



§ 3. 结构化程序设计基础

3.1. 面向过程的程序设计和算法

3.1.1. 算法的基本概念

3.1.1.1. 算法的定义

广义定义：为解决某个特定问题而采用的具体的方法和步骤

计算机的定义：对特定问题求解步骤的一种描述，是指令的有限序列，每个指令包含一个或几个基本操作

★ 一个问题可以有多种算法

3.1.1.2. 算法的分类

数值算法： 求解数学值(方程/函数)

大数据量计算，体现运算复杂性(逻辑相对简单)

非数值算法：除数学值外的其它领域(一般用于事务管理领域)

大数据量管理，体现逻辑复杂性(运算相对简单)

3.1.1.3. 算法的基本特征

★ 输入：有0-n个输入

★ 输出：有1-n个输出

★ 确定性：每条指令有确切含义，不产生二义性；对相同输入只能得到相同输出

★ 有穷性：每个算法在有穷步骤内完成；每个步骤都在有穷时间内完成(时间要在合理范围内)

★ 有效性：算法中所有操作都可以通过已实现的基本运算执行有限次数来实现



§ 3. 结构化程序设计基础

3.1. 面向过程的程序设计和算法

3.1.2. 程序的含义及组成

含义：可以在计算机执行的一组相关的指令及数据的集合，用来完成某一特定的任务及功能组成：

- 数据的描述（静态）（数据结构）
在程序中要指定的数据的类型及数据的组织形式
- 操作的描述（动态）（算法）
对动作的描述（操作步骤）

- ★ 操作的对象是数据，即操作要依赖于数据
- ★ 数据的描述+操作的描述 = 程序
- ★ 数据结构 + 算法 = 程序
- ★ 数据结构+算法+程序设计方法+语言工具+开发环境 = 程序

3.1.3. 程序的三种基本结构

顺序结构：程序按语句排列的先后次序顺序执行

选择结构：程序根据某个条件的逻辑值(真/假)来决定是否执行某些语句

循环结构：反复执行某些语句

特点：

- ★ 仅有一个入口
- ★ 仅有一个出口
- ★ 每一部分均可能被执行
- ★ 不存在死循环



§ 3. 结构化程序设计基础

3. 1. 面向过程的程序设计和算法

3. 1. 4. 算法的表示

例1: (顺序结构)

输出一个数字的平方

例2: (单分支结构)

当一个成绩小于60分时, 输出“不合格”

例3: (双分支结构)

当一个成绩小于60分时, 输出“不合格”,
否则输出“合格”

例4: (循环结构)

输出10个数字的平方

例5: (综合应用)

100个学生, 对每个学生, 当成绩小于60分时, 输出“不合格”, 否则输出“合格”



§ 3. 结构化程序设计基础

3.1. 面向过程的程序设计和算法

3.1.4. 算法的表示

3.1.4.1. 自然语言表示

用自然文字进行描述

例1: (顺序结构) 输出一个数字的平方

步骤1: 从键盘读入一个数字

步骤2: 求该数的平方

步骤3: 输出该数的平方

例2: (单分支结构) 当一个成绩小于60分时,
输出“不合格”

步骤1: 从键盘读入一个数字作为成绩

步骤2: 若该数小于60, 转步骤3, 否则
直接转步骤4

步骤3: 输出“不合格”

步骤4: 结束

例3: (双分支结构) 当一个成绩小于60分时,
输出“不合格”, 否则输出“合格”

步骤1: 从键盘读入一个数字作为成绩

步骤2: 若数小于60, 转步骤3, 否则转步骤4

步骤3: 输出“不合格”, 转步骤5

步骤4: 输出“合格”

步骤5: 结束

例4: (循环结构) 输出10个数字的平方

步骤1: 计数器置0

步骤2: 若计数器大于等于10, 转步骤7

步骤3: 从键盘读入一个数字

步骤4: 求该数的平方

步骤5: 输出该数的平方

步骤6: 计数器加1, 转步骤2

步骤7: 结束

例5: (综合应用) 100个学生, 对每个学生,
当成绩小于60分时, 输出“不合格”,
否则输出“合格”

步骤1: 计数器置0

步骤2: 若计数器大于等于100, 转步骤8

步骤3: 从键盘读入一个数字作为成绩

步骤4: 若该数小于60, 转步骤5, 否则转步骤6

步骤5: 输出“不合格”, 转步骤7

步骤6: 输出“合格”

步骤7: 计数器加1, 转步骤2

步骤8: 结束



§ 3. 结构化程序设计基础

3.1. 面向过程的程序设计和算法

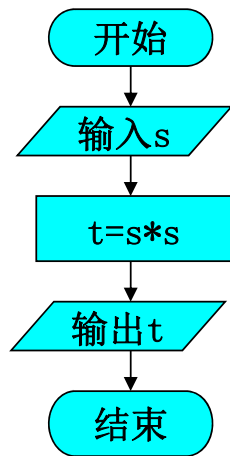
3.1.4. 算法的表示

3.1.4.2. 流程图表示

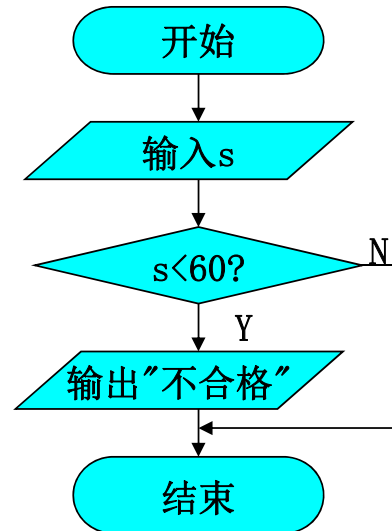
★ 基本图形表示（参考其它书籍）

★ 缺陷：对较大的程序，过于复杂，难以阅读和修改

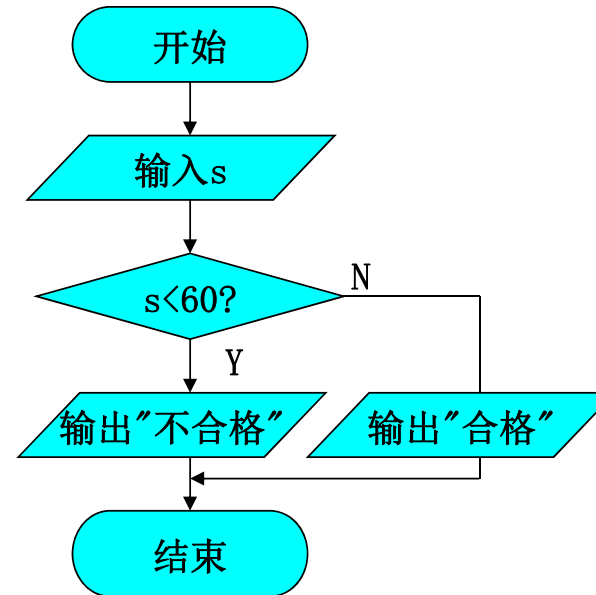
例1：（顺序结构）输出一个数字的平方



例2：（单分支结构）当一个成绩小于60分时吗，输出“不合格”



例3：（双分支结构）当一个成绩小于60分时，输出“不合格”，否则输出“合格”





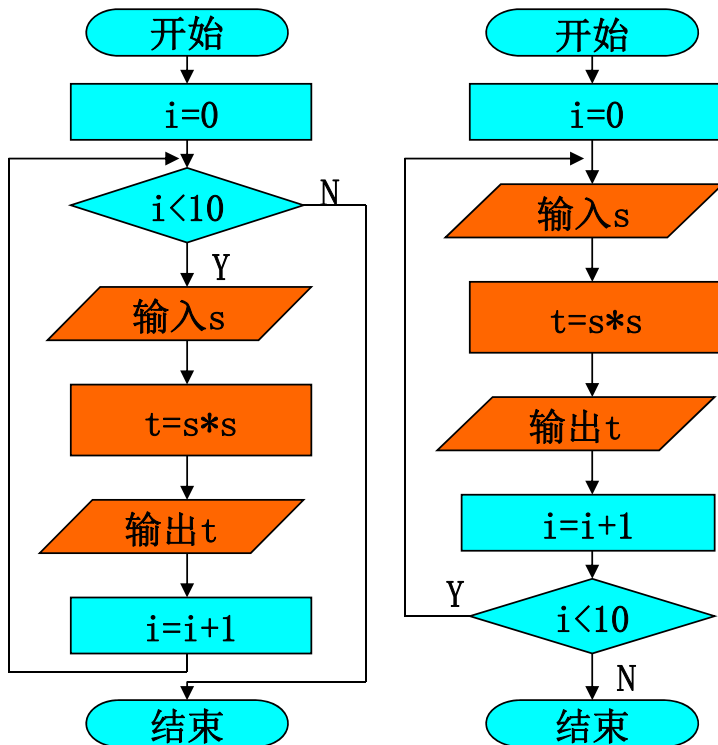
§ 3. 结构化程序设计基础

3.1. 面向过程的程序设计和算法

3.1.4. 算法的表示

3.1.4.2. 流程图表示

例4: (循环结构) 输出10个数字的平方

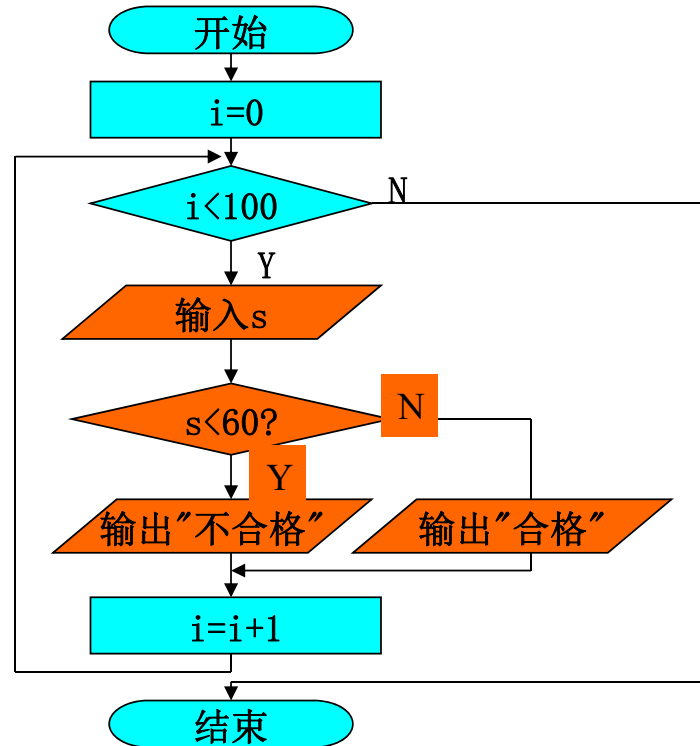


当型循环

思考: 当i的初值为20时, 左右
两侧的执行结果是否一致?

直到型循环

例5: (综合应用) 100个学生, 对每个学生, 当成绩小于60分时, 输出“不合格”, 否则输出“合格”





§ 3. 结构化程序设计基础

3.1. 面向过程的程序设计和算法

3.1.4. 算法的表示

3.1.4.3. 伪代码表示

介于自然语言和计算机程序语言之间的表示

- ★ 比流程图简练，无图形，用文字表示
- ★ 比自然语言直观，无二义性
- ★ 不能直接在计算机上执行

例1: (顺序结构) 输出一个数字的平方

```
开始          BEGIN
  输入s        input s
  t = s*s      t = s*s
  打印t的值    print t
结束          END
```

例2: (单分支结构) 当一个成绩小于60分时，输出“不合格”

```
BEGIN
  input s
  if s<60 then
    print “不合格”
END
```

例3: (双分支结构) 当一个成绩小于60分时，输出“不合格”，否则输出“合格”

```
BEGIN
  input s
  if s<60 then
    print “不合格”
  else
    print “合格”
END
```



§ 3. 结构化程序设计基础

3.1. 面向过程的程序设计和算法

3.1.4. 算法的表示

3.1.4.3. 伪代码表示

例4: (循环结构) 输出10个数字的平方

<pre>BEGIN i=0 while i<10 { input s t = s*s print t i=i+1 } END</pre>	<pre>BEGIN i=0 do { input s t=s*s print t i=i+1 } while i<10 END</pre>
--	---

例5: (综合应用) 100个学生, 对每个学生,
当成绩小于60分时, 输出“不合格”,
否则输出“合格”

<pre>BEGIN i=0 while i<100 { input s if s<60 then print "不合格" else print "合格" i=i+1 } END</pre>	<pre>BEGIN i=0 do { input s if s<60 then print "不合格" else print "合格" i=i+1 } while i<100 END</pre>
---	--



§ 3. 结构化程序设计基础

3. 1. 面向过程的程序设计和算法

3. 1. 4. 算法的表示

3. 1. 4. 1. 自然语言表示

3. 1. 4. 2. 流程图表示

3. 1. 4. 3. 伪代码表示

3. 1. 4. 4. 计算机语言表示

★ 用某种具体的程序设计语言来表示，可直接在计算机上运行，即程序

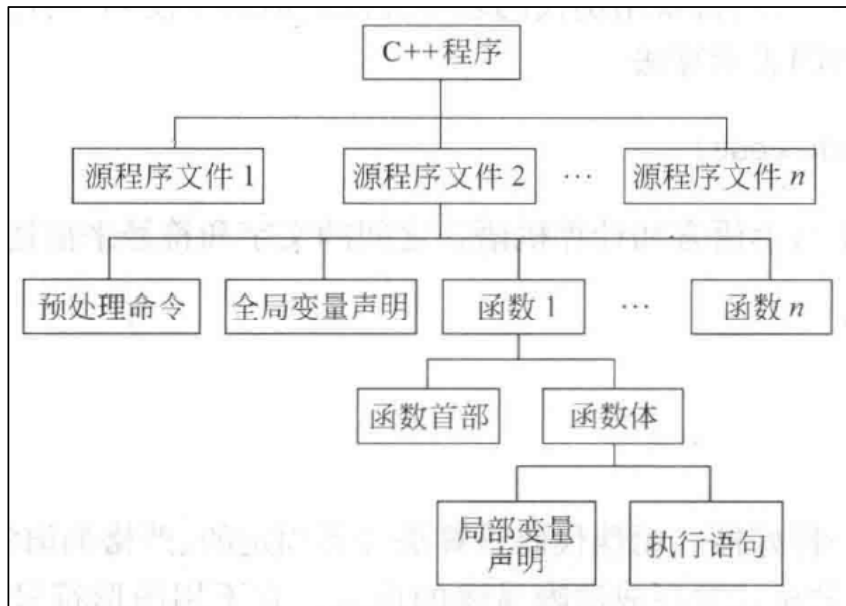


§ 3. 结构化程序设计基础

3.2. C++的程序结构和C++语句

3.2.1. 程序的组成

- ★ 一个程序由若干源程序文件 (*.cpp) 及头文件 (*.h) 组成
- ★ 一个源程序文件由预处理指令、全局声明及若干函数组成
- ★ 一个函数由若干语句组成（定义语句、执行语句）



包含的头文件
命名空间
常量定义
函数的定义
全局变量的定义
函数1
...
...
函数n



§ 3. 结构化程序设计基础

3.2. C++的程序结构和C++语句

3.2.2. 语句的种类

共分为四种

★ 声明语句：定义变量，放在使用该变量的语句前面

```
int a; //定义  
a=10; //使用
```

C++中变量必须先定义、后使用

★ 执行语句：

控制语句： 9种

```
if-else  
switch  
break  
goto  
for  
while  
do-while  
continue  
return
```

函数和流对象调用语句：

```
max(a, b); //调用函数max的语句  
cout << x << endl; //调用流对象cout的语句
```

表达式语句：表达式+; 组成
a=3;

1、if、while、break等称为保留字
2、C++规定，标识符不能与保留字同名

★ 空语句：只有一个;

★ 复合语句：用一对{...}组合而成的语句，里面可以若干声明、执行、空、复合语句



§ 3. 结构化程序设计基础

3.3. 赋值操作

赋值表达式+;

- ★ C++中赋值语句和赋值表达式有区别
- ★ C++中赋值表达式有值，可以参与表达式的运算

```
int a;  
(a=3)*10    //正确，赋值表达式，可参与运算  
(a=3;)*10   //错误，赋值语句，不能参与运算
```

```
1  #include <iostream>  
2  using namespace std;  
3  
4  int main()  
5  {  
6      int a;  
7      (a = 3) * 10;    //正确，赋值表达式，值可参与运算  
8      (a = 3;) * 10;   //错误，赋值语句，语句不能参与运算  
9      return 0;  
10 }
```

(7,13): warning C4552: "*" *: 未使用表达式结果
(8,11): error C2059: 语法错误: ";"
(8,12): error C2059: 语法错误: "("
(8,14): error C2100: 非法的间接寻址

错误的具体含义
暂时不需要了解



§ 3. 结构化程序设计基础

3.4. C++的输入与输出

3.4.1. 流的基本概念

流的含义：流是来自设备或传给设备的一个数据流，由一系列**字节**组成，按顺序排列（也称为**字节流**）

★ C/C++的原生标准中没有定义输入/输出的基本语句

★ C语言用printf/scanf等函数来实现输入和输出，通过#include <stdio.h>来调用

★ C++通过cin和cout的流对象来实现，通过#include <iostream>来调用

cout：输出流对象 <<：流插入运算符

cin：输入流对象 >>：流提取运算符

下发的附录（D-运算符优先级）

1、>>和<<是优先级第7组，称为**左移/右移运算符**，本处所称的**流插入/流提取运算符**本质上是**将左移/右移运算符**经过**重载**而得到的（重载：后续荣誉课程）

2、优先级第15组中 <<=和>>= 称为**左移/右移并赋值**，也称为**复合按位左移/右移运算符**



§ 3. 结构化程序设计基础

3. 4. C++的输入与输出

3. 4. 2. 输出流的基本操作

格式: `cout << 表达式1 << 表达式2 << ... << 表达式n;`

★ 插入的数据存储在缓冲区中, 不是立即输出, 要等到缓冲区满 (不同系统大小不同) 或者碰到换行符 ("`\n`" / `endl`) 或者强制立即输出 (`flush`) 才一齐输出

```
cout << "hello" << endl;  
cout << "hello\n";  
cout << "hello" << "\n";  
cout << "hello" << '\n';
```

换行符的多种形式

```
//Windows下编译运行  
#include <iostream>  
#include <Windows.h>  
//Sleep  
using namespace std;  
  
int main()  
{  
    cout << "12345";  
    Sleep(1000*5); //毫秒  
    cout << "abcde" << endl;  
  
    return 0;  
}
```

```
//Linux下编译运行  
#include <iostream>  
#include <unistd.h> //sleep  
using namespace std;  
  
int main()  
{  
    cout << "12345" << endl;  
    sleep(5); //秒  
    cout << "abcde" << endl;  
    return 0;  
}
```

```
//Linux下编译运行  
#include <iostream>  
#include <unistd.h> //sleep  
using namespace std;  
int main()  
{  
    cout << "12345";  
    cout.flush();  
    sleep(5); //秒  
    cout << "abcde" << endl;  
    return 0;  
}
```

仔细回想课程 Windows 和 Linux 下的演示, 哪个操作系统下更符合规范?



§ 3. 结构化程序设计基础

3. 4. C++的输入与输出

3. 4. 2. 输出流的基本操作

格式: `cout << 表达式1 << 表达式2 << ... << 表达式n;`

★ 插入的数据存储在缓冲区中, 不是立即输出, 要等到缓冲区满(不同系统大小不同)或者碰到换行符(`"\n"/endl`)或者强制立即输出(`flush`)才一齐输出

★ 默认的输出设备是显示器(可更改, 称**输出重定向**)

★ 一个`cout`语句可写为若干行, 或者若干语句

<code>cout << "This is a C++ program." << endl;</code>			
<code>cout << "This is " << "a C++ " << "program." << endl;</code>			
<code>cout << "This is "</code>	一个语句分4行 前三行无分号	<code>cout << "This is ";</code>	4个语句 每行有分号
<code><< "a C++ "</code>		<code>cout << "a C++ ";</code>	
<code><< "program."</code>		<code>cout << "program.";</code>	
<code><< endl;</code>		<code>cout << endl;</code>	



§ 3. 结构化程序设计基础

3.4. C++的输入与输出

3.4.2. 输出流的基本操作

格式: `cout << 表达式1 << 表达式2 << ... << 表达式n;`

★ 一个`cout`的输出可以是一行，也可以是多行，多个`cout`的输出也可以是一行

```
cout << "hello\nhello"<<endl;
```

```
hello
hello
```

★ 一个插入运算符只能输出一个值

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

再次强调：只输出最原始数据，其它需要自行加入

```
int main()
{
    int a=10, b=15, c=20;
    cout << a << b << c;
    return 0;
}
```

输出：101520

```
cout << a << ' ' << b << ' ' << c;
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int a=10, b=15, c=20;

    cout << a,b,c;
    cout << (a,b,c);
    cout << (a,b,c) << endl;
    cout << a,b,c << endl;

    return 0;
}
```

第1-3句`cout`输出什么？
第4句`cout`为什么编译错？

```
error C2563: 在形参表中不匹配
error C2568: "<<": 无法解析函数重载
message : 可能是 "std::basic_ostream<_Elem,_Traits> &std::endl(std::basic_ostream<_Elem,_Traits> &)"
```




§ 3. 结构化程序设计基础

3. 4. C++的输入与输出

3. 4. 2. 输出流的基本操作

格式: `cout << 表达式1 << 表达式2 << ... << 表达式n;`

★ 系统会自动判断输出数据的格式

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    char ch = 65;
    cout << ch << endl;
    return 0;
}
```

A

保持char类型不变，
希望输出65，如何做？

保持char类型不变，
希望输出65，不准用强制
类型转换，又该如何做？

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int ch = 65;
    cout << ch << endl;
    return 0;
}
```

65

保持int类型不变，
希望输出A，如何做？



§ 3. 结构化程序设计基础

3.4. C++的输入与输出

3.4.3. 输入流的基本操作

格式: `cin >> 变量1 >> 变量2 >> ... >> 变量n;`

★ 键盘输入的数据存储在缓冲区中, 不是立即被提取, 要等到缓冲区满 (不同系统大小不同) 或碰到回车符才进行提取

★ 默认的输入设备是键盘 (可更改, 称**输入重定向**)

★ 一行输入内容可分为若干行, 或者若干语句

<code>cin >> a >> b >> c >> d;</code>			
<code>cin >> a</code>	1个语句分4行 前3行无分号	<code>cin >> a;</code>	4个语句 每行有分号
<code>>> b</code>		<code>cin >> b;</code>	
<code>>> c</code>		<code>cin >> c;</code>	
<code>>> d;</code>		<code>cin >> d;</code>	

★ 一个提取运算符只能输入一个值

例: `int a, b, c;` 希望键盘输入3个整数, 则:

`cin >> a >> b >> c;` (正确)

`cin >> a, b, c;` (VS2019编译出错, b, c未初始化; 其他编译器可执行, 观察bc的值)

★ 提取运算符后必须跟变量名, 不能是常量/表达式等

例: `int a=1, b=1, c=1;`

`cin >> a+10;` (编译时语法错)

`cin >> (a, b, c);` (编译正确, 运行后假设输入10 20 30, 发现仅c得值) 为什么?



§ 3. 结构化程序设计基础

3.4. C++的输入与输出

3.4.3. 输入流的基本操作

格式: `cin >> 变量1 >> 变量2 >> ... >> 变量n;`

★ 输入终止条件为回车、空格、非法输入

★ 系统会自动根据cin后变量的类型按**最长原则**来读取合理数据

★ 变量读取后，系统会判断输入数据是否超过变量的范围，若超过则**置内部的错误标记**并返回一个**不可信**的值
(不同编译器处理不同)

★ cin输入完成后，通过`cin.good()/cin.fail()`可判断本次输入是否正确

输入	<code>cin.good()</code> 返回	<code>cin.fail()</code> 返回
正确范围 +回车/空格/非法输入	1	0
错误范围 +回车/空格/非法输入	0	1
非法输入	0	1



§ 3. 结构化程序设计基础

3.4. C++的输入与输出

3.4.3. 输入流的基本操作

格式: `cin >> 变量1 >> 变量2 >> ... >> 变量n;`

★ 输入终止条件为回车、空格、非法输入

动手做，仔细观察

<pre>#include <iostream> using namespace std; int main() { short k; cin >> k; cout << "k=" << k << endl; cout << "cin.good()=" << cin.good() << endl; cout << "cin.fail()=" << cin.fail() << endl; return 0; }</pre>	运行7次	值	good()	fail()
	输入: 123✓ (正确+回车)	123	1	0
	输入: 123 456✓ (正确+空格)	123	1	0
	输入: -123m✓ (正确+非法字符)	-123	1	0
	输入: m✓ (直接非法字符)	0	0	1
	输入: 54321✓ (超上限)	上限	0	1
	输入: -40000✓ (超下限)	下限	0	1
	输入: ✓ (只按回车)	输入: ✓ 继续等待输入		

★ 变量读取后，系统会判断输入数据是否超过变量的范围，若超过则置内部的错误标记并返回一个不可信的值（不同编译器处理不同）

注意: 当`cin.good()`为0 或
`cin.fail()`为1 时，
值不可信，不讨论具体值!!!



§ 3. 结构化程序设计基础

3.4. C++的输入与输出

3.4.3. 输入流的基本操作

格式: `cin >> 变量1 >> 变量2 >> ... >> 变量n;`

★ 输入终止条件为回车、空格、非法输入

动手做，仔细观察

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    unsigned short k;
    cin >> k;
    cout << "k=" << k << endl;
    cout << "cin.good()=" << cin.good() << endl;
    cout << "cin.fail()=" << cin.fail() << endl;
    return 0;
}
```

	值	good()	fail()
输入: -65536✓	65535	0	1
输入: -65535✓	1	1	0
输入: -1234✓	64302	1	0
输入: -1✓	65535	1	0
输入: 70000✓	65535	0	1

注:

- 1、上面的三个65535中，有两个不可信，为什么？
- 2、无符号的错误表现与有符号不一样，规律自行总结（包括各种整型）



§ 3. 结构化程序设计基础

3.4. C++的输入与输出

3.4.3. 输入流的基本操作

格式: `cin >> 变量1 >> 变量2 >> ... >> 变量n;`

★ 输入终止条件为回车、空格、非法输入

动手做，仔细观察

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main()
{
    char c1, c2;
    int a;
    float b;
    cin >> c1 >> c2 >> a >> b;
    cout << c1 << ' ' << c2 << ' ' << a << ' ' << b << endl;
    return 0;
}
```

输入: 1234~56.78

输出:

输入: 1~2~34~56.78

输出:

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main()
{
    short k;
    cin >> k;
    cout << "k=" << k << ' ' << cin.good() << endl;
    return 0;
}
```

Microsoft Visual Studio 调试控制台
70000
k=32767 0

注意: 输入时给出超范围值
赋值时给出超范围值
情况不相同!!!

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main()
{
    short k;
    k = 54321; // k = 70000;
    cout << "k=" << k << endl;
    return 0;
}
```

Microsoft Visual Studio 调试控制台
k=4464

(6,14): warning C4305: "k=": 从 "int" 到 "short" 截断
(6,9): warning C4309: "k=": 截断常量值



§ 3. 结构化程序设计基础

3.4. C++的输入与输出

3.4.3. 输入流的基本操作

格式: `cin >> 变量1 >> 变量2 >> ... >> 变量n;`

★ 字符型变量只能输入图形字符(33-126)，不能以转义符方式输入
(单双引号、转义符全部当作单字符)

动手做，仔细观察

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    char ch;
    cin >> ch;
    cout << (int)ch << endl;
    return 0;
}
```

输入: abc
输出:

输入: \n
输出:

输入: 'a'
输出:

★ 浮点数输入时，可以是十进制数或指数形式，只取有效位数(4舍5入)

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    float f;
    cin >> f;
    cout << f << endl;
    return 0;
}
```

输入: 123.456789
输出:

输入: 12e3
输出:

★ `cin`不能跟`endl`，否则编译错

error C2679: 二元“>>”: 没有找到接受“overloaded-function”类型的右操作数的运算符(或没有可接受的转换)

特别提示: 有时候一大批错误指向系统文件，原因并不是系统没装好/感染病毒/被破坏…



§ 3. 结构化程序设计基础

3. 4. C++的输入与输出

3. 4. 4. 在输入输出流中使用格式化控制符

★ 很多细节的内容，通过作业来掌握



§ 3. 结构化程序设计基础

3.4. C++的输入与输出

3.4.5. 字符的输入和输出

3.4.5.1. 字符输出函数putchar

形式: putchar(字符变量/常量)

功能: 输出一个字符

```
char a='A';
```

```
putchar(a);          putchar('A');  
putchar('\x41');     putchar('\101');
```

这四个都在屏幕上输出A

★ 加#include <cstdio>或#include <stdio.h>

(目前两编译器均可不要)

★ 返回值是int型, 是输出字符的ASCII码, 可赋值给字符型/整型变量

```
#include <iostream>  
#include <cstdio>  
using namespace std;  
int main()  
{  
    char ret1;  
    cout << (ret1 = putchar('A')) << endl;  
    int ret2;  
    cout << (ret2 = putchar('B')) << endl;  
    return 0;  
}
```

Microsoft Visual Studio 调试控制台
AA
B66

为什么是这个输出?

动手做, 仔细观察

写测试程序验证以下问题:

问题: 如何证明putchar()的返回值是int而不是char? 是否有多种方法?



§ 3. 结构化程序设计基础

3.4. C++的输入与输出

3.4.5. 字符的输入和输出

3.4.5.2. 字符输入函数getchar

形式: getchar()

功能: 输入一个字符 (给指定的变量)

★ 加#include <cstdio>或#include <stdio.h>

(目前两编译器均可不要)

★ 返回值是int型, 是输入字符的ASCII码, 可赋值给字符型/整型变量

```
#include <iostream>
#include <cstdio>
using namespace std;
int main()
{
    char ch;
    ch = getchar();
    cout << ch << endl;
    return 0;
}
```

```
#include <iostream>
#include <cstdio>
using namespace std;
int main()
{
    char ch;
    cout << (ch = getchar()) << endl;
    return 0;
}
```

左右程序

- 1、假设键盘输入: a, 则输出: ?
- 2、左右蓝色框中语句是否等价?

写测试程序验证以下问题:

问题1: 如何证明getchar()的返回值是int而不是char? 是否有多重方法?

问题2: 在不允许定义char型变量的前提下, 如何使getchar()的输出为字符

动手做, 仔细观察



§ 3. 结构化程序设计基础

3.4. C++的输入与输出

3.4.5. 字符的输入和输出

3.4.5.2. 字符输入函数getchar

形式: getchar()

功能: 输入一个字符 (给指定的变量)

★ 输入时有回显, 输入后需按回车结束输入 (若直接按回车则得到回车的ASCII码)

★ 可以输入空格, 回车等cin无法处理的非图形字符, 但仍不能处理转义符

动手做, 仔细观察

```
#include <iostream>
#include <cstdio>
using namespace std;
int main()
{
    cout<< getchar() << endl;
    return 0;
}
```

输入:

输出: 32

输入:

输出: 10

输入: \n

输出: 92

```
#include <iostream>
#include <cstdio>
using namespace std;
int main()
{
    cout << "--Step1--" << endl;
    cout << getchar() << endl;
    cout << "--Step2--" << endl;
    cout << getchar() << endl;
    cout << "--Step3--" << endl;
    cout << getchar() << endl;
    cout << "--Step4--" << endl;
    cout << getchar() << endl;
    return 0;
}
```

★ 调试程序时, 可以用getchar()来延迟结束

(再次强调, 本课程的作业严禁在程序最后用

getchar() / system("pause") / cin>>a 等来暂停)

★ cin/getchar 等每次仅从输入缓冲区中取需要的字节, 多余的字节仍保留在输入缓冲区中供下次读取

按下面方式执行3次, 观察运行现象及结果

1. 每次输入一个回车
2. 每次输入一个字母并按回车
3. 第一次即输入4个以上字母并按回车



§ 3. 结构化程序设计基础

3.4. C++的输入与输出

3.4.5. 字符的输入和输出

3.4.5.3. 字符输入函数_getch与_getche

动手做，仔细观察

```
#include<iostream>
#include<conio.h> // _getch()/_getche() 用到的头文件
using namespace std;
int main()
{
    char ch;
    ch = _getch(); // 换成为_getche()/getchar() 对比
    cout << (int)ch << endl;

    return 0;
} // 注意：测试时不能是中文输入法
```

★ 几个字符输入函数的差别

getchar : 有回显，不立即生效，需要回车键

_getche : 有回显，不需要回车键

_getch : 无回显，不需要回车键

★ 在Dev C++中

getch() ⇔ _getch()

getche() ⇔ _getche()



§ 3. 结构化程序设计基础

3.4. C++的输入与输出

3.4.6. C语言的格式化输入与输出函数

★ 格式化输出: printf

★ 格式化输入: scanf

下发相关资料并参考其它书籍, 结合作业进行自学

要求: 1、熟练使用C++的cin/cout

2、能看懂C的printf/scanf

3、除非明确要求, C++作业不允许使用printf/scanf



§ 3. 结构化程序设计基础

3.5. 编写顺序结构的程序

例：求一元二次方程的根

```
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;

int main()
{
    float a, b, c, x1, x2;
    cin >> a >> b >> c;
    x1 = (-b + sqrt(b*b-4*a*c) )/(2*a);
    x2 = (-b - sqrt(b*b-4*a*c) )/(2*a);
    cout << "x1=" << x1 << endl;
    cout << "x2=" << x2 << endl;
    return 0;
}
```

- 1、sqrt是系统提供的开方函数，需包含<math.h>或<cmath>
- 2、 b^2 的表示方法 $b*b$
- 3、 $4ac$ 的表示方法 $4*a*c$
- 4、 $2*a$ 必须加()
- 5、在 $b^2-4ac<0$ 的情况下，出错
- 6、程序执行时无任何提示即等待输入



§ 3. 结构化程序设计基础

3.5. 编写顺序结构的程序

例：从键盘输入一个大写字母，要求改为小写字母输出

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    char c1, c2;
    cin >> c1;
    c2 = c1 + 32;
    cout << c1 << ' ' << c2 << endl;
    return 0;
}
```

c1=getchar();
scanf("%c", &c1);

c2 = c1 + 'a' - 'A';

printf("%c %c", c1, c2);

cout << c1 << ' ' << c2 << endl;

- 1、程序执行时无任何提示即等待输入
- 2、若输入的不是大写字母出错



§ 3. 结构化程序设计基础

3.6. 关系运算和逻辑运算

3.6.1. 关系运算和关系表达式

3.6.1.1. 关系运算

含义：将两个值进行比较，取值为“真”（用1表示）
“假”（用0表示）

3.6.1.2. 关系运算符

种类：

< <= > >= 优先级相同（优先级第8组）

== != 优先级相同（优先级第9组）

优先级和结合性：附录D

3.6.1.3. 关系表达式

含义：用关系运算符将两个表达式（算术、逻辑、赋值、关系）连接起来，称为关系表达式

10+20 > 30 //比较算术表达式和常量的值

(a=20) > (b=30) //比较两个赋值表达式的值

关系表达式的值：

“真” - 1

“假” - 0



§ 3. 结构化程序设计基础

3.6. 关系运算和逻辑运算

3.6.1. 关系运算和关系表达式

3.6.1.3. 关系表达式

关系表达式的值:

“真” - 1

“假” - 0

```
int a=1, b=2, c;  
c=a>b  c=0  
c=a<b  c=1
```

掌握用程序验证的方法

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
int main()  
{   int a=1, b=2, c;  
    c = a>b;  
    cout << c << endl;  
    c = a<b;  
    cout << c << endl;  
    return 0;  
}
```

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
int main()  
{   int a=1, b=2, c=3, d;  
    d = a>b>c;  
    cout << d << endl;  
    d = a<b<c;  
    cout << d << endl;  
    d = b>a<c;  
    cout << d << endl;  
    return 0;  
} //VS2019下有三个warning
```

Microsoft

```
0  
1  
1
```

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
int main()  
{   int a=3, b=2, c=1, d;  
    d = a>b>c;  
    cout << d << endl;  
    d = a<b<c;  
    cout << d << endl;  
    d = b>a<c;  
    cout << d << endl;  
    return 0;  
} //VS2019下有三个warning
```

Microsoft

```
0  
1  
1
```

```
d=1  
d=0  
d=0
```

1、左右两个程序编译时均有warning

```
“>”: 在操作中使用类型“bool”不安全  
“<”: 在操作中使用类型“bool”不安全  
“<”: 在操作中使用类型“bool”不安全
```

2、为什么左右结果一样?

3、a>b>c 正确的求解方式是什么?

4、C/C++的实际求值过程是怎样的?

注: 一定要搞明白, 为什么右侧程序的运行结果不是蓝色!!!



§ 3. 结构化程序设计基础

3. 6. 关系运算和逻辑运算

3. 6. 1. 关系运算和关系表达式

3. 6. 1. 3. 关系表达式

关系表达式的值:

“真” - 1

“假” - 0

★ 关系表达式的值可以作为整型参与运算

```
int a, b, c;
```

```
cin >> a >> b;
```

```
c = a > b;      赋值表达式, 值为0/1
```

```
10+(a<=b)*2     算术表达式, 值为10/12
```



§ 3. 结构化程序设计基础

3.6. 关系运算和逻辑运算

3.6.1. 关系运算和关系表达式

3.6.1.3. 关系表达式

关系表达式的值:

★ 关系表达式的值可以作为整型参与运算

★ 实数参与关系运算时要考虑误差

```
#include <iostream>
#include <cmath> //VS2019可不加
using namespace std;
int main()
{
    int a=1;
    cout << (a==1) << endl;           1 (整数, 无误差问题)

    float b=1.1f;
    cout << (b==1.1) << endl;         0 (实数, 体现出误差)

    double c=1.1;
    cout << (c==1.1) << endl;         1 (实数, 未体现误差)

    return 0;
}
```

结论:

- 用==判断实型数是否相等, 某些情况下可能与预期结果不符合, 因此**禁用**
- fabs()函数是通用的保证实型数误差方法, 但是使用时不要超过有效位数限定

```
#include <iostream>
#include <cmath> //VS2019可不加
using namespace std;
int main()
{
    float b=1.1f;
    cout << (b==1.1) << endl;           0
    cout << (fabs(b-1.1)<1e-6) << endl;  1

    float c=1.0f;
    cout << (c==1.0) << endl;           1
    cout << (fabs(c-1.0)<1e-6) << endl;  1

    return 0;
}
```

- (1) fabs是求绝对值的系统函数
- (2) cout时为什么要加红色的括号?

```
#include <iostream>
#include <cmath> //VS2019可不加
using namespace std;
int main()
{
    double f1=123.456789012345678;
    double f2=123.456789123456789;
    cout << (f1==f2) << endl;           0
    cout << (fabs(f1-f2)<1e-6) << endl;  1
    cout << (fabs(f1-f2)<1e-7) << endl;  0

    float g1=123.456789012345678;
    float g2=123.456789123456789;
    cout << (g1==g2) << endl;           1
    cout << (fabs(g1-g2)<1e-6) << endl;  1
    cout << (fabs(g1-g2)<1e-7) << endl;  1

    return 0;
} //有warning
```

warning C4305: “初始化”: 从“double”到“float”截断
warning C4305: “初始化”: 从“double”到“float”截断

1、为什么不等的数判断==返回1?

2、为什么小数点后第7位不同但判断1e-7返回1?



§ 3. 结构化程序设计基础

3. 6. 关系运算和逻辑运算

3. 6. 1. 关系运算和关系表达式

3. 6. 1. 3. 关系表达式

关系表达式的值:

★ 关系表达式的值可以作为整型参与运算

★ 实数参与关系运算时要考虑误差

结论:

- 实数输出时可以任意指定位数, 但超过有效位数限定的值不可信

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
#include <cmath> //VS2019可不加
using namespace std;

int main()
{
    cout << setiosflags(ios::fixed); //指定fixed输出

    double d1 = 123.456789012345678;
    cout << setprecision(15) << d1 << endl;
    cout << setprecision(20) << d1 << endl;

    float f1 = 123.456789012345678;
    cout << setprecision(15) << f1 << endl;
    cout << setprecision(20) << f1 << endl;

    cout << endl;

    double d2 = 123.456789123456789;
    cout << setprecision(15) << d2 << endl;
    cout << setprecision(20) << d2 << endl;

    float f2 = 123.456789123456789;
    cout << setprecision(15) << f2 << endl;
    cout << setprecision(20) << f2 << endl;

    return 0;
} //VS2019有两个warning
```

```
warning C4305: “初始化”: 从“double”到“float”截断
warning C4305: “初始化”: 从“double”到“float”截断
```

Microsoft Visual Studio 调试控制台

```
123.456789012345681
123.45678901234568058953
123.456787109375000
123.456787109375000000000

123.456789123456787
123.45678912345678668316
123.456787109375000
123.456787109375000000000
```



§ 3. 结构化程序设计基础

3. 6. 关系运算和逻辑运算

3. 6. 1. 关系运算和关系表达式

3. 6. 1. 3. 关系表达式

关系表达式的值:

★ 关系表达式的值可以作为整型参与运算

★ 实数参与关系运算时要考虑误差

★ 注意=和==的区别!!!

```
int a;
```

```
a==10;  关系表达式, 值为0/1
```

```
a=10;   赋值表达式, 值为10
```



§ 3. 结构化程序设计基础

3.6. 关系运算和逻辑运算

3.6.2. 逻辑常量和逻辑变量 (C++特有, C无)

逻辑常量: true / false

逻辑变量: bool 变量名

定义后赋值: 定义时赋初值:

bool f; bool f=false;

f=true;

★ 在内存中占1个字节, 表示为整型值, 取值只有0/1 (true=1/false=0) sizeof(bool) => 1

★ cin时只能输入0/1, 输出时按整型量进行处理

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main()
{
```

```
    bool k;
```

```
    cin >> k;
```

```
    cout << cin.good() << ' ' << k << ' ' << (int)k << endl;
```

```
    return 0;
```

```
}
```

输入:0 输出: 1 0 0

1 1 1 1

123 0 1 1

true 0 0 0

false 0 0 0

这三种都是错误的输入方法
不同编译器下表现可能不同,
虽然值看似符合预期, 但不可信

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main()
{
```

```
    bool f;
```

```
    cout << sizeof(bool) << endl;
    cout << sizeof(f) << endl;
    cout << sizeof(true) << endl;
    cout << sizeof(false) << endl;
    cout << sizeof("true") << endl;
    cout << sizeof("false") << endl;
    return 0;
```

最后两项是什么?

Microsoft

1
1
1
1
5
6



§ 3. 结构化程序设计基础

3.6. 关系运算和逻辑运算

3.6.2. 逻辑常量和逻辑变量(C++特有, C无)

逻辑常量: true / false

逻辑变量: bool 变量名

★ 在内存中占1个字节, 表示为整型值, 取值只有0/1 (true=1/false=0) sizeof(bool) => 1

★ cin时只能输入0/1, 输出时按整型量进行处理

★ 赋值及运算时, 按“非0为真零为假”的原则进行

★ 可按整型值 (0/1) 参与表达式的运算

```
bool f=true;
int a=10;
a=a+f;
cout << a << endl; 11
```

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    bool k;
    k=123;
    cout << k << ' ' << (int)k << endl;
    k=0;
    cout << k << ' ' << (int)k << endl;
    k=256; ←
    cout << k << ' ' << (int)k << endl;
    return 0;
}
```

warning C4305: “=”: 从“int”到“bool”截断
warning C4305: “=”: 从“int”到“bool”截断

Microsoft
1 1
0 0
1 1

256 = 0..01 00000000
即低8bit为0
因此, 本例证明bool赋值时
不是多字节赋少字节的规则,
而是“非0为真0为假”



§ 3. 结构化程序设计基础

3.6. 关系运算和逻辑运算

3.6.3. 逻辑运算和逻辑表达式

3.6.3.1. 逻辑运算

含义：将多个关系表达式或逻辑量共同进行逻辑运算，取值为“真”/“假”

1/0

3.6.3.2. 逻辑运算符

&&	A&&B	均为真，取值为真（优先级第13组）
	A B	有一个为真，值为真（优先级第14组）
!	!A	取反（ 单目运算符 ）（优先级第3组）

优先级与结合性：附录D

3.6.3.3. 逻辑表达式

含义：将多个表达式或逻辑量用逻辑运算符连接起来

逻辑表达式的值：

★ 取值

真 1

假 0

★ 表达式参与运算时

非0 真

0 假

逻辑运算的真值表（取值时）：

a	b	!a	!b	a&& b	a b
真	真	假	假	真	真
真	假	假	真	假	真
假	真	真	假	假	真
假	假	真	真	假	假

逻辑运算的真值表（表达式参与运算时）：

a	b	!a	!b	a&& b	a b
非0	非0	0	0	1	1
非0	0	0	1	0	1
0	非0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	0



§ 3. 结构化程序设计基础

3. 6. 关系运算和逻辑运算

3. 6. 3. 逻辑运算和逻辑表达式

3. 6. 3. 3. 逻辑表达式

含义：将多个表达式或逻辑量用逻辑运算符连接起来

例：a=4 b=5

a && b = 1

a || b = 1

!a || b = 1

!a && b = 0

例：4 && 0 || 2 = 1

例：5>3 && 2 || 8<4 - !0 = 1

自行给出求值顺序

1、按优先级结合性得到的求解顺序

2、再结合本文档下页的短路运算

得到的求解顺序

问：应该是哪个？如何验证？



§ 3. 结构化程序设计基础

3.6. 关系运算和逻辑运算

3.6.3. 逻辑运算和逻辑表达式

3.6.3.3. 逻辑表达式

含义：将多个表达式或逻辑量用逻辑运算符连接起来

逻辑表达式的值：

★ 取值

★ 表达式参与运算时

★ 仅当必须执行下一个逻辑运算符才能求出解时，才执行该运算符，否则不执行(短路运算)

$a \&\& b \&\& c$ 若 $a=0$ ，值必为0， b, c 不求解

$a || b || c$ 若 $a=1$ ，值必为1， b, c 不求解

★ 容易犯的错误：表示 t 在 $(70, 80]$ 之间

错误： $70 < t \leq 80$!!!!!

正确： $t > 70 \&\& t \leq 80$

★ 常见的等价表示

$a == 0 \quad \Leftrightarrow \quad !a$

$a != 0 \quad \Leftrightarrow \quad a$

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int a=1, b=2, c=3, d=4, m=1, n=1;
    cout << "m=" << m << " n=" << n << endl;
    (m=a>b)&&(n=c>d); //m=0, n不再求解, 保持原值
    cout << "m=" << m << " n=" << n << endl;
    return 0;
}
```

m=1	n=1
m=0	n=1



例：若某年是闰年，则符合下列两个条件之一

(1) 被4整除，不被100整除

(2) 被4整除，又被400整除

各种形式的表示：

$(year \% 4 == 0) \&\& (year \% 100 != 0) \ || \ (year \% 4 == 0) \&\& (year \% 400 == 0)$

$(year \% 4 == 0) \&\& (year \% 100 != 0) \ || \ (year \% 400 == 0)$

$(year \% 4 == 0) \&\& (year \% 100) \ || \ (year \% 400 == 0)$

$!(year \% 4) \&\& (year \% 100) \ || \ !(year \% 400)$

$!(year \% 4) \&\& year \% 100 \ || \ !(year \% 400)$

真：闰年

假：非闰年

例：若某年不是闰年，则符合下列两个条件之一

(1) 不被4整除

(2) 被100整除，不被400整除

条件1: $(year \% 4 != 0)$

条件2: $(year \% 100 == 0) \&\& (year \% 400 != 0)$

$(year \% 4 != 0) \ || \ ((year \% 100 == 0) \&\& (year \% 400 != 0))$

$(year \% 4 != 0) \ || \ (year \% 100 == 0) \&\& (year \% 400 != 0)$

真：非闰年

假：闰年

为什么条件2的整体括号(蓝色)可以省略？



§ 3. 结构化程序设计基础

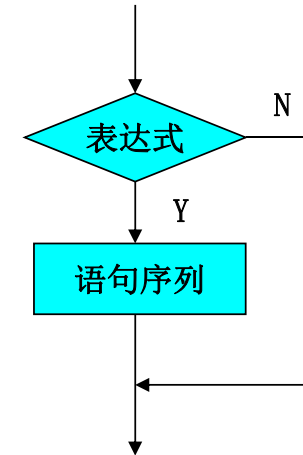
3.7. 选择结构和if语句

3.7.1. if语句的三种形式

3.7.1.1. 单支语句

```
if (表达式) {  
    语句序列;  
}
```

- ★ 当表达式为真时执行语句序列，为假则不执行
- ★ 表达式可以是任意类型，但按逻辑值求解 (非0为真0为假)
- ★ 表达式后无; (表达式和表达式语句的区别)



编译错

```
if (表达式;) {  
    语句序列;  
}
```

```
1 #include <iostream>  
2 using namespace std;  
3  
4 int main()  
5 {  
6     int i;  
7     cout << "请输入成绩(0-100)" << endl;  
8     cin >> i;  
9     if (i < 60;) {  
10         cout << "不及格" << endl;  
11     }  
12     cout << "程序结束" << endl;  
13     return 0;  
14 }  
15
```

```
warning C4552: "<" : 未使用表达式结果  
error C2429: 语言功能 "if/switch 中的 init-statement" 需要编译器标志 "/std:c++17"  
error C2059: 语法错误: ")"  
error C2143: 语法错误: 缺少 ";" (在 "{" 的前面)
```

- ★ 若语句序列中只有一个语句，{}可省

```
if (i<60) {  
    cout << "不及格" << endl;  
}  
等价于  
if (i<60)  
    cout << "不及格" << endl;
```

- ★ 整个单支语句可以作为一个语句来看待 (复合语句)



例：输入一个成绩，若不及格，则打印提示信息

```
int main()
{
    int i;
    cout<<"请输入成绩(0-100)"<<endl;
    cin >> i;
    if (i<60) {
        cout << "不及格" << endl;
    }
    cout << "程序结束" << endl; 输入:37 输出:不及格
    return 0;                      程序结束
}
```

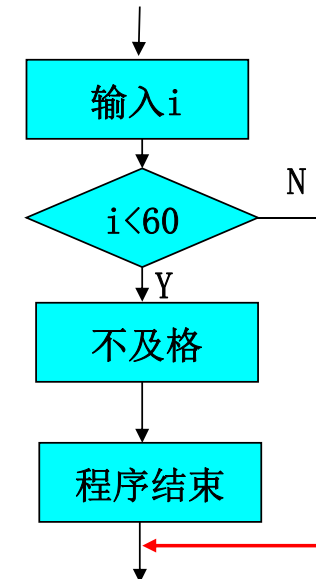
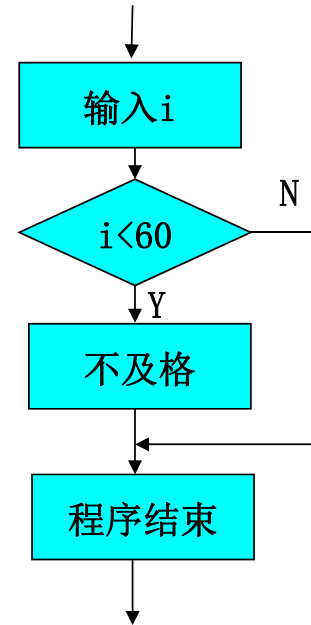
输入:74 输出:程序结束

```
int main()
{
    int i;
    cout<<"请输入成绩(0-100)"<<endl;
    cin >> i;
    if (i<60) {
        cout << "不及格" << endl;
        cout << "程序结束" << endl;
    } //注意：括号位置已变!!!
    return 0;
}
```

注意：括号位置对程序正确性影响很大

输入:37 输出:不及格
程序结束

输入:74 输出: /





§ 3. 结构化程序设计基础

3.7. 选择结构和if语句

3.7.1. if语句的三种形式

3.7.1.1. 单支语句

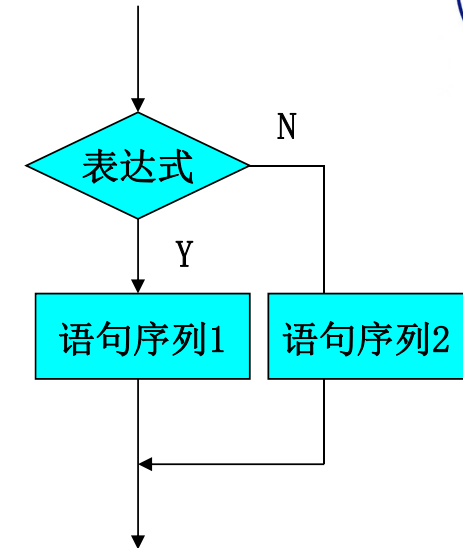
3.7.1.2. 双支语句

```
if (表达式) {  
    语句序列1;  
}  
else {  
    语句序列2;  
}
```

- ★ 当表达式为真时执行语句序列1，为假则执行语句序列2
- ★ 表达式可以是任意类型，但按逻辑值求解(非0为真0为假)
- ★ 表达式后无;
- ★ 若语句序列1、2中只有一个语句，{}可省
- ★ 整个双支语句可以作为一个语句来看待，
中间不允许插入任何的其它语句

```
if (i<60) {  
    ...;  
}  
cout << "..." << endl;  
else {  
    ...;  
}
```

编译错，提示else
没有对应的if



```
1  #include <iostream>  
2  using namespace std;  
3  
4  int main()  
5  {  
6      int i;  
7      cout << "请输入成绩(0-100)" << endl;  
8      cin >> i;  
9      if (i < 60) {  
10         cout << "不及格" << endl;  
11     }  
12     cout << "Hello" << endl;  
13     else {  
14         cout << "及格" << endl;  
15     }  
16     cout << "程序结束" << endl;  
17     return 0;  
18 }  
19
```

人的思维：整体看，cout插在if-else中间，cout多余
编译器思维：从上到下看，单if、并列的cout，因此else非法



例：输入一个成绩，根据分数是否及格打印相应的提示信息

```
int main()
{
    int i;
    cout << "请输入成绩(0-100)" << endl;
    cin >> i;
    if (i<60)
        cout << "不及格" << endl;
    else
        cout << "及格" << endl;
    cout << "程序结束" << endl;
    return 0;
}
```

注意：若没有括号，则只有第1句
语句属于if-else

```
int main()
{
    int i;
    cout << "请输入成绩(0-100)" << endl;
    cin >> i;
    if (i<=60)
        cout << "不及格" << endl;
    else
        cout << "及格" << endl;
    cout << "程序结束" << endl;
    return 0;
}
```

即使能保证输入正确[0..100]，
仍有一个数据的运行结果是错误的

程序设计中的几个很重要的概念：

- 1、部分测试数据的正确性不代表程序一定是正确的，只是错误没有暴露出来而已
- 2、错误的发现可能需要相当长时间，时间不是证明没有错误的借口
- 3、程序的测试很重要，测试的目的是为了证明程序有错误，而不是为了证明程序是正确的
- 4、复杂程序无法保证完全正确，因此如何快捷方便地更正错误很重要



§ 3. 结构化程序设计基础

3.7. 选择结构和if语句

3.7.1. if语句的三种形式

3.7.1.1. 单支语句

3.7.1.2. 双支语句

3.7.1.3. 多支语句

★当表达式1为真时，执行语句序列1，为假时，则判断表达式2

当表达式2为真时，执行语句序列2，为假时，则判断表达式3

...

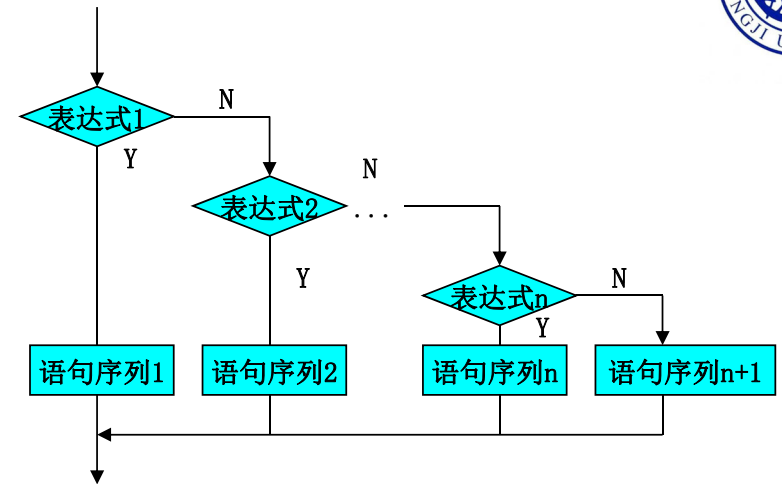
当表达式n为真时，执行语句序列n，为假时，则执行语句序列n+1

★ 表达式可以是任意类型，按逻辑值求解（非0为真0为假）

★ 表达式后无；

★ 若语句序列中只有一个语句，{}可省

★ 整个多支语句可以作为一个语句来看待，中间不允许插入任何的其它语句



```
if (表达式1) {  
    语句序列1;  
}  
else if (表达式2) {  
    语句序列2;  
}  
...  
else if (表达式n) {  
    语句序列n;  
}  
else {  
    语句序列n+1;  
}
```




例：输入一个分数，根据所处的分数段0-59, 60-69, 70-79, 80-89, 90-100分别打印“优”、“良”、“中”、“及格”、“不及格”，其它则打印“输入错误”

```
int main()
{
    int i;
    cout << "请输入成绩(0-100)" << endl;
    cin >> i;
    if (i>=90 && i<=100)
        cout << "优" << endl;
    else if (i>=80 && i<90)
        cout << "良" << endl;
    else if (i>=70 && i<80)
        cout << "中" << endl;
    else if (i>=60 && i<70)
        cout << "及格" << endl;
    else if (i>=0 && i<60)
        cout << "不及格" << endl;
    else
        cout << "输入错误" << endl;
    cout << "程序结束" << endl;
    return 0;
}
```

问题1：
能否改为 $i \leq 89$ ？哪个更好？

问题2：
能否改为 $i \leq 90$ ？运行是否正确？

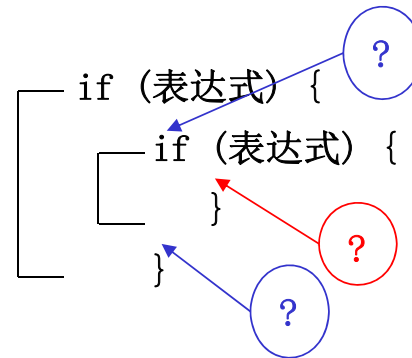
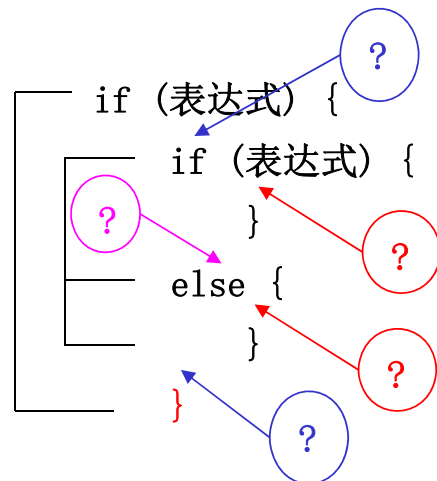
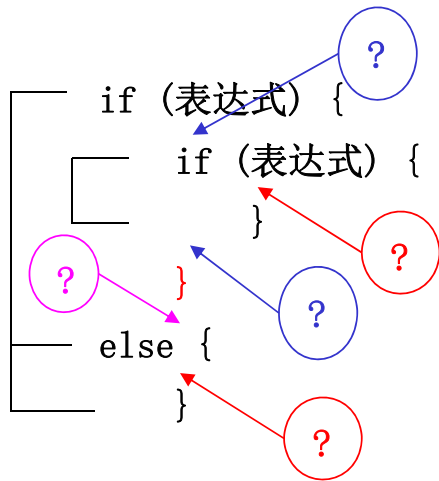


§ 3. 结构化程序设计基础

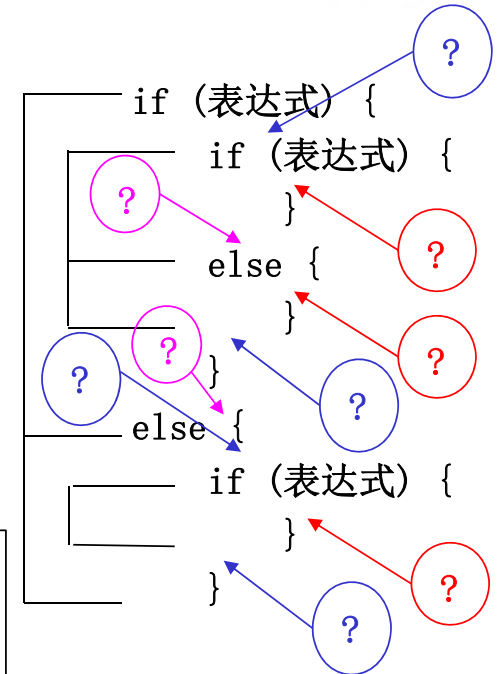
3.7. 选择结构和if语句

3.7.1. if语句的三种形式

3.7.2. if语句的嵌套



各红色? 的语句在什么情况下执行
各蓝色? 的语句在什么情况下执行
各粉色? 处若有语句, 是否正确?



★ {} 的匹配原则: 自上而下, 忽略 { , 以 } 为准向上匹配未配对的 {

★ {} 的匹配可用栈理解, 遇 { 进栈, 遇 } 则栈顶 { 出栈并匹配为一对, 若到最后仍有 { 或 } 未配对则语法错

★ if/else匹配原则: 以 {} 成对为基准, 将else与它上面最近的if配对

(if不一定有else, else一定要有if, 因此和 {} 的匹配方式不完全相同)



例:

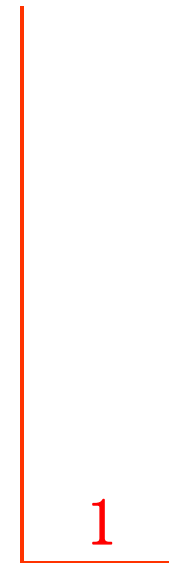
```
if (表达式) { 1
  if (表达式) { 2
    } 3
  else { 4
    } 5
  } 6
else { 7
  if (表达式) { 8
    } 9
  } 10
```

初始: 空



例:

```
if (表达式) { 1
  if (表达式) { 2
    } 3
  else { 4
    } 5
  } 6
else { 7
  if (表达式) { 8
    } 9
  } 10
```

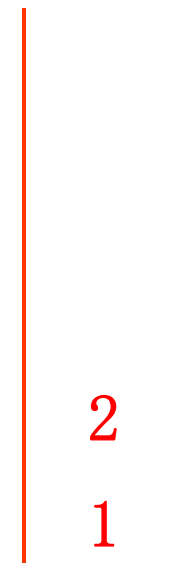


1进栈



例:

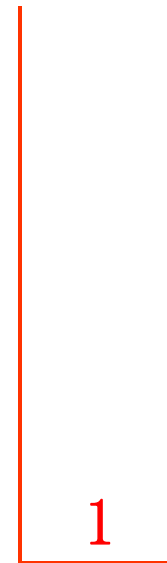
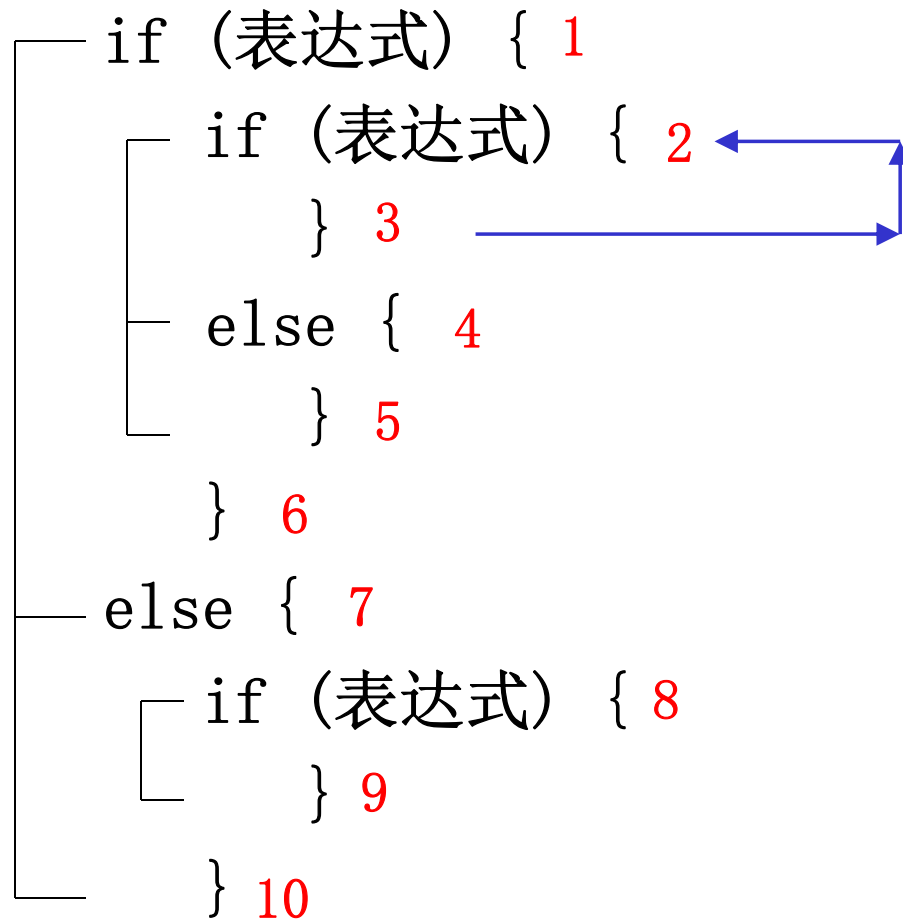
```
if (表达式) { 1
  if (表达式) { 2
    } 3
  else { 4
    } 5
  } 6
else { 7
  if (表达式) { 8
    } 9
  } 10
```



2进栈



例:



遇3, 2出, 匹配



例:

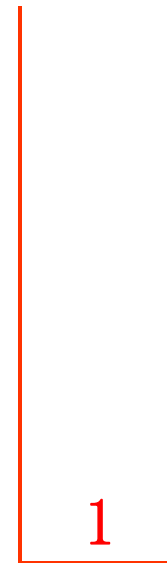
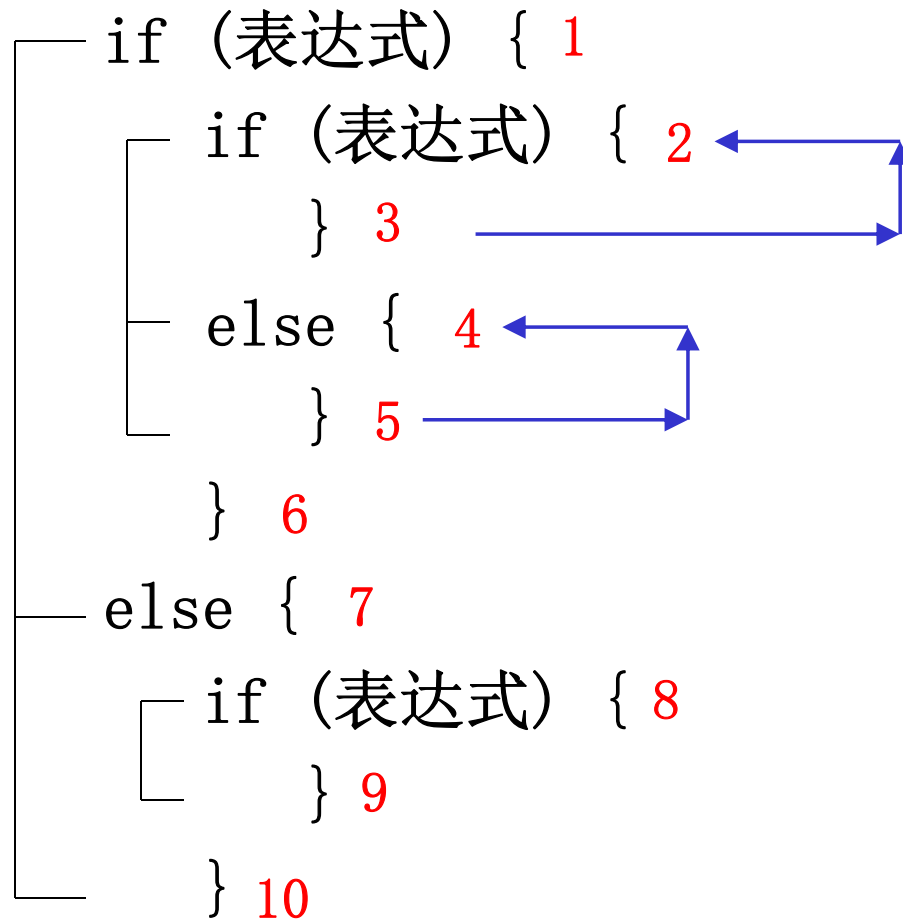
```
if (表达式) { 1
  if (表达式) { 2
    } 3
  else { 4
    } 5
  } 6
else { 7
  if (表达式) { 8
    } 9
  } 10
```

4
1

4进栈



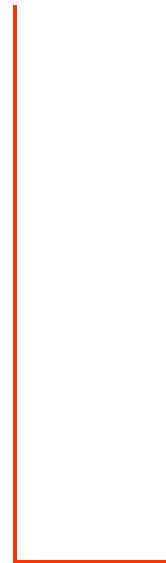
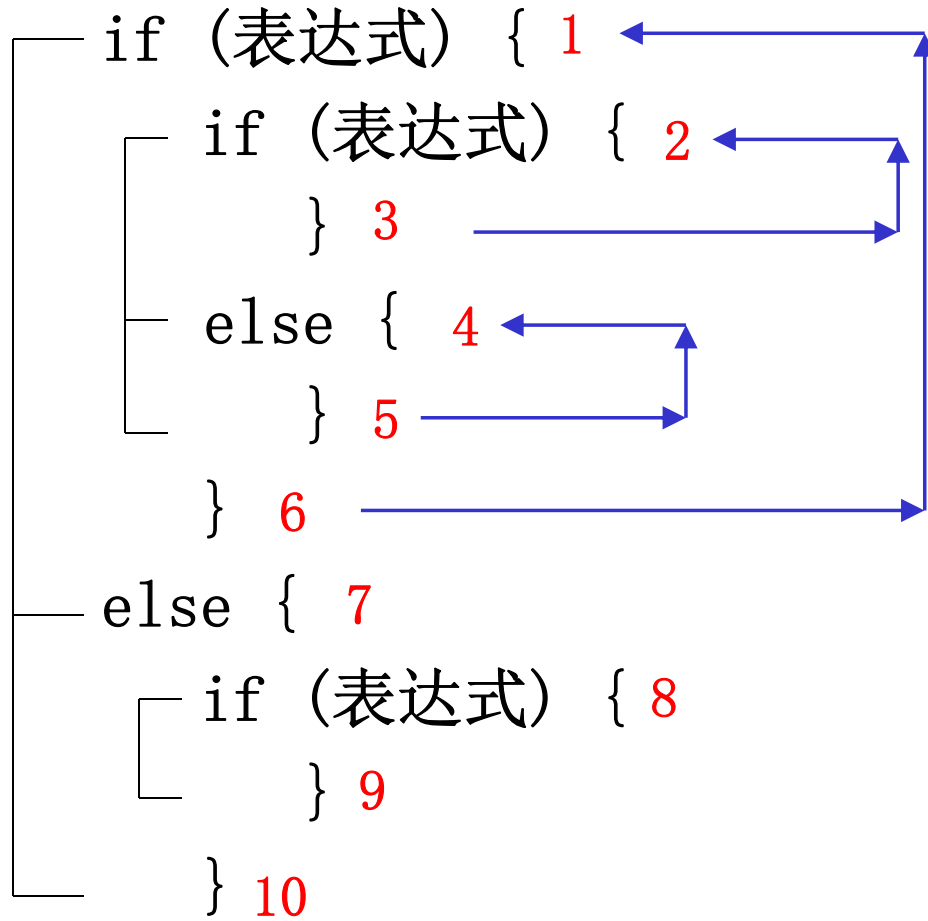
例:



遇5, 4出, 匹配



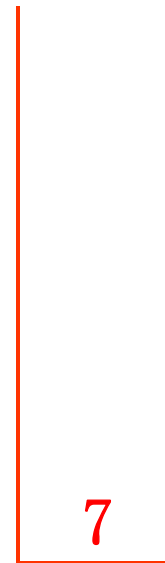
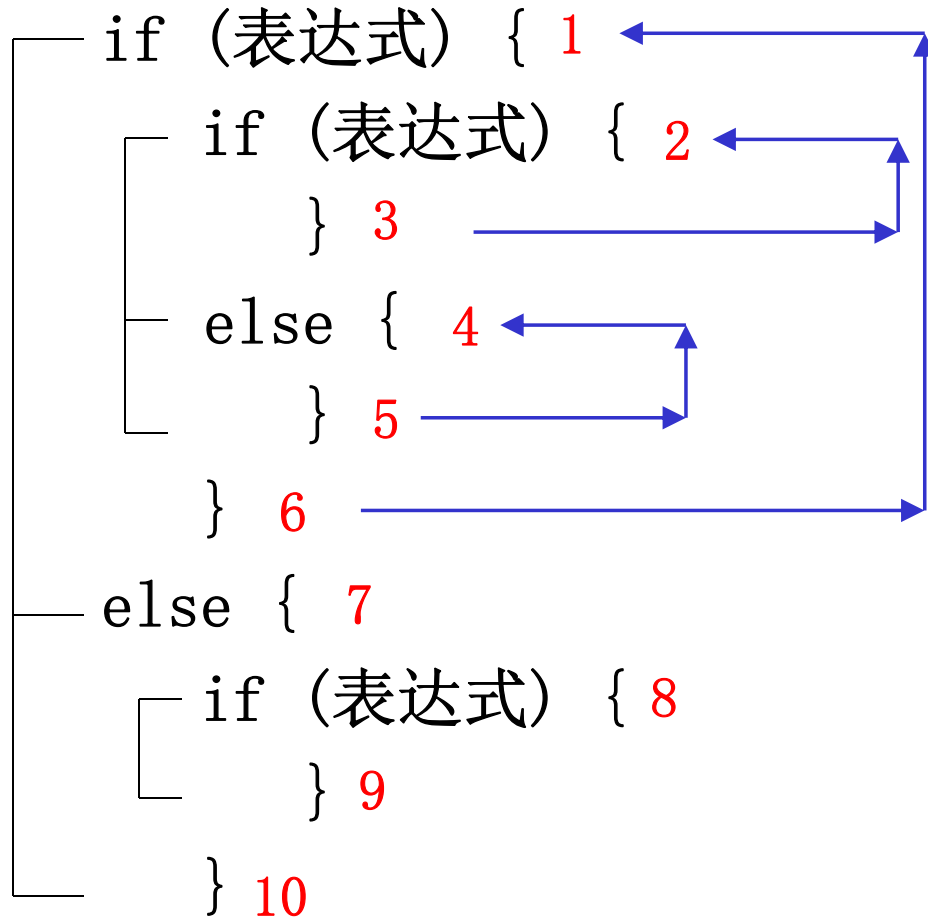
例:



遇6, 1出, 匹配



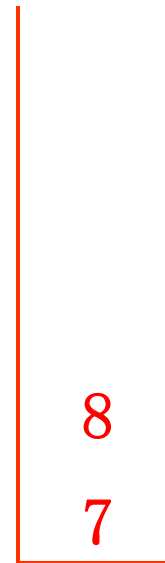
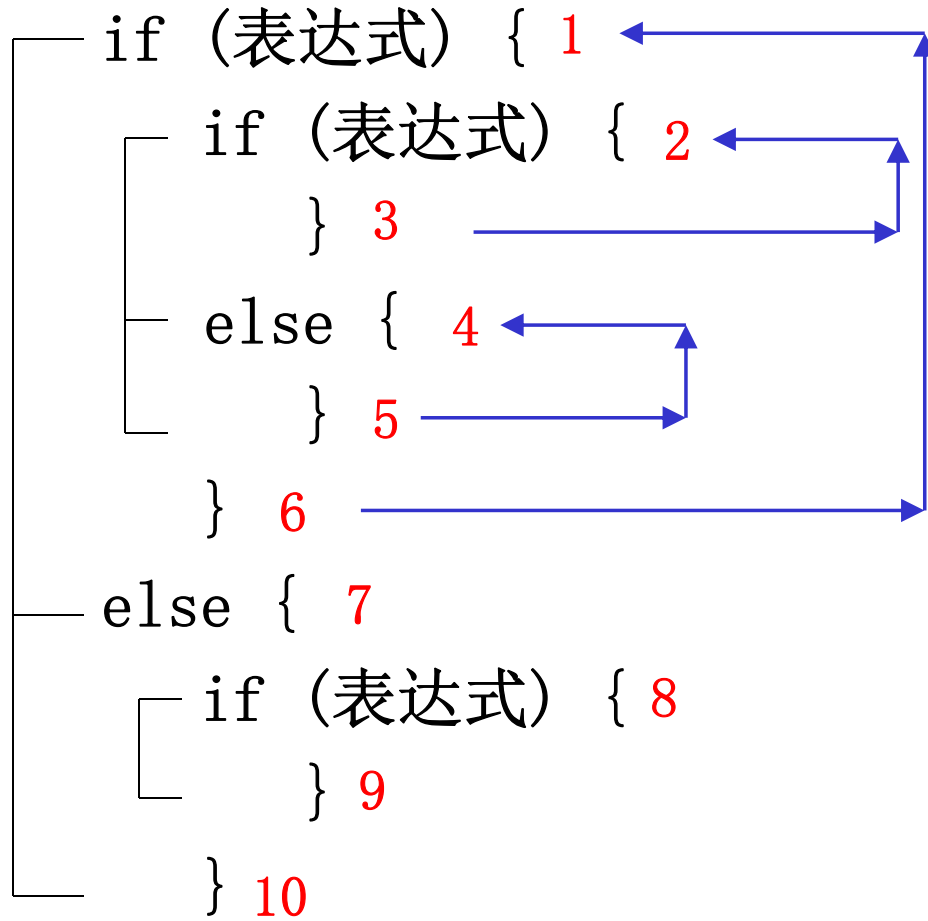
例:



7进栈



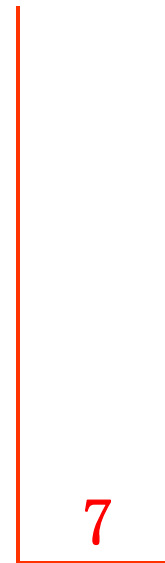
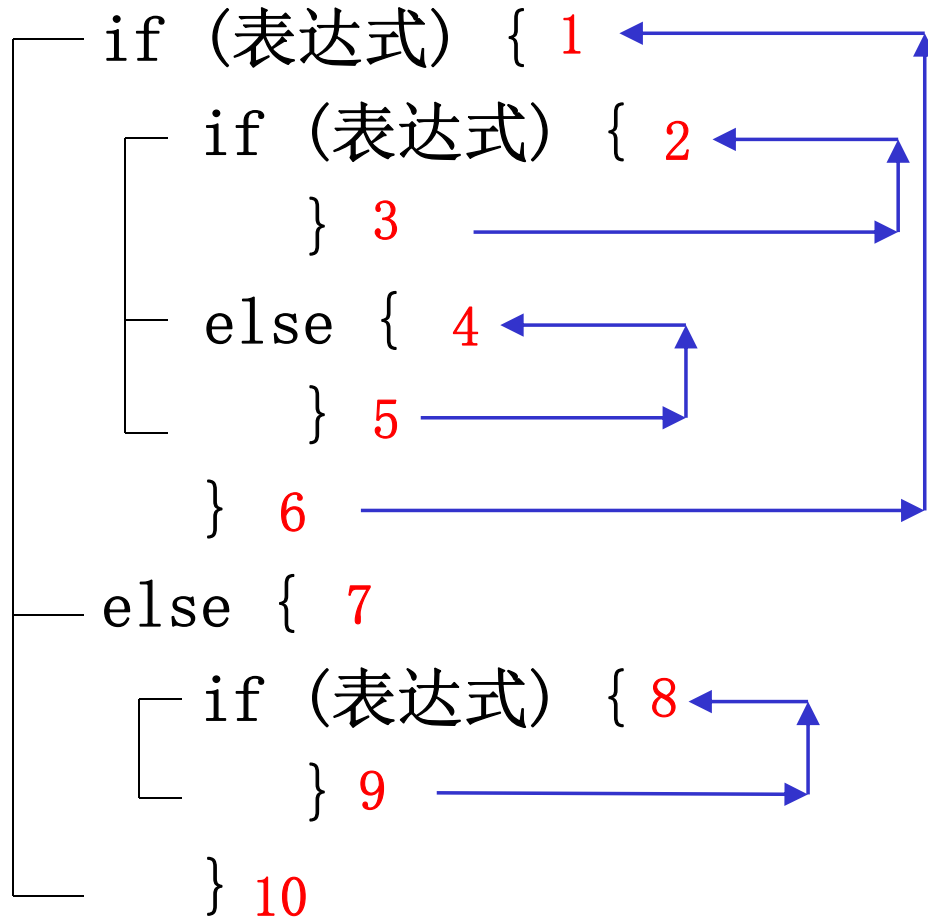
例:



8进栈



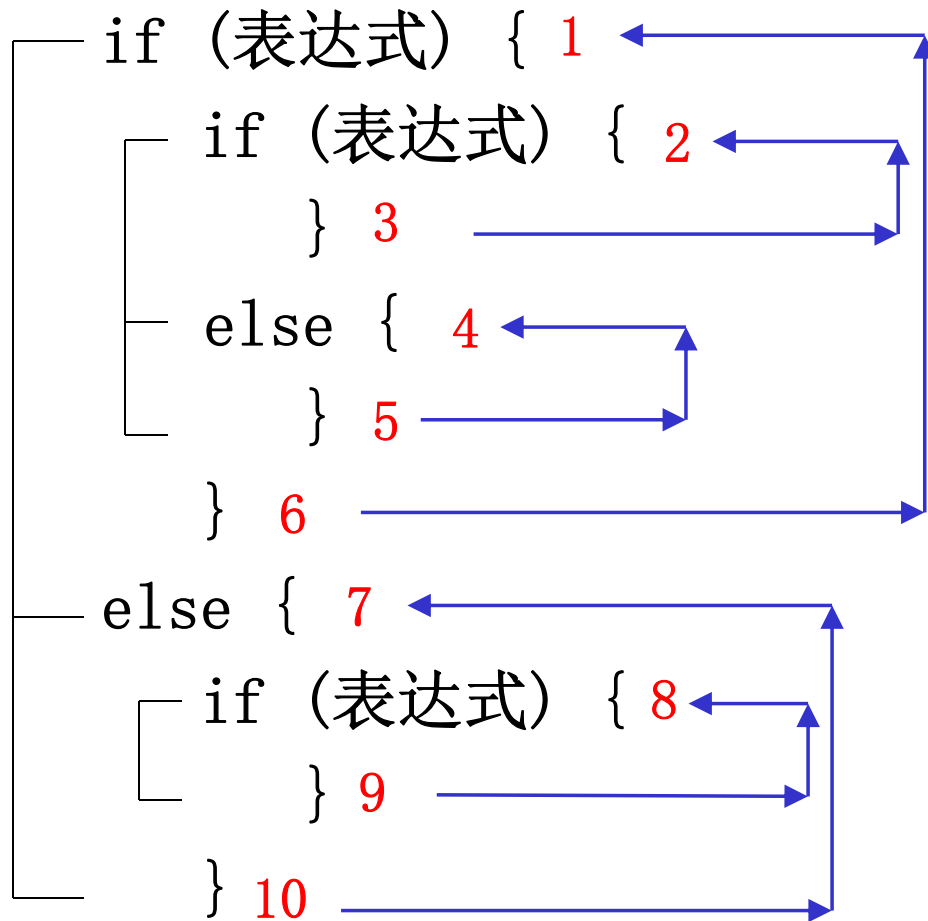
例:



遇9, 8出, 匹配



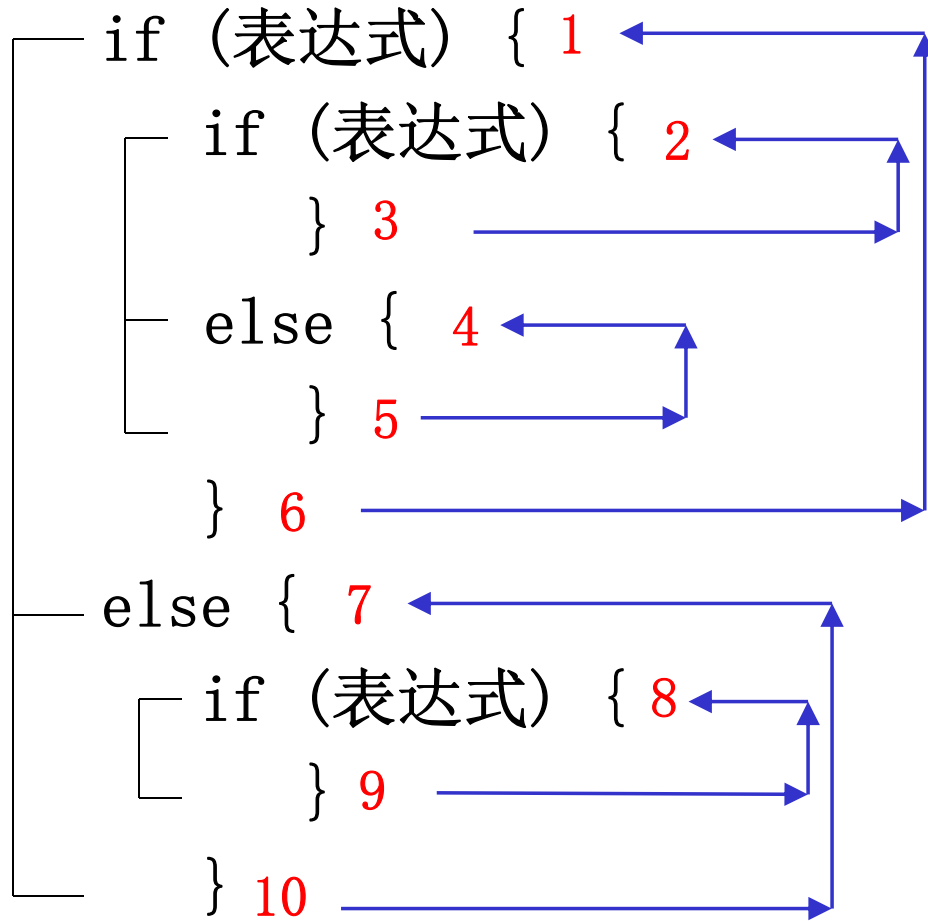
例:



遇10, 7出, 匹配



例:



栈空, 外面也无未匹配的}
正确结束



例：输入一个分数，根据所处的分数段0-59, 60-69, 70-79, 80-89, 90-100分别打印“优”、“良”、“中”、“及格”、“不及格”

```
if (i>=80)
{
    if (i>=90)
        printf("优\n");
    else
        printf("良\n");
}
else
{
    if (i>=60)
    {
        if (i>=70)
            printf("中\n");
        else
            printf("及格\n");
    }
    else
        printf("不及格\n");
}
```

```
if (i>=80) {
    if (i>=90) {
        printf("优\n");
    }
    else {
        printf("良\n");
    }
}
else {
    if (i>=60) {
        if (i>=70) {
            printf("中\n");
        }
        else {
            printf("及格\n");
        }
    }
    else {
        printf("不及格\n");
    }
}
```

单个语句都加 {}

★ 假设输入正确



§ 3. 结构化程序设计基础

3.7. 选择结构和if语句

3.7.3. 条件运算符和条件表达式

3.7.3.1. 引入

if - else语句中语句序列均为一个赋值语句且给同一变量赋值的，可以使用条件运算符

3.7.3.2. 形式

表达式1 ? 表达式2 : 表达式3

★ C/C++中唯一的一个三目运算符(附录D: 优先级第15组)

★ 表达式1按逻辑值求解，若为真，求解表达式2并使整个条件表达式的值为表达式2的值，
否则，求解表达式3并使整个条件表达式的值为表达式3的值

```
例: int a,b,max;
    cin >> a >> b;

    if (a>b)
        max = a;
    else
        max = b;

    max = a > b ? a : b;
```

```
例: int a,b;
    cin >> a >> b;

    if (a>b)
        cout << "max=" << a << endl;
    else
        cout << "max=" << b << endl;

    a > b ? cout << "max=" << a << endl :
           cout << "max=" << b << endl;

    cout << "max=" << (a>b?a:b) << endl;

    printf("max=%d", a>b?a:b);
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int a = 1, b = 2;

    //编译报错
    a == 1 ? "Hello" : 123;

    //编译报错
    a > b ? cout << a : printf("%d", b);

    //编译正确
    a == 1 ? 'A' : 123;
    return 0;
}
```

★ 表达式1、2、3的类型可以不同，但2、3的类型必须相容
(否则无法确定条件表达式的值类型)

```
error C2446: “.”: 没有从“int”到“const char [6]”的转换
message : 从整型强制转换为指针类型要求 reinterpret_cast、C 样式强制转换或函数样式强制转换
error C2678: 二进制“?”: 没有找到接受“std::basic_ostream<char, std::char_traits<char>>”类型的左操作数的运算符(或没有可接受的转换)
message : 可能是“内置 C++ operator?(int, int)”
message : 尝试匹配参数列表“(std::basic_ostream<char, std::char_traits<char>>, int)”时
```




§ 3. 结构化程序设计基础

3.7. 选择结构和if语句

3.7.4. 多分支选择结构和switch语句

3.7.4.1. 作用

替代多重if语句的嵌套，增强可读性

3.7.4.2. 形式

见右侧

```
switch(整型表达式) {  
    case 整型常量表达式1:  
        语句序列1;  
    case 整型常量表达式2:  
        语句序列2;  
    ...  
    case 整型常量表达式n:  
        语句序列n;  
    default:  
        语句序列n+1;  
}
```

3.7.4.3. 使用

★ 表达式可以是任何类型，最终取值为整型即可

★ 当整型表达式的取值与整型常量表达式1-n中的任意一个相等时，执行对应的语句序列；否则执行default后的语句序列
(不能是实数，因为无法直接判断相等)

★ 各整型常量表达式的值应各不相同，但顺序无要求

★ 各语句序列的最后一句应是break；否则连续执行下一case语句，最后一个可省

★ 语句序列不必加{}

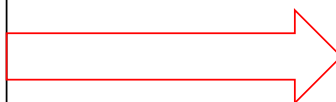
★ 多个case可以共用一组语句

★ 不能完全替代多重if语句的嵌套

例：输入一个分数，根据所处的分数段0-59, 60-69, 70-79, 80-89, 90-100分别打印“优”、“良”、“中”、“及格”、“不及格”，其它则打印“输入错误”。

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{   int i;
    cout << "请输入成绩 (0-100)" << endl;
    cin >> i;
    if (i>=90 && i<=100)
        cout << "优" << endl;
    else if (i>=80 && i<90)
        cout << "良" << endl;
    else if (i>=70 && i<80)
        cout << "中" << endl;
    else if (i>=60 && i<70)
        cout << "及格" << endl;
    else if (i>=0 && i<60)
        cout << "不及格" << endl;
    else
        cout << "输入错误" << endl;
    cout << "程序结束" << endl;
    return 0;
}
```



```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{   int i;
    cout<<"请输入成绩(0-100)"<<endl;
    cin >> i;
    switch(i/10) {
        case 10:
        case 9:
            cout<<"优"<<endl;
            break;
        case 8:
            cout<<"良"<<endl;
            break;
        case 7:
            cout<<"中"<<endl;
            break;
        case 6:
            cout<<"及格"<<endl;
            break;
        case 5:
        case 4:
        case 3:
        case 2:
        case 1:
        case 0:
            cout<<"不及格"<<endl;
            break;
        default:
            cout<<"输入错误"<<endl;
            break;
    }
    cout<<"程序结束"<<endl;
    return 0;
}
```

本程序在哪两个数据
区间会得到错误结果？



例：输入一个分数，根据所处的分数段0-59, 60-69, 70-79, 80-89, 90-100分别打印“优”、“良”、“中”、“及格”、“不及格”，其它则打印“输入错误”。

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int i;
    cout << "请输入成绩 (0-100)" << endl;
    cin >> i;
    if (i>=90 && i<=100)
        cout << "优" << endl;
    else if (i>=80 && i<90)
        cout << "良" << endl;
    else if (i>=70 && i<80)
        cout << "中" << endl;
    else if (i>=60 && i<70)
        cout << "及格" << endl;
    else if (i>=0 && i<60)
        cout << "不及格" << endl;
    else
        cout << "输入错误" << endl;
    cout << "程序结束" << endl;
    return 0;
}
```

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int i;
    cout<<"请输入成绩 (0-100)"<<endl;
    cin >> i;
    if (i>=0 && i<=100) {
        switch(i/10) {
            case 10:
            case 9:
                cout<<"优"<<endl;
                break;
            case 8:
                cout<<"良"<<endl;
                break;
            case 7:
                cout<<"中"<<endl;
                break;
            case 6:
                cout<<"及格"<<endl;
                break;
            default:
                cout<<"不及格"<<endl;
                break;
        }
    }
    else
        cout << "输入错误" << endl;

    cout<<"程序结束"<<endl;
    return 0;
}
```

保证输入区间的正确性

```
case 5:
case 4:
case 3:
case 2:
case 1:
case 0:
```





§ 3. 结构化程序设计基础

3.7. 选择结构和if语句

3.7.4. 多分支选择结构和switch语句

3.7.4.3. 使用

★ 表达式可以是任何类型，最终取值为整型即可

★ 当整型表达式的取值与整型常量表达式1-n中的任意一个相等时，执行对应的语句序列；否则执行default后的语句序列
(不能是实数，因为无法直接判断相等)

★ 各整型常量表达式的值应各不相同，但顺序无要求

```
double x = **;  
switch(int(x)) {  
  
    ...  
}
```

```
switch(i/10) { 正确  
    case 10:  
    case 9:  
        cout<<"优"<<endl;  
        break;  
    case 8:  
        cout<<"良"<<endl;  
        break;  
    ...  
}
```

```
switch(i/10) { 正确  
    case 8:  
        cout<<"良"<<endl;  
        break;  
    case 10:  
    case 9:  
        cout<<"优"<<endl;  
        break;  
    ...  
}
```

```
const int k = 1; 正确  
  
switch(i/10) {  
    case 3+7:  
    case 8+k:  
        cout<<"优"<<endl;  
        break;  
    ...  
}
```

★ 各语句序列的最后一句应是break；否则连续执行下一case语句，最后一个可省(但不建议)

```
switch(i/10) {  
    ...  
    case 8:  
        cout << "良" << endl;  
    case 7:  
        cout << "中" << endl;  
        break;  
    ...  
}
```

```
Microsoft Visual Studio 调试控制台  
请输入成绩(0-100)  
83  
良  
中  
程序结束
```

```
Microsoft Visual Studio 调试控制台  
请输入成绩(0-100)  
78  
中  
程序结束
```

```
const int k = 1; 错误  
  
switch(i/10) {  
    case 8:  
    case 7+k:  
        cout<<"优"<<endl;  
        break;  
    ...  
}
```

error C2196: case 值“8”已使用

```
int k = 1; 错误  
  
switch(i/10) {  
    case 3+7:  
    case 8+k:  
        cout<<"优"<<endl;  
        break;  
    ...  
}
```

error C2131: 表达式的计算结果不是常数
message : 因读取超过生命周期的变量而失败
message : 请参见“k”的用法
error C2051: case 表达式不是常量



§ 3. 结构化程序设计基础

3.7. 选择结构和if语句

3.7.4. 多分支选择结构和switch语句

3.7.4.3. 使用

★ 不能完全替代多重if语句的嵌套

例：输入一个分数，根据所处的分数段0-59, 60-69, 70-84, 85-100分别打印“优”、“良”、“及格”、“不及格”，其它则打印“输入错误”。

★ 若用 `switch(score/10)`，则部分分数无法区分

★ 若用 `switch(score)`，要写 101 个case

★ 若分数精确到小数点后，则无法用switch

//if的实现方式

```
if (score>=0 && score<60)
    cout << "不及格" << endl;
else if (score>=60 && score<70)
    cout << "及格" << endl;
else if (score>=70 && score <85)
    cout << "良" << endl;
else if (score>=85 && score<=100)
    cout << "优" << endl;
else
    cout << "输入错误" << endl;
```



§ 3. 结构化程序设计基础

3.7. 选择结构和if语句

3.7.5. 编写选择结构的程序

例：键盘输入一个整数当年份，判断该年是否为闰年

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int year;
    bool leap;
    cin >> year;
    if (year%4==0) {
        if (year%100==0) {
            if (year%400==0)
                leap=true; ——— 被4、100、400整除
            else
                leap=false;
        }
        else
            leap=true; ——— 被4、100整除，不被400整除
    }
    else
        leap=false; ——— 不被4整除

    if (leap)
        cout << year << " is a leap year" << endl;
    else
        cout << year << " is not a leap year" << endl;
    return 0;
}
```

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int year;
    bool leap;
    cin >> year;

    if (year%4==0)
        if (year%100==0)
            if (year%400==0)
                leap=true;
            else
                leap=false;
        else
            leap=true;
    else
        leap=false;

    if (leap)
        cout << year << " is a leap year" << endl;
    else
        cout << year << " is not a leap year" << endl;
    return 0;
}
```

可以省略两组括号



§ 3. 结构化程序设计基础

3.7. 选择结构和if语句

3.7.5. 编写选择结构的程序

例：键盘输入一个整数当年份，判断该年是否为闰年

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main()
{
```

```
    int year;
    bool leap;
    cin >> year;
```

改写

```
    if (year%4!=0)
        leap=false;
```

不被4整除

```
    else if (year%100!=0)
        leap=true;
```

被4整除，不被100整除

```
    else if (year%400!=0)
        leap=false;
```

被4、100整除，不被400整除

```
    else
```

```
        leap=true;
```

被4、100、400整除

```
    if (leap)
```

```
        cout << year << " is a leap year" << endl;
```

```
    else
```

```
        cout << year << " is not a leap year" << endl;
```

```
    return 0;
```

```
}
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main()
{
```

```
    int year;
    bool leap;
    cin >> year;
```

```
    if ((year%4==0 && year%100!=0) || (year%400==0))
        leap=true;
```

改写1

```
    else
        leap=false;
```

```
    leap = year%4==0 && year%100!=0 || year%400==0;
```

改写2

```
    if (leap)
```

```
        cout << year << " is a leap year" << endl;
```

```
    else
```

```
        cout << year << " is not a leap year" << endl;
```

```
    return 0;
```

```
}
```

可简化为以下3种形式：

```
cout << year << (leap ? "is" : "is not") << " a leap year." << endl;
```

```
printf("%d %s a leap year.\n", year, leap ? "is" : "is not");
```

```
printf("%d is%s a leap year.\n", year, leap ? "" : " not");
```



§ 3. 结构化程序设计基础

3.7. 选择结构和if语句

3.7.5. 编写选择结构的程序

例：键盘输入一个整数当年份，判断该年是否为闰年

```
//最简版本
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int year, leap;
    cin >> year;

    leap = year%4==0 && year%100!=0 || year%400==0;

    cout << year << (leap ? "is" : "is not") << " a leap year."<<endl;

    return 0;
}
```

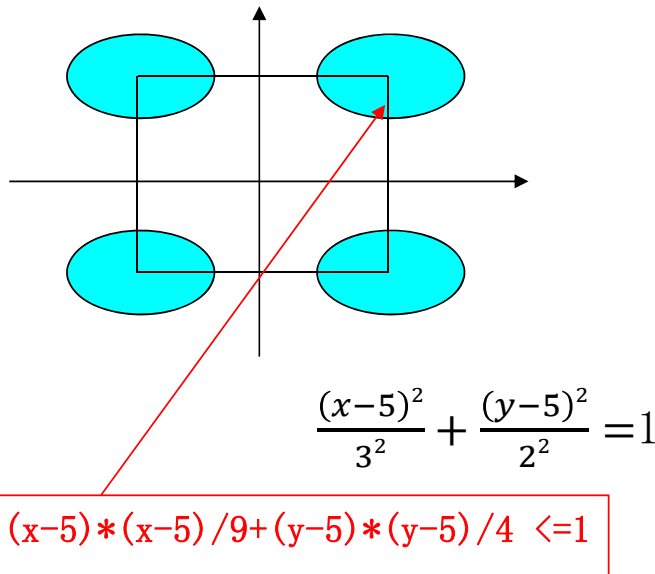



§ 3. 结构化程序设计基础

3.7. 选择结构和if语句

3.7.5. 编写选择结构的程序

例：四个椭圆塔，圆心分别为(5, 5), (-5, 5), (-5, -5), (5, -5)，长半径为3，短半径为2，这4个塔的高度为10m，塔以外无建筑物(高度为0)，编写程序，输入任一点的坐标，求该点的建筑高度



```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    double x, y;           //尽量别用int
    cout << "请输入坐标: "; //不加endl, 则光标停在本行等待输入
    cin >> x >> y;

    if ( ((x-5)*(x-5)/9+(y-5)*(y-5)/4<=1) ||
         ((x-5)*(x-5)/9+(y+5)*(y+5)/4<=1) ||
         ((x+5)*(x+5)/9+(y+5)*(y+5)/4<=1) ||
         ((x+5)*(x+5)/9+(y-5)*(y-5)/4<=1) )
        cout << "高度为10" << endl;
    else
        cout << "高度为0" << endl;

    return 0;
}
```

注意:
复制粘贴时要改对



§ 3. 结构化程序设计基础

3.7. 选择结构和if语句

3.7.5. 编写选择结构的程序

例：对n个人分班，每班k(k>0)人，最后不足k人也编为一个班，问要分几个班？键盘输入n, k的值，输出分班数(尝试使用if语句)

```
#include<iostream>
using namespace std;
int main()
{
    double o, p, m, b;
    int c;
    cin>>o>>p;
    b=o/p;
    c=o/p;
    if(b-c>0)m=c+1;
    else m=c;
    cout<<m;
    return 0;
}
```

作者原意：

虽然输入类型为double，但希望键盘输入为整数
(o=n p=k)

b是浮点除法

c是整数除法

b-c>0 表示除不尽 => o不是p的整数倍

程序存在的问题：

1、格式

2、o、p变量用浮点数，不能保证输入的正确性

3、浮点数有误差，导致b-c>0不可信

4、m应该是int型



§ 3. 结构化程序设计基础

3.7. 选择结构和if语句

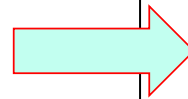
3.7.5. 编写选择结构的程序

例：对n个人分班，每班k(k>0)人，最后不足k人也编为一个班，问要分几个班？键盘输入n， k的值，输出分班数(尝试使用if语句)

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int n, k;
    cin >> n >> k;

    if (n%k==0)
        cout << n/k << endl;
    else
        cout << n/k+1 << endl;

    return 0;
}
```



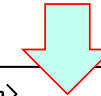
```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int n, k;
    cin >> n >> k;

    cout << (n%k == 0 ? n/k : n/k+1) << endl;
    cout << (n/k + (n%k == 0 ? 0 : 1)) << endl;

    return 0;
}
```

限制：
1、不允许用if-else，如何实现？

两种方法

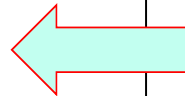


```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int n, k;
    cin >> n >> k;

    cout << (n+k-1)/k << endl;

    return 0;
}
```

限制：
1、不允许用if-else
2、不允许用条件表达式
3、不允许用bool，不允许用关系、逻辑运算符
如何实现？



```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int n, k;
    cin >> n >> k;

    cout << n/k + (n%k > 0) << endl;
    cout << n/k + bool(n%k) << endl;
    cout << n/k + !(n%k) << endl;

    return 0;
}
```

限制：
1、不允许用if-else
2、不允许用条件表达式，如何实现？

三种方法

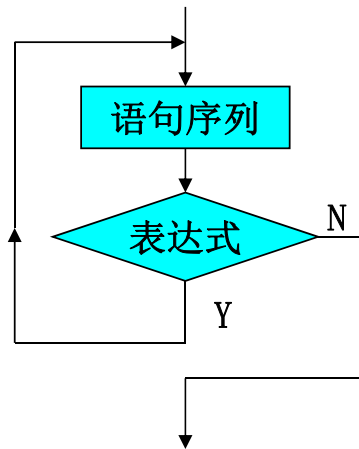
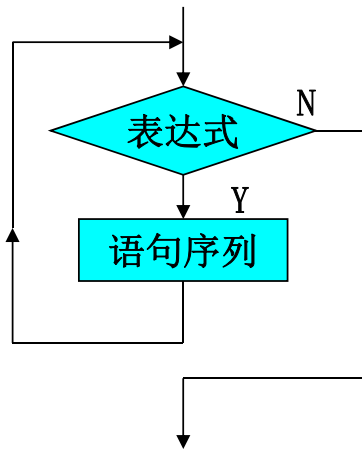


§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

★ 当型：先判断，后执行（可能一次都不执行）

★ 直到型：先执行，后判断（至少执行一次）





§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

3.8.1. GOTO语句

形式:

goto 语句标号;

语句标号的组成:

语句标号:

(命名规则同变量: 以字母或下划线开始, 由字母、数字、下划线组成)

用途:

无条件跳转到语句标号处

缺点:

使程序的流程无规律, 可读性差(建议少用或不用)

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    LOOP:
        cout << "Hello";
        goto LOOP;

    return 0;
}
```

//程序执行会陷入死循环



§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

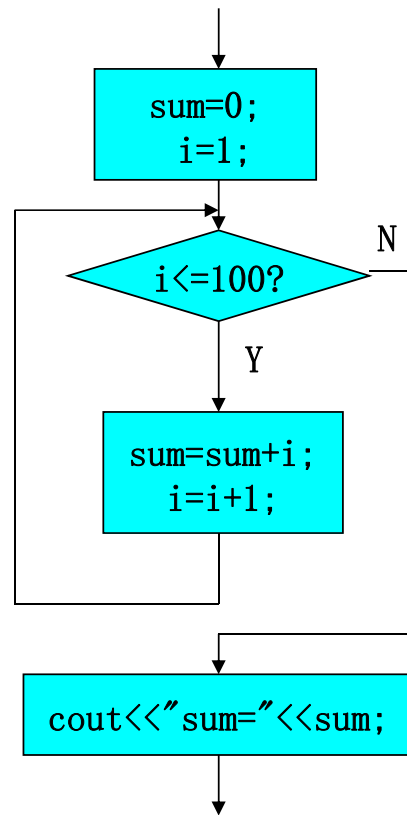
3.8.1. GOTO语句

与if语句一起构成循环:

例: 求 $1+2+\dots+100$ 的和

1、当型

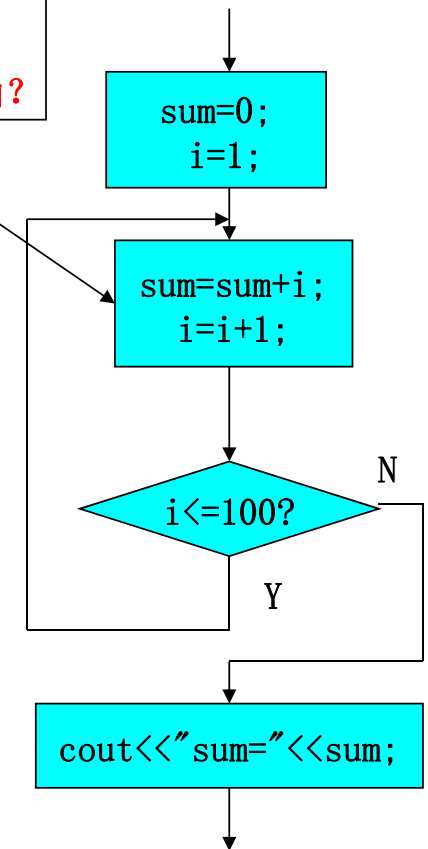
```
int main()
{
    int i, sum;
    i=1;
    sum=0;
    LABEL1:
    if (i<=100) {
        sum=sum+i;
        i++;
        goto LABEL1;
    }
    cout<<"sum="<<sum<<endl;
    return 0;
}
```



2、直到型

```
int main()
{
    int i=1; sum=0;
    LABEL1:
    sum+=i;
    i++;
    if (i<=100)
        goto LABEL1;
    cout<<"sum="<<sum<<endl;
    return 0;
}
```

问题: 若调整为
 $i=i+1;$
 $sum=sum+i;$
程序如何变动才正确?





§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

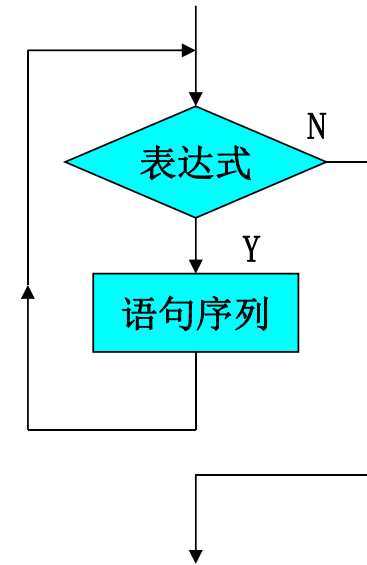
3.8.2. 用while语句构成循环

3.8.2.1. 形式

```
while (表达式) {  
    语句序列;  
}
```

3.8.2.2. 使用

- ★ 先判断，后执行
- ★ 表达式可以是任意类型，按逻辑值求解（非0为真0为假），为真时反复执行
- ★ 语句序列中只有一个语句时，{}可省
- ★ 语句序列中应有改变表达式取值的语句，否则死循环



例：求 $1+2+\dots+100$ 的和

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main()
{
```

```
    int i=1, sum=0;
```

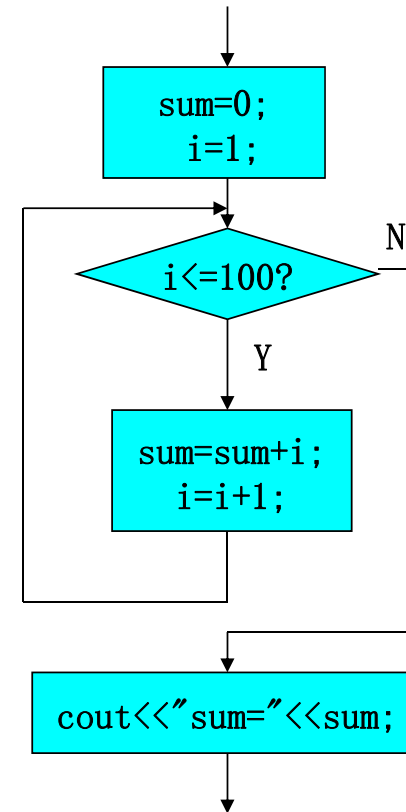
```
    while(i<=100) {
        sum=sum+i;
        i++;
    }
```

```
    cout<<"sum="<<sum<<endl;
```

```
    return 0;
```

```
}
```

```
while(i<=100)
    sum+=i++;
```



例：打印1-1000内7的倍数



```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int i=1;

    while(i<=1000) {
        if (i%7==0)
            cout << i << ' ';
        i++;
    }

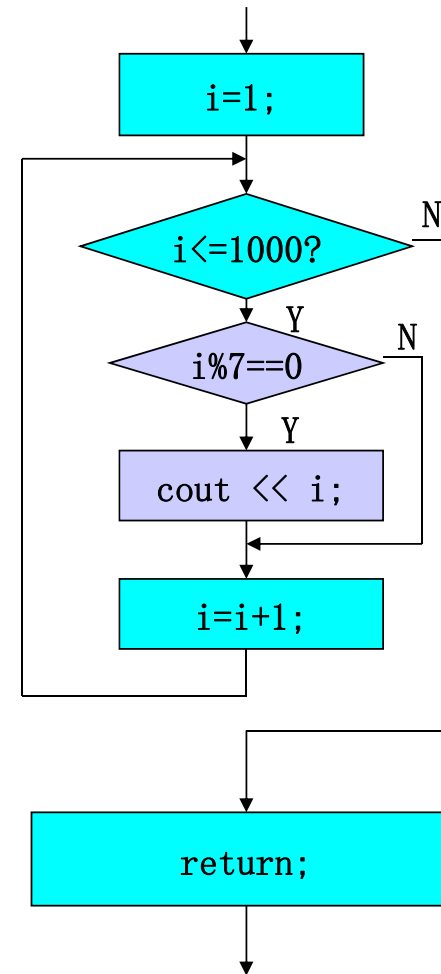
    return 0;
}
```

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int i=7;

    while(i<=1000) {
        cout << i << ' ';
        i+=7;
    }

    return 0;
}
```





§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

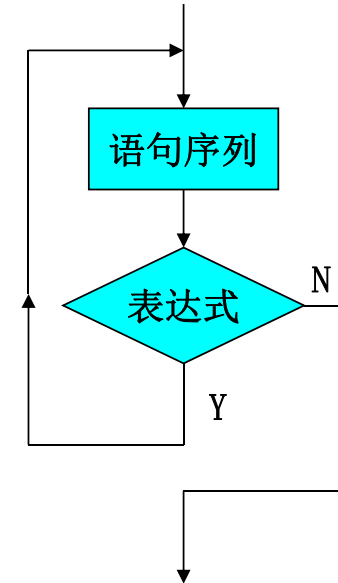
3.8.3. 用do-while语句构成循环

3.8.3.1. 形式

```
do {  
    语句序列;  
} while(表达式);
```

3.8.3.2. 使用

- ★ 先执行，后判断
- ★ 表达式可以是任意类型，按逻辑值求解（非0为真0为假），为真时反复执行
- ★ 语句序列中只有一个语句时，{}可省
- ★ 语句序列中应有改变表达式取值的语句，否则死循环



例：求 $1+2+\dots+100$ 的和

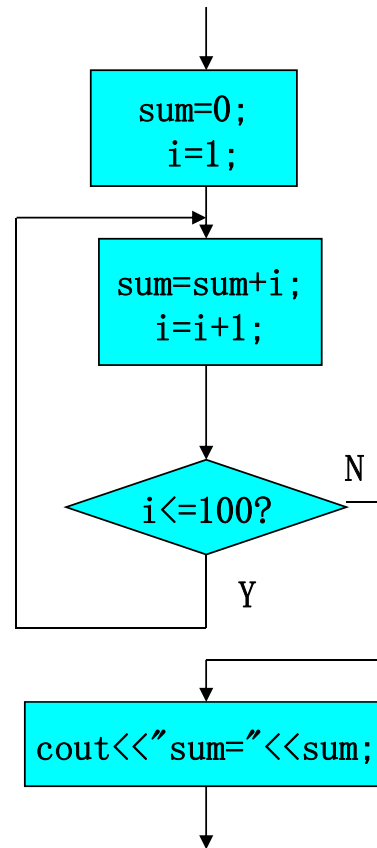
```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int i=1, sum=0;

    do {
        sum=sum+i;
        i++;
    } while(i<=100);

    cout<<"sum="<<sum<<endl;

    return 0;
}
```





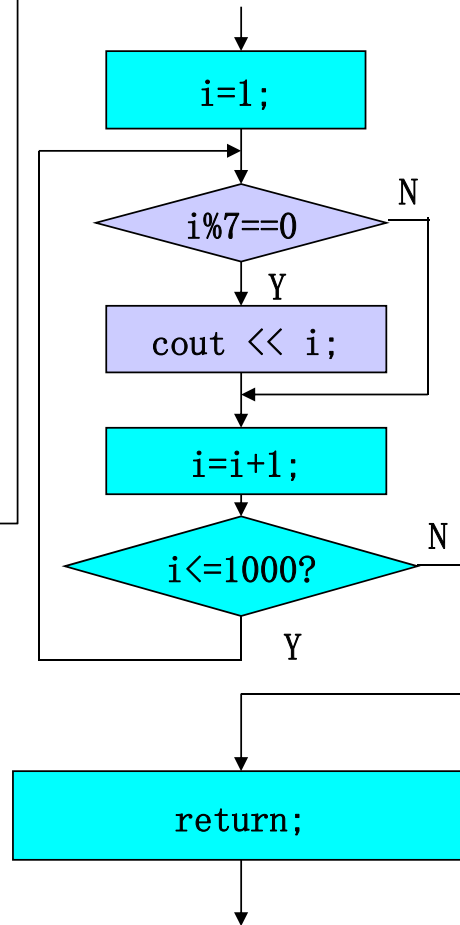
例：打印1-1000内7的倍数

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int i=1;

    do {
        if (i%7==0)
            cout << i << ' ';
        i++;
    } while(i<=1000);

    return 0;
}
```



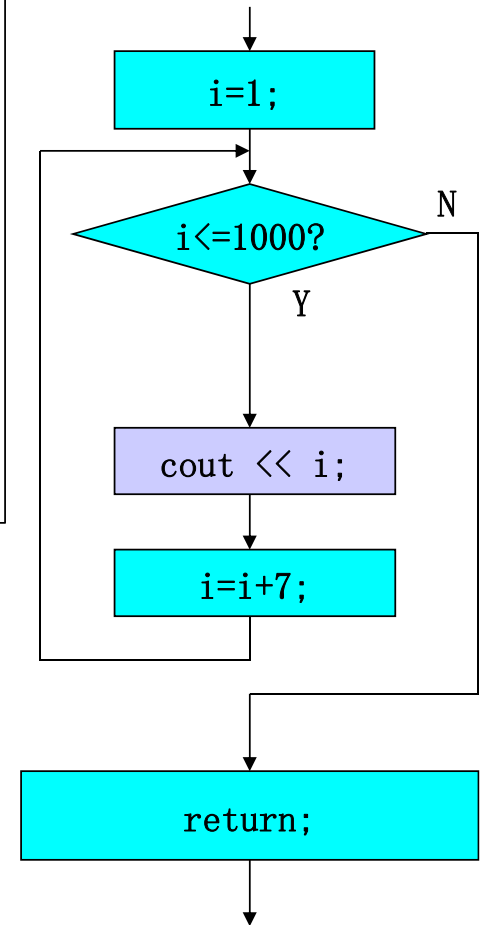
```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int i=7;

    while(i<=1000) {
        cout << i << ' ';
        i+=7;
    }

    return 0;
}
```

更简洁高效的办法，
只要数学上等价即可





§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

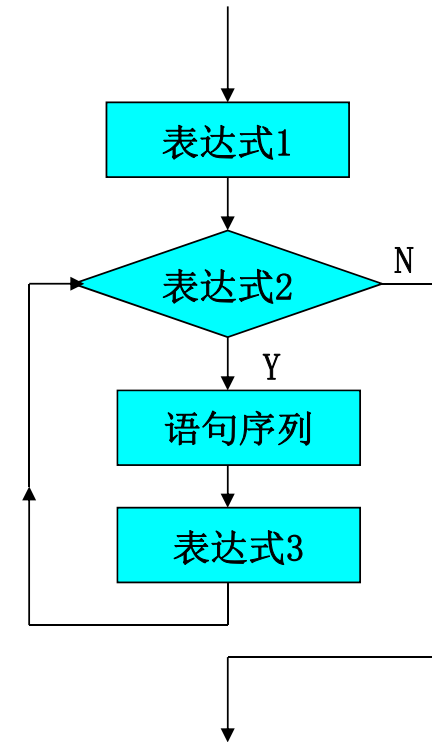
3.8.4. 用for语句构成循环

3.8.4.1. 形式

```
for(表达式1; 表达式2; 表达式3) {  
    语句序列;  
}
```

3.8.4.2. for语句的执行过程

- ① 求解表达式1 (初值)
- ② 以逻辑值求解表达式2，为真则执行循环体，
(当型) 为假则结束循环体的执行
- ③ 执行完循环体后，求解表达式3，重复②
(语句序列或表达式3中应有改变表达式2的求解条件)





§ 3. 结构化程序设计基础

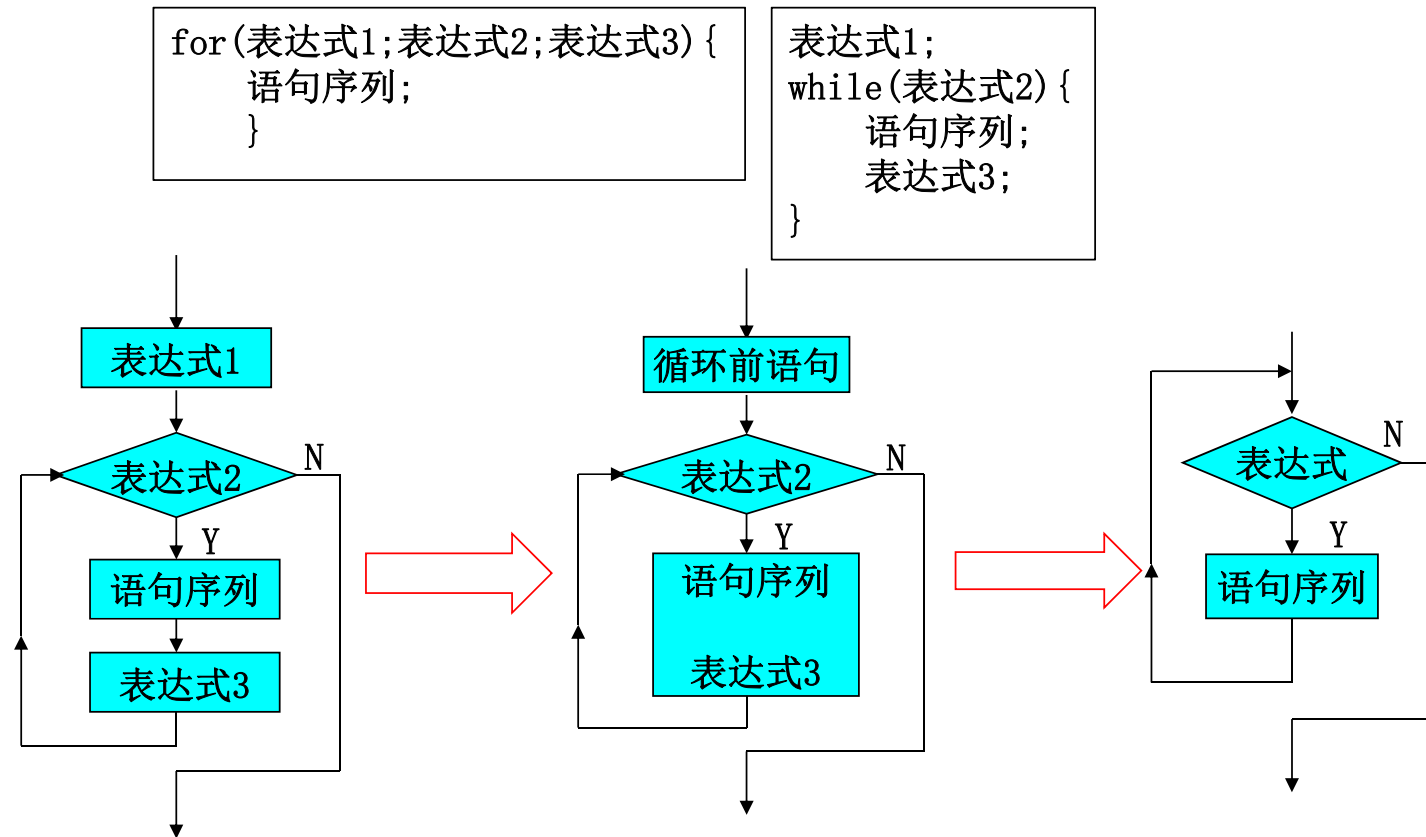
3.8. 循环结构和循环语句

3.8.4. 用for语句构成循环

3.8.4.1. 形式

3.8.4.2. for语句的执行过程

3.8.4.3. 与while语句的互换性



例：求 $1+2+\dots+100$ 的和

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int i=1, sum=0;

    while(i<=100) {
        sum=sum+i;
        i++;
    }

    cout<<"sum="<<sum<<endl;

    return 0;
}
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    int i, sum=0;

    for(i=1;i<=100;i++)
        sum=sum+i;

    cout<<"sum="<<sum<<endl;

    return 0;
}
```





§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

3.8.4. 用for语句构成循环

3.8.4.4. for语句的基本使用形式

```
for(循环变量赋初值; 循环条件; 循环变量增值) {  
    语句序列;  
}
```

★ 对已知循环结束条件(或循环次数)的循环表达方式较直观

例: i从1开始累加, 加到10000为止, 打印出i及累加的和

```
#include <iostream>  
#include <cstdio>  
using namespace std;
```

```
int main()  
{  
    int i, sum;  
    for(i=1, sum=0; sum<=10000; i++)  
        sum=sum+i;  
    --i;  
    cout << "i=" << i << " sum=" << sum << endl;  
    return 0;  
}
```

Microsoft Visual Studio 调试控制台
i=141 sum=10011

为什么循环结束后要--i ?

```
#include <iostream>  
#include <cstdio>  
using namespace std;
```

```
int main()  
{  
    int i=1, sum=0;  
    while(sum<=10000)  
        sum+=i++;  
    --i;  
    cout << "i=" << i << " sum=" << sum << endl;  
    return 0;  
}
```

Microsoft Visual Studio 调试控制台
i=141 sum=10011



§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

3.8.4. 用for语句构成循环

3.8.4.5. for语句的扩展使用

★ 表达式1可省，在for语句前给变量赋值

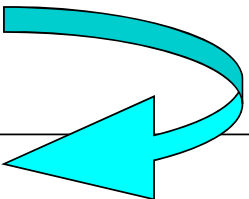
```
i=1;  
for (;i<=100;i++)  
    sum=sum+i;
```

```
for (i=1; i<=100; i++)  
    sum=sum+i;
```

★ 若表达式2省略，则永真（死循环）

可以在语句序列中设置相应条件以退出

```
for(i=1;;i++) {  
    ...  
    if (i>100)  
        ...  
}
```





§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

3.8.4. 用for语句构成循环

3.8.4.5. for语句的扩展使用

★ 表达式3可省，另外设法改变表达式2的取值

```
for(i=0; ++i<=100;)
    sum=sum+i;
```

```
for(i=1; i<=100;) {
    sum=sum+i;
    i++;
}
```

```
for(i=0; i++<100;)
    sum=sum+i;
```

```
for(i=1; i<=100;)
    sum+=i++;
```

```
for (i=1; i<=100; i++)
    sum=sum+i;
```

★ 省略表达式1、3，完全等同于while语句的形式

```
i=1;
for(; i<=100;) {
    sum=sum+i;
    i++;
}
```

```
i=1;
while(i<=100) {
    sum=sum+i;
    i++;
}
```

★ 三个表达式全省，相当于永真

```
for(;;) {
    ...
}
```

```
while(1) {
    ...
}
```



§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

3.8.4. 用for语句构成循环

3.8.4.5. for语句的扩展使用

★ 表达式1、3可以是简单表达式，也可以是多个简单表达式组合形式的逗号表达式，
如果因此而导致循环不需要包含任何语句，则加一个;表示不需要语句序列(;也可以理解为空语句)

```
int i, sum=0;
for(i=1; i<=100; i++)
    sum=sum+i;
```

```
int i, sum;
for(i=1, sum=0; i<=100; i++)
    sum=sum+i;
```

```
int i, sum;
for(i=1, sum=0; i<=100; sum=sum+i, i++);
```

```
int i, sum;
for(i=1, sum=0; i<=100; sum=sum+i++);
```

//分号单独一行，表示为空语句形式，更直观

```
int i, sum;
for(i=1, sum=0; i<=100; sum=sum+i++)
    ;
```

★ 最后加一个分号，表示
for循环不需要语句序列



§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

3.8.4. 用for语句构成循环

3.8.4.5. for语句的扩展使用

★ 表达式1、3可以是简单表达式，也可以是多个简单表达式组合形式的逗号表达式，
如果因此而导致循环不需要包含任何语句，则要加一个;表示不需要语句序列(;也可以理解为空语句)

动手做，仔细观察

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

有分号

```
int main()
{
    int i, sum;
    for(i=1, sum=0; i<=100; sum+=i++);
    cout << "sum=" << sum << endl;
    return 0;
}
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

无分号

```
int main()
{
    int i, sum;
    for(i=1, sum=0; i<=100; sum+=i++)
        cout << "sum=" << sum << endl;
    return 0;
} //虽然cout形式上无缩进，仍然是for的子句
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

有分号

```
int main()
{
    int i, sum;
    for(i=1, sum=0; i<=100; sum+=i++);
        cout << "sum=" << sum << endl;
    return 0;
} //虽然cout形式上缩进了，但仍然和for是平级的
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main()
{
    int i, sum;
    for(i=1, sum=0; i<=100; sum+=i++)
        ; //空语句可单独一行，表达更清晰一些
    cout << "sum=" << sum << endl;
    return 0;
}
```



§ 3. 结构化程序设计基础

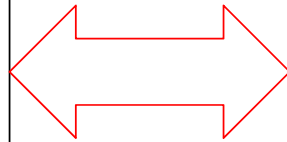
3.8. 循环结构和循环语句

3.8.4. 用for语句构成循环

3.8.4.5. for语句的扩展使用

★ 表达式2可以是任何类型，但按逻辑值求解

```
char c;  
c=getchar();  
while(c!='\n') {  
    cout<<c;  
    c=getchar();  
}
```



```
char c;  
for(;;(c=getchar())!='\n';cout<<c)  
    ;
```

for的表达式2要分三步理解

虽然简单，但可读性差，建议初学者不把与循环变量无关的内容放入for语句



§ 3. 结构化程序设计基础

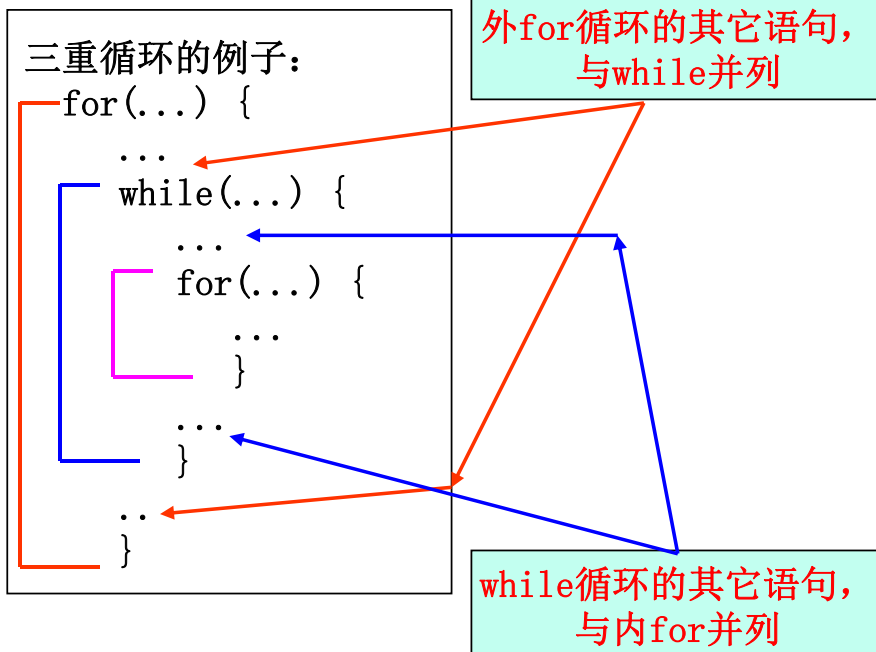
3.8. 循环结构和循环语句

3.8.5. 循环的嵌套

多种形式

★ {} 的匹配原则

与if/else{}的匹配类似，“{”进栈，遇到”}”出栈匹配



<pre>while(...) { while(...) { ... } }</pre>	<pre>do { do{ ... } while(...); } while(...);</pre>
<pre>for(...) { for(...) { ... } }</pre>	<pre>while(...) { do(...) { ... } while(...); }</pre>
<pre>for(...) { while(...) { ... } }</pre>	<pre>do (...) { for(...) { ... } } while(...);</pre>



§ 3. 结构化程序设计基础

3.8.5. 循环的嵌套

多种形式

★ {} 的匹配原则

与if/else{}的匹配类似，“{”进栈，遇到”}”出栈匹配

★ 外层循环每执行一次，内层循环都要执行一遍

★ 各种分支语句、循环语句之间可相互任意嵌套，只要 {} 的匹配理解没有问题，就是正确的

<pre>for(i=1;i<=100;i++) for(j=1;j<=100;j++) cout << i*j << ' ';</pre>	<pre>for(i=1;i<=100;i++) { cout << i << endl; for(j=1;j<=100;j++) { cout << i*j << endl; for(k=1;k<=100;k++) cout << i*j*k << ' '; cout << j*i << endl; } cout << i << endl; }</pre>
cout 语句执行了 <u>10000</u> 遍	红语句及for j执行了_____遍 蓝语句及for k执行了_____遍 粉语句执行了_____遍



§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

3.8.6. 改变循环控制的语句

3.8.6.1. break语句（前面switch/case中用过）

作用：提前结束循环体的循环

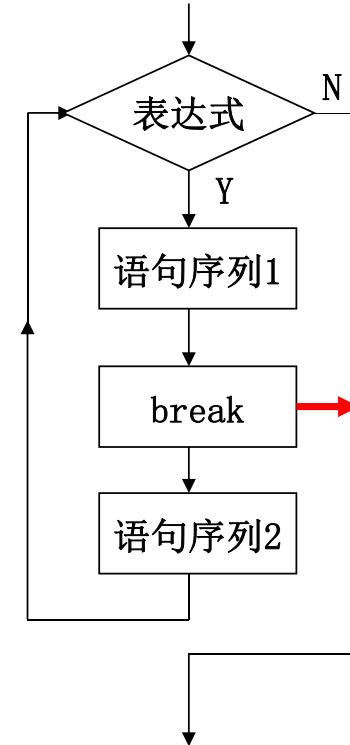
例：i从1开始累加，加到10000为止，打印出i及累加的和

```
int main()
{
    int i, sum;
    for(i=1, sum=0; sum<=10000; i++)
        sum=sum+i;
    i--;
    printf("i=%d sum=%d", i, sum);
    return 0;
}
```

```
for(i=1, sum=0;; i++) {
    sum=sum+i;
    if (sum>10000)
        break;
}
//不需要i--, 为什么?
```

```
int main()
{
    int i=1, sum=0;
    while(sum<=10000)
        sum+=i++;
    i--;
    printf("i=%d sum=%d", i, sum);
    return 0;
}
```

```
while(1) {
    sum=sum+i++;
    if (sum>10000)
        break;
}
i--;
```



按程序执行逻辑逐步
分析，注意细节!!!



§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

3.8.6. 改变循环控制的语句

3.8.6.1. break语句（前面switch/case中用过）

作用：提前结束循环体的循环

★ 无条件结束循环体，因此必须和if/else语句一起使用才能体现实际的意义

★ 当多重循环嵌套时，break仅跳出本循环

```
for(.....) {  
    while(.....) {  
        .....  
        break;  
        .....  
    }  
    .....  
}
```

★ 若出现循环和switch语句的嵌套，则break的位置决定了跳转的位置

```
for(...) {  
    switch(...) {  
        case ...:  
            ...  
            break;  
        ...  
    }  
    ...  
}
```

```
switch(...) {  
    case ...:  
        for(...) {  
            ...  
            break;  
        }  
    ...  
    break;  
    case ...  
}
```



§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

3.8.6. 改变循环控制的语句

3.8.6.1. break语句

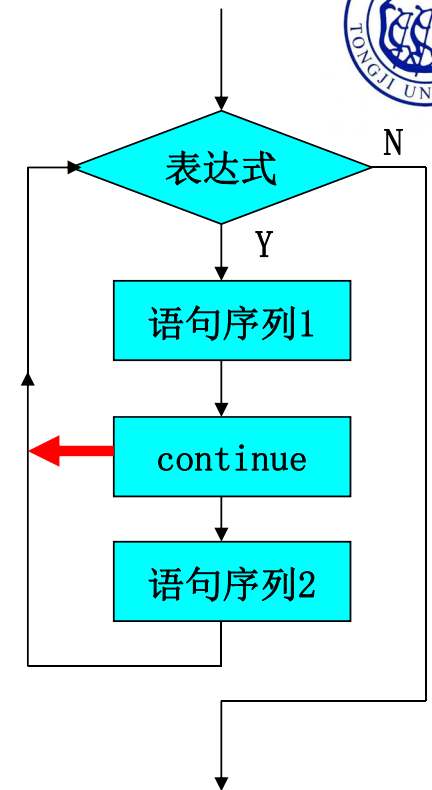
3.8.6.2. continue语句

作用：结束本次循环，进行下一次是否执行循环的判断

- ★ 无条件结束本次循环，因此必须和if/else语句一起使用才能体现实际的意义
- ★ 若出现循环和switch语句的嵌套，则continue只对循环体有效
- ★ for语句中若出现continue，则先执行表达式3，再去判断表达式2是否应该继续执行

```
switch(...) {  
    case ...:  
        for(...) {  
            ...  
            continue;  
        }  
        ...  
        break;  
    case ...  
}
```

```
for(...) {  
    switch(...) {  
        case ...:  
            ...  
            continue;  
        ...  
    }  
    ...  
}
```



例：打印1-1000内7的倍数

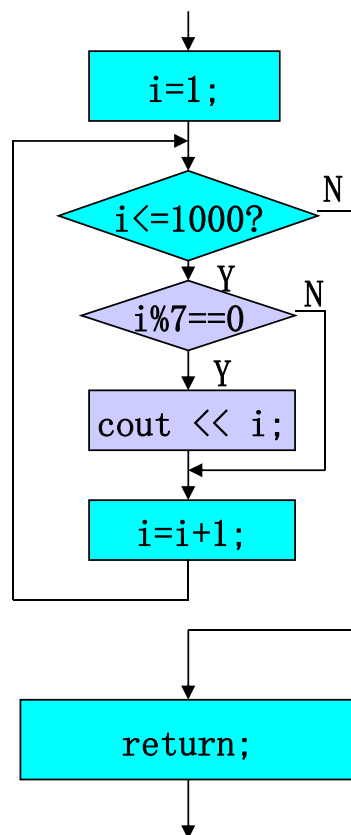


```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main()
{
    int i=1;

    while(i<=1000) {
        if (i%7==0)
            cout << i << ' ';
        i++;
    }

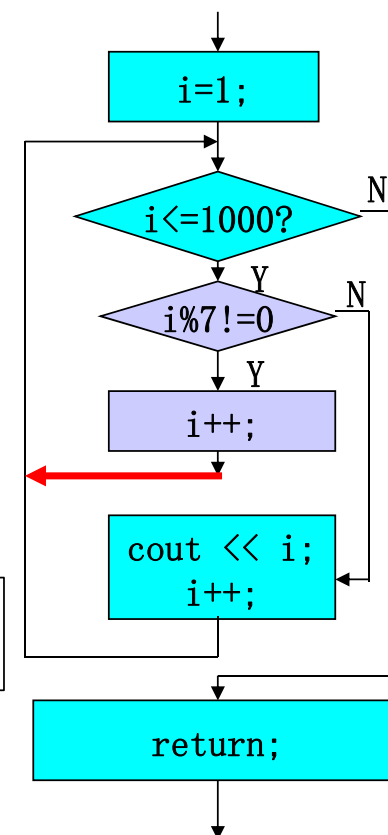
    return 0;
}
```



```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main()
{
    int i=1;
    while(i<=1000) {
        if (i%7!=0) {
            i++;
            continue;
        }
        cout << i << ' ';
        i++;
    }
    return 0;
}
```

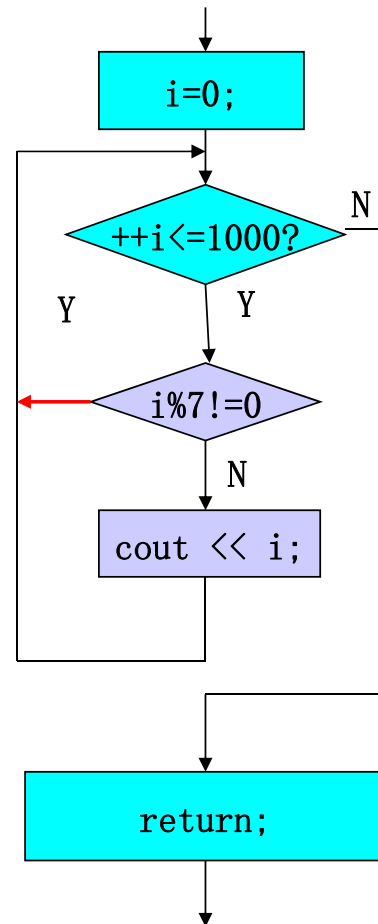
仅为了举例continue的使用，逻辑复杂，不建议



例：打印1-1000内7的倍数

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int i=0;
    while(++i<=1000) {
        if (i%7!=0)
            continue;
        cout <<i << ' ';
    }
    return 0;
}
```



```
#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    int i;
    for(i=1;i<=1000;i++) {
        if (i%7!=0)
            continue;
        cout << i << ' ';
    }
    return 0;
}
```





§ 3. 结构化程序设计基础

3.8.6. 改变循环控制的语句

3.8.6.3. break和continue的比较

```
while(表达式1) {  
    语句序列1;  
    break/continue;  
    语句序列2;  
}
```

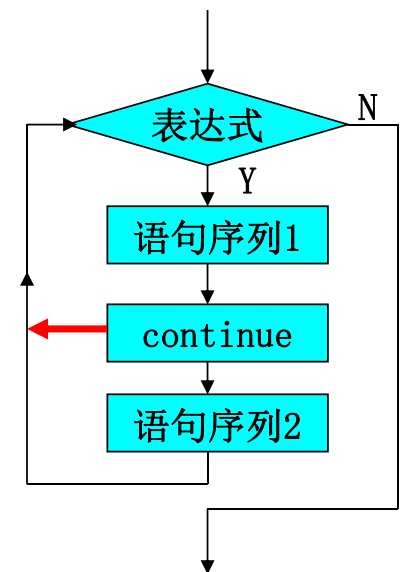
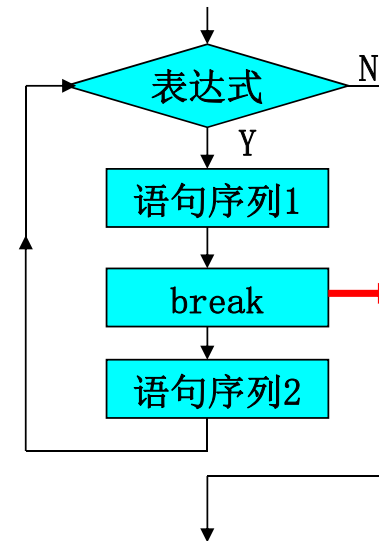
例：给出下列程序的运行结果

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
  
int main()  
{  
    int i=0, sum=0;  
    while(i<1000) {  
        i++;  
        break;  
        sum=sum+i;  
    }  
    cout << "i=" << i  
        << " sum=" << sum;  
        << endl;  
    return 0;  
}
```

?

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
  
int main()  
{  
    int i=0, sum=0;  
    while(i<1000) {  
        i++;  
        continue;  
        sum=sum+i;  
    }  
    cout << "i=" << i  
        << " sum=" << sum;  
        << endl;  
    return 0;  
}
```

?





§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

3.8.7. 编写循环结构的程序

例：用公式 $\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \dots$ 求 π 值(到最后一项绝对值 $<10^{-7}$ 为止)

```
#include <cmath> //所有数学类函数对应的头文件
```

$$\frac{1}{1} + \frac{-1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{-1}{7}$$

//核心算法

```
while(fabs(t) > 1e-7) {  
    pi = pi + t;    //pi为累加和  
    n = n + 2;      //n为分母  
    s = -s;         //分子在正负1间变化  
    t = s/n;        //每项的值  
}
```



```
#include <iostream>
#include <iomanip>    //格式输出
#include <cmath>     //fabs
#include <windows.h> //取系统时间
using namespace std;
```

```
int main()
{   int s=1;
    double n=1, t=1, pi=0;
    LARGE_INTEGER tick, begin, end;
    QueryPerformanceFrequency(&tick);    //取计数器频率
    QueryPerformanceCounter(&begin);      //取初始硬件定时器计数
    while(fabs(t) > 1e-6) {
        pi=pi+t;
        n=n+2;
        s=-s;
        t=s/n;
    }

    QueryPerformanceCounter(&end); //获得终止硬件定时器计数
    /* 执行到此，打印pi的值 */
    pi=pi*4;
    cout << "n=" << setprecision(10) << n << endl;
    cout<<"pi="<<setiosflags(ios::fixed)<<setprecision(9)<<pi<< endl;

    cout << "计数器频率: " << tick.QuadPart << "Hz" << endl;
    cout << "时钟计数  : " << end.QuadPart - begin.QuadPart << endl;
    cout << setprecision(6) << (end.QuadPart - begin.QuadPart)/double(tick.QuadPart) << "秒" <<endl;
    return 0;
}
```

调整两处蓝色箭头处的值，
对比不同精度的执行时间

(1) n, t, pi为double型

精度为1e-6: pi=	n=	时间=
1e-7: pi=	n=	时间=
1e-8: pi=	n=	时间=
1e-9: pi=	n=	时间=

(2) n, t, pi为float型

精度为1e-6: pi=	n=	时间=
1e-7: pi=	n=	时间=
1e-8: 为什么无结果?		



§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

3.8.7. 编写循环结构的程序

例：求 Fibonacci 数列的前40项

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main()
{
    int i, f1=1, f2=1;    //初值

    for(i=1; i<=20; i++) { //每次2数，20次=40个
        cout << setw(12) << f1 << setw(12) << f2;
        if (i%2==0)
            cout << endl; //每2次(4个)加换行

        f1 = f1 + f2;    //f1为第3/5/7/...个月
        f2 = f1 + f2;    //f2为第4/6/8/...个月
    }

    return 0;
}
```

本程序的不足之处：无法回溯
(当f1表示第7个月后，第5个月的值无法再现)



§ 3. 结构化程序设计基础

3.8. 循环结构和循环语句

3.8.7. 编写循环结构的程序

例：找出100-200间的全部素数

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int main()
{
    int m, k, i, line=0;
    bool prime;

    for(m=101; m<=200; m+=2) { //偶数没必要判断
        prime=true; //对每个数，先认为是素数
        k=int(sqrt(m)); //k=sqrt(m) 则VS有警告
        for(i=2; i<=k; i++)
            if (m%i==0) {
                prime=false;
                break;
            }

        if (prime) {
            cout << setw(5) << m;
            line++; //计数器，只为了加输出换行
            if (line%10==0) //每10个数输出一行
                cout<<endl;
        }
    } //end of for
    return 0;
}
```

for(i=2; prime && i<=k; i++)
if (m%i==0)
 prime=false;
//是否可以改成这种形式?

任意m%i==0就不是素数，
循环不必再继续执行
整个循环完成，m%i==0
都未满足，才认为是素数

if (prime) {
 cout << setw(5) << m;
 n=n+1;
 if (n%10==0)
 cout<<endl;
}

m=103-200，看一下两者区别，
为什么？哪个是正确的？

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int main()
{
    int m, k, i, line=0;

    for(m=101; m<=200; m+=2) {
        k=int(sqrt(m));

        for(i=2; i<=k; i++)
            if (m%i==0)
                break;

        if (i>k) {
            cout << setw(5) << m;
            line++;
            if (line%10==0)
                cout << endl;
        }
    } //end of for

    return 0;
}
```

改写：
不用逻辑变量prime，
直接用i和k的关系来判断
想清楚，为什么!!!

i循环的退出有两个可能
1、不满足i<=k(是, 且i>k)
2、满足m%i==0(否, 且i<=k)