高等学校教材

C++

第二版

程序设计基础

张基温 编著

高等教育出版社

高等学校教材

C++程序设计基础

第二版

张基温　编著

高等教育出版社

内容提要

本书介绍了C++的全集。该书强调从算法分析到程序测试的程序设计全过程，以使读者能在较短的时间内，掌握C++基本语法知识和应用C++解决问题的基本能力，并能编写出具有良好风格的程序。根据C++的特点，本书把其学习过程分为两个阶段：前三章用以培养学生面向过程的程序设计能力，后三章用于培养学生面向对象的程序设计能力。书中含有丰富的例题与习题，便于教学和自学。

本书内容丰富，结构紧凑，概念阐述清楚，注重学生能力培养，可作为高等学校有关专业程序设计语言课程的教材或参考书，也可供各类从事计算机应用的开发人员学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

C++程序设计基础/张基温编著 .—2版 . —北京：高等教育出版社，2003.4

ISBN 7-04-012302-9

Ⅰ.C… Ⅱ.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(2003)第 009896 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社　　址	北京市东城区沙滩后街 55 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100009	网　　址	http://www.hep.edu.cn
传　　真	010-64014048		http://www.hep.com.cn
经　　销	新华书店北京发行所		
印　　刷	北京未来科学技术研究所有限责任公司印刷厂		
开　　本	787×1092　1/16	版　　次	2003 年 4 月第 2 版
印　　张	20.5	印　　次	2003 年 4 月第 1 次印刷
字　　数	500 000	定　　价	25.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

前　言

C++是一种多范型的程序设计语言，它既支持面向过程的程序设计，又支持面向对象的程序设计。它的成功在于务实与求新的结合，它没有抛开已经广受青睐的C从头重来，而是以C为支撑，向面向对象的领域延伸。这对已经熟悉C的人来说，如同一只手中已握着刀，而另一只手又拿上了剑。对于面向对象程序设计思想的推广和普及，C++立了很大功劳。

有人说，“学习C++，必须先学好C”。这话虽有道理，但本人还是不敢苟同。固然C++是C的超集，学了C再学C++会很容易，但C++并不是简单地“在C上加了一点”，它是对C的改进和扩充，有些机制并不完全相同。为了学C++而先去学C，是不太经济的。因此，给那些想直接、快步进入C++的初学者提供一块垫脚石，正是本书的主要写作动机。

本书共六章，前三章介绍C++支持面向过程程序设计的基本机制，即相当于C语言的部分；后三章介绍用C++进行面向对象程序设计的基本方法。

尽管C++是一种适合组织较大型程序的程序设计语言，但对程序设计的初学者来说，首先应掌握的是一种程序设计语言的基本语法，其次是设计小程序的本领，不学会并熟悉设计小程序，就难以掌握大程序的设计方法。所以本书基本按语法结构编写，并注意对读者进行程序设计基本方法的训练。考虑本书的篇幅有限，为拓宽视野，进一步提高读者的程序设计能力并加深对重要语法的理解，本书还有一本姊妹篇——《C++程序设计基础例题与习题》。

国际标准化组织(ISO)C++标准化委员会技术专家蔡希尧教授、著名计算机教育家谭浩强教授分别审阅了本书。他们提出了宝贵的意见，并对本书的编写和出版给予了热情鼓舞和大力支持。本书第一版于1996年出版以后，得到国内不少同行的支持、鼓舞和善意的批评建议。在此谨向他们深表衷心的谢意。本次再版中参照了这些意见。同时进一步期待各位专家、同仁和读者的批评、建议，以便把这本书改得更好。

张基温

2002.6

目　录

引　论

0.1　程序 = 模型 + 表现

0.1.1　问题 - 模型 - 程序

程序设计是一个涉及客观世界、认识世界和计算机世界的过程。这三个世界的关系如图0.1所示。客观世界中的问题，在认识世界中用模型描述，在计算机世界表现为程序。

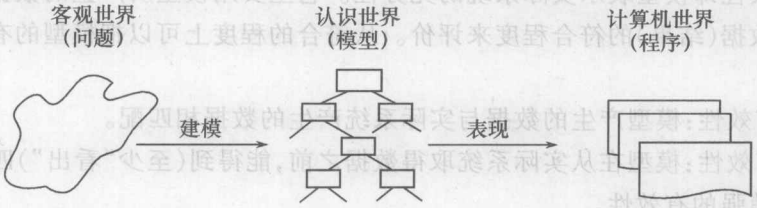


图 0.1

模型是对问题的抽象描述。它忽略了人们所不关心的方面或不必要的细节，保留了所关心的部分，以使人们深刻理解问题的本质，掌握解题的基本途径。如对“原来有三头牛，又买了两头，现共有几头牛”这样的问题，可以抽象为

3 + 2

这是一个忽略了具体物体本身、只研究其数量关系的模型。

程序是计算机理解并可执行的指令序列。当一个问题的模型用某种计算机语言表现后，便得到了解决问题的程序。如上述模型用C++可表现为

```
#include <iostream.h>
main()
{
    int x = 3;
    x = x + 2;      // 或 x + = 2;
    cout << "The sum of cow is:" << x << endl;
}
```

概括地说，程序设计是建立问题的模型并把它用一种计算机语言表现出来的过程。实际上，当问题的规模(复杂性)较大时，由于人的智力的不足，因此建模与表现的过程是逐步向前推进，并且常常是反复进行的，如图0.2所示。

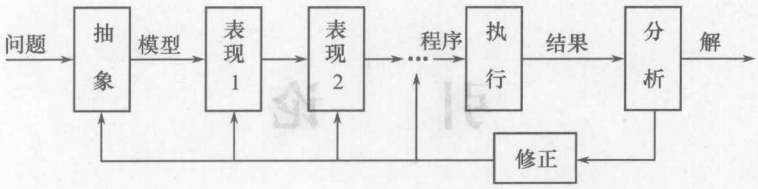


图 0.2

0.1.2　程序的正确性:模型的有效性 + 表现的忠实性

程序可以从许多方面评价,而正确性是最起码的。程序的正确性主要依赖于模型的有效性和表现的忠实性。

1. 模型的有效性

模型的有效性即模型表示实际系统的充分性。它主要用模型所产生的数据(结果)与实际系统所产生的数据(结果)的符合程度来评价。从符合的程度上可以把模型的有效性分为如下三个层次:

(1) 复制有效性:模型产生的数据与实际系统产生的数据相匹配。

(2) 预测有效性:模型在从实际系统取得数据之前,能得到(至少"看出")匹配数据。这是比复制有效性稍强的有效性。

(3) 结构有效性:模型不仅能复制被研究的实际系统的行为,而且能真实地反映实际系统产生这个行为的机制。这是更强一级的有效性。

2. 表现的忠实性

表现的忠实性即程序实现模型的忠实性。

从方法学的角度,为了提高模型的有效性,人们除要熟悉并正确地应用问题领域内有关知识外,还应科学地运用智力,合理地分割问题,由粗到细,使每一步都在智力容易解决的范围内进行思考。为了提高表现的忠实性,除要正确地使用表现语言(包括中间语言)、认真地应用设计方法外,还希望缩短表现过程,减少转换层次。

程序的正确性与程序设计的效率是矛盾的。目前,人们已找到解决这一矛盾的有效途径,即提高软件的可重用性。具有可重用性的程序可以(或经简单修改)作为别的软件的构件。这样既可以缩短软件开发时间,又容易保证软件的可靠性。

0.1.3　程序设计中的科学思维方法

程序设计是涉及数学、计算机、特定问题领域、思维科学等的一门技术学科,是一种高强度的智力密集活动。它要求人们在这一过程中必须合理地组织智力,科学地进行思维。著名计算机科学家 Dijkstra 曾说过:"我有一个小小的脑袋,但是我要靠它去生活"。这是对程序设计哲理的精彩概括。下面介绍几种在程序设计中经常运用的科学思维方法。

1. 抽象

程序设计是一个由具体到抽象再到具体的过程。抽象强调问题内在的、本质的特性,而暂不考虑其细节。这是人们认识、理解、处理复杂现象的最有力的思维武器。与复杂的现实世界

相比,处于历史长河中的一个瞬间和浩渺宇宙中一隅的人们,其认识和思维能力是有限的。由于认识和思维能力的限制,人们对复杂性太高的问题,不可能一下触及到其细节,做出精确思维。这时,有效的方法是先用高级的抽象概念构造、理解它,然后再用较低的概念构造、理解它的尚未被精确认识的部分。如此不断进行,形成不同的抽象层次,直到把问题精确构造、理解为止。例如,要做一张桌子,首先要决定桌子的大小、大致式样,然后再决定用什么材料、结构方式等。解题是一个由具体到抽象再到具体的过程。程序设计时,首先要把具体问题抽象为模型,再把模型表现为用具体的计算机语言表现的程序。在这一过程中,要求人们不首先考虑实现细节,而应把精力放在建立系统的总体模型上。这时,程序被看作由一个一个的程序零件构成。最后考虑各个程序零件的实现:或自己设计,或用已有的。

各种高级程序设计语言中,都引进了一些抽象机制,如数据类型、函数等,将服务与实现分离,以便能用一个名字指称具有相同性质的实现,使用户不需再关心实现的细节,能较大地缩短表现过程,有效地提高程序的正确性和程序设计的效率。

2. 归纳 - 演绎法

归纳是从个别发现一般概念,去异求同的思维方法。演绎是从一般的概念、原理认识个别的思维方法。

任何客观个体既有个别性,又具一般性,是个别性与一般性的统一体。归纳过程是从个别到特殊,从特殊到一般的思维运动;演绎是从一般到特殊,从特殊到个别的思维运动。它们是统一的、人类认识过程中相互对立又相互联系的两种思维运动。在辨证的思维运动中,归纳以演绎为前导,演绎以归纳为基础。它们互为前提、互相促进。例如,张家的狗用于看门,李家的狗也用于看门……可以归纳出"狗可用于看门"这一结论;又从有的狗可看门,有的狗可表演,有的狗可用于侦探……归纳出"狗可以被驯练"这一结论。由"狗可以被驯练"这一特征可以演绎出:可以让狗去送信。

数学归纳法是一种典型的归纳思维方法。如,一般说来,对多个数求和需要对各数依次相加。但是,对一个连续的自然数组成的数列中的各项依次相加,如计算

$$1+2+3+\cdots+10$$

时,可以按图 0.3 所示方法进行简捷计算

$$\frac{10}{2}\times(10+1)$$

而要计算

$$1+2+3+\cdots+100$$

时,可以进行简捷计算

$$\frac{100}{2}\times(100+1)$$

于是,可以归纳出方法

$$\sum_{i=1}^{n} i = \frac{n}{2}\cdot(n+1)$$

由这个一般方法,可以演绎出 n 为任何正整数时的计算方法来。

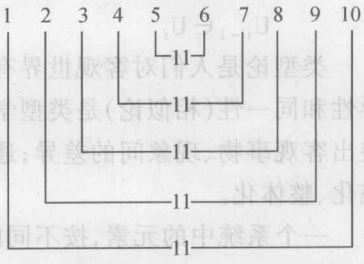


图 0.3

3. 分析 - 综合法

世界是复杂的,但是世界是构造的、可分的。分析 - 综合法就是基于世界可构造性与可分性的一种科学思维方法。分析是把整体分割成部分,把一个复杂系统分解成简单要素,把一个过程划分成片断,或把一个动态过程离散成为一个静态序列来研究的一种思维方法。

综合方法是分析方法的发展，它是从认识世界的角度，把客观世界的各个部分、各个方面、各种因素结合起来，动态地进行考察、研究的一种方法。综合以分析为基础，只有经过对客观世界周密的分析，对其各个部分清楚地认识，才能正确地进行综合。但是，综合不是简单地将分析的结果还原，而是从理性角度，用某种概念，或在更高的层次上说明客观世界中事物的本质及其运动规律。

综合不同于归纳。综合是从同一命题的细节中提炼出完整的概念或理论，而归纳是从已知论及未知。

分析常常要用抽象方法进行。例如，计算机是一种智力机器，为发明计算机，首先要对人的解题活动进行分析，得到计算机应具备计算、记忆、自我控制、输入、输出等五大功能；再研究如何实现这些功能，最后组装，进行整体评价，找出薄弱环节，作进一步改进。

为开发大程序，人们已经找到并正在寻找更好的分析方法。关于这方面的知识请查看有关资料。

4. 比较 - 分类法

分类是分析的一种主要方法或称特例。

1969 年，比利时布鲁塞尔学派的领导人 I. Prigogine 在一次“理论物理学和生物学”国际会议上指出，世界总是不断变化和发展的，自然界应该存在着从无序向有序转化的客观规律。

有序与无序是相对的，它反映了人们认识客观世界的绝对性与相对性。世界是物质的，物质是运动的，运动是有规律的，因而世界是可以被认识的。这就是世界有序的绝对性。人们对客观世界的认识是螺旋式向前推进的。这就是有序的相对性。

世界的有序性，还表现在组成它的成分是有类型的。1984 年德国数学家 P. Martin-Löf 提出了一个类型论(Type Theory)。他认为：

- 世界是按类型构造的；
- 类型是分层次的；
- 低层次类型是较高层次类型的一个成员，可以表示成

$$U_{i-1} \in U_i$$

类型论是人们对客观世界有序性认识的一个侧面。现实世界中各种事物、现象、概念的差异性和同一性(相似论)是类型学的客观基础。而抽象概念是分类的主观依据。通过比较可以突出客观事物、现象间的差异；通过分类，可以使客观事物在人们主观的认识概念上条理化、系统化、整体化。

一个系统中的元素，按不同的抽象概念，可以进行不同的分类：可以用抽象的方法自顶向下地进行，也可以用归纳的方法自底向上地进行。如领导分配甲去调查运输工具的市场情况，分配乙去调查纺织品的市场情况，这时的分类是自顶向下的；而甲调查运输工具的市场情况后，可以按机动与人力，也可以按陆运、水运、空运，或按所属部门对调查结果进行分类，这时的分类是自底向上的。

0.1.4 功能分析与结构分析

计算机程序的执行，实际上是在计算机上对问题所描述的现实世界中运动的模拟。从哲学的观点看，模拟可以按功能模拟与结构模拟两个方面分别或交叉进行。模拟是在对被模拟事物进行相应分析的基础上进行的。

1. 功能分析与功能模型

功能模拟只强调系统应具备哪些功能，而不强调这些功能必须用什么样的构造形式实现。如当前的计算机就是从功能模拟的角度，模拟人脑运算的机器，而不是从人的神经系统结构的角度来实现信息处理机能。再如，洗衣机的发明也是基于功能模拟的。

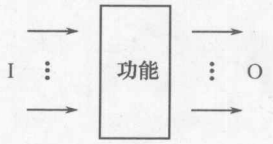


图 0.4

用抽象思维进行功能分析的基本方法是，首先应把系统看成一个黑箱，抽象出它的输入与输出，中间的部分是看不见的，只表示一种功能（或处理），如图 0.4 所示。对计算机来说，输入的是原始数据，输出的是结果。对洗衣机来说，输入的是脏衣物，输出的是净衣物。

把一个黑箱表达清楚以后，便可以打开它，看它是否可以进一步分解成几个更基本的功能……如此不断把抽象级别降低，便可以由上而下地得到一个系统的功能层次图。图 0.5 为计算机功能的层次图。功能层次结构图最低一层应当是一些单一的、极易实现的功能。

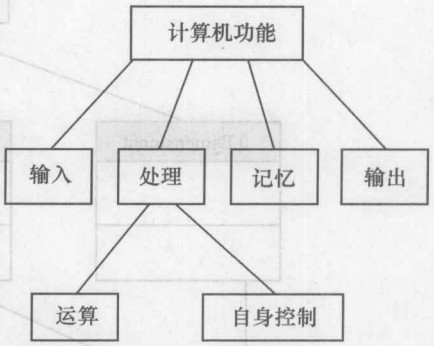


图 0.5

2. 结构分析与对象模型

结构分析主要研究系统组成，它强调模型的结构与客观世界的结构相对应，认为世界是由各种各样具有一定运动规律和内部状态的对象所组成的。对象（object）是现实世界中有意义的事物，可以是物质的，也可以是一种概念；复杂对象由简单对象组成；每个对象有自己的属性与行为，不同对象间的相互作用和通信构成了现实世界。因此，结构分析围绕着现实世界中的对象来构造系统模型，而不是围绕功能来构造系统模型。或者说，它强调首先要了解系统由什么组成，而不是像功能分析那样强调首先了解系统要干什么。

分类是对复杂系统进行结构分析的主要方法。通过分类对组成系统的对象进行抽象，可以简化系统的模型，并容易理解系统的实质。属于同一类型的对象有类似的属性、共同的行为（操作）、与别的对象有类似的关系、共同的语义。例如，不管在哪个坐标点上，画出一个什么样（半径，颜色）的圆，都有相似的属性（半径，圆心坐标，颜色）、共同的行为（被平移，被放大，被显示，被选择等）。具有一组类似性质的对象，称为对象类。

类具有层次关系。在图 0.6 所示“图形（Figure）”类层次结构图中，每个对象类由类名、属性、方法（行为）三部分来描述。在类层次结构中，父类是子类的超集，即父类所描述的对象包含了其任一子类所描述的对象。或者说，子类比父类具有更多的属性，以表明子类对象的特殊性。如一个圆类比一般二维图的共同属性要多一个属性（直径 diameter）。也可以说，父类派生了子类，或子类继承了父类的性质。这种模型也称对象模型。

在对系统进行结构分析时，为了深刻理解对象行为，还要对对象进行动态分析，建立对象的动态模型，作为对象模型的补充。

系统分析与问题定义是建立模型的基础。从模型的有效性看，功能模型最高可以达到预测有效性，而结构（对象）模型可以达到结构有效性。

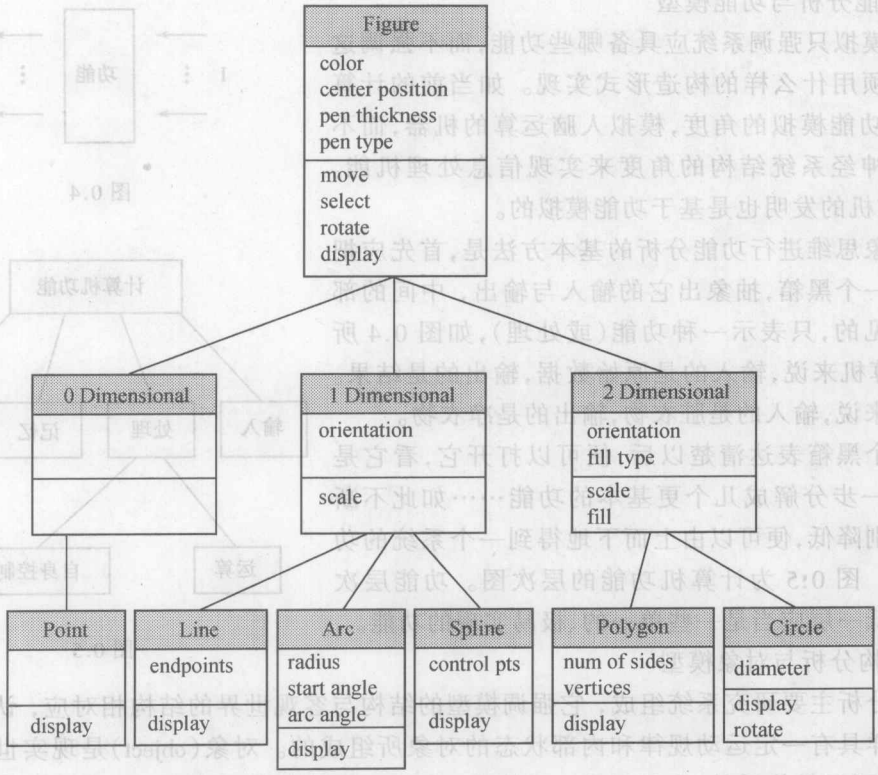


图 0.6

0.1.5 模块：接口与实现

分析(功能分析或结构分析)得到系统模型的总体结构。在功能或类层次结构图中,基本元素称为模块(在功能层次图中为功能模块,在类层次图中为类模块)。每个模块与其他模块的联系称为接口。在程序设计中,模块之间的联系太多,会造成模块修改与维护的困难,也会造成错误在模块间的蔓延。为了能得到一组好的模块,应当使每个模块中的信息,对不需要这些信息的其他模块是不应该访问的。这称为模块设计的信息隐蔽原理。

在功能层次结构图中,每个模块的接口需要指明以下几点:

(1) 调用关系:只有父模块可以调用其子模块。

(2) 数据传送关系:调用模块(父模块)向被调模块(子模块)传送数据(参数),作为被调模块的输入;被调模块执行后,向调用模块返回一个值,作为被调模块的输出。在类层次图中,各模块是类。按照信息隐蔽原理,每个类对象中的信息(数据及方法,统称类的成员)应分为公开的(public)和私有的(private)两部分。

因此,定义一个类的接口需要说明以下几点主要内容:

(1) 该类有什么继承关系,如图 0.6 中的类 2 Dimensional 继承了类 Figure 的特性;

(2) 该类除继承的特性外,自己还有哪些特殊性;

(3) 该类的成员中,哪些成员是外部可以访问的,哪些是外部不可访问的。

接口定义好后，接下来的工作是实现模块。所谓实现，通常含有两层意思：构造模块的内部细节与将模块用某种计算机程序设计语言表现。对功能模块来说，每个模块描述了该功能实现的过程；对类模块来说，每个主要模块由数据成员（描述属性）与方法成员（描述行为）两部分组成。

应当特别指出的是，如果有现成的、可重用的模块，就不必自己重新来构造模块了。

0.1.6 数据结构与算法

软件模块要用数据结构与算法实现。

1. 数据结构

数据是客观事物属性的抽象。为了有效地对数据进行处理，不仅要研究每个数据取什么值，而且要研究如何组织数据。数据结构是现实世界中事物属性及相互联系的模型。对于简单的问题，数据量较少且相互间的关系比较简单，程序中采用简单变量；当数据量较多或相互间的关系比较复杂时，采用较复杂的数据结构，如集合、向量与数组、堆栈与队列、树、图等。

2. 算法

一个算法是由一些特定的操作按一定的规则组成的有穷序列。它由可理解与可执行的基本操作集合与对操作顺序进行控制的两大要素组成。

(1) 基本操作

不同的问题空间中有不同的运动形式，或者说对不同的数据所施加的操作种类不同。但是用计算机解题时，都要用计算机所能接受的操作来模拟。这些操作主要是：

- 算术运算；
- 逻辑运算；
- 关系运算，即比较；
- 赋值运算，即向一个变量写入值。

(2) 控制结构

控制结构可以使操作的执行顺序与书写顺序不一致，如对于9，当下面的各操作

OP1、OP2、OP3、OP4

分别为/3、+6、×2、-1时，图0.7(a)与(b)的执行结果分别为17与7。

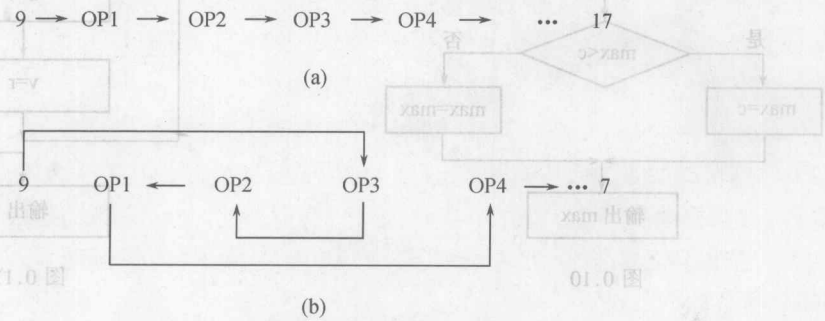


图 0.7

下面的三种控制结构是最基本的，称为算法的基本控制结构：

- 顺序结构：操作的执行顺序与书写顺序一致。

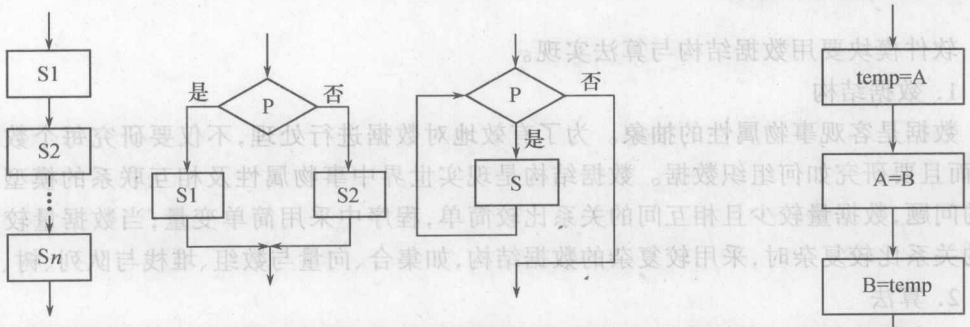
• 选择结构:根据条件从两种以上的操作中选择一种。

• 重复结构:在一定的条件下,重复执行某些操作。

这三种基本结构可以形象地用图 0.8 所示的图形描述。这种图形称为流程图。流程图是一种算法描述工具,其中 S 表示操作,P 为判断条件。

1966 年 Bohm 和 Jacopini 证明,用三种基本结构可以构成任何复杂的算法。

例 0.1.1 将 A,B 两磁带内容交换的算法,如图 0.9 所示。temp 为一盘空带。



(a) 顺序结构 (b) 二路选择结构 (c) 重复结构

图 0.8

图 0.9

例 0.1.2 在三个数中求最大数。算法如图 0.10 所示,其中 max 代表最大数。

例 0.1.3 求两个正整数 u 与 v 的最大公约数,设 u > v。算法如图 0.11 所示。

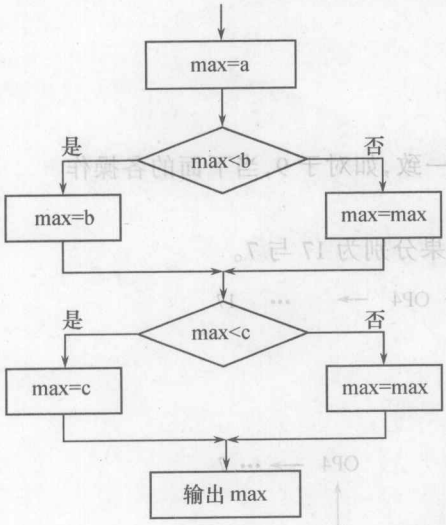


图 0.10

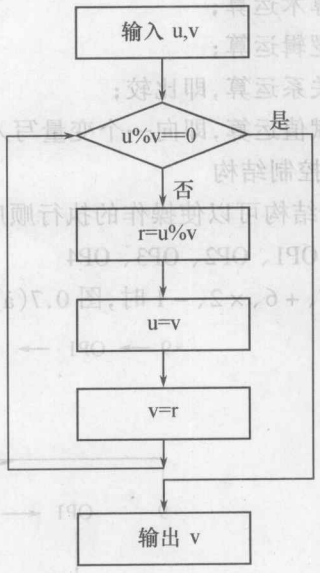


图 0.11

这是几个在简单的数据上施加算法的例子。随着问题规模的加大,数据结构及其上的算法的复杂程度也会加大。一般说来,合理的数据结构会降低算法的复杂性,而数据结构的实现又要以一定的算法为基础。还须说明的一点是,在构成程序的两大要素——数据结构与算法中,数据结构相对稳定,而对同一问题算法往往不是惟一的。

算法是与演绎相平行的一大数学方法。人们已经用公理建立了一个庞大的演绎数学系统(尽管许多细节是用算法作补充的),随着计算机的普及,人们也正努力用算法代替它。按算法方法求解问题,是程序设计初学者应努力训练的重要方面。

0.1.7 面向过程的程序设计(POP)与面向对象的程序设计(OOP)

1. POP(Procedure-Oriented Programming)

对系统进行功能分析并得到一些按层次给出的"做什么",而"如何做"要用一步一步的操作来实现。这些为了得到问题的解而执行的一步一步的操作,就称为过程。因此,过程的设计是基于算法的,每个过程的算法,就是这个过程的模型。

在程序设计语言中,过程常常被抽象为函数(如 C 语言)、子程序(如 BASIC 语言)或程序过程(如 Pascal 语言)。每个过程表示了一种加工机,能对不同的数据(参数)实行同样的操作。图 0.12(a) 定义了一个名为"*"的过程,其功能是对输入的整数求积。当输入 5 与 3 时,输出 15。

定义了功能后,再进一步考虑它们的实现。下面看另外一个例子。

例 0.1.4 求阶乘的过程。

解 按定义

$$n! = 1 * 2 * 3 * \cdots * n$$

如果,现在只有一个名为"*"的乘法器,则可以用下面的形式实现:

$$n! = n * (n-1)!$$

这是求阶乘 $n!$ 的一个模型。它给出了由 $(n-1)!$ 递推 $n!$ 的方法,如图 0.12 (b)所示。用这个模型,依次输入 $1,2,\cdots,n$,便可以求出 $n!$。而"依次输入 $1,2,\cdots,n$"可以用一个简单的重复算法实现。再增加这部分机制,便可以抽象到图 0.12(c)所示的 fact。

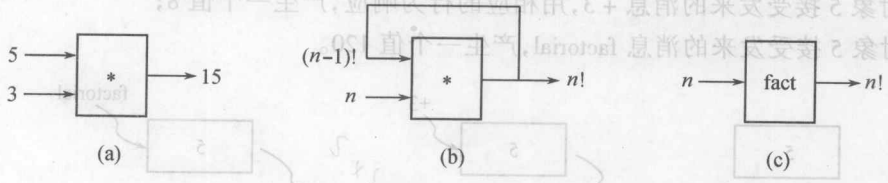


图 0.12

面向过程的程序设计是一种基于功能分析的、以算法为中心的程序设计方法。这是一种传统的程序设计方法。它的开发过程一般包括如下步骤:

(1) 系统分析:定义问题及用户需求;

(2) 系统(初步)设计:设计问题的功能模型,定义各模型的界面;

(3) 算法(详细)设计:设计各功能模块的算法模型;

(4) 程序(编码)设计:将各模型用算法语言表现;

(5) 程序测试;

(6) 程序维护。

传统的程序设计语言是面向过程的,常用的主要有以下几种:FORTRAN, COBOL, Pascal, BASIC, Ada, C 等。一般说来,一个面向过程的程序设计语言应具备如下机制:

(1) 数据描述:变量、常量及其类型;

(2) 完备的运算符与表达式规则;

(3) 流程控制与模块化功能。

在面向对象的程序设计出现之前,对于一些非过程性的问题,必须按机器工作的步骤,设计过程化的模型。这样不自然的表现方式,不仅从根本上难以保证模型的有效性,同时增加了程序的复杂性。由于面向过程的程序设计是基于功能分析并以算法为中心,因此功能的多变性和算法的不惟一性,增加了程序的维护和测试的工作量。统计表明,基于功能分析的软件费用中,维护费用一般要占到整个软件费用的 70% 左右,而在软件维护费用中,65.4% 是由于环境和用户需求变化而引起的。原因就在于"功能"是以算法为中心的,用户对于一个系统的功能要求是极易变化的。并且,随着问题规模的增大,程序变得越来越难以管理。

20 世纪 60 年代末期,为应付当时日趋严重的"软件危机",人们提出了结构化程序设计方法。结构化程序设计一定程度地缓解了"软件危机",但并没有彻底解决。70 年代末 80 年代初,整个软件界又蒙上一片愁云之时,面向对象的程序设计给人们带来新的希望。于是整个 80 年代面向对象空前活跃,许多学者、研究机构、软件开发商都开始向面向对象这面旗帜下靠拢。

2. OOP(Object-Oriented Programming)

相对于 POP 而言,面向对象的程序设计是一种基于结构分析的、以数据为中心的程序设计方法。在面向对象的程序中,活动的基本单位是对象,向对象发送消息可以激活对象的行为。所以有人也把面向对象的程序描述为

对象 + 消息传递

图 0.13 是一个整数对象接收消息时响应的示意图,图中:

(a) 一个整数类创建一个整数对象 5,这个对象具有 +、-、*、factorial(阶乘)等行为;

(b) 对象 5 接受发来的消息 +3,用相应的行为响应,产生一个值 8;

(c) 对象 5 接受发来的消息 factorial,产生一个值 120。

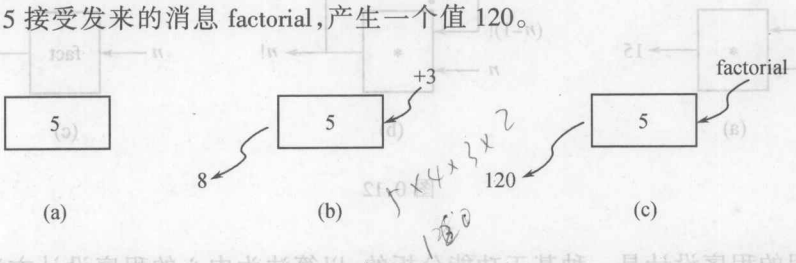


图 0.13

对照图 0.13 中所示过程模块可以看出:过程模块只能接收数据,如果把过程模块比作机器,则面向对象的程序模块可以比作人;"他"接收的是消息,并且能对不同的消息产生不同的行为。好像一个厨师接收"炒菜"的命令后能拿出菜,接收"做面"的命令能拿出面一样。

一条消息一般应包含如下一些内容:

- 接收消息的对象(目标对象);
- 需要执行的操作(方法选择器);
- 所传递的参数。

一个对象是对一个客观实体的属性(数据)和行为(方法)的封装体。从程序设计语言学的