

CS100 Recitation 5

GKxx

目录

- 重定向与文件 IO
- `struct`
- `enum` , `bitfield`, `union`

重定向与文件 IO

输入流、输出流

“流” (stream)：这些字符像水流一样，流过便不再回头。

`stdin`, `stdout`：标准输入流、标准输出流

- 当我们在终端运行一个程序的时候，在默认情况下，`stdin` 和 `stdout` 都被绑定到这个终端。
- `./program < my_input_file.txt`：将 `stdin` **重定向到** `my_input_file.txt`
- `./program > my_output_file.txt`：将 `stdout` **重定向到** `my_output_file.txt`
 - 如果这个文件不存在，就创建出来。
 - 如果这个文件存在，它原有的内容会被覆盖掉。
 - `./program >> my_output_file.txt`：追加，而非覆盖。
- `./program < testcases/3.in > output.txt`

freopen: 在代码中实现“重定向” (redirect)

```
freopen("testcases/3.in", "r", stdin);  
freopen("output.txt", "w", stdout);
```

File access mode string	meaning	explanation
"r"	read	open a file for reading
"w"	write	create a file for writing
"a"	append	append to a file
"r+"	read extended	open a file for read/write
"w+"	write extended	create a file for read/write
"a+"	append extended	open a file for read/write

`freopen`: 在代码中实现“重定向” (redirect)

```
freopen("testcases/3.in", "r", stdin);  
freopen("output.txt", "w", stdout);
```

事实上 `freopen` 能做的不止是给 `stdin` / `stdout` 重定向！

永远不要仅凭课件上的只言片语和例子学习标准库函数。

标准输入、输出流

`scanf` , `printf` , `getchar` , `putchar` , `puts` 这些函数都使用 `stdin` 和 `stdout` 。

例如，

- 如果在使用 `scanf` 前将 `stdin` 重定向到某个文件，`scanf` 就会从那个文件读入。
- 如果在使用 `puts` 前将 `stdout` 重定向到某个文件，`puts` 就会向那个文件写入。

文件 IO

```
FILE *infile = fopen("relative/path/to/my/input/file", "r");
int a, b;
fscanf(infile, "%d%d", &a, &b);
FILE *outfile = fopen("relative/path/to/my/output/file", "w");
fprintf(outfile, "%d\n", a + b);
fclose(infile);
fclose(outfile);
```

- `fopen` : 打开一个文件, 获得一个 `FILE *` (文件指针)。
- `fclose` : 关闭一个文件。参数是一个 `FILE *`。
- `fscanf`, `fprintf`, `fputs`, `fgets`, `fputc`, `fgetc` : 在原来的函数的基础上, 多传一个 `FILE *` 类型的参数。
 - 如果传入 `stdin` / `stdout`, 它就和普通的版本一样了。

struct

struct

把几个东西结合在一起，定义成一个新的数据结构

```
struct Student {  
    const char *name;  
    const char *id;  
    int entrance_year;  
    int dorm;  
};
```

```
struct Record {  
    void *ptr;  
    size_t size;  
    int line_no;  
    const char *file_name;  
};
```

```
struct brainfuck_state {  
    uint8_t *memory_buffer;  
    size_t offset;  
    // ...  
};
```

```
struct Point3d {  
    double x, y, z;  
};
```

```
struct Line3d {  
    struct Point3d p0, direction;  
};
```

Product type

假设 `struct x` 具有如下成员

```
struct X {  
    T_1 mem_1;  
    T_2 mem_2;  
    // ...  
    T_n mem_n;  
};
```

设类型 T_1, T_2, \dots, T_n 的值的集合分别为 $\mathcal{T}_1, \mathcal{T}_2, \dots, \mathcal{T}_n$ ，则 `struct x` 的值的集合为

$$\mathcal{X} = \mathcal{T}_1 \times \dots \times \mathcal{T}_n = \{(t_1, \dots, t_n) \mid t_1 \in \mathcal{T}_1, \dots, t_n \in \mathcal{T}_n\}$$

struct 类型

struct + 名字。C 中 struct 关键字不可省略，C++ 中必须省略。

```
struct Student student;  
struct Record records[1000];
```

typedef 定义类型别名

```
typedef long long LL;  
typedef struct { double x, y, z; } Point3d;
```

```
LL llval = 0; // llval is long long  
Point3d p;
```

不要用 #define 代替 typedef

struct 的成员

name.mem

```
struct Student student;  
student.name = "Alice";  
student.id = "2023533000";  
student.entrance_year = 2023;  
student.dorm = 8;  
printf("%d\n", student.dorm);  
++student.entrance_year;  
puts(student.name);
```

struct 的成员

`ptr->mem` : 等价于 `(*ptr).name` 。 不是 `*ptr.name` !! (`.` 优先级高于 `*`)

```
struct Student *ptr = &student;
ptr->name = "Alice";
ptr->id = "2023533000";
(*ptr).entrance_year = 2023; // equivalent to ptr->entrance_year = 2023;
ptr->dorm = 8;
printf("%d\n", ptr->dorm);
++ptr->entrance_year;
puts(ptr->name);
```

struct 初始化

老生常谈的问题：不显式初始化时会发生什么？

```
struct Student gs;  
int main(void) {  
    struct Student ls;  
}
```

struct 初始化

老生常谈的问题：不显式初始化时会发生什么？

```
struct Student gs;  
int main(void) {  
    struct Student ls;  
}
```

- 全局或局部 `static`：**空初始化**：结构体的所有成员都被空初始化。
- 局部非 `static`：不初始化，所有成员都具有未定义的值。

struct 的初始化

Initializer list:

```
struct Record r = {p, cnt * each_size, __LINE__, __FILE__};
```

隔壁 C++20 才有的 designators, C99 就有了！（是不是非常像 Python？）

```
struct Record r2 = {.ptr = p, .size = cnt * each_size,  
                    .line_no = __LINE__, .file = __FILE__};
```

C 允许 designators 以任意顺序出现，C++ 不允许。

struct 的初始化

```
struct Record r = {p, cnt * each_size, __LINE__, __FILE__};  
struct Record r2 = {.ptr = p, .size = cnt * each_size,  
                    .line_no = __LINE__, .file = __FILE__};
```

赋值不行：

```
r = {p, cnt * each_size, __LINE__, __FILE__};           // Error  
records[i] = {.ptr = p, .size = cnt * each_size,  
              .line_no = __LINE__, .file = __FILE__}; // Error
```

但可以使用 compound literal：

```
r = (struct Record){p, cnt * each_size, __LINE__, __FILE__}; // OK  
records[i] = (struct Record){.ptr = p, .size = cnt * each_size,  
                              .line_no = __LINE__, .file = __FILE__}; // OK
```

拷贝一个 struct

一个 struct 可以被拷贝，其行为是**逐成员**拷贝。

```
struct Student a = {"Alice", "2023533000", 2023, 8};  
struct Student b = a; // OK, 初始化  
struct Student c = something();  
c = a; // OK, 赋值
```

- // struct Student b = a; 就如同下面的代码
struct Student b = {a.name, a.id, a.entrance_year, a.dorm};
- // c = a; 就如同下面的代码
c = (struct Student){a.name, a.id, a.entrance_year, a.dorm};

拷贝一个 struct

```
struct A {  
    int array[10];  
    // other members ...  
};
```

虽然编译器拒绝直接拷贝数组，但它其实有能力做到。

拷贝一个 struct A 时，编译器会自动逐元素拷贝数组。

```
int a[10];  
int b[10] = a; // Error!
```

```
struct A a;  
struct A b = a; // OK
```

在函数之间传递 struct

传参的语义是拷贝。

```
void print_info(struct Record r) {  
    printf("%p, %zu, %d, %s\n", r.ptr, r.size, r.line_no, r.file_name);  
}  
  
print_info(records[i]);
```

传参时发生了这样的**初始化**，也就是逐成员拷贝

```
struct Record r = records[i];
```

就如同

```
struct Record r = {records[i].ptr, records[i].size,  
                   records[i].line_no, records[i].file_name};
```

在函数之间传递 `struct`

返回一个 `struct`：严格按照语法来说，也是**拷贝**：

```
struct Record fun(void) {  
    struct Record r = something();  
    some_computations(r);  
    return r;  
}  
  
records[i] = fun();
```

`return r;`：发生了形如 `struct Record tmp = r;` 的**拷贝**，临时对象 `tmp` 是表达式 `fun()` 的求值结果。然后发生了形如 `records[i] = tmp;` 的**拷贝**。

但实际上这个过程会被编译器优化，标准也是允许这种优化的。（我们以后在 C++ 里进一步讨论这个问题）

struct 的大小

```
struct A {  
    int x;  
    char y;  
    double z;  
};
```

sizeof(struct A) 是多少？

struct 的大小

```
struct A {  
    int x;  
    char y;  
    double z;  
};
```

`sizeof(struct A) >= sizeof(int) + sizeof(char) + sizeof(double)`。由于内存对齐的问题，编译器可能会在某些地方插入一定的空白。

一般地，对于一个 `struct X`，有

$$\text{sizeof}(\text{struct } X) \geq \sum_{\text{member} \in X} \text{sizeof}(\text{member}).$$

struct 的大小

```
struct A {  
    int x;  
    struct A a;  
};
```

sizeof(struct A) 是多少？

struct 的大小

```
struct A {  
    int x;  
    struct A a; // Error: use of incomplete type 'struct A'.  
};
```

`sizeof(struct A)` = $+\infty$ 。因此这种行为是**不允许的**。

- 从物理上讲：这样的东西无法存储。
- C 类型系统认为：在定义完毕之前，这个类型是**不完全类型** (incomplete type)。对于不完全类型，不能定义这个类型的对象，不能访问这个类型的成员，只能定义这个类型的指针，并且不能解引用。

常见问题：如何返回两个值/多个值？

```
??? minmax(int *array, int n) {  
    int min = INT_MAX;  
    int max = INT_MIN;  
    for (int i = 0; i < n; ++i) {  
        // ...  
    }  
    return /* (min, max) */  
}
```

```
??? read_string(void) {  
    char *buffer = /* ... */;  
    size_t size = 0;  
    // read the string ...  
  
    buffer[size] = '\\0';  
    return /* (buffer, size) ? */  
}
```

“返回一个值”：将信息从函数内传给调用者。

- 除了 `return` ，还有什么办法可以传递这个信息？

除了 `return` ，还有什么办法可以把信息传给调用者？

让调用者把存放结果的内存地址传进来，我往那儿写。

```
int add(int a, int b) {  
    return a + b;  
}  
int main(void) {  
    int sum = add(1, 2);  
}
```

```
void add(int a, int b, int *result) {  
    *result = a + b;  
}  
int main(void) {  
    int sum;  
    add(1, 2, &sum);  
}
```

传递存放结果的内存地址

```
void minmax(int *array, int n, int *min, int *max) {
    *min = INT_MAX;
    *max = INT_MIN;
    for (int i = 0; i < n; ++i) {
        // 对 *min 和 *max 进行修改
    }
}

int main(void) {
    int a[] = {1, 2, 3};
    int min, max;
    minmax(a, 3, &min, &max);
}
```

想“返回”多少个值都可以：

```
void minmax(int *array, int n, int *min, int *max, int *secmin, int *secmax);
```

传递存放结果的内存地址

还可以与 `return` 结合使用：

```
char *read_string(size_t *size) {  
    char *buffer = /* ... */;  
    *size = 0;  
    // read the string ...  
    // ++*size whenever a new character is read and stored.  
    buffer[*size] = '\\0';  
    return buffer;  
}  
  
int main(void) {  
    size_t size;  
    char *string = read_string(&size);  
}
```

但像 `minmax` 这样的函数，返回的两个值“地位对等”，不建议用两种不同的方式。

更直接：return 一个 struct

C 没有内置的“元组” (tuple) ，但它可以轻易用 struct 造出来：

```
struct minmax_result { int min; int max; };

struct minmax_result minmax(int *array, int n) {
    int min = INT_MAX;
    int max = INT_MIN;
    // ...
    return (struct minmax_result){min, max};
}

int main(void) {
    int a[] = {1, 2, 3};
    struct minmax_result minmax = minmax(a, 3);
    int min = minmax.min, max = minmax.max;
}
```

练习：用这种方式改写 read_string

逗号运算符

一些来自其他语言的选手可能会想这么写：

```
int minmax(int *array, int n) {  
    // ...  
    return min, max;  
}
```

它真的能通过编译，但效果就是 `return max;`

- 表达式 `expr1, expr2` 中的 `,` 是**逗号运算符**：先对 `expr1` 求值，再对 `expr2` 求值，返回 `expr2` 的值。优先级最低的运算符。
 - 为数不多的运算对象求值顺序能确定的运算符之一。
- 并非所有逗号都是逗号运算符，例如 `func(a, b, c)` 中的逗号是函数调用传参的语法的一部分，`int a, b;` 中的逗号是声明多个变量的语法的一部分。

标准库的相关设计

`strtol` ：将一个以字符串形式存在的整数的数值提取出来（得到一个 `long` ）。

```
long strtol(const char *str, char **str_end, int base);
```

```
char str[] = "1234abcdef";  
char *next_pos;  
long value = strtol(str, &next_pos, 10);  
// value 是 1234 , next_pos 指向 'a'
```

The functions set the pointer pointed to by `str_end` to point to the character past the last numeric character interpreted. If `str_end` is a null pointer, it is ignored.

`strtoll` , `strtod` 等函数也是这样。

怎样设计一个函数，让它修改一个变量？

要么 `x = f(x)`，要么 `f(&x)`。

```
const char *move_forward(const char *s)
{
    while (*s != '\0' && condition(*s))
        ++s;
    return s;
}
```

```
// call site:
ptr = move_forward(ptr);
```

```
void move_forward(const char **s)
{
    while (**s != '\0' && condition(**s))
        ++*s;
}
```

```
// call site:
move_forward(&ptr);
```

enum, bitfield, union

enum

定义一个新的类型，其值是某几个特定的（有名字的）值之一。

```
struct Text {  
    int color; // 0 黑色, 1 红色, 2 绿色  
    char *contents;  
};  
  
// in some function  
struct Text text = something();  
text.color = 0; // 设为黑色
```

- 不好的设计：使用 magic numbers

```
enum TextColor { Black, Red, Green };  
struct Text {  
    enum TextColor color;  
    char *contents;  
};  
  
// in some function  
struct Text text = something();  
text.color = Black;
```

- 好的设计：使用 enum 。

enum 实际上也是一种整数

```
const char *colorToString(enum TextColor color) {  
    switch (color) { // 可以放在 switch 里  
        // enum items 是整型编译期常量, 可以放在 case label 上  
        case Black: return "Black";  
        case Red:   return "Red";  
        case Green: return "Green";  
        default:    return "unknown color";  
    }  
}
```

```
const char *colorToString(enum TextColor color) {  
    const char *colors[] = {"Black", "Red", "Green"};  
    return colors[color]; // color 可以作为下标  
}
```

- 你觉得哪一种写法更好？



老师好我叫何同学 LV6 UP

置顶 错误更正：在视频中出现的小拇指控制力度代码：powerCon(1 | 2 | 6 | 7 | 11 | 52 | 57 | 58 | 65, 10);逻辑错误。原先的代码为：

```
{
    powerCon(1, 10);
    powerCon(2, 10);
    powerCon(6, 10);
    powerCon(7, 10);
    powerCon(11, 10);
    powerCon(52, 10);
    powerCon(57, 10);
    powerCon(58, 10);
    powerCon(65, 10);
}
```

在过往学习中使用过|进行多个GPIO引脚的定义，但是并没有深入了解这个符号的含义，由此在该功能实现后简化代码时错误使用了|，并且没有加以验证，导致了错误。

比较合适的方法是将小拇指控制的按键单独定义成一个数组，在控制小拇指的函数中增加传入参数Force，并进行一个for循环，从而控制小拇指力度。

```
#define littleFingerNum 9
```

```
u8 littleFingerID【littleFingerNum】= {1,2,6,7,11,52,57,58,65};//此处的括号为英文输入法里的左右方括号 不知道为啥在B站评论里打出来会自动加粗
```

```
void littleFingerForce(u8 Force)           // 调整小拇指控制区域的力度
{
    for(u8 i = 0; i < littleFingerNum; i++)
    {
        powerCon(littleFingerID【i】 , Force);//此处的括号为英文输入法里的左右方括号 不知道为啥B站评论里打出来会自动加粗
    }
}
```

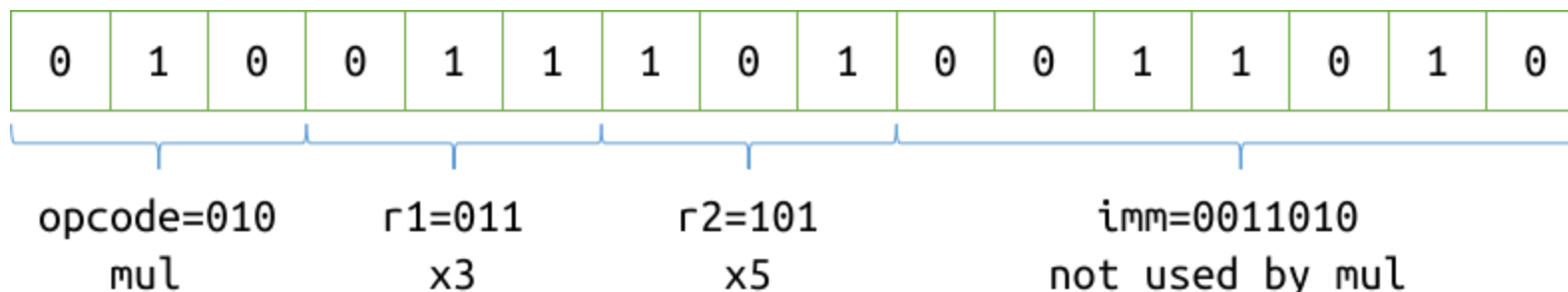
感谢网友的批评指正，非常抱歉在视频中出现了错误的代码。

2022-08-15 16:04 60610 回复

Bitfield

注意：以下代码的行为是 implementation-dependent 的

```
struct Instruction {  
    unsigned imm : 7;  
    unsigned r2 : 3;  
    unsigned r1 : 3;  
    unsigned opcode : 3;  
}; // sizeof(struct Instruction) == 7 + 3 + 3 + 3
```



```
unsigned short x; scanf("%hx", &x);  
struct Instruction i= *(struct Instruction *)&x;  
// 现在可以直接使用 i.opcode, i.r1, i.r2, i.imm
```

union

`union` 和 `struct` 一样，也有一系列**成员**。不同的是，`union` 是这些成员的“叠加”，这些成员共用一片内存。

- `struct` : "Cartesian product"

$$\mathcal{X} = \mathcal{T}_1 \times \cdots \times \mathcal{T}_n = \{(t_1, \cdots, t_n) \mid t_1 \in \mathcal{T}_1, \cdots, t_n \in \mathcal{T}_n\}$$

$$\text{sizeof}(\text{struct } X) \geq \sum_{\text{member} \in X} \text{sizeof}(\text{member}).$$

- `union` : (almost) "disjoint union"

$$\mathcal{X} = \mathcal{T}_1 \sqcup \cdots \sqcup \mathcal{T}_n = \{(t_i, i) \mid t_i \in \mathcal{T}_i, i \in \{1, \cdots, n\}\}$$

$$\text{sizeof}(\text{union } X) \geq \max_{\text{member} \in X} \text{sizeof}(\text{member}).$$

使用 `union` 要非常小心。