

计算机除了能够完成基本的算术运算外，还具有进行比较、判断等逻辑运算的能力，借助于逻辑判断结果就可以自动确定下一步该做什么。

#### (5) 具有自动执行能力

计算机在程序控制下能够自动、连续、高速地运行，在工作过程中不需人工干预，自动化程度高。程序是通过仔细规划事先安排好的操作步骤，将程序和数据先存放在存储器中，工作时按程序规定的操作，一步一步地自动取出并执行完成，无须人工干预，这一特点是一般计算工具所不具备的。例如，生产车间及流水线管理、各种自动化生产设备，因为植入了计算机控制系统才使工厂生产自动化成为可能。

另外，只要执行不同的程序，计算机就可以解决不同的问题，因而计算机具有很强的稳定性和通用性。随着微电子技术、通信技术和计算机技术的发展，现代计算机连续无故障运行时间可达到几十万小时以上，具有极高的可靠性，且实时通信能力及直观灵活的表现能力也都很强。

### 2. 计算机的分类

计算机是一个庞大的家族，从不同的角度出发就有不同的分类方式。例如，根据用途和使用范围，计算机可以分为通用计算机和专用计算机；根据表示信息的方式，计算机可以分为数字计算机、模拟计算机和数模混合计算机；按照规模和处理能力，计算机可以分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机。其中第三种分类比较常见，这些类型之间的区别在于它们的体积大小、结构复杂程度、性能指标、存储容量、运算速度、外部设备、输入和输出能力等的不同。但是，随着技术的进步，各种型号的计算机性能指标都在不断地改进和提高，以至于过去一台大型机的