step further

专题

起步：

认知与体验（硬件、软件、程序与C语言）

进阶：

判断与推理（流程控制方法、语句）

抽象与封装（模块设计方法、函数）

表达与转换（基本操作、数据类型）

提高：

构造与访问（数组、指针、**结构**）

归纳与推广（程序设计的本质）

- **结构的基本概念**
  - 结构类型的构造
  - 结构体的定义与初始化
  - 结构体的操作
    - **含有指针成员的结构体及其操作**
- **用指针操纵结构体**
  - **用指针操纵含有指针成员的结构体**

问题的提出

- 描述一位学生的信息：

num	name	age	score	addr
211220888	Hans	19	86.5	Nanjing

- 数组？

（数组类型用于表示 固定多个 同类型 的数据群体）

结构类型的构造与结构体的定义

- 构造一个结构类型并命名

```
struct Student
{
    int number;      //成员
    char name;       //成员
    int age;         //成员
};
```

宣布组成的
成员名称和成员类型

- 可以用构造好的结构类型名字来定义结构体

```
struct Student s1, s2;
```

- 也可以在构造结构类型的同时直接定义结构体，此时可以不给结构类型命名

```
struct Student
{
    int number;
    char name;
    int age;
} s1, s2;
```

```
struct
{
    int number;
    char name;
    int age;
} s1, s2;
```

结构类型的别名

```
struct Student
{
  int number;   //成员
  char name;    //成员
  int age;      //成员
};
```

```
struct Student s1, s2;
```

```
Student s1, s2;
```

结构体定义中，有的开发环境可以省略 struct

```
typedef struct Student
{
  int number;
  char name;
  int age;
}Student;
```

用 typedef 给构造的类型 指定的**别名**来定义结构体，则不加 struct，且跟开发环境无关

```
Student s1, s2;
```

结构类型名字的（隐含）名空间与作用域

```
typedef struct
{
    int number;        //成员
    char name;         //成员
    int age;           //成员
}Student;
```

结构类型与其他变量或函数可重名；
结构类型的成员与其他变量或函数也可以重名；
结构类型与它的成员也可以重名；

不同的结构类型不能重名；
同一个结构体的各个成员不能重名。

结构类型标识符是一种标签tag，在单独的名空间里

如果在函数体里面构造结构类型，则该函数之外此结构类型名字不可用。
一般把结构类型的构造放在文件头部，也可以把结构类型的构造放在头文件中。

- 即使两个结构类型中成员的类型、名称、顺序都完全一致，它们也是不同的结构类型。

```
struct
{
    int number;
    char name;
    int age;
} s1 ;
```

```
struct
{
    int number;
    char name;
    int age;
} s2 ;
```

s1与 s2 类型不同

不同结构类型的成员可重名

结构成员的类型

- 构造结构类型时，花括号中至少要定义一个成员。
- 除void类型和本结构类型外，结构成员可以是其他任意的类型。

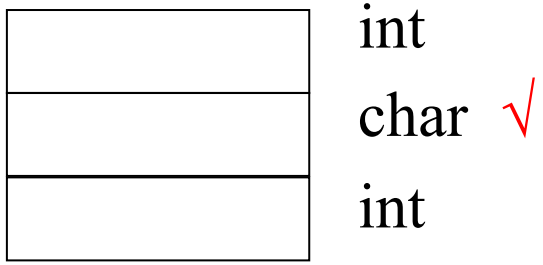
```
struct Employee
{
   int number;
   char name;
   struct Date
   {
       int    year;
       int    month;
       int    day;
   } birthday ; //其他类型的结构体可以作为本结构类型的成员
} e ;
```

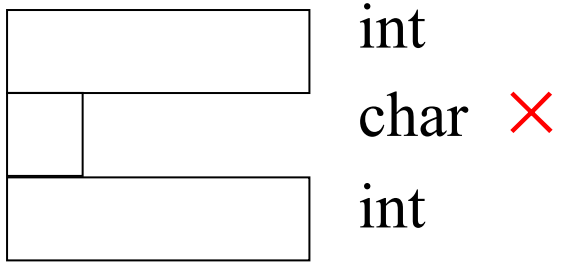
```
typedef struct
{   int    year;
    int    month;
    int    day;
}Date;
struct Employee
{   int number;
    char name;
    Date birthay;
} e ;
```

结构体的存储

- 系统为结构体在内存栈区分配空间
  - 按构造时的顺序依次给各个成员分配空间
  - 一般以字为单位给结构体分配空间（对齐原理）

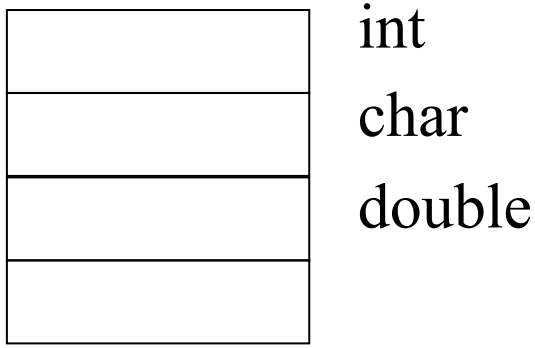
```
struct Student
{
   int number;
   char name;
   int age;
} s ;
```





- 定义结构体时一般不加register修饰

```
struct Student
{
   int number;
   char name;
   double score;
} s ;
```



结构体的初始化

- 可以在**定义结构体**的同时，给各个成员赋值，即结构体的初始化。
  - 比如，

```
Student s1, s2 = {1220999, 'T', 19};
Employee e = {1160007, 'J', {1996, 12, 26}};
```

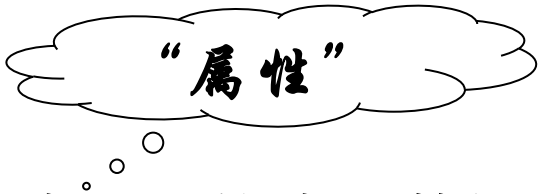
  - **注意：在构造一个结构类型时，不能对其成员进行初始化**。比如，

```
typedef struct
{
 int number = 1220999;      //此处的初始化是错误的
 char name;
 int age;
}Student;
```

C++11新标准允许给一个默认值

结构与数组 这两种类型的异同点?

- 结构类型:



  - 固定多个
  - 类型可以不同的成员所构成的数据群体（含义可以不同的相关信息）
  - 成员间在逻辑上没有先后次序关系，其说明次序仅影响成员的存储安排，不影响操作，成员有成员名
  - 相当于其他高级语言中的“记录”

- 数组类型:
  - 固定多个
  - 同类型（相同意义的相关信息）
  - 元素间在逻辑上有先后次序关系，按序连续存储，元素有下标

结构体的操作

- 对结构体的操作是通过**成员操作符**操作结构体的成员完成的：
  - <结构体名> . <成员名>

    ```
    e.number = 0108001;
    ```
  - 点号是成员操作符，它是双目操作符，具有1级优先级，结合性为自左向右。
  - 对成员的访问不依靠次序，按名称访问，

    所以，构造结构类型时成员的书写次序无关紧要。
  - 若某成员类型是另一个结构类型，

    则用若干个成员操作符访问最低一级的成员。比如，

    ```
    e.birthday.year = 1996;
    ```

```
typedef struct
{   int   year;
    int   month;
    int   day;
}Date;
struct Employee
{   int number;
    char name;
    Date birthay;
} e ;
```

赋值操作

- 相同结构类型的不同结构体之间**可以直接相互赋值**，其实质是两个结构体的存储空间中的所有成员数据直接拷贝。比如，

```
Employee e1, e2;
e1 = e2;

typedef Employee Employ
Employee e1;
Employ e2;
e1 = e2;
```

- 不同结构类型的结构体之间不能相互赋值，

下面a、b两个结构体不可以相互赋值：

```
struct
{     int no;
      char name;
} a ;

struct
{     int no;
      char name;
} b ;
a = b;  ×
```

结构体作为函数参数/返回值

- 可作为参数传给函数：默认参数传递方式为值传递

  （实参和形参都是结构体名，类型相同；但实参和形参代表两个不同的结构体，运行时分配不同的存储空间。）

- 函数也可以返回一个

  结构体（结构类型函数）

[自学]

- 例8.1 验证结构体的值传递方式。

```
void MyFoo(Student s);

int main( )
{
  Student s;
  s.number = 1220999;
  s.name = 'T';
  s.age = 18;
  printf("%d %c %d\n", s.number, s.name, s.age);
  MyFoo(s);
  printf("%d %c %d\n", s.number, s.name, s.age);
  return 0;
}
```

```
void MyFoo(Student s)
{   s.age += 1;
    printf("%d %c %d\n", s.number, s.name, s.age);
}
```

程序结果会显示:

```
1220999 T 18
1220999 T 19
1220999 T 18
```

[自学]

- 例8.2 验证结构体可以作为返回值。

```
#include <stdio.h>
typedef struct
{
    int x; //描述横坐标
    int y; //描述纵坐标
}Point;  //描述点

typedef struct
{
    Point pt1; //描述左下角顶点
    Point pt2; //描述右上角顶点
}Rect;  //描述矩形

bool PtInRect(Point, Rect);
    //判断一个点是否在一个矩形内

Rect CanonRect(Rect);
    //规范化矩形坐标
```

```
int main( )
{
  Rect r1;
  printf("输入矩形左下角顶点的坐标: \n");
  scanf("%d%d", &r1.pt1.x, &r1.pt1.y);
  printf("输入矩形右上角顶点的坐标: \n");
  scanf("%d%d", &r1.pt2.x, &r1.pt2.y);
  Rect r2 = CanonRect(r1);
                //结构体r2获得函数返回值
  Point pt;
  printf("输入一个点的坐标: \n");
  scanf("%d%d", &pt.x, &pt.y);
  if( PtInRect(pt, r2) )
     printf("该点在矩形内 \n");
  else
     printf("该点不在矩形内 \n");
  return 0;
}
```

[自学]

```
#define min(x, y) ((x) < (y) ? (x) : (y))
#define max(x, y) ((x) > (y) ? (x) : (y))
Rect CanonRect(Rect r)
{
    Rect temp;
    temp.pt1.x = min(r.pt1.x, r.pt2.x);
    temp.pt1.y = min(r.pt1.y, r.pt2.y);
    temp.pt2.x = max(r.pt1.x, r.pt2.x);
    temp.pt2.y = max(r.pt1.y, r.pt2.y);
    return temp;
}    //规范化矩形坐标，即保证左下角顶点pt1的坐标小于右上角顶点pt2的坐标
```

[自学]

```
bool PtInRect(Point p, Rect r)
{
     if(p.x >= r.pt1.x && p.x <= r.pt2.x
                          && p.y >= r.pt1.y && p.y <= r.pt2.y)
          return true;
     else
          return false;
}    //判断一个点是否在一个矩形内
```

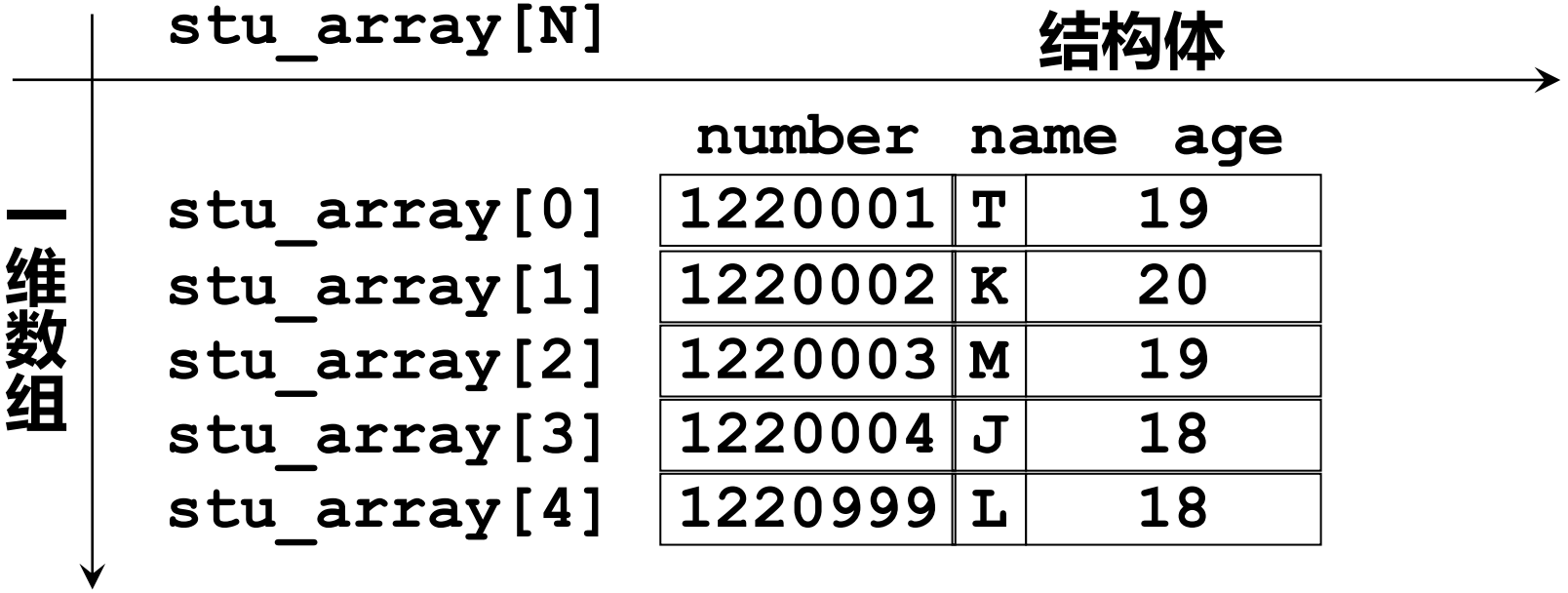
结构数组 [自学]

- 结构数组可用于表示二维表格。比如，名表：

```
typedef struct
{       int number
        char name;
        int age;
} Student;
```

```
const int N = 5;
Student stu_array[N] = { {1220001, 'T', 19}, …,
        {1220999, 'L', 18} }; //定义了一个一维结构数组，并初始化
```

```
for(int i=0; i<N; ++i)
      scanf("%d%c%d", &stu_array[i].number, stu_array[i].name, & stu_array[i].age);
```



	number	name	age
stu_array[0]	1220001	T	19
stu_array[1]	1220002	K	20
stu_array[2]	1220003	M	19
stu_array[3]	1220004	J	18
stu_array[4]	1220999	L	18

[自学]

- 例8.3 基于结构数组的顺序查找。

```
int x = Search(a, N, id);  //在 N 个学生中查找学号为 id 的学生年龄
```

```
int Search(Student stu_array[], int count, int id)
{
    for(int i = 0; i < count; ++i)
        if(id == stu_array[i].number)
            return stu_array[i].age;
    return -1;
}
```

[自学]

- 例8.3’ 基于结构数组的折半（二分法）查找。 先按某一列排序

```
void  Sort(Student stu_array[ ], int count)
{
    for(int i = 0; i < count-1; ++i)
        for(int j = 0; j < count-1-i; ++j)
            if(stu_array[j].number > stu_array[j+1].number)
            {
                Student temp = stu_array[j];
                stu_array[j] = stu_array[j+1];
                stu_array[j+1] = temp;
            }
}
```

[自学]

```
int x = BiSearchR(a, 0, N, no);   //在 N 个学生中查找学号为 no 的学生年龄
```

```
int BiSearchR(Student stu_array[], int first, int last, int id)
{
     if(first > last)
          return -1;
     int mid = (first + last) / 2;
     if(id == stu_array[mid].number)
          return stu_array[mid].age;
     else if(id > stu_array[mid].number)
          return BiSearchR(stu_array, mid + 1, last, id);
     else
          return BiSearchR(stu_array, first, mid - 1, id);
}
```

- **结构类型数组也可以用指针来操纵，操纵方法和用指针操纵其他基本类型数组的方法类似。比如，**

```
Student stu[10], *psa;
psa = stu;
```

用指针操纵结构体

- 将某结构体的地址赋给指针变量，用指针变量操纵结构体的成员，这时，成员操作符写成箭头形式（->），而不是点形式（.）。比如，

```
struct
{
  int no;
  float score;
} s, *ps ;
ps = &s;
ps -> no = 1220999;          //相当于(*ps).no或s.no
ps -> score = 90.0;          //相当于(*ps).score或s.score
```

- 为了提高程序的效率，函数间传递结构体时，实参可以用结构体的地址，形参用相同结构类型的指针。

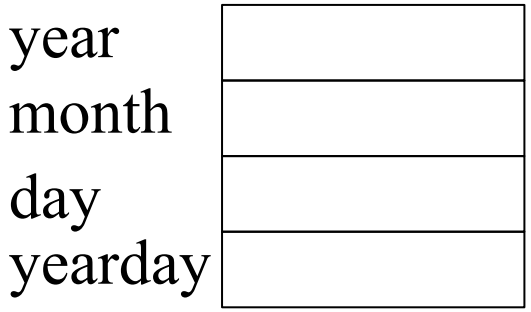
传值方式-效率不高

- 例8.4-1 未用指针变量操纵结构体。

```
typedef struct
{
        int year;
        int month;
        int day;
        int yearday;
}YDate;
```

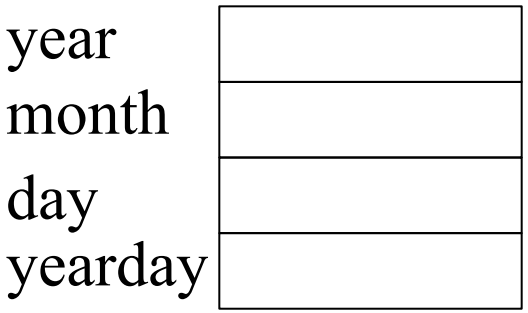
```
int main( )
{
    YDate d1;
    scanf("%d%d%d", &d1.year, &d1.month, &d1.day);
    Days(d1);

    return 0;
}
```

d1




```
void Days(YDate d2)
```

d2



```
void Days(YDate d2)
{
      int monthtable[ ][13]= {
            {0, 31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31},
            {1, 31, 29, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31}};

      int leap = 0;
      d2.yearday = d2.day;

      if( ((d2.year %4 == 0) && (d2.year %100 != 0))
                              || (d2.year % 400 == 0) )
            leap = 1;

      for(int i = 1; i < d2.month; ++i)
            d2.yearday += monthtable[leap][i];
      printf("所输入的日期是该年的第几天: %d", d2.yearday);
}
```

传址方式-提高效率

- 例8.4-2 用指针变量操纵结构体。

```
typedef struct
{
        int year;
        int month;
        int day;
        int yearday;
}YDate;
```

```
int main( )
{
    struct Date d1;
    scanf("%d%d%d", &d1.year, &d1.month, &d1.day);
    Days(&d1);

    return 0;
}
```

d1

year	
month	
day	
yearday	

```
void Days(YDate *p)
```

p

```
void Days(struct Date *p)
{
    int monthtable[ ][13]= {
        {0, 31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31},
        {1, 31, 29, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31}};

    int leap = 0;
    p -> yearday = p -> day;

    if( ((p -> year %4 == 0) && (p -> year %100 != 0))
                             || (p -> year % 400 == 0) )
        leap = 1;

    for(int i = 1; i < p -> month; ++i)
        p -> yearday += monthtable[leap][i];
    printf("所输入的日期是该年的第几天: %d", p -> yearday);
}
```

```
Days(&d1);
```

传址方式-提高效率，并“返回”结果

- 例8.4-2’ 用指针变量操纵结构体。

```
typedef struct
{
        int year;
        int month;
        int day;
        int yearday;
}YDate;
```

```
int main( )
{
    YDate d1;
    scanf("%d%d%d", &d1.year, &d1.month, &d1.day);
    Days(&d1);
    printf("所输入的日期是该年的第几天: %d", d1.yearday);
    return 0;
}
```

d1

year	
month	
day	
yearday	

```
void Days(YDate *p)
```

p

- 如果不需要通过参数返回数据，则可以用const避免函数的副作用。比如，

```
void G(const YDate *p)
{
  …
  p -> day = 20;   //会出错，因为不能通过p改变p所指向的数据
  …
}
```

- 函数也可以返回一个结构体的地址。

- 结构类型可以含有**指针类型成员**，操作方法与其他类型成员的类似。

  比如，

```
struct
{
  int no;
  int *p;
} s ;

s.no = 1001;
s.p = &i;     // int i = 3;
s.p = &s.no;
```

重点

- 如果有成员是另一结构类型的指针变量，则可以用若干个箭头形式的成员操作符访问最低一级的成员。比如，

```
struct
{
  Student *p1;
  float score;
} s, *pps ;
pps = &s;
pps -> p1 = &s1;
pps -> score = 85;
pps -> p1 -> number = 1220001;
pps -> p1 -> name = 'Q';
pps -> p1 -> age = 19;
```

```
struct Student
{
      int number;      //成员
      char name;       //成员
      int age;   //成员
} s1;
```

```
struct
{  char  name[20];
   struct Date
   {     int   year;
         int   month;
         int   day;
    }birthday;
} s = {"Joe", {1996,12,14}};
```

```
s.name = "Joe";×
```

```
scanf("%s", s.name);
```

```
struct
{  const char  *name;
   struct Date
   {     int   year;
         int   month;
         int   day;
    }birthday;
} s = {"Joe", {1996,12,14}};
```

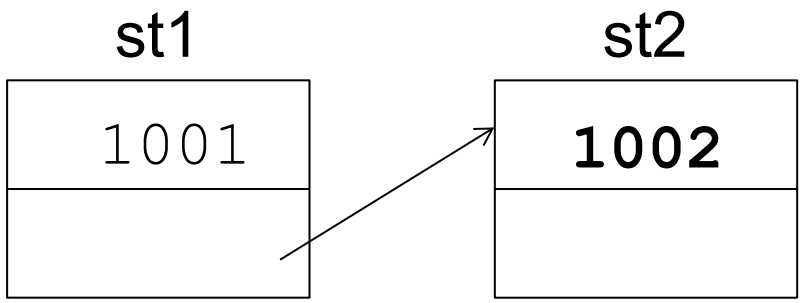
```
s.name = "Joe";
```

```
scanf("%s", s.name);×
```

- 结构类型不可以含有本结构类型成员。
- 结构类型可以含有基类型是本结构类型的指针类型成员。比如，

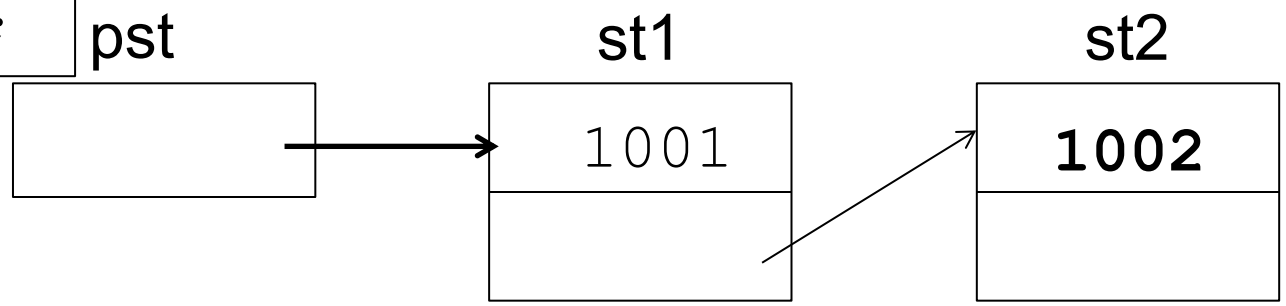
```
typedef struct Stup Stup;
```

```
struct Stup
{
    int no;
    struct Stup *p;  // Stup *p;
} st1, st2;

st1.no = 1001;
st1.p = &st2;
st2.no = 1002;  // st1.p -> no = 1002;
st2.p = ……;     // st1.p -> p = ……;
```



- 用指针变量操纵**指针类型成员**。比如，

```
typedef struct Stup Stup;

struct Stup
{
    int no;
    struct Stup *p;  // Stup *p;
} st1, st2, *pst;
pst = &st1;
st1.no = 1001;   // pst -> no = 1001;
st1.p = &st2;    // pst -> p = &st2;
st2.no = 1002;   // st1.p -> no = 1002;   // pst -> p -> no = 1002;
st2.p = ……;      // st1.p -> p = ……;      // pst -> p -> p = ……;
```

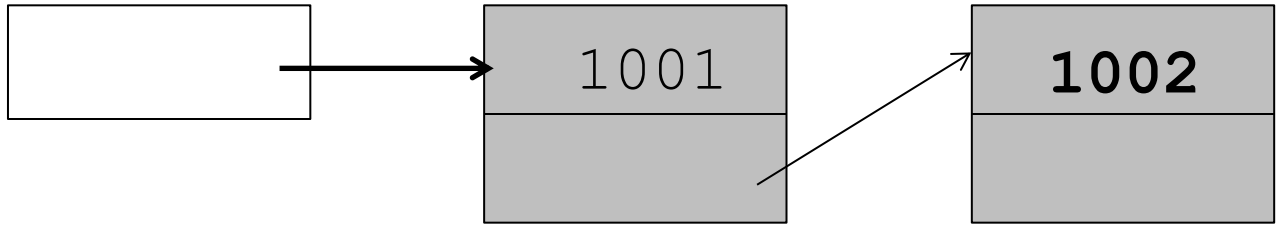


- 用指针变量操纵动态结构体的基类型是本结构类型的指针类型成员。

```
typedef struct Stup Stup;
```

```
struct Stup
{
    int no;
    struct Stup *p;
} *pst;
```

```
// Stup *p;
```




```
pst = (Stup *)malloc(sizeof(Stup)); // 创建第一个动态结构体
pst -> no = 1001;
pst -> p = (Stup *)malloc(sizeof(Stup)); // 创建第二个动态结构体
pst -> p -> no = 1002;
pst -> p -> p = ……;
```

小结

- 结构是一种派生数据类型，用来描述多个不同类型的数据群体

- 要求：
  - 掌握结构类型的构造方法
  - 掌握结构体的定义、初始化和操作方法
  - 掌握结构数组的特点
    - 结构数组可存储名表，在实际生产生活中发挥作用
  - 掌握用指针操纵结构体的方法
    - 用指针操纵**含有指针成员**的结构体
  - 继续保持良好的编程习惯