**Goodman Tao**

**2019-11-12**

**Goodman Tao/陶兴**

**An OOP Library for C**

**OopC**

无比崇敬的**Isaac Newton**爵士

**目录**

[1. 起因 2](#_Toc24304469)

[2. 源码 2](#_Toc24304470)

[3. Hello, world! 4](#_Toc24304471)

[4. Object 7](#_Toc24304472)

[5. OOP 8](#_Toc24304473)

[5.1. 继承 8](#_Toc24304479)

[5.2. 多态 12](#_Toc24304480)

[6. 特性 16](#_Toc24304481)

[6.1. 构造函数 16](#_Toc24304483)

[6.2. 调用函数 17](#_Toc24304484)

[6.3. 类额外内存释放 17](#_Toc24304485)

[6.4. 局部内存释放 19](#_Toc24304486)

[7. 类生成器 19](#_Toc24304487)

[8. 规范 19](#_Toc24304488)

[9. API汇总 20](#_Toc24304489)

[10. 原理 20](#_Toc24304490)

[11. 设计模式实例 20](#_Toc24304491)

[12. 下一步 20](#_Toc24304492)

[13. 一起 20](#_Toc24304493)

[14. 感谢 20](#_Toc24304494)

[15. ^\_^ 21](#_Toc24304495)

# 起因

“OopC”是“Object Oriented Programming in C”的缩写。应该归咎于我的偏执吧，我特别喜欢C语言简约的语法和高效的性能，但很遗憾的是它没有面向对象的特性。我曾试图深入理解和学习C++，但是它太过庞大，这显然和驻留在我头脑里的观点是不一致的。优雅的事物应该是简单而又强大的，或者说用相对简单的事物取得更大的效益，或者说我所认为的最优化。

事实上不乏前辈追求或追求过同样的事情。和他们的追求或许有些不同，我的另一个目标是实用，而不是完全空洞的优雅或者不切实际的追求性能，在优雅的代码和实际的应用开发之间需要合理的权衡。这也在OopC的代码中有所体现——提供面向对象特性的支持，而非达到“所有的都是对象”的目的。

# 源码

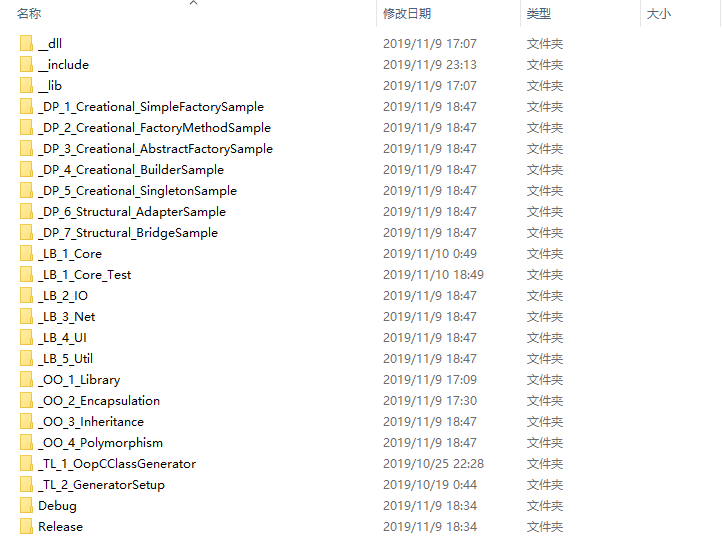
OopC的源代码托管在GitHub[[1]](#footnote-1)和码云[[2]](#footnote-2)上，编译环境为Visual Studio 2017，使用标准C99实现。采用MIT授权，也就是说，如果我的代码有幸能供您使用，还请您务必将软件的开源证书附加到所使用的项目中，此外，没有其它的要求了。如果能够通知我一下，您正在使用这些代码，我会非常高兴的。

代码的目录如图2.1，



图2.1

doc/ 包含项目[[3]](#footnote-3)的说明文档。OopC.sln为项目解决方案。OopC/ 包含项目核心库代码和相关的示例工程，如下图2.2，

图2.2

“OO”前缀表示“Object Oriented”。\_OO\_1\_Library/ 包含OopC的核心代码，该工程在编译后输出OopBase.dll至\_\_dll/，输出OopBase.lib至\_\_lib/，复制OopBase.h至\_\_include/，依据不同的配置，生成的.dll和.lib文件将被输出至x86和x64文件夹中。其余三个以“OO”开头的工程，正如其名称后缀一样，分别演示OopC的封装、继承和多态特性。

“DP”前缀表示“Design Pattern”，以此为前缀的工程表示其下代码演示一种设计模式的实现，比如上图中“\_DP\_1\_Creational\_SimpleFactorySample”，该工程演示设计模式中的创建型模式，具体为简单工厂模式。到文档撰写日止，只完成了七个模式的示例代码的编写，后面会持续更新。

“LB”前缀表示“Library”，表示以此为前缀的工程封装了一些实用的功能，每个工程都包含了一组功能集合。注意到“\_LB\_1\_Core\_Test”，后缀为“Test”的工程表示其为对应库的测试工程。

“TL”前缀表示“Tool”，如上图，“\_TL\_1\_OopCClassGenerator”表示OopC的类生成器工程，用于简化OopC类的编写，“\_TL\_2\_GeneratorSetup”则是安装部署项目，用于生成类生成器安装包，其输出为“OopCClassGeneratorSetup.msi”。

文件夹中的数字表示推荐阅读顺序，个人推荐先按序阅读“OO”部分，然后阅读“LB”部分和“DP”部分。

# Hello, world!

照例，我们看一下OopC的“Hello, world!”，通过这个例子，您将会明白OopC是如何支持C语言的面向对象特性的。

* HelloWorld.h

1 #ifndef HELLOWORLD\_H\_\_

2 #define HELLOWORLD\_H\_\_

3 #include <OopBase.h>

4

5 CLASSDEF(HelloWorld, Object);

6

7 typedef ParamNull HelloWorld\_Print;

8

9 #endif // !HELLOWORLD\_H\_\_

* HelloWorld.c

1 #include "HelloWorld.h"

2

3 //#include <malloc.h>

4 #include <stdio.h>

5

6 struct HelloWorld

7 {

8 CHAINDEF;

9 };

10

11 /////////////////////////////////////////////////////////////

12 //

13

14 static void Print(void \*pParams)

15 {

16 HelloWorld \*pThis = ((ParamIn \*)pParams)->pInst;

17 HelloWorld\_Print \*pIn = ((ParamIn\*)pParams)->pIn;

18

19 printf("Hello, world!.\n");

20 }

21

22 /////////////////////////////////////////////////////////////

23 //

24

25 bool INVOKE(HelloWorld)(HelloWorld \*pInst, char \*pFuncName, void \*pParams)

27 {

28 DOINVOKE(pInst, pFuncName, pParams);

29 }

30

31 void \*EXTEND(HelloWorld)(HelloWorld \*pInst)

32 {

33 DOEXTEND(pInst);

34 }

35

36 void DELETE(HelloWorld)(HelloWorld \*pInst)

37 {

38 DODELETE(pInst, HelloWorld, Object);

39 }

40

41 HelloWorld \*CREATE(HelloWorld)()

42 {

43 DOCREATE(pCreate, HelloWorld, Object, NULL,

44 METHOD(Print));

45 return pCreate;

46 }

* main.c

1 #include "HelloWorld.h"

2

3 int main(int argc, char \*\*argv)

4 {

5 HelloWorld \*pHllWrld = CREATE(HelloWorld)();

6

7 INVOKE(HelloWorld)(pHllWrld, "Print", NULL);

8

9 DELETE(HelloWorld)(pHllWrld);

10

11 return 0;

12 }

头文件HelloWorld.h中第1、2、9行的条件编译指令防止重复包含类。第3行的预编译包含指令包含OopBase.h，这是OopC的核心头文件，提供OOP特性。第5行的CLASSDEF类函数宏入参为HelloWorld，表示定义一个类HelloWorld,另一个入参为Object，表示类HelloWorld继承自Object。第7行typedef类型定义的含义为，类HelloWorld有一个名为Print的方法，方法的输入和输出参数为空（使用ParamNull示意，定义该结构体的目的也在于此）。至此，HelloWorld类的类定义就完成了。

类实现文件HelloWorld.c中，第1行包含类头文件。第3、4行包含类实现时所需的头文件，可以看出来，随着代码的更新，malloc.h头文件已经不需要了。第6~9行包含类的数据域结构体，这个结构体的名称必须与类名相同。在OopC中，所有的类都应该有数据域结构体，每个数据域结构体的名称都应该与类名相同。每个类数据域结构体都应包含CHAINDEF，如代码第8行所示。

第14~20行定义类的成员方法Print，您可能会发现，在说明头文件HelloWorld.h时，曾提到Print方法输入输出参数为空，而这里的定义并非如此——Print的输入参数为指针类型。实际上，在类定义时指明Print方法的输入输出参数为空，意在说明pIn参数为NULL，如代码第17行所示。这里需要重点指出的是类的所有成员方法的存储类别都推荐声明为静态内部链接static，入参都必须声明为空指针类型void \*，返回参数都推荐声明为空类型void。第16行获取类的this指针，第17行获取输入输出参数，因为Print方法的输入输出参数为空，所以运行时pIn的值也就是NULL。

第25~46行，也就是实现文件中的剩下部分内容，为类的控制函数，在OopC中，每个类都有4个控制函数：调用函数（INVOKE）、扩展函数（EXTEND）、删除函数（DELETE）、创建函数（CREATE），删除函数和创建函数也就是析构函数和构造函数。调用函数用于帮助客户代码调用实例的方法，在main.c中有其使用示例。扩展函数有两个作用，其一是帮助子类继承该类，其二是子类到父类的类型转换，如何使用，在工程\_OO\_3\_Inheritance中有相应示例。所有类的调用函数和扩展函数都是一致的，删除函数也是大同小异，创建函数除了不同的类的具体业务逻辑之外，大部分代码都相同。第38行进行内存清除。第43、44行创建类实例，METHOD(Print)指明该方法可以被客户代码通过实例调用，如果还有一个方法Dummy可以让外界调用，第43行NULL后面的参数则应改为METHOD(Print)METHOD(Dummy)。在本例中，第14~20行实际已经给出了Print方法的实现，如果添加的方法没有实现（也就是只在头文件中定义了输出输出参数结构体而没有方法定义），则应改为AMETHOD(Print)，A的含义为Abstract。同样，METHOD和AMETHOD两个类函数宏在工程\_OO\_3\_Inheritance中有使用示例，结合继承的使用示例和这里的描述，您可以更容易的理解，如果这里关于METHOD和AMETHOD的描述没有理解，您也不用急着去翻阅其它的代码，请继续往下看。第43行的Object参数说明类HelloWorld继承了它，NULL对应的形参，用于释放类相关的额外内存，具体怎么使用在6.3节将会有具体示例予以说明，pCreate指出类函数宏DOCREATE创建了一个名为pCreate的实例。

客户代码main.c中，第5行创建类实例，第9行删除类实例。第7行，与一般的函数调用形式相异，OopC中对成员方法的调用通过类的控制函数——调用函数实现，类函数宏INVOKE的输入参数为类名称HelloWorld，表示调用类HelloWorld的调用函数，以实现成员方法的调用，第一个参数为类实例，表示将调用该实例的成员方法，第二个参数为"Print"，表示希望调用的成员方法名为"Print"，第三个参数为NULL，表示调用该方法的传入传出参数为空。

好了，现在我们的“Hello, world!”的例子就完成了。注意在编译的时候需要添加头文件OopBase.h，库文件OopBase.lib，运行时需要添加动态链接库文件OopBase.dll。运行成功后，控制台将打印Hello, world!。

比通常的“Hello，world！”例子稍微复杂，不过这已经给出了OopC的大多数特性了。如果存在没有看懂的地方，没关系，继续往下看。

# Object

Object类是OopC核心库中唯一的一个类，包含在OopBase.h中，在OopC中，每个类都是Object类的子类，这并不意味着您设计的类会自动继承Object类，相反如果您设计的类没有继承自其它类，则应该显式继承该类。

下面是Object类的定义，

1 typedef struct Object Object;

2

3 Object\* CREATE(Object)();

4 bool INVOKE(Object)(Object\* pInst, char\* pFuncName, void\* pParams);

5 void\* EXTEND(Object)(Object\* pInst);

6 void DELETE(Object)(Object\* pInst);

7

8 typedef struct { bool\* pRet; void\* pToCmpr; } Object\_Equal;

9 typedef ParamNull Object\_ToString;

**OopC中，类本质是结构体和函数的一个功能组合。结构体变量作为类实例，而函数因为只能通过结构体变量来调用所以成为类的成员方法。**因此第1行将结构体声明为Object类型，也就声明了Object类，该结构体包含类Object的数据域，因此定义在.c文件中，以控制访问。

在“Hello，world!”示例中，类头文件HelloWorld.h中并没有显示声明四个控制函数，这是因为在宏CLASSDEF中已经给出了声明，这里因为没有使用该宏，因此第3~6行显式声明四个控制函数：创建函数CREATE(Object)、调用函数INVOKE(Object)、扩展函数EXTEND(Object)和删除函数DELETE(Object)。第4行调用函数包含三个输入参数：类实例、将要调用的方法名称字符串和该方法的输入输出参数。输入输出参数是一个结构体指针，什么样的结构体指针呢？不急。第5行为扩展函数，入参为类实例，返回一个指针。第6行为删除函数，它的参数为类实例。

我们先看第9行，从“Hello，world!”示例我们可以知道，Object类包含一个ToString方法，该方法的输入输出参数为NULL。从第8行可以看出，Object类还包含一个Equal方法，该方法和ToString不同，它有两个参数，bool指针pRet为返回值，表明比较结果，void\*指针pToCmpr为需要与之比较的参数。我们刚才说到，调用函数的第三个参数为一个结构体指针，现在应该比较清晰了，这个结构体就是对应方法的出入参数结构体。下面用一个例子来说明（注意，这里没有写出释放类实例的代码），

1 bool bRet = false;

2 Object \*pToCmpr = CREATE(Object)();

3 Object \*pObj = CREATE(Object)();

4 INVOKE(Object)(pObj, "Equal", &(Object\_Equal){&bRet, pToCmpr});

# OOP



## 继承

在工程\_OO\_3\_Inheritance中，演示了OopC的继承。首先定义了一个计算器Calculator类，用于模拟算术运算功能，代码如下：

* Calculator.h

1 #ifndef CALCULATOR\_H\_\_

2 #define CALCULATOR\_H\_\_

3

4 #include <OopBase.h>

5

6 CLASSDEF(Calculator, Object);

7

11 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double \*pdblRet; }

12 Calculator\_Subtract;

13 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double\* pdblRet; }

14 Calculator\_Multiply;

15

16 #endif // !CALCULATOR\_H\_\_

第11~14行表明类存在Subtract和Multiply两个方法，分别对应减法和乘法，dblOpL和dblOpR均为输入操作数，dblOpRet为计算得到的结果——差和乘积。

下面来看计算器类Calculator的实现方式，代码如下：

* Calculator.c

1 #include "Calculator.h"

2

3 //#include <malloc.h>

4

5 struct Calculator

6 {

7 CHAINDEF;

8

13 };

14

15 ///////////////////////////////////////////////////////////////////

16 //

17

18 static void Input(void\* pParams)

19 {

20 Calculator\* pThis = ((ParamIn\*)pParams)->pInst;

21 Calculator\_Input\* pIn = ((ParamIn\*)pParams)->pIn;

22

23 pThis->dblOperandL = pIn->dblOpL;

24 pThis->dblOperandR = pIn->dblOpR;

25 }

26

27 static void Add(void\* pParams)

28 {

29 Calculator\* pThis = ((ParamIn\*)pParams)->pInst;

30 Calculator\_Add\* pIn = ((ParamIn\*)pParams)->pIn;

31

32 pThis->dblResult = pThis->dblOperandL + pThis->dblOperandR;

33 }

34

35 static void Output(void\* pParams)

36 {

37 Calculator\* pThis = ((ParamIn\*)pParams)->pInst;

38 Calculator\_Output\* pIn = ((ParamIn\*)pParams)->pIn;

39

40 \*pIn->pdblRet = pThis->dblResult;

41 }

42

43 static void Subtract(void\* pParams)

44 {

45 Calculator\* pThis = ((ParamIn\*)pParams)->pInst;

46 Calculator\_Subtract\* pIn = ((ParamIn\*)pParams)->pIn;

47

48 \*pIn->pdblRet = pIn->dblOpL - pIn->dblOpR;

49 }

50

51 static void Multiply(void\* pParams)

52 {

53 Calculator\* pThis = ((ParamIn\*)pParams)->pInst;

54 Calculator\_Multiply\* pIn = ((ParamIn\*)pParams)->pIn;

55

56 \*pIn->pdblRet = pIn->dblOpL \* pIn->dblOpR;

57 }

58

59 /////////////////////////////////////////////////////////////////////

60 //

61

62 bool INVOKE(Calculator)

63 (Calculator\* pInst, char\* pFuncName, void\* pParams)

64 {

65 DOINVOKE(pInst, pFuncName, pParams);

66 }

67

68 void\* EXTEND(Calculator)(Calculator\* pInst)

69 {

70 DOEXTEND(pInst);

71 }

72

73 void DELETE(Calculator)(Calculator\*\* ppInst)

74 {

75 DODELETE(ppInst, Calculator, Object);

76 }

77

78 Calculator\* CREATE(Calculator)()

79 {

80 DOCREATE(pCreate, Calculator, Object, NULL,

81 METHOD(Input)

82 METHOD(Add)

83 METHOD(Output)

84 METHOD(Subtract)

85 METHOD(Multiply));

86

87 return pCreate;

88 }

第9~12行类的数据域中定义了三个变量，用于存储两个操作参数和返回值。第59~88行为类的控制函数。类成员Input、Add、Output、Subtract和Multiply方法的前两行获取this指针和方法的输入参数。整体的逻辑非常简单。

可以看出类Calculator作为算术运算模型，它缺少除法运算，我们将通过OopC的继承特性来扩展该类。另外，我们再提出一点新的需求，将加法改为“即时求值”。改造的后的代码如下，

* CalculatorExt.h

1 #ifndef CALCULATOREXT\_H\_\_

2 #define CALCULATOREXT\_H\_\_

3

4 #include "Calculator.h"

5

6 CLASSDEF(CalculatorExt);

7

8 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double\* pdblRet; }

9 CalculatorExt\_Add;

10 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double\* pdblRet; }

11 CalculatorExt\_Subtract;

12 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double\* pdblRet; }

13 CalculatorExt\_Multiply;

14 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double\* pdblRet; }

15 CalculatorExt\_Divide;

16

17 #endif // !CALCULATOREXT\_H\_\_

第4行包含类Calculator的头文件，表明类CalculatorExt继承自Calculator。第8~15行的出入参数结构体表明类具有加减乘除运算的方法，他们都具有两个操作数和一个返回值。代码CalculatorExt.c展示类CalculatorExt是如何继承和扩展类Calculator的。

* CalculatorExt.c

1 #include "CalculatorExt.h"

2

3 //#include <malloc.h>

5

6 struct CalculatorExt

7 {

8 CHAINDEF;

9 };

10

11 /////////////////////////////////////////////////////////////////////

12 //

13

14 static void Add(void\* pParams)

15 {

16 CalculatorExt\* pThis = ((ParamIn\*)pParams)->pInst;

17 CalculatorExt\_Add\* pIn = ((ParamIn\*)pParams)->pIn;

18

19 //这里类似于对象组合技术中的调用转发

20 DOINVOKESUPER(pThis, "Input",

21 &(Calculator\_Input) { pIn->dblOpL, pIn->dblOpR });

22 DOINVOKESUPER(pThis, "Add", NULL);

23 DOINVOKESUPER(pThis, "Output",

24 &(Calculator\_Output){pIn->pdblRet});

25 }

26

27 //static void Subtract(void\* pParams);//直接继承

28

29 static void Multiply(void\* pParams)

30 {

31 CalculatorExt\* pThis = ((ParamIn\*)pParams)->pInst;

32 CalculatorExt\_Multiply\* pIn = ((ParamIn\*)pParams)->pIn;

33

34 //调用转发

35 DOINVOKESUPER(pThis, "Multiply", pIn);

36 }

37

38 static void Divide(void\* pParams)

39 {

40 CalculatorExt\* pThis = ((ParamIn\*)pParams)->pInst;

41 CalculatorExt\_Divide\* pIn = ((ParamIn\*)pParams)->pIn;

42

43 \*pIn->pdblRet = pIn->dblOpL / pIn->dblOpR;//除0.。。

44 }

45

46 ////////////////////////////////////////////////////////////////////

47 //

48

49 bool INVOKE(CalculatorExt)

50 (CalculatorExt\* pInst, char\* pFuncName, void\* pParams)

51 {

52 DOINVOKE(pInst, pFuncName, pParams);

53 }

54

55 void\* EXTEND(CalculatorExt)(CalculatorExt\* pInst)

56 {

57 DOEXTEND(pInst);

58 }

59

60 void DELETE(CalculatorExt)(CalculatorExt\*\* ppInst)

61 {

62 DODELETE(ppInst, CalculatorExt, Calculator);

63 }

64

65 CalculatorExt\* CREATE(CalculatorExt)()

66 {

67 DOCREATE(pCreate, CalculatorExt, Calculator, NULL,

68 METHOD(Add)

69 METHOD(Multiply)

70 METHOD(Divide));

71

72 return pCreate;

73 }

为了将Add方法扩展成“即时求值”的计算方式，我们在第14~25行重写了Add方法，该方法前两行获取this指针和输入参数。第20~24行调用了三次类函数宏DOINVOKESUPER，使用该宏可以调用父类的方法，譬如这里依次调用了父类Calculator的三个方法Input、Add和Output实现求和运算，在C语言中，实现两个数相加的功能自然是非常简单的，这里没有直接将两个输入参数pIn->dblOpL和pIn->dblOpR相加然后返回，而是将求和请求转发至父类，这样做的目的是想说明OopC中的一种通过转发调用实现代码复用的方式。实际上，子类并不能访问父类的私有方法[[4]](#footnote-4)和所有数据域，子类和其它使用父类的客户代码一样，都只能访问父类所暴露出来的接口，这里父类Calculator所暴露出来的接口只有Input、Add、Output、Subtract和Multiply。在父类中已经存在“即时求值”的Subtract方法，通过继承，子类获取到父类的该方法，因此在第27行通过注释予以说明，无需再次实现该方法，同样不出您所料，子类也自动继承了Input和Output方法。第29~36行以调用转发的方式重写了父类的Multiply方法，这里旨在说明当父类指针引用子类实例时，如果通过该指针调用Multiply方法，则子类的同名方法将被调用。第38~44行扩展了计算器的除法计算功能，除0的问题没有解决，不过这个问题现在不是我们关注的重点。第46~73行的代码实现类CalculatorExt的控制函数，其中第68~70行，Divide方法为新增加的方法以实现除法功能，自然要作为DOCREATE的参数以声明其为公共方法，需要注意的是Add和Multiply方法，因为它们被重写，所以需要添加到DOCREATE的参数中。

## 多态

面向对象技术中的多态是指父类型根据实际类型产生不同的行为的特性，它与继承是紧密相关的。示例代码中，工程\_OO\_4\_Polymorphism演示了OopC的多态特性。该示例代码首先定义了一个计算器基类CalculatorBase，然后两个子类CalculatorExtdCommon和CalculatorExtdEnhanced分别继承该类，从而扩展出一般的计算器和加强版的计算器。

* CalculatorBase.h

1 #ifndef CALCULATORBASE\_H\_\_

2 #define CALCULATORBASE\_H\_\_

3

4 #include <OopBase.h>

5

6 CLASSDEF(CalculatorBase);

7

8 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double\* pdblRet; }

9 CalculatorBase\_Add;

10 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double\* pdblRet; }

11 CalculatorBase\_Subtract;

12 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double\* pdblRet; }

13 CalculatorBase\_Multiply;

14 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double\* pdblRet; }

15 CalculatorBase\_Divide;

16

17 #endif // !CALCULATORBASE\_H\_\_

类CalculatorBase定义了4个算术运算方法，出入参数分别包含两个操作数和一个计算结果。

* CalculatorBase.c

1 #include "CalculatorBase.h"

2

3 //#include <malloc.h>

4

5 struct CalculatorBase

6 {

7 CHAINDEF;

8 };

9

10 ///////////////////////////////////////////////////////////////

11 //

12

13 /////////////////////////////////////////////////////////////

14 //

15

16 bool INVOKE(CalculatorBase)

17 (CalculatorBase\* pInst, char\* pFuncName, void\* pParams)

18 {

19 DOINVOKE(pInst, pFuncName, pParams);

20 }

21

22 void\* EXTEND(CalculatorBase)(CalculatorBase\* pInst)

23 {

24 DOEXTEND(pInst);

25 }

26

27 void DELETE(CalculatorBase)(CalculatorBase\*\* ppInst)

28 {

29 DODELETE(ppInst, CalculatorBase, Object);

30 }

31

32 CalculatorBase\* CREATE(CalculatorBase)()

33 {

34 DOCREATE(pCreate, CalculatorBase, Object, NULL,

35 AMETHOD(Add)

36 AMETHOD(Subtract)

37 AMETHOD(Multiply)

38 AMETHOD(Divide));

39

40 return pCreate;

41 }

在类CalculatorBase的声明中有4个算术运算方法，但是在类的实现中并没有给出定义，这意味着，该类实例化后事实上无法调用对应的方法进行计算，这当然是由我们设定的业务逻辑决定的，该示例中，我们只需要通过父类引用子类即可，所以仅仅在父类构造时，第35~38行，声明了该类包含4个用于算术运算的成员方法。需要注意的是，在讲解OopC的继承特性时，类函数宏DOCREATE添加方法使用的是METHOD，而这里使用的是AMETHOD，这样做的目的是表明所添加的方法没有实现，前缀A的含义是Abstract。

两个子类CalculatorExtdCommon和CalculatorExtdEnhanced继承基类，它们的实现是比较简单的，最主要的就是实现父类的同名成员方法，然后在创建函数中通过宏DOCREATE添加这4个方法。下面只给出类CalculatorExtdCommon的代码，加强版计算器类CalculatorExtdEnhanc

ed的代码与之区别不大，

* CalculatorExtCommon.h

1 #ifndef CALCULATOREXTDCOMMON\_H\_\_

2 #define CALCULATOREXTDCOMMON\_H\_\_

3

4 #include "CalculatorBase.h"

5

6 CLASSDEF(CalculatorExtdCommon);

7

8 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double\* pdblRet; }

9 CalculatorExtdCommon\_Add;

10 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double\* pdblRet; }

11 CalculatorExtdCommon\_Subtract;

12 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double\* pdblRet; }

13 CalculatorExtdCommon\_Multiply;

14 typedef struct { double dblOpL; double dblOpR; double\* pdblRet; }

15 CalculatorExtdCommon\_Divide;

16

17 #endif // !CALCULATOREXTDCOMMON\_H\_\_

* CalculatorExtCommon.c

1 #include "CalculatorExtdCommon.h"

2

3 #include <stdio.h>

4 //#include <malloc.h>

5

6 struct CalculatorExtdCommon

7 {

8 CHAINDEF;

9 };

10

11 /////////////////////////////////////////////////////////////////////

12 //

13

14 static void Add(void\* pParams)

15 {

16 CalculatorExtdCommon\* pThis = ((ParamIn\*)pParams)->pInst;

17 CalculatorExtdCommon\_Add\* pIn = ((ParamIn\*)pParams)->pIn;

18

19 printf("Add operation using common calculator.\n");

20

21 \*pIn->pdblRet = pIn->dblOpL + pIn->dblOpR;

22 }

23

24 static void Subtract(void\* pParams)

25 {

26 CalculatorExtdCommon\* pThis = ((ParamIn\*)pParams)->pInst;

27 CalculatorExtdCommon\_Subtract\* pIn = ((ParamIn\*)pParams)->pIn;

28

29 printf("Subtract operation using common calculator.\n");

30

31 \*pIn->pdblRet = pIn->dblOpL - pIn->dblOpR;

32 }

33

34 static void Multiply(void\* pParams)

35 {

36 CalculatorExtdCommon\* pThis = ((ParamIn\*)pParams)->pInst;

37 CalculatorExtdCommon\_Multiply\* pIn = ((ParamIn\*)pParams)->pIn;

38

39 printf("Multiply operation using common calculator.\n");

40

41 \*pIn->pdblRet = pIn->dblOpL \* pIn->dblOpR;

42 }

43

44 static void Divide(void\* pParams)

45 {

46 CalculatorExtdCommon\* pThis = ((ParamIn\*)pParams)->pInst;

47 CalculatorExtdCommon\_Divide\* pIn = ((ParamIn\*)pParams)->pIn;

48

49 printf("Divide operation using common calculator.\n");

50

51 \*pIn->pdblRet = pIn->dblOpL / pIn->dblOpR;// \*/0

52 }

53

54 /////////////////////////////////////////////////////////////////////

55 //

56

57 bool INVOKE(CalculatorExtdCommon)

58 (CalculatorExtdCommon\* pInst, char\* pFuncName, void\* pParams)

59 {

60 DOINVOKE(pInst, pFuncName, pParams);

61 }

62

63 void\* EXTEND(CalculatorExtdCommon)(CalculatorExtdCommon\* pInst)

64 {

65 DOEXTEND(pInst);

66 }

67

68 void DELETE(CalculatorExtdCommon)(CalculatorExtdCommon\*\* ppInst)

69 {

70 DODELETE(ppInst, CalculatorExtdCommon, CalculatorBase);

71 }

72

73 CalculatorExtdCommon\* CREATE(CalculatorExtdCommon)()

74 {

75 DOCREATE(pCreate, CalculatorExtdCommon, CalculatorBase, NULL,

76 METHOD(Add)

77 METHOD(Subtract)

78 METHOD(Multiply)

79 METHOD(Divide));

80

81 return pCreate;

82 }

# 特性



## 构造函数

“Talk is cheap, show me the code”。OopC中类的创建（构造）函数的特性通过下面的例子来说明应该更加清晰明了，

1 #ifndef CALCULATOR\_H\_\_

2 #define CALCULATOR\_H\_\_

3

4 #include <OopBase.h>

5

6 CLASSDEF(Calculator, double dblOperandL, double dblOperandR);

7

8 typedef struct { double dblOperandL; double dblOperandR; } Calculator\_Input;

9 typedef ParamNull Calculator\_Add;

10 typedef struct { double\* pResult; } Calculator\_Output;

11

12 #endif // !CALCULATOR\_H\_\_

前面章节的示例中，我们已经多次见到过类的声明方式，形如CLASSDEF(Actor)，第6行代码所表露出的内容有些不同，后面增加了两个double类型的形参，**这样声明表示类Calculator的创建函数含有两个double类型的参数，同时也意味着类Calculator将没有无参创建函数**。这样声明以后，类Calculator在实现时，其创建函数类似如下代码，

1 Calculator \*CREATE(Calculator)(double dblOperandL, double dblOperandR)

2 {

3 //...

4 }

客户代码创建实例则类似如下代码，

1 Calculator \*pCalculator = CREATE(Calculator)(1.0, 2.1);

## 调用函数

在OopC中，每个类都有4个控制函数——调用函数、创建函数、扩展函数和删除函数，调用函数被设计用于调用类实例的成员函数。比如调用类Calculator实例的Sqrt方法，实例代码如下，

- double dblRet = -1;

- Calculator \*pCalculator = CREATE(Calculator)();

-

7 INVOKE(Calculator)(pCalculator, "Sqrt", &(Calculator\_Sqrt){ &dblRet; 4});

-

- DELETE(HelloWorld)(&pCalculator);

第7行代码调用Sqrt方法，这里就存在一种可能，如果类实例确定有这个方法吗？如果没有这个方法但是调用了这个方法，客户代码怎样获取到这种不合法调用的信息。在OopC中，因此设置了一个调用函数返回值，其示例如下，

4 double dblRet = -1;

5 Calculator \*pCalculator = CREATE(Calculator)();

6

7 bool bInvkRet = INVOKE(Calculator)(pCalculator, "Sqrt", &(Calculator\_Sqrt){ &dblRet; 4});

8 if (bInvokRet)

9 {

10 //调用成功

11 }

12 else

13 {

14 //调用失败

15 char \*pErrInfo = GetErrorInfo(NULL);

16 printf(pErrInfo);

17 free(pErrorInfo);//!!这里要释放内存

18 }

19 DELETE(HelloWorld)(&pCalculator);

调用函数返回布尔类型值指示调用情况。当调用失败时，可以通过OopC的API获取调用失败的信息，该API也就是第15行的GetErrorInfo，该函数返回最新一次调用函数执行失败的错误信息。获取到错误信息后，记得一定要释放内存!

## 类额外内存释放

什么样的内存是类额外内存？动态分配给类的数据域字段的内存就是类额外内存。比如下面是类定义的部分代码，

- #ifndef PERSON\_H\_\_

- #define PERSON\_H\_\_

-

- #include <OopBase.h>

-

6 CLASSDEF(Person, char \*pName);

-

- ... ...

-

- #endif // !PERSON\_H\_\_

该类声明的第6行可以知道，需要一个名字作为构造参数，理所应当，在类的内部也应该分配相应的内存来存放实例的名字，其类实现的部分代码如下，

- #include "Person.h"

-

- #include <stdio.h>

- ... ...

- struct Person

- {

- CHAINDEF;

9 char \*pName;

- };

- ... ...

数据域声明了存储名字的指针后(第9行)，在创建（构造）函数中，也就可以通过下面的方式，保存通过创建函数形参传入的名字了，如下面代码第21~22行。另外，我们再分散一点注意力，阅读一下第17行的代码和注释。

- Person\* CREATE(Person)(char \*pName)

- {

17 DOCREATE(pCreate, Person, Object, ?,//注意这里的问号，我们在此立一个flag

- ... ...); //这里的参数与非本节的关注点，故省略号替代

-

20 pCreate->pName = NULL;

21 int nLen = strlen(pName) + 1;

22 pCreate->pName = memcpy(realloc(pCreate->pName, nLen), pName, nLen);

- ... ...

- return pCreate;

- }

在创建Person实例时分配了内存存放其名字，后面就是使用它了。实际情况下，并非所有人一生都只使用一个名字，有可能中途更改名字。因此Person类应该给出更改名称的公共方法，如果新改的名字比原来的名字要长，那么就需要重新分配内存，并且需要释放存放原有名字的内存，具体视业务逻辑而定。无论如何，我们在使用名字字符串的时候，都应该保证两点：1.为它分配新的内存的时候，原有内存应该手动释放；2.名字指针要么为NULL，要么引用一段动态分配的内存。满足这两点意味着，不再使用Person实例的时候，始终存在一段内存，也就是名字指针引用的内存，需要释放。OopC中，针对这一类需要释放的内存设置了额外内存释放机制。

首先，定义一个函数用于释放额外内存，该函数的声明类型是固定的，返回值必须为void，入参只能有一个，且必须为空指针类型，比如释放Person类的名字对用的内存，示例代码如下，

- static void ClearExtraMem(void \*pToClear)

- {

- Person \*pInst = (Person \*)pToClear;

- free(pInst->pName);

- }

可以看出，在函数中调用了free释放内存，那怎样调用呢？我们只需要构造一个释放额外内存专用的结构体，然后传入到问号（“？”，还记得第17行代码的的flag吗，返回去看看），剩下的，当我们调用类的删除（析构）函数DELETE(Person)(Person\*\* ppInst)时，这段额外内存就会被随之释放。

最后一个问题，怎样构造这个结构体呢，请看如下代码，

- ... ...

17 DOCREATE(pCreate, Person, Object, GenerateExtraMemRef(ClearExtraMem, pCreate),

- ... ...);

- ... ...

使用OopC库给出的接口函数GenerateExtraMemRef(ExtraMemClear fnExec, void\* pToClear)，以释放额外内存的函数和类实例指针为参数，返回值即为所需的结构体指针，很简单吧。

## 局部内存释放

# 类生成器

# 规范

命名规范。。。

# API汇总

# 原理

# 设计模式实例

# 下一步

* 将一些实用的库封装，形成一致的OopC库接口;
* 完成设计模式示例；

# 一起

如果您喜欢OopC，并且想加入进来贡献自己的智慧，请记住，我一直在等待您这样的朋友。如果您在阅读代码后，有什么更好的建议，真诚的希望您能够向我提出来。如果使用过程中有什么问题，记得加QQ群咨询哦，我们的QQ据点是530484560。

# 感谢

OopC是我非常喜欢的，应该说是一件作品吧。工作之余也投入了许多精力去思考和实践。如果对您有丝毫帮助，我将非常高兴。

谢谢您的捐赠!

# ^\_^

1. <https://github.com/GoodmanTao/OopC.git> [↑](#footnote-ref-1)
2. https://gitee.com/goodmantao/OopC.git [↑](#footnote-ref-2)
3. “项目”指开源项目OopC，下文中将提及的“解决方案”指诸多相关的工程，“工程”则表示实现一个完整功能的代码单元。 [↑](#footnote-ref-3)
4. 这里的私有方法指的是，在父类构造方法DOCREATE中没有作为METHOD入参的方法。 [↑](#footnote-ref-4)