

## 4. 自定义类型：结构体，枚举，联合

### 本章重点

- 结构体
  - 结构体类型的声明
  - 结构的自引用
  - 结构体变量的定义和初始化
  - 结构体内存对齐
  - 结构体传参
  - 结构体实现位段（位段的填充&可移植性）
- 枚举
  - 枚举类型的定义
  - 枚举的优点
  - 枚举的使用
- 联合
  - 联合类型的定义
  - 联合的特点
  - 联合大小的计算

正文开始

### 结构体

#### 1 结构体的声明

##### 1.1 结构的基础知识

结构是一些值的集合，这些值称为成员变量。结构的每个成员可以是不同类型的变量。

##### 1.2 结构的声明

```
struct tag
{
    member-list;
}variable-list;
```

例如描述一个学生：

```
struct Stu
{
    char name[20]; //名字
    int age; //年龄
    char sex[5]; //性别
    char id[20]; //学号
}; //分号不能丢
```

## 1.3 特殊的声明

在声明结构的时候，可以不完整的声明。

比如：

```
//匿名结构体类型
struct
{
    int a;
    char b;
    float c;
}x;
struct
{
    int a;
    char b;
    float c;
}a[20], *p;
```

上面的两个结构在声明的时候省略掉了结构体标签（tag）。

那么问题来了？

```
//在上面代码的基础上，下面的代码合法吗？
p = &x;
```

**警告：**

编译器会把上面的两个声明当成完全不同的两个类型。  
所以是非法的。

## 1.4 结构的自引用

在结构中包含一个类型为该结构本身的成员是否可以呢？

```
//代码1
struct Node
{
    int data;
    struct Node next;
};
//可行否？
如果可以，那sizeof(struct Node)是多少？
```

正确的自引用方式：

```
//代码2
struct Node
{
    int data;
    struct Node* next;
};
```

**注意：**

```
//代码3
typedef struct
{
    int data;
    Node* next;
}Node;
//这样写代码，可行否？

//解决方案：
typedef struct Node
{
    int data;
    struct Node* next;
}Node;
```

## 1.5 结构体变量的定义和初始化

有了结构体类型，那如何定义变量，其实很简单。

```
struct Point
{
    int x;
    int y;
}p1;           //声明类型的同时定义变量p1
struct Point p2; //定义结构体变量p2

//初始化：定义变量的同时赋初值。
struct Point p3 = {x, y};

struct Stu     //类型声明
{
    char name[15]; //名字
    int age;       //年龄
};
struct Stu s = {"zhangsan", 20}; //初始化

struct Node
{
    int data;
    struct Point p;
    struct Node* next;
}n1 = {10, {4,5}, NULL}; //结构体嵌套初始化

struct Node n2 = {20, {5, 6}, NULL}; //结构体嵌套初始化
```

## 1.6 结构体内存对齐

我们已经掌握了结构体的基本使用了。

现在我们深入讨论一个问题：计算结构体的大小。

这也是一个特别热门的考点：结构体内存对齐

```
//练习1
struct s1
```

```

{
    char c1;
    int i;
    char c2;
};
printf("%d\n", sizeof(struct S1));

//练习2
struct S2
{
    char c1;
    char c2;
    int i;
};
printf("%d\n", sizeof(struct S2));

//练习3
struct S3
{
    double d;
    char c;
    int i;
};
printf("%d\n", sizeof(struct S3));

//练习4-结构体嵌套问题
struct S4
{
    char c1;
    struct S3 s3;
    double d;
};
printf("%d\n", sizeof(struct S4));

```

## 考点

### 如何计算？

首先得掌握结构体的对齐规则：

1. 第一个成员在与结构体变量偏移量为0的地址处。
2. 其他成员变量要对齐到某个数字（对齐数）的整数倍的地址处。  
**对齐数** = 编译器默认的一个对齐数 与 该成员大小的**较小值**。
  - VS中默认值为8
3. 结构体总大小为最大对齐数（每个成员变量都有一个对齐数）的整数倍。
4. 如果嵌套了结构体的情况，嵌套的结构体对齐到自己的最大对齐数的整数倍处，结构体的整体大小就是所有最大对齐数（含嵌套结构体的对齐数）的整数倍。

## 为什么存在内存对齐？

大部分的参考资料都是如是说的：

### 1. 平台原因(移植原因)：

不是所有的硬件平台都能访问任意地址上的任意数据的；某些硬件平台只能在某些地址处取某些特定类型的数据，否则抛出硬件异常。

比特就业课主页：<https://m.cctalk.com/inst/s9yewhfr>

## 2. 性能原因:

数据结构(尤其是栈)应该尽可能地在自然边界上对齐。

原因在于,为了访问未对齐的内存,处理器需要作两次内存访问;而对齐的内存访问仅需要一次访问。

总体来说:

结构体的内存对齐是拿空间来换取时间的做法。

那在设计结构体的时候,我们既要满足对齐,又要节省空间,如何做到:

让占用空间小的成员尽量集中在一起。

```
//例如:
struct S1
{
    char c1;
    int i;
    char c2;
};
struct S2
{
    char c1;
    char c2;
    int i;
};
```

S1和S2类型的成员一模一样,但是S1和S2所占空间的大小有了一些区别。

## 1.7 修改默认对齐数

之前我们见过了 `#pragma` 这个预处理指令,这里我们再次使用,可以改变我们的默认对齐数。

```
#include <stdio.h>
#pragma pack(8) //设置默认对齐数为8
struct S1
{
    char c1;
    int i;
    char c2;
};
#pragma pack() //取消设置的默认对齐数,还原为默认

#pragma pack(1) //设置默认对齐数为1
struct S2
{
    char c1;
    int i;
    char c2;
};
#pragma pack() //取消设置的默认对齐数,还原为默认
int main()
{
```

//输出的结果是什么?

```
printf("%d\n", sizeof(struct S1));
printf("%d\n", sizeof(struct S2));
```

```
    return 0;  
}
```

### 结论:

结构在对齐方式不合适的时候，我可以自己更改默认对齐数。

### 百度笔试题:

写一个宏，计算结构体中某变量相对于首地址的偏移，并给出说明

考察: `offsetof` 宏的实现

注: 这里还没学习宏，可以放在宏讲解完后再实现。

## 1.8 结构体传参

直接上代码:

```
struct S  
{  
    int data[1000];  
    int num;  
};  
  
struct S s = {{1,2,3,4}, 1000};  
//结构体传参  
void print1(struct S s)  
{  
    printf("%d\n", s.num);  
}  
//结构体地址传参  
void print2(struct S* ps)  
{  
    printf("%d\n", ps->num);  
}  
  
int main()  
{  
    print1(s); //传结构体  
    print2(&s); //传地址  
    return 0;  
}
```

上面的 `print1` 和 `print2` 函数哪个好些?

答案是: 首选 `print2` 函数。

原因:

函数传参的时候，参数是需要压栈，会有时间和空间上的系统开销。

如果传递一个结构体对象的时候，结构体过大，参数压栈的系统开销比较大，所以会导致性能的下降。

结论:

结构体传参的时候, 要传结构体的地址。

## 2. 位段

结构体讲完就得讲讲结构体实现 位段 的能力。

### 2.1 什么是位段

位段的声明和结构是类似的, 有两个不同:

1. 位段的成员必须是 `int`、`unsigned int` 或 `signed int`。
2. 位段的成员名后边有一个冒号和一个数字。

比如:

```
struct A
{
    int _a:2;
    int _b:5;
    int _c:10;
    int _d:30;
};
```

A 就是一个位段类型。

那位段 A 的大小是多少?

```
printf("%d\n", sizeof(struct A));
```

### 2.2 位段的内存分配

1. 位段的成员可以是 `int` `unsigned int` `signed int` 或者是 `char` (属于整形家族) 类型
2. 位段的空间上是按照需要以 4 个字节 (`int`) 或者 1 个字节 (`char`) 的方式来开辟的。
3. 位段涉及很多不确定因素, 位段是不跨平台的, 注重可移植的程序应该避免使用位段。

```
//一个例子
struct S
{
    char a:3;
    char b:4;
    char c:5;
    char d:4;
};
struct S s = {0};
s.a = 10;
s.b = 12;
s.c = 3;
s.d = 4;
```

//空间是如何开辟的?

十六进制 0x62 0x03 0x04

01100010 00000011 00000100

00000000 00000000 00000000

低地址 高地址

a:10 --> 01010  
b:12 --> 01100  
c:3 --> 00011  
d:4 --> 00100

十进制 二进制

```
#include <stdio.h>
struct S
{
    char a : 3;
    char b : 4;
    char c : 5;
    char d : 4;
};
int main()
{
    struct S s = { 0 };
    s.a = 10;
    s.b = 12;
    s.c = 3;
    s.d = 4;
    return 0;
}
```

VS2013环境测试数据

地址: 0x00B3FC74

0x00B3FC74	62 03 04 cc	b..?
0x00B3FC78	cc cc cc cc	????
0x00B3FC7C	cc fc b3 00	???
0x00B3FC80	a9 1a 06 00	?...
0x00B3FC84	01 00 00 00	....
0x00B3FC88	e8 55 be 00	7U?
0x00B3FC8C	d8 a2 be 00	???
0x00B3FC90	65 ae 8c c1	e???
0x00B3FC94	09 11 06 00	....
0x00B3FC98	09 11 06 00	....
0x00B3FC9C	00 40 97 00	.@?
0x00B3FCA0	00 00 00 00	....
0x00B3FCA4	00 00 00 00	....
0x00B3FCA8	00 00 00 00	....
0x00B3FCAc	00 00 b4 00	.?.
0x00B3FCB0	00 00 00 00	....
0x00B3FCB4	90 fc b3 00	???
0x00B3FCB8	00 00 00 00	....
0x00B3FCBC	20 fd b3 00	??.
0x00B3FCc0	78 10 06 00	x...
0x00B3FCc4	b1 3d 39 c1	?=9?
0x00B3FCc8	00 00 00 00	....
0x00B3FCcC	d4 fc b3 00	???
0x00B3FCd0	9d 1c 06 00	?...
0x00B3FCd4	e8 fc b3 00	???
0x00B3FCd8	84 84 96 75	???u
0x00B3FCdc	00 40 97 00	.@?

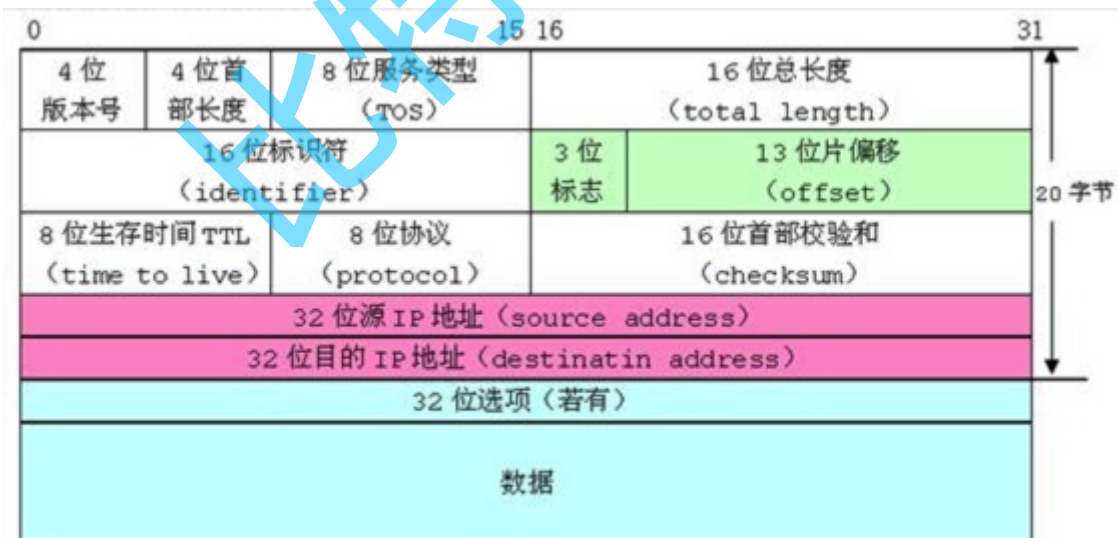
## 2.3 位段的跨平台问题

1. int 位段被当成有符号数还是无符号数是不确定的。
2. 位段中最大位的数目不能确定。（16位机器最大16，32位机器最大32，写成27，在16位机器会出问题。
3. 位段中的成员在内存中从左向右分配，还是从右向左分配标准尚未定义。
4. 当一个结构包含两个位段，第二个位段成员比较大，无法容纳于第一个位段剩余的位时，是舍弃剩余的位还是利用，这是不确定的。

总结:

跟结构相比，位段可以达到同样的效果，但是可以很好的节省空间，但是有跨平台的问题存在。

## 2.4 位段的应用



## 3. 枚举

枚举顾名思义就是——列举。

把可能的取值——列举。

比如我们现实生活中:

一周的星期一到星期日是有限的7天，可以——列举。



性别有：男、女、保密，也可以一一列举。

月份有12个月，也可以一一列举

这里就可以使用枚举了。

### 3.1 枚举类型的定义

```
enum Day//星期
{
    Mon,
    Tues,
    wed,
    Thur,
    Fri,
    Sat,
    Sun
};
enum Sex//性别
{
    MALE,
    FEMALE,
    SECRET
};
enum color//颜色
{
    RED,
    GREEN,
    BLUE
};
```

以上定义的 `enum Day` , `enum Sex` , `enum Color` 都是枚举类型。

{ } 中的内容是枚举类型的可能取值，也叫 枚举常量。

这些可能取值都是有值的，默认从0开始，一次递增1，当然在定义的时候也可以赋初值。

例如：

```
enum color//颜色
{
    RED=1,
    GREEN=2,
    BLUE=4
};
```

### 3.2 枚举的优点

为什么使用枚举？

我们可以使用 `#define` 定义常量，为什么非要使用枚举？

枚举的优点：

1. 增加代码的可读性和可维护性
2. 和 `#define` 定义的标识符比较枚举有类型检查，更加严谨。
3. 防止了命名污染（封装）
4. 便于调试
5. 使用方便，一次可以定义多个常量

## 3.3 枚举的使用

```
enum Color//颜色
{
    RED=1,
    GREEN=2,
    BLUE=4
};

enum Color clr = GREEN;//只能拿枚举常量给枚举变量赋值，才不会出现类型的差异。
clr = 5;                //ok??
```

## 4. 联合（共用体）

### 4.1 联合类型的定义

联合也是一种特殊的自定义类型

这种类型定义的变量也包含一系列的成员，特征是这些成员公用同一块空间（所以联合也叫共用体）。  
比如：

```
//联合类型的声明
union Un
{
    char c;
    int i;
};

//联合变量的定义
union Un un;
//计算连个变量的大小
printf("%d\n", sizeof(un));
```

### 4.2 联合的特点

联合的成员是共用同一块内存空间的，这样一个联合变量的大小，至少是最大成员的大小（因为联合至少得有能力保存最大的那个成员）。

```
union Un
{
    int i;
    char c;
};
union Un un;

// 下面输出的结果是一样的吗？
printf("%d\n", &(un.i));
printf("%d\n", &(un.c));

//下面输出的结果是什么？
un.i = 0x11223344;
un.c = 0x55;
printf("%x\n", un.i);
```

面试题：

比特就业课主页：<https://m.cctalk.com/inst/s9yewhfr>

## 4.3 联合大小的计算

- 联合的大小至少是最大成员的大小。
- 当最大成员大小不是最大对齐数的整数倍的时候，就要对齐到最大对齐数的整数倍。

比如：

```
union Un1
{
    char c[5];
    int i;
};
union Un2
{
    short c[7];
    int i;
};
//下面输出的结果是什么？
printf("%d\n", sizeof(union Un1));
printf("%d\n", sizeof(union Un2));
```

## 5. 练习

通讯录程序

本章完

