

- 一、前言
- 二、预处理器的操作
 - 1. 宏的生效环节：预处理
 - 2. 条件编译
 - 3. 平台预定义的宏
- 三、宏扩展
 - 1. 最常见的宏
 - 2. 与函数的区别
- 四、符号：# 与 ##
 - 1. #: 字符串化
 - 2. ##: 参数连接
- 五、可变参数的处理
 - 1. 参数名的定义和使用
 - 2. 可变参数个数为零的处理
- 六、奇思妙想的宏
 - 1. 日志功能
 - 2. 利用宏来迭代每个参数
 - 3. 动态的调用不同的函数
 - 4. 动态创建错误编码与对应的错误字符串
- 七、总结

一、前言

一直以来，我都有这样一种感觉：当我学习一个新领域的知识时，如果其中的某个知识点在**刚开始接触时**，我感觉**比较难懂、不好理解**，那么以后不论我花多长时间去研究这个知识点，心里会一直认为该知识点比较难，也就是说第一印象特别的重要。

就比如 C 语言中的**宏定义**，好像跟我犯冲一样，我一直觉得**宏定义是 C 语言中最难的部分**，就好比有些小伙伴一直觉得指针是 C 语言中最难的部分一样。

宏的本质就是**代码生成器**，在**预处理器的支持下实现代码的动态生成**，具体的操作通过**条件编译和宏扩展来实现**。我们先在心中建立这么一个基本的概念，然后通过实际的描述和代码来深入的体会：如何驾驭宏定义。

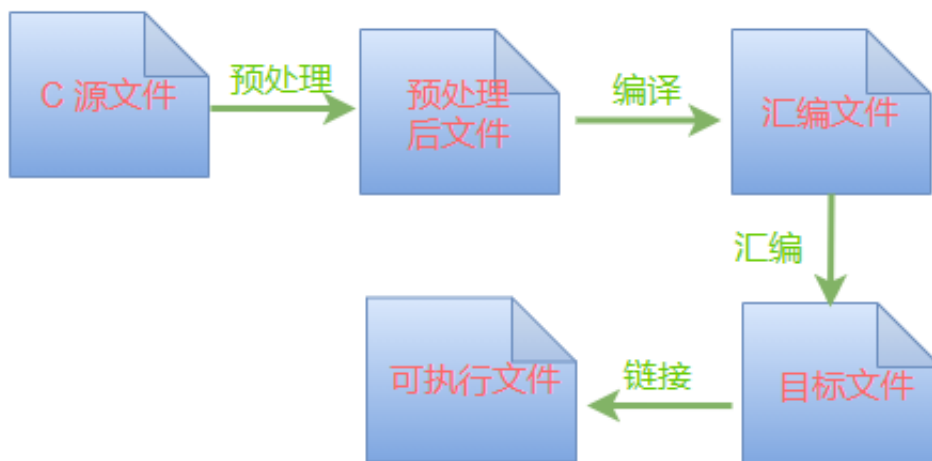
所以，今天我们就来把宏定义所有的知识点进行汇总、深挖，希望经过这篇文章，我能够摆脱心理的这个魔障。看完这篇总结文章后，我相信你也一定能够对宏定义有一个总体、全局的把握。

二、预处理器的操作

公众号【IOT物联网小镇】

1. 宏的生效环节：预处理

一个 C 程序在编译的时候，从源文件开始到最后生成二进制可执行文件，一共经历 4 个阶段：



我们今天讨论的内容就是在第一个环节：预处理，由预处理器来完成这个阶段的工作，包括下面这 4 项工作：

1. 文件引入(#include);
2. 条件编译(#if..#elif..#endif);
3. 宏扩展(macro expansions);
4. 行控制(line control)。

2. 条件编译

一般情况下，C 语言文件中的每一行代码都是要被编译的，但是有时候出于对程序代码优化的考虑，希望只对其中的一部分代码进行编译，此时就需要在程序中加入条件，让编译器只对满足条件的代码进行编译，将不满足条件的代码舍弃，这就是条件编译。

简单的说：就是预处理器根据我们设置的条件，对代码进行动态的处理，把有效的代码输出到一个中间文件，然后送给编译器进行编译。

条件编译基本上在所有的项目代码中都被使用到，例如：当你需要考虑下面的几种情况时，就一定会使用条件编译：

1. 需要把程序编译成不同平台下的可执行程序；
2. 同一套代码需要运行在同一平台上的不同功能产品上；
3. 在程序中存在一些测试目的的代码，不想污染产品级的代码，需要屏蔽掉。

这里举 3 个例子，在代码中经常看到的关于条件编译：

示例1：用来区分 C 和 C++ 代码

```
#ifdef __cplusplus
extern "C" {
#endif

void hello();

#ifdef __cplusplus
}
#endif
```

这样的代码几乎在每个开源库中都可能见到，主要的目的就是 C 和 C++ 混合编程，具体来说就是：

1. 如果使用 gcc 来编译，那么宏 `__cplusplus` 将不存在，其中的 `extern "C"` 将会被忽略；
2. 如果使用 g++ 来编译，那么宏 `__cplusplus` 就存在，其中的 `extern "C"` 就发生作用，编译出来的函数名 `hello` 就不会被 g++ 编译器改写，因此就可以被 C 代码来调用；

示例2：用来区分不同的平台

```
#if defined(linux) || defined(__linux) || defined(__linux__)
    sleep(1000 * 1000); // 调用 Linux 平台下的库函数
#elif defined(WIN32) || defined(_WIN32)
    Sleep(1000 * 1000); // 调用 Windows 平台下的库函数(第一个字母是大写)
#endif
```

那么，这些 `linux`，`__linux`，`__linux__`，`WIN32`，`_WIN32` 是从哪里来的呢？我们可以认为是编译目标平台(操作系统)为我们预先准备好的。

示例3：在编写 Windows 平台下的动态库时，声明导出和导入函数

```
#if defined(linux) || defined(__linux) || defined(__linux__)
    #define LIBA_API
#else
    #ifdef LIBA_STATIC
        #define LIBA_API
    #else
        #ifdef LIBA_API_EXPORTS
            #define LIBA_API __declspec(dllexport)
        #else
            #define LIBA_API __declspec(dllimport)
        #endif
    #endif
#endif

LIBA_API void hello();
```

这段代码是直接从我之前在 B 站录制的一个小视频里的示例拿过来的，当时主要是演示如何如何在 Linux 平台下使用 `make` 和 `cmake` 构建工具来编译，后来又小伙伴让我在 Windows 平台下也用 `make` 和 `cmake` 来构建，所以就写了上面这段宏定义。

1. 在使用 MSVC 编译动态库时，需要在编译选项(Makefile 或者 CMakeLists.txt)中定义宏

公众号【IOT物联网小镇】

LIBA_API_EXPORTS，那么导出函数 hello 的最前面的宏 LIBA_API 就会被替换成：

__declspec(dllexport)，表示导出操作；

2. 在编译应用程序的时候，使用动态库，需要 include 动态库的头文件，此时在编译选项中不需要定义宏 LIBA_API_EXPORTS，那么 hello 函数最前面的 LIBA_API 就会被替换成

__declspec(dllimport)，表示导入操作；

3. 补充一点：如果使用静态库，编译选项中不需要任何宏定义，那么宏 LIBA_API 就为空。

3. 平台预定义的宏

上面已经看到了，目标平台会为我们预先定义好一些宏，方便我们在程序中使用。除了上面的操作系统相关宏，还有另一类宏定义，在日志系统中被广泛的使用：

FILE：当前源代码文件名；

LINE：当前源代码的行号；

FUNCTION：当前执行的函数名；

DATE：编译日期；

TIME：编译时间；

例如：

```
printf("file name: %s, function name = %s, current line:%d \n", __FILE__,  
__FUNCTION__, __LINE__);
```

三、宏扩展

所谓的宏扩展就是代码替换，这部分内容也是我想表达的主要内容。宏扩展最大的好处有如下几点：

1. 减少重复的代码；
2. 完成一些通过 C 语法无法实现的功能(字符串拼接)；
3. 动态定义数据类型，实现类似 C++ 中模板的功能；
4. 程序更容易理解、修改(例如：数字、字符串常量)；

我们在写代码的时候，所有使用宏名称的地方，都可以理解为一个占位符。在编译程序的预处理环节，这些宏名将会被替换成宏定义中的那些代码段，注意：仅仅是单纯的文本替换。

1. 最常见的宏

为了方便后面的描述，先来看几个常见的宏定义：

(1) 数据类型的定义

```
#ifndef BOOL
    typedef char BOOL;
#endif

#ifndef TRUE
    #define TRUE
#endif

#ifndef FALSE
    #define FALSE
#endif
```

在数据类型定义中，需要注意的一点是：如果你的程序需要用不同平台下的编译器来编译，那么你要去查一下所使用的编译器对这些宏定义控制的数据类型**是否已经定义了**。例如：在 gcc 中没有 BOOL 类型，但是在 MSVC 中，把 BOOL 类型定义为 int 型。

(2) 获取最大、最小值

```
#define MAX(a, b)    (((a) > (b)) ? (a) : (b))
#define MIN(a, b)    (((a) < (b)) ? (a) : (b))
```

(3) 计算数组中的元素个数

```
#define ARRAY_SIZE(x)    (sizeof(x) / sizeof((x)[0]))
```

(4) 位操作

```
#define BIT_MASK(x)      (1 << (x))
#define BIT_GET(x, y)    (((x) >> (y)) & 0x01u)
#define BIT_SET(x, y)    ((x) | (1 << (y)))
#define BIT_CLR(x, y)    ((x) & ~(1 << (y)))
#define BIT_INVERT(x, y) ((x) ^ (1 << (y)))
```

2. 与函数的区别

从上面这几个宏来看，所有的这些操作都可以通过**函数**来实现，那么他们各有什么优缺点呢？

通过函数来实现：

1. 形参的类型需要确定，调用时对参数进行检查；
2. 调用函数时需要额外的开销：操作函数栈中的形参、返回值等；

通过宏来实现：

1. 不需要检查参数，更灵活的传参；
2. 直接对宏进行代码扩展，执行时不需要函数调用；
3. 如果同一个宏在多处调用，会增加代码体积；

还是举一个例子来说明比较好，就拿上面的比较大小来说吧：

(1) 使用宏来实现

```
#define MAX(a, b)    (((a) > (b)) ? (a) : (b))

int main()
{
    printf("max: %d \n", MAX(1, 2));
}
```

(2) 使用函数来实现

```
int max(int a, int b)
{
    if (a > b)
        return a;
    return b;
}

int main()
{
    printf("max: %d \n", max(1, 2));
}
```

除了函数调用的开销，其它看起来没有差别。这里比较的是 2 个整型数据，那么如果还需要比较 2 个浮点型数据呢？

1. 使用宏来调用：MAX(1.1, 2.2); 一切 OK;
2. 使用函数调用：max(1.1, 2.2); 编译报错：类型不匹配。

此时，使用宏来实现的优势就体现出来了：因为宏中没有类型的概念，调用者传入任何数据类型都可以，然后在后面的比较操作中，大于或小于操作都是利用了 C 语言本身的语法来执行。

如果使用函数来实现，那么就必须再定义一个用来操作浮点型的函数，以后还有可能比较：char 型、long 型数据等等。

在 C++ 中，这样的操作可以通过参数模板来实现，所谓的模板也是一种代码动态生成机制。当定义了一个函数模板后，根据调用者的实参，来动态产生多个函数。例如定义下面这个函数模板：

```
template<typename T> T max(T a, T b){
    if (a > b)
        return a;
    return b;
}

max(1, 2);        // 实参是整型
max(1.1, 2,2);    // 实参是浮点型
```

当编译器看到 max(1, 2) 时，就会动态生成一个函数 int max(int a, int b) { ... };

当编译器看到 max(1.1, 2.2) 时，又会动态生成另一个函数 float max(float a, float b) { ... }。

公众号【IOT物联网小镇】

所以，从代码的动态生成角度看，宏定义和 C++ 中的模板参数有点神似，只不过宏定义仅仅是代码扩展而已。

下面这个例子也比较不错，利用宏的类型无关，来动态生成结构体：

```
#define VEC(T)      \
    struct vector_##T { \
        T *data;      \
        size_t size;   \
    };

int main()
{
    VEC(int)    vec_1 = { .data = NULL, .size = 0 };
    VEC(float)  vec_2 = { .data = NULL, .size = 0 };
}
```

这个例子中用到了 ##，下面会解释这个知识点。在前面的例子中，宏的参数传递的都是一些变量，而这里传递的宏参数是数据类型，通过宏的类型无关性，达到了“动态”创建结构体的目的：

```
struct vector_int {
    int *data;
    size_t size;
}

struct vector_float {
    float *data;
    size_t size;
}
```

这里有一个陷阱需要注意：传递的数据类型中不能有空格，如果这样使用：VEC(long long)，那替换之后得到：

```
struct vector_long long { // 语法错误
    long long *data;
    size_t size;
}
```

四、符号：# 与

这两个符号在编程中的作用也是非常巧妙，夸张的说一句：在任何框架性代码中，都能见到它们的身影！

作用如下：

1. #：把参数转换成字符串；
2. ##：连接参数。

1. #：字符串化

直接看最简单的例子：

```
#define STR(x) #x

printf("string of 123: %s \n", STR(123));
```

传入的是一个数字 123，输出的结果是字符串“123”，这就是字符串化。

2. ##：参数连接

把宏中的参数按照字符进行拼接，从而得到一个新的标识符，例如：

```
#define MAKE_VAR(name, no) name##no

int main(void)
{
    int MAKE_VAR(a, 1) = 1;
    int MAKE_VAR(b, 2) = 2;

    printf("a1 = %d \n", a1);
    printf("b2 = %d \n", b2);
    return 0;
}
```

当调用宏 MAKE_VAR(a, 1) 后，符号 ## 把两侧的 name 和 no 首先替换为 a 和 1，然后连接得到 a1。然后在调用语句中前面的 int 数据类型就说明了 a1 是一个整型数据，最后初始化为 1。

五、可变参数的处理

1. 参数名的定义和使用

宏定义参数个数可以是不确定的，就像调用 printf 打印函数一样，在定义的时候，可以使用三个点(...)来表示可变参数，也可以在三个点的前面加上可变参数的名称。

如果使用三个点(...)来接收可变参数，那么在使用的时候就需要使用 VA_ARGS 来表示可变参数，如下：

```
#define debug1(...)    printf(__VA_ARGS__)

debug1("this is debug1: %d \n", 1);
```

如果在三个点(...)的前面加上一个参数名，那么在使用时就一定要使用这个参数名，而不能使用 VA_ARGS 来表示可变参数，如下：

```
#define debug2(args...) printf(args)

debug1("this is debug2: %d \n", 2);
```


2. 可变参数个数为零的处理

看一下这个宏：

```
#define debug3(format, ...)    printf(format, __VA_ARGS__)

debug3("this is debug4: %d \n", 4);
```

编译、执行都没有问题。但是如果这样来使用宏：

```
debug3("hello \n");
```

编译的时候，会出现错误：error: expected expression before ‘)’ token。为什么呢？

看一下宏扩展之后的代码（__VA_ARGS__为空）：

```
printf("hello \n");
```

看出问题了吧？在格式化字符串的后面多了一个逗号！为了解决问题，预处理器给我们提供了一个方法：通过##符号把这个多余的逗号给自动删掉。于是宏定义改成下面这样就没有问题了。

```
#define debug3(format, ...)    printf(format, ##__VA_ARGS__)
```

类似的，如果自己定义了可变参数的名字，也在前面加上##，如下：

```
#define debug4(format, args...) printf(format, ##args)
```

六、奇思妙想的宏

宏扩展的本质就是文本替换，但是一旦加上可变参数(__VA_ARGS__)和##的连接功能，就能够变化出无穷的想象力。

我一直坚信，模仿是成为高手的第一步，只有见多识广、多看、多学习别人是怎么来使用宏的，然后拿来为己所用，按照“先僵化-再优化-最后固化”这个步骤来训练，总有一天你也能成为高手。

这里我们就来看几个利用宏定义的巧妙实现。

1. 日志功能

在代码中添加日志功能，几乎是每个产品的标配了，一般见到最普遍的是下面这样的用法：

公众号【IOT物联网小镇】

```
#ifdef DEBUG
    #define LOG(...) printf(__VA_ARGS__)
#else
    #define LOG(...)
#endif

int main()
{
    LOG("name = %s, age = %d \n", "zhangsan", 20);
    return 0;
}
```

在编译的时候，如果需要输出日志功能就传入宏定义 DEBUG，这样就能打印输出调试信息，当然实际的产品中需要写入到文件中。如果不需要打印语句，通过把打印日志信息那条语句定义为空语句来达到目的。

换个思路，我们还可以通过[条件判断语句](#)来控制打印信息，如下：

```
#ifdef DEBUG
    #define debug if(1)
#else
    #define debug if(0)
#endif

int main()
{
    debug {
        printf("name = %s, age = %d \n", "zhangsan", 20);
    }
    return 0;
}
```

这样控制日志信息的看到的不多，但是也能达到目的，放在这里只是给大家开阔一下思路。

2. 利用宏来迭代每个参数

```
#define first(x, ...) #x
#define rest(x, ...) #__VA_ARGS__

#define destructive(...) \
    do { \
        printf("first is: %s\n", first(__VA_ARGS__)); \
        printf("rest are: %s\n", rest(__VA_ARGS__)); \
    } while (0)

int main(void)
{
    destructive(1, 2, 3);
    return 0;
}
```

公众号【IOT物联网小镇】

主要的思想就是：每次把可变参数 **VA_ARGS** 中的第一个参数给分离出来，然后把后面的参数再递归处理，这样就可以分离出每一个参数了。我记得侯杰老师在 C++ 的视屏中，利用可变参数模板这个语法，也实现了类似的功能。

刚才在有道笔记中居然找到了侯杰老师演示的代码，熟悉 C++ 的小伙伴可以研究下下面这段代码：

```
// 递归的最后一次调用
void myprint()
{
}

template <typename T, typename... Types>
void myprint(const T &first, const Types&... args)
{
    std::cout << first << std::endl;
    std::cout << "remain args size = " << sizeof...(args) << std::endl;

    // 把其他参数递归调用
    myprint(args...);
}

int main()
{
    myprint("aaa", 7.5, 100);
    return 0;
}
```

3. 动态的调用不同的函数

```
// 普通的枚举类型
enum {
    ERR_One,
    ERR_Two,
    ERR_Three
};

// 利用 ## 的拼接功能，动态产生 case 中的比较值，以及函数名。
#define TEST(no) \
    case ERR_##no: \
        Func_##no(); \
        break;

void Func_One()
{
    printf("this is Func_One \n");
}

void Func_Two()
{
    printf("this is Func_Two \n");
}
```

```
void Func_Three()
{
    printf("this is Func_Three \n");
}

int main()
{
    int c = ERR_Two;
    switch (c) {
        TEST(One);
        TEST(Two);
        TEST(Three);
    };

    return 0;
}
```

在这个例子中，核心在于 **TEST 宏定义**，通过 `##` 拼接功能，构造出 case 分支的比较目标，然后动态拼接得到对应的函数，最后调用这个函数。

4. 动态创建错误编码与对应的错误字符串

这也是一个非常巧妙的例子，利用了 `#`(字符串化) 和 `##`(拼接) 这 2 个功能来动态生成错误编码码和相应的错误字符串：

```
#define MY_ERRORS      \
    E(TOO_SMALL)      \
    E(TOO_BIG)        \
    E(INVALID_VARS)

#define E(e) Error_## e,
typedef enum {
    MY_ERRORS
} MyEnums;
#undef E

#define E(e) #e,
const char *ErrorStrings[] = {
    MY_ERRORS
};
#undef E

int main()
{
    printf("%d - %s \n", Error_TOO_SMALL, ErrorStrings[0]);
    printf("%d - %s \n", Error_TOO_BIG, ErrorStrings[1]);
    printf("%d - %s \n", Error_INVALID_VARS, ErrorStrings[2]);

    return 0;
}
```

公众号【IOT物联网小镇】

我们把宏展开之后，得到一个枚举类型和一个字符串常量数组：

```
typedef enum {  
    Error_T00_SMALL,  
    Error_T00_BIG,  
    Error_INVALID_VARS,  
} MyEnums;  
  
const char *ErrorStrings[] = {  
    "T00_SMALL",  
    "T00_BIG",  
    "INVALID_VARS",  
};
```

宏扩展之后的代码是不是很简单啊。编译、执行结果如下：

```
0 - T00_SMALL  
1 - T00_BIG  
2 - INVALID_VARS
```

七、总结

有些人对宏爱之要死，多到滥用的程度；而有些人对宏恨之入骨，甚至用上了邪恶(evil)这个词！其实宏对于C来说，就像菜刀对于厨师和歹徒一样：用的好，可以让代码结构简洁、后期维护特别方便；用的不好，就会引入晦涩的语法、难以调试的 Bug。

对于我们开发人员来说，只要在程序的执行效率、代码的可维护性上做好平衡就可以了。

不吹嘘，不炒作，不浮夸，认真写好每一篇文章！

欢迎转发、分享给身边的技术朋友，道哥在此表示衷心的感谢！

转发的推荐语已经帮您想好了：

道哥总结的这篇总结文章，写得很用心，对我的技术提升很有帮助。好东西，要分享！

【原创声明】

公众号【IOT物联网小镇】

作者：道哥(公众号: [IOT物联网小镇](#))

知乎：道哥

B站：道哥分享

掘金：道哥分享

CSDN：道哥分享

转载：欢迎转载，但未经作者同意，必须保留此段声明，必须在文章中给出原文连接。

关注+星标公众号，不错过最新文章



微信搜一搜

🔍 IOT物联网小镇

推荐阅读

[利用C语言中的setjmp和longjmp，来实现异常捕获和协程](#)

[C语言指针-从底层原理到花式技巧，用图文和代码帮你讲解透彻](#)

[一步步分析-如何用C实现面向对象编程](#)

[原来gdb的底层调试原理这么简单](#)

[关于加密、证书的那些事](#)

[深入LUA脚本语言，让你彻底明白调试原理](#)