



程序设计与算法(一)

C语言程序设计

郭 炜

微博: <http://weibo.com/guoweiofpku>

学会程序和算法，走遍天下都不怕!

讲义照片均为郭炜拍摄



北京大学
PEKING UNIVERSITY

信息科学技术学院

指定教材：

《新标准C++程序设计教程》

郭炜 编著

清华大学出版社

重点大学计算机专业系列教材

新标准C++程序设计教程

郭炜 编著



清华大学出版社



北京大学
PEKING UNIVERSITY

信息科学技术学院

数 组



北京大学
PEKING UNIVERSITY

信息科学技术学院

数组的概念



瑞士少女峰

倒序问题

- 接收键盘输入的100个整数，然后将它们按和原顺序相反的顺序输出。

倒序问题

- 接收键盘输入的100个整数，然后将它们按和原顺序相反的顺序输出。
- 如何存放这100个整数？

倒序问题

- 接收键盘输入的100个整数，然后将它们按和原顺序相反的顺序输出。
- 如何存放这100个整数？
- 定义100个int型变量， $n_1, n_2, n_3 \dots n_{100}$ ，用来存放这100个整数???!!!!

倒序问题

- 接收键盘输入的100个整数，然后将它们按和原顺序相反的顺序输出。
- 如何存放这100个整数？
- 定义100个int型变量， $n_1, n_2, n_3 \dots n_{100}$ ，用来存放这100个整数???!!!!
- 使用数组！！

数组

- 可以用来表达类型相同的元素的集合，集合的名字就是数组名。

数组

- 可以用来表达类型相同的元素的集合，集合的名字就是数组名。
- 数组里的元素都有编号，元素的编号叫下标。通过数组名和下标，就能访问元素。

数组

- 可以用来表达类型相同的元素的集合，集合的名字就是数组名。
- 数组里的元素都有编号，元素的编号叫下标。通过数组名和下标，就能访问元素。
- 一维数组的定义方法如下：

类型名 数组名[元素个数];

数组

- 可以用来表达类型相同的元素的集合，集合的名字就是数组名。
- 数组里的元素都有编号，元素的编号叫**下标**。通过**数组名**和**下标**，就能访问元素。
- 一维数组的定义方法如下：

类型名 数组名[元素个数];

- 其中 **“元素个数”** 必须是**常量**或常量表达式，不能是变量，而且其值必须是正整数。元素个数也称作 **“数组的长度”**。

数组

- `int a[100];`

名字为a的数组，有100个元素，每个元素都是一个int型变量。

数组

- `int a[100];`

名字为a的数组，有100个元素，每个元素都是一个int型变量。

- `T a[N];` //T为类型名，如char, double, int等。
//N为正整数或值为正整数的常量表达式。

数组a有N个元素，每个元素都是一个类型为T的变量。

N个元素在内存里是一个挨一个连续存放的。

a数组占用大小总共为 $N \times \text{sizeof}(T)$ 字节的存储空间。

数组

- `int a[100];`

名字为a的数组，有100个元素，每个元素都是一个int型变量。

- `T a[N];` //T为类型名，如char, double, int等。
//N为正整数或值为正整数的常量表达式。

数组a有N个元素，每个元素都是一个类型为T的变量。

N个元素在内存里是一个挨一个连续存放的。

a数组占用大小总共为 $N \times \text{sizeof}(T)$ 字节的存储空间。

- 表达式 “`sizeof(a)`” 的值就是整个数组的体积，即 $N \times \text{sizeof}(T)$ 。

数组

- `int a[100];`

a[0]	a[1]	a[2]	a[99]
------	------	------	-------	-------

数组

- `int a[100];`

a[0]	a[1]	a[2]	a[99]
------	------	------	-------	-------

- 数组下标从0开始，N个元素的数组，下标从0 至 N-1

数组

- `int a[100];`

a[0]	a[1]	a[2]	a[99]
------	------	------	-------	-------

- 数组下标从0开始，N个元素的数组，下标从0 至 N-1
- 数组名a代表数组的地址，假设为p，则变量a[i]的地址就是 $p+i*\text{sizeof}(\text{int})$

倒序问题

- 接收键盘输入的100个整数，然后将它们按和原顺序相反的顺序输出

```
#include <iostream>
using namespace std;
#define NUM 100 //使用符号常量，便于修改
int a[NUM]; //数组一般不要定义在main里面，尤其是大数组
int main() {
    for(int i = 0; i < NUM; ++i)
        cin >> a[i];
    for(int i = NUM-1; i >= 0; --i)
        cout << a[i] << " ";
    return 0;
}
```



北京大学
PEKING UNIVERSITY

信息科学技术学院

例题：筛法求素数



瑞士日内瓦湖

筛法求n以内素数

- 判断一个数 n 是不是素数，可以用2到 \sqrt{n} 之间的所有整数去除 n ，看能否整除。如果都不能整除，那么 n 是素数(慢)。

筛法求n以内素数

- 判断一个数 n 是不是素数，可以用2到 \sqrt{n} 之间的所有整数去除 n ，看能否整除。如果都不能整除，那么 n 是素数(慢)。
- 筛法求素数：把2到 n 中所有的数都列出来，然后从2开始，先划掉 n 内所有2的倍数，然后每次从下一个剩下的数(必然是素数)开始，划掉其 n 内的所有倍数。最后剩下的数，就都是素数。

筛法求n以内素数

- 判断一个数n是不是素数，可以用2到 \sqrt{n} 之间的所有整数去除n，看能否整除。如果都不能整除，那么n是素数(慢)。
- 筛法求素数：把2到n中所有的数都列出来，然后从2开始，先划掉n内所有2的倍数，然后每次从下一个剩下的数(必然是素数)开始，划掉其n内的所有倍数。最后剩下的数，就都是素数。

2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	----

筛法求n以内素数

- 判断一个数n是不是素数，可以用2到 \sqrt{n} 之间的所有整数去除n，看能否整除。如果都不能整除，那么n是素数(慢)。
- 筛法求素数：把2到n中所有的数都列出来，然后从2开始，先划掉n内所有2的倍数，然后每次从下一个剩下的数(必然是素数)开始，划掉其n内的所有倍数。最后剩下的数，就都是素数。

2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	----

- 空间换时间，加快了计算速度


```
#include <iostream> //筛法求素数
```

```
#include <cmath>
```

```
using namespace std;
```

```
#define MAX_NUM 10000000
```

```
bool isPrime[MAX_NUM + 10]; //最终如果isPrime[i]为1, 则表示i是素数
```

```
int main()
```

```
{
```

```
    for( int i = 2; i <= MAX_NUM; ++i) //开始假设所有数都是素数
```

```
        isPrime[i] = true;
```

```
    for( int i = 2; i <= MAX_NUM; ++i) { //每次将一个素数的所有倍数标记为非素数
```

```
        if( isPrime[i]) //只标记素数的倍数
```

```
            for( int j = 2 * i; j <= MAX_NUM; j += i)
```

```
                isPrime[j] = false; //将素数 i 的倍数标记为非素数
```

```
    }
```

```
    for( int i = 2; i <= MAX_NUM; ++i)
```

```
        if( isPrime[i])
```

```
            cout << i << endl;
```

```
    return 0;
```

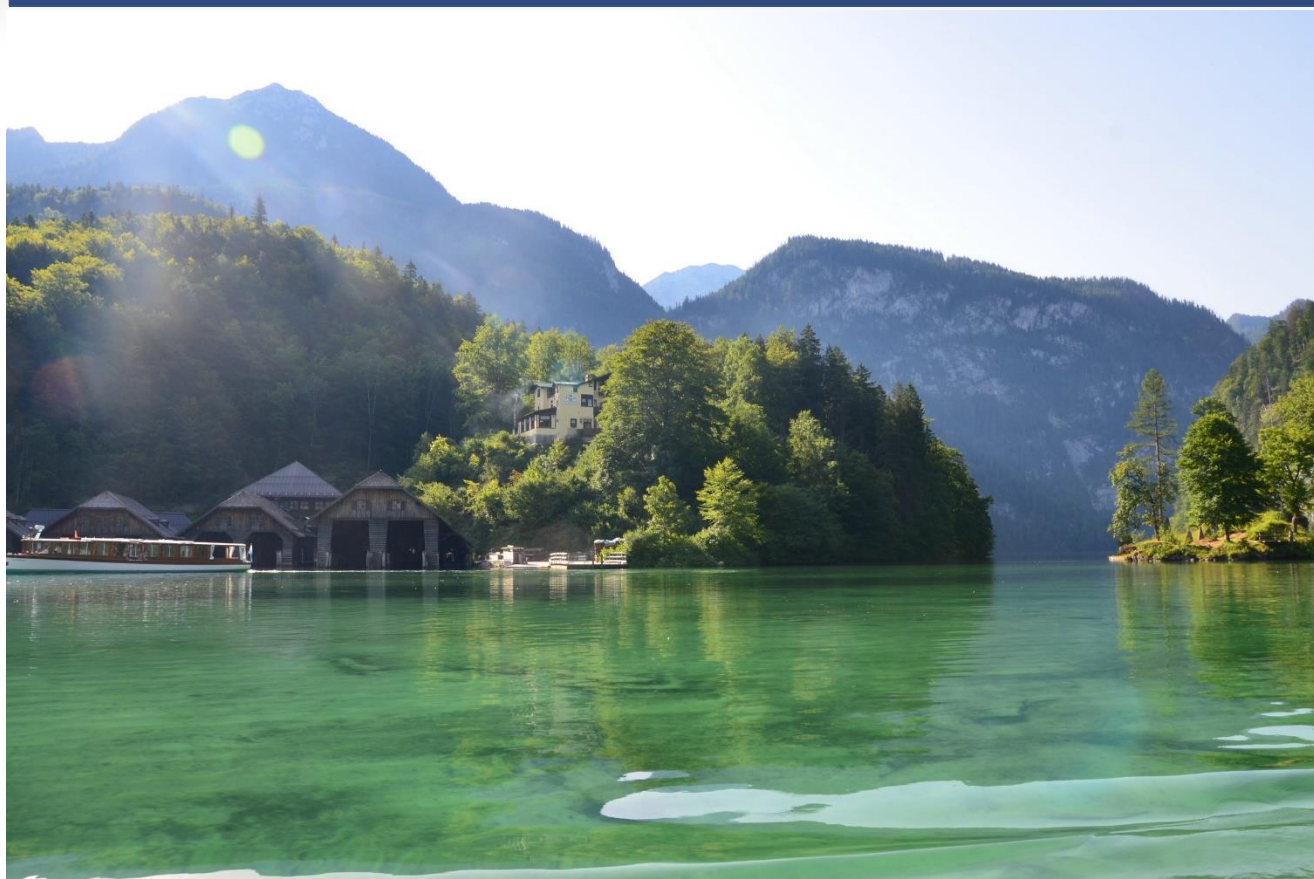
```
}
```



北京大学
PEKING UNIVERSITY

信息科学技术学院

数组的初始化



德国国王湖

数组的初始化

- 在定义一个一维数组的同时，就可以给数组中的元素赋初值：

类型名 数组名[常量表达式]={值, 值.....值};

{ }中的各数据值即为各元素的初值，值之间用逗号间隔

数组的初始化

```
int a[10]={ 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 };
```

效果： `a[0]=0;a[1]=1...a[9]=9;`

数组的初始化

- 数组初始化时，{ }中值的个数可以少于元素个数。相当于只给前面部分元素赋值，而后面的元素，其存储空间里的每个字节都被写入二进制数0：

```
int a[10]={0,1,2,3,4};
```

只给a[0] ~ a[4]5个元素赋值，而后5个元素自动赋0值



北京大学
PEKING UNIVERSITY

信息科学技术学院

用数组取代
复杂分支结构



罗马古城遗址

用数组取代复杂分支结构

- 有时会用一个数组存放一些固定不变的值，以取代复杂的程序分支结构。

用数组取代复杂分支结构

- 有时会用一个数组存放一些固定不变的值，以取代复杂的程序分支结构。
- 例：接受一个整数作为输入，如果输入1，则输出 “Monday”，输入2，则输出 “Tuesday”输入7,则输出 “Sunday”，输入其他数，则输出 “Illegal”。

用数组取代复杂分支结构

```
#include <iostream>
#include <string> //使用string须包含此“头文件”
using namespace std;
string weekdays[] = { //string是字符串类型。可存放字符串常量
    "Monday", "Tuesday", "Wednesday", "Thursday",
    "Friday", "Saturday", "Sunday" }; //字符串数组

int main()
{
    int n;
    cin >> n;
    if( n > 7 || n < 1 )
        cout << "Illegal";
    else
        cout << weekdays[n-1];
    return 0;
}
```

用数组取代复杂分支结构

●例题： 已知2012年1月25日是星期三，编写一个程序，输入用“年 月 日”表示的一个2012年1月25日以后的期，输出该日期是星期几(星期天输出0)。

Sample Input

2015 11 02

Sample Output

1

用数组取代复杂分支结构

●例题：已知2012年1月25日是星期三，编写一个程序，输入用“年 月 日”表示的一个2012年1月25日以后的期，输出该日期是星期几(星期天输出0)。

Sample Input

2015 11 02

Sample Output

1

●思路：2012年1月22日是星期天。算出给定日期是从该天起过了 x 天，然后输出 $x \% 7$

```
#include <iostream>
using namespace std;
int monthDays[13] = {-1,31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31};
int main()
{
    int year,month,date;
    int days = 0; //从2012-01-22开始过了多少天
    cin >> year >> month >> date;
    for(int y = 2012; y < year; ++y) {
        if( y%4 ==0 && y%100!= 0 || y%400 == 0)
            days += 366;
        else
            days += 365;
    }
    if( year%4 ==0 && year%100!= 0 || year%400 == 0)
        monthDays[2] = 29;
    for(int m = 1; m < month; ++m)
        days += monthDays[m];
}
```

```
days += date;  
days -= 22; //2012年1月22日是星期天  
cout << days % 7 << endl;  
return 0;  
}
```



北京大学
PEKING UNIVERSITY

信息科学技术学院

数组越界



古罗马大斗兽场

数组越界

●数组元素的下标，可以是任何整数，可以是负数，也可以大于数组的元素个数。不会导致编译错误：

```
int a[10];  
a[-2] = 5;  
a[200] = 10;  
a[10] = 20;  
int m = a[30];
```

数组越界

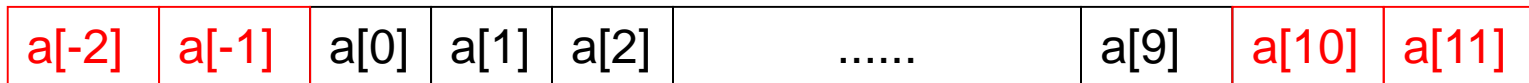
●数组元素的下标，可以是任何整数，可以是负数，也可以大于数组的元素个数。不会导致编译错误：

```
int a[10];  
a[-2] = 5;  
a[200] = 10;  
a[10] = 20;  
int m = a[30];
```

但运行时很可能会出错!!!

数组越界

- `int a[10];`



- `a[-2] = 10; a[11] = 100;` 均可能导致程序运行出错!!!
因为可能写入了别的变量的内存空间, 或者写入指令的内存空间

数组越界

- 用变量作为数组下标时，不小心会导致数组越界（变量下标值变为负数，或者太大）

数组越界

- 用变量作为数组下标时，不小心会导致数组越界（变量下标值变为负数，或者太大）
- 可能引起意外修改其他变量的值，导致程序运行结果不正确

数组越界

- 用变量作为数组下标时，不小心会导致数组越界（变量下标值变为负数，或者太大）
- 可能引起意外修改其他变量的值，导致程序运行结果不正确
- 可能试图访问不该访问的内存区域，导致程序崩溃

数组越界

- 用变量作为数组下标时，不小心会导致数组越界（变量下标值变为负数，或者太大）
- 可能引起意外修改其他变量的值，导致程序运行结果不正确
- 可能试图访问不该访问的内存区域，导致程序崩溃
- 数组越界的程序，用某些编译器编译后可能可以正确运行，换一个编译器编译后就运行错误



北京大学
PEKING UNIVERSITY

信息科学技术学院

例题：矩阵乘法



威尼斯

矩阵乘法

编程求两个矩阵相乘的结果。输入第一行是整数 m, n , 表示第一个矩阵是 m 行 n 列的。接下来是一个 $m \times n$ 的矩阵。再下一行的输入是整数 p, q , 表示下一个矩阵是 p 行 q 列 ($n=p$) 再接下来就是一个 p 行 q 列的矩阵。要求输出两个矩阵相乘的结果矩阵($1 < m, n, p, q \leq 8$)。

输入样例: 输出样例:

2 3	10 19 30
2 4 5	4 8 16
2 1 3	
3 3	
1 1 1	
2 3 2	
0 1 4	

矩阵乘法

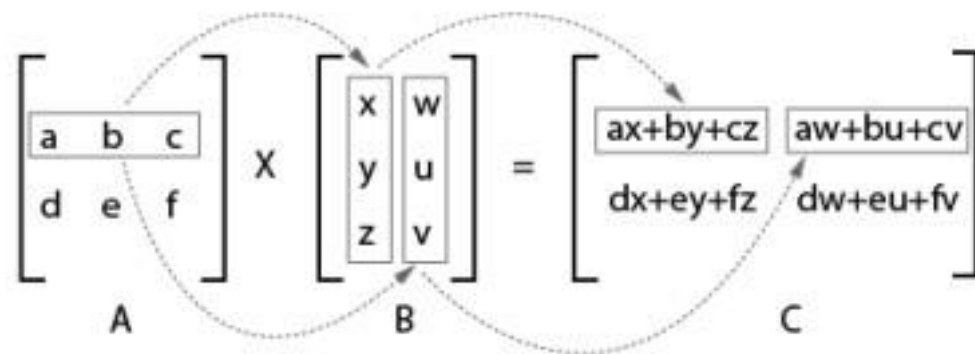
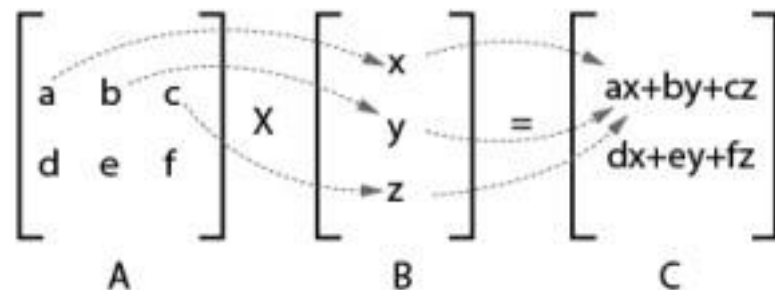
m行n列的矩阵

X

n行k列的矩阵

=

m行k列的矩阵



矩阵的乘法

矩阵乘法

编程求两个矩阵相乘的结果。输入第一行是整数 m, n , 表示第一个矩阵是 m 行 n 列的。接下来是一个 $m \times n$ 的矩阵。再下一行的输入是整数 p, q , 表示下一个矩阵是 p 行 q 列的 ($n=p$)。再接下来就是一个 p 行 q 列的矩阵。要求输出两个矩阵相乘的结果矩阵($1 < m, n, p, q \leq 8$)。

输入样例:

2 3
2 4 5
2 1 3
3 3
1 1 1
2 3 2
0 1 4

输出样例:

10 19 30
4 8 16

用什么存放矩阵?



北京大学
PEKING UNIVERSITY

信息科学技术学院

二维数组



瑞士苏黎世湖

二维数组

- 定义N行M列的二维数组：

```
T a[N][M]; // T :类型名, 如char, double, int等。  
           // M、N : 正整数, 或值为正整数的常量表达式
```

二维数组

- 定义N行M列的二维数组：

```
T a[N][M]; // T :类型名, 如char, double, int等。  
           // M、N : 正整数, 或值为正整数的常量表达式
```

- 每个元素都是一个类型为T的变量

二维数组

- 定义N行M列的二维数组：

```
T a[N][M]; // T :类型名, 如char, double, int等。  
           // M、N : 正整数, 或值为正整数的常量表达式
```

- 每个元素都是一个类型为T的变量
- $N \times M$ 个元素在内存里是一个挨一个连续存放的。

二维数组

- 定义N行M列的二维数组：

```
T a[N][M]; // T :类型名, 如char, double, int等。  
           // M、N : 正整数, 或值为正整数的常量表达式
```

- 每个元素都是一个类型为T的变量
- $N \times M$ 个元素在内存里是一个挨一个连续存放的。
- 数组占用了一片连续的、大小总共为 $N \times M \times \text{sizeof}(T)$ 字节的存储空间。

二维数组

- 定义N行M列的二维数组：

```
T a[N][M]; // T :类型名, 如char, double, int等。  
           // M、N : 正整数, 或值为正整数的常量表达式
```

- 每个元素都是一个类型为T的变量
- $N \times M$ 个元素在内存里是一个挨一个连续存放的。
- 数组占用了一片连续的、大小总共为 $N \times M \times \text{sizeof}(T)$ 字节的存储空间。
- 表达式 “ $\text{sizeof}(a)$ ” 的值就是整个数组的体积, 即 $N \times M \times \text{sizeof}(T)$ 。

二维数组

- 访问数组元素的方法:

数组名[行下标][列下标]

例如: `a[i][j]`

二维数组

- 访问数组元素的方法:

数组名[行下标][列下标]

例如: `a[i][j]`

- 行下标和列下标都从0开始

二维数组的存放方式

- 数组T $a[N][M]$ 每一行都有M个元素

二维数组的存放方式

- 数组T $a[N][M]$ 每一行都有M个元素
- 第i行的元素就是 $a[i][0]$ 、 $a[i][1]$ $a[i][M-1]$ 。
同一行的元素，在内存中是连续存放的。

二维数组的存放方式

- 数组T $a[N][M]$ 每一行都有M个元素
- 第i行的元素就是 $a[i][0]$ 、 $a[i][1]$ $a[i][M-1]$ 。
同一行的元素，在内存中是连续存放的。
- 第j列的元素，就是 $a[0][j]$ 、 $a[1][j]$ $a[N-1][j]$ 。

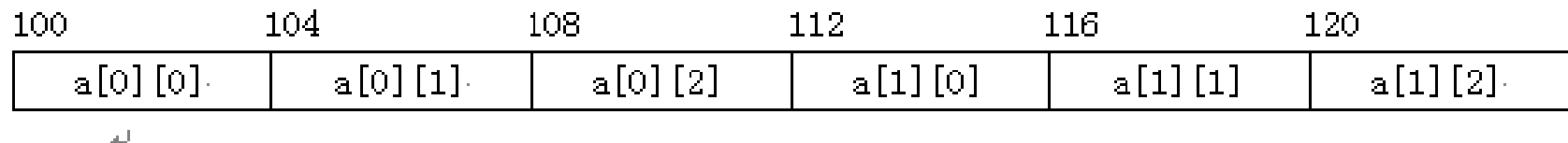
二维数组的存放方式

- 数组T a[N][M] 每一行都有M个元素
- 第i行的元素就是a[i][0]、a[i][1].....a[i][M-1]。
同一行的元素，在内存中是连续存放的。
- 第j列的元素，就是a[0][j]、a[1][j].....a[N-1][j]。
- a[0][0]是数组中地址最小的元素。如果a[0][0]存放在地址n，则a[i][j]存放的地址就是

$$n + i \times M \times \text{sizeof}(T) + j \times \text{sizeof}(T)$$

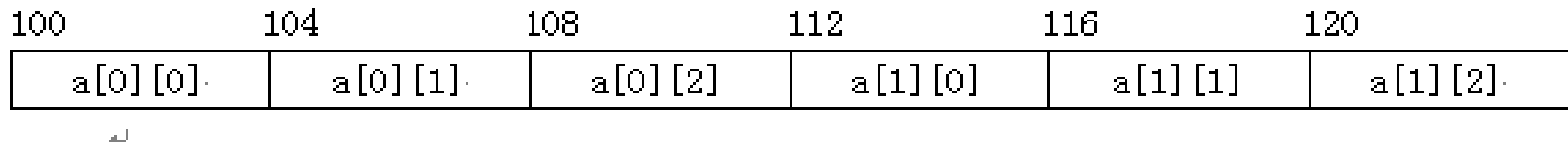
二维数组的存放方式

- `int a[2][3]` 在内存中的存放方式:



二维数组的存放方式

- `int a[2][3]` 在内存中的存放方式:



- 二维数组的每一行，实际上都是一个一维数组。

`a[0]`, `a[1]`都可以看作是一个一维数组的名字，可以直接当一维数组使用。

二维数组的初始化

```
int a[5][3]={ {80,75,92},{61,65},{59,63,70},{85,90},{76,77,85}};
```

每个内层的{}，初始化数组中的一行。

二维数组的初始化

```
int a[5][3]={ {80,75,92},{61,65},{59,63,70},{85,90},{76,77,85}};
```

每个内层的{}，初始化数组中的一行。

- 二维数组初始化时，如果对每行都进行了初始化，则也可以不给出行数：

```
int a[][3]={ {80,75,92},{61,65}};
```

a 是一个2行3列的数组，a[1][2]被初始化成0。

遍历二维数组

遍历一个二维数组，将其所有元素逐行依次输出：

```
#define ROW 20
#define COL 30
int a[ROW][COL];
for( int i = 0; i < ROW ; ++i) {
    for( int j = 0; j < COL ; ++j )
        cout << a[i][j] << " ";
    cout << endl;
}
```

矩阵乘法

编程求两个矩阵相乘的结果。输入第一行是整数 m, n , 表示第一个矩阵是 m 行 n 列的。接下来是一个 $m \times n$ 的矩阵。再下一行的输入是整数 p, q , 表示下一个矩阵是 p 行 q 列 ($n=p$) 再接下来就是一个 p 行 q 列的矩阵。要求输出两个矩阵相乘的结果矩阵($1 < m, n, p, q \leq 8$)。

输入样例: 输出样例:

2 3	10 19 30
2 4 5	4 8 16
2 1 3	
3 3	
1 1 1	
2 3 2	
0 1 4	

矩阵乘法

```
#include <iostream>
using namespace std;
#define ROWS 8
#define COLS 8
int a[ROWS][COLS];
int b[ROWS][COLS];
int c[ROWS][COLS]; //结果
int main()
{
    int m,n,p,q;
    cin >> m >> n;
    for(int i = 0;i<m; ++i) //读入a矩阵
        for(int j = 0; j < n; ++j)
            cin >> a[i][j];

    cin >> p >> q;
    for(int i = 0;i<p; ++i) //读入b矩阵
        for(int j = 0; j < q; ++j)
            cin >> b[i][j];
```

矩阵乘法

```
for(int i = 0; i < m; ++i) {  
    for(int j = 0; j < q; ++j) {  
        c[i][j] = 0;  
        for(int k = 0; k < n; ++k)  
            c[i][j] += a[i][k] * b[k][j];  
    }  
}  
for(int i = 0; i < m; ++i) {  
    for(int j = 0; j < q; ++j) {  
        cout << c[i][j] << " ";  
    }  
    cout << endl;  
}  
return 0;  
}
```

2 4 5

2 1 3

1 1 1

2 3 2

0 1 4