

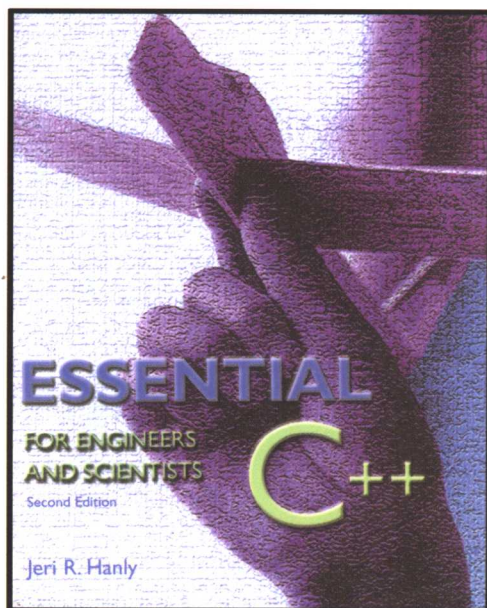
· 国外经典教材系列 ·

Essential C++ for Engineers and Scientists Second Edition

C++ 精粹

理工类 C++ 教程 (第2版)

北京希望电子出版社 总策划
(美) Jeri R. Hanly 著
张春华 艾振海 崔刚等 译
曾春平 审校



科学出版社

www.sciencep.com



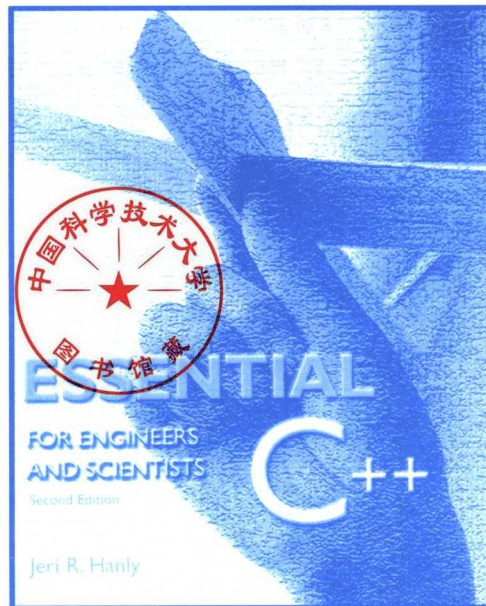
· 国外经典教材系列 ·

Essential C++ for Engineers
and Scientists
Second Edition

C++ 精粹

理工类 C++ 教程 (第2版)

北京希望电子出版社 总策划
(美) Jeri R. Hanly 著
张春华 艾振海 崔刚等 译
曾春平 审校



 科学出版社
www.sciencep.com


PEARSON
Addison
Wesley

内 容 简 介

本书较详细讲述了 C++语言面向对象的重要特征——类和对象、继承性和派生类、多态性和虚函数等内容,全面系统地讲述了编写 C++程序的关键要素,并列出了与大量工程和技术相关的程序实例。本书配有丰富的例题,每章后面备有形式多样的练习题,部分章节给出了解决实际问题的完整程序,并给出了具体的算法。

本书可作为高等学校计算机专业师生的教材,也可作为工程技术人员、计算机爱好者的参考书。

需要本书或技术支持的读者,请与北京中关村 083 信箱(邮编:100080)发行部联系,电话:010-82702660, 82702658, 62978181 转 103 或 238, 传真:010-82702698, E-mail: tbd@bhp.com.cn。

Simplified Chinese edition copyright © 2004 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and BEIJING HOPE ELECTRONIC PRESS.

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: Essential C++ for Engineers and Scientists, Second Edition by Jeri R. Hanly, Copyright©2002

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Education.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macao).

本书中文简体翻译版由 Pearson Education 授权给北京希望电子出版社在中国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区)出版发行。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-82702660 82702658

本书封面贴有 Pearson Education (培生教育出版集团)激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

C++精粹——理工类 C++教程:第 2 版/(美)汉利(Hanly, J.R.)著;
张春华等译. —北京:科学出版社, 2005.5
国外经典教材
ISBN 7-03-014524-0
I. C++... II. ①汉...②张... III. C++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(2004)第 109317 号

责任编辑:王玉玲 / 责任校对:佳宜
责任印刷:双青 / 封面设计:梁运丽

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年5月第一版 开本:787×1092 1/16
2005年5月第一次印刷 印张:28 3/4
印数:1—5 000册 字数:674 000

定价:39.00元

前 言

本书第二版主要讲述怎样使用工具语言 C++ 去编程解决实际问题。书中列举了大量实例，这些实例主要来自于科学领域和工程领域，涉猎面非常广泛。学习之前读者可以不具有计算机或编程的基础知识，所以本书可作为学习程序设计的初级教程。

本书中讲述的 C++ 语言，内容虽言简意赅，但涉及许多典型术语，这些术语都是在工程程序和科学程序中经常使用的，它们不是孤立的，而是与工程程序和科学程序中的实际使用情况完全一致。内容安排上与其他语言学习的一般顺序是相同的：首先是基本控制结构（顺序、分支和循环）、输入/输出操作、表达式、库函数、定义和调用用户函数；然后是面向对象的 C++ 程序的基本结构、类；类后边的章节主要介绍对象定位的概念；最后是数组和串、多重数组、文件概述、数值方法选择等。

再版中有变化的部分

书中所有程序实例都进行了更新，以便符合 C++ 语言中标识符的使用标准。书中多处改进如下：

- 使用循环区域整体引入到输入/输出文件。
- 增加了结构表示。
- 增加了类的第一个例子，这个例子更加短小。
- 增加了运算符，并且保留了相关的运算符。
- 扩展了动态分配数组的范围，既可以是一维数组，也可以是二维数组。
- 从第 2 章开始，数据类型范围包括标准串类。
- 增加了有关使用扩展矩阵解线性方程系统的实例研究，扩充数值方法范围。
- 增加了使用分支结构的雀科鸣鸟的分类实例，以及用于表达数据库的文件。
- 包含更多的引用参数的例子。
- 扩展了输入错误恢复范围。
- 程序设计题目比原来增加了 50%。
- 为了满足审阅者的要求，设立了新附录：介绍 C 语言程序设计方法；两种 C++ 集成环境——Microsoft Visual C++ 和 Borland C++。

教学特色

重要术语的定义：本书在旁注中对重要术语进行了定义；**小节末尾复习题：**大部分小节末尾都有一系列问题，用来检验学生对该节内容的理解程度。有些问题需要逐条分析程序段；另外一些要求学生编写或修改代码。答案部分给出了奇数标号题目的答案；偶数标号题目的答案包含于在线指导手册；**程序设计题：**每一章都包含程序设计题。题的答案包含于在线指导手册中，指导教师可以分配全部或部分解题答案，要求学生完成、扩展或改进解决；**示例与案例研究：**本书包括很多领域的不同例子和案例研究，使学生对重要的科学与工程应用计算有所了解。这些例子通常要求学生完成整个程序、函数或类定义而不要求他们完成未完成的代码部分。下面列出了相关的例子、复习题和程序设计题：

航空工程

飞机射弹器喷射加速度, 程序设计 2-1

飞行器类型判定, 3.4 节复习题

导弹飞行, 程序设计 4-3

阻力计算, 程序设计 5-6

导弹发射角度, 程序设计 5-8

空中的位置建模, 程序设计 6-2

航天器跟踪站, 例 7.4

飞行器数据库, 程序设计 9-2

生物学

雀的分类, 3.6 节复习题

细菌繁殖的级数, 图 4.10

树的分类体系, 图 6.15

细菌数量估算, 程序设计 7-3

血糖浓度, 程序设计 10-10

生物工艺学

抗生素测试, 程序设计 3-3

静脉速率辅助剂, 程序设计 5-2

化学工程

溶液的 pH 值, 例 3.2

材料的沸点, 程序设计 3-2

压缩气缸标识, 程序设计 3-5

液体酸度, 程序设计 3-9

周期表存储, 程序设计 7-5

化学元素表合并, 程序设计 9-1

土木工程

消防水流, 图 2.12、图 2.13

水力发电站的设计, 程序设计 2-2

里克特震级, 程序设计 3-6

公用设备的格形管, 例 8.1

管中的液体流动, 程序设计 8-6

水体积, 程序设计 10-13

计算机科学

输入生效/错误发现, 图 4.15、图 9.4、9.2 节复习题

有限状态机, 程序设计 5-3

线性数组查询, 7.3 节复习题

数组对象, 7.5 节复习题、程序设计 7-2

数组排序, 程序设计 7-1

因特网地址, 程序设计 7-6

会议时刻表, 程序设计 8-5

描述通信网络的有向图, 程序设计 8-7

图像处理, 程序设计 8-8

文件列表, 例 9.1

石油工程

箱监控, 程序设计 4-6

电子工程

电阻感应电路, 2.6 节复习题

电站加装燃料, 图 3.3; 带输入文件, 图 4.4;

带输入错误检查, 图 4.5、图 4.8

呼叫式调制解调器举例, 4.7 节复习题

金属导体阻抗的变化, 程序设计 4-4

电池, 程序设计 6-5

理想变压器对象, 程序设计 6-8

电阻器阻值编码, 程序设计 7-4

自检式计算机芯片, 程序设计 10-4、程序设计 10-5

电压降, 程序设计 10-11

环境工程

电站中二氧化硫的排放, 图 2.1、图 2.14;

带错误查找, 图 4.14

交通工具一氧化碳的排放, 图 2.2、图 4.3、图 4.7

社区水的供应, 程序设计 2-9

烟雾警报, 程序设计 3-7

交通工具排放标准, 程序设计 3-10

乘客合伙用车效率, 程序设计 4-10

光化学氧化剂污染, 例 7.6

放射性废物处理, 程序设计 10-15

地理学

全球定位建模, 例 6.1

两个位置之间的距离, 程序设计 6-7

地质学

地表深处的温度, 程序设计 2-6

信息管理系统

航线预约系统, 程序设计 9-5

制造工程

开顶圆柱式集装箱的成本, 程序设计 2-5

金属加工过程的分类, 例 3.1

机械手的力, 程序设计 3-8

表面粗糙程度的度量标准, 程序设计 4-1

铝罐头对象, 6.3、6.4 复习题; 程序设计 10-2

机器人位置, 程序设计 8-4

统计学

人口的年龄, 4.1 节复习题

算术平均值, 图 10.5

标准差, 图 10.7

线性回归, 表 10.3

相关系数, 表 10.4

数据集对象, 程序设计 10-6

物理学

地表物体的重力和质量, 3.1 节复习题
可见光的波长, 程序设计 3-1
金属延展性, 程序设计 4-2
重心, 程序设计 8-2
基本度量标准的转换, 程序设计 9-6

气象学

风速的分级, 3.4 节复习题
多普勒气象雷达, 程序设计 4-7
降水量统计, 例 7.3
气象数据库, 程序设计 9-3

数学 (初等)

期末考试成绩计算, 程序设计 2-7
笛卡尔平面上的点, 程序设计 3-4、图 6.2
 π 的近似值, 4.1 节复习题、程序设计 4-5
最大公约数, 程序设计 4-9
舍入数字, 5.1 节复习题
整数因式分解, 例 5.3
向量加法, 例 5.4; 包括向量对象, 程序设计 6-4
小数的规范形式, 图 5.15
 $n!$, 例 5.6
有理数的计算, 程序设计 5-1
直线建模, 程序设计 5-4
基底转换, 程序设计 5-5
比率对象, 6.3 节复习题、6.4 节复习题
二次方程式函数对象, 程序设计 6-3
封闭多边形的面积, 程序设计 7-7
向量初始化, 程序设计 7-8
矩阵操作, 8.2、8.3 节复习题; 程序设计 8-3、
程序设计 8-5
稀疏矩阵, 程序设计 9-4
第 n 个根的近似值, 程序设计 10-1

机械工程

内燃机效率, 2.6 节复习题
冷冻机温度估算, 程序设计 2-3
声音速度计算, 程序设计 2-4
油炉效率, 程序设计 2-8
变速箱传动比, 程序设计 2-10
气压计算, 3.1 节复习题
电冰箱性能, 3.2 节复习题、5.1 节复习题
气体的等温膨胀, 4.1 节复习题
气体的压力变化, 程序设计 4-8
交通工具燃料效率, 例 5.1
太阳能加热, 5.7 节复习题
热传递函数, 程序设计 5-7
金属数据库记录, 例 6.1;
数据库查询, 9.4 节复习题

汽车模拟, 程序设计 6-6
船舶发动机故障分析, 程序设计 10-7
汽车刹车所需的力, 程序设计 10-9
船舶减速, 程序设计 10-14

数值方法

二分法, 图 5.29
线性系统的解决方法, 8.3 节复习题
牛顿迭代法, 10.1 节复习题
正切法, 图 10.4、程序设计 10-1
数值微分, 10.3 节复习题
梯形法则, 图 10.14
辛普森法则, 10.4 节复习题
欧拉定律, 例 10.2
龙格-库塔定律, 表 10.8
用数值方法成员观察的函数对象, 程序设计 10-8;
程序设计 10-12

代码和输入的重点强调:许多程序例子使用阴影来让学生注意到代码部分, 同时也说明了当前主题的重要性。另外, 所有的程序例子用阴影来标识输入, 以此区别计算机的输出;
易犯的错误和章节回顾:每一章都包含一些常见的程序错误, 还有本章重点的概括以及关于 C++ 的新结构的表;
全面的索引:每本书都有索引, 但本书的索引具有真正的教学特色。

附录与补充

附录 A 比较了 C++ 语言与其父系语言——C 语言的区别; 附录 B 给出了标准库中部分可用的实时函数供选择; 附录 C 总结了部分输入/输出设备; 附录 D 是关于标准串类的参考; 附录 E 是关于 C++ 运算符的参考; 附录 F 是 ANSI C++ 关键字的列表; 附录 G 和附录 H 介绍了流行的 C++ 综合开发环境; 附录 I 列出了 ASCII 码和 EBCDIC 码的字符对照。

指导手册包括对各章学习的建议, 还有每章的两个测验, 以及一个单元的测试题。指导手册中还包括复习题中偶数标号题目的答案, 以及指定程序题的答案。只有有资格的教

师才可使用指导手册。请通过万维网与销售代理联系。示例的程序代码在网址 <http://www.aw.com/cssupport>（从这里链接）可以找到。

致谢

在本书的编写过程中，得到了许多同仁的大力支持。非常感谢 Joan C.Horvath 提供的大量例子和程序练习。特别感谢怀俄明州大学的同事耐心地解答我的问题。Allyson J.Anderson 做了计算机科学方面大部分题目的答案并制作了指导手册、John F.Ellis、Michael J.Magee 和 John H.Rowland 提出了雀科分类的案例研究；Lawrence M.Ostresh 在地理学方面作了许多工作；G.Eric Moorhouse 在数学方面作了一定的工作；还有 Dennis N.Coon 和 Donald A.Smith 主要在机械工程方面作了许多工作。

原稿的审阅者在提出扩充建议和查找错误方面提供了很大帮助。他们是加利福尼亚州立大学的 Hyder A.Ali、麦迪逊威斯康星大学的 Christopher T.Alvin、奥斯汀德克萨斯大学的 Todd Arbogast、佛罗里达大学的 Tom Bullock、法莱迪金森大学的 Stephen B.Dobrow、西华盛顿大学的 Martin Granier、布法罗大学的 Tom Hill、利哈伊大学的 Jacob Y.Kazakia、罗斯胡曼工学院的 Andrew Kinley、怀德纳大学的 Dr.JoAnn B.Koskol、莫里斯郡立学院的 Donna L.Occhifinto、亚利桑那州州立大学的 S.D.Rajan、华盛顿大学的 Robert A.Rouse、格鲁吉亚大学的 Chi N.Thai、罗彻斯特大学的 Anthony Trippe、维吉尼亚工学院的 Tom Walker、路易斯安那州州立大学的 Dr.David T.Young。

非常感谢阿狄森-韦斯利小组的帮助，为提供支持，他们所作的工作主要有计算机科学责任编辑 Susan Hartman Sullivan 负责初始化新的版本，Galia Shokry 是编辑助理，Patty Mahtani 负责监督本书的设计和 production，Michael Hirsch 负责开发市场。Trillium 出版服务有限公司整理原稿完成本书。

J.R.H

译者序

C++语言是由 Bjarne Stroustrup 于 80 年代早期在 AT&T 贝尔实验室开发出来的一种高级语言，它既支持传统的面向过程的程序设计方法，也支持新的面向对象的程序设计方法。自问世以来，在计算机界引起了广泛的重视，已经成为各个领域中广泛使用的一种计算机语言。

本书共分 10 章，书中结合许多工程领域中的实际问题，全面系统地讲述了 C++语言的基本概念、编程方法和编程技巧，并配有习题及答案。本书可作为学习 C++语言的教程或参考书籍。

参加本书翻译的人员有张春华、艾振海、崔刚、柴志刚、崔立新、朱惠娥、张燕、孙大鑫和邓林。审校工作由曾春平完成。

由于时间仓促，水平有限，书中难免会有缺点或错误，望广大读者提出宝贵意见。

目 录

第 1 章 计算机——设计简单的革命性机器 1	
1.1 计算机组成..... 2	
1.2 计算机软件..... 9	
1.3 面向对象的程序设计..... 14	
1.4 工程师和科学家的计算..... 18	
1.5 本章回顾..... 19	
第 2 章 C++程序的基本元素 21	
2.1 简单的 C++程序..... 21	
2.2 语句的执行..... 26	
2.3 输入/输出操作符..... 36	
2.4 数据类型..... 38	
2.5 算术表达式..... 43	
2.6 附加运算符..... 48	
2.7 名称空间..... 52	
2.8 软件设计注意事项..... 53	
2.9 本章回顾..... 56	
2.10 程序设计..... 57	
第 3 章 控制结构 60	
3.1 3 种基本结构..... 60	
3.2 条件..... 63	
3.3 选择和循环..... 69	
3.4 嵌套及多重选择结构..... 72	
3.5 多重选择的 switch 语句..... 79	
3.6 利用选择结构解决问题..... 81	
3.7 软件设计注意事项..... 88	
3.8 本章回顾..... 89	
3.9 程序设计..... 90	
第 4 章 循环结构 94	
4.1 循环格式及 while 语句..... 94	
4.2 交互式处理和批处理..... 100	
4.3 for 语句..... 105	
4.4 改变操作数的运算符..... 108	
4.5 输入错误..... 116	
4.6 do-while 循环..... 119	
4.7 用循环解决问题..... 121	
4.8 软件设计注意事项..... 127	
4.9 本章回顾..... 127	
4.10 程序设计..... 130	
第 5 章 用户自定义函数 136	
5.1 单值函数..... 136	
5.2 无返回值的函数..... 143	
5.3 带有输出参数的函数..... 149	
5.4 重载函数..... 155	
5.5 标识符作用域..... 160	
5.6 递归函数（可选择）..... 164	
5.7 利用用户定义的函数解决问题..... 171	
5.8 软件设计注意事项..... 177	
5.9 本章回顾..... 178	
5.10 程序设计..... 180	
第 6 章 数据结构和对象 188	
6.1 结构类型..... 188	
6.2 简单类..... 190	
6.3 类的分析和设计..... 195	
6.4 类的设计实现..... 198	
6.5 类型转换的访问函数和构造函数..... 207	
6.6 成员重载运算符..... 211	
6.7 类重用（可选）..... 216	
6.8 软件设计注意事项..... 227	
6.9 本章回顾..... 228	
6.10 程序设计..... 229	
第 7 章 数组和字符串 234	
7.1 存储表的数组..... 234	
7.2 数组元素的顺序访问..... 237	
7.3 将整个数组作为参数..... 246	
7.4 再谈字符串..... 253	
7.5 具有数组成员的种类..... 258	
7.6 动态分配的数组成员..... 266	
7.7 软件设计注意事项..... 273	
7.8 本章回顾..... 273	

7.9 程序设计.....	275	10.4 数值积分.....	365
第 8 章 多维数组	282	10.5 解一阶微分方程.....	368
8.1 多维数组的建立与使用.....	282	10.6 软件设计注意事项.....	372
8.2 矩阵运算.....	291	10.7 本章回顾.....	373
8.3 线性系统.....	298	10.8 程序设计.....	374
8.4 二维数组的动态分配.....	308	习题答案	380
8.5 软件设计注意事项.....	314	附录 A C 语言——C++语言的母语	421
8.6 本章回顾.....	314	附录 B C++标准库/宏指令精选	429
8.7 程序设计.....	316	附录 C C++输入/输出函数	433
第 9 章 输入流与输出流	323	附录 D 类串提供的函数精选	435
9.1 文本文件.....	323	附录 E C++操作符	437
9.2 流错误检测.....	329	附录 F C++ 保留字	439
9.3 格式化文本输出.....	332	附录 G Microsoft Visual C++集成 开发环境介绍	440
9.4 查询数据库.....	334	附录 H Borland C++集成开发环境 介绍	445
9.5 软件设计注意事项.....	343	附录 I 字符集	450
9.6 本章回顾.....	343		
9.7 程序设计.....	344		
第 10 章 数值方法简介	348		
10.1 求函数的根.....	348		
10.2 初等统计学.....	355		
10.3 数值微分.....	361		

第 1 章 计算机——设计简单的革命性机器

- 1.1 计算机组成
- 1.2 计算机软件
- 1.3 面向对象的程序设计
- 1.4 工程师和科学家的计算
- 1.5 本章回顾

计算机

能够接收、存储、转换和输出各种类型数据的机器。

发达国家中计算机的广泛应用正影响着 21 世纪的生活。从早晨自动泡制咖啡的咖啡壶，到烹调早餐的微波炉；从到工作地点驾驶的汽车，到自动取款机，事实上你生活的每个方面都离不开计算机。这些机器能够接收、存储、处理和输出信息，并且能够处理数字、文本、图像、图形和声音等各种类型的数据。

计算机技术日益影响着工程师和科学家的工作环境：

- 底特律的一个工程师利用计算机辅助设计（CAD）软件包，来为新车制作可供选择的设计（见图 1.1）。计算机能够对每种设计方案结构强度进行测试，还能够测试在不同的路面条件下车的性能是否达到了预期的目的。在工程师选择出最佳的方案后，计算机产生指令来控制机械臂和程序化的工具生产汽车（见图 1.2）。



图 1.1 汽车的计算机辅助设计

- 一个新泽西的科学家到了澳大利亚后仍和新泽西的同事共同做一些研究工作。他们之间讨论研究课题时需要交换意见，交换意见是通过每天在互联网上互传电子邮件的方式实现的。
- 当一艘巨型油轮在加利福尼亚海岸发生事故后，一个负责泄露

事件的工程师用笔记本电脑，根据输入的当时风和海水的信息，能够估算出泄露的油到岸边的确切位置。

- 怀俄明州的一个化学家用电脑绘制完整的分光计，采用电脑操作工具来分析分子的结构以识别化学反应的产物。

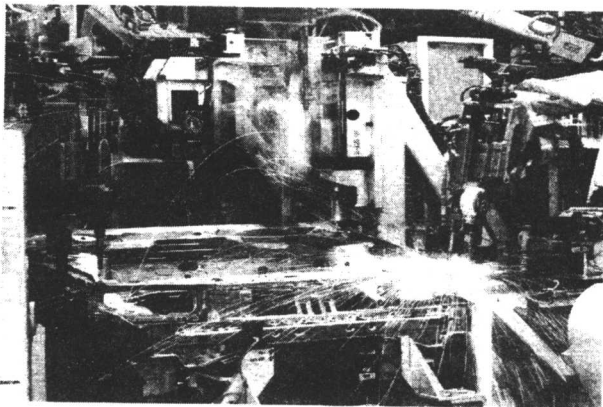


图 1.2 汽车制造业使用的机器人

本章提出的这种设计简单的机器（计算机）已使 21 世纪的文明发生了革命性的变化。你既可以通过学习各种软件来充分利用计算机的性能，也可以通过学习计算机语言使计算机按照你的要求进行工作。我们还将向你介绍一种最新的功能强大的设计方法，并且还要讨论为什么学习编写自己的应用程序对你很重要。

1.1 计算机组成

从能够完成运算的微型计算机，到一个国家气象机构用来预测天气的超级计算机，各种类型大小的计算机都有相同的基本结构。图 1.3 展示了这种基本的结构：CPU、主存、辅助存储器以及输入输出设备。

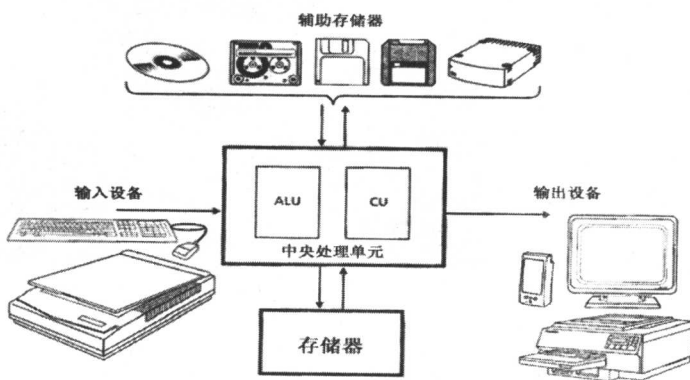


图 1.3 计算机的基本组成

中央处理单元

中央处理单元 (CPU)
计算机的“大脑”，由算术逻辑单元和控制单元组成。

集成电路 (IC) 或芯片

一条装有大量小型电路的硅片。

微处理器

在一块单独芯片上的完整 CPU。

寄存器

CPU 内部的高速存储器。

中央处理单元 (CPU) 是进行数据转换的计算机组成部件。它包括两部分：一部分是算术逻辑单元 (ALU)，它包括执行数字运算的电路和进行逻辑比较的电路，加减法等运算都是数字运算，“大于”、“等于”等运算都是逻辑运算；另一部分是控制部件单元 (CU)，它解释每一条机器指令，并将信号传送到其他部件，并且通过指令的执行来完成相应的操作。

现代 CPU 的电路是一个**集成电路 (IC) 或芯片**，成百万的电路集成于一个硅片上。中央控制单元的集成电路称为**微处理器**。CPU 当前正在处理的指令和数据被暂存在 CPU 内部的特殊的高速存储器中，CPU 内部的这种高速存储器叫**寄存器**。

存储器

随机存取存储器 (RAM)

存储各类指令与数据编码单元的集成电路，这些单元可以按照任何顺序进行访问。

数字形式

由 0 和 1 所组成的二进制数。

计算机的存储器就象一个带标号的信箱的集合，图 1.4 显示了一个存储器单元的两个基本特性：一个是地址（图 1.4 中数字 0 至 15），另一个是存储内容或存储的值。一个存储器单元往往含有一个确定的值，它总是非空的。当将一个新的数据存入存储器时，存储器中对应单元中原来的数据就会被覆盖。只要提供任何一个正确的地址，存储器单元就可以随机存取，计算机存储器也被称为**随机存取存储器 (RAM)**。

就象中央处理器一样，存储器也是集成电路，随机存储器是易失性存储器，如果有电，保存的数据就能存储在存储器内；如果断电，存储的数据就会丢失。

所有存放在存储器中的数据（实际上是所有被计算机处理的数据）都是**数字形式**，采用的都是二进制的代码形式，基数为 2，数据都是由 0 和 1 组成的。因此，图 1.4 并不是一个完全准确的存储器模型。因为它没有显示二进制形式的地址和内容，只显示了二进制数所对应的值或内容。存储器单元 5 的准确表示如下：

地址	内容
0000101	0000000001000001

就象基数为 10 的十进制数一样，基数为 2 的二进制数也是每个数码在不同的位置代表不同的值。所以地址值的含义如下：

基 2	0	0	0	0	0	1	0	1	总和
转换	0×2^7	0×2^6	0×2^5	0×2^4	0×2^3	0×2^2	0×2^1	0×2^0	
基 10	0	0	0	0	0	4	0	1	5

0	LDA 14
1	ADD 15
2	STA 14
3	HLT
4	153
5	'A'
6	6.5
7	0.00014
8	gray pixel
9	'!'
10	0
11	0
12	0
13	0
14	10
15	7
...	

图 1.4 计算机存储器单元

位
一个进制数位。

字节
用于表示一个字符（8位）的存储器的单位。

字
计算机处理的基本信息单位，可表示存储器的大小。

类似的，我们也可以将存储器单元的内容5转换为十进制： $1 \times 2^6 + 1 \times 2^0 = 65_{10}$ ，65是字符A的编码。但是如果这个存储器单元中要存放整数65，存储单元中的内容的形式并没有什么变化。存储单元中存放的内容的含义主要根据计算机的使用方法来原因。一个存储器单元可以存储数值、字符、图像的元素或机器指令，计算机中的这些信息都是以数字的形式存储的。

一个二进制数位（有时称为**位**）是数据的最小单位。一个**字节**代表8位，是存储器表示一个字符的数量。前面图中的存储器单元5是由两个字节组成的，但第一个字节实际上不是必需的，你可能已经注意到它的值都是0。特定的计算机系统认为存储器的**字**是计算机处理的基本信息单位。我们选取的存储器单元5的字长是16位。以前的个人电脑的字长都是16位的，现在的个人电脑的字长已是32位或64位。

CPU 和存储器之间的相互作用

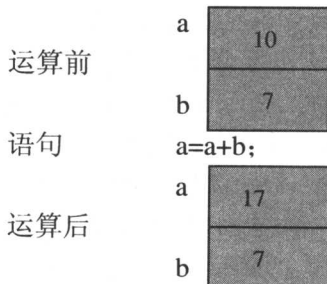
程序
命令计算机工作的一组指令。

一系列指令的集合称为“**程序**”，程序能够控制计算机将信息从一种形式转换为另外一种计算机可以执行的二进制的形式。在图1.4中所示的存储器中，在存储单元0~3中包含了一个小程序段，如果变量a被存

储在第 14 个存储单元，变量 b 被存储在第 15 个存储单元，这个小程序就等于语句：

a=a+b;

将 a+b 的值存储到 a 中，



为了完成这个语句命令，CPU 和存储器之间的相互作用如下：

1. 控制单元通知存储器需要取存储单元 0 中的值。

2. 当存储器有响应时，控制单元就将 0 存储器中的值（二进制数，代表 LDA 14）存放在 CPU 的指令寄存器中，控制单元对指令进行译码，指令的含义是将“存放在存储器单元 14 的值传送到累加器中”，然后通知存储器提供存储单元 14 的值。

3. 当存储器有响应时，控制单元通知（CU）和算术逻辑单元（ALU）复制接收的值到 CPU 的另一个寄存器—累加器中。

步骤 1~3 已执行存储单元 0 中的指令，步骤 4~6 将会执行存储单元 1 中的指令。

4. 控制单元通知存储器需要取存储单元 1 中的值。

5. 当存储器再响应时，控制单元就将存储器的值（二进制数，代表 ADD15）存放在 CPU 的指令寄存器中，控制单元对指令进行译码，指令的含义是“将累加器中的值与存放在存储器存储单元 15 的值相加”，然后通知存储器提供存储单元 15 的值。

6. 当存储器响应时，控制单元通知算术逻辑单元 ALU 将接收的值加到累加器中。

同样的，步骤 7~9 将会执行存储单元 2 中的指令，将累加器中的值（17）存到存储单元 14 中替换原来的值。取指令、指令译码、执行指令的这种重复执行的过程称为**取指令—执行指令循环**。

取指令—执行指令循环

CPU 的重复执行取指令、指令译码、执行指令的过程。

输入 / 输出设备

输入 / 输出设备完成非数字化的生物（如人）与数字化的计算机之间的交流。最常见的输入设备是键盘，它能够将打字者按下的按键转换成意义相同的数字代码。举例来说，当打字者同时按 shift 键和 A 键时，键盘就传送代表大写字母 A 的整数 65 (01000001₂)，

即大写字母 A 的数字编码。数字编码可以表示键盘上控制键，也可以表示字母、数字和标点，也可以代表如退格、回车、后退、定位键等（见附录 I）。

图形用户界面 (GUI)
带有图形和菜单的界面，允许用户选择命令和数据。

不久以前，人们与计算机的交流主要是通过按行输入文本。但是，现代的计算机已经使用了**图形用户界面 (GUI)**，通过这个界面用户可通过点击屏幕上的图标或特定的文本来发出命令或做出选择。各种各样的指示设备可用来指示输入位置或选择需要输入的数据，除了图 1.3 所示的鼠标外，还有追踪球和触摸垫。一个扫描仪（见图 1.3 左下角）将图像转换成许多块的数字，每个数字代表一个图片元素（像素）的颜色。就像在快餐店里使用的一样，触摸屏可以感觉手指按在哪个地方，并将位置信息转化为代表这一位置的图像的指令或数据。越来越多的计算机安装了语音识别程序系统，用户可以通过麦克风说话来发出相应的指令。

一般的输出设备主要包括显示器和打印机，多数计算机也有输出音频信息的音箱。

辅助存储器

除了主存储器之外，计算机系统还需要有其他类型的存储器。这其中主要有两个原因：第一，在断电或关机的情况下，计算机需要一个永久的或半永久的存储器存储信息；第二，这些存储器的容量需要远远大于主存储器。

辅助存储器

类似于磁盘或磁带，在磁盘驱动或录音机断电时仍然能够保存数据的存储单元。

磁盘

表面带有磁性物质的薄金属盘或塑料盘，数据存放在磁道上的磁化点中。

图 1.5 显示了一些常用的**辅助存储器**和存储介质。许多个人计算机需要两种磁盘作为辅助存储器：硬盘通常是安在磁盘驱动器上的，而软盘和压缩磁盘是可移动的。**磁盘**本身是一个表面带有磁性物质的薄金属盘或塑料盘，在磁盘中每一个数据位都是一个磁化点，这些点以同心圆的方式排列称之为磁道。磁盘驱动器的读/写头，在读/写数据的过程中，磁盘高速旋转，读/写头移动到正确的磁道上，然后识别各移动的点所存储的数据。一张高密度的软盘能够存储 1.44 MB（见表 1.1）的数据，一张压缩磁盘可以存储 100 MB 或 250 MB 的数据信息，一些硬盘可以以 GB（亿字节）的容量存储数据。



图 1.5 辅助存储介质

现代许多个人电脑都安装了 **CD 驱动器** 来读取存在光盘上的数据，

CD 驱动器

利用激光对光盘进行读写的驱动器。

数字化视频光盘 (DVD)

存储的数据量达到 17GB 的银色的塑料盘。

有些驱动器还可以向光盘写入数据。

CD 盘是一张银色的塑料盘，盘的一面是螺旋形的光道，光道中存储着一系列光记录的凹坑或平面的数据信息。一张 CD 可以存储 680MB 的数据信息。**数字化视频光盘 (DVD)** 已经成为越来越广泛使用的辅助存储器。采用在紧密排列的螺旋形的光道中存储更小的光记录的凹坑或平面的技术，一个 DVD 可以在一层上存储 4.7GB 的数据。一些 DVD 可以存储个四层数据，一边两层，整个存储容量为 17 GB，如此充足的存储量可供 9 个小时的影视视频和多道声频使用。

表 1.1 表示存储器容量的术语

名称	缩写	等于	与 10 的次方的比较
Byte	B	8bits	
Kilobyte	KB	1024(2 ¹⁰)bytes	>10 ³
Megabyte	MB	1048576(2 ²⁰)bytes	>10 ⁶
Gigabyte	GB	1073741842(2 ³⁰)bytes	>10 ⁹
Terabyte	TB	1099511627766(2 ⁴⁰)bytes	>10 ¹²

磁带驱动器作为辅助存储器主要用于备份数据。单纯依靠一张磁盘备份重要的文件并不明智，因此，重要的数据备份应当以规范的间隔写入磁带。磁带驱动器的主要缺点就是它是一种顺序存取设备：它必须按照存储的顺序读取数据。相反，磁盘驱动器是一种随机存取设备：它可以将读 / 写头移动到需要达到的任何磁道上，并且磁盘高速旋转，读 / 写头的位置一旦位于要读 / 写的数据所在的磁道上，需要等待的找到数据的时间是很短的。

文件

存储在磁盘中的带有名字的数据集合。

在辅助存储器中存储的信息是按照名字单元存储的，这些名字单元称之为**文件**。这些文件的设备目录通常被划分成子目录或文件夹，这些子目录和文件夹又可进一步划分成下一级的子目录或文件夹。采用这种目录结构的单个文件的完整的路径名能够体现文件的路径。完整的路径名包括：驱动器名字、所有子目录的名字、文件名。不同的系统构造路径名的规则也不相同，所以，你必须明确你所使用的系统的规则。下面是在 IBM-compatible PC 系统中文件的路径名：

C: \compons\ics\cpus\pent.txt

这个路径名表明文件 pent.txt 可以在 C 磁盘驱动器的 compons 目录下的 ics 子目录中找到。

计算机的连接

局域网 (LAN)

计算机、打印机、扫

我们正在经历的世界范围内的信息访问爆炸主要是由于互联网上计算机的互连，通过网络计算机之间可以相互交流信息。**局域网(LAN)**是

描仪、辅助存储设备之间用电缆互连。

通过电缆将计算机与其他设备连接起来的，这样就使得计算机之间能够共享打印机、扫描仪、辅助存储设备等资源（如图 1.6 所示）。电话网络之间可以互连，使用相同技术的局域网之间也可以互连，短距离间通信可以使用电话线，长距离通信可使用电话线或通过卫星中转微波信号（如图 1.7 所示）。为了相互通信，计算机、打印机、扫描仪、辅助存储设备之间用电缆互连。

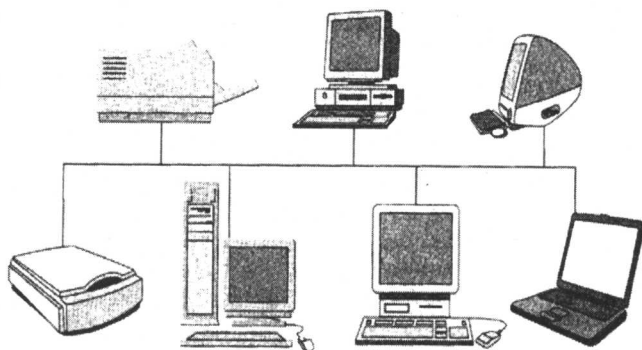


图 1.6 局域网

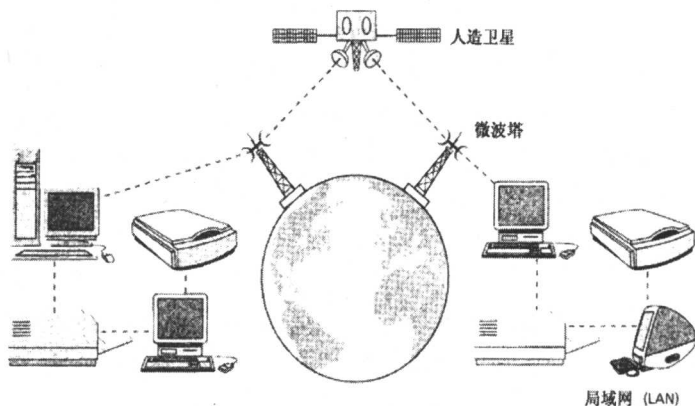


图 1.7 通过卫星中转微波信号的广域网

广域网 (WAN)

大的地理范围内的连接计算机和局域网的网络,比如 Internet。

World Wide Web (WWW)

Internet 的一部分,利用图形用户界面导航使得网络资源的查找变得很容易。

大面积范围内许多个人计算机之间和局域网之间连接在一起的网络称为**广域网 (WAN)**。最著名的 WAN 是 Internet, 它将校园、公司、政府机关和公众网连在一起。Internet 是 1969 年美国国防部 ARPAnet 工程计划中涉及的计算机网络系统的产物, 这项工程旨在建立一个即使局部遭到破坏也能继续工作的网络系统。

Internet 的最广泛的应用就是 **World Wide Web (WWW)**, WWW 使 Internet 资源得到广泛普遍的应用, 而图形用户界面在 Internet 的使用中起到导航的作用。