
北京大学

# 《计算概论A》课程 程序设计部分

# 结构体与链表

李　戈

北京大学信息科学技术学院

lige@sei.pku.edu.cn

# 本节内容

- 结构体
  - 什么是结构体
  - 结构体的使用
- 链表
  - 创建与操作
  - 双向链表
- 轻叩面向对象之门

# 经常遇到的情况

## 用一组变量来描述同一个“事物”

```
int     id;          //声明学号为int型;
char    name[20];  //声明姓名为字符数组;
char    sex;         //声明性别为字符型;
int     age;         //声明年龄为整型;
float   score;     //声明成绩为实型;
char    addr[30];  //声明地址为字符数组
```

# 经常遇到的情况

## 用一组变量来描述同一个“事物”

```
int     id;          //声明学号为int型;
char    name[20];  //声明姓名为字符数组;
char    sex;         //声明性别为字符型;
int     age;         //声明年龄为整型;
float   score;     //声明成绩为实型;
char    addr[30];  //声明地址为字符数组
```

# 构造一个新的 数据类型 ——结构体

```
struct student          //名字为 student 的结构体类型;
 {
      int     id;       //声明学号为int型;
      char    name[20]; //声明姓名为字符数组;
      char    sex;      //声明性别为字符型;
      int     age;      //声明年龄为整型;
      float   score;    //声明成绩为实型;
      char    addr[30]; //声明地址为字符数组
 };                      //注意大括号后的“;”
```

# 定义结构体类型的 变量

- 定义结构体变量的方式

（1）直接用已声明的结构体类型定义变量名

**student student1, student2;**

（结构体类型名）（结构体变量名）;

- 对比：

**int a;(student 相当于 int )**

**float a; (student 相当于 float )**

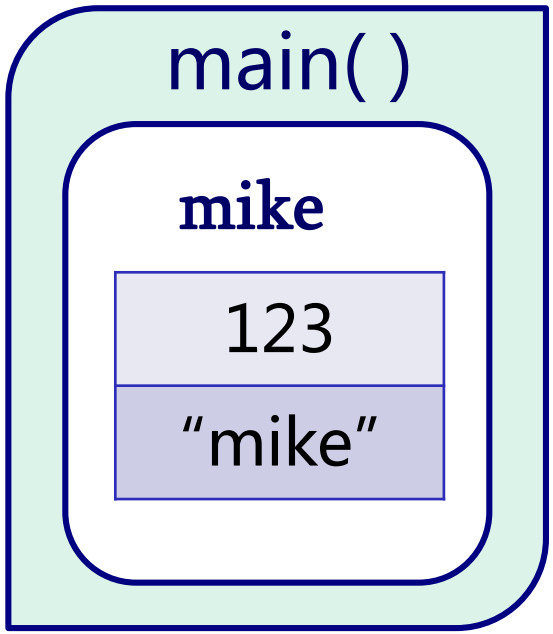
# 定义结构体类型的 变量

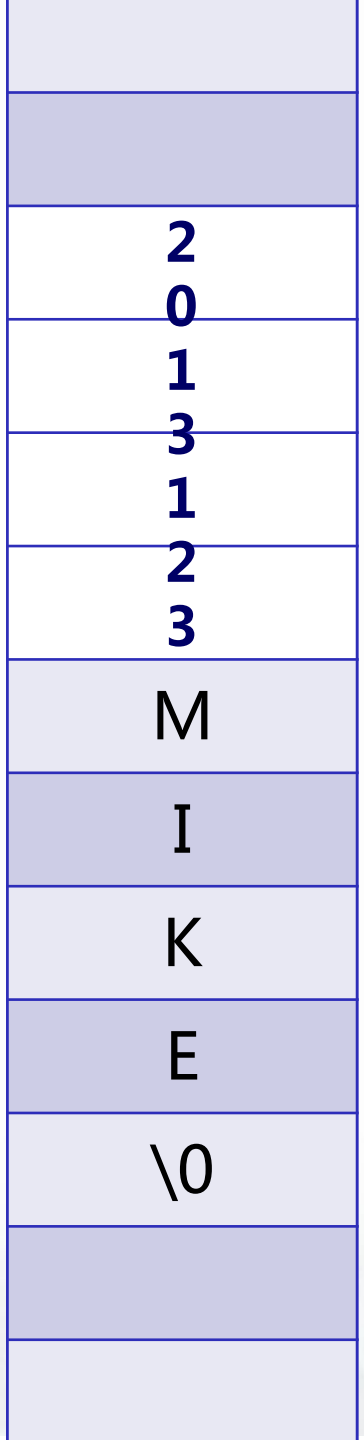
（2）在声明类型的同时定义变量

```
struct student          \\结构体的名字为“student”;
{     int     id;       \\声明学号为int型;
      char    name[20]; \\声明姓名为字符数组;
      char    sex;      \\声明性别为字符型;
      int     age;      \\声明年龄为整型;
      float   score;    \\声明成绩为实型;
      char    addr[30];     \\声明地址为字符数组
} lige_1, lige_2;           \\注意最后的“;”
```

# 定义结构体类型的 变量

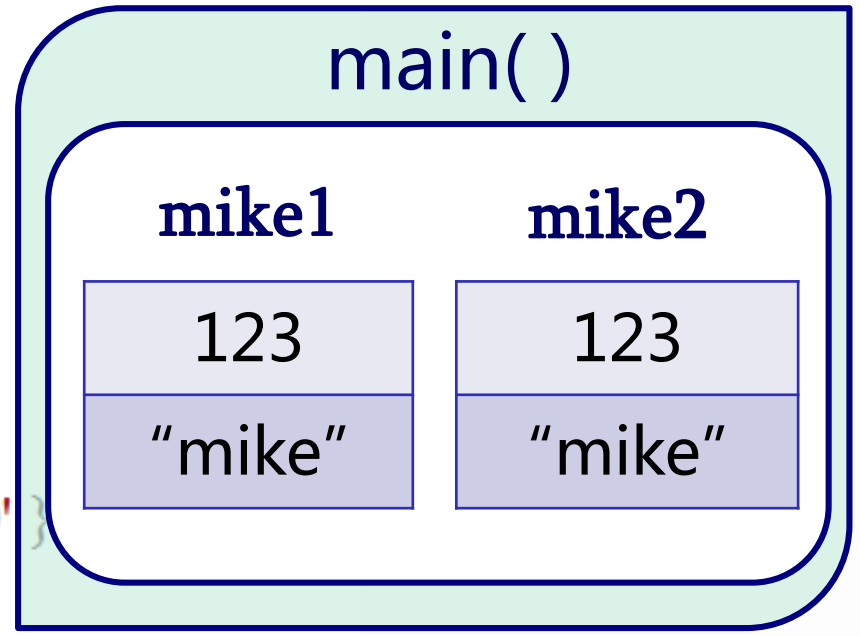
```
#include<iostream>
using namespace std;
struct student
{
    int id_num;
    char name[10];
};
int main()
{
    student mike = { 123, { 'm', 'i', 'k', 'e', '\0' } };
    mike.id_num = 20130000 + mike.id_num;
    for (int i = 0; mike.name[i] != '\0'; i++)
        mike.name[i] = toupper(mike.name[i]);
    cout << mike.id_num << " " << mike.name << endl;
    return 0;
}
```



# 结构体变量赋值

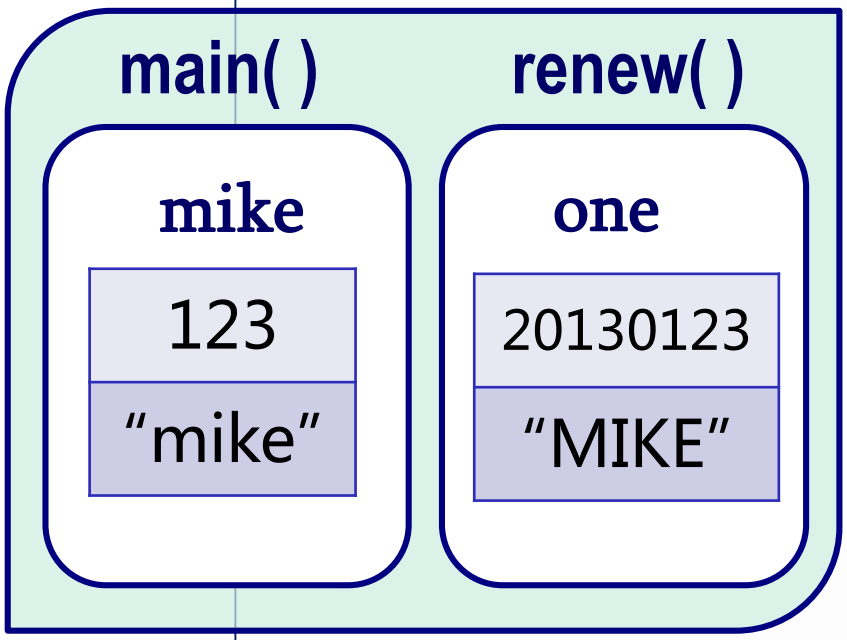
```
#include<iostream>
using namespace std;
struct student
{
   int id_num;
   char name[10];
};
int main()
{
   student mike1 = { 123, { 'm', 'i', 'k', 'e', '\0' } };
   student mike2;
   mike2 = mike1;
   mike2.id_num = 20130000 + mike2.id_num;
   for (int i = 0; mike2.name[i] != '\0'; i++)
      mike2.name[i] = toupper(mike2.name[i]);
   cout << mike1.id_num << " " << mike1.name << endl;
   cout << mike2.id_num << " " << mike2.name << endl;
   return 0;
}
```




结构体赋值
相当于
**Copy**一份
给对方

# 结构体做函数参数

```
#include<iostream>
using namespace std;
struct student
{
    int id_num;
    char name[10];
};
void renew(student one)
{
    one.id_num = 20130000 + one.id_num;
    for (int i = 0; one.name[i] != '\0'; i++)
        one.name[i] = toupper(one.name[i]);
    cout << one.id_num << " " << one.name << endl;
}
int main()
{
    student mike = { 123, { 'm', 'i', 'k', 'e', '\0' } };
    renew(mike);
    cout << mike.id_num << " " << mike.name << endl;
    return 0;
}
```




结构体做参数

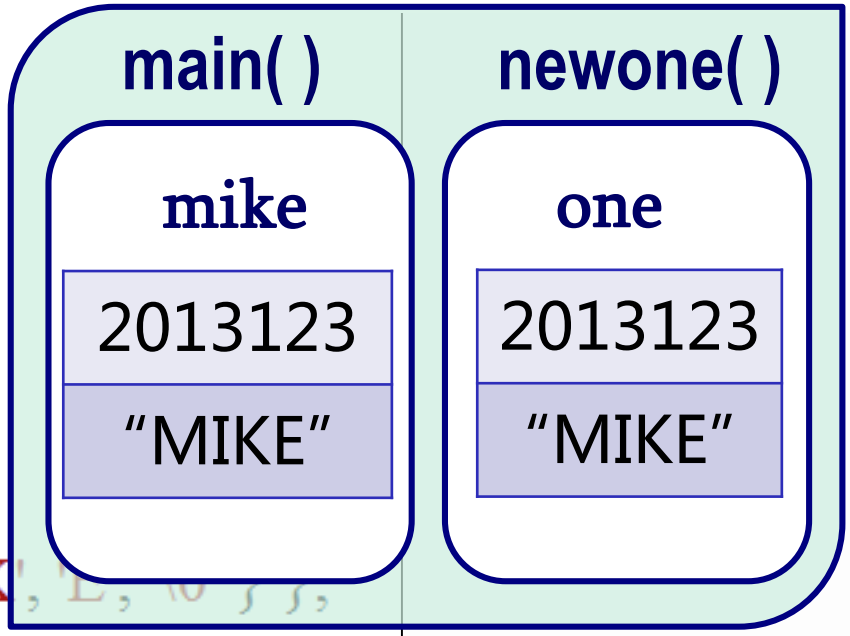
相当于

**Copy**一份

给函数

# 结构体做函数返回值

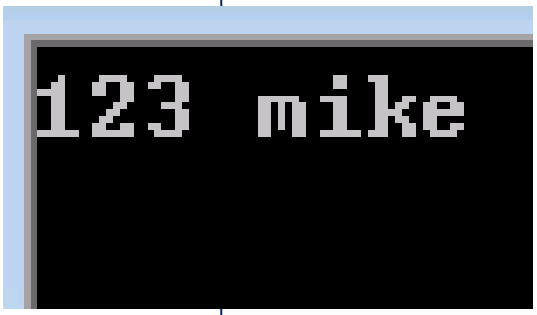
```
#include<iostream>
using namespace std;
struct student
{
    int id_num;
    char name[10];
};
student newone()
{
    student one = { 20130123, { 'M', 'I', 'K', 'E', '\0' } };
    return one;
}
int main()
{
    student mike = newone();
    cout << mike.id_num << " " << mike.name <<
    return 0;
}
```




结构体做返回值
相当于
**Copy**一份
给调用者

# 指向结构体的指针

```
#include<iostream>
using namespace std;
struct student
{
    int id_num;
    char name[10];
};
int main()
{
    student mike = { 123, { 'm', 'i', 'k', 'e', '\0' } };
    student *one = &mike;
    cout << (*one).id_num << " " << (*one).name;
    return 0;
}
```



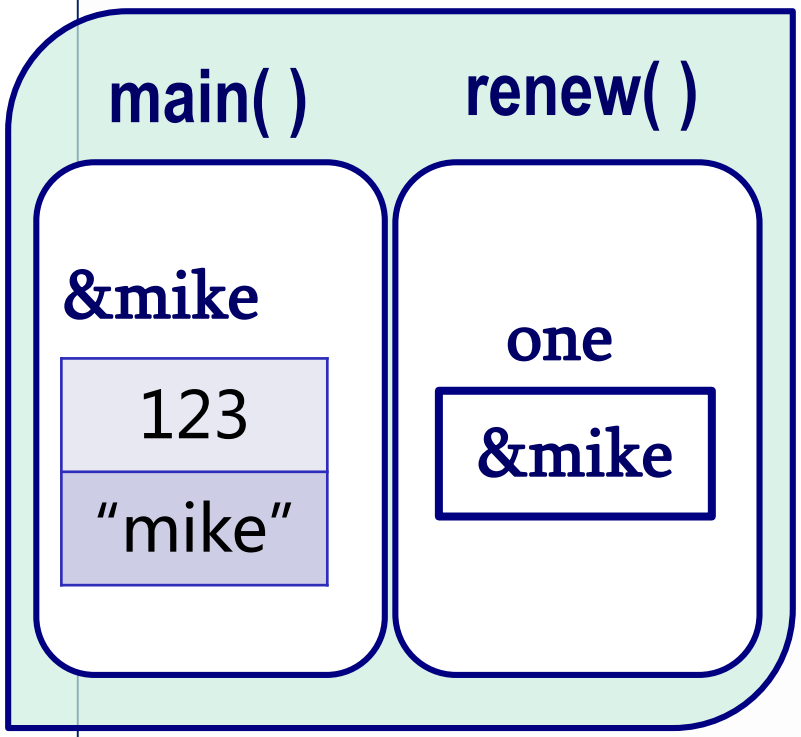
# 指向结构体的指针

```
#include<iostream>
using namespace std;
struct student
{
    int id_num;
    char name[10];
};
int main()
{
    student mike = { 123, { 'm', 'i', 'k', 'e', '\0' } };
    student *one = &mike;
    cout << one->id_num << " " << one->name;
    return 0;
}
```

```
123 mike
```

# 指向结构体的指针

```
#include<iostream>
using namespace std;
struct student
{
    int id_num;
    char name[10];
};
void renew(student *one)
{
    one->id_num = 20130000 + one->id_num;
    for (int i = 0; one->name[i] != '\0'; i++)
        one->name[i] = toupper(one->name[i]);
}
int main()
{
    student mike = { 123, { 'm', 'i', 'k', 'e', '\0' } };
    renew(&mike);
    cout << mike.id_num << " " << mike.name;
    return 0;
}
```




```
20130123 MIKE
```

# 结构体数组

```
#include<iostream>
using namespace std;
struct student
{
    int id_num;
    char name[10];
};
int main()
{
    student myclass[3] =
    { 123, { 'm', 'i', 'k', 'e', '\0' },
      133, { 't', 'o', 'm', '\0' },
      143, { 'j', 'a', 'c', 'k', '\0' } };
    student * one = myclass;
    cout << one->id_num << " " << one->name << endl;
    one++;
    cout << one->id_num << " " << one->name << endl;
    return 0;
}
```

- 数组名相当于指向数组第一个元素的指针；
- 指向元素的指针++,则跨过一整个结构体

# 小结

- 由上述分析可以看出：

**结构体数据类型的特性**

**与**

**普通数据类型的特性**

**是一致的。**

# 生日相同问题

- **Description**
  - 在一个有100人的大班级中，存在多个生日相同的同学概率非常大。现给出每个学生的学号，出生月日。请列出所有生日相同的同学。
- **Input**
  - 第一行为整数n，表示有n个学生，n<100。
  - 此后每行包含一个字符串和两个整数，分别表示学生的学号（字符串长度小于10）和出生月(1<=m<=12)日(1<=d<=31)。
  - 学号、月、日之间用一个空格分隔。
- **Output**
  - 对每组生日相同的学生，输出一行，
  - 其中前两个数字表示月和日，后面跟着所有在当天出生的学生的学号，数字、学号之间都用一个空格分隔。
  - 对所有的输出，要求按日期从前到后的顺序输出。
  - 对生日相同的学号，按输入的顺序输出。

# 生日相同问题

## 数组统计:

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a[0] | a[1] | a[2] | a[3] | a[4] | a[5] | a[6] | a[7] | a[8] | a[9] | a[10] | a[11] | a[12] |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a[0] | a[1] | a[2] | a[3] | a[4] | a[5] | a[6] | a[7] | a[8] | a[9] | a[10] | a[11] | a[12] | a[13] | a[14] | a[15] | a[16] | a[17] | a[18] | a[19] | a[20] | a[21] | a[22] | a[23] | a[24] | a[25] | a[26] | a[27] | a[28] | a[29] | a[30] | a[31] |

| | a[0] | a[1] | a[2] | a[3] | a[4] | a[5] | a[6] | a[7] | a[8] | a[9] | a[10] | a[11] | a[12] | a[13] | a[14] | a[15] | a[16] | a[17] | a[18] | a[19] | a[20] | a[21] | a[22] | a[23] | a[24] | a[25] | a[26] | a[27] | a[28] | a[29] | a[30] | a[31] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a[1] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a[2] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a[3] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a[4] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a[5] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a[6] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a[7] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a[8] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a[9] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a[10] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a[11] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a[12] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

# 生日相同问题

## 数组统计:

| 学号 | 学号 | 学号 | 学号 | 学号 | 学号 | 学号 | 学号 | 学号 | 学号 | …… |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 月 | 月 | 月 | 月 | 月 | 月 | 月 | 月 | 月 | 月 | …… |
| 日 | 日 | 日 | 日 | 日 | 日 | 日 | 日 | 日 | 日 | …… |
| a[0] | a[1] | a[2] | a[3] | a[4] | a[5] | a[6] | a[7] | a[8] | a[9] | …… |

```
struct student
    {
        char ID[10];
        int month;
        int day;
    }stu[100];
```

```
void main ()
{
    int i, j, k, n, flag, count[100]={0};
    cout << "how many students ?";
    cin>>n;
    for(int i=0; i<n; i++)
        cin>>stu[i].ID >> stu[i].month>> stu[i].day;
    for(int m=1; m<=12; m++)
        for(int d=1; d<=31; d++)
        {
            flag=0; j=0;
            for(int i=0; i<n; i++)
                if (stu[i].month == m && stu[i].day == d)
                    {count[++j] = i; flag++; }
            if(flag>1)        //count[j]用于记录生日相同同学的学号
            {       cout<<m<<" "<<d<<" ";
                    for(k=1; k<=j; k ++)
                        cout << stu[count[k]].ID << " "<< endl;
            }
        }
}
```

```
struct student
    {
        char ID[10];
        int month;
        int day;
    }stu[100];
```

# 本节内容

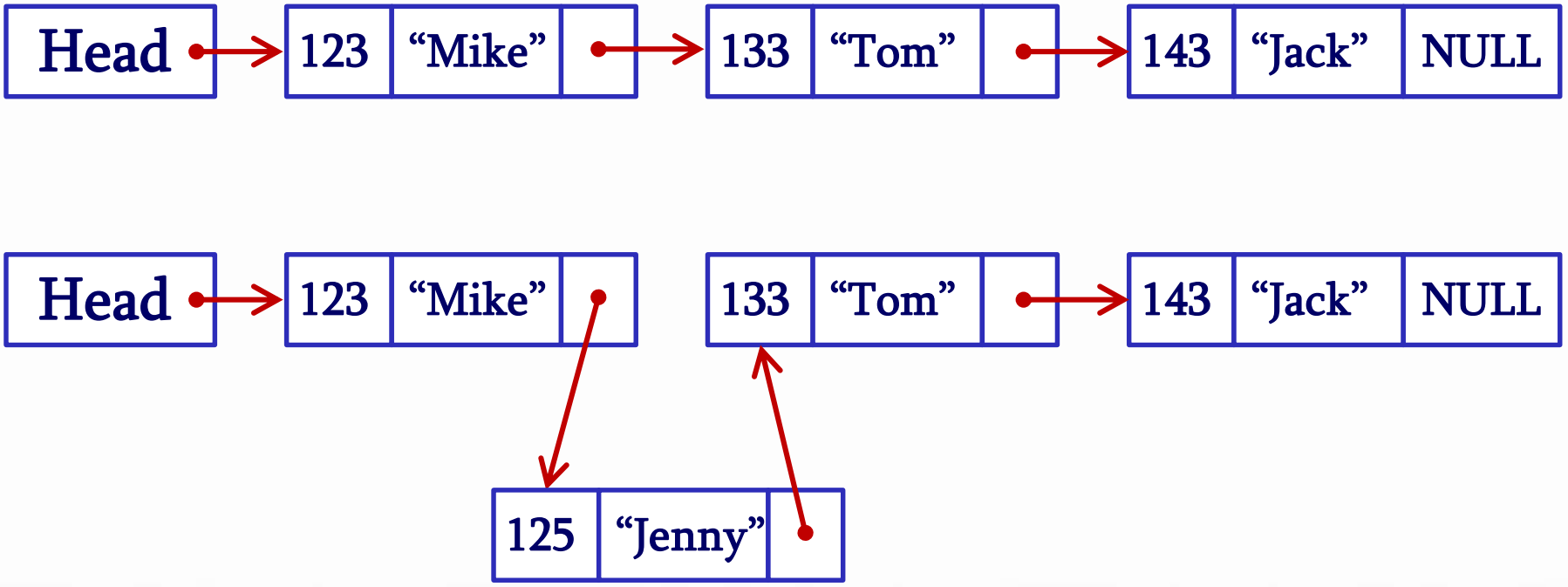
- 结构体
  - 什么是结构体
  - 结构体的使用
- 链表
  - 创建与操作
  - 双向链表
- 轻叩面向对象之门

# 结构体数组

```
#include<iostream>
using namespace std;
struct student
{
    int id_num;
    char name[10];
};
int main()
{
    student myclass[3] =
    { 123, { 'm', 'i', 'k', 'e', '\0' },
      133, { 't', 'o', 'm', '\0' },
      143, { 'j', 'a', 'c', 'k', '\0' } };
    student * one = myclass;
    cout << one->id_num << " " << one->name << endl;
    one++;
    cout << one->id_num << " " << one->name << endl;
    return 0;
}
```

# 可以采取的办法

- 用指针把结构体链起来！



# 链表


- 一种非常常用的数据结构
  - 链表头：指向第一个链表结点的指针；
  - 链表结点：链表中的每一个元素，包括：
    - 当前节点的数据
    - 下一个结点的地址
  - 链表尾：不再指向其他结点的结点，其地址部分放一个NULL，表示链表到此结束。

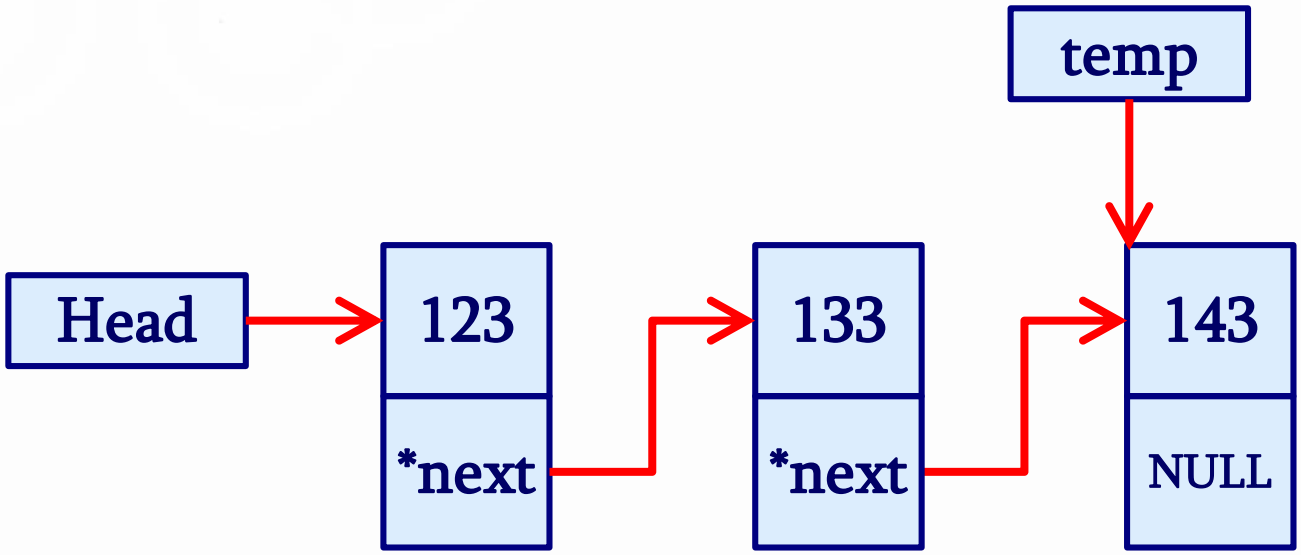
# 链表可以 动态地 创建

- 动态地 申请内存空间
  - int *pint = new int(1024);　　delete pint;
  - int *pia = new int[4];　　delete [ ] pia;
- 动态地 建立链表节点

```
struct student
{
        int id;
        student *next;
};
```

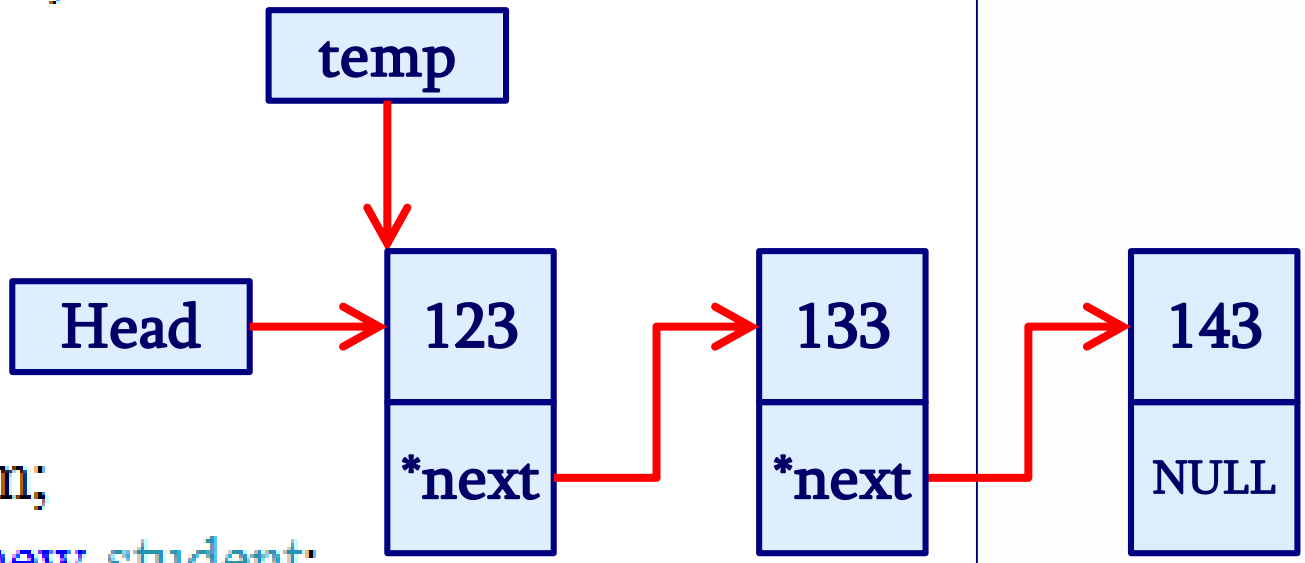
```
student *head;
head = new student;
```

# 链表结构——逐步建立链表



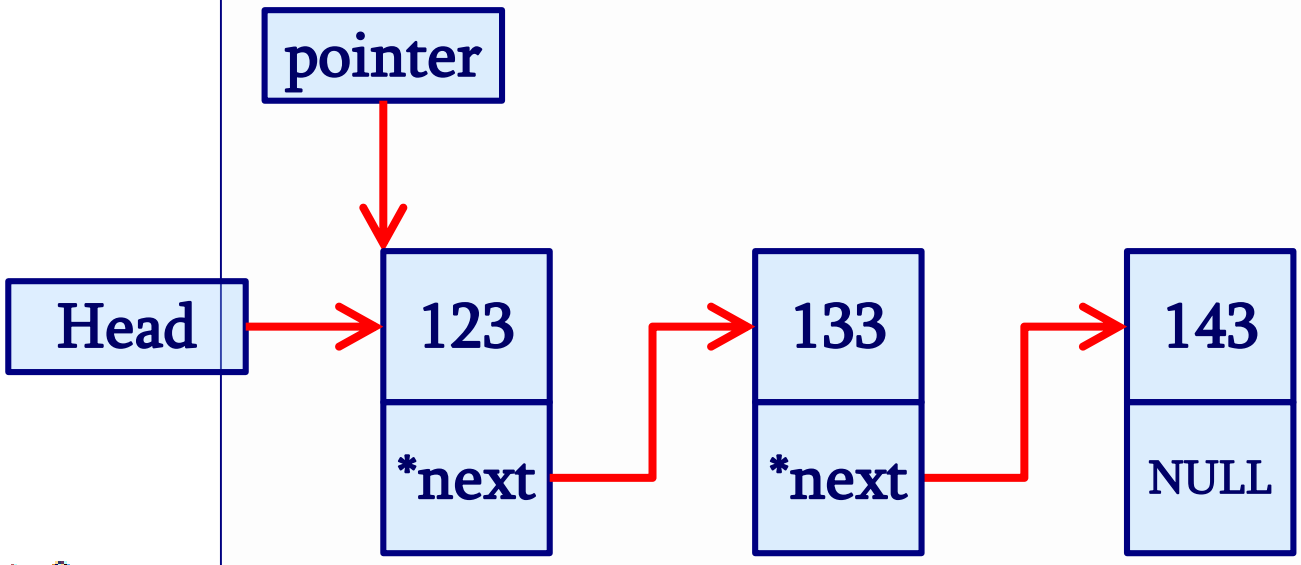

- Step1:
  - head = new student;
  - student *temp = head;
- Step2:
  - Continue?
- Y:
  - temp->next = new student;
  - temp = temp->next
  - goto Step2
- N:
  - temp->next = NULL

```
student *create()
{
    student *head, *temp;    int num, n = 0;
    head = new student;
    temp = head;
    cin >> num;
    while (num != -1)
    {
        n++;
        temp->id = num;
        temp->next = new student;
        temp = temp->next;
        cin >> num;
    }
    if (n == 0) head = NULL;  else temp->next = NULL;
    return head;
}
```



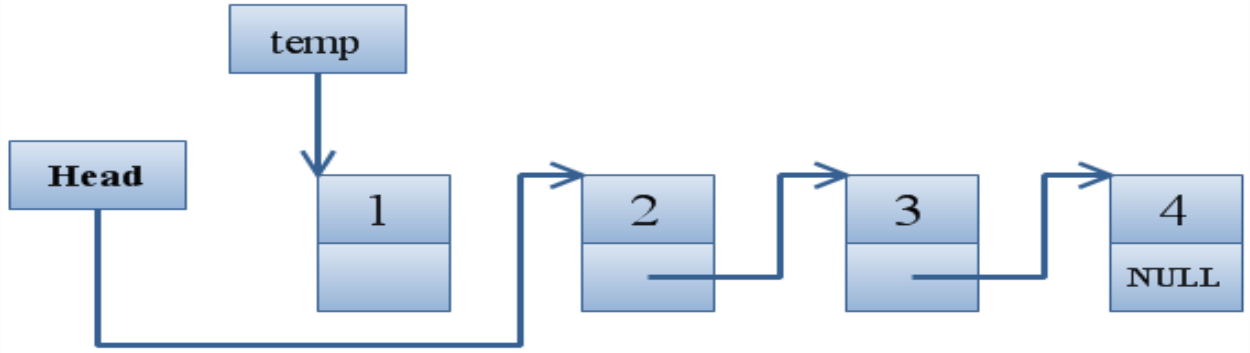
# 链表元素的遍历

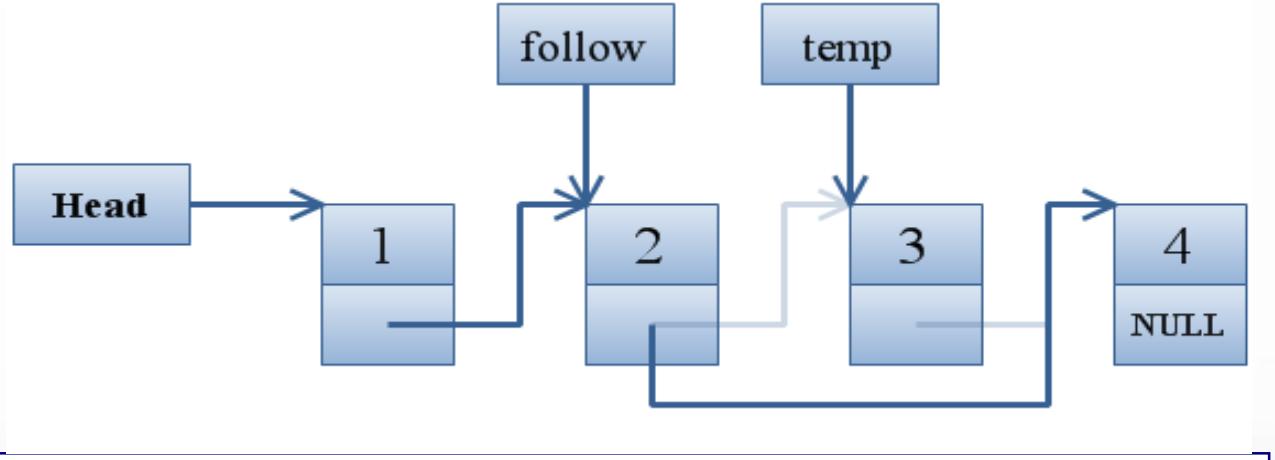
```
#include<iostream>
using namespace std;
struct student
{
    int id;
    student *next;
};
student *create();
int main()
{
    student *pointer = create();
    while (pointer->next != NULL)
    {
        cout << pointer->id <<endl;
        pointer = pointer->next;
    }
    return 0;
}
```



# 链表结构——删除结点

temp=head; head = head→next; delete temp;




follow→next = temp→next; delete temp;

# 在链表中将值为n的元素删掉

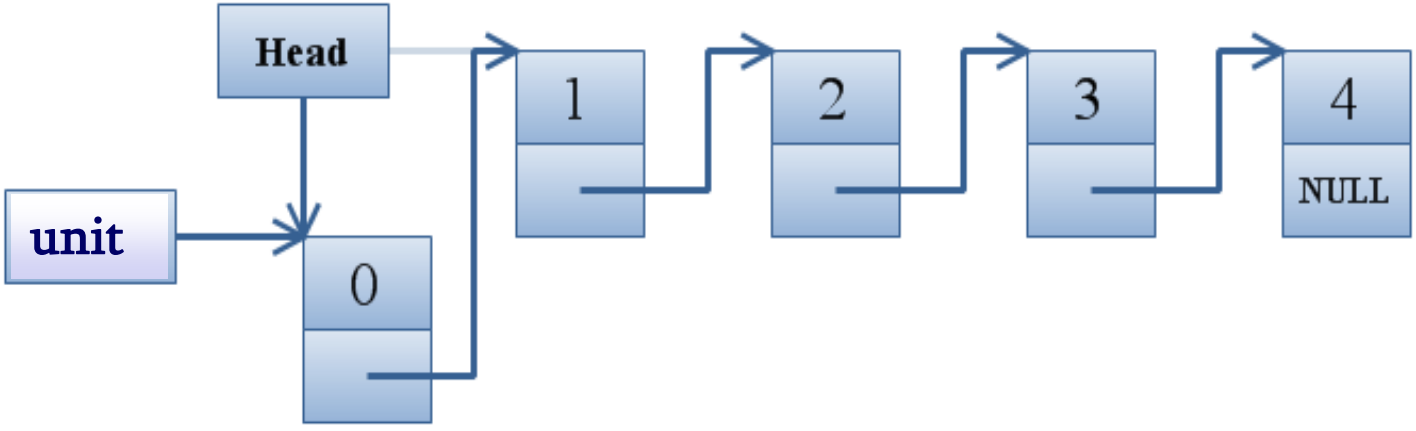
```
linker *dele(student *head; int n)
{   student *temp,* follow;
    temp = head;
    if (head == NULL) {                    //head为空，空表的情况
        return(head);
    }
    if (head->num = = n) {                 //第一个节点是要删除的目标；
        head = head->next;
        delete temp;
        return(head);
    }
    while(temp != NULL && temp->num != n){     //寻找要删除的目标；
        follow= temp;
        temp = temp->next;
    }
    if (temp == NULL) cout<<“not found”;       //没寻到要删除的目标；
    else {
        follow->next =temp->next;              //删除目标节点；
        delete temp;
    }
    return(head);
}
```

# 链表结构——插入结点

- 将结点unit插入链表：

插在最前面的情况

```
unit->next = head;
head = unit;
```

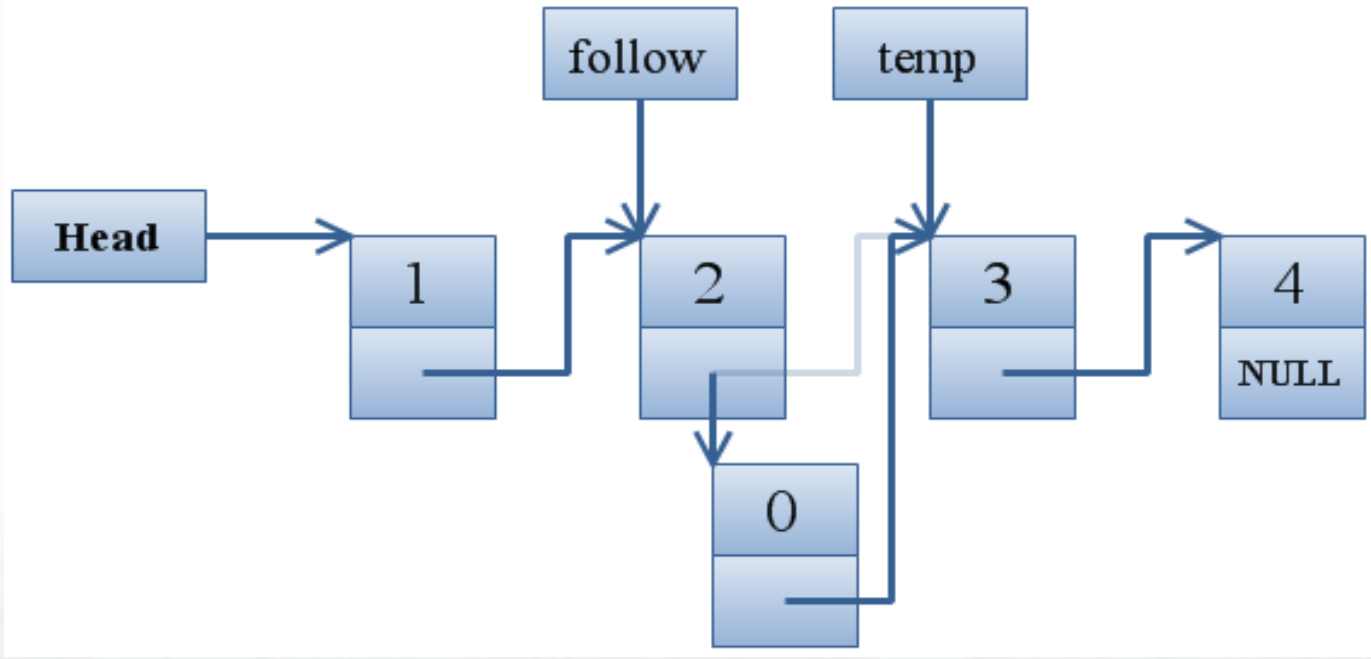


# 链表结构——插入结点

- 将结点unit插入链表：

插在中间的情况

```
unit->next = temp;
follow->next = unit;
```

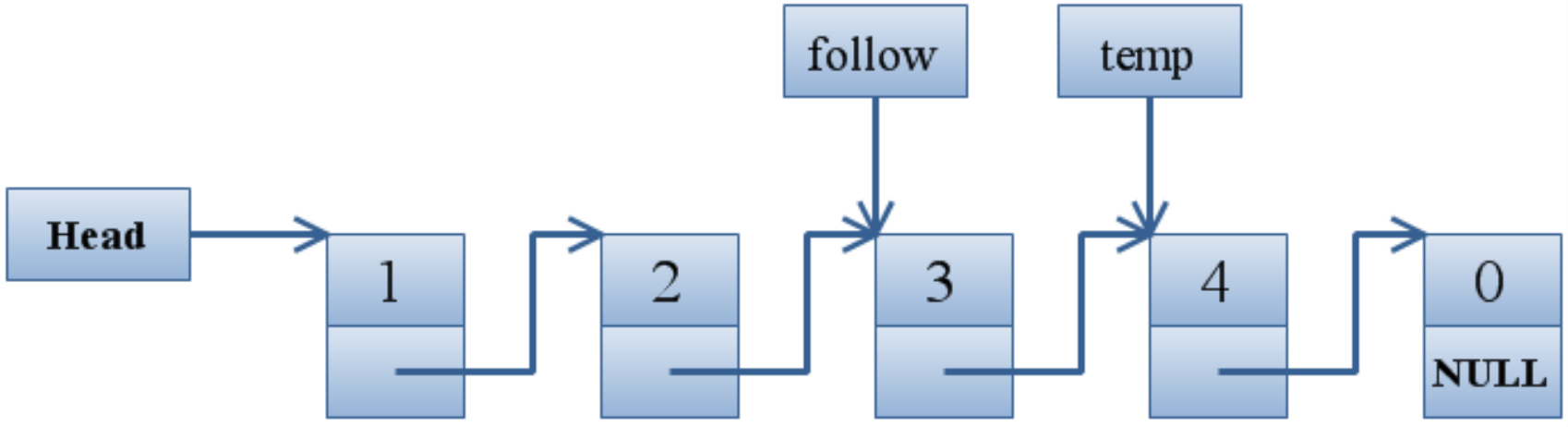


# 链表结构——插入结点

- 将结点unit插入链表：

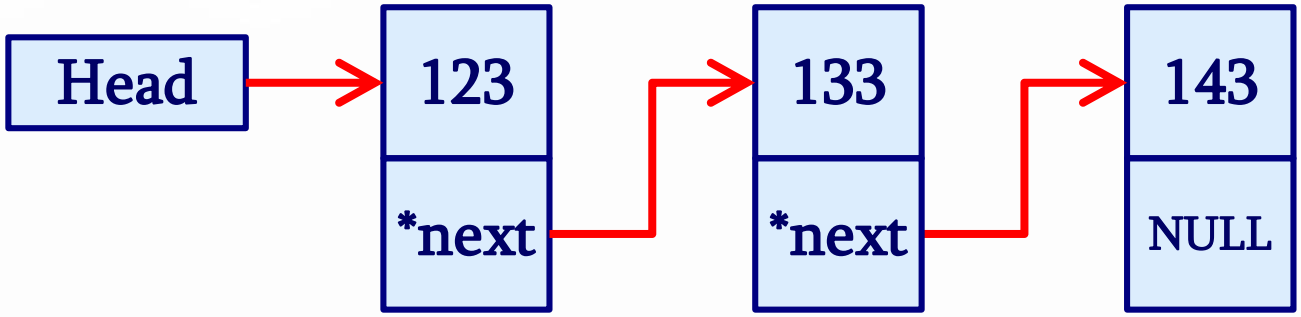
插在最后面的情况

```
temp->next = unit;
unit->next = NULL;
```

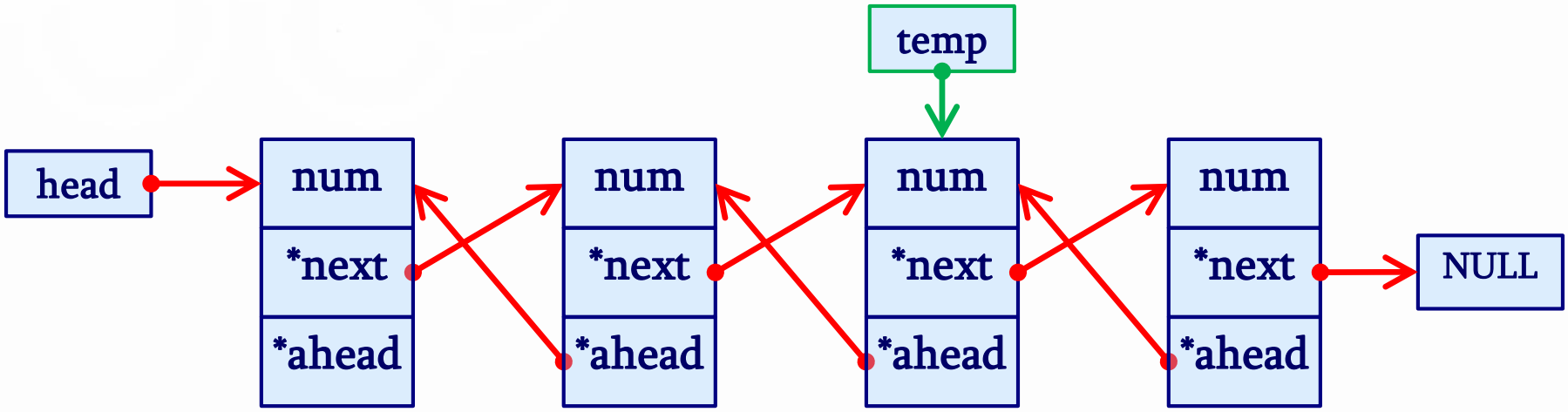


```
Student *insert(student *head; int n) {
    student *temp,*unit,*follow;                    //插入结点值为n的结点
    temp = head;   unit = new student;
    unit->num = n;    unit->next = NULL;
    if (head==NULL) {                               //如果链表为空，直接插入
          head=unit;
          return(head);
    }                                   //寻找第一个不小于n或结尾的结点temp
    while((temp→next! = NULL)&&(temp->num < n)){
           follow=temp;  temp=temp->next;
    }
    if (temp==head){                                //如果temp为第一个结点
          unit->next=head; head=unit;
    }
    else{                                           //如果temp为最后一个结点
          if( temp->next == NULL) temp->next = unit;
          else{                                     //如果temp为一个中间结点
                    follow->next=unit; unit->next=temp;
          }
    }
    return(head);
}
```

# 单向链表

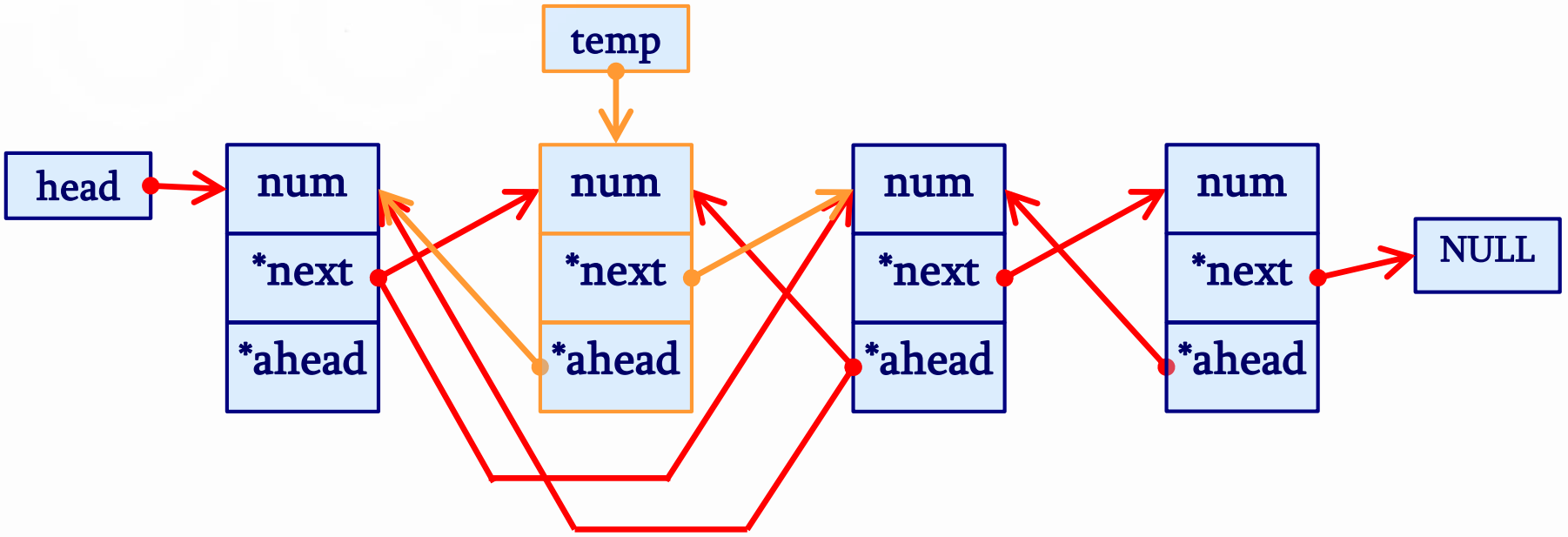


# 双向链表



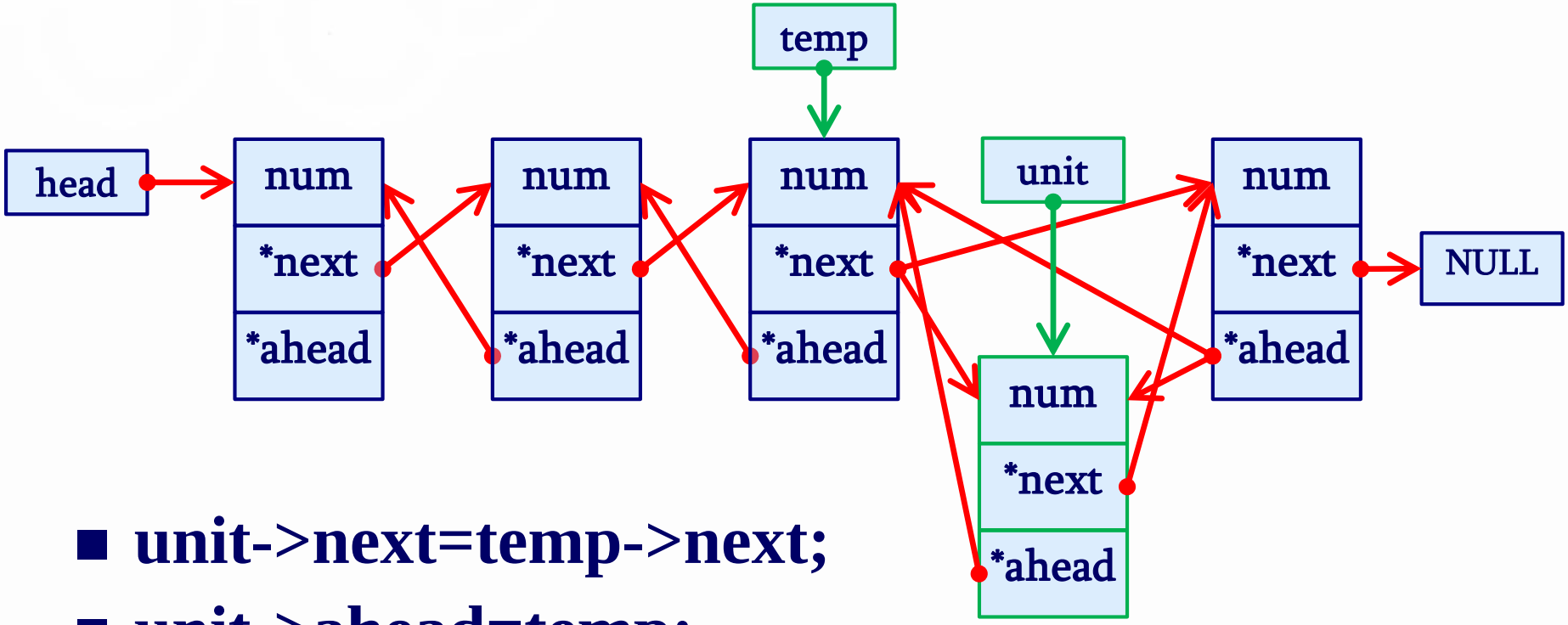

- temp->num: 存放数据
- temp->next: 指向下一个
- temp->ahead: 指向前一个

# 双向链表




- temp->ahead->next=temp->next;
- temp->next->ahead=temp->ahead;

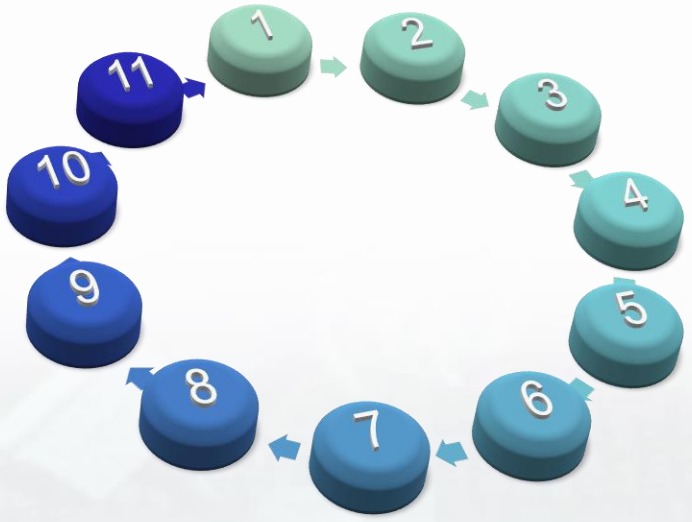
# 双向链表




- unit->next=temp->next;
- unit->ahead=temp;
- temp->next->ahead=unit;
- temp->next=unit;

# 约瑟夫问题

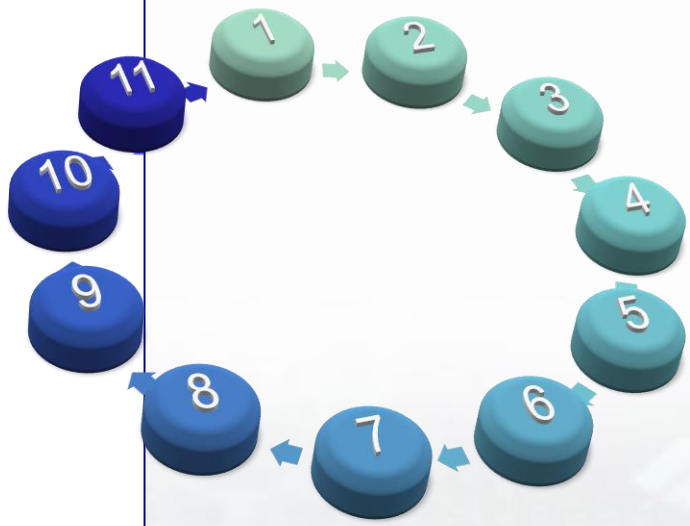
- **问题描述**
  - 编号为1 – N的N个人围坐在一起形成一个圆圈，从第P个人开始，依次按照顺时针的方向报数，数到第M的人出列，直到最后剩下一个人。
  - 请写一个程序，对于给定的 N, P, M，计算并打印出依次出列的人的编号。



# 约瑟夫问题

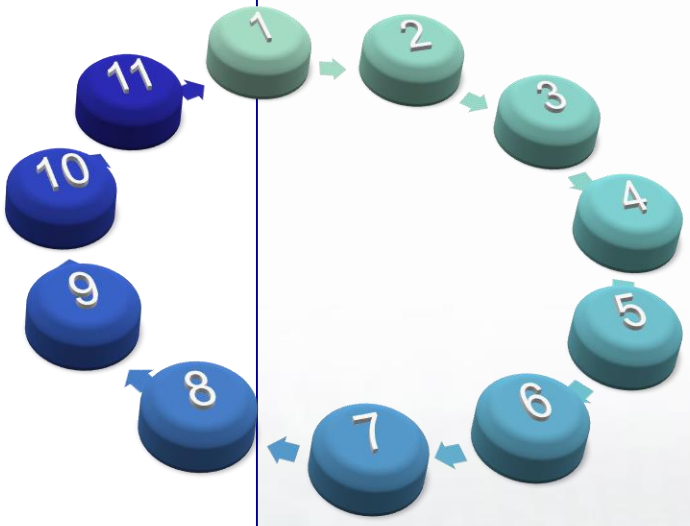
```
#include<iostream>
using namespace std;
struct Node
{
    int num;
    Node * ahead;
    Node * next;
};
Node *Create(int N);
Node *Search(Node *head, int P);
Node *Release(Node *head, int M);
int main()
{
    int N, P, M = 0;                //N-起始节点数，P-开始节点
    cin >> N >> P >> M;             //每次释放第M个节点
    Node * head = Create(N); //创建N个节点的环
    head = Search(head, P);     //找到第P个节点
    while (head->next != head)  //不断释放第M个元素
    {                                       //直到只剩一个元素
        head = Release(head, M); //释放第M个节点
    }
    cout << head->num;
    return 0;
}
```

```
11 3 7
9,5,2,11,10,1,4,8,3,6,7
```



# 约瑟夫问题

```
Node *Create(int N)  //创建包含N个节点的双向循环链表
{
    int n = 1;
    Node * node = new Node;
    node->num = n;
    Node * head = node;     //指向第一个节点
    Node * tail = head;     //指向最后一个节点
    while (n++ < N)
    {
        node = new Node;    //建新节点
        node->num = n;      //赋值
        tail->next = node;  //接入新节点
        node->ahead = tail;
        tail = tail->next;  //尾巴后移
    }
    tail->next = head;      //尾巴处理
    head->ahead = tail;
    return head;
}
```



```
Node *Search(Node *head, int P) //从Head开始寻找第P个节点
{
    while (head->num != P)
    {
        head = head->next;
    }
    return head;
}

Node *Release(Node *head, int M) //释放Head开始的第M个节点
{
    int count = 1;
    Node *temp = head;
    while (count < M)          //寻找第M个节点
    {
        temp = temp->next;
        count++;
    }
    temp->ahead->next = temp->next;     //移除第M个节点
    temp->next->ahead = temp->ahead;  //移除第M个节点
    cout << temp->num << ",";
    head = temp->next;   //释放第M个节点所占内存空间
    delete temp;
    return head;
}
```