中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

计算机程序设计

第三章　结构化程序设计

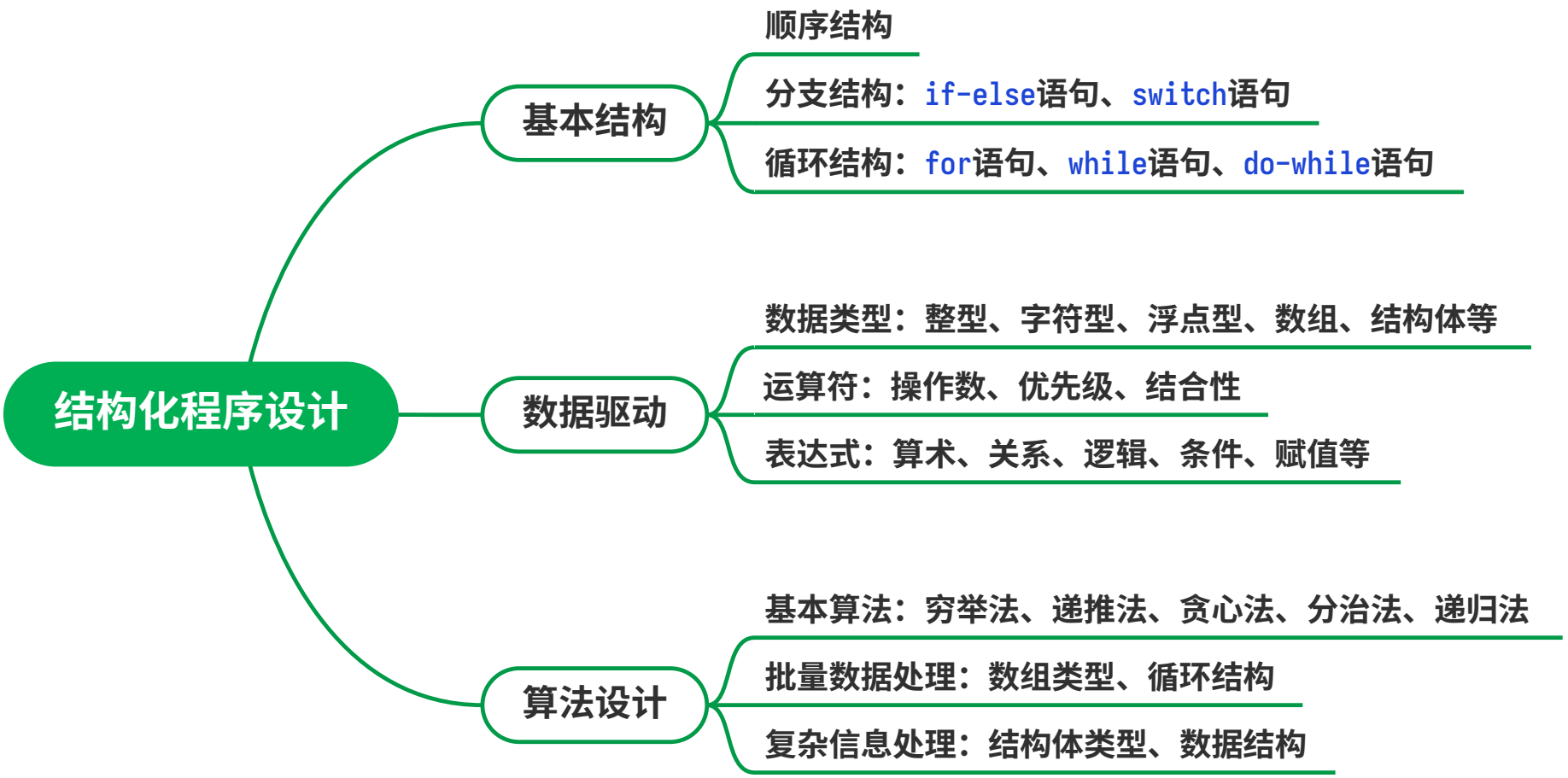
白雪飞

中国科学技术大学微电子学院

目录

引　言

引言


结构化程序设计
基本结构
顺序结构
分支结构：if-else语句、switch语句
循环结构：for语句、while语句、do-while语句
数据驱动
数据类型：整型、字符型、浮点型、数组、结构体等
运算符：操作数、优先级、结合性
表达式：算术、关系、逻辑、条件、赋值等
算法设计
基本算法：穷举法、递推法、贪心法、分治法、递归法
批量数据处理：数组类型、循环结构
复杂信息处理：结构体类型、数据结构

基本数据类型

提纲

- **整型数据**
- 浮点型数据
- 字符型数据
- 幻数与宏定义

整型数据类型

整型数据类型及长度

数据类型			数据长度（位）				
（符号）	（长度）	（整型）	C标准	Windows 16 (LP32)	Windows 32 Unix/Linux 32 (ILP32)	Windows 64 (LLP64)	Unix/Linux 64 (LP64)
[signed] unsigned	short	[int]	≥16	16	16	16	16
	/		≥16	16	32	32	32
	long		≥32	32	32	32	64
	long long (C99)		≥64	64	64	64	64

```
1 == sizeof(char) <= sizeof(short) <= sizeof(int) <= sizeof(long) <= sizeof(long long)
```

整型常量

书写格式

- 十 进 制：以非0数字起始的十进制数
- 八 进 制：以数字0起始的八进制数
- 十六进制：以0x或0X起始的十六进制数，字母不区分大小写
- 整型常量不包含正负号，所以没有负的整型常量
- 举例：123，0123，0x123，0xA71C

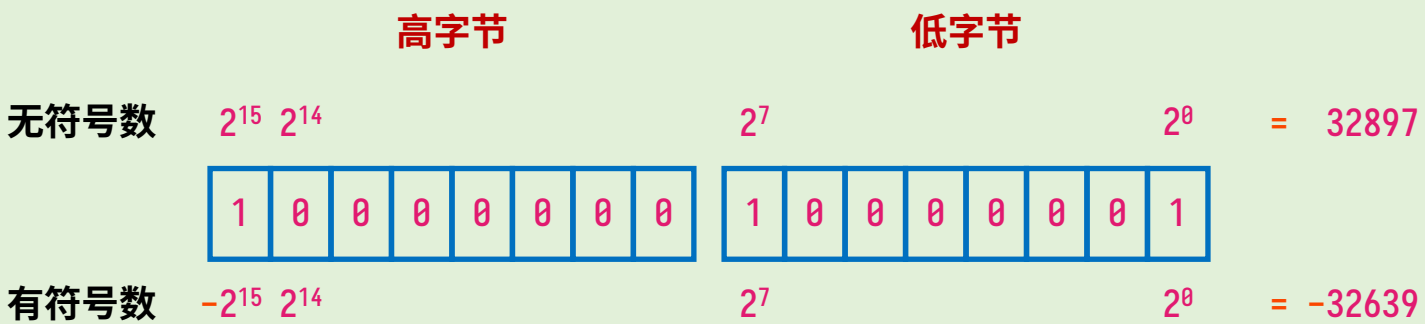
数据类型

- 隐含类型：编译器自动选择无后缀整型常量的类型
- 类型后缀：
  - 无符号数 (unsigned)：u或U
  - 长 整 型 (long)　　：l或L
  - 双长整型 (long long)：ll或LL (C99)
- 举例：123u，123L，123ul，123lu，123LL，0xFull

整型数据编码和溢出

编码格式和取值范围

- 无符号数：二进制编码，取值范围 $[0, 2^N-1]$
- 有符号数：二进制补码，取值范围 $[-2^{N-1}, 2^{N-1}-1]$



溢出 (Overflow)

- 数值超出数据类型所能表示的取值范围
- 溢出会造成数据丢失或数值改变
- 应选择适当的数据类型，确保数据的值不超出取值范围

整型数据溢出举例

■ 例3.1-1：整型数据的溢出。

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    short a = 32767;

    printf("short类型的长度是%d\n", (int)sizeof(short));
    a = a + 3;
    printf("a的值是%d", a);

    return 0;
}
```

程序解析：

1 sizeof运算符的操作数可以是数据对象或数据类型，用于计算操作数的字节数；

2 sizeof运算符返回的字节数为无符号整型，使用强制类型转换运算符(int)获得int型数据用于输出；

3 16位short类型数据表达范围的最大值为$2^{15}-1=32767$，a的初值已达该最大值，增加3将发生溢出。

结果分析：

```
  0 1 1 1  1 1 1 1  1 1 1 1  1 1 1 1   ( 32767)
+ 0 0 0 0  0 0 0 0  0 0 0 0  0 0 1 1   (+    3)
  1 0 0 0  0 0 0 0  0 0 0 0  0 0 1 0   (-32766)
```

运行结果：

```
short类型的长度是2
a的值是-32766
```

整型数据应用举例

■ 例3.1-2：根据成绩提示是否通过考试。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int i;                      // 数据个数小于int类型最大值
    int score;                  // 成绩取值为[0,100]内的整数

    for (i=0; i<8; i++) {       // 循环8次处理数据
        scanf("%d", &score);    // 输入整数形式的考试成绩
        if (score >= 60)
            printf("恭喜你，通过考试！\n");
        else
            printf("别灰心，明年再来！\n");
    }

    return 0;
}
```

运行结果：

```
90↵
恭喜你，通过考试！
85↵
恭喜你，通过考试！
35↵
别灰心，明年再来！
60↵
恭喜你，通过考试！
78↵
恭喜你，通过考试！
55↵
别灰心，明年再来！
75↵
恭喜你，通过考试！
95↵
恭喜你，通过考试！
```

提纲

- 整型数据
- **浮点型数据**
- 字符型数据
- 幻数与宏定义

浮点型数据类型

浮点型数据类型及取值范围

数据类型	数据长度（位）	阶码长度（位）	尾数长度（位）	十进制有效数字长度	格式	正规数绝对值取值范围
float	32	8	23	7.22	IEEE 754	~1.2×10^{-38}—3.4×10^{38}
double	64	11	52	15.95	IEEE 754	~2.2×10^{-308}—1.8×10^{308}
long double	80	15	64	19.27	x86 Extended	~3.4×10^{-4932}—1.2×10^{4932}
	128	15	112	34.02	IEEE 754	~3.4×10^{-4932}—1.2×10^{4932}

浮点型常量

书写格式

- 一般形式：整数部分.小数部分 指数部分
- 指数部分以E或e和整数数字表示，代表乘以10的整数次幂
- 指数部分和小数点不能同时省略
- 整数部分和小数部分不能同时省略
- 浮点型常量有效数字部分不包含正负号，所以没有负的浮点型常量
- 举例：32.4，7.0，0.7，15.2E8，1e-6，.9e+4，0.，.0

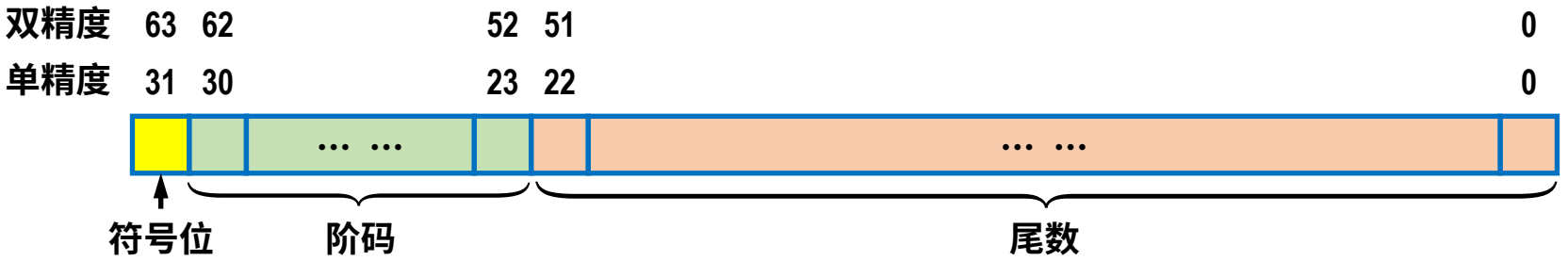
数据类型

- 隐含类型：无后缀浮点型常量为double类型
- 类型后缀
  - 单精度浮点型(float)　　：f或F
  - 长双精度浮点型(long double)：l或L
- 举例：4.23f，0.1F，76.53L，67E-12L

浮点型数据编码和误差

编码格式

- IEEE Std 754：二进制浮点数算术标准



误差 (Error)

- 浮点数取值范围大，基本没有溢出问题
- 浮点数无法精确表示数据
- 浮点数的误差来源
  - 小数部分由十进制转换为二进制无限小数，从而产生的截断误差
  - 长度有限的尾数导致有效数字位数有限，进而产生的数据表示误差

浮点数误差举例

■ 例3.1-3：浮点数的误差和相等比较。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    float  x1=0.1;
    double x2=0.1;

    if (x1 == x2)
        printf("x1与x2相等\n");     // 这是无误差的理想情况
    else
        printf("x1与x2不相等\n");   // 这是有误差的现实情况

    printf("x1=%.15f\nx2=%.15f\n", x1, x2);

    return 0;
}
```

程序解析：

1 十进制数0.1无法转换为有限长度的二进制数，float和double类型的有效数字位数不同，变量x1和x2中保存的二进制表示形式也不同，存在不同的误差；

2 比较x1和x2是否相等时，因为二者实际保存的二进制数并不相等，因此比较结果为“假”。

运行结果：

```
x1与x2不相等
x1=0.100000001490116
x2=0.100000000000000
```

结果分析：

x1 0011 1101 1100 1100 1100 1100 1100 1101

x2 0011 1111 1011 1001 1001 1001 1001 1001 1001 1001 1001 1001 1001 1001 1001 1010

浮点数误差举例

■ 例3.1-3：浮点数的误差和相等比较。

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main()
{
    float  x1=0.1;
    double x2=0.1;

    if (fabs(x1-x2) < 1e-6)          // 设置合理的误差上限
        printf("x1与x2相等\n");      // 差值低于上限则相等
    else
        printf("x1与x2不相等\n");    // 差值达到上限则不相等

    printf("x1-x2=%e\n", fabs(x1-x2));

    return 0;
}
```

程序解析：

1 由于浮点型数据存在误差，因此，比较两个浮点数是否相等时的常用方法是，判断二者差值的绝对值是否小于某个合理的上限；

2 函数fabs()可以获得double型参数的绝对值，该函数的声明在头文件math.h中；

3 当程序中需要使用数学库函数时，应使用#include预处理命令包含头文件math.h。

运行结果：

```
x1与x2相等
x1-x2=1.490116e-009
```

提纲

- 整型数据
- 浮点型数据
- **字符型数据**
- 幻数与宏定义

字符型数据类型

字符型数据类型及取值范围

数据类型	符号	数据长度（位）	取值范围
signed char	有	8	[-128, 127]
unsigned char	无	8	[0, 255]
char	实现为signed char或unsigned char		

■ 字符型数据的表示与使用

- ■ 字符型数据实质上是长度为一个字节的整数
- ■ 当以字符格式(%c)进行输入输出时，字符型数据通过ASCII编码映射到字符
- ■ 其他情况下，字符型数据可以与整型数据类似进行运算和输入输出(%d，%u)

字符常量和字符串常量

字符常量的书写格式

- 一对单引号括起来的一个字符或以反斜杠起始的转义序列
- 举例：`'a'`, `'A'`, `'0'`, `' '`, `'#'`, `'\n'`, `'\x3F'`

字符常量的值与数据类型

- 字符常量的值为字符的ASCII值
- 字符常量的数据类型为`int`类型

字符串常量的书写格式

- 一对双引号括起来的字符序列，可以包括零个、一个或多个字符
- 字符串常量的数据类型为字符数组
- 举例：`"abc"`, `"a"`, `""`, `" "`, `"我"`, `"12.4"`, `"$#*!"`, `"C:\\HOME"`

转义字符

转义字符	ASCII值	功　　能
\a	0x07, 7	响铃
\b	0x08, 8	退格符，打印位置向左移一列
\f	0x0C, 12	换页符，打印位置移到下一页的开头
\n	0x0A, 10	换行符，打印位置移到下一行的开头
\r	0x0D, 13	回车符，打印位置移到当前行的开头
\t	0x09, 9	横向制表符，打印位置移到下一个横向制表位
\v	0x0B, 11	纵向制表符，打印位置移到下一个纵向制表位
\\	0x5C, 92	反斜杠字符
\?	0x3F, 63	问号字符
\'	0x27, 39	单引号字符
\"	0x22, 34	双引号字符
o, *oo*, *ooo*	0*o*, 0*oo*, 0*ooo*	1~3位八进制数，ASCII值等于该数值的字符
\x*h*, \x*hh*	0x*h*, 0x*hh*	1~2位十六进制数，ASCII值等于该数值的字符

字符型数据应用举例

■ 例3.1-4：输入5个字符并输出，其中的小写字母以大写字母形式输出。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    char c, i;

    for (i=0; i<5; i++) {
        c = getchar();                  // 输入一个字符

        if (c >= 'a' && c <= 'z')       // 判断c是否为小写字母
            putchar(c-'a'+'A');         // 求大写字母ASCII并输出
        else
            putchar(c);
    }

    return 0;
}
```

程序解析：

1. 循环变量i虽然声明为字符型，但是实际用作小整数；
2. 函数getchar()从键盘接收一个字符，并返回其ASCII值；
3. 函数putchar()将参数值作为ASCII值，并输出对应字符；
4. 表达式中的字符型变量和字符常量以其ASCII值作为整数参与关系运算和算术运算。

运行结果：

```
a2c@e↵
A2C@E
```

提纲

- 整型数据
- 浮点型数据
- 字符型数据
- **幻数与宏定义**

幻数与宏定义

- **幻数 (Magic Number)**
  - 直接书写在程序中的字面常量
  - 难以理解，难以修改
- **宏定义 (Macro Definition)**

```
#define 宏名 替换的文本串
```

  - 可以通过宏定义赋予幻数有意义的名字
  - 便于修改常量的值，仅需在宏定义中修改即可
  - 宏名遵循标识符规范，习惯上使用大写字母以便与变量区别
  - 在预处理中，宏名直接替换为宏定义中的文本串，称为宏替换
  - 当文本串为常量形式时，也称为符号常量
  - 文本串可以是任意内容，都将在宏替换时直接替换

```
#define WEIGHT 80      // 体重值，可根据需要在此修改
#define HEIGHT 1.85    // 身高值，可根据需要在此修改
```

宏定义举例

■ 例3.1-5：使用符号常量表示身高和体重，并计算BMI。

```
#include <stdio.h>

#define WEIGHT 80     //体重值，可在此修改
#define HEIGHT 1.85   //身高值，可在此修改

int main()
{
    printf("身高%.2f，体重%d，BMI是%.2f\n",
           HEIGHT, WEIGHT, WEIGHT/HEIGHT/HEIGHT);
    return 0;
}
```

预处理 ⇒ `1.85, 80, 80/1.85/1.85`

运行结果：

身高1.85，体重80，BMI是23.37

程序解析：

1 #include和#define等以#开头的行称为预处理命令，预处理过程在编译之前进行；

2 在预处理过程中将进行宏替换，例如，WEIGHT/HEIGHT/HEIGHT将被替换为80/1.85/1.85，在此过程中，宏定义中的文本串被视为一串字符，而不被视为数字，因此也不会进行C语言的语法检查；

3 若宏替换后的语句有语法错误，则将在预处理之后的编译过程中进行报告提示。

宏定义举例

■ 例3.1-6：宏展开举例。

```
#include <stdio.h>

#define N a==2) printf("a=%d\n", a);
#define b 2;

int main()
{
    int a=b
    if (N
    return 0;
}
```

预处理

```
//
// #include <stdio.h>经过预处理后的
// 内容较多，在此不再展示
//

int main()
{
    int a=2;
    if (a==2) printf("a=%d\n", a);
    return 0;
}
```

运行结果：

a=2

注意：

强烈不建议如此滥用宏定义！！！

表达式与运算规则

提纲

- 运算符简介
- 常用表达式
- 隐式类型转换规则
- 表达式的运算次序

运算符 (Operator)

类别	运算符
算术运算符	+ - * / % ++ -- + - ++ --
关系运算符	< <= > >= == !=
逻辑运算符	&& || !
位运算符	<< >> ~ & ^ |
赋值运算符	= += -= *= /= %= <<= >>= &= ^= |=
条件运算符	?:
逗号运算符	,
指针运算符	* &
求类型字节数运算符	sizeof
强制类型转换运算符	(类型)
成员访问运算符	. ->
下标运算符	[]
其他运算符	()

运算符的属性

- **操作数 (Operand)**
  - 操作数的数量：一元（单目）、二元（双目）、三元（三目）
  - 操作数的类型：部分运算符对操作数的类型有特定要求
  - 操作数的存储特性：部分运算符要求操作数为左值
- **优先级 (Precedence)**
  - 优先级决定运算符的运算次序
  - 必要时可以使用()提升优先级
- **结合性 (Associativity)**
  - 结合性决定优先级相同的运算符的运算次序
  - 必要时可以使用()改变结合关系
- **副作用 (Side Effect)**
  - 自增、自减、赋值等运算符，在对表达式求值的同时会修改操作数的值

左值 (Lvalue)

左值表达式

- 一类特殊的表达式，是对某些具有存储空间的对象的引用
- 得名于赋值运算符的左操作数，但并非都处于运算符左边
- 用()括起来的左值表达式仍然是左值表达式
- 例如，变量、数组元素等

左值的使用语境

- 赋值运算符=及复合赋值运算符+=等的左操作数
- 自增++、自减--运算符的操作数
- 取地址运算符&的操作数
- 成员访问运算符.的左操作数

提纲

- 运算符简介
- **常用表达式**
- 隐式类型转换规则
- 表达式的运算次序

算术运算符

优先级	运算符	描述	举例	操作数	结合性
1	++	后缀自增	a++	一元	左结合
	--	后缀自减	a--		
2	++	前缀自增	++a		右结合
	--	前缀自减	--a		
	+	正号	+a		
	-	负号	-a		
3	*	乘法	a * b	二元	左结合
	/	除法	a / b		
	%	求余	a % b		
4	+	加法	a + b		
	-	减法	a - b		

算术表达式

整数除法

- 除法运算符/的两个操作数都是整数时，运算结果也是整数
- 整数除法的运算结果不含小数部分，也不会进行舍入
  - 例如，2/3的值为0
- 若需要得到带有小数部分的商，应使至少一个操作数为浮点型
  - 例如，2.0/3, 2/3.0, (double)x/y
- 若有负操作数，则商的截取方向取决于具体实现

求余运算

- 求余运算符%的两个操作数都必须是整数
- 整数除法和求余运算结果应满足：(a/b)*b+a%b == a

自增和自减运算

■ 求值规则

```
expr++, expr--     // 后缀形式
++expr, --expr     // 前缀形式
```

- 操作数必须是整数类型、浮点型等数据类型的左值
- 副作用：操作数的值增加或减少1
- 后缀形式：表达式expr++和expr--的值是操作数加1或减1前的原值
- 前缀形式：表达式++expr和--expr的值是操作数加1或减1后的新值

```
int i=3, j, a, b=1, c=2;
j = ++i;           // i==4, (++i)==4, j==4
j = i++;           // i==5, (i++)==4, j==4
j = -i++;          // -(i++), i==6, (i++)==5, j==-5
j = i++*2;         // (i++)*2, i==7, (i++)==6, j==12
a = (b+c)++;       // 错误！操作数(b+c)不是左值
a = 34++;          // 错误！操作数34不是左值
j = ++i++;         // 错误！++(i++), 操作数(i++)不是左值
```

赋值运算符

优先级	运算符	描述	举例	等价于	操作数	结合性
14	=	基本赋值	a = b		二元	右结合
	+=	加法赋值	a += b	a = a + b		
	-=	减法赋值	a -= b	a = a - b		
	*=	乘法赋值	a *= b	a = a * b		
	/=	除法赋值	a /= b	a = a / b		
	%=	求余赋值	a %= b	a = a % b		
	&=	按位与赋值	a &= b	a = a & b		
	|=	按位或赋值	a |= b	a = a | b		
	^=	按位异或赋值	a ^= b	a = a ^ b		
	<<=	按位左移赋值	a <<= b	a = a << b		
	>>=	按位右移赋值	a >>= b	a = a >> b		

赋值表达式

基本赋值运算

- 将右操作数的值赋给左操作数
- 左操作数必须是左值
- 左右操作数类型不同时，先将右操作数的值隐式转换为左操作数类型再赋值
- 赋值表达式的值是赋值后左操作数的值，即所赋之值
- 副作用：左操作数的值发生改变

复合赋值运算

- 基本赋值运算与二元算术运算、二元位运算的结合
- 复合赋值运算符的优先级与基本赋值运算符相同

```
i += 2;              ⇔    i = i + 2;
a[i*j+b] += c[j];    ⇔    a[i*j+b] = a[i*j+b] + c[j];
x *= y + 1;          ⇔    x = x * (y + 1);
```

关系与逻辑运算符

优先级	运算符	描述	举例	操作数	结合性
2	!	逻辑非	!a	一元	右结合
6	<	小于关系	a < b	二元	左结合
	<=	小于等于关系	a <= b		
	>	大于关系	a > b		
	>=	大于等于关系	a >= b		
7	==	相等关系	a == b		
	!=	不等关系	a != b		
11	&&	逻辑与	a && b		
12	||	逻辑或	a || b		

关系与逻辑表达式

关系表达式

- 关系表达式的值是以1和0表示的逻辑值，1—“真”，0—“假”
- 注意区分相等关系运算符==和赋值运算符=

逻辑表达式

- 逻辑表达式的值是以1和0表示的逻辑值，1—“真”，0—“假”
- 若将操作数的值用作逻辑值，非零⇒“真”，零⇒“假”
- 在a&&b中，若a为“假”，则不再判断b
- 在a||b中，若a为“真”，则不再判断b

```
leap = (y%4==0&&y%100!=0)||(y%400==0);   // 判断是否闰年
f = a>b>c;                               // f = (a>b)>c;
z = (m=a>b)&&(n=c>d);                    // n是否被赋值，取决于a>b是否为“真”
```

```
if (!a) ...    ⇔    if (a==0) ...      // !a与a==0的逻辑值等价
if (a)  ...    ⇔    if (a!=0) ...      // a与a!=0的逻辑值等价
```

条件运算符和条件表达式

■ 条件运算符

优先级	运算符	描述	举例	操作数	结合性
13	?:	条件运算	a ? b : c	三元	右结合

■ 条件表达式

```
expr1 ? expr2 : expr3
```

- 先计算expr1的值
- 若expr1的值非零（“真”），则计算expr2的值，并作为条件表达式的值
- 若expr1的值为零（“假”），则计算expr3的值，并作为条件表达式的值
- 用于简单的选择结构，使代码更加紧凑、简洁

```
z = (a > b) ? a : b;                              // 求a和b的最大值，并存入z
ch = (ch>='A' && ch<='Z') ? (ch+32) : ch;         // 将大写字母转为小写字母
for (i=0; i<n; i++)                               // 输出数组元素，每10个元素一行
    printf("%6d%c", a[i], (i%10==9 || i==n-1) ? '\n' : ' ');
```

逗号运算符和逗号表达式

■ 逗号运算符

优先级	运算符	描述	举例	操作数	结合性
15	,	逗号运算	a, b	二元	左结合

■ 逗号表达式

```
expr1, expr2
```

- 先计算expr1的值，再计算expr2的值，并将expr2的值作为逗号表达式的值
- 用于将多个表达式合并为一个表达式

```
temp = a, a = b, b = temp;          // 一条表达式语句，交换变量a和b的值
for (fact=1.0, i=1; i<=n; ++i)      // 一个逗号表达式，初始化两个变量fact和i
    fact *= i;                      // 求n的阶乘
```

求类型字节数运算符

■ 求类型字节数运算符

优先级	运算符	描述	举例	操作数	结合性
2	sizeof	求类型字节数	sizeof (int) sizeof expr	一元	右结合

■ 求值规则

- 操作数可以是数据类型或数据对象
- 若操作数是数据类型，则返回该数据类型的字节数
- 若操作数是数据对象，则判断数据对象的类型，并返回该数据类型的字节数
- 若数据对象是表达式，则不对表达式求值，仅判断表达式类型
- 运算结果是无符号整型数据

强制类型转换运算符

强制类型转换运算符

优先级	运算符	描述	举例	操作数	结合性
2	(类型)	强制类型转换	(int) b	一元	右结合

求值规则

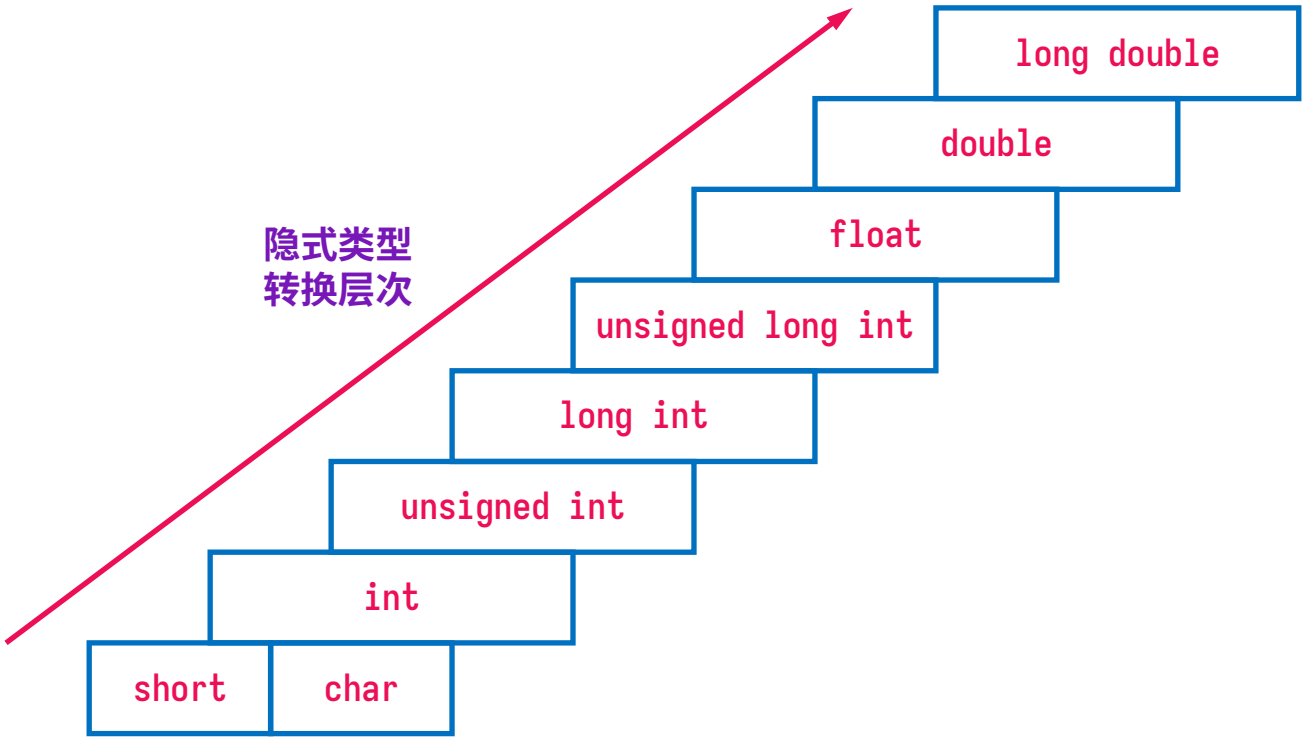
- 将操作数的值转换成指定数据类型的运算结果
- 操作数自身的数据类型和值不会发生变化
- 多用于隐式类型转换不能满足要求的情况

```
float x=2.8, y=3.7, z;
int   a, b, c, d=5, e=2;
a = (int)x+y;                    // a=5, 2+3.7 => 5
b = (int)(x+y);                  // b=6, (int)(6.5) => 6
c = (int)x;
printf("x=%f, c=%d\n", x, c);    // x=2.800000, c=2
z = (float)d/e;                  // z=2.5, 5.0/2 => 2.5
```

提纲

- 运算符简介
- 常用表达式
- **隐式类型转换规则**
- 表达式的运算次序

隐式类型转换规则



算术类型的隐式类型转换规则

隐式类型转换举例

■ 例3.2-a：隐式类型转换问题举例。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    float a = 0.1;

    printf("%.15f", a-0.1);

    return 0;
}
```

运行结果：

```
0.000000001490116
```

程序解析：

1 当float类型的变量a和double类型的常量0.1进行算术运算时，按照隐式类型转换规则，应先将a的值转换为double类型数据，然而float类型与double类型相比，其有效数字更少，误差更大，无法转换为以double类型精度表达的0.1；

2 由于float和double类型存储误差的不同，表达式a-0.1的运算结果不是0.0，而是体现出两种数据类型在表达0.1时的差异。

隐式类型转换举例

■ 例3.2-1：隐式类型转换问题举例。

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    unsigned uint = 0;
    int      i = -1;

    if (i < uint)
        printf("-1当然小于0");
    else
        printf("-1并不小于0");

    return 0;
}
```

程序解析：

1 变量uint的数据类型unsigned是unsigned int的简写，即无符号整型；

2 当unsigned类型的变量unit和int类型的变量i进行关系运算时，按照隐式类型转换规则，先将i的值转换为一个unsigned类型数据，而-1的补码是所有位全为1的二进制数，将转换得到一个很大的无符号数，因此i<uint的关系运算结果为“假”；

3 类型转换将操作数的值转换得到一个目标类型的数据，并用于运算求值，而不会改变操作数本身的数据类型。

运行结果：

-1并不小于0

结果分析：

uint	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
i	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111

提纲

- 运算符简介
- 常用表达式
- 隐式类型转换规则
- **表达式的运算次序**

运算符的优先级和结合性

优先级	运算符	类别	操作数	结合性
1	++ -- () [] . ->			左结合
2	++ -- + - ! ~ (类型) * & sizeof		一元	右结合
3	* / %	算术运算符	二元	左结合
4	+ -			
5	<< >>	位运算符		
6	< <= > >=	关系运算符		
7	== !=			
8	&	位运算符		
9	^			
10	|			
11	&&	逻辑运算符		
12	||			
13	?:	条件运算符	三元	右结合
14	= += -= *= /= %= <<= >>= &= ^= |=	赋值运算符	二元	
15	,	逗号运算符		左结合

优先级与结合性举例

■ 例3.2-2：验证运算符的优先级与结合性。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a;

    printf("%d\n", 3>2);
    printf("%d\n", 3>2>1);
    printf("%d\n", a=3>2>1);

    return 0;
}
```

程序解析：

1. 关系表达式的值以1表示“真”；
2. 按照关系运算符的结合性和求值规则分步计算，3>2的值为1，(3>2)>1的值为0；
3. 赋值表达式的值即为所赋之值。

运行结果：

```
1
0
0
```

■ 例3.2-b：连续输入字符并存入数组中，直至遇到回车或数组已满。

```c
    char s[20], c;

    for (i=0; (i<20) && ((c=getchar()) != '\n'); ++i)
        s[i] = c;
```

程序解析：

1. 适当使用()明确运算次序，有助于使代码条理清晰，减少运算次序、数据类型等方面的错误。

控制语句与基本算法

提纲

- C语言程序语句
- 分支语句
- 循环语句
- 中断与跳转语句
- 基本算法

语句 (Statement)

- **表达式语句**
  - 表达式后跟随一个分号;
  - 表达式缺省时，称为空语句
  - 函数调用也是表达式的一种，函数调用后跟随分号也是表达式语句
- **复合语句**
  - 以{}括起来的声明与语句序列
  - 复合语句可用于任何需要单个语句的场合
  - 表示复合语句结束的}后不需要加分号，若有分号，则是另一条空语句
- **控制语句**
  - 分支语句（选择语句）：if-else语句、switch语句
  - 循环语句：for语句、while语句、do-while语句
  - 中断和跳转语句：break语句、continue语句、goto语句、return语句

语句类型举例

■ 例3.3-a：语句类型举例。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{                                   // 函数体复合语句开始
    char c, i;                      // 变量的声明，不属于语句

    for (i=0; i<5; i++);            // 循环控制语句：for语句，其循环体为空语句
    {                               // 复合语句开始，不是for语句的循环体
        c = getchar();              // 赋值语句，表达式语句的一种
        putchar(c-'a'+'A');         // 函数调用语句，表达式语句的一种
    }                               // 复合语句结束，结尾不需要加分号

    return 0;                       // 跳转控制语句：return语句，用于函数调用结束返回
}                                   // 函数体复合语句结束
```

提纲

- C语言程序语句
- **分支语句**
- 循环语句
- 中断与跳转语句
- 基本算法

if-else语句

一般形式

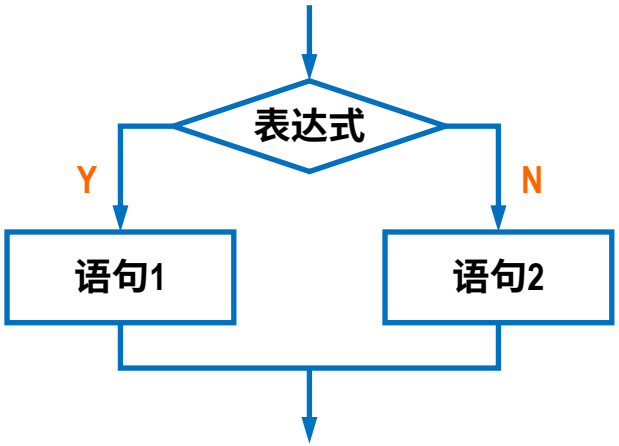
```
if (表达式)
    语句1
else
    语句2
```

省略else部分的形式

```
if (表达式)
    语句1
```

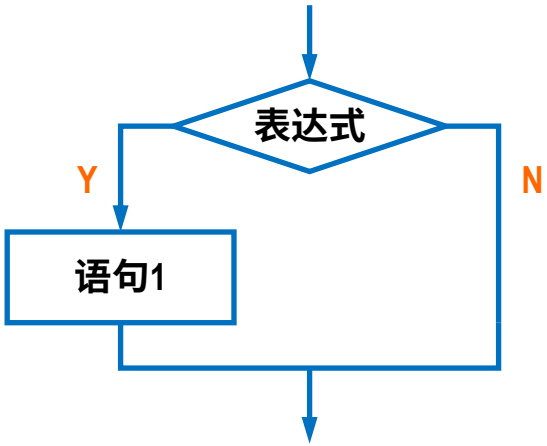
说明

- 二分支语句
- 可通过嵌套实现复杂的选择逻辑



说明

- 表达式为“假”时无任何操作
- 等价于语句2为空语句



if-else语句举例

■ 例3.3-1：输入三个整数并求其最大值。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int num1, num2, num3, max;

    printf("请输入三个整数: ");
    scanf("%d%d%d", &num1, &num2, &num3);

    if (num1 > num2)  // 求num1和num2的最大值，并存入max
        max = num1;
    else
        max = num2;

    if (num3 > max)   // 求num3和max的最大值，并存入max
        max = num3;

    printf("最大值为: %d\n", max);

    return 0;
}
```

程序解析：

1 格式化输入多个除字符型(%c)以外的数据时，如果没有指定分隔字符，则使用空白字符分隔，包括空格、换行符、制表符；

2 分支比较简单的if-else语句也可以使用条件表达式来实现，例如，max=(num1>num2)?num1:num2;。

3 若if语句条件为“假”时不需要任何操作，可以省略else部分。

运行结果一：

请输入三个整数：3 9 6↵
最大值为：9

运行结果二：

请输入三个整数：-3 0 8↵
最大值为：8

if-else语句举例

■ 例3.3-2：输入三个整数并按升序排列。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int num1, num2, num3, temp;

    printf("请输入三个整数: ");
    scanf("%d%d%d", &num1, &num2, &num3);

    if (num1 > num2) {
        temp = num1;
        num1 = num2;
        num2 = temp;
    }
    if (num2 > num3) {
        temp = num2; num2 = num3; num3 = temp;
    }
    if (num1 > num2) {temp = num1; num1 = num2; num2 = temp;}

    printf("按升序排列为: %d,%d,%d\n", num1, num2, num3);

    return 0;
}
```

程序解析：

1. 借助临时变量进行三次赋值，是交换两个变量值的常用方法；
2. C语言对换行等书写格式要求非常宽松，只要不会引发语法上的混淆就能够成功编译，但是仍然建议遵守良好的编程风格；
3. 格式化输出时，格式字符串中普通字符将原样输出，如逗号。

运行结果一：

请输入三个整数：3 9 6↵
按升序排列为：3,6,9

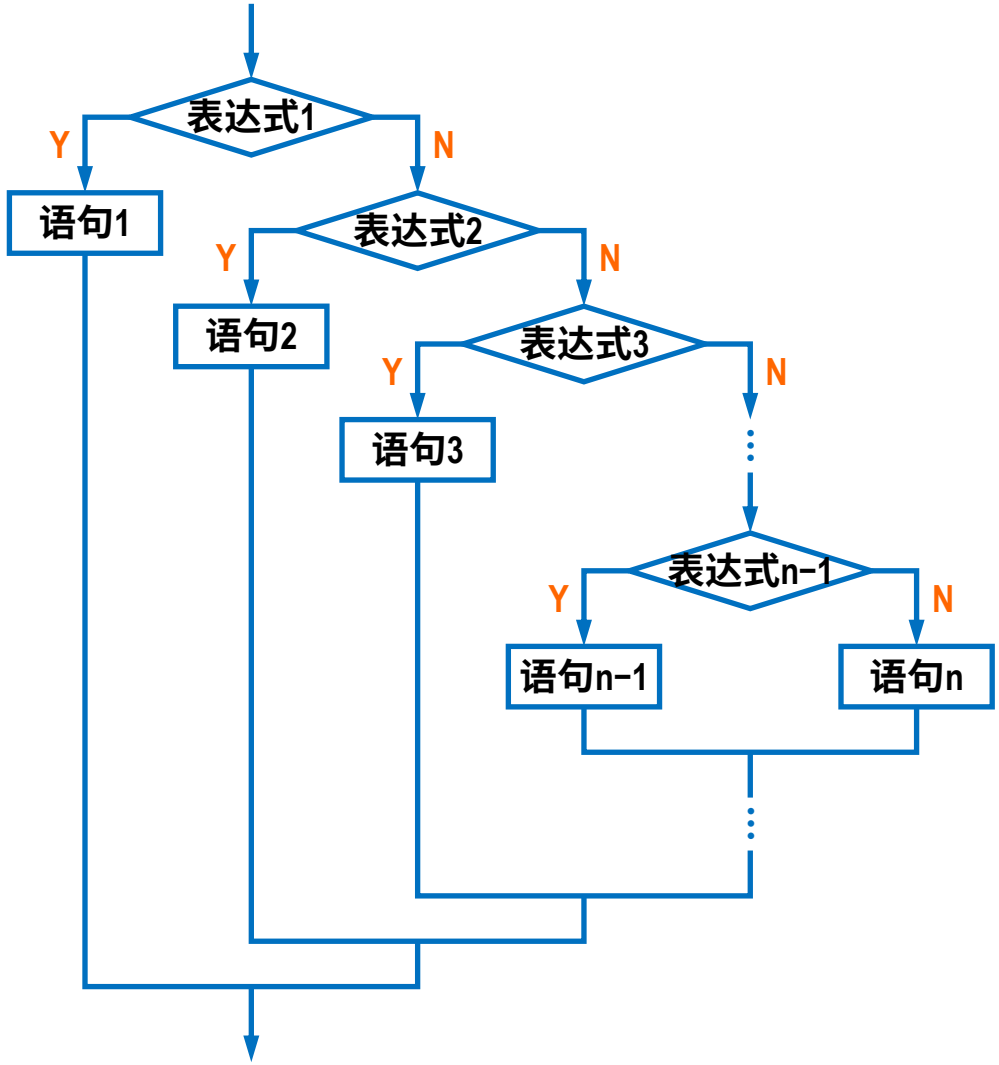
运行结果二：

请输入三个整数：8 0 -3↵
按升序排列为：-3,0,8

多重if-else语句

一般形式

```
if (表达式1)
    语句1
else if (表达式2)
    语句2
else if (表达式3)
    语句3
... ...
else if (表达式n-1)
    语句n-1
else
    语句n
```



说明

- if-else语句嵌套的特殊形式
- 最后的else部分是可选的
- 各表达式依次求值，有优先级

多重if-else语句举例

■ 例3.3-3：输入身高和体重，计算BMI并判断体型是否健康。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    float height, bmi;
    int   weight;

    printf("输入身高（米）：");
    scanf("%f", &height);
    printf("输入体重（千克）：");
    scanf("%d", &weight);
    bmi = weight / (height * height);
    printf("BMI指数为：%f\n", bmi);

    if (bmi < 18.5)
        printf("体重过轻");
    else if (bmi < 24.9)          // 18.5 ≤ bmi < 24.9
        printf("正常范围，注意保持");
    else if (bmi < 29.9)          // 24.9 ≤ bmi < 29.9
        printf("体重偏重");
    else                          // bmi ≥ 29.9
        printf("太重了！");

    return 0;
}
```

程序解析：

1 利用嵌套if-else语句中条件判断的优先顺序，可以简化条件判断表达式的书写，但不便于程序的阅读和理解。

运行结果一：

```
输入身高（米）：1.85↵
输入体重（千克）：80↵
BMI指数为：23.374725
正常范围，注意保持
```

运行结果二：

```
输入身高（米）：1.75↵
输入体重（千克）：85↵
BMI指数为：27.755102
体重偏重
```

if-else语句的嵌套

一般形式

```
if (表达式1)
    if (表达式2)
        语句1
    else
        语句2
else
    if (表达式3)
        语句3
    else
        语句4
```

说明

- if-else语句中包含if-else语句
- else部分都是可选的
- 注意if-else配对关系是否正确

if-else配对

- else总是与前面最接近的未配对if进行匹配
- 缩进不影响if-else配对关系

```
if (n > 0)
    if (a > b)
        z = a;
else
    z = b;
```

- 可使用{}明确if-else配对关系

```
if (n > 0) {
    if (a > b)
        z = a;
} else
    z = b;
```

if-else语句的嵌套举例

■ 例3.3-4：求一元二次方程 $ax^2+bx+c=0\ (a\neq 0)$ 的解。

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>                                   // 数学库函数头文件
int main()
{
    float a, b, c, disc, x1, x2, p, q;
    scanf("%f%f%f", &a, &b, &c);
    disc = b*b - 4*a*c;
    if (fabs(disc) <= 1e-6)                         // 若disc==0
        printf("x1=x2=%.2f\n", -b/(2*a));           // 输出两个相等的实根
    else {
        if (disc > 1e-6) {                          // 若disc>0
            x1 = (-b+sqrt(disc)) / (2*a);           // 求出两个不等的实根
            x2 = (-b-sqrt(disc)) / (2*a);
            printf("x1=%.2f\nx2=%.2f\n", x1, x2);
        } else {                                    // 若disc<0
            p= -b / (2*a);                          // 求出共轭复根的实部
            q= sqrt(fabs(disc)) / (2*a);            // 求出共轭复根的虚部
            printf("x1=%.2f+%.2fi\n", p, q);        // 输出共轭复根
            printf("x2=%.2f-%.2fi\n", p, q);
        }
    }
    return 0;
}
```

运行结果一：

```
4 6 3↵
x1=-0.75+0.43i
x2=-0.75-0.43i
```

运行结果二：

```
1 4 4↵
x1=x2=-2.00
```

运行结果三：

```
2 5 1↵
x1=-0.22
x2=-2.28
```

运行结果四：

```
4 3 0↵
x1=0.00
x2=-0.75
```

switch语句

一般形式

```
switch (表达式) {
    case 常量表达式1: 语句组 [break;]
    case 常量表达式2: 语句组 [break;]
    ... ...
    case 常量表达式n: 语句组 [break;]
    default:          语句组 [break;]
}
```

表达式要求

- switch后表达式必须为整数类型（整型、字符型、枚举类型）
- case后常量表达式必须为整数类型常量或常量表达式

分支入口

- 若switch后表达式与某一case后常量表达式的值相等，则跳至该case后开始执行
- 若switch后表达式与所有case后常量表达式的值都不相等，则跳至default后开始执行
- 可以没有default分支

语句出口

- 情况一：遇到break语句后跳出
- 情况二：依次执行后续所有语句直至switch语句结束

switch语句举例

■ 例3.3-5：考试成绩分级。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int score;

    scanf("%d", &score);
    if (score >= 0 && score <= 100) {
        switch (score / 10) {
            case 10:
            case  9: printf("优秀");   break;
            case  8: printf("良好");   break;
            case  7: printf("中等");   break;
            case  6: printf("及格");   break;
            default: printf("不及格"); break;
        }
    } else
        printf("输入错误");

    return 0;
}
```

程序解析：

1 利用整数除法的运算规则，以求得的商表示各等级对应的分数段；

2 通过适当缺省break语句，可实现多个case入口共用全部或部分语句；

3 switch语句是多分支语句，只需计算一次表达式的值，就可以引导程序进入不同的分支，但是需要把分支条件转换为整型数据表示，不如if-else语句灵活方便。

运行结果一：

92↵

优秀

运行结果二：

55↵

不及格

运行结果三：

83↵

良好

运行结果四：

-100↵

输入错误

switch语句举例

■ 例3.3-6：菜单显示和选择。

```
for (;;) {                          // 不限循环次数，由菜单项结束循环
    printf("成绩管理系统\n");
    printf("1.录入成绩\n");
    printf("2.修改成绩\n");
    printf("3.查询成绩\n");
    printf("0.退出系统\n");
    printf("请选择0-3: ");

    scanf("%d", &num);              // 输入菜单选项编号，以整型表示
    switch (num) {                  // 菜单选项编号也可以使用字符型
        case 1:
            Input(); break;         // 录入成绩的语句组
        case 2:
            Edit();  break;         // 修改成绩的语句组
        case 3:
            Query(); break;         // 查询成绩的语句组
        case 0:
            return 0;               // 退出程序
    }
}
```

运行结果：

```
成绩管理系统
1.录入成绩
2.修改成绩
3.查询成绩
0.退出系统
请选择0-3: 1↵
（录入成绩过程）
成绩管理系统
1.录入成绩
2.修改成绩
3.查询成绩
0.退出系统
请选择0-3: 2↵
（修改成绩过程）
成绩管理系统
1.录入成绩
2.修改成绩
3.查询成绩
0.退出系统
请选择0-3: 0↵
```

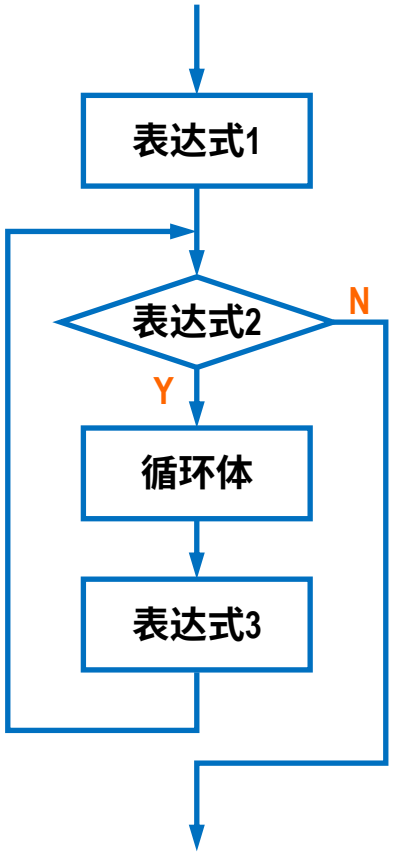
提纲

- C语言程序语句
- 分支语句
- 循环语句
- 中断与跳转语句
- 基本算法

for循环

一般形式

```
for (表达式1; 表达式2; 表达式3)
    循环体语句
```



说明

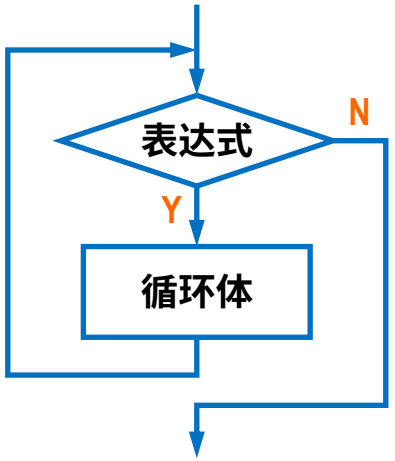
- 表达式1：循环控制变量初始化
- 表达式2：循环条件判断
- 表达式3：循环控制变量值的修改
- 三个表达式都可以省略，两个分号不可省略
- 若表达式2省略，则循环条件缺省为“真”

```
// 对1~100之间的自然数累加求和
for (i=1; i<=100; i++)
    sum += i;
```

while循环

一般形式

```
while (表达式)
    循环体语句
```



说明

- 首先求表达式的值
- 若表达式的值非零（“真”），则继续循环
- 若表达式的值为零（“假”），则循环结束
- 若表达式首次求值为零，则循环体一次都不执行

```
// 对1~100之间的自然数累加求和
i = 1;
while (i <= 100) {
    sum += i;
    i++;
}
```

while循环举例

■ 例3.3-7：辗转相除法求最大公约数。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int m, n, temp;

    printf("请输入两个整数:\n");
    scanf("%d,%d", &m, &n);  // 输入数据以逗号分隔

    while (temp = m % n) {   // 赋值表达式的值作为判断条件
        m = n;
        n = temp;
    }

    printf("最大公约数为%d\n", n);

    return 0;
}
```

程序解析：

1 格式化输入时，格式字符串中普通字符应原样输入，如逗号；

2 赋值表达式的值即所赋之值，可以直接作为判断条件，等价于判断其值是否不等于0。

运行结果：

```
请输入两个整数：
115,25↵
最大公约数为5
```

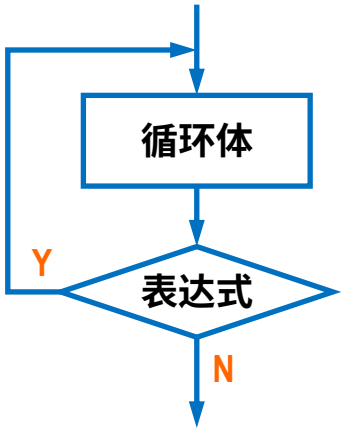
变量监测：

	m	n	temp
初始状态	??	??	??
输入数据	115	25	??
开始循环	----------		
求余判断	115	25	15
循环体	25	15	15
求余判断	25	15	10
循环体	15	10	10
求余判断	15	10	5
循环体	10	5	5
求余判断	10	5	0
循环结束	----------		

do-while循环

一般形式

```
do
    循环体语句
while (表达式);
```



说明

- 首先执行循环体，然后求表达式的值
- 若表达式的值**非零**（**“真”**），则继续循环
- 若表达式的值**为零**（**“假”**），则循环结束
- 循环体至少会执行一次

```
// 对1~100之间的自然数累加求和
i = 1;
do
    sum += i++;
while (i <= 100);
```

do-while循环举例

■ 例3.3-8：整数按位倒序输出。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int  n;

    scanf("%d", &n);

    do {
        printf("%d", n%10);
        n = n / 10;
    } while (n != 0);

    return 0;
}
```

程序解析：

1 灵活利用整数除法，在处理整数问题时有其便利之处；

2 条件判断while(n!=0)也可以简化为while(n);

```
// 即使n==0也要输出一位
// 输出当前最低位
// 移除当前最低位
// 末尾的分号必不可少
```

3 do-while语句条件判断后的分号作为语句结束标志不可缺少。

运行结果一：

```
1234↵
4321
```

运行结果二：

```
0↵
0
```

运行结果三：

```
-1234↵
-4-3-2-1
```

无法正确处理负整数输入

思考拓展：

修改程序支持负整数。

多层循环举例

■ 例3.3-9：比较数组中是否有相同元素。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a[5]={3,5,7,9,11}, i, j;
    int b[6]={1,2,3,4,5,6}, found=0;

    for (i=0; i<5; i++)              // 数组a的下标范围：0~4
        for (j=0; j<6; j++)          // 数组b的下标范围：0~5
            if (a[i] == b[j])
                found = 1;           // 是否存在相同元素的标志

    if (found)
        printf("a与b有相同的元素");
    else
        printf("a与b没有相同的元素");

    return 0;
}
```

程序解析：

1 数组下标范围为0~长度-1，利用两层循环可以遍历两个数组，完成两个数组的元素所有可能的两两比较；

2 变量found表示是否找到相同元素的标志，初始值为0，表示尚未找到，当找到时，将found赋值为1，用于后续代码的分支语句；

3 当找到相同元素后，循环仍然继续进行，直至完成全部30次循环，若希望提前中止循环，需要使用break语句。

运行结果：

a与b有相同的元素

提纲

- C语言程序语句
- 分支语句
- 循环语句
- **中断与跳转语句**
- 基本算法

中断与跳转语句

break语句

```
break;
```

- 在switch语句中，提前跳出switch语句
- 在循环语句中，提前结束本层循环

continue语句

```
continue;
```

- 在循环语句中，提前结束本次循环

goto语句

```
goto 语句标号;
```

- 无条件跳转到语句标号所标识的语句处执行
- 语句标号：标识符后加一个冒号，用于标识一条语句

break语句举例

■ 例3.3-10：对1~100之间的自然数累加，求加到哪个数时累加和首次达到1000。

```c
#include <stdio.h>

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

    for (i=1; i<=100; i++){
        sum += i;
        if (sum >= 1000)          // 提前结束循环的条件
            break;                // 提前结束本层循环
    }

    printf("i=%d, sum=%d\n", i, sum);

    return 0;
}
```

程序解析：

1 循环中的break语句一般放在分支语句中，指定提前结束循环的条件，分支语句条件判断为“真”时，提前结束本层循环；

2 执行break语句将提前结束本层循环语句，与其所在分支语句的层次无关，当存在多层循环和分支语句嵌套时，应当注意程序将跳转到何处并继续执行。

运行结果：

```
i=45, sum=1035
```

break语句举例

■ 例3.3-11：比较数组中是否有相同元素。

```
#include <stdio.h>
int main()
{
    int a[5]={3,5,7,9,11}, i, j;
    int b[6]={1,2,3,4,5,6}, found=0;
    for (i=0; i<5; i++) {
        for (j=0; j<6; j++) {
            if (a[i] == b[j]) {      // 若找到相同元素
                found = 1;
                break;               // 提前结束内层循环
            }
        }
        if (found)                   // 已找到相同元素
            break;                   // 提前结束外层循环
    }
    if (found)
        printf("a与b有相同的元素");
    else
        printf("a与b没有相同的元素");
    return 0;
}
```

程序解析：

1 当找到相同元素时，可以使用break语句提前结束循环；

2 当找到相同元素时，首先将变量found赋值为1，表示已找到相同元素，然后中止内层循环，继续执行外层循环体；

3 在外层循环中，根据变量found的值判断是否已找到相同元素，若为“真”，则中止外层循环；

4 每条break语句只能中止本层循环，中止多层循环需要使用多条break语句接力完成。

运行结果：

a与b有相同的元素

continue语句举例

■ 例3.3-12：对1~100之间的自然数累加求和，但跳过所有3的倍数。

```c
#include <stdio.h>

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

    for (i=1; i<=100; i++) {
        if (i%3 == 0)          // 若i是3的倍数
            continue;          // 提前结束本次循环
        sum += i;
    }

    printf("sum=%d\n",sum);

    return 0;
}
```

程序解析：

1 continue语句一般放在分支语句中，条件判断为“真”时，提前结束本次循环；

2 当i是3的倍数时，跳过循环体中后续累加语句，执行for语句中的表示式3；

3 continue语句的作用一般可以使用if-else语句替代，但是合理使用continue语句可以使程序简洁易读。

运行结果：

```
sum=3367
```

goto语句举例

■ 例3.3-13：对1~100之间的自然数累加求和。

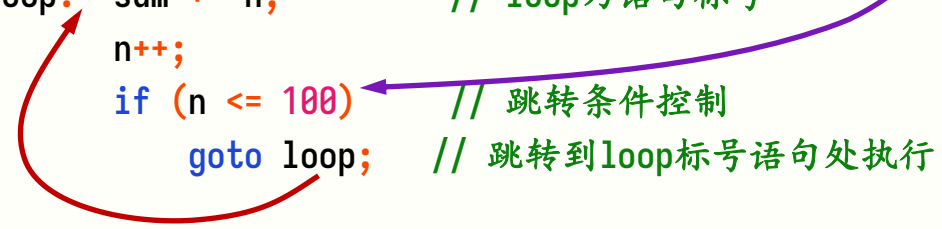
```
#include <stdio.h>

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

loop:   sum += n;           // loop为语句标号
        n++;
        if (n <= 100)       // 跳转条件控制
            goto loop;    // 跳转到loop标号语句处执行

        printf("sum=%d\n", sum);

        return 0;
}
```



程序解析：

1 goto语句一般放在分支语句中，当条件判断为“真”时，直接跳转至目标语句；

2 goto语句和分支语句配合，可以实现循环结构；

3 goto语句可以跳转至本函数内部的任意语句，合理使用goto语句可以简化代码，提高执行效率，同时滥用goto语句也会破坏程序的结构化设计。

运行结果：

```
sum=5050
```

goto语句举例

■ 例3.3-14：比较数组中是否有相同元素，若有，则分别输出相同元素的下标。

```
#include <stdio.h>

int main()
{
        int a[5]={3,5,7,9,11}, i, j;
        int b[6]={1,2,3,4,5,6};

        for (i=0; i<5; i++)
            for (j=0; j<6; j++)
                if (a[i] == b[j])
                    goto found;          // 直接跳出多层循环

        printf("没找到...");
        return 1;                        // 函数返回，返回值为1

found: printf("找到了，在a[%d], b[%d]", i, j);
        return 0;
}
```

程序解析：

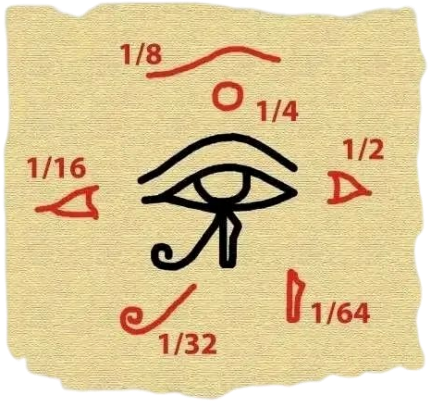
1. goto语句可用于直接跳出多层循环语句；
2. return语句表示函数结束返回，不再执行函数体中后续语句，main函数返回表示程序执行结束；
3. goto语句和分支语句配合，可以实现选择结构；
4. 变量声明和复合语句结尾处的}不是语句，如需在此添加语句标号，需要增加空语句。

运行结果：

```
找到了，在a[0], b[2]
```

提纲

- C语言程序语句
- 分支语句
- 循环语句
- 中断与跳转语句
- **基本算法**



The Eye of Horus and Egyptian Fractions

基本算法

- **算法 (Algorithm)**
  - 解决问题的思路
  - 确定性、有限性、有效性、零个或多个输入、至少一个输出
- **穷举法（枚举法）**
  - 穷尽解空间以寻找问题的解，充分利用计算机的强大运算能力
- **递推法（顺推法、逆推法）**
  - 从已知初始条件入手，根据递推关系推出中间结果，进而得到最终结果
- **贪心法（贪婪法）**
  - 针对能分成多阶段求解的问题，每个阶段总是做出当前看来最好的选择
  - 不保证对所有问题都能取得整体最优解
- **分治法**
  - 将原问题划分成多个规模较小而结构与原问题类似的子问题
  - 逐层划分直至能直接求解的程度，然后将子问题结果合并成原问题的解

穷举法举例：百钱买百鸡

■ **例3.3-16：百钱买百鸡问题。**

今有鸡翁一值钱五，鸡母一值钱三，鸡雏三值钱一。凡百钱买鸡百只，问鸡翁、母、雏各几何？（张丘建《算经》）

■ **解：**设公鸡、母鸡、小鸡数量分别为x, y, z，按题意有：

$$\begin{cases} x+y+z=100 \\ 5x+3y+z/3=100 \end{cases}$$

由于x, y, z都是非负整数，可知：$0 \leqslant x \leqslant 20$, $0 \leqslant y \leqslant 33$, z是3的倍数。

运行结果：

```
 0   25   75
 4   18   78
 8   11   81
12    4   84
```

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int x, y, z;

    for (x=0; x<=20; x++)
        for (y=0; y<=33; y++) {
            z = 100 - x - y;
            if ((5*x+3*y+z/3==100) && (z%3==0))
                printf("%6d%6d%6d\n", x, y, z);
        }

    return 0;
}
```

递推法举例：斐波那契数列

■ 例3.3-18：计算并输出斐波那契数列前20项。

$$f(1)=f(2)=1;\ f(n)=f(n-1)+f(n-2),\ n\geqslant 3$$

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int f1=1, f2=1;                  // 定义并初始化数列前2项
    int i;                           // 定义循环控制变量i

    for (i=1; i<=10; i++) {          // 每组2项，10组共20项
        printf("%6d%6d", f1, f2);    // 输出当前2项
        if(i%2 == 0)
            printf("\n");            // 每输出2次（4个数）换行
        f1 += f2;                    // 计算下一个奇数项
        f2 += f1;                    // 计算下一个偶数项
    }

    return 0;
}
```

运行结果：

```
     1     1     2     3
     5     8    13    21
    34    55    89   144
   233   377   610   987
  1597  2584  4181  6765
```

变量监测：

	i	f1	f2
初始状态	??	1	1
循环01	1	1	1
输出	1	1	1
计算	1	2	3
循环02	2	2	3
输出	2	2	3
计算	2	5	8
	…	…	

递推法举例：自然常数

■ 例3.3-19：求自然常数e的近似值。

$$e=\sum_{i=0}^{\infty}\frac{1}{i!}=\frac{1}{0!}+\frac{1}{1!}+\frac{1}{2!}+\frac{1}{3!}+\cdots=2.718281828459045\ldots$$

```c
#include <stdio.h>

int main() {
    int i, j, n, fact=1;
    double sum=1.0;

    printf("n=");
    scanf("%d", &n);
    for (i=1; i<=n; i++) {
        fact *= i;
        sum += 1.0 / fact;
    }
    printf("e=%.16f\n", sum);

    return 0;
}
```

程序解析：

1 阶乘使用int类型变量表示，需要注意溢出问题；

2 根据前后两项之间的数学关系简化运算，充分利用运算结果，提高算法效率；

// 阶乘：利用(i-1)!求i!
// 避免整数除法

// 小数点后保留16位数字

3 左操作数为浮点型常量1.0，以避免整数除法。

运行结果一：

```
n=12↵
e=2.7182818282861687
```

运行结果二：

```
n=20↵
e=2.7182818346494479
```

运行结果三：

```
n=34↵
e=1.#INF000000000000
```

结果分析：

32位int类型可表达的最大阶乘为12!，当i>12时，fact开始溢出，至i==34时溢出为0。

贪心法举例：最少纸币支付

■ 例3.3-20：最少纸币支付问题。

假设有7种面值的纸币1元、2元、5元、10元、20元、50元、100元各5、5、0、0、2、1、3张。现需用这些纸币支付特定金额，问最少需要几张纸币?

```
#include <stdio.h>
#define N 7          // 符号常量便于多次引用

int main()
{
    int value[N]={1,2,5,10,20,50,100};
    int a[N]={5,5,0,0,2,1,3};
    int money, i, num=0, c=0;

    printf("请输入需要支付的总额: ");
    scanf("%d", &money);

    for (i=N-1; i>=0; i--) {
        if (money/value[i] <= a[i])
            c = money / value[i];
        else
            c = a[i];
        money = money - c * value[i];
        num += c;
    }
    if (money > 0)
        printf("无解! ");
    else
        printf("需要纸币张数: %d\n", num);

    return 0;
}
```

运行结果一：

请输入需要支付的总额：391↵
需要纸币张数：7

运行结果二：

请输入需要支付的总额：405↵
需要纸币张数：16

运行结果三：

请输入需要支付的总额：698↵
无解!

数组与批量数据处理

提纲

- 一维数组
- 多维数组
- 字符数组

一维数组

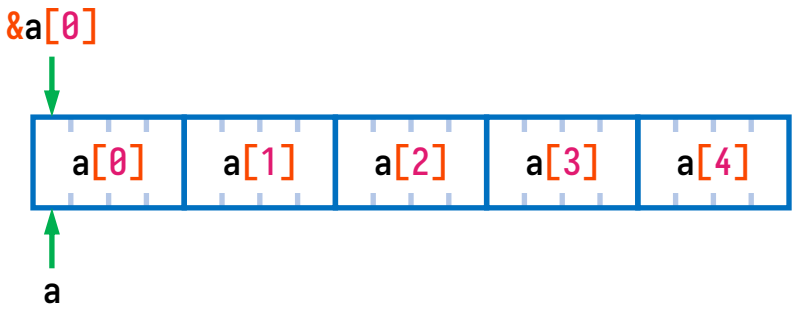
一维数组的定义与初始化

- 数组只能在定义时进行整体初始化，其后只能对元素分别进行赋值

```
int a[5]={1,2,3,4,5};              // 正确，数组初始化
int a[5]={1,2,3};                  // 正确，对前3个元素初始化，其余元素初值为0
int a[5]; a[0]=1, a[1]=2, a[2]=3, a[3]=4, a[4]=5;  // 正确，逐个元素赋值
int a[5]; a[5]={1,2,3,4,5};        // 错误，a[5]表示下标为5的元素，已越界
int a[5]; a=={1,2,3,4,5};          // 错误，只能在定义数组时进行初始化
int a[5]; a=1;                     // 错误，数组名不能作为左值
```

数组与地址

- 数组名表示数组存储空间的起始地址，不能被修改，不能作为左值



一维数组举例

■ 例3.4-1：数组初始化、运算与输出举例。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a[5]={1,2,3}, b[5]={0}, i;          // 同类型变量、数组同时声明

    // b = a;                               // 数组不能进行整体赋值
    b[1] = a[1];                            // 数组元素与同类型变量用法相同
    printf("b[1]=%d a[1]=%d\n", b[1], a[1]); // 输出两个数组元素的值

    for (i=0; i<5; i++) {
        b[i] = a[i] + 1;                    // 循环与数组经常配合使用
        printf("%d %d\n", a[i], b[i]);      // 每组输出结果以换行结束
    }

    return 0;
}
```

程序解析：

1 对数组b初始化后，b[0]和其余元素的初值都为0；若不进行初始化，则b的元素初值不确定。

运行结果：

```
b[1]=2 a[1]=2
1 2
2 3
3 4
0 1
0 1
```

一维数组应用：实验数据处理

■ 例3.4-2：实验数据处理，求数据的均值ave、样本方差var、均方差SD。

$$ave = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} data_i,\quad var = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(data_i - ave)^2,\quad SD = \sqrt{var}$$

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>          // 数学库函数头文件

#define N 8                // 符号常量便于修改

int main()
{
    float data[N] = {3.2, 2.3, 2.2, 2.4,
                     2.1, 3.0, 2.9, 2.8};
    float sum=0;           // 求和，初值为0
    float ave, var, sd;    // 均值、方差、均方差
    int   i;               // 循环控制变量

    for (i=0; i<N; i++)
        sum = sum + data[i];
    ave = sum / N;         // 计算均值
    sum = 0;               // 清零，用于下次求和
    for (i=0; i<N; i++)
        sum += (data[i]-ave) * (data[i]-ave);
    var = sum / (N-1);     // 计算样本方差
    sd  = sqrt(var);       // 计算均方差

    printf("均值%.3f, 方差%.3f, 均方差%.3f",
           ave, var, sd);

    return 0;
}
```

运行结果：

```
均值2.612, 方差0.170, 均方差0.412
```

提纲

- 一维数组
- 多维数组
- 字符数组

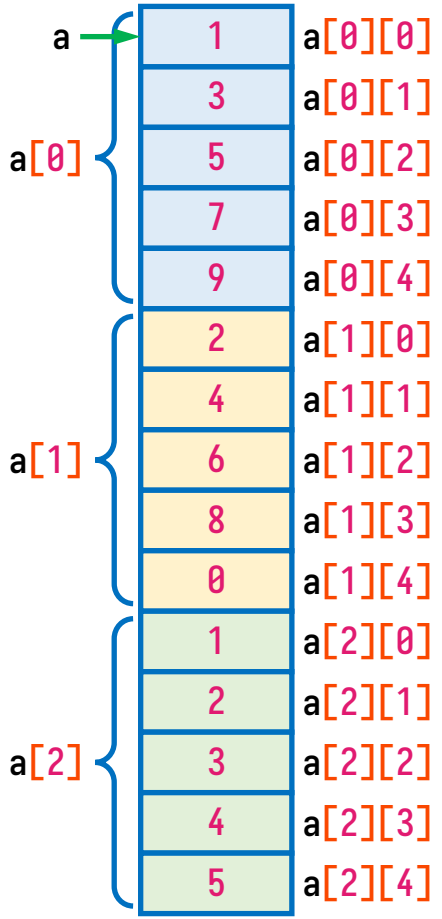
多维数组

多维数组的定义与初始化

- 数组元素也是数组类型，即构成多维数组
- 每增加一个维度，定义时增加一对[]
- 初始化可以使用多维度和单维度两种方式

```
int a[3][5] = {{1,3,5,7,9},{2,4,6,8,0},{1,2,3,4,5}};
int a[3][5] = {1,3,5,7,9,2,4,6,8,0,1,2,3,4,5};
int b[3][5] = {{1,3,5},{},{1,2}};
int b[3][5] = {1,3,5,0,0,0,0,0,0,0,1,2};
int c[3][5] = {{1,3,5},{1,2}};
int d[3][5] = {1,3,5,1,2};
```

$$A=\begin{bmatrix}1&3&5&7&9\\2&4&6&8&0\\1&2&3&4&5\end{bmatrix},\ B=\begin{bmatrix}1&3&5&0&0\\0&0&0&0&0\\1&2&0&0&0\end{bmatrix},\ C=\begin{bmatrix}1&3&5&0&0\\1&2&0&0&0\\0&0&0&0&0\end{bmatrix},\ D=\begin{bmatrix}1&3&5&1&2\\0&0&0&0&0\\0&0&0&0&0\end{bmatrix}$$



多维数组的存储

- 多维数组元素仍按照一维线性方式顺序存储
- 按照数据的逻辑结构划分为多个维度以便于处理

多维数组应用：矩阵乘法

■ 例3.4-5：矩阵乘法。

当矩阵A的列数与矩阵B的行数相等时，二者可以相乘，乘积矩阵C的行数与A相同，列数与B相同。

矩阵$A=(a_{ik})_{m\times p}$和$B=(b_{kj})_{p\times n}$的乘积$C=(c_{ij})_{m\times n}$的计算规则为：

$$c_{ij}=\sum_{k=0}^{p-1}a_{ik}b_{kj}$$

例如：$(m=2,\ p=3,\ n=2)$

$$\begin{bmatrix}5 & 8 & 3\\ 11 & 0 & 5\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}1 & 18\\ 2 & 11\\ 10 & 3\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}51 & 187\\ 61 & 213\end{bmatrix}$$

运行结果：

```
51      187
61      213
```

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a[2][3]={{5,8,3},{11,0,5}};
    int b[3][2]={{1,18},{2,11},{10,3}};
    int c[2][2]={0}, i, j, k;

    for (i=0; i<2; i++)
        for (j=0; j<2; j++)
            for (k=0; k<3; k++)
                c[i][j] += a[i][k] * b[k][j];

    for (i=0; i<2; i++) {
        for (j=0; j<2; j++)
            printf("%6d\t", c[i][j]);
        printf("\n");
    }

    return 0;
}
```

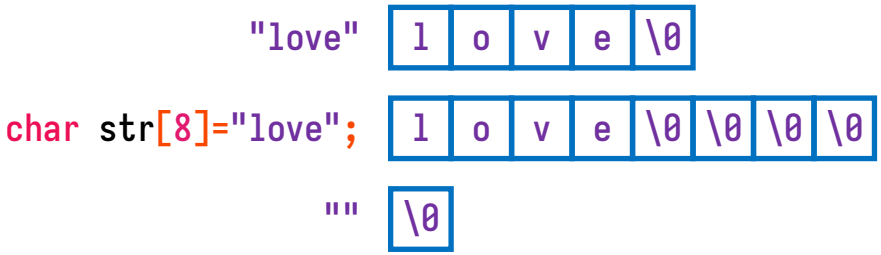
提纲

- 一维数组
- 多维数组
- 字符数组

字符数组与字符串

字符串 (String)

- 字符串的数据类型为字符数组
- 编译系统自动在字符串常量末尾添加结束标志字符'\0'
  - 字符'\0'称为空字符，ASCII值为0，即'\0'==0
  - 注意区分：字符'\0'与字符'0'，'\0'的ASCII值为0，'0'的ASCII值为48
- 字符串常量为刚好能容纳其内容及结束标志字符'\0'的无名字符数组
  - 注意区分：字符串"a"与字符'a'，"a"是字符数组，包括两个字符元素'a'和'\0'



字符数组的初始化

```
char str[8]={'l','o','v','e'};  // 逐个字符进行初始化，其余元素初值为0
char str[8]={"love"};           // 使用字符串常量初始化，其余元素初值为0
char str[8]="love";             // 同上
```

字符数组与字符串举例

■ 例3.4-6：字符、字符数组与字符串的关系示例。

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    char str1[8] = "";      // 初值: {'\0','\0',...}
    char str2[8] = "a";     // 初值: {'a','\0','\0',...}
    char str3[8] = {'a'};   // 初值: {'a','\0',...}

    printf("str1内容: %s, 长度: %d\n", str1, sizeof(str1));  // 数组str1字节数, 与字符串无关
    printf("str2内容: %s, 长度: %d\n", str2, sizeof(str2));  // 数组str2字节数, 与字符串无关
    printf("str3内容: %s, 长度: %d\n", str3, sizeof(str3));  // 数组str3字节数, 与字符串无关
    printf("\"a\"内容: %s, 长度: %d\n", "a", sizeof("a"));   // 字符串常量字节数, 包括结束字符
    printf("\'a\'内容: %c, 长度: %d\n", 'a', sizeof('a'));   // 字符常量为int类型

    return 0;
}
```

运行结果：

```
str1内容: , 长度: 8
str2内容: a, 长度: 8
str3内容: a, 长度: 8
"a"内容: a, 长度: 2
'a'内容: a, 长度: 4
```

程序解析：

1 %s是输入输出字符串的格式字符。

字符数组的输入

逐个字符输入

```
char str1[8];
for (i=0; i<8; i++)
    scanf("%c", &str1[i]);
```

- 格式字符%c可以输入一个字符，包括空格、回车、制表符
- 若字符数组将用作字符串，则须在末尾至少保留一个元素，并赋值为'\0'

字符串整体输入

```
char str2[8];
scanf("%s", str2);
```

- 格式字符%s可以输入一个字符串，但不能包含空格、回车、制表符
- 当遇到以上空白字符时，表示字符串输入结束
- 数组名表示其起始地址，作为scanf()的参数时不需要加&运算符
- 输入的字符串末尾自动添加结束标志字符'\0'并存入字符数组
- 字符数组应能容纳输入的字符串及结束标志字符'\0'，以免数组越界

字符数组应用：字符串比较

■ 例3.4-7：比较输入密码是否正确。

```c
#include <stdio.h>

#define N 15

int main()
{
    char pwd[N]="zhimakaimen";                  // 未初始化字符为0
    char str[N]={0};                            // 所有字符初值为0
    int  i, j;

    for (j=0; j<5; j++){                        // 最多允许输入5次
        printf("Input password:\n");
        scanf("%s", str);                       // 输入密码字符串
        for (i=0; i<N && str[i]==pwd[i]; i++);  // 逐个字符比较
        if (i == N) {                           // 若全部字符一致
            printf("Welcome to our world.");    // 说明密码正确
            return 0;
        }
        else                                    // 若密码错误
            printf("Warning! Incorrect!\n");
    }

    printf("Fail to enter.\n");                 // 超过最大输入次数
    return 1;
}
```

程序解析：

1 输入字符数不得超过N-1，以免数组str越界；

2 逐个比较str和pwd的元素，当数组结束或发现不相等元素时，循环结束；

3 根据i的值判断循环结束原因和数组比较结果。

运行结果一：

```
Input password:
zhimakaimen↵
Welcome to our world.
```

运行结果二：

```
Input password:
putaokaimen↵
Warning! Incorrect!
Input password:
zhimakaimen↵
Welcome to our world.
```

结构体与复杂信息处理

提纲

- **结构体的基本用法**
- 结构体数组
- 结构体嵌套

结构体类型及变量定义

■ 结构体类型的定义

- ■ 将有意义且相互关联的不同类型数据组织在一起

```
struct student {              // 学生结构体类型
    int         no;           // 学号
    char        name[20];     // 姓名
    float       gpa;          // 绩点
};                            // 以分号结束
```

■ 结构体变量的定义

```
struct student st1, st2;      // 结构体类型名为struct student
```

- ■ 可以在定义结构体类型的同时定义结构体变量

```
struct student {              // 定义结构体类型
    int         no;
    char        name[20];
    float       gpa;
} st1, st2;                   // 同时定义结构体变量
```

结构体变量初始化及运算

结构体变量的初始化

- 以{}括起来并以,隔开的初值，依次赋给结构体变量中的成员
- 若结构体变量初始化时只给出部分初值，则未指定初值的成员初值为零

```
struct student {
    int         no;
    char        name[20];
    float       gpa;
} st1 = {220099, "Zhang San", 4.3};
struct student st2 = {221101, "Li Si", 3.2};
struct student st3 = {220055};
```

	no	name	gpa
st1	220099	"Zhang San"	4.3
st2	221101	"Li Si"	3.2
st3	220055	""	0.0

结构体变量的运算

- 赋值运算、取地址运算、访问成员运算

```
st3 = st2;              // 同类型结构体变量之间可以整体赋值
st3.no = st2.no;        // 访问结构体成员，结构体成员的用法与同类型变量相同
scanf("%f", &st3.gpa);  // 取结构体成员的地址，运算符.的优先级高于&
scanf("%s", st3.name);  // 数组名即代表地址，不需要使用取地址运算符
```

结构体应用：求斜率

■ 例3.5-1：求两点所在直线的斜率。

```c
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main()
{
    struct point {                          // 定义结构体类型
        float x;                            // X轴坐标成员
        float y;                            // Y轴坐标成员
    };
    struct point p1={1.1, 2.5};             // 定义结构体变量并初始化
    struct point p2={2.2};                  // 初始化只提供部分初值时，未提供初值的成员初值为零

    printf("1.直线斜率为%f\n", (p2.y-p1.y)/(p2.x-p1.x));  // 结构体成员用法与同类型变量相同

    printf("2.请输入点p2的y坐标: ");
    scanf("%f", &p2.y);                     // 取结构体成员的地址， 运算符.的优先级高于&
    printf("  直线斜率为%f\n", (p2.y-p1.y)/(p2.x-p1.x));

    p2 = p1;                                // 同类型结构体变量互相赋值
    if ((fabs(p2.x-p1.x)) < 1e-6)           // 判断两个浮点数是否相等
        printf("3.两点X轴坐标相同\n");

    return 0;
}
```

运行结果：

```
1.直线斜率为-2.272727
2.请输入点p2的y坐标：2.0↵
  直线斜率为-0.454545
3.两点X轴坐标相同
```

提纲

- 结构体的基本用法
- **结构体数组**
- 结构体嵌套

结构体数组

■ 结构体数组的定义及初始化

```
struct student st1[5];                                          // 结构体数组定义
struct student st2[3] = {{220099, "Zhang San", 4.3},    // 结构体数组定义及初始化
                         {221101, "Li Si"    , 3.2},    // 数组逐个元素、逐个成员
                         {220055, "Wang Wu"  , 3.8}};   // 依次进行初始化
```

■ 结构体数组可以用于描述二维表格

数组下标	学生 (struct student)		
	学号 (int no)	姓名 (char name[20])	绩点 (float gpa)
0	220099	"Zhang San"	4.3
1	221101	"Li Si"	3.2
2	220055	"Wang Wu"	3.8

■ 结构体数组元素及其成员的引用

```
scanf("%d%s%f", &st1[0].no, st1[0].name, &st1[0].gpa);     // 使用[]访问数组元素
printf("%6d%s%.2f", st2[i].no, st2[i].name, st2[i].gpa);  // 使用.访问结构体成员
```

结构体数组应用：三点共线

■ 例3.5-2：判断三个点是否在一条直线上。

```c
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main() {
    struct point {
        float x;
        float y;
    };
    struct point pnt[3]={{1.1,2.2},{3.3,4.4},{5.5,6.6}};  // 存放三个点的坐标并初始化
    float        slp[2];                                  // 存放两条直线的斜率

    slp[0] = (pnt[1].y-pnt[0].y) / (pnt[1].x-pnt[0].x);   // 计算点1,2所在直线的斜率
    slp[1] = (pnt[2].y-pnt[0].y) / (pnt[2].x-pnt[0].x);   // 计算点1,3所在直线的斜率

    if (fabs(slp[0]-slp[1]) < 1e-6)                       // 若两个斜率相等，则三点共线
        printf("三个点在一条直线上");

    return 0;
}
```

程序解析：

1 下标运算符[]和成员运算符.都具有最高优先级，按照运算次序，依次得到数组元素和结构体成员。

运行结果：

三个点在一条直线上

思考拓展：

修改程序，由键盘输入三点的坐标，并考虑横坐标相等、多点重合等特殊情况。

提纲

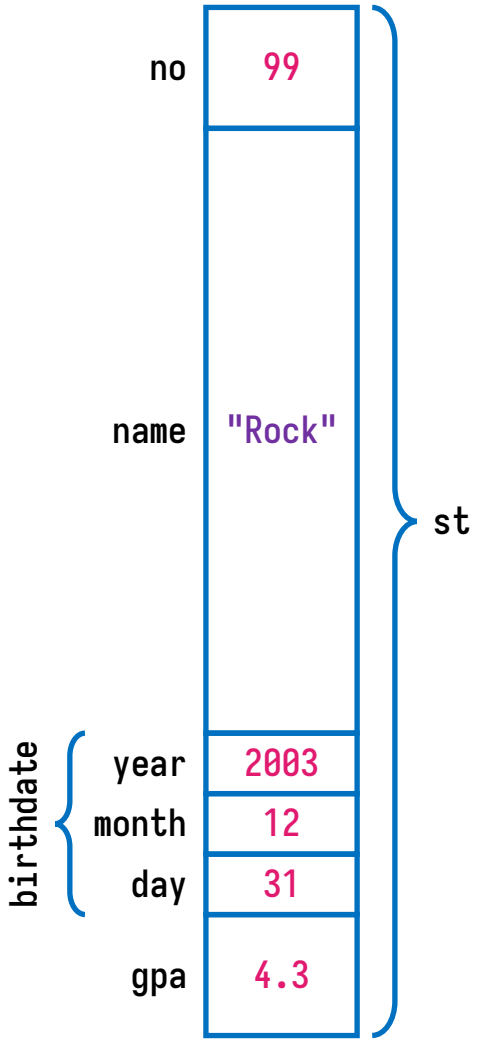
- 结构体的基本用法
- 结构体数组
- **结构体嵌套**

结构体嵌套

结构体嵌套

- 结构体类型中包含其他结构体类型的成员

```
struct date {                   // 日期结构体类型
    short year, month, day;     // 年、月、日
};
struct student {                // 学生结构体类型
    int          no;            // 学号
    char         name[20];      // 姓名
    struct date birthdate;      // 出生日期，结构体类型
    float        gpa;           // 绩点
};
```



嵌套结构体的初始化

```
struct student st = {99, "Rock", 2003, 12, 31, 4.3};
struct student st = {99, "Rock", {2003, 12, 31}, 4.3};
```

嵌套结构体的成员引用

```
printf("%d", st.birthdate.day);
```

小　结

主要知识点与能力要求

主要知识点

- 基本数据类型：整型、浮点型、字符型
- 运算符的特性：操作数、优先级、结合性
- 表达式求值规则：算术、赋值、关系、逻辑、条件、逗号表达式
- 控制语句的语法和使用：分支语句、循环语句、中断和跳转语句
- 数组与批量数据处理：一维数组、多维数组、字符数组与字符串
- 结构体与复杂信息处理：结构体类型、结构体数组

能力要求

- 根据问题需求，定义合适的变量、数组或结构体
- 分析问题并设计处理问题的算法逻辑，绘制流程图或书写伪代码
- 使用顺序、分支、循环结构编程实现算法逻辑
- 测试并完善后得到能够解决问题的程序

本章结束