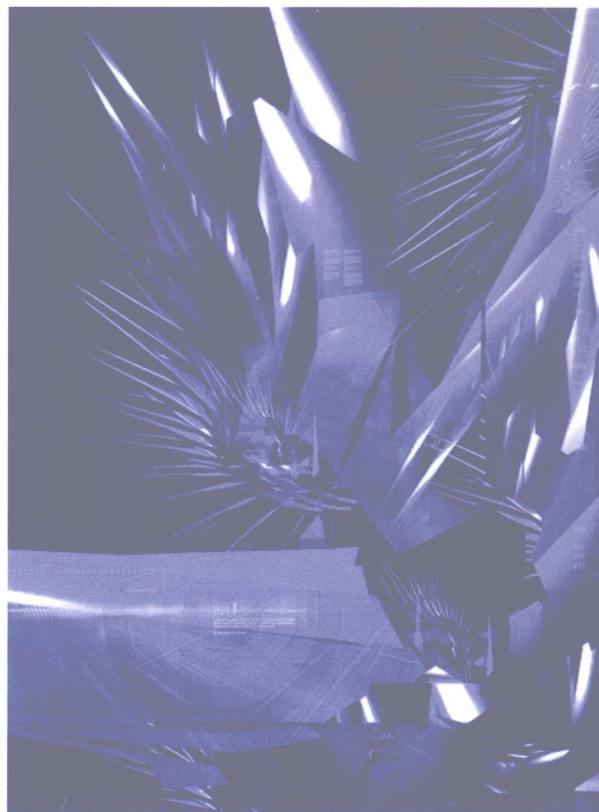


Java 程序设计教程

- ◆ 一种语言，两种角度
- ◆ 概念清晰，由浅入深
- ◆ 实例丰富，注重思想
- ◆ 通俗易懂，适用面广



林巧民 主编

肖艳 林萍 单美贤 郑新资 编著



清华大学出版社

高等学校计算机应用规划教材 第 3 卷

Java 程序设计教程

林巧民 主编

肖艳 林萍 单美贤 郑新资 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以 Java 为描述语言,详细介绍了计算机语言的结构化编程和面向对象编程。全书共分 12 章,主要内容包括:计算机基础、Java 初探、Java 程序基础、Java 程序流程控制、方法和数组、面向对象编程、字符串、多线程技术、Applet 技术、HTML 基础、图形用户界面以及 Java 输入输出等。如果说结构化编程的特征是方法,那么面向对象编程的体现就是类的设计和使用,全书对这两种不同高度的设计思想都作了充分介绍。此外,每章最后都配有思考练习。习题有选择题、填空题、简答题、编程题等多种类型。选择题、填空题和简答题有助于读者对所学知识的理解与掌握;上机编程题则可以提高读者的动手实践能力。

本书结构清晰、内容翔实,既可以作为高等院校相关专业的教材,也可作为从事软件开发工作的专业技术人员参考书。

本书每章中的电子教案、实例源代码和习题答案可以到 <http://www.tupwk.com.cn/downpage/index.asp> 网站下载。

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。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

Java 程序设计教程/林巧民 主编;肖艳 等编著 —北京:清华大学出版社,2008.9

(高等学校计算机应用规划教材)

ISBN 978-7-302-18214-6

I. J… II. ①林… ②肖… III. JAVA 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 110884 号

责任编辑:胡辰浩 袁建华

装帧设计:孔祥丰

责任校对:成凤进

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:22.75 字 数:568 千字

版 次:2008 年 9 月第 1 版 印 次:2008 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~5000

定 价:32.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:028634-01

前 言

现在, Java 编程越来越受到大学生们的青睐, 因而许多高校尝试改变以往先讲授 Pascal 或 C 语言, 再让学生们选修 Java 的习惯, 而直接让他们在踏入大学校门之后就开始学习 Java, 我们在这样的背景下也对非计算机专业的大一新生直接开辟 Java 课程, 但由于目前市场上的 Java 教程都是直接或主要讲述面向对象程序设计的, 因而无法适应初学者的需要。

本书力求突破市面上大多数 Java 教材的局限, 尝试用一种语言来充分阐述两种编程理念: 结构化设计和面向对象设计, 以适应计算机编程初学者的需要, 同时也是在告诉读者需要对编程思想引起足够的重视。事实上, 结构化程序设计是面向对象程序设计的基础, 面向对象程序的基本组成还是结构化程序, 只不过面向对象程序力度更大了, 尤其是引入了类的概念, 使得编程人员可以站在设计类(而不是方法)的更高高度, 对程序把握更周到, 看得亦更远。但与此同时, 我们也应该重视锻炼结构化程序设计的基本功, 因为类的设计恰恰是建立在结构化设计的基础之上的, 因此, 本书以 Java 语言为对象, 分别站在结构化程序设计和面向对象程序设计两种不同理念的高度对编程技术予以详细介绍, 希望对广大读者(不管是编程新手还是老手)都能有所裨益!

全书共分 12 章。

第 1 章是计算机基础, 介绍了计算机的发展、应用、组成原理、操作系统和二进制及编码等基础知识。

第 2 章是 Java 初探, 简要介绍了 Java 的诞生、Java 语言的特点、Java 开发工具以及具体的开发步骤等。

第 3 章是 Java 程序基础, 主要介绍了 Java 的基本数据类型、赋值语句、条件表达式、运算以及复合语句等。

第 4 章是 Java 程序流程控制, 详细介绍了程序的 3 种基本流程结构: 顺序结构、分支(选择)结构和循环结构。

第 5 章是方法和数组, 主要介绍了方法的概念和定义、方法的调用、变量的作用域、数组以及数组与方法的关系等。

第 6 章是面向对象程序设计, 详细介绍了类的概念和定义、对象的创建与使用、访问控制符、包、继承与多态、抽象类和接口等。

第 7 章是字符串, 主要介绍了 Java 提供的 String 和 StringBuffer 类。

第 8 章是多线程技术, 详细介绍了线程的概念、创建、生命周期及状态、线程同步、优先级和调度、守护线程以及线程组等。

第 9 章是 Applet, 主要介绍了 Applet 的概念和原理、基本开发技术以及多媒体编程等。

第 10 章是 HTML 基础, 简要介绍了 HTML 的基本结构和一些常用标签的功能。

第 11 章是图形用户界面, 详细介绍了 AWT 组件集中的常用组件, 包括容器类组件、布局类组件、普通组件以及事件处理机制等, 此外, 还简要介绍了 Swing 组件集。

第 12 章是 Java 输入输出, 详细介绍了 Java 输入输出流的概念、字节流类、字符流类、File 类以及 RandomAccessFile 类等。

本书在编写过程中力求做到概念清楚、由浅入深、通俗易懂、论述详尽、实例丰富以方便读者自学。全书内容具有较强的实用性。

全书由林巧民主编。林巧民编写了第 4 章、第 5 章、第 9 章(除 9.3.5 小节)、第 11 章和第 12 章, 肖艳编写了第 1 章、第 2 章和第 3 章, 林萍编写了第 7 章和第 8 章, 单美贤编写了第 6 章以及 9.3.5 小节, 郑新资编写了第 10 章。

南京邮电大学计算机学院博士后导师王汝传教授、传媒技术学院秦军副院长、实验中心王苏平主任、知识工程教研室吴伟敏、何丽萍以及刘宇等老师在百忙之中, 认真细致地审阅了全部书稿, 提出了许多有益的修改意见。另外, 研究生徐连虎、蔡晶、粟莹、赵营将以及李涛贤、霍惠、张腾季、徐国兴等同学也为本书的输入、校对等付出了辛勤的劳动。在此一并表示由衷的感谢。

同时也向清华大学出版社第五事业部胡辰浩老师的不辞辛劳表示诚挚的感谢!

限于作者水平有限, 书中不足之处, 还请广大同行和读者给予批评和指正。我们的联系方式: huchenhao@263.net, 电话: 010-62796045。

编 者

2008 年 6 月

目

录

第 1 章 计算机基础	1
1.1 计算机概述	1
1.1.1 计算机的发展简史	1
1.1.2 计算机的分类	2
1.1.3 计算机的应用	3
1.2 计算机组成原理	5
1.2.1 计算机的系统组成	5
1.2.2 计算机的工作原理	6
1.2.3 CRT 显示器的工作原理	6
1.3 操作系统简介	10
1.3.1 操作系统的形成和发展	10
1.3.2 操作系统的功能	12
1.3.3 流行操作系统介绍	13
1.4 二进制及编码	15
1.4.1 数制与二进制	15
1.4.2 编码及信息在计算机内的表示	17
1.5 小结	20
1.6 思考练习	20
第 2 章 Java 初探	22
2.1 Java 概述	22
2.1.1 Java 的诞生	23
2.1.2 Java 的特点	24
2.1.3 Java 与其他编程语言间的关系	26
2.2 第一个 Java 程序	27
2.3 Java 程序开发工具	29
2.4 Java 程序开发步骤	31
2.4.1 软件安装	31
2.4.2 环境变量配置	33
2.4.3 编译运行	35

2.5 小结	39
2.6 思考练习	40
第 3 章 Java 程序基础	41
3.1 引言	41
3.1.1 符号	41
3.1.2 分隔符	42
3.1.3 常量	43
3.1.4 变量	45
3.1.5 final 变量	45
3.1.6 变量类型转换	46
3.2 基本数据类型	46
3.2.1 布尔型	47
3.2.2 整型	47
3.2.3 浮点型	50
3.2.4 字符型	51
3.3 程序语句	51
3.3.1 赋值语句	51
3.3.2 条件表达式	53
3.3.3 运算	54
3.3.4 复合语句	56
3.4 应用举例	56
3.5 小结	57
3.6 思考练习	58
第 4 章 Java 程序流程控制	59
4.1 复合语句	59
4.2 顺序结构	60
4.3 分支结构	64
4.3.1 单分支条件语句	65
4.3.2 双分支条件语句	69
4.3.3 分支结构嵌套	73
4.3.4 switch 语句	79

4.4	循环结构	82	6.3.2	对象的使用	141
4.4.1	while 语句	83	6.3.3	对象的清除	143
4.4.2	do-while 语句	87	6.4	访问控制符	143
4.4.3	for 语句	88	6.4.1	类的访问控制符	144
4.4.4	循环嵌套	90	6.4.2	对类成员的访问控制	144
4.4.5	跳转语句	92	6.5	包	148
4.5	小结	95	6.5.1	包的创建	149
4.6	思考练习	96	6.5.2	import 语句	150
第 5 章	方法和数组	100	6.5.3	编译和运行包	152
5.1	方法的概念和定义	100	6.6	继承与多态	152
5.2	方法的调用	103	6.6.1	子类、父类与继承机制	152
5.2.1	调用方式	103	6.6.2	Java 的继承	153
5.2.2	参数传递	105	6.6.3	多态性	158
5.2.3	返回值	107	6.7	抽象类和接口	162
5.2.4	方法嵌套及递归	108	6.7.1	抽象类	162
5.3	变量作用域	114	6.7.2	接口	163
5.4	数组	116	6.8	其他	167
5.4.1	数组的概念	116	6.8.1	final 关键字	167
5.4.2	数组的声明和创建	116	6.8.2	实例成员和类成员	168
5.4.3	数组的应用举例	120	6.8.3	类 java.lang.Object	172
5.5	数组与方法	124	6.8.4	Inner Class	173
5.6	小结	126	6.9	小结	175
5.7	思考练习	126	6.10	思考练习	176
第 6 章	面向对象程序设计	129	第 7 章	字符串	180
6.1	引言	129	7.1	字符串的创建	180
6.2	类	129	7.1.1	创建 String 类的字符串	180
6.2.1	类声明	130	7.1.2	创建 StringBuffer 类的字符串	181
6.2.2	类体	131	7.2	String 类型字符串的操作	182
6.2.3	成员变量	132	7.3	StringBuffer 类型字符串的操作	192
6.2.4	成员方法	133	7.3.1	字符串操作	192
6.2.5	方法重载	136	7.3.2	字符分析器	197
6.2.6	构造方法	137	7.3.3	main()方法	198
6.2.7	main()方法	138	7.4	小结	199
6.2.8	finalize()方法	138	7.5	思考练习	199
6.3	对象	139			
6.3.1	对象的创建	139			

第 8 章 多线程技术.....	201	第 11 章 图形用户界面.....	261
8.1 多线程.....	201	11.1 概述.....	261
8.2 多线程的创建.....	202	11.2 AWT 组件集.....	262
8.2.1 Thread 子类创建线程.....	202	11.2.1 容器类组件.....	263
8.2.2 使用 Runnable 接口.....	204	11.2.2 布局组件类.....	263
8.3 线程的生命期及其状态.....	205	11.2.3 普通组件.....	277
8.3.1 线程的状态.....	205	11.2.4 事件处理.....	291
8.3.2 与线程状态有关的 Thread 类方法.....	206	11.3 Swing 组件集简介.....	304
8.4 线程的同步.....	211	11.4 小结.....	311
8.5 线程的优先级和调度.....	217	11.5 思考练习.....	311
8.5.1 线程的优先级.....	217	第 12 章 Java 输入输出.....	313
8.5.2 线程的调度.....	217	12.1 引言.....	313
8.6 守护线程.....	218	12.2 流的概念.....	313
8.7 线程组.....	220	12.2.1 标准输入.....	314
8.8 小结.....	222	12.2.2 标准输出.....	316
8.9 思考练习.....	222	12.3 字节流.....	321
第 9 章 Applet.....	224	12.3.1 InputStream.....	321
9.1 Applet 概述.....	224	12.3.2 OutputStream.....	328
9.2 Applet 开发技术.....	225	12.4 字符流.....	332
9.2.1 Applet 开发步骤.....	225	12.4.1 Reader.....	332
9.2.2 Applet 技术解析.....	228	12.4.2 Writer.....	337
9.3 Applet 多媒体编程.....	233	12.5 文件.....	344
9.3.1 文字.....	233	12.5.1 File 类.....	344
9.3.2 图形.....	234	12.5.2 RandomAccessFile 类.....	346
9.3.3 图像.....	241	12.6 小结.....	349
9.3.4 声音.....	242	12.7 思考练习.....	349
9.3.5 动画.....	243	附录 ASCII 码表.....	351
9.4 小结.....	248	参考文献.....	354
9.5 思考练习.....	249		
第 10 章 HTML 基础.....	250		
10.1 概述.....	250		
10.2 基本结构.....	251		
10.3 基本标签.....	252		
10.4 小结.....	259		
10.5 思考练习.....	260		

第1章 计算机基础

本章学习目标:

- 了解计算机的发展进程及其应用
- 理解计算机的基本组成原理
- 了解操作系统方面的知识
- 掌握二进制并理解编码的含义

1.1 计算机概述

计算机是人类在 20 世纪 40 年代最伟大的发明创造之一。计算机的诞生标志着信息科学技术的巨大进步,也标志着人类进入了一个全新的信息时代。自 1946 年世界上的第一台计算机 ENIAC 问世以来,计算机对人类社会的发展、生活方式的改变都起到了巨大的推动作用。越来越多的人开始学习计算机的相关知识及其应用技术。本节将介绍计算机的基本概念,其中包括计算机的发展历史、计算机的分类以及计算机的应用等,使读者对计算机的基础概念和知识有个初步的认识和了解。

1.1.1 计算机的发展简史

随着科学技术的发展,人类用于计算的工具也在不断地经历着变革。然而,具有里程碑式意义的是在 1946 年发明了第一台电子计算机。

1946 年,第一台全自动电子数字计算机 ENIAC,即 Electronic Numerical Integrator and Calculator(电子数字积分器和计算器)问世。它是美国奥伯丁武器试验场为满足计算弹道需要而研制成的,主要发明人是电气工程师普雷斯波-埃克特(J. Prespen Eckert)和物理学家约翰-莫奇勒博士(John W. Mauchly)。这台计算机在 1946 年 2 月交付使用,共服役了 9 年。它采用电子管作为计算机的基本组件,每秒可进行 5000 次加减运算。它共使用了 18000 只电子管,10000 只电容,7000 只电阻,体积 3000 立方英尺,占地 170 平方米,重量约 30 吨,耗电 140~150 千瓦,是一个名副其实的“庞然大物”。虽然它还比不上今天最普通的一台微型计算机,但在当时,它已是指令周期的绝对冠军,其运算的精确度和准确度也是史无前例的。以圆周率(π)的计算为例,中国的古代科学家祖冲之利用算术,耗费了 15 年心血,才把圆周率计算到小数点后 7 位数;一千多年后,英国人香克斯以毕生精力计算圆周率,才计算到小数点后 707 位;而使用 ENIAC 进行计算,仅用了 40 秒就达到了这个记录,还发现香克斯的计算中,第 528 位是错误的。

ENIAC 奠定了电子计算机的发展基础,在计算机发展史上具有划时代的意义。它的问世标志着电子计算机时代的到来。ENIAC 诞生以后,数学家冯·诺依曼提出了重大的改进理论,主要有两点:一是电子计算机应该以二进制为运算基础,二是电子计算机应采用“存储程序”方式工作,并且进一步明确了整个计算机的结构应由 5 个部分组成,分别是运算器、控制器、内存、输入设备和输出装置。冯·诺依曼的这些理论的提出,解决了计算机的运算自动化问题和速度配合问题,对以后的计算机发展起到了决定性作用。直至今今天,绝大部分的计算机还是采用冯·诺依曼结构的。

计算机的发展经历了五次大的变革。计算器件从电子管到晶体管,再从分立组件到集成电路直至微处理器,促使计算机的发展出现了五次飞跃。

(1) 电子管计算机时代(1946~1959):这一时期计算机主要用于科学计算。主存储器是决定计算机技术性能的主要因素。当时,主存储器有水银延迟线内存、阴极射线示波管静电内存、磁鼓和磁心内存等类型。那时,软件还处于初始阶段,使用机器语言和符号语言编制程序。第一代计算机是计算机发展的初始阶段,具有体积大、指令周期慢、存储容量有限等特点。

(2) 晶体管计算机时代(1959~1964):这一时期的计算机主要采用晶体管作为基本电子器件,主存储器均采用磁心内存,磁鼓和磁盘开始被用作主要的辅助存储器。在软件方面也开始使用高级计算机语言,使得更多的人可以学习和使用计算机。这个阶段,计算机不仅在科学计算领域继续发展,而且中、小型计算机,特别是廉价的小型数据处理用计算机开始大量生产。这一时代的计算机体积大大减小了,总量减轻了很多,具有寿命长、耗电少、指令周期快、存储容量变大等特点。

(3) 集成电路计算机时代(1964-1970):这一时期的计算机使用中小规模的集成电路(MSI, SSD)作为电子器件,其体积与功耗都在进一步减小,可靠性和指令周期等指标也得到进一步的提高。在这个阶段,计算机不仅用于科学计算,还被用于文字处理、企业管理和工业自动控制等领域,出现了计算机技术与通信技术相互结合的管理系统,可用于控制生产管理,交通管理等领域。

(4) 大规模集成电路计算机时代(1971-1990):大规模集成电路 LSI、VLSI 开始成为这一时期的计算机的主流电子器件。这一时期的计算机在各方面的性能都有了大幅度的提高,应用软件也越来越多,计算机的应用已经深入到国民经济的各个领域,在数据库管理、办公自动化、语音识别和专家系统中都能够得到广泛应用,并且开始进入家庭。

(5) 超大规模集成电路计算机时代(1990~):计算机进入第五个阶段以后,超大规模集成电路 ULSI 成为计算机的主要电子器件。其单个集成芯片的规模达到了 100 万晶体管以上,超标量技术也开始成熟。

1.1.2 计算机的分类

按照不同的划分标准,计算机可以分为不同的类型。常用的划分标准一般有:用途、性能、处理对象。

1. 按用途划分

按用途分可分为通用机和专用机。

(1) 通用机：该类计算机适用于解决多种一般问题，使用领域广泛、通用性较强，在科学计算、数据处理和程控等多种用途中都能适应。通用计算机适应性很强，应用面很广，但其运行效率、速度和经济性会依据不同的应用对象会受到不同程度的影响。

(2) 专用机：用于解决某个特定方面的问题，配有为解决某问题的软件和硬件，如在生产过程中的自动化控制、工业智能仪表等专门应用。专用计算机针对某类问题能显示出最有效、最快和最经济的特性，但它的适应性较差，不适于其他方面的应用。我们在导弹和火箭上使用的计算机很大部分就是专用计算机。

2. 按性能划分

按性能分可分为巨型计算机、大/中型计算机、小型计算机、微型计算机、工作站和服务器等。

(1) 巨型计算机：应用于国防尖端技术和现代科学计算中。巨型机的指令周期可以达每秒百万亿次，研制巨型机是衡量一个国家经济实力和科学水平的重要标志。

(2) 大/中型计算机：具有较高的指令周期，每秒可以执行几千万条指令，而且有较大的存储空间。往往用于科学计算、数据处理或作为网络服务器使用。

(3) 小型计算机：规模较小、结构简单、运行环境要求较低，一般应用于工业自动控制、测量仪器、医疗设备中的数据采集等领域。小型机在用作巨型计算机系统的辅助方面也起了重要作用。

(4) 微型计算机：中央处理器(CPU)采用微处理器芯片，体积小巧轻便，广泛用于商业、服务业、工厂的自动控制、办公自动化以及大众化的信息处理。

(5) 工作站：工作站是一种以个人计算机和分布式网络计算为基础，为满足工程设计、动画制作、科学研究、软件开发、金融管理、信息服务、模拟仿真等专业领域而设计开发的高性能计算机，它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。

(6) 服务器：在网络环境下为多个使用者提供服务的共享设备，一般分为文件服务器、打印服务器、计算服务器和通信服务器等。

3. 按处理对象划分

按处理对象分可分为数字计算机、模拟计算机和数字模拟混合计算机。

(1) 数字计算机：计算机处理时输入和输出的数值都是数字。

(2) 模拟计算机：处理的数据对象直接为连续的电压、温度、速度等模拟数据。

(3) 数字模拟混合计算机：输入输出既可是数字也可以是模拟数据。

1.1.3 计算机的应用

(1) 科学计算

科学计算是计算机最早也是最重要的一个应用领域，数学、化学、原子能、天文学、地球物理学、生物学等基础科学的研究，以及航天飞行、飞机设计、桥梁设计、水力发电、地

质探矿等方面的大量计算都要用到计算机。

有这样一类问题, 计算这些问题的方法并不复杂, 但计算的工作量太大, 以至于根本无法计算。例如 19 世纪中叶数学上提出了地图着色的“四色定理”问题。意思是说, 画一张地图要使相邻的两国不用同一种颜色, 只要用四种颜色就够了。但这一定理在数学上长期得不到精确的证明, 成为一大难题。直到一百多年后的 1976 年科学家们才利用高速电子计算机做出了证明。它在高速电子计算机上运算了 1200 小时才完成, 若用人工来算, 一个人日夜不停地计算, 也要算十几万年。

计算机有很高的计算速度和精度, 这就使得过去用人工无法完成的海量计算成为可能。而且随着计算机技术的不断发展, 计算机的计算能力也越来越强, 利用计算机进行数值计算可以为人们节省很多的时间和精力。

(2) 信息管理

信息管理是指利用计算机来操作、管理、处理任何形式的数据, 例如, 进行人事等级、仓库管理、报表统计等管理。

计算机发展初期, 仅仅是用作数值计算, 后来才逐渐应用到非数值计算领域。特别是近年来, 微型计算机(简称为微机)和计算机网络相结合, 使得信息处理的范围变得越来越广泛。据统计, 信息处理(或者说数据处理)占了计算机应用的 80% 以上。

现在很多企业都建立了自己的管理信息系统(常称为 MIS 系统), 还有的开始使用制造资源规划软件(MRP)或者企业资源计划软件(ERP)来高效的实现全企业的信息管理和办公自动化。总之, 企业管理、物资管理、图书管理、人事管理、业务管理等, 都是计算机能发挥作用的领域。

(3) 计算机辅助工程

计算机辅助系统有计算机辅助设计(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)以及计算机集成制造系统(CIMS)等。利用计算机可以帮助人们进行辅助设计、辅助制造和辅助教学。利用计算机辅助系统可以使人们快速地设计出各种模型, 图案, 例如飞机、船舶、建筑、集成电路等工程的设计与制造。利用计算机来进行辅助设计和制造, 不仅速度快, 而且质量有保证, 有利于缩短开发和制造的周期并提高产品质量。另外, 计算机在辅助教学领域也得到了广泛应用。

(4) 自动控制

在工业、科学和军事方面, 利用计算机人们能够按照预定的方案进行自动控制, 完成一些人工无法亲自操作的工作, 如汽车生产流水线等, 这样既节省了人力物力, 又能精确控制。例如用计算机控制各种加工机床, 不仅可以减轻工人的劳动强度, 而且提高了生产效率和加工精度。

(5) 数据处理

利用计算机能够对大量的数据进行分类、综合、排序、分析、整理、统计等加工处理, 并可以输出处理结果。如人事管理、卫星图片分析、金融管理、仓库管理、图书和数据检索等。计算机使得海量的数据分析, 提取, 挖掘成为可能。

1.2 计算机组成原理

计算机由硬件和软件组成。没有软件的计算机对用户来说几乎无用；而没有硬件，则计算机根本无从谈起。硬件包括计算机所有的实体部件，它们都是一些看得见摸得着的电子器件、物理机械部件等。软件则是看不见摸不着的，它们是相对于硬件而言的。软件实际上就是指计算机上所有可以运行的程序、代码、以及文档和数据的总和。大到操作系统，小到一个文本编辑器，都属于软件的范畴。

1.2.1 计算机的系统组成

一台典型的计算机由5大部分组成，分别是：运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。

(1) 运算器

运算器是执行算术运算和逻辑运算的部件，它的任务是对信息进行加工处理。运算器由算术逻辑单元(Arithmetic Logic Unit, 简称ALU)、累加器、状态寄存器和通用寄存器组等组成。算术逻辑单元是用于完成加、减、乘、除等算术运算，与、或、非等逻辑运算及移位、求补等操作的部件；累加器用于暂存操作数和运算结果；状态寄存器也称标志寄存器，用于存放算术逻辑单元在工作中产生的状态信息；通用寄存器组是一组寄存器，运算时用于暂存操作数或数据地址。

(2) 控制器

控制器是向计算机的其他部分发送命令的部件，它相当于计算机的司令官。控制器控制着计算机能够有条不紊的工作，如果没有控制器，计算机将陷入瘫痪状态。

控制器在程序指令的控制下，不断地从内存中读取指令，分析指令，并执行指令。控制器与运算器一起构成了计算机的核心部件：中央处理器即CPU。

(3) 存储器

存储器是计算机用来存储数据、信息的部件。不管是什么形式的数据信息(影音、文本或数据库文件)到最后都是以二进制的形式存放在计算机的存储器上。

通常，计算机存储器可以分为内存储器和外存储器两大类，简称内存和外存。内存是由中央处理器直接访问的存储器，它存放当前正在运行的程序和数据，一般使用半导体存储器件实现，速度较快，但容量较小。目前PC中所用的内存主要有SDRAM、DDR SDRAM、RDRAM等3种类型。SDRAM(Synchronous DRAM)即“同步动态随机存储器”，曾是主流的内存类型。SDRAM内存条的两面都有金手指，是直接插在内存条插槽中的，因此这种结构也叫“双列直插式”，英文名叫DIMM。目前绝大部分内存条都采用这种DIMM结构。随着处理器前端总线的不断提高，SDRAM已经无法满足新型处理器的需要了，现在已经退出了主流市场。DDR SDRAM(简称DDR)是采用了DDR(Double Data Rate SDRAM, 双倍数据速度)技术的SDRAM，它已经成为今日内存市场的主流。DDR又分为DDR一代和DDR二代。与普通的SDRAM相比，在同一时钟周期内，DDR SDRAM能传输两次数据，而SDRAM只能传输一次数据。从外形上看DDR内存条与SDRAM相比差别并不大，它们具有同样的

长度与同样的引脚距离。只不过 DDR 内存条有 184 个引脚，金手指中只有一个缺口，而 SDRAM 内存条是 168 个引脚，并且有两个缺口。

外存用于存放暂时不运行的程序和数据，一般采用磁性存储介质或光存储介质实现，通常速度慢，但容量较大。中央处理器间接访问外存。常见的外存有硬盘、光盘、磁带、磁鼓、U 盘等。

(4) 输入设备

顾名思义，输入设备就是外界向计算机输入信息的设备。输入经过计算机计算、处理以后再利用输出设备进行输出。输入设备的作用是把原始数据和处理这些数据的程序转换成计算机中用于表示二进制的电(压)信号，输入到计算机内存中。根据使用计算机的方式不同可选用不同的输入设备。常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、触摸屏和数码照相机等。

(5) 输出设备

输出设备与输入设备的作用恰好相反，它将处理过后的信息输出呈现给用户。通常，输出设备有显示器、打印机、投影仪和绘图仪等。

1.2.2 计算机的工作原理

计算机的工作原理本质上就是“存贮程序控制”原理。这一原理是由美籍匈牙利数学家冯·诺伊曼于 1946 年提出的，所以又称为“冯·诺伊曼原理”。这一原理在计算机的发展过程中，始终发挥着重要影响，确立了现代计算机的基本组成和工作方式，直到今天，各类计算机的工作原理还是采用冯·诺伊曼原理思想。冯·诺伊曼原理的核心是“存贮程序控制”。

“存贮程序控制”原理的基本含义如下：

(1) 采用二进制形式表示数据和指令。

(2) 将程序(数据和指令序列)预先存放在主存储器中，使计算机在工作时能够自动高速地从存储器中取出指令，并加以执行。

简单地讲，计算机的工作过程就是不停的取指令、分析指令和执行指令的过程。

人们将指挥计算机如何进行操作的指令序列(称为程序)和原始数据通过输入设备(如键盘)输入到计算机内存中，每一条指令明确规定了计算机从哪个地址取数据，进行何种操作，然后送到什么地址。计算机在执行的时候，先从内存中取出第一条指令，经过控制器译码，按指令的要求，从存储器中取出数据进行指令指定的运算和逻辑操作，然后按地址把结果送入指定的内存地址。接着取出第二条指令，在控制器的指挥下继续完成上述操，周而复始，直至遇到停止指令，这就是计算机工作的基本原理。

1.2.3 CRT 显示器的工作原理

显示器是计算机系统中最常见的输出设备，是实现人-机交互的重要工具。除了常见的阴极射线管(CRT, Cathod Ray Tube)显示器以外，还有正在迅速普及的液晶显示器和等离子板显示器等。CRT 显示器具有分辨率高、可靠性强、速度快等特点。对于不同的微型计算机，CRT 显示器的组成方式也有所不同，但其工作原理基本相同。为了不影响主机的数据处理能

力, CRT 显示器作为计算机的外围设备而独立存在, 它有自己的控制电路专门负责屏幕编辑功能, 并有标准的串行接口与主机连接。下面将介绍 CRT 显示器的工作原理。

现在计算机已经很少使用单色 CRT 了, 主要是彩色的 CRT, 尤其是荫罩式的彩色 CRT。荫罩式彩色 CRT 是光栅扫描显示器上采用的彩色 CRT。这种 CRT 的结构如图 1-1 所示。在荧光屏内壁上分别由红(R)、绿(G)、蓝(B)三种颜色的荧光粉涂成百万个荧光粉点, 按 RGB 顺序分行交替排列成三角形状且相距很近, 所以, 在它们发出三种色彩时分辨不清三种原色, 而是形成一种颜色。在距荧光屏后 1cm 处安装着称为荫罩的金属板, 板上按三角形状钻有 40~50 万个小圆孔。荫罩式 CRT 管内按三角形排列安装了三个电子枪, 发射三条电子束, 它们由一个共同偏转系统控制, 使三条电子束聚焦于荫罩板上的小孔中, 并穿过小孔轰击荧光屏。由于电子枪不是固定安装在同一位置上, 因此三条电子束轰击在荧光屏上三个稍许错开的 G、R、B 点上, 使得每一点只被相应的电子枪发射的电子击中。由图可见, 荫罩的作用是使三条电子束分离开来, 分别轰击到三种颜色的荧光点上, 因此, 调节各个电子枪的电流强度, 即可改变相应颜色荧光点的亮度, 即合成色中所占的比例, 从而达到改变成色的效果。

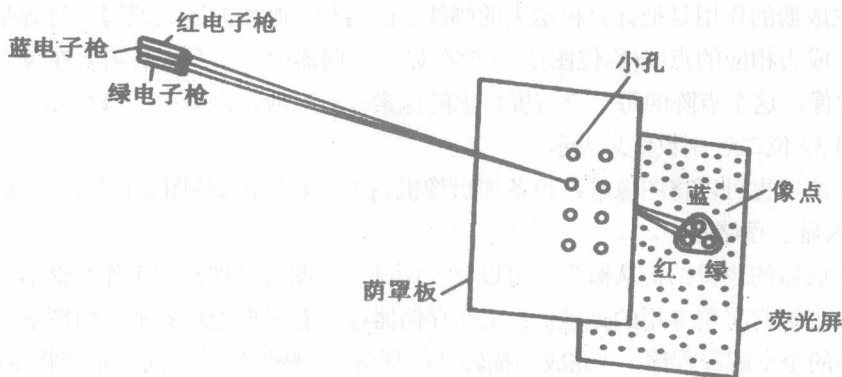


图 1-1 荫罩式彩色 CRT 结构示意图

荫罩式彩色 CRT 在光栅扫描显示器中得到了普遍应用。事实上, 根据其电子束轰击屏幕的方式和组成结构不同可以将显示器分为 3 种类型: 随机扫描式显示器、存储管式显示器和光栅扫描式显示器。这里, 仅对主流的光栅扫描式显示器做简单介绍。

随机扫描式显示器和存储管式显示器其实都是画线设备, 在屏幕上显示一条直线是从屏幕上一个可编地址点直接画到另一个可编地址点。而光栅扫描式显示器则是画点设备, 可以看作是一个点阵单元发生器, 并可控制每个点阵单元的亮度。光栅扫描显示器可以生成具有多种灰度和颜色、色彩连续变化、具有真实感的图形。

(1) 光栅扫描式显示器的组成

光栅扫描显示器的组成如图 1-2 所示, 由图可以看出, 它主要由显示存储器、图像生成器、彩色表、CRT 控制器和 CRT 监视器 5 个部分组成。

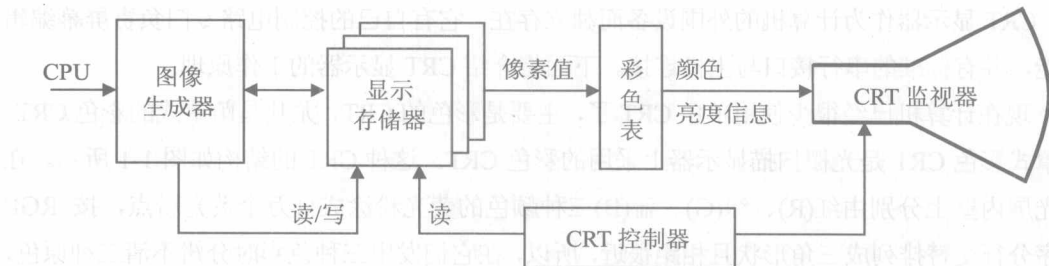


图 1-2 光栅扫描显示器的组成

显示存储器

显示存储器是整个显示器的核心，存放着要显示的图形的映像(Image)。显示存储器中存放着屏幕画面上每一点图像的信息，我们称为像素(Pixel)值。图形映像对应一个矩阵，矩阵的每个元素就是屏幕上对应点的像素值，这个矩阵又称为位图(Bitmap)。所以显示存储器又叫位存储器，通常称之为帧缓冲器(Frame Buffer)。

图像生成器

图像生成器的作用是把计算机送来的画线、画矩形、画填充区域或写字符等基本画图命令扫描转换成为相应的点阵(称位图)，存放在显示存储器中，即存放着需要在荧光屏上显示的图形的映像，这个点阵的每一点与屏幕上的像素一一对应，点阵中的每个元素就是像素的值，通常用 32 位二进制数值来表示。

图像生成器也可以将图像输入设备如摄像机、扫描仪等输入的图像直接或间接(经由主存储器)地存入显示存储器中。

图像生成器的逻辑结构从概念上可以分为两部分：图形处理器和工作存储器。图形处理器也叫 GPU，通常采用专用的处理器；工作存储器存放着图形处理器把几何图形转换成位图信息所需要的全部解释程序，并完成扫描转换的任务。一些性能较好的显示器将常用的画线、画图、填空、光栅等操作直接用硬件来实现，以提高图形的显示和处理速度。

彩色表

彩色表用来定义像素的颜色。作为一个彩色显示器，它应该能够显示很多种颜色(或灰度)，但当我们用显示存储器来完全地存储它们对应的信息时，显示存储器的容量就要很大很大。而实际上，对一幅具体的图画而言其不同颜色的数目并不大(几百至几千种)，但将所有场合的不同图画作为整体看，其颜色变化数目是相当大的(几十万甚至更多)。为了平衡显示存储器不能过大而又尽量满足实际的需要，便产生了彩色表(Color Table 或 Color Look up Table)，又称调色板。彩色表实际上只是可显示颜色总数的一个子集。彩色表是一个小容量高速随机读写存储器，内容可由软件装入、保存和修改，这不仅方便了颜色的使用，而且还具有许多附加功能。采用彩色表时，显示存储器的像素值不再是直接送到监视器中的颜色值，而是颜色的一个索引(Color Index)，它们是彩色表的地址，从彩色表对应地址项中读出 R、G、B 三种颜色分量(即颜色号的定义值)，然后送到监视器。

CRT 控制器

CRT 控制器的作用主要有两方面：一方面使电子束不断地自上而下、自左向右进行屏幕扫描，形成光栅(Raster)，产生水平和垂直同步信号送往 CRT；另一方面又不断地读取存放在显示存储器中的位图数据，作为 RGB 信号或辉亮信号送往 CRT。有时，显示存储器中数据不作为直接亮度或色彩信号，而是作为一个彩色表的地址，选中后尚需经过 D/A 转换成 R、G、B 三原色的亮度值送往 CRT。颜色、亮度信号也称为图像信号或视频信号。为了使 CRT 显示的画面不产生闪烁，必须将显示存储器中的数据不断地反复读出，并送往 CRT，使画面能以一定的频率进行刷新。

CRT 监视器

CRT 监视器通常是由前面讲过的荫罩式彩色 CRT 和有关附加电路组成。

(2) 光栅扫描显示器的工作原理

首先由图形生成器根据主机发送来的画图命令转换成相应点阵存入显示存储器中，即在显示存储器中生成所显示画面的位图。然后，CRT 控制器一方面产生水平和垂直同步信号并将其送到监视器，使 CRT 电子束不断地自上而下、自左向右进行扫描，形成光栅；另一方面，又根据电子束在屏幕上的行列位置，不断地读出显示存储器中对应位置的像素值。此时彩色表中对应值控制 R、G、B 电子束，在屏幕对应点生成需要的像素值。为了使显示画面不产生闪烁，上述过程要反复进行，一般要求 CRT 的帧频为 60 帧/秒以上。

显示器的光栅扫描方式一般有两种：一种是正常同步扫描，也称为连续扫描或非隔行扫描；另一种为隔行扫描。前者是扫描线从屏幕顶端开始，即从第 0 行光栅(偶数行)开始，逐行下扫，直到屏幕底部；后者是将扫描分成两次，先扫描偶数行，即按照 0, 2, 4, 6……的顺序扫描，直到屏幕底，第二次再按奇数行 1, 3, 5, 7……的顺序从顶部扫描到底部。

光栅扫描显示器的优点是可显示真实感强的图形，因为它有多级灰度，色彩丰富。由于全屏幕由像素点组成，并严格按行顺序扫描，因此容易实现图像的数字化转换。

(3) 光栅扫描式显示器的主要性能指标

显示分辨率：一般指屏幕上水平方向上可以显示多少像素(水平分辨率)，垂直方向上可以显示多少像素(垂直分辨率)。

颜色(或灰度等级)数：亮度等级或灰度等级数目是指单色显示器的像素亮度可变化数目。彩色显示器颜色数目又分成两个指标，一个是显示器可以显示的所有不同颜色总数；另一个是同一帧面允许显示的不同颜色的最大数目，即彩色表项的多少。

速度：速度指的是图像生成器把基本画图命令转换为显示存储器位图的速度。另外，像素的传输操作(显示存储器内部或显示存储器与主存储器之间)速度也是一个极为重要的指标。

其他：如屏幕尺寸刷新频率、纵横比(屏幕上纵向间距和横向间距之比)、余辉长度等。因此，建议读者在购买 CRT 显示器时，应注意观察它的这些性能指标。