《计算概论》课程 程序设计部分

指针（1）

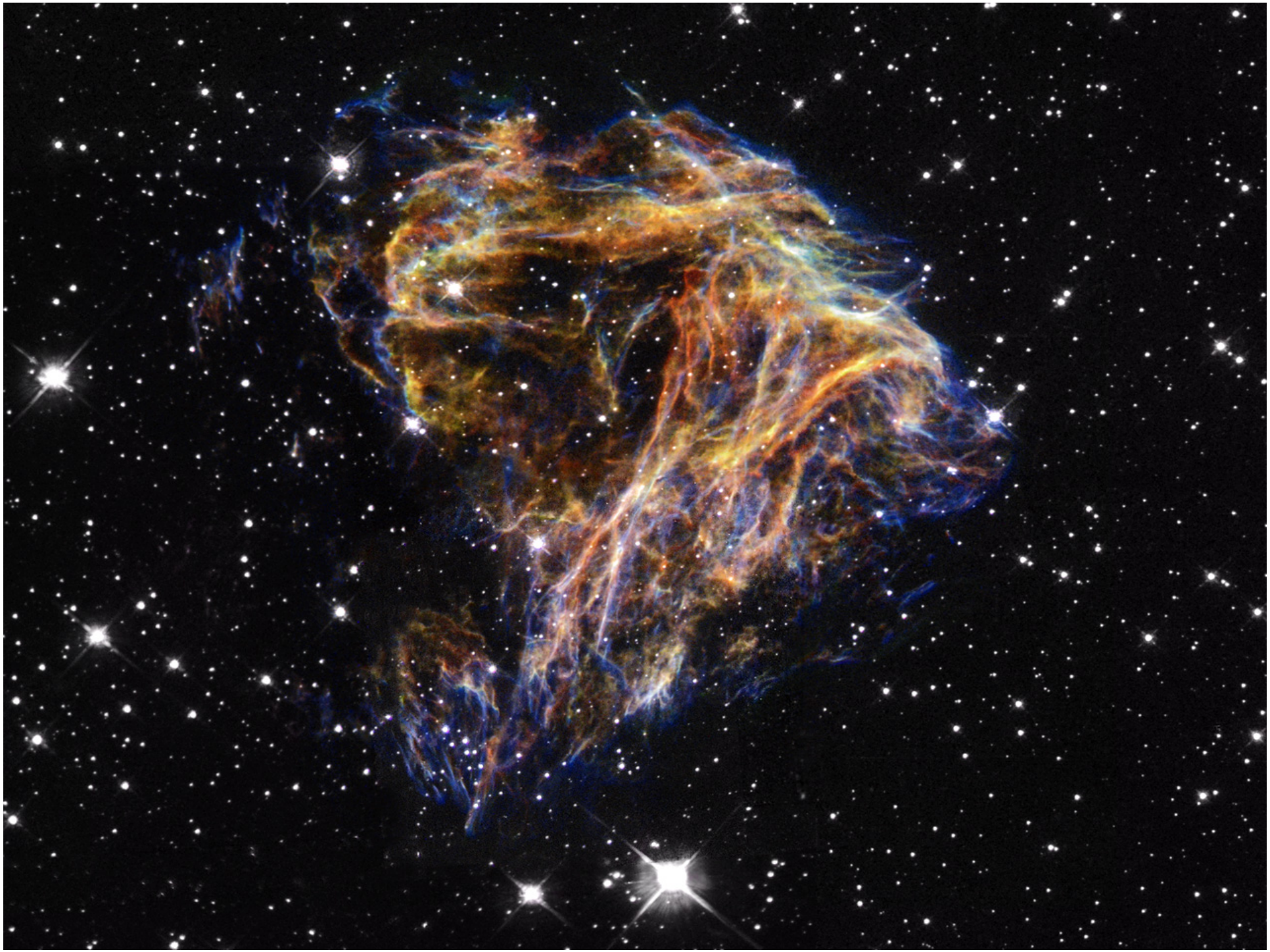
李　戈

北京大学 信息科学技术学院 软件研究所

lige@sei.pku.edu.cn

北京大学

什么是“指针”？



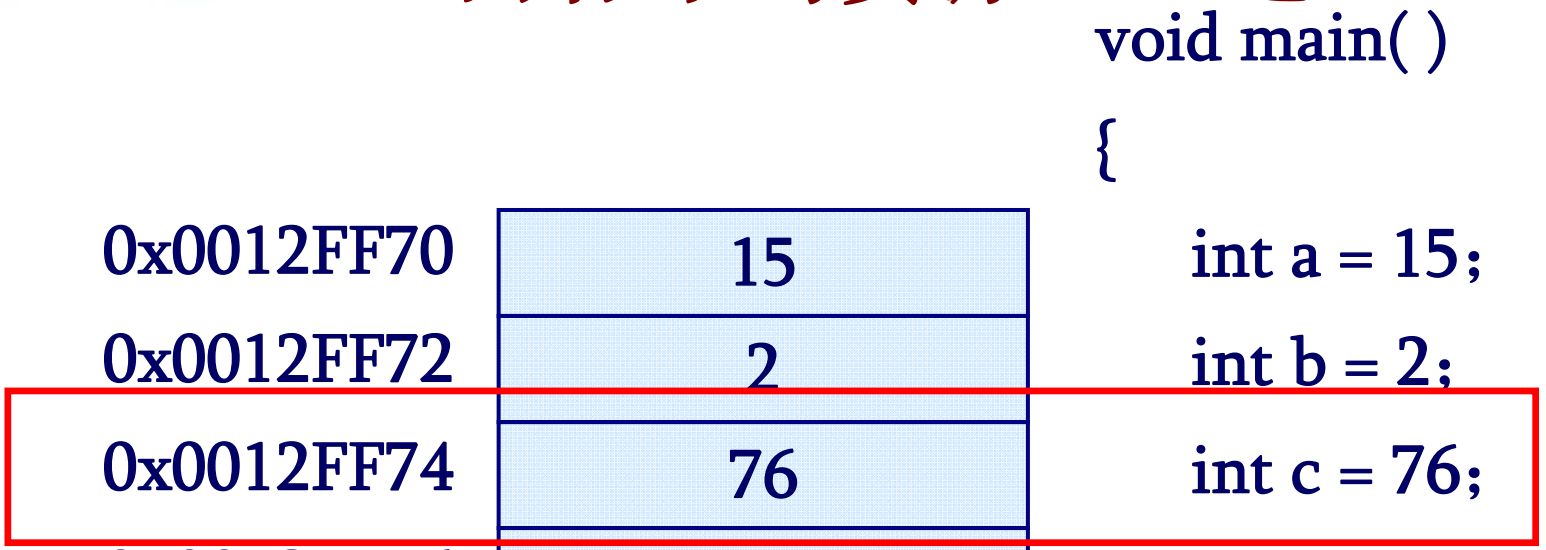
互联网上的资源——地址

http://www.nasa.gov/images/content/166502.jpg

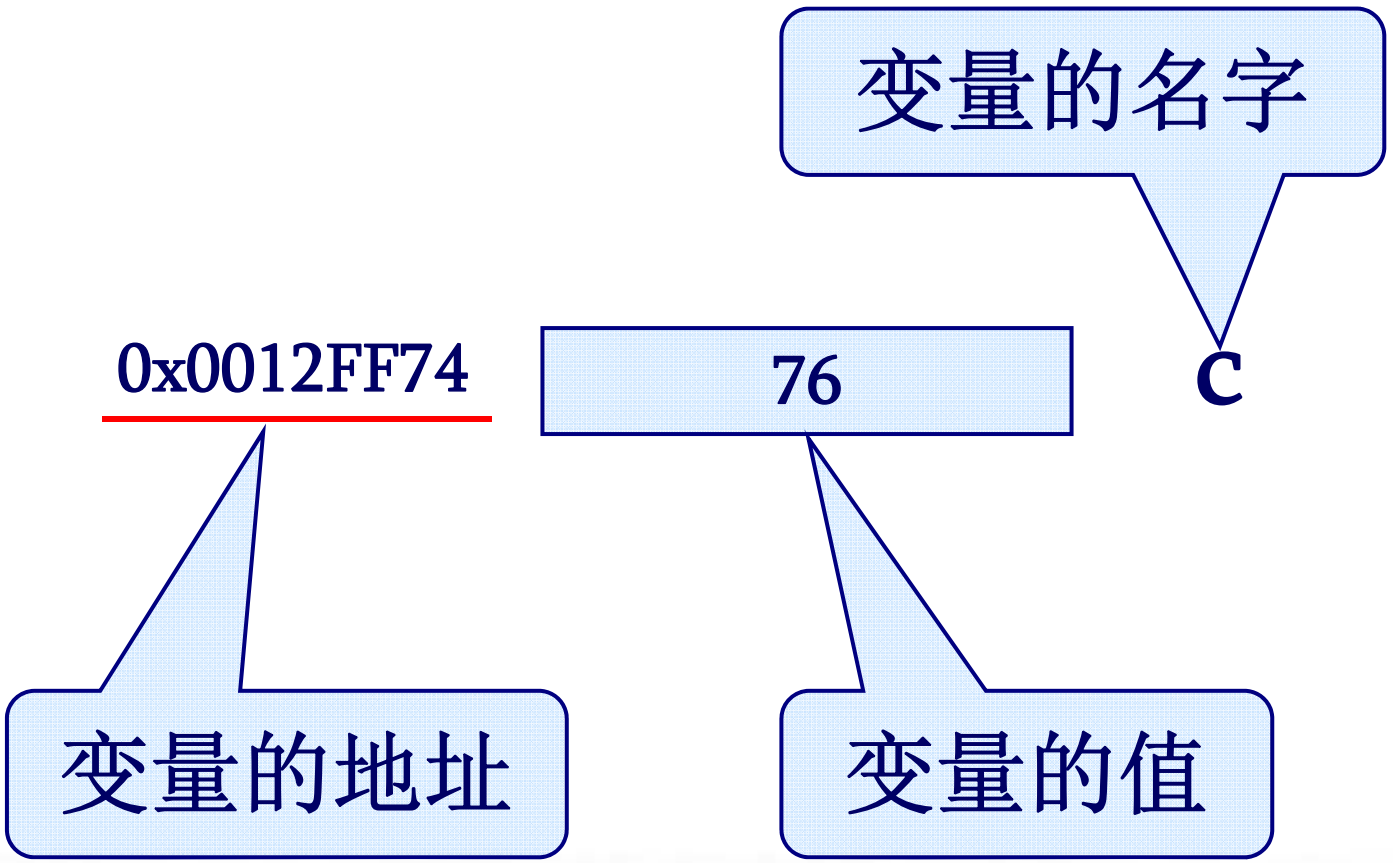
N49 Nebula

可以把“网址”称为 指向资源的“指针”

内存中的资源——地址



变量的三要素



内存中的资源——地址

把某个变量的地址称为“指向该变量的指针”

0x0012FF74 | 76 | C

http://www.nasa.gov/images/content/166502.jpg

N49 Nebula

北京大学

能不能拿到、看到一个变量的地址?

- 可以利用 取地址运算符“&”实现

- **cout<<&c<<endl;**
  - 结果：**12FF74**；（VC++6.0环境）
- **cout<<sizeof(&c)<<endl;**
  - 结果：**4**；（VC++6.0环境）

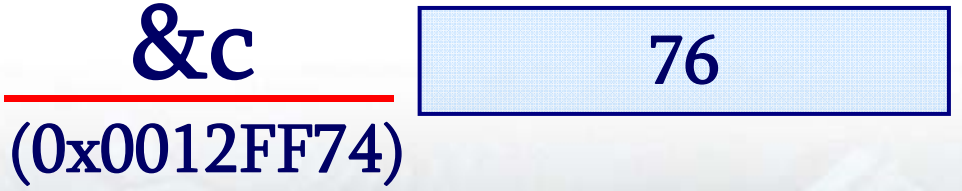
变量地址（指针）的作用

- 我们可以通过资源地址（指针）访问网络资源

http://www.nasa.gov/images/content/166502.jpg

N49 Nebula

- 计算机通过变量的地址（指针）操作变量



通过变量的地址（指针）操作变量

- 可以利用 指针运算符* 实现

*&c　　76　　c

- cout<< c <<endl;
- cout<<*&c<<endl;

通过变量的地址（指针）操作变量

- 可以利用 指针运算符* 实现

***&c　　等价于　　c**

编译时，编译器建立 变量名 到 地址 的映射

- **cout<< a <<endl;**　等价于 **cout<<*&a<<endl;**
  - 找到变量a的地址；
  - 从地址 0x0012FF74 开始的四个字节中取出数据；
  - 将取出的数据送到显示器；

什么叫“指针变量”？

存放地址（指针）的变量

- 我们可以设置一个变量，来存放网络资源的地址

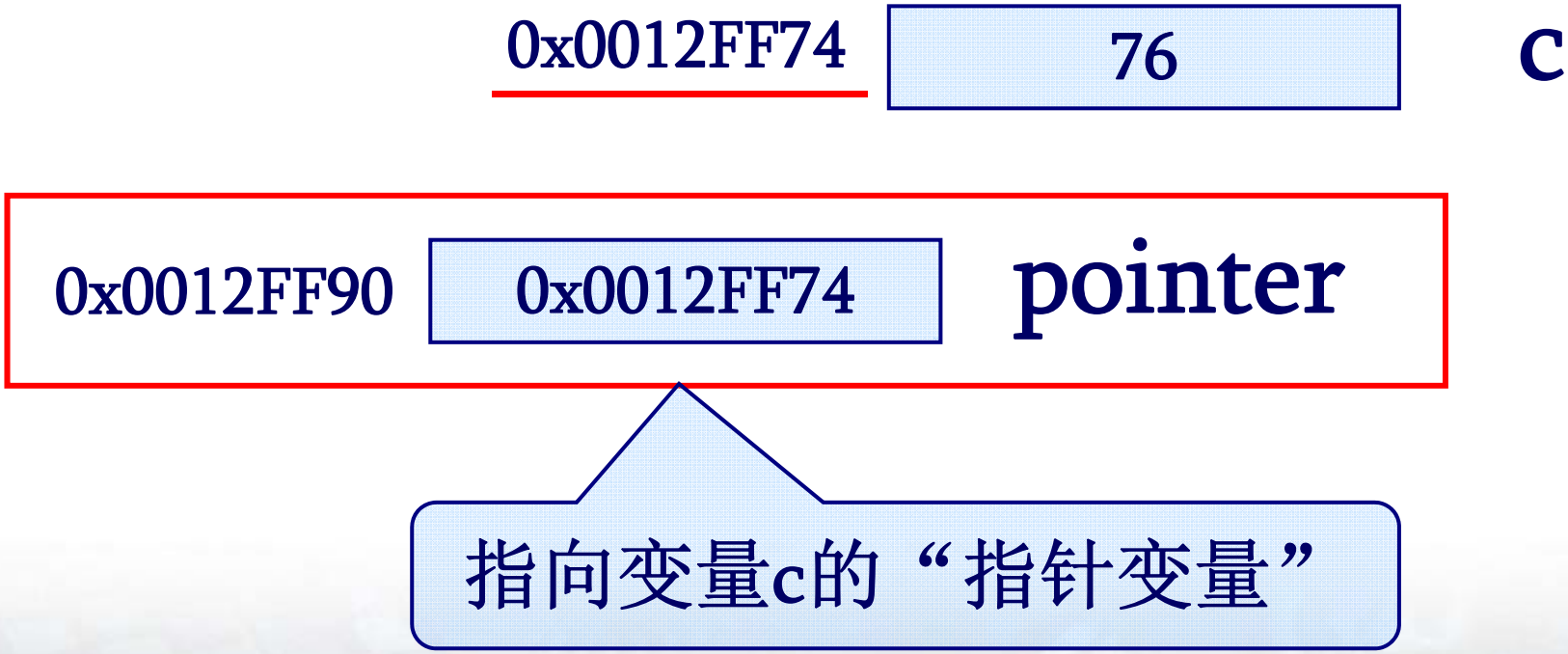
http://www.nasa.gov/images/content/166502.jpg

N49 Nebula

- 当然，我们也可以设置一个变量，来存放变量的地址（变量的指针）

指针变量

- 指针变量
  - 专门用于存放指针（某个变量的地址）的变量



指针变量的定义


```
int c = 76;          //定义int型变量c，并赋值76;
int *pointer;        //定义名字为pointer的指针变量;
        //“*”表示变量pointer的类型为指针类型;
pointer = &c;
        //将变量c的地址赋值给指针变量pointer;
        //赋值后，称指针变量pointer指向了变量c
```

指针变量的“基类型”

int * pointer ;

- 指针变量的基类型
- 指针运算符
- 指针变量的名字

基类型：指针变量指向的变量的类型

0x0012FF74 | 76（int型） | c

0x0012FF90 | 0x0012FF74 | pointer

指针变量的“基类型”

- 问题：
  - 指针变量是用来存放“变量的地址”的；
  - 既然“变量的地址”的格式都一样（VC6中4字节）；
  - 为什么还要指定指针变量的“基类型”？

```
int c = 76;              //定义int型变量c，并赋值76;
int *pointer;            //定义名字为pointer的指针变量;
pointer = &c;            //为指针变量赋值;
```

回顾：指针变量的定义、赋值

- 定义一个指向int型变量c的指针变量
  - **int *pointer ;**
  - **pointer = &c ;**

  定义时也可以进行初始化，写成：
  - **int *pointer = &c ;**
- 能不能写成：
  - **int *pointer ;**
  - **pointer = c ;**

绝对不行！

- 因为pointer是存放地址的变量，所以只能存放地址！

指针变量的使用

- 问题：
  - 既然指针变量中存放的是“某个变量的地址”；
  - 可否通过“指针变量”访问“它所指向的变量”呢？
- 例如：

  - 可否利用pointer访问到变量c的值“76”呢？

指针变量的使用

- 也利用 指针运算符* 实现

若有：

```
int c = 76;
int *pointer = &c;
```

则*pointer：

- 为“pointer所指向的存储单元的内容”；
- “pointer所指向的存储单元的内容” 是 变量c

指针变量也有自己的地址吗?

- 指针变量也是变量，是变量就有地址

```
int main()
{  int iCount= 18;
   int * iPtr = &iCount;
   *iPtr = 58;
   cout<<iCount<<endl;          58
   cout<<iPtr<<endl;            0x0067fe00
   cout<<&iCount<<endl;         0x0067fe00
   cout<<*iPtr<<endl;           58
   cout<<&iPtr<<endl;           0x0067fdfc
   return 0;
}
```

讨论：&*pointer的含义

- 设：
  - 定义整型变量 **int a = 3;**
  - 定义一个指向变量a的指针变量pointer
    - **int *pointer = &a;**
- **&*pointer的含义**
  - ***pointer等价于整型变量a**
  - **&*pointer等价于&a;**
  - **（*pointer）++ 等价于 a++;**

& 与 * 的运算优先级

- 与其他运算符相比
  - 高于算术运算符
- 几个同级的运算符
  - *, &, ++, --
  - 按照自右而左的结合方向
- 如：
  - &*pointer = &(*pointer)
  - *&a = * (&a)
  - （*pointer）++ 不等于 *pointer++

讨论：iPtr++的含义

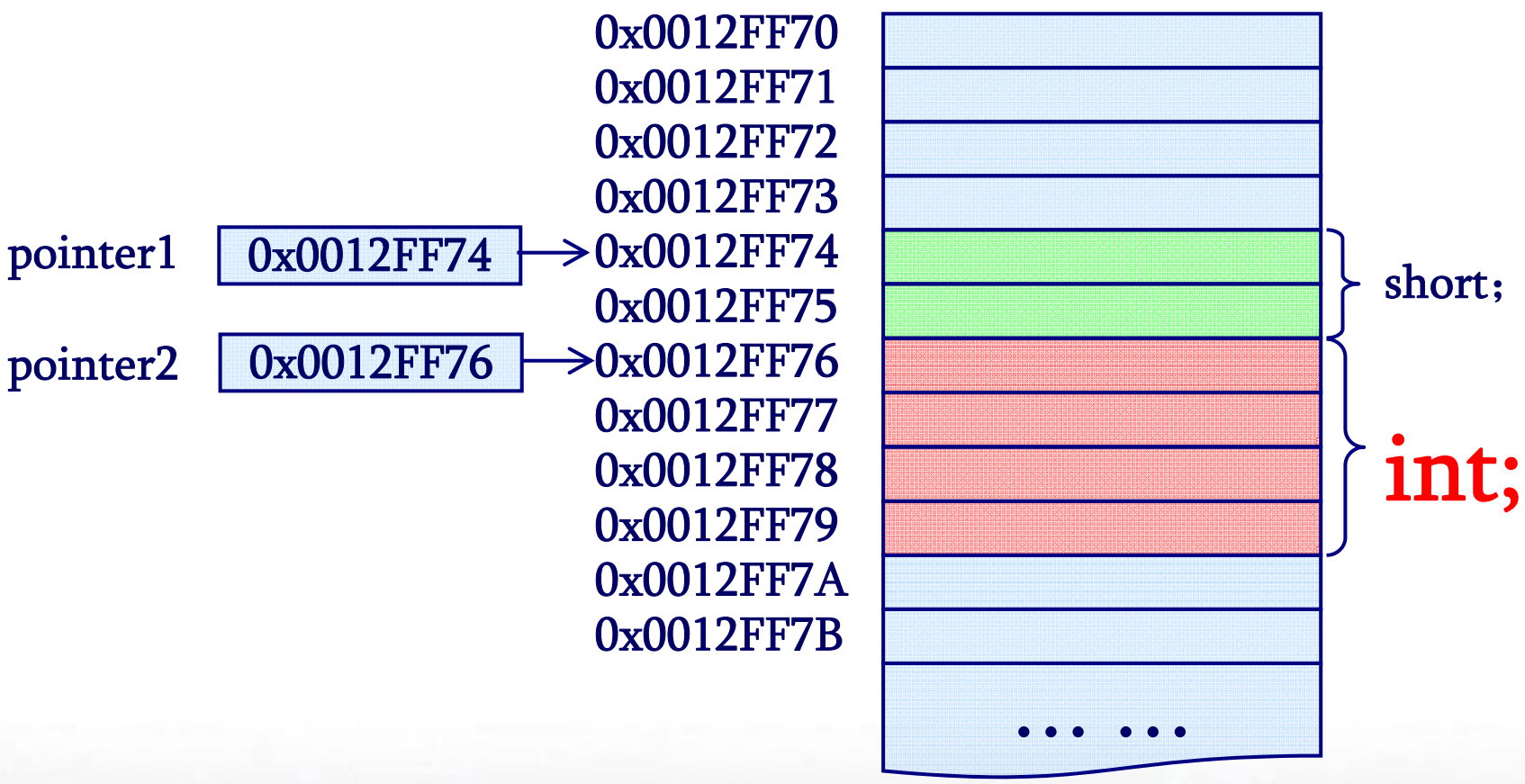
- 假设iPtr所保存的地址是0x00000100
  - 若iPtr指向一个整型元素（占四个字节），

    则iPtr++等于iPtr+1*4 = 0x00000104
  - 若iPtr指向一个实型元素（占四个字节），

    则iPtr++等于iPtr+1*4 = 0x00000104
  - 若iPtr指向一个字符元素（占一个字节），

    则iPtr++等于iPtr+1*1 = 0x00000101

为何要指定指针变量的“基类型”？



指针使用举例

指针的使用示例

```
void main( )
{
   int c;
   int *pointer;
   c = 76;
   pointer = &c;
   cout<<*pointer<<endl;
}
```

- cout<<*pointer<<endl;
  - 相当于 cout<<c<<endl;
  - 结果：76

指针的使用示例

```
void main( )
{
   int c;
   int *pointer;
   c = 76;
   pointer = &c;
   cout<<*pointer<<endl;
}
```

可否写成：*pointer = &c;

指针的使用示例

```
void main( )
{
   int c;
   int *pointer;
   c = 76;
   pointer = &c;
   cout<<*pointer<<endl;
}
```

可否写成：*pointer = 72;

指针变量的初始化

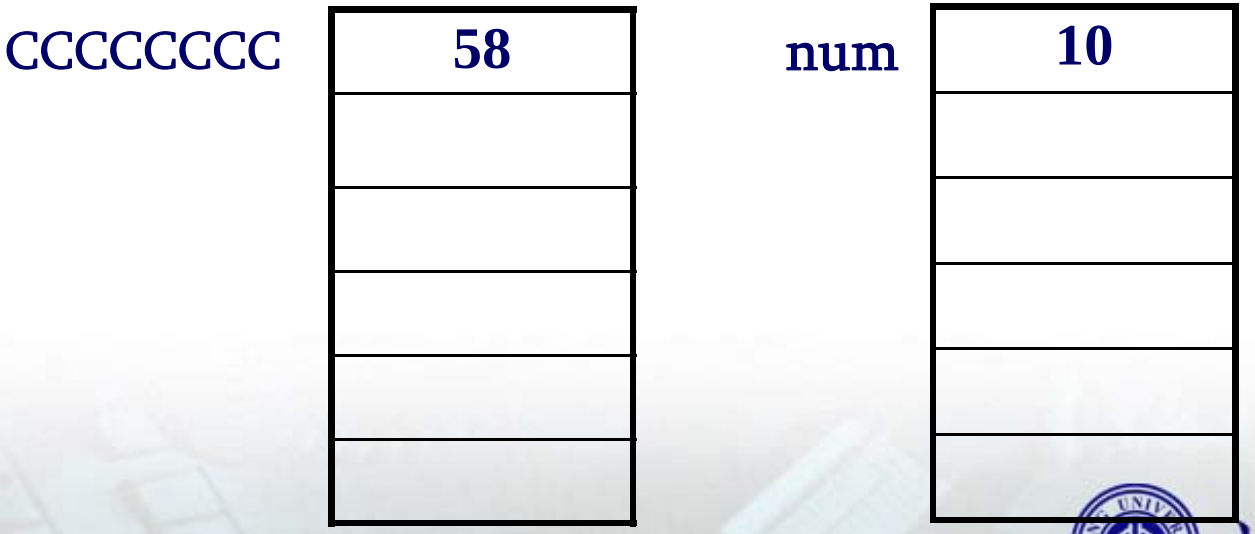
- 指针定义却不赋初值

```
int num;
int *iPtr;
num = 10;
*iPtr = 58;
```

(num = -858993460)

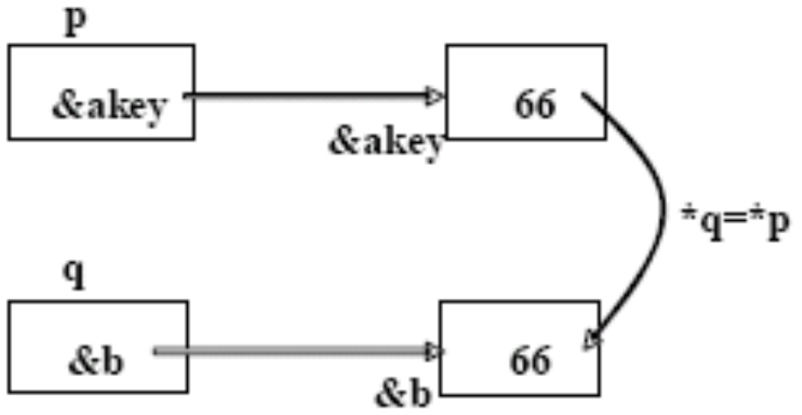
(iPtr = CCCCCCCC)

危险！地址CCCCCCCC可能不在用户区



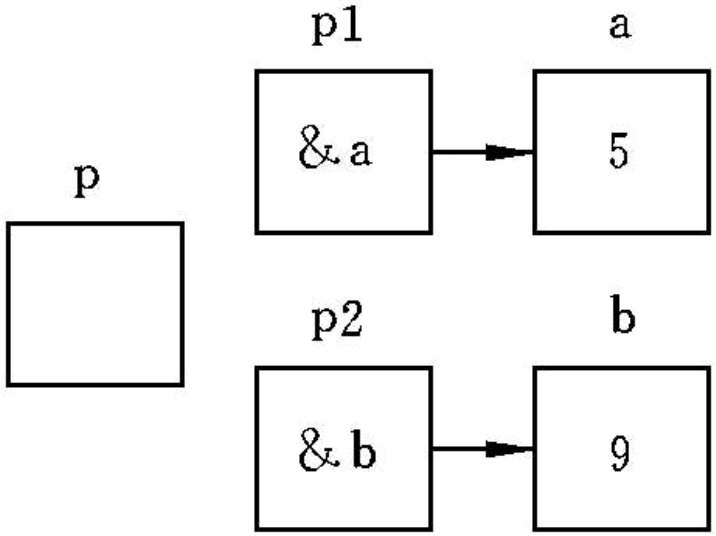
程序举例（1）

```
void main()
{
    int akey = 0, b = 0;
    int *p = NULL, *q = NULL;
    akey = 66;
    p = &akey;
    q = &b;
    *q = *p;
    cout<<“b = ”<<b<<endl;
    cout<<“*q = ”<<*q<<endl;
}
```



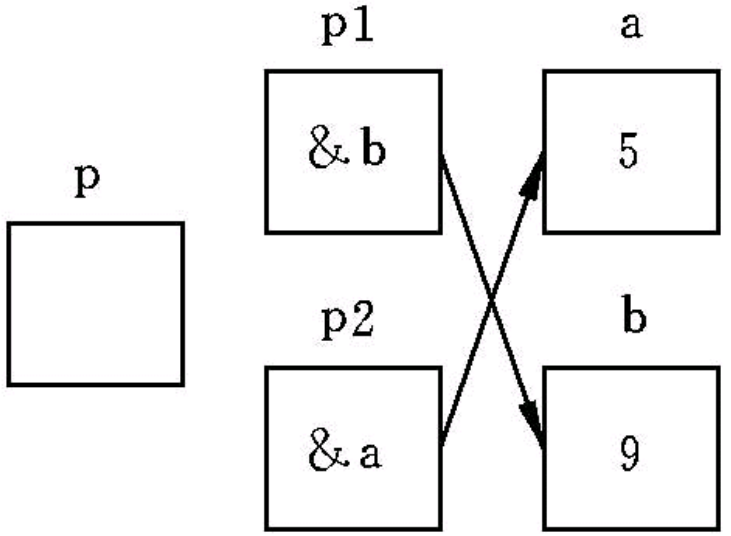
程序举例（2）

```
void main()
{
    int *p1, *p2, *p;
    int a, b;
    cin>>a>>b;
    p1 = &a;   p2 = &b;
    if (a<b)
        { p = p1; p1 = p2; p2 = p; }
    cout<<"a = "<<a<<", b = "<<b<<endl;
    cout<<"max="<<*p1<<", min="<<*p2<<endl;
}
```



程序举例（2）

```
void main()
{
    int *p1, *p2, *p;
    int a, b;
    cin>>a>>b;
    p1 = &a;   p2 = &b;
    if (a<b)
        { p = p1; p1 = p2; p2 = p; }
    cout<<"a = "<<a<<", b = "<<b<<endl;
    cout<<"max="<<*p1<<", min="<<*p2<<endl;
}
```



数组与指针

指向数组元素的指针

```
#include<iostream.h>
void main()
{
  int a[5]={1,2,3,4,5};
  int *p = &a[3];
  cout<<*p<<endl;
  *p = 100;
  cout<<a[3]<<endl;
}
```

指向数组元素的指针

```
#include<iostream.h>
void main()
{
  int a[5]={10, 11, 12, 13, 14};
  cout<<a<<endl;
  int *p = a;
  cout<<*(++p)<<endl;
}
```

指向数组元素的指针

```
#include<iostream.h>
void main()
{
  int a[5]={10, 11, 12, 13, 14};
  cout<<a<<endl;
  cout<<*a<<endl;
  cout<<&a[0]<<endl;
  cout<<a[0]<<endl;
}
```

数组的地址（数组的指针）

- 数组名代表数组首元素的地址

【数组名是指向数组第一个元素的指针】

- 对于数组 a[10]，数组名a代表数组a[10]中第一个元素a[0]的地址；
  - 即 a 与 &a[0] 等价
- 注意：
  - a是地址常量，不是变量，不能给a赋值。

数组的元素

- int a[10]
  - 定义了10个存放int型数据的连续空间；
- a + n
  - “a+n”代表数组a中第n+1个元素的地址。
    - 则a+1是数组a[10]的第2个元素a[1]的地址
- 指向数组元素的指针可以用做下标，
  - [ ]与*的作用相同
  - 如：a[i]与*(a+i)等价

利用指针变量引用数组元素

- 若定义
  - 数组 **int a[10]；** 指针**int *pointer;**
- 则：
  - **pointer = a；** 等价于 **pointer = &a[0];**
- 数组访问
  - **pointer + i ；** 等价于 **a + i；** 等价于 **&a[i];**
  - ***(pointer + i)** 等价于 ***(a + i)** 等价于 **a[i]**
- 表示形式
  - **pointer[i]** 等价于 ***(pointer + i)**

需要注意的问题

- **int *p = &a[0];**
  - **a++是没有意义的， 但p++会引起p变化。**
  - **p可以指向数组最后一个元素以后的元素。**
- 指针做加减运算时一定注意有效的范围

```
int a[5];
int *iPtr = &a[1];
iPtr --;          (指向&a[0])
*iPtr = 3;        (ok, a[0]=3)
iPtr --;          (指向&a[-1], dangerous)
*iPtr = 6;        (damage)
```

需要注意的问题

- 若定义 int a[5] = {1,2,3,4,5}；int *p;
  - 设当前：i=3, a[i]=4;
  - 则：t=*p--相当于t=a[i--]
- 特别注意：
  - *++p 相当于a[++i]，先将p自加，再作*运算。
  - *--p 相当于a[--i]，先使p自减，再作*运算。
  - *p++ 相当于a[i++]，先做*运算，再将p自加。
  - *p-- 相当于a[i--]，先做*运算，再将p自加。

程序举例

- 利用指针实现数组a的输入输出

```
int main( )
{  int *p, i,  a[10];
   p = a;
   for (i = 0;i < 10;i++)
         cin >> *p++;
   p=a;
   for (i = 0 ;i < 10;i++)
         cout << *p++;
   return 0;
}
```

程序举例

```
#include<iostream.h>
void main()
{
    int a[5]={1, 2, 3, 4, 5};
    int *p = &a[3];
    *p = 100;
    cout<<*p++<<endl;
    cout<<*p--<<endl;
    cout<<*--p<<endl;
}
```

练习—使用指针代替数组下标

```
int main()
{
    int a[10],i;
    for (i=0;i<10;i++)
        cin >> a[i];
    for (i=9;i>=0;i--)
        cout<<setw(3)<<a[i];
    return 0;
}
```

```
int main( )
{
    int a[10], i, *p=a;
    for (i= 0;i<10;i++)
        cin >> *p++;
    for (p--;p>=a; )
        cout<<setw(3)<<*p--;
    return 0;
}
```

练习—倒置数组元素

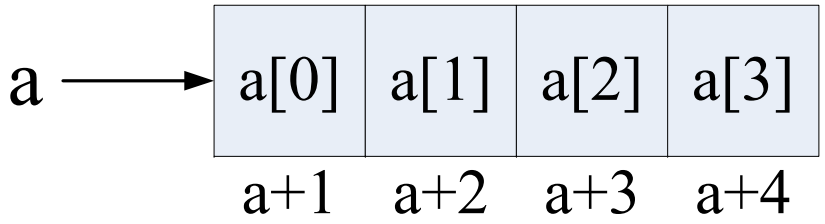
```
#include<iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int main()
{  int a[10], *p = NULL, *q = NULL, temp;
   for(p = a; p < a + 10; p++)
        cin >> *p;
   for(p = a, q = a + 9; p < q; p++, q--)
   {
        temp = *p; *p = *q; *q = temp;
   }
   for(p = a; p < a + 10; p++)
        cout << setw(3) << *p;
   return 0;
}
```

二维数组与指针

北京大学

二维数组的地址

- 一维数组的地址
  - int a[4] = {1,3,5,7}

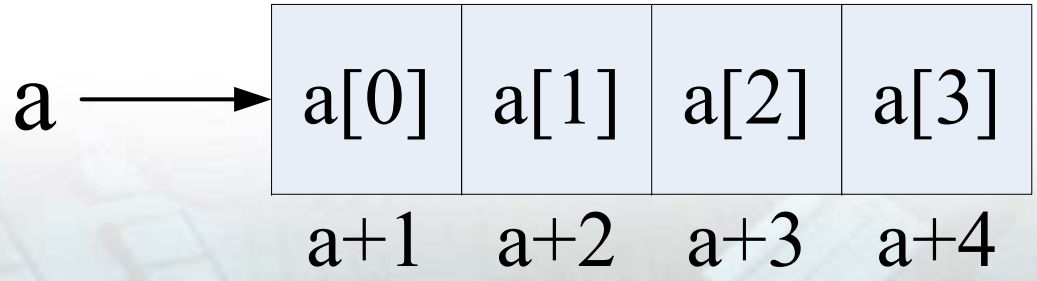



```
#include<iostream.h>
void main()
{
    int a[4]={1,3,5,7};
    cout<<"a      = "<<a<<endl;
    cout<<"&a[0]  = "<<&a[0]<<endl;
    cout<<"a+1    = "<<a+1<<endl;
    cout<<"&a[0]+1 = "<<&a[0]+1<<endl;
    cout<<"&a[1]  = "<<&a[1]<<endl<<endl;
    cout<<"&a     = "<<&a<<endl;
    cout<<"&a+1   = "<<&a+1<<endl<<endl;
}
```

```
a        = 0x0013FF70
&a[0]    = 0x0013FF70
a+1      = 0x0013FF74
&a[0]+1  = 0x0013FF74
&a[1]    = 0x0013FF74

&a       = 0x0013FF70
&a+1     = 0x0013FF80

Press any key to continue
```

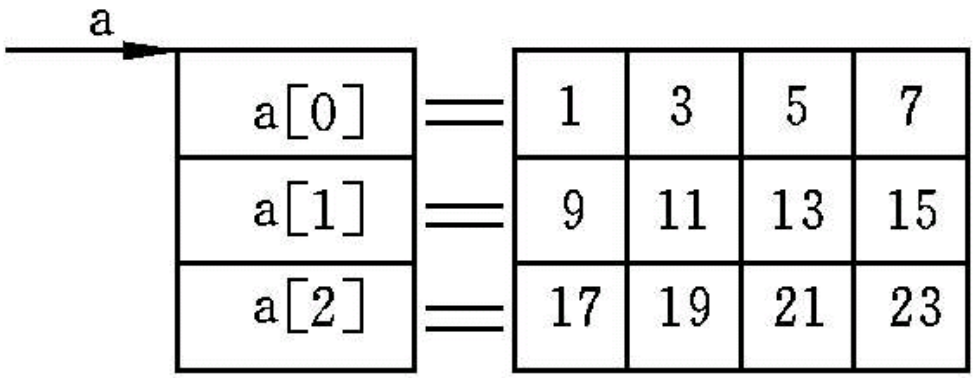
二维数组的地址

- 一维数组的地址
  - **int a[4] = {1,3,5,7}**
  - **a 是“指向数组第一个元素”的指针；即a等价于&a[0];**
  - ***a是数组的第一个元素a[0]；即*a等价于a[0] ;**
    - ***a相当于“下沉”了一级;**
  - **&a是“指向数组”的指针；&a+1将跨越16个字节;**
    - **&a相当于“上浮”了一级;**



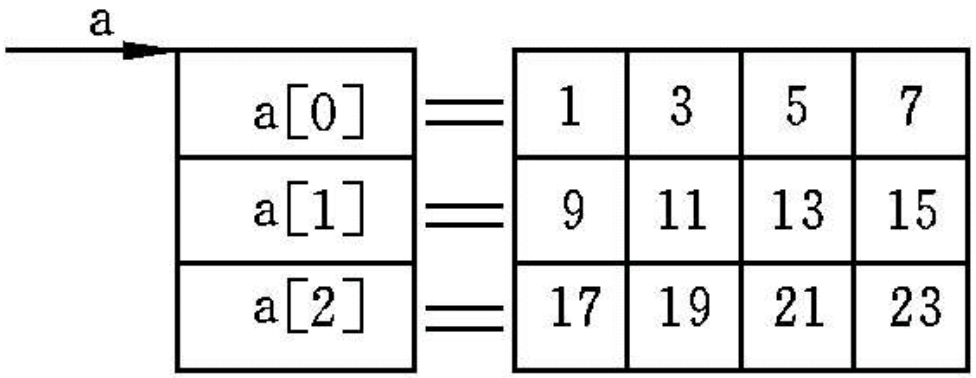
北京大学

二维数组的地址



二维数组的地址

- 定义二维数组
  - **int a[3][4]** 相当于 **int a[3] [4]；**
  - 定义了三个存放 **“a [4]”**型数据的存储单元，
    - 他们的名字分别为：**a[0], a[1], a[2]**
  - 二维数组**a[3][4]**包含三个元素：**a[0], a[1], a[2]**
    - 每个元素都是一个“包含四个整型元素”的数组

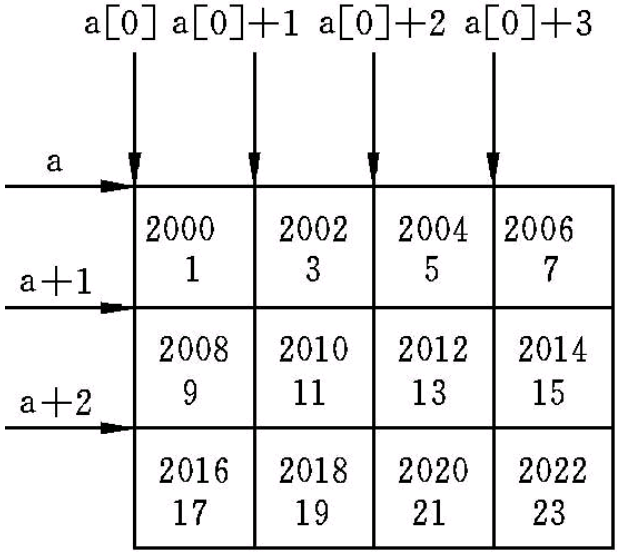


二维数组的地址

- 二维数组的地址
  - **int a[3][4] = {{1,3,5,7},{9,11,13,15},{17,19,21,23}};**
  - 由对一维数组的分析可知：
    “数组名是指向数组第一个元素的指针”；
  - 且二维数组的第一个元素是**a[0]**
    - **a[0]**是一个“包含四个整型元素”的一维数组；
  - 因此可以做出各种推断：
    - **a**与**&a[0]**等价；**a[0]**与**&a[0][0]**等价；
    - **a[0]**与***a**等价；**a[0][0]**与****a**等价；

二维数组的地址

```
#include<iostream.h>
void main()
{
    int a[3][4]={{1,3,5,7,},{9,11,13,15},{17,19,21,23}};

    cout<<"        a = "<<a<<endl;
    cout<<"     &a[0] = "<<&a[0]<<endl<<endl;

    cout<<"      a+1 = "<<a+1<<endl;
    cout<<"   &a[0]+1 = "<<&a[0]+1<<endl<<endl;

    cout<<"       *a = "<<*a<<endl;
    cout<<"     a[0] = "<<a[0]<<endl;
    cout<<"  &a[0][0] = "<<&a[0][0]<<endl<<endl;

    cout<<"     *a+1 = "<<*a+1<<endl;
    cout<<"    a[0]+1 = "<<a[0]+1<<endl;
    cout<<"&a[0][0]+1 = "<<&a[0][0]+1<<endl<<endl;
}
```



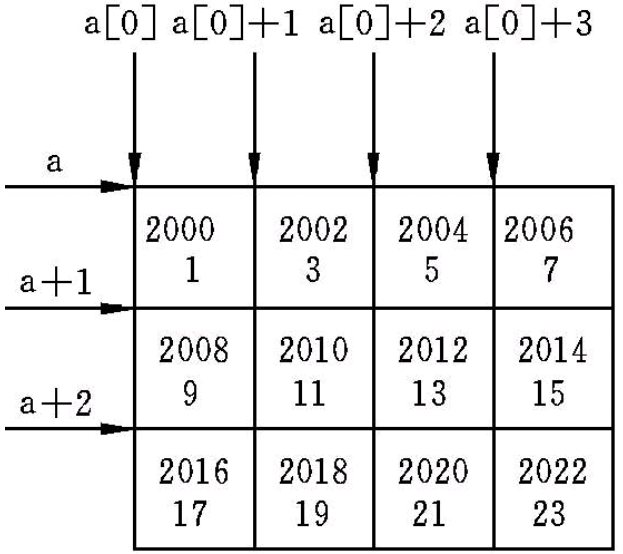
二维数组的地址

```
#include<iostream.h>
void main()
{
    int a[3][4]={{1,3,5,7,},{9,11,13,15},{17,19,21,23}};

    cout<<"       a = "<<a<<endl;
    cout<<"    &a[0] = "<<&a[0]<<endl<<endl

    cout<<"     a+1 = "<<a+1<<endl;
    cout<<"  &a[0]+1 = "<<&a[0]+1<<endl<<

    cout<<"      *a = "<<*a<<endl;
    cout<<"     a[0] = "<<a[0]<<endl;
    cout<<" &a[0][0] = "<<&a[0][0]<<endl<<

    cout<<"    *a+1 = "<<*a+1<<endl;
    cout<<"   a[0]+1 = "<<a[0]+1<<endl;
    cout<<"&a[0][0]+1 = "<<&a[0][0]+1<<end
}
```

```
       a = 0x0013FF50
    &a[0] = 0x0013FF50

     a+1 = 0x0013FF60
  &a[0]+1 = 0x0013FF60

      *a = 0x0013FF50
     a[0] = 0x0013FF50
 &a[0][0] = 0x0013FF50

    *a+1 = 0x0013FF54
   a[0]+1 = 0x0013FF54
&a[0][0]+1 = 0x0013FF54

Press any key to continue
```

二维数组的地址

```
#include<iostream.h>
void main()
{
    int a[3][4]={{1,3,5,7,},{9,11,13,15},{17,19,21,23}};

    cout<<"       a = "<<a<<endl;
    cout<<"    &a[0] = "<<&a[0]<<endl<<endl;

    cout<<"     a+1 = "<<a+1<<endl;
    cout<<"  &a[0]+1 = "<<&a[0]+1<<endl<<endl;

    cout<<"     a[1] = "<<a[1]<<endl;
    cout<<"    &a[1] = "<<&a[1]<<endl;
    cout<<"   *(a+1) = "<<*(a+1)<<endl<<endl;

    cout<<"     *a+1 = "<<*a+1<<endl<<endl;

    cout<<"       &a = "<<&a<<endl;
    cout<<"     &a+1 = "<<&a+1<<endl;
}
```



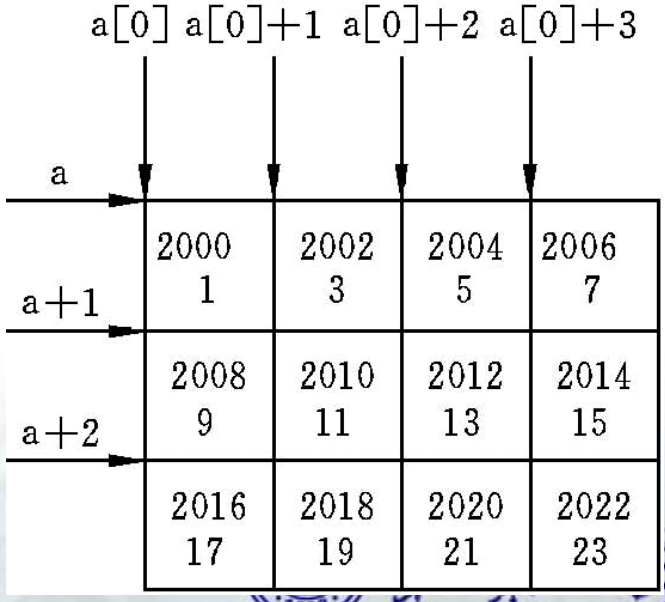
二维数组的地址

```
#include<iostream.h>
void main()
{
    int a[3][4]={{1,3,5,7,},{9,11,13,15},{17,19,21,23}};

    cout<<"       a = "<<a<<endl;
    cout<<"    &a[0] = "<<&a[0]<<endl<<endl;

    cout<<"     a+1 = "<<a+1<<endl;
    cout<<"  &a[0]+1 = "<<&a[0]+1<<endl<<endl;

    cout<<"     a[1] = "<<a[1]<<endl;
    cout<<"    &a[1] = "<<&a[1]<<endl;
    cout<<"   *(a+1) = "<<*(a+1)<<endl<<endl;

    cout<<"     *a+1 = "<<*a+1<<endl<<endl;

    cout<<"       &a = "<<&a<<endl;
    cout<<"     &a+1 = "<<&a+1<<endl;
}
```

```
       a = 0x0013FF50
    &a[0] = 0x0013FF50

     a+1 = 0x0013FF60
  &a[0]+1 = 0x0013FF60

     a[1] = 0x0013FF60
    &a[1] = 0x0013FF60
   *(a+1) = 0x0013FF60

     *a+1 = 0x0013FF54

       &a = 0x0013FF50
     &a+1 = 0x0013FF80
```

二维数组的地址

- 二维数组地址
  - **int a[3][4] = {{1,3,5,7},{9,11,13,15},{17,19,21,23}};**
  - **数组名a是“指向数组第一个元素”的指针；**
  - **“*a”等价于a[0]，相当于让a下沉了一级；**
  - **“&a”表示“指向二维数组”的指针，相当于上浮了一级；**
- 几个有用的结论
  - **a, a[0], &a[0][0]有相同的值；**
  - **a+1表示第1行的地址；**
  - ***(a+1)表示第1行第0列的地址；**
  - ***a+1表示第0行第1列的地址；**
  - **a[0]+1表示第0行第1列的地址；**



二维数组的元素

练习：

a

a[0],*(a+0),*a;

a+1, &a[1],

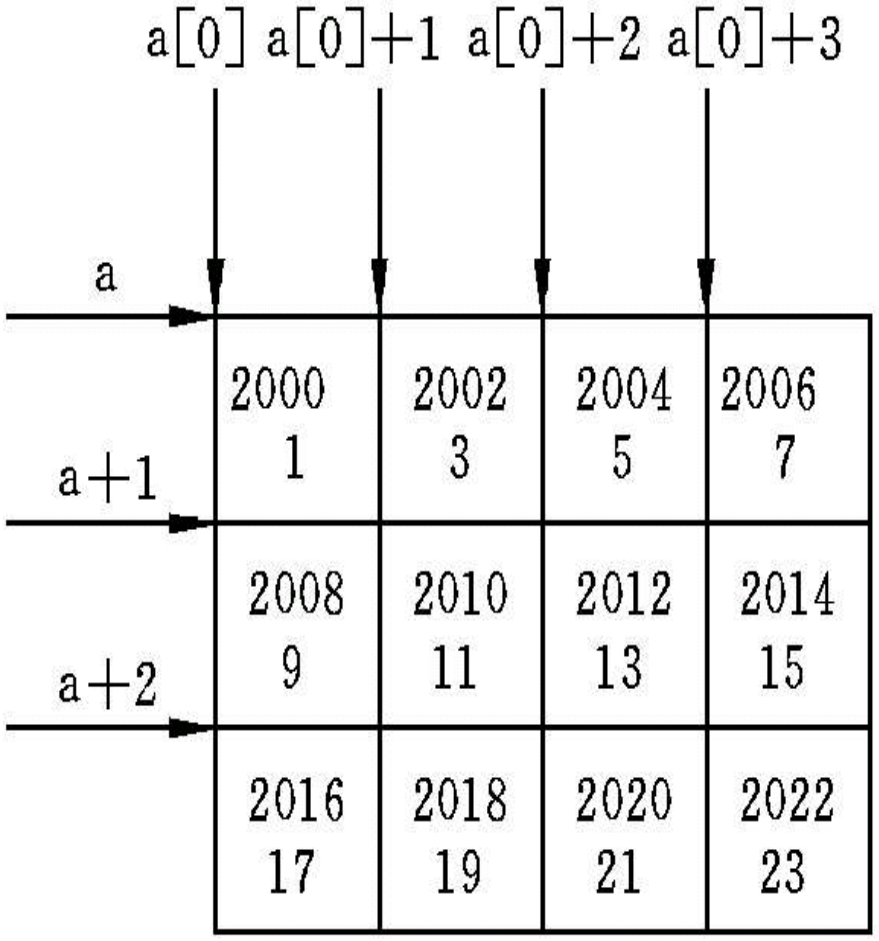
a[1], *(a+1),

a[1]+2, *(a+1)+2, &a[1][2]

***(a[1]+2),**

***(*(a+1)+2)**

a[1][2]



好好想想，有没有问题?

谢　谢　！

北京大学