Contents

[Contents 1](#_Toc144140299)

[C++, Library and Application 3](#_Toc144140300)

[Example: C/C++ Files 3](#_Toc144140301)

[Library (静态库libxxx.a, \*.lib, 动态库libxxx.so, \*.dll) 3](#_Toc144140302)

[Application（命令行，CMake, IDE） 7](#_Toc144140303)

[常用库: glog, gflags, gtest, cblas 19](#_Toc144140304)

[《链接、装载和库》 20](#_Toc144140305)

[CUDA 25](#_Toc144140306)

[C: C89 -> C99 27](#_Toc144140307)

[预处理，指针，数组，字符串，结构，文件和错误处理 27](#_Toc144140308)

[ANSI C标准函数库 32](#_Toc144140309)

[C语言实现ObjC 35](#_Toc144140310)

[C++：C++98->03->11->14->17->20 38](#_Toc144140311)

[基本知识点： 38](#_Toc144140312)

[标准库STL：string, vector, map, tuple, lambda, algorithm 44](#_Toc144140313)

[数值运算 cmath, complex, Eigen 53](#_Toc144140314)

[文件操作 std::filesystem, crefile, json 56](#_Toc144140315)

[Boost 58](#_Toc144140316)

[《Effective C++》 58](#_Toc144140317)

[C/C++考题 71](#_Toc144140318)

[GUI 75](#_Toc144140319)

[C# 79](#_Toc144140320)

[LINQ (Language Integrated Query) 81](#_Toc144140321)

[动态编程 （本质同python） 83](#_Toc144140322)

[类型: 字符串，列表，字典，元组 84](#_Toc144140323)

[基本概念：.NET托管代码，实例化对象，关键字，序列化，类型转换as, 参数修饰符out and ref, System.Nullable<T> 85](#_Toc144140324)

[泛型 87](#_Toc144140325)

[编程思想 88](#_Toc144140326)

[《C#高效编程》 89](#_Toc144140327)

[《C#入门经典》 89](#_Toc144140328)

[《C#与.NET4高级程序设计》 96](#_Toc144140329)

[《Window Form》 120](#_Toc144140330)

[《WPF 和XAML》 122](#_Toc144140331)

[Mix program for large application 133](#_Toc144140332)

[Appendix A 134](#_Toc144140333)

[GCC 134](#_Toc144140334)

[Conan - C/C++包管理器 135](#_Toc144140335)

[Conan 1.59 135](#_Toc144140336)

[Conan 2.0 146](#_Toc144140337)

[CMakeLists.txt文件 (自动生成Makefile) 152](#_Toc144140338)

[Makefile文件 155](#_Toc144140339)

[gtest 162](#_Toc144140340)

[检测C++内存泄漏: valgrind 166](#_Toc144140341)

[面试： 167](#_Toc144140342)

# C++, Library and Application

## Example: C/C++ Files

**hello.h**

#ifndef \_\_HELLO\_H\_

#define \_\_HELLO\_H\_

void hello(const char\* name);

#endif

**hello.c**

void hello(const char\* name){...}

**main.c**

#include "hello.h"

int main(){

hello("everyone");

return 0;

}

**Rectangle.h**

#ifndef RECTANGLE\_H

#define RECTANGLE\_H

namespace shapes {

class Rectangle {

public:

Rectangle():

private:

Int x0, y0, x1, y1 ;

};

}

#endif

**Rectangle.cpp**

#include "Rectangle.h"

namespace shapes {

Rectangle::Rectangle() {…}

}

## Library (静态库libxxx.a, \*.lib, 动态库libxxx.so, \*.dll)

<https://blog.csdn.net/ddreaming/article/details/53096411>



**编译时，编译器只需要语法正确，函数与变量声明正确**。仅需要告诉编译器头文件位置（头文件中应该只是声明，而定义应该放在C/C++文件中），头文件里语法正确，编译器就可以编译出中间目标文件。一个源文件对应一个目标文件（O文件或是OBJ文件）。

头文件+源文件 -> 编译器 -> 目标文件 (\*.o or \*.obj)

我们一般**给目标文件打个包**，如：

C语言库静态版本 **U**NIX /usr/lib/libc**.a** or Windows msvcrt**.lib**

C语言库动态版本 **U**NIX /usr/lib/libc.**so** or Windows msvcr.dll

**链接时，主要是链接函数和全局变量**。我们使用目标文件来链接应用程序。链接器并不管函数源文件，只管函数目标文件（Object File）。

1. **静态库 libxxx.a （“xxx”为静态库名） （wins下是\*.lib)**

静态库对函数库的链接是放在编译时期完成的。缺点是浪费内存和磁盘空间，模块更新困难（仅一个函数更新也需要静态库重新编译发布给用户）

命令行方式：

$ gcc -c \*c //生成目标代码hello.o, main.o

**$ ar crv lib**hello**.a hello.o** //由目标代码生成静态库libhello.a

$ gcc -o app main.c -L . -lhello //使用静态库

-l库名 -L 库路径

IDE方式：（以netbeans IDE为例）

新建项目

File > New Project > C/C++ > **C/C++ Static Library**： Math

选择Debug or Release -> Build, 从而生成Math -> dist -> Release -> GNU-Linux -> libmath.a

C/C++ Application 引用库

右击项目名 -> Project Properties -> C++ compiler ->

include Directories: the directory of math.h

include Headers: math.h

右击项目名 -> Project Properties ->Linker ->

Additional Library Directories: the directory of libmath.a

Libraries: libmath.a

1. **动态库 libxxx.so (wins下是\*.dll)**

不对组成程序的目标文件进行链接，等到程序要运行时才进行链接（即动态库对库函数链接载入推迟到程序运行期）。优点是可以实现进程之间的资源共享（因此动态库也称为共享库），程序升级变得简单，甚至在程序程序运行时可以动态选择加载程序模块（如插件Plug-in：产品定义程序接口，第三方据此接口编写动态链接文件，程序在运行时动态载入，动态链接等）。

.so (Shared Objects) 共享对象 .dll (Dynamical Linking Library) 动态链接库

命令行方式：

**$ gcc -shared -fPIC -o lib**hello**.so** hello.c //由源代码生成动态库libhello.so

-shared 表示产生共享对象

-fPIC: Position-independent Code 表示产生地址无关代码，即不同进程共享代码段不共享数据段（每个进程拥有数据副本）

$ gcc -o app main.c -L . -lhello //使用动态库

IDE方式：（以netbeans IDE为例）

新建项目

File > New Project > C/C++ > **C/C++ Dynamic Library**： Math

选择Debug or Release -> Build, 从而生成Math -> dist -> Release -> GNU-Linux -> libmath.so

C/C++ Application 引用库

右击项目名 -> Project Properties -> C++ compiler ->

include Directories: the directory of math.h

include Headers: math.h

右击项目名 -> Project Properties -> Linker ->

Additional Library Directories: the director of libmath.so

Libraries: libmath.so

**Window 创建DLL 和使用DLL**

<https://learn.microsoft.com/en-us/cpp/build/walkthrough-creating-and-using-a-dynamic-link-library-cpp?view=msvc-170>

File -> New -> Project -> Create New Project

Language: C++, Platform: Windows, Project type: Library -> Dynamic-Link Library (DLL) -> Math

Math.h

#pragma once

#ifdef MATHLIBRARY\_EXPORTS

#define MATHLIBRARY\_API \_\_declspec(dllexport)

#else

#define MATHLIBRARY\_API \_\_declspec(dllimport)

#endif

extern "C" MATHLIBRARY\_API void fibonacci(

const unsigned long long a, const unsigned long long b);

Math.cpp

#include "Math.h"

void fibonacci(const unsigned long long a, const unsigned long long b) {…}

客户端使用DLL

// setup compile and link

Configuration: All Configurations

C/C++ -> General -> Additional include Directories: the directory of Math.h

Linker -> General -> Additional Library Directories: the directory of Math.lib

Linker -> Input -> Additional Dependencies: Math.lib

// copy DLL in a post-build event

Configuration Properties -> Build Events -> Post-Build Event

Command Line: xcopy /y /d "..\..\Math\$(IntDir)\*.dll" "$(OutDir)"

Windows API

#include “Windows.h”

kernel32.dll //文件系统，设备访问，进程线程，内存等

gdi32.dll //图形设备接口

user32.dll //与Windows窗口交互如鼠标键盘、控件等

comdlg32.dll //通用对话框

…

* **库路径搜索顺序**：

大多数开源操作系统(含Linux)遵守File Hierarchy Standard)标准，规定系统文件应该如何存放，包括各个目录的结构、组织和作用，这有利于促进各个开源操作系统之间的兼容性。

$ldconfig –p | grep opencv //linux查看是否安装某个库

$/sbin/ldconfig -p

1. copy \*.so和main.o同路径，比如Debug/src/文件夹
2. 环境变量**LD\_LIBRARY\_PATH**指定的路径

类似于Windows Path(设置可执行文件的搜索路径)

指定动态库目录

$ export LD\_LIBRARY\_PATH=动态库目录: $LD\_LIBRARY\_PATH

$ export // 显示是否设置正确

export重启后会失效，一般在/etc/.bashrc修改LD\_LIBRARY\_PATH变量，从而在在每次登陆和每次打开 shell 都读取一次

$ gedit ~/.bashrc

export LD\_LIBRARY\_PATH=/path/to/your/lib**:**$LD\_LIBRARY\_PATH

$ source ~/.bashrc //使配置生效

1. **共享库配置文件/etc/ld.so.conf中, 如下:**

include ld.so.conf.d/\*.conf

/usr/local/lib //第三方应用程序库如python共享库，对应可执行文件/usr/local/bin

/path/to/your/lib //添加第三方应用程序库

$ ldconfig

如果动态连接器每次查找共享库时都去遍历这些目录，那将会非常耗费时间，所以Linux系统使用ldconfig程序为共享库创建删除或更新软链接，并缓存到/etc/ld.so.cache，从而加快共享库查找。所以我们更改/etc/ld.so.conf之后，要运行ldconfig更新/etc/ld.so.cache, 很多软件包的安装程序在往系统里面安装共享库以后都会调用ldconfig.

1. **/lib** //系统基础库如动态链接器、C语言运行库等, 对应可执行库/bin, /sbin
2. **/usr/lib**

* **debug DLL with source code**

visual studio

set project opexec (opexec.dll with source code) as startup project,

Attach project (opexec.exe with main entry) as process and delete bin/opexec.dll, then debug

## Application（命令行，CMake, IDE, CMake+conan+vscode）

* **命令行方式:**

Linux 安装开发环境

**$sudo apt-get install build-essential //**build-seential依赖gcc, g++, make,自动安装

**//C++文件 ->** Application

**$ g++**

-I/usr/local/include

-L/usr/local/lib

-lcblas

\*.cpp

-o app 将\*.cpp编译成可执行文件app

(注意：源文件必须要有一个main函数作为入口)

-I表示引用头文件

-L表示库路径

// C文件 -> Application

$ **gcc** –o app \*.c 源文件 -> 可执行的二进制代码

(注意：源文件必须要有一个main函数作为入口)

**$ ./app**  //执行可执行文件

* **CMake (cross platform make) 跨平台 （推荐）**

<https://blog.csdn.net/bigdog_1027/article/details/79086098>

<https://blog.csdn.net/wyf826459/article/details/104052692>

// CMakeLists.txt -> Unix Makefile

trauma

CMakeLists.txt

…

trauma $ mkdir build & cd build

trauma/build $ cmake .. // 将CMakeLists.txt -> Makefile

trauma/build $ make -j8 // 编译Makefile

trauma/build $ make install //将编译好的目标文件默认安装到/usr/local

// CMakeLists.txt -> Windows Visual C++ Projects/workspaces

* IDE方式: CLion, netbeans IDE, Nsight Eclipse Edition, Visual Studio

1. **CLion**

Download CLion from <https://www.jetbrains.com/clion/>

解压

Clion-2022.3.2/bin/$ sh clion.sh

**添加模板文件 json.h, crefile.hpp**

建立目录和模板文件

utils/\*.h //将所有模板文件放到utils目录下

include\_directories(utils) //在**CMakeLists.txt里添上头文件目录**

**源代码 -> 编译 -> 头文件和链接库 （以opencv为例）：**

从github下载opencv-4.x.zip, opencv\_contrib-4.x.zip并解压

opencv-4.x$ mkdir build & cd build

opencv-4.x/build$ cmake-gui //弹出CMake gui

where is the source code: /home/qzlin/CLionProjects/opencv-4.x

where to build the binaries: /home/qzlin/CLionProjects/opencv-4.x/build

点击 Configure -> Unix Makefiles

Search: extra

OPENCV\_EXTRA\_MODULES\_PATH: /home/qzlin/ CLionProjects/opencv\_contrib-4.x/modules

点击 Generate

(Note: 若过程卡住，可能是无法下载一些文件，内网需要设置http\_proxy, https\_proxy)

直至Configuring done. Generating done.

opencv-4.x/build$ make -j8 // 编译Makefile

opencv-4.x/build$ make install //将编译好的目标文件默认安装到/usr/local

(Note: 也可以安装到别的路径)

**//添上头文件目录和链接库目录**

set(OpenCV\_INCLUDE\_DIRS “/usr/local/include/opencv4”) # opencv头文件

set(OpenCV\_LIBS “/usr/local/lib”) # opencv 库文件

find\_package(OpenCV REQUIRED)

include\_directories(${OpenCV\_INCLUDE\_DIRS })

target\_link\_libraries(project\_name ${ OpenCV\_LIBS })

1. VS code

<https://code.visualstudio.com/docs/cpp/config-linux>

快捷键

Shift + alt + f 文档格式化

Ctrl+/ 注释,取消注释

Ctrl+k+0 折叠文件代码块 ctrl+k+j 展开文件代码块

Ctrl+shift+[ 折叠光标处代码块 ctrl+shift+] 展开光标处代码块

Ctrl,shift, + zoom in text in code editor

Documentation MUST be delimited in Javadoc style

Multi-line documentation blocks must begin with /\*\* and end in \*/. Single-line documentation blocks must begin with ///

在函数上方输入/\*\*会自动生成函数注释，模板如下：

/\*\*

\* Sum numbers in a vector.

\*

\* @param values Container whose values are summed.

\* @return sum of `values`, or 0.0 if `values` is empty.

\*/

Install extension: koroFileHeader 添加文件头部注释和函数注释

Ctrl, alt, t 添加文件头部注释

光标在函数行上方空白行，ctrl,alt,t 添加函数注释

**debug C/C++ code in same computer**

* **Cmake + vscode**

install vs code

install extension: `c/c++` // turn vs code into C/C++ editor

install extension: `C++ Intellisense` // C++智能提示

Install Extension: CMake //CMake语法高亮，自动补全

Install Extension: CMake Tools //生成CMake项目，构建CMake项目等

// install gcc, g++, gdb, cmake

$ gcc -v

$ g++ -v

$ gdb -v

$ cmake --version

$ sudo apt-get update

$ sudo apt-get install build-essential gdb // install GNU compiler tools and GDB debugger

$ yum install gcc gcc-c++ gbd // for centos

$ mkdir cmakeQuickStart && cd cmakeQuickStart

$ code .

// generate CMake 项目

Ctrl+shift+P -> CMake: Quick Start -> enter project name, select Executable as project type

cmakeQuickStart

CMakeLists.txt

main.cpp

**CMakeLists.txt**

cmake\_minimum\_required(VERSION 3.0.0)

project(helloworld VERSION 0.1.0)

set(EXECUTABLE\_OUTPUT\_PATH "${PROJECT\_SOURCE\_DIR}/bin") //设置exe输出目录

aux\_source\_directory(. DIR\_SRCS) //查找当前目录所有源文件，并保存于变量

add\_executable(helloworld ${DIR\_SRCS}) //指定生成目标



// Debug

Set breakpoint in main.cpp, click debug in the bottom

* **Conan + CMake + vscode**

dcmtk-ex

src/main.cpp

CMakeLists.txt

conanfile.py

develop/conan/gcc10\_debug

.vscode

launch.json

task.json

**conanfile.py**

import os.path

import re

from conans import CMake, ConanFile, tools

class DCMTKEXConan(ConanFile):

name = "dcmtkEx"

description = "dcmtkEx"

settings = "os", "compiler", "arch", "build\_type"

options = {"shared": [True, False]}

default\_options = {"shared": True}

generators = "cmake", "cmake\_find\_package"

requires = ("boost/1.74.0",

"dcmtk/3.6.7", // dcmtk/3.6.7依赖于libiconv/1.17 and openssl/1.1.1t

"libiconv/1.16", // 指定版本，否则conan会自动解决默认依赖版本

"openssl/1.1.1k")

def build(self):

cmake = CMake(self)

cmake.configure()

cmake.build()

**CMakeLists.txt**

CMAKE\_MINIMUM\_REQUIRED(VERSION 3.17)

project(dcmtkEx)

add\_definitions("-std=c++17")

include(${CMAKE\_BINARY\_DIR}/conanbuildinfo.cmake)

conan\_basic\_setup()

add\_executable(dcmtkEx src/main.cpp)

target\_link\_libraries(dcmtkEx ${CONAN\_LIBS})

**develop/conan/gcc10\_debug**

[settings]

os=Linux

os\_build=Linux

arch=x86\_64

arch\_build=x86\_64

compiler=gcc

compiler.version=10

compiler.libcxx=libstdc++

build\_type=Debug

boost:build\_type=Release

dcmtk:build\_type=Release

bzip2:build\_type=Release // 远端有release包，若不指定会missing,肯定需要-b missing

jbig:build\_type=Release

libbacktrace:build\_type=Release

libdeflate:build\_type=Release

libiconv:build\_type=Release

libjpeg:build\_type=Release

libpng:build\_type=Release

libtiff:build\_type=Release

libwebp:build\_type=Release

libxml2:build\_type=Release

openssl:build\_type=Release

xz\_utils:build\_type=Release

zlib:build\_type=Release

zstd:build\_type=Release

[options]

[build\_requires]

[env]

**src/main.cpp**

#include <iostream>

#include <string>

#include "boost/numeric/ublas/vector.hpp"

#include "boost/numeric/ublas/matrix.hpp"

#include "dcmtk/dcmdata/dcfilefo.h"

#include "dcmtk/dcmdata/dcdeftag.h"

#include "dcmtk/dcmdata/dcpixel.h" /\* for class DcmPixelData \*/

#include "dcmtk/dcmdata/dcistrmb.h"

#include "dcmtk/dcmdata/dcostrmb.h"

#include "dcmtk/dcmdata/dcmetinf.h" /\* for class DcmMetaInfo \*/

using namespace std;

void print\_dicom\_info(string dcm\_file) {

DcmFileFormat fileformat;

OFCondition status = fileformat.loadFile(in\_file);

if (!status.good()) {

fprintf(stderr, "Failed loading %s: %s\n\n", in\_file, status.text());

exit(EXIT\_FAILURE);

}

DcmDataset\* dataset = fileformat.getDataset();

OFString patient\_name;

OFCondition condition = dataset->findAndGetOFStringArray(DCM\_PatientName, patient\_name);

if (condition.good()) {

cout << "Patient name is: " << patient\_name << endl;

} else {

cerr << "Could not get patient name" << endl;

}

}

void boost\_ex() {

boost::numeric::ublas::vector<double> x (2);

x(0) = 1; x(1) = 2;

boost::numeric::ublas::matrix<double> A(2,2);

A(0,0) = 0; A(0,1) = 1;

A(1,0) = 2; A(1,1) = 3;

cout << "A\*x = " << prod(A, x) << endl;

}

void cpp17\_ex() {

vector<int> vec(10);

const auto print = [](auto &x) { cout << x << "\t"; };

for\_each(vec.cbegin(), vec.cend(), print);

cout << endl;

}

int main(void) {

string dcm\_file = "testdataset/AG/ImageSet\_0.DICOM/0012f516-5ac9-438f-bfc3-32b63fcb1d2a";

print\_dicom\_info(dcm\_file);

boost\_ex();

cpp17\_ex();

return EXIT\_SUCCESS;

}

dcm-ex$ conan install . --install-folder=build\_debug --profile=develop/conan/gcc10\_debug

dcm-ex$ conan build . --build-folder=build\_debug

dcm-ex$ build\_debug/bin/dcmtkEx

若error with log, cmake关联的gcc版本8.5与gcc10\_debug指定版本不符，需要升级gcc指定版本

$ gcc -v

$ yum -y install gcc-toolset-10-gcc\* //等价于

$ yum -y install gcc-toolset-10-gcc gcc-toolset-10-gcc-c++ gcc-toolset-10-binutils

$ source /opt/rh/gcc-toolset-10/enable

$ yum -y install devtoolset-10-gcc\* //等价于

$ yum -y install devtoolset-10-gcc devtoolset-10-gcc-c++ devtoolset-10-binutils

$ scl enable devtoolset-10 bash

**.vscode/launch.json**

"name": "(gdb) Launch",

"type": "cppdbg",

"request": "launch",

"program": "${workspaceFolder}/build\_debug/bin/dcmtkEx",

"cwd": "${fileDirname}",

"MIMode": "gdb",

"miDebuggerPath": "/opt/rh/gcc-toolset-10/root/bin/gdb",

set break point in main.cpp, run & debug: (gdb) Launch

if edit main.cpp, rebuid and debug

dcm-ex$ conan build . --build-folder=build\_debug

run & debug: (gdb) Launch

**.vscode/tasks.json //** run & debug: (gdb) Launch will call auto build

"type": "shell",

"label": "build",

"command": "make",

"args": [], //["install"],

"group": "build",

"options": { "cwd": "${workspaceFolder}/build\_debug" },

"problemMatcher": [ "$gcc" ],

"presentation": { "clear": true, "focus": true, "reveal": "always" },

"detail": "CMake template build task"

* **Project**

$ mkdir projects && cd projects

$ mkdir helloworld && cd helloworld

$ code . // open VS Code in the current working folder

VS code -> add New File -> helloworld.cpp

#include <iostream>

int main() {

std::cout << "Hello World" << std::endl;

}

* **Compile, Run&Debug helloworld.cpp**

1. Open `helloworld.cpp` so that it is the active file
2. Press `the play button` in the top right corner of the editor.
3. Choose `g++ build and debug active file` from the list of detected compilers on your system. This compiler will be set as the "default" compiler in tasks.json file.

the play button will read from tasks.json to figure out how to build and run your program.

**.vscode/tasks.json** //compiler build settings

{

"version": "2.0.0",

"tasks": [

{

"type": "shell",

"group": {"kind": "build", "isDefault": true}, // default task by play button

**// task name and description in the tasks list**

"label": "C/C++: g++ build active file",

"detail": "Task generated by Debugger."

**// tells g++ to compile (${file}) and create an executable file `helloworld`**

"command": "/usr/bin/g++", // specifies the program to run

"args": ["-g", "${file}", "-o", "${fileDirname}/${fileBasenameNoExtension}"],

"options": {“cwd": "/usr/bin"},

"problemMatcher": ["$gcc"],

}]}

Set breakpoint in helloworld.cpp,

in the top right corner of the editor, `Debug C/C++ File` -> click play button

hit break point, …

* **Customize debugging with launch.json**

choose `Add Debug Configuration` from the play button drop-down menu. -> `g++ build and debug active file`.

**.vscode/launch.json //** debugger settings

{

"version": "0.2.0",

"configurations": [{

"name": "C/C++: g++ build and debug active file",

"type": "cppdbg",

"request": "launch",

// debug helloworld.cpp with args

"**program**": "${fileDirname}/${fileBasenameNoExtension}",

"**args**": [],

"MIMode": "gdb",

"setupCommands": [{

"description": "Enable pretty-printing for gdb",

"text": "-enable-pretty-printing",

"ignoreFailures": true

}],

"**stopAtEntry**": false, // `true` stop on the main when start debugging.

"cwd": "${workspaceFolder}",

"environment": [],

"externalConsole": false,

"miDebuggerPath": "/usr/bin/gdb",

"preLaunchTask": "C/C++: g++ build active file"

}]}

// The source file location can be changed if not located in the compilation location

"sourceFileMap": {

"/home/builder/host-data/src/GeoQt":"${workspaceRoot}/../tps-geoqt-lib/src/GeoQt",

},

**.vscode/c\_cpp\_properties.json** //compiler path and IntelliSense settings

Ctrl + shit + P -> C/C++: Edit Configurations (UI) -> compiler path, include path

{

"configurations": [{

"name": "Linux",

"includePath": ["${workspaceFolder}/\*\*"],

"defines": [],

"compilerPath": "/usr/bin/gcc",

"cStandard": "c11",

"cppStandard": "c++17",

"intelliSenseMode": "clang-x64"

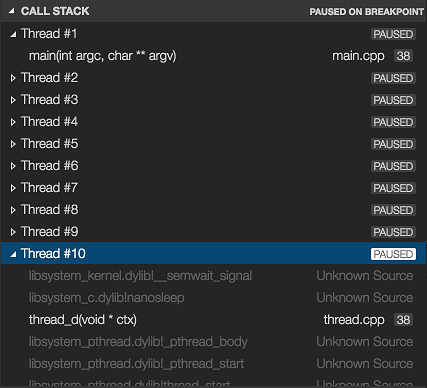
}],

"version": 4

}

Multi-threaded debugging

All threads and their call stacks appear in the Call Stack section:



* **Debug C/C++ in Docker**

debugging tools/libraries/dependencies in container, not in host OS.

**Via Pipe transport**

<https://code.visualstudio.com/docs/cpp/pipe-transport>

<https://github.com/andyneff/hello-world-gdb/tree/master>

hello

hello.c

Dockerfile

.vscode

launch.json

**hello.c** // debug long script (mock GUI app), to attach running container

#include <stdio.h>

#include <unistd.h>

int main() {

int x=0;

while(x<50) {

printf("Pid %d: %d\n", getpid(), x++);

sleep(1);

}

return 0;

}

**Dockerfile**

FROM ubuntu:18.04

// Docker image should have all libraries that you need to compile your application

RUN apt-get update && \

apt-get install -y –no-install-recommends build-essential gdb && \

apt-get clean

WORKDIR /src

COPY . .

CMD gcc/src/hello.c -g -o /hello.out && \

/hello.out

**.vscode/launch.json**

{

"version": "0.2.0",

"configurations": [{

"name": "C++ Attach in hello\_gdb container",

**"type": "cppdbg",**

**"request": "attach",**

**"program": "/hello.out",**

**"processId": "${command:pickRemoteProcess}",**

"pipeTransport": {

"pipeCwd": "${workspaceRoot}",

**"pipeProgram": "docker",**

**"pipeArgs": ["exec", "-i", "hello\_gdb", "sh","-c"],**

"debuggerPath": "/usr/bin/gdb"

},

"sourceFileMap": {

"/src":"${workspaceRoot}" // remote:local

},

"MIMode": "gdb",

"setupCommands": [{

"description": "Enable pretty-printing for gdb",

"text": "-enable-pretty-printing",

"ignoreFailures": true

}],

}]}

$ docker build -t hello\_gdb .

// `--rm privileged`: debugging requires running privileged operations

$ docker run -it --rm privileged --name hello\_gdb hello\_gdb

set breakpoint in hello.c

RUN and DEBUG: C++ Attach in hello\_gdb container

**Via Dev Containers**

Install extention: Dev Containers

Refer to IDE.docx/debug in vscode

1. **netbeans IDE**

download netbeans-8.2-cpp-linux-x64.sh from netbeans.org

chmod +x netbeans\*.sh

./netbeans\*.sh 安装于downloads/netbeans-8.2

>downloads/netbeans-8.2/bin/netbeans 运行可执行文件

新建项目

File > New Project > C/C++ Application > ...

注：若没有C/C++ Application, 则需要装插件Tools -> Settings -> Configuration of Update Centers全部打勾 -> Available Plugins -> Search: C++ -> Check for Newest, 等出现C/C++，点击install

Project Properties -> C++ Compiler -> C++ Standard: C++ 14

**导入makefile**

File > New Project > C/C++ Project with Existings Sources > Browse -> .../TensorRT4/samples/sampleMNIST

假定该文件夹含Makefile

Note: if NetBeans doesn’t recognize the CMake-built executable files. Project -> Properties -> Run -> Run Command: change “${OUTPUT\_PATH}” to ./bin/opexec

快捷键

Alt + Shift + F 格式化代码

Ctrl + Shift + -/+ 折叠/展开所有代码

Ctrl + Shfit + F5 debug

F8 单步 F7 进入函数 Ctrl + F7 退出函数 F5 continue

NetBeans Themes

<https://blogs.oracle.com/geertjan/setting-up-darcula-in-netbeans-ide-81>

Tools -> Plugins -> Available Plugins -> Darcula LAF for NetBeans -> Install

1. **Nsight Eclipse Edition**

$nsight cuda含IDE

F6单步 F5进入函数 F7 跳出函数

F8 继续执行到下一个断点处 Ctrl+R运行到光标处

查看变量值：

比如右击vector<int> top\_shape -> Add Watch Expression -> top\_shape.size()

查看STL容器值

方法一：只能查看T[]序列，如vector and string

在Variables视图，

"vector\_name" -> std::\_Vector\_base<"datatype"> -> \_M\_impl

右击\_M\_start -> "Display as array..." -> 输入显示长度

方法二：using python to pretty print structures

https://blogs.williamhuang.org/?p=44

http://sourceware.org/gdb/wiki/STLSupport

sudo apt-get install python

sudo apt-get install subversion

**svn co svn://gcc.gnu.org/svn/gcc/trunk/libstdc++-v3/python**

假定下载到/home/qzlin/sdk/gdb\_printers

**创建.gdbinit文件**

/home/qzlin/sdk/gdb\_printers$ gedit .gdbinit

python

import sys

sys.path.insert(0, '/home/qzlin/sdk/gdb\_printers/python')

from libstdcxx.v6.printers import register\_libstdcxx\_printers

register\_libstdcxx\_printers (None)

end

右击main.cpp -> debug configuration -> Add C/C++ Application

Name: demo

Main: 选择Debug/demo

Select other... -> Launchers: GDB(DSF) Create Process Launcher

Debugger -> GDB command file: /home/qzlin/sdk/gdb\_printers/**.gdbinit**

就可以显示stl容器值了

折叠/展开代码 Ctrl + 小键盘-/+

1). eclipse中, 把java函数代码折叠/展开

首先在eclipse 中开启设置代码折叠功能

a. windows->perferences->General->Editors->Structured Text Editors

可以看到Enable folding选项，打上勾就可以使用代码折叠功能，但还要在具体的语言中设置。

b.windows->perferences->Java->Editors->Folding

可以看到Enable folding选项，打上勾就可以使用代码折叠功能。

其次使用快捷键

下面你就可以用如下快捷键在你的java class 中 折叠或者展开你的代码了.

代码折叠的快捷键，默认是：

Ctrl+Shift+Numpad\_Divede(小键盘的/号)

Ctrl+Shift+Numpad\_Multiply(小键盘的\*号)

笔记本没小键盘，于是改成：

Ctrl+Shift+-

Ctrl+Shift+=

eclipse中，把python函数代码折叠/展开

Ctrl + 9/0

2). override父类API

右击 -> Source -> override/implement methods

1. **Visual Studio IDE**

**添加库于IDE中**

以opencv为例

$pkg-config –cflags opencv 查看**头文件**地址

$locate libopencv\* 查看**库文件**地址

Project -> Properties -> c/c++ build -> settings -> GCC C++ **Compiler** -> includes: /usr/local/include/opencv

Project -> Properties -> c/c++ build -> settings -> GCC C++ **Linker** -> Library search path: /usr/local/lib

Libraries: opencv\_core, … 注意是一行一行添加

另一种简便方法：

Runs as -> Run Configurations -> Environment tab -> LD\_LIBRARY\_PATH: $ LD\_LIBRARY\_PATH:/usr/local/lib

**快捷键：**

F5运行调试

CTRL + F5运行不调试

F10跨过程序执行

F11单步逐句执行

F9: 切换断点

Ctrl+m, Crtr+o折叠所有大纲

Ctrl+M, Crtr+P: 停止大纲显示

Ctrl+K, Crtr+C: 注释选定内容

Ctrl+K, Crtr+U: 取消选定注释内容

## 常用库: glog, gflags, gtest, cblas

* glog

<http://www.cnblogs.com/tianyajuanke/archive/2013/02/22/2921850.html>

google出的一个C++轻量级日志库

* gflags

google的一个开源的处理命令行参数的库，使用c++开发，具备python接口，可以替代getopt

* gtest google的开源C++单元测试框架

<https://blog.csdn.net/lingchengfenzi/article/details/55803520>

download gtest

<https://www.archlinux.org/packages/community/x86_64/gtest/>

解压gtest-1.8.0-1-x86\_64.pkg.tar.xz

添加头文件和动态库于搜索路径中

$sudo cp include/\* **/usr/local/include/**

$sudo cp lib/\* **/usr/local/lib/**

src/test.cpp

#include <gtest/gtest.h>

TEST(FooTest, test) {

EXPECT\_EQ(2, 2);

}

* BLAS (Basic Linear Algebra Subprograms)

基础线性代数子程序库，是一个应用程序接口（API）标准。BLAS虽然本身就有实现但效率不高，因此有大量的开源或商业项目对BLAS进行优化比如OpenBLAS（开源），Intel MKL（收费），ATLAS（开源）

BLAS提供了接口文档, Level 1 是vector与vector的操作，Level 2 是vector与matrix的操作，Level 3是matrix与matrix的操作

OpenBLAS是C语言实现的

举例：



blas\_dgemm(

const enum CBLAS\_ORDER Order, \\指定矩阵的存储方式如RowMajor

const enum CBLAS\_TRANSPOSE TransA, \\A运算后是否转置

const enum CBLAS\_TRANSPOSE TransB, \\B运算后是否转置

const blasint M, \\A的行数

const blasint N, \\B的列数

const blasint K, \\A的列数

const double alpha, \\公式中的alpha

const double \*A, \\A

const blasint lda, \\A一行的存储间隔

const double \*B, \\B

const blasint ldb, \\B一行的存储间隔

const double beta, \\公式中的beta

double \*C, \\C

const blasint ldc [\\C一行的存储间隔)](file:///\\C一行的存储间隔))

因为这里的A、B、C矩阵都是以一维数组的形式存储所以需要告诉函数他们一行的存储间隔就是lda、ldb、ldc它们

#include <cblas.h>

#include <stdio.h>

void main() {

double A[6] = { 1.0, 2.0, 1.0, -3.0, 4.0, -1.0 };

double B[6] = { 1.0, 2.0, 1.0, -3.0, 4.0, -1.0 };

double C[9] = { .5, .5, .5, .5, .5, .5, .5, .5, .5 };

cblas\_dgemm(CblasColMajor, CblasNoTrans, CblasTrans,3,3,2,1,A, 3, B, 3,2,C,3);

for (int i = 0; i < 9; i++)

printf("%lf ", C[i]);

printf("\n");

}

$ locate cblas 查询cblas是否在搜索路径中

比如/usr/include/cblas.h, /usr/lib/libcblas.so

Eclipse -> 右击项目->properties -> Paths and Symbols -> Libraries, Add...

cblas

相当于$g++ main.cpp -lcblas 使用动态库

# 《链接、装载和库》

GPU需要跟CPU和内存之间大量交接数据，慢速的I/O总线无法满足，为了协调CPU、内存和CPU，人们专门设计了一个调整的**北桥芯片**。

磁盘、USB、键盘、鼠标等I/O低速设备，通过**南桥芯片**，汇总后连接到北桥上

虚拟机技术在硬件和操作系统之间增加一层虚拟层，使得一个计算机可以同时运行多个操作系统

**多任务系统Multi-task**：所有的应用程序都以进程的方式运行在比操作系统权限更低的级别，每个进程都有自己独立的地址空间，使得进程之间的地址空间相互隔离

**抢占式Preemptive:** 操作系统分配给每个进程的时间都很短，即CPU在多个进程间快速切换，从而造成了很多进程同时运行的假象

在UNIX中，硬件设备的访问形式跟访问普通的文件形式一样；在window系统中，图形硬件被抽象成了GDI, 声音和多媒体设备被抽象成了DirectX对象，磁盘被抽象成了普通文件系统

硬件驱动程序的开发工作通常由硬件生产厂商完成。操作系统开发者为硬件生产厂商提供了一系列接口和框架，凡是按照这个接口和框架开发的驱动程序都可以在该操作系统上使用。

**分页Paging**: 我们把进程的虚拟地址空间按页分割，把常用的数据和代码页装载到内存中，把不常用的代码和数据保存在磁盘中，当需要用到的时候再把它从磁盘里取出来。

**动态装入**：程序运行时是有局部性原理的，所以我们可以将程序最常用的部分驻留在内存中，而将一些不太常用的数据存放在磁盘里面。动态装入的思想是程序用到哪个模块，就将哪个模块装入内存，如果不用就暂时不装入，存放在磁盘中。

**页映射**：不是一下子把程序的所有数据和指令都装入内存，而将内存和所有磁盘中的数据和指令按照“页Page”为单位划分若干个页，以后所有的装载和操作的单位就是页

**线程**：通常由线程ID、当前指令指针、寄存器集合和堆栈组成。通常一个进程由一个或多个线程组成，各个线程之间共享程序的内存空间（包括代码、数据段、堆等）及一些进程级的资源（如打开文件和信号）。大多数软件应用中，线程的数量不止一个，多个线程并发执行，并共享进程的全局变量和堆的数据。

**线程调度Thread Schedule**: 优先级调度Priority Schedule和轮转法Round Robin

IO密集型线程IP Bound Thread + CPU密集型线程CPU Bound Thread, IO密集型线程比CPU密集型线程容易得到优先级的提升。

**原子操作**：不会执行一半被调度系统打断，去执行别的代码。复杂的数据结构原子性操作方法：同步Synchronization、锁lock、二元信号量binary semaphore、互斥量Mutex, 临界区Critical Section.

**程序（或可执行文件）**是一个静态的概念，它是一些预先编译好的指令和数据集合的一个文件；**进程**则是一个动态的概念，它是程序运行时的一个过程

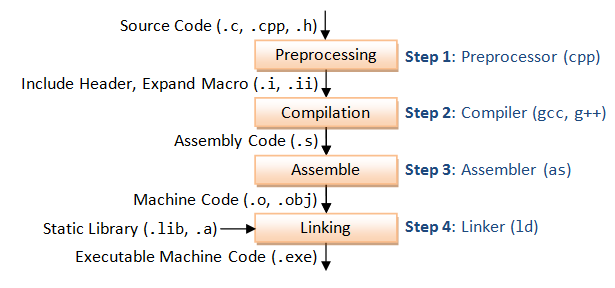
每个程序被运行起来以后，它将拥有自己独立的虚拟地址空间（Virtual Address Space），通过C指针所占的空间来计算虚拟地址空间的大小，即C指针大小位数与虚拟空间的位数相同。进程只能使用操作系统分配给进程的地址，如果访问未经允许的空间，那么操作系统就会捕获到这些访问，将进程的这种访问当作非法操作，强制结果进程

Linux虚拟地址空间分给进程本身的是3GB (Windows默认是2GB)

进程刚开始启动时，须知道一些进程运行的环境，最基本的是系统环境变量和进程的运行参数，很常用的做法是操作系统在进程启动前将这些信息提前保存到进程的虚拟空间的栈中；进程启动后，程序的库部分会把堆栈里的初始化信息中的参数信息传递给main()函数的参数argc and argv.

**缓冲Buffer：**因为系统调用的开销是很大的，它要进行上下文切换、内核参数检查、复制等，如果频繁进行系统调用，将会严重影响程序和系统的性能。常见方案是对控制台连续的多次写入放在一个数组里，等到数组被填满之后再一次性完成系统调用写入，实际上这就是缓冲最基本的想法；当要读取数据时，首先看看这个文件的缓冲里是没数据，如果有数据就直接从缓冲里取，如果缓冲是空的，那么CRT就通过操作系统一次读取文件一块较大的内容填充缓冲。如果系统崩溃或进程意外退出时，可能导致数据丢失，可以直接手动调用flush,将缓冲数据写入文件。

构建Build = 编译和链接



常用工具：

$ objdump -h \*.o //查看Unix目标文件

C:\user> dumpbin /ALL \*.obj > \*.txt // 查看Window目标

目标文件格式： ELF (Linux **Executable Linkable Format**), PE ( Windows **Portable Executable**)

ELF Header: 文件基本属性如ELF文件版本、目标机器型号、程序入口地址等

Section Header Table: 段信息如各个段段名、长度、在文件中的偏移、读写权限及段的其他属性。

.text段: 编译后的机器指令代码

.data段: 已初始化的全局变量和局部静态变量

.bss段: 未初始化的全局变量和局部静态变量

编译器、链接器和装载器都是依靠段表来定位和访问各个段的属性。

$ ar -t libc.a //解压Unix 静态库，包含哪些目标文件

error.o

version.o

…

C:\user> lib.exe /LIST libcmt.lib //解压Window静态库，包含哪些目标文件

$ c++filt \_ZN1N1C4funcEi //解析被修饰过的名称

每个目标文件都会有符号表Symbol Table，记录目标文件中所用到的所有符号，每个符号对应的值是函数和变量的地址

Unix C函数foo编译后，符号名是\_foo; Fortran符号名是\_foo\_， 由于不同的编译器采用不同的名字修饰方法，必然会导致不同编译器编译产生的目标文件无法正常相互链接，从而导致不同编译器不能互操作。

动态链接的基本思想是把程序按照模块拆分成各个相对独立部分，在程序运行时才将它们链接在一起形成一个完整的程序，而不是像静态链接一样把所有的程序模块都链接成一个单独的可执行文件

当程序被装载时，系统的动态链接器会将程序需要的所有动态链接库装载到进程的地址空间，并且将程序中所有未决议的符号绑定到相应的动态链接库中，并进行重定位工作。

.so 共享对象在编译时不能假设自己在进程虚拟地址空间中的位置；可执行文件ELF可以确定自己在进程虚拟空间中的起始位置，因为可执行文件往往是第一个被加载的文件。

装载时重定位：在链接时，对所有绝对地址的引用不作重定位，而把这一步推迟到装载时再完成。一旦模块装载地址确定，即目标地址确定，那么系统就对程序中所有的绝对地址引用进行重定位。静态链接时重定位是链接时重定位

当共享对象lib.so被两个进程加载时，它的数据段部分在每个进程中都有独立的副本，任何一个进程访问的只是自己的那个副本，而不会影响其他进程；对于同一个进程的两个线程来说，它们访问的是同一个进程地址空间，也就是同一个lib.so的副本，所以它们对G的修改，对方都是看得到的。

共享库版本命名：libxxx.so.x.y.z

前缀lib, 库名字xxx, 后缀.so, 版本号.x.y.z,

主版本号x，表示库的重大升级，不兼容的

次版本号y，表示库的增量升级，增加新接口，向后兼容

发布版本号z，表示库的错误修正、性能改进，不添加新接口，完全兼容

共享库依赖关系：Linux为共享库创建仅含主版号的软链接（SO-NAME），如/lib/libfoo.so.2.6.1, Linux共享共享库管理程序产生软链接/lib/libfoo.so.2, 建立软链接，使得所有依赖某个共享库的模块，在编译、链接和运行时，都使用共享库的SO-NAME，而不使用详细的版本号

$ls -l /lib/libc\*

$ ldconfig //当系统中安装或更新一个共享库时，就需要运行这个工具，它会遍历所有默认共享库目录，比如/lib, /usr/lib等，然后更新所有的软链接，使它们指向最新版的共享库；如果安装了新的共享库，那么ldconfig会为其创建对应的软链接

**如果程序需要的库文件比系统目前存在的库文件版本低，可以做一个链接**

虽然没有libncurses.so.4，但有libncurses.so.5，是可以向下兼容的

建一个链接就好了

ln -s /usr/lib/libncurses.so.5.3 /usr/lib/libncurses.so.4

动态库依赖关系DLL dependency, Debug DLL

$ ldd program //查看Linux程序或共享库依赖于哪些共享库

$ dumpbin /IMPORTS Math.dll // 查看模块依赖于哪些DLL

Windows系统在进程空间中专门划出一块0x70000000-0x80000000区域，用于映射常用的系统DLL如kernel32.dll, ntdll.dll, shell32.dll, user32.dll, msvcrt.dll等

**Dependency Walker** detects many common application problems such as missing modules, invalid modules, import/export mismatches, circular dependency errors, mismatched machine types of modules, and module initialization failures.

**Dependencies** is a rewrite of the legacy software Dependency Walker

<https://github.com/lucasg/Dependencies>

调用惯例 Calling Convention

规定函数参数的传递顺序和方式，栈的维护方式，名字修饰的策略

C语言里默认的调用惯例是cdecl. Int \_cdecl foo(int n, float m)

C++语言默认的调用惯例是stdcall.

系统调用的性能开销很大，当程序对堆的操作比较频繁时，这样做的结果会严重影响程序的性能。比较好的做法就是程序向操作系统申请一块适当大小的堆空间，然后由程序自己管理这些空间，一般地，管理着堆空间分配的往往是程序的运行库

运行库相当于是向操作系统“批发“了一块较大的堆空间，然后”零售“给程序用

glibc的malloc函数是这样处理用户的空间请求的：对于小于128KB的请求来说，它会在现有的堆空间里面，按照堆分配算法为它分配一块空间并返回；对于128KB的请求来说，它会使用系统调用 mmap()函数为它分配一块匿名空间，然后在这个匿名空间中为用户分配空间。

典型的程序运行步骤：

1. 操作系统在创建进程后，把控制权交到了程序的入口，这个入口往往是运行库的某个入口函数。

glibc的程序入口为\_start(这个入口是由ld链接器默认的链接脚本所指定的)

MSVC的CRT默认入口函数名为mainCRTStartup

1. 入口函数对运行库和程序运行环境进行初始化，包括堆、I/O、线程、全局变量构造等等

I/O初始化需要在用户空间建立stdin, stdout, stderr及其对应的FILE结构，使得程序进入main之后可以直接使用printf, scanf等所有I/O函数

1. 入口函数在完成初始化之后，获取命令行参数和环境变量，调用并传给main函数，正式开始执行程序主体部分。
2. main函数执行完毕以后，返回到入口函数，入口函数进行清理工作，包括全局变量析构、堆销毁、关闭I/O等，然后进行系统调用结束进程。

对于计算机来说，I/O代表了计算机与外界的交互，交互的对象可以是人或其他设备；对于程序来说，**I/O指代程序与外界的交互，包括文件、管道、网络、命令行、信号等**

许多操作系统，包括Linux and Windows,都将各种具有输入和输出概念的实体，包括设备，磁盘文件，命令行等统称为文件，对于一个任意类型的文件，操作系统提供一组操作函数，包括打开文件，读/写文件，移动文件指针等

#include <stdio.h>

FILE\* f = fopen(“test.data”, “wb”);

fwrite(“123”, 3, 2, f);

fclose(f);

在Linux里，FILE叫做文件描述符File Descriptor, 在Windows里是句柄Handle.用户通过某个函数打开文件以获得句柄，此后用户操纵文件皆通过该句柄进行。

文本换行：read()文本文件需要转换回车符，因为各操作系统对回车的存储方式不同。在C语言中，回车始终用\n表示，因此在以文本模式读取文件的时候，不同的操作系统需要将各自的回车符表示转换为C语言的形式，Linux/Unix回车是\n不需要转换，Mac OS回车是\r需转换为\n, Windows回车是\r\n需转换为\n

系统调用System Call

是应用程序（运行库也是应用程序一部分）与操作系统内核之间的接口，它决定了应用程序是如何与内核打交道的。

**系统调用如创建、退出进程和线程、进程内存管理、对系统资源的访问如文件、网络、进程间通信、硬件设备等**，对图形界面的操作支持如Windows下的GUI机制

系统调用是运行在内核态的，而应用程序基本都是运行在用户态的。用户态的程序如何运行内核态的代码吗？**操作系统一般是通过中断（Interrupt）来从用户态切换到内核态。中断是一个硬件或软件发出的请求，要求CPU暂停当前的工作转手去处理更加重要的事情。**

举个例子，当你在编辑文本文件时，不断按键盘键，CPU如何捕获？

一种方法称为轮询Poll, 即CPU每隔一小段时间（几十到几百毫秒）去询问键盘是否有键被按下。

另一种方法是键盘上的芯片主动发送一个信号给CPU，CPU接收到信号就知道键盘被按下了，然后再去询问键盘哪个键被按下

中断有两种类型：1）硬件中断，来自于硬件的异常或其他事件的发生如电源掉电、键盘被按下等。2）软件中断，通常是一条指令，带有参数记录中断号，使用这条指令可以手动触发某个中断并执行其中断处理程序。

由于中断号是有限的，操作系统用少数几个中断号来对应所有的系统调用. 系统调用函数是通过几个寄存器EBX, ECX, EDX, …来了解的。

基于中断的Linux系统调用中断流程见书P390

常见问题：

* 链接时符号未定义定义？

最常见原因是链接时缺少了某个库，或者输入目标文件路径不正确或符号的声明与定义不一样。

* 程序运行出现“段错误segment fault” or “非法操作，该内存地址不能read/write”的错误信息？

有些地址一开始不允许读写，应用程序必须事先请求获取这些地址的读写权，或者某些地址一开始并没有映射到实际的物理内存，应用程序必须事先请求将这些地址映射到实际的物理地址，之后才能够自由地读写这些片内存。造成这些原因可能是：没有初始化指针，指针值是随机数

* Malloc申请的内存，进程结束以后还在吗？

不会存在。因为当进程结束以后，所有与进程相关的资源，包括进程的地址空间，物理内存，打开的文件，网络链接等都被被操作系统关闭或者收回。

* Malloc申请的空间是不是连续的？

申请的进程虚拟地址空间是连续的，但可能是由若干个不连续的物理页拼凑而成的。

C语言获取环境变量： getenv()

# CUDA

docs.nvidia.com/cuda/index.html

$ uname -r // system kernel

$ gcc –-version

$which nvcc 是否安装nvcc编译器

$nvidia-smi -L 查看安装几块GPU以及GPU ID

$nvidia-smi --help 命令行查询GPU信息

$nvidia-smi -q -i 0 获取GPU 0的详细信息

$ls -l /dev/nv\* 装了几块GPU

$ lspci | grep -i nvidia //CUDA-capable GPU

uninstall previous cuda

$ sudo /usr/local/cuda-X.Y/bin/uninstall\_cuda\_X.Y.pl

$ sudo /usr/bin/nvidia-uninstall

$ sudo apt-get --purge remove <package\_name> # Ubuntu

CUDA Toolkit = CUDA driver and tools

$nvcc –-version

add.cu

//内核函数

//\_\_global\_\_表示从主机端调用，运行在设备端

//\_\_device\_\_表示从设备端调用，运行在设备端

\_\_global\_\_ void add(int n, float \*x, float \*y)

{

int index = blockIdx.x \* blockDim.x + threadIdx.x;

int stride = blockDim.x \* gridDim.x;

for (int i = index; i < n; i += stride)

y[i] = x[i] + y[i];

}

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

int N = 1<<20;

float \*x, \*y;

**// CPU 和GPU统一地址**

cudaMallocManaged(&x, N\*sizeof(float));

cudaMallocManaged(&y, N\*sizeof(float));

// 初始化数据

for (int i = 0; i < N; i++) {

x[i] = 1.0f;

y[i] = 2.0f;

}

// GPU上运行内核函数

int blockSize = 256; 先定义块大小 （即线程数）

int numBlocks = (N + blockSize - 1) / blockSize; 由数据大小确定块数目

add<<<numBlocks, blockSize>>>(N, x, y);

// 等待GPU运行结果

cudaDeviceSynchronize();

// Free memory

cudaFree(x);

cudaFree(y);

return 0;

}

$nvcc add.cu -o add\_cuda

$nvprof ./add\_cuda

常用工具

c++filt： 解析C++被修饰的符号

<https://blog.csdn.net/K346K346/article/details/88225726>

源码文件中的变量名和函数名被修饰后，通过 c++filt 命令可以还原回来

比如程序运行出现错误如下：

*Loading extension: /media/qzlin/25793662-6b5a-431d-8402-87c5bd9357df/dl/trauma\_plugin/build/libtrauma\_plugin.so...Exception caught (N9capputils10exceptions16LibraryExceptionE): Can't load library "/media/qzlin/25793662-6b5a-431d-8402-87c5bd9357df/dl/trauma\_plugin/build/libtrauma\_plugin.so" for the following reason:*

*/media/qzlin/25793662-6b5a-431d-8402-87c5bd9357df/dl/trauma\_plugin/build/libtrauma\_plugin.so: undefined symbol: \_ZN9omnilearn6common5image10make\_imageIfEESt10shared\_ptrINS1\_5ImageEEPT\_RKSt6vectorImSaImEERKS8\_IdSaIdEESG*

$c++filt *\_ZN9omnilearn6common…*

# C: C89 -> C99

## 预处理，指针，数组，字符串，结构，文件和错误处理

#pragma //头文件一次包含

#ifndef HDR\_H //根据条件添加代码段

代码段

#endif

//源文件根据条件引入头文件

#if SYSTEM == SYSV

#define HDR\_H “sysv.h”

#elif SYSTEM == BSD

#define HDR\_H “bsd.h”

#elif SYSTEM == MSDOS

#define HDR\_H “msdos.h”

#else

#define HDR\_H “default.h”

#endif

#include HDR\_H

//C语言代码与C++代码进行分离编译，再统一链接

foo.h

#ifdef \_\_cplusplus

extern “C” {

#endif

int add(int x, int y) ;

#ifdef \_\_cplusplus

}

#endif

预定义名字

printf("File :%s\n", \_\_FILE\_\_ ); //原文件名字

printf("Date :%s\n", \_\_DATE\_\_ ); //当前日期，字符常量 "MMM DD YYYY"

printf("Time :%s\n", \_\_TIME\_\_ ); //当前时间，字符常量 "HH:MM:SS"

printf("Line :%d\n", \_\_LINE\_\_ ); //当前源文件行数

#define MAXLINE 100

#define max(A, B) \

((A) > (B) ? (A) : (B))

#define dprint(expr) \

printf(#expr “ = %g\n”, expr) //字符串替换

#define paste(front, back) \

front **##** back //两个字符串合并

#undef getchar

在C语言中，所有变量都必须先声明后使用

变量声明只在编译时有意义，在程序连接时编译器需要实际的变量声明，使用 extern 关键字在任何地方声明一个变量

当局部变量被定义时，系统不会对其初始化，您必须自行对其初始化。定义全局变量时，系统会自动对其初始化，

char, unsigned char, signed char

int, unsigned int,

short, unsigned short,

long, unsigned long

float, double, long double

算法运算符：+, -, \*, /, %, ++, --

关系运算符：　>, >=, <, <=, ==, !=

逻辑运算符： &&, ||, !

位运算符： &, |, ^, <<, >>, ~

赋值运算符：=, +=, -=, \*=, /=, %=, <<=, >>=, &=, ^=, |=

条件表达式：

z = (a>b)? a: b.

if – else if - else: 每个else 与最近的前一个没有else配对的if进行匹配

switch (表达式)　{

case 常量表达式：

语句序列;

break;

default:

break;

}

while, for, break, continue,

**#include <math.h>** //数学函数

double acos(double x) //返回 x 的反余弦(弧度表示)

double atan2(double y, double x) //返回y/x 的反正切,y 和 x 符号决定象限。

double modf(double x, double \*integer) //返回小数部分，integer 为整数部分。

double fabs(double x) //返回 x 的绝对值。

cos/ sin, cosh/ sinh/ tanh, asin/acos/atan

exp, log, log10, pow, sqrt, ceil, floor,

enum boolean {True, False}

**static**静态变量

函数作用域static类型，函数可以记住函数调用之间的static静态变量

文件作用域static类型，文件外部不可以访问

**extern**告诉编译器存在着一个变量和函数，即使编译器在当前编译的文件中没有看到时它，这个变量或函数可能在另一个文件中或者在当前文件的后面定义

**默认情况下，外部变量与静态变量将被初始化为0，函数内部变量初始则没有定义**

**sizeof**运算符：返回变量大小，即变量字节数

int intSize = sizeof x ; //注意不是函数

int size = sizeof arr / sizeof arr[0];

**指针：**

int \*ip = &x; 取变量x的地址

\*ip = 10; 间接引用（解指针）

int \*const cpi = &i; 常量指针cpi，该指针总是指向同一位置，但它所指之处的值可以改变

const int \*pci; 指向const int的指针，pci本身可以被修改以指向另一地方，但所指之处的值不能通过pci赋值来改变

//如果没有地址可以赋值，为指针变量赋空值，表明指针不指向一个可访问的内存位置，避免悬空指针。

int \*ptr = NULL ;

if (!ptr) {} // 判断指针是否为空

++, --, +, -, ==, <, > //指针算术运算和比较

**数组：**

double arr[2] = {1.0, 2.0}; // 一维

double salary = arr[1] ;

static int day[2][2] = {{0, 1}, // 二维

{2, 3}}

double calc\_avg(int arr[], int size); //数组作为函数输入参数

数组double arr[]与指针double \*p区别？

数组名是指向数组第一个元素的常量指针

**arr[i],** \*(arr+i), \*(&arr+i), \*(&arr[0]+i) //数组第i个元素

&a[i], **a+i** //数组第i个元素的地址

**p = arr**, p = &arr[0] //指针 <- 数组

p[i], **\*(p+i)** //指针指向的第i+1个元素

指针数组：char \*p[10]; //定义分配了10个指针，并且没有对它们初始化

指针数组的优点在于数组的每一行长度都可以不同

**函数指针**：

float add(int, int) ;

float (\*ops)(int, int); //函数指针

ops = &add;

static void init(ObjFloat\* p);

void setFunPtr(Obj\* obj, void (\*fun)(void \*) );

setFunPtr(obj, **(void (\*)(void\*))** init); // 函数指针类型转换

float (\*operations[])(int, int) = {add, substract, multiply, div} //函数指针数组

float res = (\*operations[0])(10, 20) ;

// getFunPtr(Obj \*obj) )返回函数指针int (\*)(void \*)

int (\*getFunPtr(Obj \*obj) )(void \*) //返回函数指针

int (\*pifnQuery)(void \*) = getFunPtr(Obj \*obj) ;

**字符串 #include <string.h>**

C 语言字符串是使用 null 字符终止的一维字符数组，C 编译器会在初始化数组时，自动在字符串末尾添加null.

char greeting[] = "Hello"; //内存里表示：Hello\0

const char\* pcCmd = "size=100cm";

const char\* val = pcCmd + 5; // val == “100cm”; 相当于python pcCmd[5:]

按template方式生成字符串

enum { iInfoStrLen = 128 };

char acInfoStr[iInfoStrLen];

sprintf(acInfoStr, "%-18.18s %-19.19s %04d\n", acTimeStr,

pcAppInfo\_GetShortNameAndVersion(APP\_INFO\_INTERNAL), iUserId);

**#include <string.h>** //字符串操作

strcpy(s1, s2); //复制字符串 s2 到字符串 s1

strcat(s1, s2); //连接字符串 s2 到字符串 s1 的末尾

strlen(s1); //返回字符串 s1 的长度。

strcmp(s1, s2); //若s1<s2返回<0, 若s1==s2返回0, 若s1>s2返回>0

strstr(s1, s2); //返回指针，指向字符串 s1 中字符串 s2 的第一次出现的位置。

**memset**(pst, 0, size\*sizeof(char));

**memcpy**(pst, “hello world”)

static char \*name[] = {“January”, “February”} //字符串列表

实现动态字符串列表，见后面

**自定义类型：**

*typedef 原类型名 别名*

typedef unsigned char BYTE;

typedef int\* IntPtr;

结构

一个典型的c语言库通常包含一个struct and 作用在这个struct上面的相关函数

class成员默认是private, struct成员默认是public

//定义结构类型

**typedef** struct point {

int x;

int y;

} Point ;

typedef struct rect {

Point p1;

Point p2;

} Rect;

//实例化结构对象

Point pts[2] = {

{1, 2},

{3, 4}

};

**int len = sizeof pts / sizeof pts[0]**;

Rect rect = {

{1, 2},

{3, 4}

};

结构对象作为一个整体复制和赋值，通过&运算符取地址，访问其成员

rect.p1.x //访问成员变量

**struct tnode** {

char \*word;

int count;

**struct tnode \***left; //自引用结构

struct tnode \*right;

}

**文件 #include <stdio.h>**

//逐行逐行写文件

FILE\* out = fopen("file.txt", "w");

char\* contents[] = { "January", "Feb"};

for (int i = 0; i < sizeof contents / sizeof contents[0]; ++i) {

**fprintf(out, "%s\n", contents[i]);**

}

fclose(out);

//逐行逐行读文件

char line[255];

FILE\* in = fopen("file.txt", "r");

while (**fgets(line, sizeof(line), in**) != NULL) {

printf("%s", line);

}

fclose(in);

#include <stdio.h> //标准输入输出，文件操作

NULL //空指针值。

EOF //表示已经到达文件结束的负整数。

stderr、stdin 和 stdout //指向 FILE 类型的指针（标准错误、标准输入和标准输出流）

FILE \*fopen(const char \*filename, const char \*mode)

size\_t fread(void \*ptr, size\_t size, size\_t nmemb, FILE \*stream) //ptr数组 <- 流 stream数据

size\_t fwrite(const void \*ptr, size\_t size, size\_t nmemb, FILE \*stream)

int fprintf(FILE \*stream, const char \*format, ...) //发送格式化输出到流 stream 中

int printf(const char \*format, ...) //发送格式化输出到标准输出 stdout。

int sprintf(char \*str, const char \*format, ...) //发送格式化输出到字符串。

char \*fgets(char \*str, int n, FILE \*stream) //读取一行，字符串 <- stream

int fputs(const char \*str, FILE \*stream) //字符串 -> stream

**错误处理 #include <errno.h>**

#include <errno.h>//错误代码errno和错误信息stderror(errno)

在程序启动时，errno 设置为零，在发生错误时，大多数C 或 UNIX 函数调用返回 1 或 NULL，同时会设置错误代码 errno(全局变量)，表示函数调用期间发生错误，可以使用strerror(errno)获取错误文本信息。

FILE\* pf = fopen("unexist.txt", "r");

if (!pf) {

fprintf(stderr, "error num: %d,\terror: %s\n", **errno, strerror(errno)**);

}

## ANSI C标准函数库

运行库是平台相关的，C 运行库可以视为C语言程序和不同操作系统平台之间的抽象层，它将不同的操作系统API抽象成相同的库函数.

**C运行库为了保证多个平台之间能够相互通用，只能取各个平台之间功能的交集**，如文件读写等；但是Windows原生支持图形和用户交互系统，而Linux却不是原生支持的（通过XWindows）,那么CRT就只能把这部分功能省去。

Linux C运行库glibc(GNU C Library) /usr/include, 动态库/lib/**libc**.so，静态库/usr/lib/libc.a

Windows C运行库是MSVCRT (Miscrsoft Visual C Run-time)

Program Files\Microsoft Visual Studio 9.0\VC\lib\**libc[p][mt][d].**lib

msvcrt.lib, msvcr.dll

p表示C++运行库

mt表示Multi-Thread, 表示支持多线程

d表示Debug, 表示调试版本

多个版本：静态版和动态版（基于链接），单线程和多线程（基于线程），调试版和发布版，C运行库版和C++运行库版（基于语言）

#include <math.h> //数学函数

#include <errno.h> //错误处理

#include <stdio.h> //标准输入输出，文件操作

#include <string.h> //字符串操作

**#include <stdlib.h>** //内存管理，资源管理，格式转换

size\_t size = num \* sizeof(char);

char\* pst = (char\*) malloc(size); //申请num个char，返回 void 指针转换为任何数据类型

char\* pst = (char\*) calloc(num, sizeof(char)); //num个char

char\* pst\_new = (char\*) realloc(pst, newSize); //调整内存大小

free(pst); // 释放内存

void abort(void) //使一个异常程序终止

void exit(int status) //使程序正常终止

EXIT\_FAILURE // exit 函数失败时返回的值

EXIT\_SUCCESS // exit 函数成功时要返回的值

double atof(const char \*str) // 浮点数 <- 字符串

int atoi(const char \*str) //整数 <- 字符串

int abs(int x)

void srand(unsigned int seed) //seed

int rand(void) //伪随机数in [ 0, RAND\_MAX]

typedef struct point {

double x;

double y;

} Point;

int cmp(const void\* a, const void\* b) {

Point\* pa = (Point\*)a;

Point\* pb = (Point\*)b;

return pa->y - pb->y; //按Point属性y从小到大比较

}

Point pts[] = {

{1, 2},

{3, 4},

{2, 3}

};

qsort(pts, sizeof(pts) / sizeof(pts[0]), sizeof(pts[0]), cmp);

char \*getenv(const char \*name) //搜索 name 所指向的环境字符串，并返回相关的值

int system(const char \*string) //命令执行（以字符串表示命令）

**#include <assert.h>** //断言

assert里的表达式：若为true, 不执行任何动作；若为false, 则会在标准错误stderr上显示错误消并中止程序执行。

开发assert宏的意图是在dev过程启用，在deploy时禁用

* 尽量在函数中使用断言来检查参数的合法性，
* 避免在断言表达式中使用改变状态的语句，因为默认情况下，assert宏仅在debug版本起作用，在release版本被忽略
* 避免使用断言检查程序错误，约定：对来自系统内部的可靠的数据使用断言，对于外部不可靠数据不能够使用断言，而应该使用错误处代码。在通常情况下，系统外部的数据（如不合法的用户输入）都是不可靠的，需要做严格的检查才能放行到系统内部，相当于守卫。而对于系统内部的交互（如子程序调用），传递给子程序预期的恰当数据应该是调用者的责任，系统内的调用者应该确保递给子程序的数据是恰当而且可以正常正途的，这样就隔离了不可靠的外部环境和可靠的系统内部环境，降低复杂度。（否则内部子程序每次都检查输入数据，相当于系统没有可信边界，代码会变得臃肿复杂。）

void copymem(void\* dst, const void\* src, size\_t len) {

assert(dst != NULL && src != NULL);

…

}

等价于

void copymem(void\* dst, const void\* src, size\_t len) {

#ifdef DEBUG

if (dst == NULL) {

fprintf(stderr, “dst is NULL\n”);

abort();

}

If (src == NULL) {

fprintf(stderr, “src is NULL\n”);

abort();

}

#endif

…

}

**#include <ctype.h>** //字符操作：测试和映射字符

int isalpha(int c) //该函数检查所传的字符是否是字母

int isdigit(int c) //该函数检查所传的字符是否是十进制数字。

int tolower(int c) //该函数把大写字母转换为小写字母

int toupper(int c)

…

**#include <float.h>** //各种类型的常数

**#include <limits.h>** //各种类型的常数

FLT\_MIN, FLT\_MAX…

CHAR\_MIN, CHAR\_MAX, INT\_MIN, INT\_MAX,

**#include <time.h>** //时间日期

time\_t //整数表示秒数（从UTC时间1970年1月1日零时到现在）

struct tm // 记录日期和时间的结构体

struct tm \*localtime(const time\_t \*timer) // timer 转本地时区的tm 结构

time\_t mktime(struct tm \*timeptr) // timeptr结构转为本地时区 time\_t

clock\_t start = clock();

…

clock\_t end = clock();

double sec = (double) (end – start) / CLK\_TCK; //运行时间为毫秒，然后转秒

#include <locale.h>

char\* setlocale (int category, const char\* locale);

对当前程序进行地域设置（本地设置、区域设置），也可以用来获取当前程序的地域设置信息，

setlocale(LC\_ALL, ""); //使用当前操作系统默认的地域设置，默认是setlocale(LC\_ALL, “C”)

## C语言实现ObjC

**C语言工程best practice**

**ObjFloat.h**

/\*------------------------------- DATA TYPES -------------------------------\*/

typedef struct \_ObjFloat {

float fValue; //成员变量

} ObjFloat;

/\*-------------------------- FUNCTION PROTOTYPES ---------------------------\*/

**extern** void vFloat\_InitClassPtr(void); //类指针（类型信息）

extern ObjClass \*ptFloat\_GetClass(void);

extern ObjFloat \*ptFloat\_Create(void); //构造函数

extern void vFloat\_Destroy(ObjFloat \*ptFloat); //析构函数

extern float fFloat\_Get(ObjFloat \*ptFloat); //成员函数

extern void vFloat\_Set(ObjFloat \*ptFloat, float fValue);

**ObjFloat.c**

**static** const char acFloatClassName[] = "Float"; //私有变量

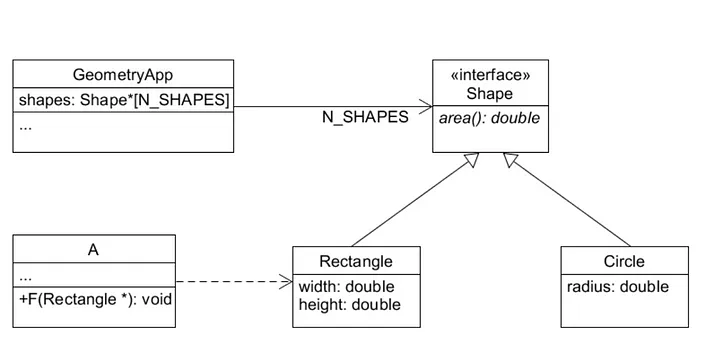
ObjClass \*ptFloatClass = NULL;

static void vFloat\_SVAdd(void \*pvObject, GeoKey \*ptKey, GeoValue \*ptValue) { … } //私有函数

void vFloat\_InitClassPtr(void) { … }

**C语言实现多态**

<https://levelup.gitconnected.com/uml-in-c-language-class-diagrams-6ed11aa34d9b>

****

//通过对象指针和函数指针实现接口类

typedef double (\*AreaFn) (void \*);

struct ShapeInterface {

AreaFn area;

};

struct Shape { //接口类

void\* instance;

ShapeInterface interface;

};

double Shape\_Area(Shape\* shape) {

return shape->interface.area(shape->instance);

}

struct Rectangle { //通过struct实现类

double width;

double height;

};

Shape\* Rectangle\_Create(double width, double height) { //构造函数

Shape\* s = (Shape\*) calloc(1, sizeof(Shape));

Rectangle\* r = (Rectangle\*) calloc(1, sizeof(Retangle));

r->width = width;

r->height = height;

s->instance = (void\*) r;

s->interface.area = (AreaFn) Rectangle\_Area;

return s;

}

double Rectangle\_Area(Rectangle\* rect) { //多态函数

return rect->width \* rect->height;

}

客户端使用多态

Shape\* shapes[N\_SHAPES] = {

Rectangle\_Create(20, 30);

Circle\_Create(30);

};

for (int I = 0; i < N\_SHAPES; ++ i) {

if (shapes[i]) Shape\_Area(shapes[i]);

}

**字符串列表**

StringList.h

typedef struct {

unsigned int size;

char\*\* data;

}StringList;

StringList\* initStringList();

void freeStringList(StringList\* strList);

void addString(StringList\* strList, char\* str);

char\* getString(StringList\* strList, int index);

StringList.c

StringList\* initStringList() { //初始化类

StringList\* strList = (StringList\*)malloc(sizeof(StringList));

memset(strList, 0, sizeof(StringList));

return strList;

}

void freeStringList(StringList\* strList) { //释放类

if (!strList) return;

for (int i = 0; i < strList->size; ++i) {

free(strList->data);

}

free(strList->data);

free(strList);

}

void addString(StringList\* strList, char\* str) { //在末尾添加字符串

strList->size++;

strList->data = (char\*\*)realloc(strList->data, sizeof(char\*) \* strList->size);

int idx = strList->size - 1;

int len = strlen(str);

strList->data[idx] = (char\*)malloc((len + 1) \* sizeof(char));

memcpy(strList->data[idx], str, len);

strList->data[idx][len] = NULL;

}

char\* getString(StringList\* strList, int index) {

if (!strList || index >= strList->size) return NULL;

return strList->data[index];

}

# C++：C++98->03->11->14->17->20

## 基本知识点：

版本史： C++ 98 -> C++ 03 -> C++ 11 -> C++ 14 -> C++ 17 -> C++ 20

#include <string> // C++标准头文件，C++ class tring

#include <cstring> // C标准头文件，char\* functions from C

#include <stdlib.h> // 旧式的C标准头文件

c版本 C++版本 (注意命名空间std)

#include <stdlib.h> ==> #include <cstdlib>

#include <string.h> ==> #include <cstring>

#include <limits.h> ==> #include <climits>

#include <float.h> ==> #include <cfloat>

#include <stddef.h> ==> #include <cstddef>

控制台运行暂停：system(“PAUSE”); CSharp是Console.ReadKey();

* C++ call C， 使用extern “C”,将C语言的代码与C++代码进行分离编译，再统一链接

foo.h

#ifdef \_\_cplusplus

extern “C” {

#endif

int add(int x, int y) ;

#ifdef \_\_cplusplus

}

#endif

* **限制变量作用域**

{

**auto itr** = find(vec.begin(), vec.end(), 3); //以前的语法

if (itr != vec.end()) {

}

}

//可以在if and switch语句中声明临时变量

if (**auto itr** = find(vec.begin(), vec.end(), 3); itr != vec.end() ) {

\*itr = 4 ;

}

switch (**char c**( getchar() ); c) {

case ‘a’: move\_left(); break;

case ‘s’: move\_back(); break;

…

default: cout << “invalid input: “ << c << endl;

}

* **使用空指针nullptr, 不使用NULL, 0**

传统C++会把NULL, 0视为同一种东西，这取决于编译器如何定义NULL, 有些编译器会将NULL定义为((void\*)0), 有些则会直接将其定义为0

C++不允许直接将void\* 隐式转换到其他类型；C++11引入了nullptr关键字表示空指针

char\* ptr = nullptr ;

* **常量表达式constexpr**

const int LEN = 10 ;

char arr[LEN] ; //非法，因为C++标准数组的长度必须是一个常量表达式

C++11提供constexpr让用户显式声明函数或对象构造函数**在编译期会成为常量表达式**

从C++14开始，constexpr函数可以在内部使用局部变量、循环和分支等简单语句

**constexpr** int LEN = 1 + 2 + 3 ;

char arr[LEN] ; // 合法

constexpr int fibonacci(cons int n) {

return n == 1 || n == 2 ? 1 : fibonacci(n-1) + Fibonacci(n-2);

}

* **指针\*，引用& ， 常量const**

指针：存放地址的**变量**类型；

引用像一个被自动间接引用的**常量指针**，它的作用是成为对象的别名。为建立一个引用，在定义里使用&

void fun(**int \* p**) {

\*p = 5 ;

}

等价于

void fun(**int& r**) {

r = 5;

}

void\* vp = &intValue; //任何类型的地址，

\*((int\*)vp) = 3 ; //需要进行转换,因为丢失类型的信息

void (\*funcPtr)(); //函数指针, 调用是(\*funcPtr)();

**const**常量：不要改变我（即不能改变的一块存储空间）, 仅可以调用const 成员函数

const int\* u; //指向const的指针

int\* const w = &d; //const指针

成员函数： int getQuote() const; 不改变对象的状态

* **类型转换**

float x = 0.0;

int x = **static\_cast**<int>(x) ; //静态类型转换

// 从设计角度，应该运用多态技术，避免“程序行为取决于具体型别”

void fun(Car\* cp) {

SubClass\* p = **dynamic\_cast**<SubClass\*>(baseClass); // 将父类向下转换为子类

if (p == NULL) { … }

}

const\_cast <>() // 去除类型的常数性

reinterpret\_cast<>() //由实际编译器定义，不可移植

**namespace and using （**类型别名模板using ，尽量不用typedef**）**

可以使用namespace来定义模块、程序库或组件，甚至在多个文件之间完成

namespace DL.Image {

class ImageFile;

…

};

using namespace std; //引用STL命名空间

using DL::Image::File; //相当于typedef DL::Image::File File;

using json = omnilearn::streams::stream:Stream::json; // 别名

using process = int(\*)(void \*);

Template<typename T>

using DarkMagic = MagicType<vector<T>, string>;

* **类和继承类**

//Stash.h，头文件定义类型声明

**头文件是库与用户的合约，描述数据结构，为函数调用规定了参数和返回值**。用户需要其中一些信息以开发应用程序，编译器需要所有这些信息以生成正确的代码。

#ifndef STASH\_H

#define STASH\_H

class Stash {

public:

Stash(int size);

//编译器使用copy构造函数通过按值传递（在函数中传递和返回对象）

**Stash(const Stash&**);

**~Stash();**

**virtual** void run(); 虚函数

const string\* pop();

// 友元函数可以访问类私有/保护成员

friend void printStash( const Stash &stash );

private:

static int staticValue; // 老的方式，需在cpp文件中赋值

static const inline int staticVal = 1 ; **// 推荐c++17 内联变量和内联函数**

int size;

unsigned char\* storage;

void inflate(int increase);

}

#endif

//Stash.cpp 实现文件实现类型定义

**作用域解析符::**

**类作用域解析Stash::Stash()**

**全局作用域解析::globalFun()**

#include <iostream> C++库 搜索路径直接从**环境或编译器指定路径**

#include “Stash.h” 用户创建类，**搜索路径从当前目录开始**

using namespace std;

int Stash::staticValue = 1 ;

Stash::Stash(int size) {

**this.**size = size;

this.storage = 0;

}

Stash::~Stash() {

if (this.storage != 0) {

delete []storage;

}

}

**virtual void Stash::run()** {}

void Stash::inflate(int increase) {}

void printStash( const Stash &stash ) {

cout << “size = “ << stash.size << endl;

}

**//栈上实例化对象**

Stash intStash(sizeof(int));

intStash.run();

**//堆上实例化对象**

Type\* type = new Type()

delete type; //手动释放内存

Type\* typeArr = new Type[100];

delete []typeArr;

Stash \*stashPtr = new Stash(sizeof(int));

stashPtr->run();

delete stashPtr;

#include <memory>

**auto ptr = std::make\_shared<Stash>(sizeof(int)) ; //引用计数指针（推荐）**

Stash \*stashPtr = ptr.get();

继承类

#include “Stash.h”

class StashDeri : public Stash {

public:

StashDeri(int size);

void run(); 虚函数

}

#include “StashDeri.h”

StashDeri::StashDeri(int size) : Stash(size) {}

初始化列表

在传统C++中，不同的对象有着不同的初始化方法，例如普通数组，Plain Old Data(没有构造析构和虚函数的类或结构体)类型都可以使用{}进行初始化

int arr[3] = {1, 2, 3} ;

vector<int> vec = {1, 2, 3, 4, 5};

C++11允许类构造函数或其它函数使用初始化列表

#include <initializer\_list>

class Foo {

public:

Foo(**std::initializer\_list<int> list**) {

for (auto it = list.begin(); it != list.end(); ++ it) {

vec.push\_back(\*it);

}

}

void foo(**std::initializer\_list<int> list**) {

…

}

private:

std::vector<int> vec;

};

Foo foo = {1, 2, 3, 4, 5} ;

委托构造和继承构造

class Base {

public:

Base() {…}

Base(int value) : Base() {…} //委托Base()构造函数

};

class Subclass : public Base {

public:

using Base::Base; //继承构造

};

Override (告知编译器进行子类函数重载) and final (防止继承)

struct Base {

virtual void foo(int);

virtual void process() final;

};

struct SubClass : Base {

virtual void foo(int) override; // 合法

virtual void foo(float) override; // 非法，父类没有此虚函数

void process(); // 非法，父类此函数为final

};

显式禁用默认函数

class Base {

public:

Base() = default; // 使用编译器生成的构造

Base& operator=(const Base&) = delete; //拒绝编译器生成赋值函数

Base(int num);

};

* **模板**

**对源代码进行重用，而不是通过继承和组合重用目标代码**。容器不再存放称为Object的通用基类，而是存放一个未指明的参数。**当用户使用模板时，参数由编译器来替换**。

通常把模板所有的声明和定义都放入一个头文件中

template <typename T>

inline const T& max(const T& a, const T& b) {

return a < b ? b : a ;

}

template<typename T, typename U> //C++14普通函数具备返回值推导

**auto** add3(T x, U y) {

return x + y ;

}

**template<typename T>**

class Stash {

T类型, 以及T类型的嵌套从属名称

<https://harttle.land/2015/09/09/effective-cpp-42.html>

<https://feihu.me/blog/2014/the-origin-and-usage-of-typename/>

**typename T::**Pointer imagePointer;

vector<**typename T::**ValueType> values;

typename vector<typename T::ValueType>::SizeType idx;

}

模板的哲学在于将一切能够在编译期处理的问题丢到编译期进行处理，仅在运行时处理那些最核心的动态服务，进而大幅优化运行期的性能。

传统C++中，模板只有在使用时才会被编译器实例化。换句话说，只要在每个编译单元（文件）中编译的代码中遇到了被完整定义的模板，都会实例化。这就产生了重复实例化而导致的编译时间的增加。

C++11能够显式通知 编译器何时进行模板的实例化

template class std ::vector<bool>; //强行实例化

extern template class std::vector<double>; //不在该当前编译文件中实例化模板

* **集合 (不推荐函数式编程)**

集合内是以值存放对象，则没有清空内存问题

**若包含指向对象的指针，则必须考虑所有权问题？处理所有权问题的最好方法是由客户程序员来选择。这通常通过构造函数的一个参数来完成，它默认指明所有权;同时提供owns()读写成员函数来改变这个行为**

template<class T>

class Stack {

public:

Stack(**bool own=true**);

~Stack();

bool owns() const { return own;}

**void owns(bool own) { this.own = own; }**

private:

**bool own;**

}

template<class T> Stack<T>::~Stack() {

if (!own) return ;

while( head) delete pop();

}

* **左值和右值**

move() and forward()

move()将左值转化为右值

forward()传递参数

string str = “string” ;

vector<string> vec ;

vec.push\_back(str) ; // 产生拷贝行为

vec.push\_back(move(str)) ; // 不会出现拷贝行为，move用来减少拷贝出现的开销

void reference(int && v) {…}

template<typename T>

void pass(T&& v) { // 右值v

// 传递参数，保持原来的参数类型（左引用保持左引用，右引用保持右引用）

reference(**forward<T>(v)** ) ;

}

## 标准库STL：string, vector, map, tuple, lambda, algorithm

C++标准库是C++模板类，提供数据结构和算法，如I/O、字符串、容器、算法、数值计算等件。C ++标准库包含了C标准库。

C++编译器厂商根据C++ ISO实现。实现依赖操作系统提供的功能（如读/写文件，分配内存，创建线程等系统调用），因此每个平台都有其自己的标准库实现。

在GNU/Linux上，C++标准库通常由**libstdc++**或GNU标准C++库项目实现。通常，所有常规的Linux发行版都默认使用libstdc++。

Windows上的C++标准库通常称为**C/C++运行时库**（Universal CRT, UCRT从Windows 10开始作为操作系统的一部分提供）,编译为UCRTBASE.DLL, 涵盖了C/C++二者的实现。在 Microsoft C++ 编译器中，可以设置 /std 编译器选项，指定要用于项目的标准版本。

标准库STL容器类自动申请和释放内存，因此无需new and delete

* **字符串**

string是针对char而预先定义的特化版本。 typedef **basic\_string<char>** string;

wstring是针对wchar\_t而预先定义的特化版本。 typedef **basic\_string<wchar\_t>** wstring;

C-string用'\0'来标识字符串结束char\*

#include <string>

// 初始化

const char\* s1 = "hello world"; //c风格字符数组

strlen(s1) //c风格字符数组函数

const string str1 = “hello world”; //c++风格字符数组

const string suffix("tmp");

const string str2(s1, strlen(s1)); // string <- const char\*

const char\* s1 = str2**.c\_str()** // const char \* <- string

//转义字符前加\

const string str = “hello \t qzlin”;

//原始字符串

const string raw\_str = R“(C:\Users\320029857\Documents\github\resume)”;

* **字符串操作**

string str= argv[i]

string substr = str.substr(idx, len); // 字符串切片

str.size() or str.length() //字符串长度

str.empty()

string buyer(“money”) ;

string seller(“goods”);

seller.swap(buyer); // swap between two strings

// 按字典比较

str1 == str2

str1 > str2

str1 < str2

// 字符串拼接

str2 += str1 + s1;

string tmpname = filename + '.' + suffix;

// 字符串 -> double, float, int

double earth = stod(“3.14”) ;

float earth = stof(“3.14”);

int num = stoi(“2023, hello world”); // iDec = 2023

int val = stoi(“0x7f”, nullptr, 0) ; // 10进制 <- 16进制

int val = stoi(“-111”, nullptr, 2); // 10进制 <- 2 进制

// output string

cout << filename << endl;

// 替换字符串

string filename = “file.txt”;

string:size\_type idx = filename .find(“.”);

filename.replace(idx, filename.size()-idx, “.png”); //方法一：使用string函数

**#include <regex>**

regex reg(".png");

cout << **regex\_replace**(filename, reg, ".txt"); // 方法二：使用regex

* **查找替换，分割，搜索和分词 （推荐用正则化表达式）**

操作string对象，模式regex进行初始化，通过regex\_match进行匹配，从而产生smatch结果

**#include <regex>**

// 查找替换， 推荐用正则化regex

const string substr = "hello";

for (int pos = str2.**find(substr)**;pos >= 0; pos=str2.find(substr)) {

str2.**replace(pos, substr.size(), "my")**;

}

// 分割，推荐用正则化regex

char content[] = "I, am, a, student; hello world!";

const char\* split = ",;!\t ";

char\* pTmp = NULL;

for (char\* p = **strtok\_s(content, split, &pTmp);** p != NULL; p = strtok\_s(NULL, split, &pTmp)) {

cout << p << endl;

}

//搜索

const string content =

"123<xml>value</xml>456<widget>center</widget>hahaha<vertical>window</vertical>the end";

**regex** reg("<(.\*)>.\*</\\1>"); .表示匹配任意单个字符，\*表示匹配多个字符

smatch m;

for (auto pos = content.cbegin(); **regex\_search**(pos, content.cend(), m, reg); pos = m.suffix().first) {

cout << m.str() << endl;

}

//分词 （同python split功能）

const string content = "hello,world,my,name";

regex reg(",");

sregex\_token\_iterator pos(content.begin(), content.end(), reg, -1);

decltype(pos) end;

for (; pos != end; ++pos) std::cout << pos->str() << std::endl;

* **c数组, array, vector**

int a[3] = {0, 1 , 3}; //必须在编译期定义数组的大小，数组初始化

int\* ip = a; //数组标识符等价于数组起始处的只读指针，即a == &a[0]

ip[i] = a[i]; //**指针算术根据所指元素的大小调整指针**，使其指向“正确的地方”

for (int i = 0 ; i < sizeof a / sizeof a[0]; ++ i) {

a[i] ++ ;

}

**#include <array> // 对C风格数组的包装**

constexpr int len = 4 ;

array<int, len> arr = {1, 2, 3, 4} ;

访问c风格接口

void foo(int \*ptr, int len) { … }

foo(arr.data(), arr.size()) ;

sort(arr.begin(), arr.end()) ;

vector是自动扩容的，当存入大量的数据后，并且对容器进行了删除操作，容器并不会自动归还还被删除元素相应的内存，这时候需要手动运行shrink\_to\_fit()释放这部分内存

**#include <vector>**

**#include <algorithm>**

//初始化

vector<int> vec1; // vec1为空

vec1.push\_back(100); //添加元素

vector<int> vec2{0, 1, 2, 3};

vec2 = {0, 1, 2, 3};

vector<int> vec3(10); //allocate 10个元素, each element is 0

vector<int> vec4(10, 3); // allocate 10 elements, each element is 3

int b[7] = {1,2,3,4,5,9,8};

vector<int> a(b,b+7);

// 索引，切片

vec[i]

vector<int> subVec(vec.begin() + 2, vec.begin() + 4); // rbegin(), rend(),

// 遍历

for (int i=0; i < intVec.**size()**; ++ i) intVec[i] \*= 2;

for (auto ele : intVec) {…} // read only

for (auto & ele : intVec) { ele \*= 2; } // writeable

for (auto pos=intVec.rbegin(); pos!=intVec.rend(); ++pos) { //反向遍历

\*pos

}

const auto print = **[](auto &x) {** cout << x << endl; **};**

**for\_each**(intVec.cbegin(), intVec.cend(), print);

vector<int> iv{5, 4, 3, 2, 1};

int a = 2, b = 1;

for\_each(iv.begin(), iv.end(), [a, b](int &x) { x \*= (a + b); } );

vec.empty()

vec.clear(); // 清空元素，此时vec.size() 等于0, 但vec.capacity()不等于0

vec.shrink\_to\_fit(); // 清空内存，此时vec.capacity() == 0

注意：区间采用半开，前闭后开

// 点运算

若算法同时处理多个区间，通常必须设定第一个区间的起点和终点，至于其它区间，只需要设定起点即可，终点通常可由第一区间的元素推导出来,同时务必确保第二区间所拥有的元素个数，至少和第一区间内的元素个数相同

**equal**(col.begin(), col.end(), other.beign())

**copy**(col.begin(), col.end(), other.beign())

若第二区间还未分配区间，需要自动增长，采用back\_inserter()

vector<int> other;

copy(col.begin(), col.end(), back\_insert(other));

**unique\_copy**(...)

**transform**(iv.cbegin(), iv.cend(), iv.begin(), **[](int x)** { **return** x+b; } )

**next\_permutation**(col.begin(), col.end())

**random\_shuffle**(...)

// 聚合

vector<int>::iterator pos;

pos = **min\_element**(col.begin(), col.end());

pos = **max\_element**(col.begin(), col.end());

// select sub vector on condition

const auto odd([](int val){ return val % 2 != 0; });

erase\_if(vec, odd) ; // 去除满足条件的值

**replace\_if**(...)

**remove\_if**(...)

pos = **find**(col.begin(), col.end(), value);

pos = **find\_if**(col.begin(), col.end(), isFun);

// 排序

sort(vec.begin(), vec.end());

sort(col.begin(), col.end(), cmp)

reverse(a.begin(), a.end());

* **有序容器set, multiset, map, multimap,**

有序容器中的元素是排序的，内部通过红黑树实现，插入和搜索平均复杂度为O(log(n))

set保存元素不重复，元素已排序

map对key排序

multiset和multimap是被特化的，key对象可以是重复的。

#include <set>

#include <multiset>

# vector -> set -> vector: 去重

set<int> iset(iv.begin(), iv.end());

vector<int> ivec(iset.begin(), iset.end());

set<int> group;

group.insert(3);

count(elem);

find(elem);

for (set::const\_iterator pos=group.begin(); pos!=group.end(); ++pos) {

\*pos

}

//d = s1 union s2

set\_union(s1.begin(), s1.end(), s2.begin(), s2.end(), d.begin())

set\_intersection(...)

set\_difference(...)

set\_symmetric\_difference(...)

#include <map>

#include <multimap>

// 列表初始化

map<string, string> dic = {

{“qzlin”, “Qizhong Lin”},

{“kunkun”, “Shikun Lin”}

};

dic["yuping"] = "Ping Yu"; // 插入

// 遍历map

for (auto& kv : dic) {

cout << kv.first << ":" << kv.second << endl;

}

for (const auto &[key, value] :: dic) {

…

}

for (const auto& iter = dic.rbegin(); iter != dic.rend(); ++iter) { //反向遍历

cout << iter->first << “:” << iter->second << endl;

}

// 查找元素

map<string, string>::iterator iter = dic.find(“qzlin”);

if (iter != dic.end()) {

cout << “value: ” << iter->second << endl;

} else {

cout << “doesn’t find” ;

}

for\_each(dic.cbegin(), dic.cend(), [](auto &kv) { cout << kv.first << ":" << kv.second << endl; });

dic.size();

dic.begin()/dic.end(); dic.rbegin()/dic.rend();

dic.clear(); // 删除所有元素

dic.count(key); //元素次数

dic.empty();

dic.find(key); //按键查找

find\_if(col.begin(), col.end(), equalFun); //按值查找

typedef multimap<int, string> IntStrMMap;

IntStrMMap dict;

dict.insert(make\_pair(5, "tagged"));

for (IntStrMMap::iterator pos=dict.begin(); pos!=dict.end(); ++pos) {

dict.first;

dict.second;

}

* **无序容器unordered\_set, unordered\_multiset, unordered\_map, unordered\_multimap**

无序容器中的元素是不排序的，内部通过Hash表实现，插入和搜索元素平均复杂度为O(1)

接口与有序一样

#include <unordered\_set>

#include <unordered\_multiset>

#include <unordered\_map>

#include <unordered\_multimap>

* **deque, list (forward\_list), stack, queue, priority\_queue**

deque队列：头部或尾部进行插入或删除

list双向链表和单向列表forward\_list: 列表遍历时间复杂度是O(n)。插入和删除元素时间复杂度为O(1)

#include<deque>

#include<lists>

list<int> col;

col.push\_back(i);

insert(pos, elem);

rmove\_if(fun);

unique();

merge(other);

list<int>::const\_iterator pos;

正向遍历

for (pos=col.begin(); pos!=col.end(); ++pos) {

\*pos

}

反向遍历

for (pos=col.rbegin(); pos!=col.rend(); ++pos) {

\*pos

}

//remove all elements with value 3

col.remove(4) 成员函数，高性能

//采用算法方式，性能弱

col.erase( remove(col.begin(), col.end(), 3),

col.end());

* **元组**

#include <tuple>

#include <utility> // pair是个struct

pair<double, double> pt(3.0, 3.0); // pair and access

pt.first

pt.second

tuple<int, double, string> values(1, 2.0, "qzlin"); // tuple and access

get<0>(values)

get<1>(values)

get<2>(values)

**auto point = make\_pair(3.0, 3.0) ;** // 推荐

**auto [x, y] = point ;** // 拆包

**auto values = make\_tuple(1, 2.0, “qzlin”) ;** //生成tuple对象

**auto [id, value, name] = values;** // 拆包

//元组合并与遍历

auto new\_tuple = tuple\_cat(values, move(values)) ;

* **Lambda表达式**

基本语法：

[捕获列表](参数列表) -> 返回类型 {

// 函数体

}

被捕获变量在Lambda表达式被创建时拷贝，而非调用时才拷贝

**[]**表示从外部传入到Lambda表达式中的变量，例如：

[]表示没有变量传入，

[a, &b]表示以传值方式传入变量a, 以引用方式传入变量b

[&] 引用捕获，让编译器自行推导引用列表

[=] 值捕获，让编译器自动推导值捕获列表

[&, x]表示x以传值方式，其余参数以引用方式

[=, &z]表示z 以引用方式，其余参数以传值方式

[this]表示传入this对象

**()**表示函数的输入参数，例如：

(int &x)表示引用方式

(int x)表示传值方式

从C++14开始，Lambda函数的形式参数可以使用auto关键字来产生意义上的泛型

auto add = [](auto x, auto y) {

return x + y ;

};

using foo = int(int) ; // 定义函数类型，返回值为int, 参数为int的函数

void functional(foo fun) {

int res = fun(10) ;

}

auto fun1 = [](int value) -> int { … } ;

auto fun2 = [](int value) -> int { … } ;

functional(fun1) ;

functional(fun2) ;

* **并发**

#include <thread>

void fun() {

}

thread t(fun);

t.join(); // 等待线程结束

## 数值运算 cmath, complex, Eigen

**#include <cmath>**

double x = 5.5;

fabs(x) //浮点数, abs(x) //整数

sqrt(x)

pow(a, b), powf(x, y) //b个a相乘

ceil(x)

floor(x)

round(x)

sin(x), cos(x), tan(x), asin(x), acos(x), atan(x), atan2(x), sinh(x), cosh(x), tanh(x)

log(x), log10(x)

exp(x)

min(x, y), max(x, y)

hypot(double x, double y) //以x,y为直角边，求第三边

**#include <complex>**

complex<double> z = {2, 5};

z.real(3); // update real

z.img(9); // update imagenary

z.real(), z.img()

//复数运算+, -, \*, /, ==, !=

auto z1 = z + 3.0;

auto z2 = z\*z + (2.0 + 4i); // c++14支持字面量std::literals::complex\_literals

z2 /= z1;

z1 == z2 // 是否相等

abs(z) // 模

arg(z) // 相角

conj(z) //返回共轭复数

#include <cstdlib>

#include <valarray>

#include <numeric>

Eigen

Eigen is a C++ template library for linear algebra: matrices, vectors, numerical solvers, and related algorithms.

[https://eigen.tuxfamily.org/index.php](https://eigen.tuxfamily.org/index.php?title=Main_Page)

下载eigen-3.4.0.tar.gz, 解压后copy子目录Eigen及内容于项目中

在CMakeLists.txt添加头文件路径：

Include\_directories(./Eigen)

main.cpp

#include “Eigen/Dense“

// size set at run time

using Eigen::MatrixXd;

using Eigen::VectorXd;

int nRow = 10;

int nCol = 3 ;

MatrixXd mat = MatrixXd::Random(nRow, nCol) ;

mat += MatrixXd::Constant(nRow, nCol, 1.2) \* 50;

VectorXd vec(nCol) ;

vec << 1, 2, 3 ;

mat = mat \* vec ;

// size set at compile time

using Eigen::Matrix3d;

using Eigen::Vector3d;

Matrix3d mat = Matrix3d::Random() ;

mat += Matrix3d::Constant(1.2) \* 50;

Vector3d vec(1, 2, 3) ;

mat = mat \* vec ;

cout << mat << endl

// 初始化

Matrix3d A ;

A << 1, 2, 3,

4, 5, 6,

7, 8, 9;

int data[4] = {1, 2, 3, 4};

Matrix2i mat(data);

MatrixXd::Identity(rows, cols)

MatrixXd::Zero(rows, cols)

MatrixXd::Ones(rows, cols)

MatrixXd::Random(rows, cols) // returns uniform random numbers in (-1, 1).

VectorXd::LinSpace(size, low, high) // 同python np.linspace

欲实现range(start, end, step), 令

double start = low;

double end = low + step \* (size - 1);

double size = (high - low) / step + 1;

mat.size()

mat.rows()

mat.cols()

// slicing, 支持读写

mat(i) // row-based, the ist element

mat(x, y)

mat.block(i, j, rows, cols) //python, mat[i:i+rows, j:j+cols]

mat.row(i) // mat[i, :]

mat.col(j) // mat[:, j]

mat.leftCols(cols) // mat[ :, :cols]

mat.rightCols(cols) // mat[:, -cols:]

mat.topRows(rows)

mat.bottomRows(rows)

// reshape

mat.transpose()

mat.diagonal()

mat.transpose().colwise().reverse() // rot90

mat.rowwise().reverse() // flip left right

mat.colwise().reverse() // flip up down

doubleMat += floatMat.cast<double>(); // 同类型才能运算

// 矩阵运算+, -, \*, /, +=, -=, \*=, /=

//点运算

mat.array() \* mat.array() // 支持+, -, \*, /, +=, -=, \*=, /=, >, >=, …

mat.array().inverse() // 1 ./ mat

mat.array().sin()

mat.array().cos()

mat.array().pow(5)

mat.array().sqaure()

mat.array().cube()

mat.array().sqrt()

mat.array().exp()

mat.array().log()

mat.array().max(P.array()) // max(mat, P)

mat.array().min(P.array()) // min(mat, P)

mat.array().abs() // abs(mat)

// Reduction

mat.minCoeff() // min(mat)

mat.maxCoeff() // max(mat)

mat.sum()

mat.prod()

mat.trace()

mat.all()

mat.any()

vec.norm()

vec.dot(y) // dot(vec, y)

vec.cross(y) // cross(x, y) #include <Eigen/Geometry>

// linear system

auto x = A.ldlt().solve(b); // solve Ax = b #include <Eigen/Cholesky>

auto x = A.lu().solve(b); // stable and fast #include <Eigen/LU>

auto x = A.svd().solve(b); // stable, slowest #include <Eigen/SVD>

auto eigenvalues = A.eigenvalues();

auto eigenvectors = A.eigenvectors();

## 文件操作 std::filesystem, crefile, json

* **std::filesystem**

#include <filesystem>

using fs = std::filesystem;

const string dir = “./”;

fs::path url(dir);

fs::exists(url) // 判断是否存在路径

vector<string> files = {};

fs::directory\_iterator iter(url) ; // 遍历目录下所有文件与文件夹

for (auto & v : iter) {

if ( fs::is\_directory(iter->path()) ) { //文件夹

…

} else { // 文件

files.push\_back(v.path.string());

}

}

for (auto & file : files) {

fs::remove(file); //删除文件

}

fs::create\_directories(“sandbox/1/2/a”); //创建目录及子目录

fs::remove\_all(“sandbox”); //删除目录及目录内容

fs::copy\_file(“sandbox/file1.txt”, “sandbox/file2.txt”) ; // copy file

fs::copy(“src/”, “dst/”, fs::copy\_options::recursive); // copy 目录及子内容

fs::create\_symlink(“target”, “sandbox/sym1”); // sandbox/sym1 链接到target

fs::is\_regular\_file(file) // 是否常规文件

fs::is\_symlink(file) // 是否符号接连

system(“ls -l sandbox/1/2”);

system(“tree sandbox”);

#include <iostream>

#include <fstream>

Const string file = “sandbox/file1.txt” ;

ofstream(file).put(‘a’); // 创建输出文件

const string text = ifstream(file).rdbuf(); //读取输入文件

* **Filesystem Crefile** (实现python Path功能，所有功能实现在一个头文件里crefile.hpp)

<https://github.com/aptakhin/crefile>/crefile.hpp

Cross-platform work with filesystem paths with common fs operations: create/remove directory, list files. Header-only library. Mac OS, Linux, Windows.

Only requirement: C++11 compiler.

#include <fstream>

#include <crefile.hpp>

const string output\_dir = base\_root + "outputs/cervical\_pipeline/";

auto path = crefile::Path{ output\_dir }

path.mkdir\_if\_not\_exists();

ofstream afile((path / “a.txt”).c\_str()); // 生成文件a.txt

afile << “qzlin” << endl;

ofstream bfile((path / “b.txt”).c\_str()); // 生成文件b.txt

bfile << “kunkun” << endl;

auto files = crefile::iter\_dir(path) ; // 遍历文件

for (auto file : files) {

cout << file.name() << endl;

}

* **json (实现python json功能，所有功能实现在一个头文件里json.hpp)**

<https://github.com/nlohmann/json>/single\_include/nlohmann/json.hpp

#include <json.hpp>

using json = nlohmann::json;

const string json\_text = R”(

{

"pi": 3.141,

"happy": true

}

)”;

json text\_json = **json::parse(**json\_text**)**; // json <- string

cout << text\_json.dump(4) << endl; //string <- json, indent = 4

## Boost

BOOST库大多数组件不需要编译链接，直接在自己的源码里包含相应头文件夹即可。但少量库（如chrono、date\_time、regex、program\_options、thread、python等），必须编译成静态库或者动态库，并在构建时指定链接选项才能使用

$sudo apt-get install libboost-all-dev //安装

头文件: /usr/include

库文件： /usr/lib/x86\_64-linux-gnu

$ dpkg -S /usr/include/boost/version.hpp //查看当前安装的boost版本

$ sudo apt-get autoremove libboost1.54-dev

#include <boost/numeric/ublas/vector.hpp>

#include <boost/numeric/ublas/matrix.hpp>

#include <boost/numeric/ublas/io.hpp>

using namespace boost::numeric::ublas;

void boost\_ex(){

vector<double> x (2);

x(0) = 1; x(1) = 2;

matrix<double> A(2,2);

A(0,0) = 0; A(0,1) = 1;

A(1,0) = 2; A(1,1) = 3;

vector<double> y = prod(A, x);

}

#include <boost/thread.hpp>

void thread\_ex() {

thread thread1 = thread(task1);

thread thread2 = thread(task2);

thread1.join();

thread2.join();

}

Eclipse -> Libraries Add...

boost\_thread, boost\_system, boost\_filesystem

## 《Effective C++》

**Declaration：** 告诉编译器某个东西的名称和类型，但略去细节

extern int x; //object声明式

std::size\_t numDigits(int number); //function声明式

class Widget; //class声明式

template<typename T> //template声明式

class GraphNode;

**Definition**： 提供编译器一些声明式所遗漏的细节。

对对象而言，定义式是编译器为此对象拨发内存的地点

对function or function template而言，定义式提供了代码本体

对class or class template而言，定义式列出它们的成员

**size\_t**

只是一个typedef,是c++计算个数（如char\*-based字符串内的字符个数或STL容器内的元素个数等等）时用的某种不带正负号unsigned类型

**C++ = C +Object-oriented +Template +STL**

delete and delete[]的区别

数组所用的内在通常还包括数组大小的记录，以便delete[]知道需要调用多少次析构函数

尽量不要对数组形式做typedefs动作，可以采用STL的容器如string, vector ...

转型

(T) expression //c风格转型

T(expression) //函数风格转型

c++风格转型

static\_cast<T> (expression) //隐式转换implicit conversions

const\_cast<T> (expression) //将对象的常量性移除 cast away the constness

dynamic\_cast<T> (expression) //安全向下转型 safe downcasting

reinterpret\_cast<T> (expression) //执行低级转型， 取决于编译器，不可移植

较少的代码，出错机会较少

如何实现”如果函数成功，就完全成功；如果函数失败，程序回复调用函数之前的状态“？

**采用copy and swap策略**

为你打算修改的对象（原件）做出一份副本，然后 在那副本身上做一切必要修改。若有任何修改动作抛出异常，原对象仍保持未改变状态。待所有改变都成功后，再将修改过的那个副本和原对象在一个不抛出异常的操作中置换wap

inline的优缺点

* inline造成的代码膨胀亦会导致额外的换页行为paging, 降低指令高速缓存装置的击中率instruction cache hit rate, 以及伴随这些而来的效率损失。
* inline只是对编译器的一个申请，不是强制命令
* inline函数 and templates两者通常都被定义于头文件内。

因为大多数build环境在编译过程中进行inlining, 而为了将一个"函数调用"替换为"被调用函数的本体"，编译器需要知道那个函数长什么样子

编译器为了将template具现化，也需要知道它长什么样子

* **inline函数无法随着程序库的升级而升级**

**如果f是non-inline函数，一旦它有任何修改，客户端 只需要重新连接就好，远比重新编译的负担少很多。如果程序库采取动态连接，升级版函数甚至可以不知不觉地被应用程序吸纳**

* 大部分调试器面对inline函数都束手无策，毕竟你如何在一个并不存在的函数内设立断点

classes相互关系： is-a(public继承) 和has-a

has-a优于private继承 （二者都是is-implemented-in-terms-of)

private继承：base class继承而来的所有成员，在derived class中，都会变成private属性

也就是说：**private继承意味着只有实现部分被继承，接口部分应略去**

1. **Prefer consts, enums and inlines to #defines**

#define ASPECT\_RATIO 1.653

const double AspectRatio = 1.653

const char\* const authorName = "scott Meyers";

const std::string authorName("Scott Meyers");

**GamePlayer.hpp**

class GamePlayer {

private:

static const double FudgeFactor;

//enum编译期常量，可以用来作为数组大小

enum { NumTurns = 5 };

int scores[NumTurns];

}

**GamePlayer.cpp**

const double GamePlayer::FudgeFactor = 1.35;

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

template<typename T>

inline void Max(const T& a, const T& b) {

f(a>b ? a : b);

}

1. **Use const whenever possible**

const char\* const p = "Hello";

const出现在星号左边，表示被指物是常量；

const出现在星号右边，表示指针自身是常量;

迭代器和函数对象都是在C指针之上塑造出来

const std::vector<int>::iterator iter = vec.begin(); 指针是常量

std::vector<int>::const\_iterator cIter = vec.begin(); 被指物是常量

class TextBlock {

public:

//内置类型pass by value

//自定义类型pass by reference-to-const

const Rational operator\*(const Rational& lhs, const Rational& rhs);

const char& operator[](size\_t position) const;

char& operator[](size\_t position);

private:

string text;

}

void print(const TextBlock& ctb) {

//const对象ctb调用的是const成员const char& operator[](size\_t position) const;

cout << ctb[0];

}

//不改变对象

const char& TextBlock::operator[](size\_t position) const {

...

return text[position];

}

//避免重复代码，只能const成员调用non-const成员

// static\_cast转型为自身对象\*this加上const,从而const \*this可以调用const op[]

// const\_cast转型是为了移除返回的const,即将const对象转为non-const对象

char& TextBlock::operator[](size\_t position){

return const\_cast<char&>(

static\_cast<const TextBlock&>(\*this)[position])

}

1. **make sure that objects are initalized before they are used.**

c part of C++不保证array内容被初始化

STL part of C++有保证

对于无任何成员的内置类型，必须手工完成

int x = 0 ;

const char\* text = "A C-style string";

类成员初值列

C++成员初始化次序： base\_classes -> derived\_classes, 成员变量以声明次序被初始化

ABEntry::ABEntry(const string& name,

const string& address,

const list<PhoneNumber>& phones)

:theName(name), theAddress(address), thePhones(phones)

{ }

static对象

其寿命从被构造出来直到程序结束为止，

static对象在main()前创建，但c++对“定义于不同编译单元内的non-local static对象”的初始化次序并无明确定义

static对象在main()后销毁

最好用Singleton模式确定static对象的初始化时机点

extern FileSystem tfs;

改为

FileSystem& tfs() {

static FileSystem fs;

return fs;

}

c++自动生成4个类函数, 若不想编译器自动生成函数，用private的函数声明替代

class Empty {

public:

//default构造函数 （如果没有自己定义的构造函数）

Empty() {...}

//copy构造函数

Empty(const Empty& rhs) {...}

//assignment函数

Empty& operator=(const Empty& rhs) {...}

//析构函数

~Empty() {...}

}

class HomeForSale {

// 避免copy and assignment

private:

HomeForSale(const HomeForSale&);

HomeForSale& operator=(const HomeForSale&);

}

1. **Declare destructors virtual in polymorphic base classes.**

任何class只要带有virtual函数都几乎确定应该也有一个virtual析构函数；只有当class内含至少一个virtual函数，才为它声明virtual析构函数

如果class不含virtual函数，通常表示它并不意图被用做一个base class.比如STL的容器。

polymorphic base classes应该声明一个virtual析构函数。如果class带有任何virtual函数，它就应该拥有一个virtual析构函数

classes的设计目的不是作为base classes使用，或不是为了具备多态性polymorphically, 就不该声明析构函数

析构函数：最深层派生的那个class其析构函数最先被调用，然后是其每一个base class的析构函数被调用。

欲实现出virtual函数，对象必须携带某些信息，主要用来在运行期决定哪一个virtual函数被调用。这份信息通常是由一个所谓vptr(virtual table pointer)指针指出。vptr指向一个函数指针构成的数组，称为vtbl(virtual table); 每一个带有virtual函数的class都有一个相应的vtbl.当对象调用某一virtual函数，实际被调用的函数取决于该对象的vptr所指的那个vtbl--编译器在其中寻找适当的函数指针。

1. **Prevent exceptions from leaving destructors**

析构函数绝对不要吐出异常。如果一个被析构函数调用的函数可能抛出异常，析构函数应该捕捉任何异常，然后吞下它们（不传播）或结束程序

如果客户需要对某个操作函数运行期间抛出的异常做出反应，那么class应该提供一个普通函数（而非在析构函数中）执行该操作

1. **Never call virtual functions during construction or destruction**

若是java or c#程序员，一定要注意c++的该条区别

在base class构造期间，derived class还未构造，virtual函数只是普通函数，调用的只是base class的virtual函数

在derived class 对象的base class构造期间，对象的类型是base class而不是derived class.不只virtual函数会被编译器解析至base class, 若使用运行期类型信息（如dynamic\_cast or typeid)， 也会把对象视为base class类型

对象在derived class构造函数开始执行前不会成为一个derived class对象

若无法使用virtual函数从base classes向下调用，在构造期间，你可以籍由“令derived classes将必要的构造信息向上传递至base class构造函数”替换之而加以弥补

1. **为了实现“连锁赋值”，令operator=返回\*this; 同时在operator=处理“自我赋值”**

自我赋值：对象被赋值给自己

如下都可能无意中自我赋值,不明显的自我赋值都是“别名”带来的结果(所谓别名：就是有一个以上的方法指称某对象）

Widget w;

w = w;

a[j] = a[j];

\*px = \*py;

Widget& operator=(const Widget& rhs) {

//如果自我赋值，就不做任何事

if (this == &rhs) return \*this;

...

//实现连锁赋值

return \*this;

}

1. **copy all parts of an object**

如果你为class添加一个成员变量，你必须同是修改构造函数，copy函数和赋值函数operator=

任何时候只要你承担起“为derived class撰写copying函数”的重责大任，必须很小心地也复制其base class成分

PriorityCustomer(const PriorityCustomer& rhs)

: Customer(rhs)

{ ... }

PriorityCustomer& operator=(const PriorityCustomer& rhs) {

...

Customer::operator=(rhs);

...

}

如果你发现copy函数 and assignment操作符有相近的代码，消除重复代码的做法是：建立一个新的成员函数给两者调用。这样的函数往往是private而且常被命名为init

资源： 动态分配内存，文件描述器file descriptors, 互斥锁mutex locks, 图形界面中的字形和笔刷，数据库连接以及网络sockets

1. **use objects to manage resources, 同时提供对原始资源的访问**

将资源放进对象内，倚赖c++对象的析构函数自动调用机制“确保资源被释放

std::auto\_ptr or std::tr1::shared\_ptr都提供get成员函数来获取原始资源的访问

void f() {

std::auto\_ptr<Investment> pInv(createInvestment());

...

//结尾处会自动调用delete pInv;

}

std::auto\_ptr or std::tr1::shared\_ptr两者都在其析构函数内做delete而不是delete[]动作

若自动释放delete[]， 可以采用boost::scoped\_array or boost::shared\_array

std::tr1::shared\_ptr可以指定删除器deleter, 因为有些资源不是通过delete释放，而是调用函数

void f() {

Mutex\* pm = ...;

std::tr1::shared\_ptr<Mutex> mutexPtr(pm, unlock);

lock(mutexPtr.get());

...

//结尾处会自动调用unlock(mutexPtr.get());

}

1. **阻止客户端误用接口的方法**

导入新类型获得预防

class Month {

public:

static Month Jan() { return Month(1); }

...

private:

explicit Month(int m);

};

class Date {

public:

Date(const Month& m, const Day& d, const Year& y);

};

Date d(Month(3), Day(30), Year(1995));

限制类型内什么事可做，什么事不能做。常见的限制是加上const,

束缚对象值，成员函数（特别是构造函数，赋值操作符和setter函数）必须进行错误检查工作

返回智能指针，避免裸露raw指针以消除客户的资源管理责任

1. **prefer pass-by-reference-to-const to pass-by-value， 除了内置类型，STL迭代器和函数对象**

bool validateStudent(Student s);

缺少情况下c++以by value传递对象至函数，除非你另外指定，否则函数参数都是以实际实参的复件（副本）为初值，而调用端所获得的亦是函数返回值的一个复件。这些复件系由对象的copy构造函数产出

bool validateStudent(const Student& s);

没有任何构造函数或析构函数被调用，因为没有任何新对象被创建

以by reference方式传递参数也可以避免slicing（对象切割）问题

如果窥视c++编译器的底层，会发现，references往往以指针实现出来，因此pass by reference通常意味着真正传递的是指针

1. **Prefer non-member non-friend functions to member functions**

愈少代码可以看到数据（也就是可以访问它），愈多的数据可被封装，而我们也就愈能自由地改变对象数据

class的member函数or friend函数可以访问private成员变量, private函数等

如果一个member函数 和一个non-member non-friend函数（无法访问类私有成员）可以提供相同功能，那么优先选择导致较大封装性的non-member non-friend函数

//webbrowser.hpp针对class WebBrowser自身

namespace WebBrowserStuff {

class WebBrowser() {

public:

void clearCache();

void clearHistory();

void removeCookies();

//该member函数最好用non-member non-friend函数替代

void clearEverything() {

调用clearCache, clearHistory, removeCookies, ...

}

}

}

// webbrowserbookmarks.hpp, 与书签相关的便利函数

namespace WebBroserStuff {

void clearBrower(WebBrowser& wb) {

wb调用clearCache, clearHistory, removeCookies, ...

}

}

// webbrowsercookies.h 与cookie相关的便利函数

namespace WebBroserStuff {

...

}

1. **避免返回handles(**references, 指针,迭代器等)**指向对象内部成分**

handles: references, 指针,迭代器等

返回一个代表对象内部数据的handle,会有降低对象封装性的风险

class Rectangle {

public:

const Point& upperLeft() const { return this->ul; }

private:

Point\* ul;

Point\* lr;

}

注意：若返回的是Point&，那么客户端可能会改变Rectangle对象内部的状态ul

若返回的是const Point&,客户端只有只读权限，虽然是蓄意放松封装，但是是有限度的放松

一旦handle被传出来，那么handle可能比其所指对象的寿命更长, 比如handle指向栈空间的对象，离开函数后，栈对象自动销毁，那么handle就变成所谓的空悬，虚吊dangling

当然也有例外，STL的string, vector含operator[]，返回references指向容器内的数据

1. **绝不要返回pointer or reference指向一个local stack对象，或返回reference指向一个heap-allocated对象，或返回pointer or reference指向一个local static对象**
2. **将成员变量声明为private**

每个成员变量都应该被隐藏起来。每个成员变量都需要一个getter or setter函数毕竟罕见

1. **减少文件间的编译依存关系**

// person.hpp

#include <string>

#include "date.h"

#include "address.h"

clas Person {

public:

...

private:

string theName;

Date theBirthDate;

Address theAddress;

}

c++并没有“把接口从实现中分离”这事做得很好

Person类定义文件依赖于其他的头文件string, date.h, address.h, 任何头文件改变都会使Person头文件重新编译

若用栈实例化对象，编译器必须在编译期间知道对象的大小

Person p; 定义一个Person，需要知道Person对象占内存多少

如上问题在smalltalk, java等语言并不存在，因为这些纯对象语言定义对象时，编译器只分配指针，指向该对象

方法一：可以采用pimpl idion(pointer to implementation惯用法

以"声明的依存性"替换"定义的依存性"，让头文件尽可能自我满足

Person.h仅接口

#include <string>

#include <memory>

class PersonImpl; 声明一个类,用类指针来实现

class Date;

class Address;

class Person {

public:

Person(const string& name, const Date& birthday, const Address& addr);

...

private:

std::tr1::shared\_ptr<PersonImpl> pImpl;

}

#include "Person.h"

#include "PersonImpl.h"

Person::Person(const string& name, const Date& birthday, const Address& addr)

: pImpl(new PersonImpl(name, birthday, addr))

{...}

客户端使用

#include "Person.h"

方法二：interface class

令Person成为abstract base class, 描述derived classes接口，通常不带成员变量，也没有构造函数，只有一个virtual析构函数 ，以及一组pure virtual函数

class Person {

public:

virtual ~Person();

virtual string name() const = 0;

...

//工厂函数实例化derived Person

static std::tr1::shared\_ptr<Person> create(const string& name, ...);

}

客户端完全基于接口编程

std::tr1::shared\_ptr<Person> pp(Person::create(...));

1. **c++的名称遮掩规则 name-hiding rules:**

local 作用域 -> 子类作用域 -> 父类作用域 -> namespace作用域 -> global作用域

名称遮掩规则不仅适用于变量，也适用于函数名

特别注意函数名：类体系中发生函数名覆盖，仅仅比较函数名 （不考虑参数类型，或是否为虚函数）

class Base {

public:

virtual void mf1()=0;

virtual void mf1(int);

};

class Derived: public Base {

public:

virtual void mf1();

}

Derived d;

d.mf1(); //调用的是Derived::mf1

d.mf1(2); //错误，因为Derived::mf1()遮掩了Base::mf1(int)

如何解决？

方法一：使用using 声明式

class Derived: public Base {

public:

//让Base class内名为mf1的所有东西在Derived作用域内都可见

using Base::mf1;

virtual void mf1();

}

方法二：使用转交函数

class Derived:: private Base {

public:

virtual void mf1(int x) { Base::mf1(x); }

virtual void mf1()

}

1. **接口继承和实现继承**

class Shape {

public:

//pure virtual函数是为了让derived classes只继承函数接口

virtual void draw() const = 0;

//impure virtual函数是为了让derived classes继承函数接口和缺省实现

virtual void error(const string& msg);

//non-virtual函数是为了让derived classes继承函数接口和强制实现

int objectID() const;

};

non-virtual函数：说明它并不打算在derived classes中有不同的行为。实际上一个non-virtual成员函数所表现的不变性invariant凌驾其特异性specialization

1. **绝不重新定义继承而来的non-virtual函数**

class B {

public:

void mf();

};

class D: public B {

public:

void mf();

}

D x;

B\* pB = &x;

pB->mf(); //调用的是B::mf()

D\* pD = &x;

pD->mf(); //调用的是D::mf()

因为non-virtual函数是静态绑定，而virtual函数是动态绑定

1. **绝不重新定义继承而来的缺少参数值**

class Shape {

public:

enum ShapeColor {Red, Green, Blue};

virtual void draw(ShapeColor color=Red) const=0;

};

class Rectangle: publci Shape {

public:

virtual void draw(ShapeColor color=Green) const;

};

Shape\* pr = new Rectangle;

pr->draw(); //调用Rectangle::draw(Shape::Red),真奇怪！

注意：pr的静态类型为Shape\*;动态类型为Rectangle\*

virtual函数是动态绑定，但缺省参数是静态绑定，那么你可能会“调用derived class的virtual函数，却使用base class的缺省参数值”

这种真奇怪是由于c++坚持运行期效率。如果缺省参数值也是动态绑定，编译器就必须有某种办法在运行期为virtual函数决定适当的参数缺省值，而这比目前实行的“在编译期决定”的机制更慢而且更复杂

解决办法，用non-virtual函数+private virtual函数

class Shape {

public:

enum ShapeColor {Red, Green, Blue};

void draw(ShapeColor color=Red) const {

doDraw(color);

}

private:

//注意不指定缺省参数值

virtual void doDraw(ShapeColor color) const=0;

};

class Rectangle: publci Shape {

private:

virtual void draw(ShapeColor colo) const;

};

模板

**面向对象编程总是以显式接口和运行期多态解决问题**

**templates重隐式接口和编译期多态**

template<typename T>

void doProcessing(T& w) {

if (w.size()>0 && w!=someNastyWidget) {

T temp(w);

temp.normalize();

temp.swap(w);

}

}

w必须支持哪一种接口由template中执行于w身上的操作来决定

w类型T需要支持隐式接口：size, normalize, swap, copy构造函数 ，不等比较

思考java, c++的interface

**加诸于template参数身上的隐式接口，就像加诸于class对象身上的显式接口一样真实，而且两者都在编译期完成检查**

以不同的template参数具现化function templates会导致调用不同的函数，这便是所谓的编译期多态

template<typename C>

void print2nd(const C& container) {

//这里若缺少typename, 编译器可能会认为C::const\_iterator是个变量

//对于嵌套从属名称C::xxx需要typename修饰指明是个typename

typename C::const\_iterator\* x;

typedef typename iterator\_traits<C>::value\_type value\_type;

value\_type temp(..);

}

访问模板化基类的成员

class CompanyA {

public:

void sendCleartext(const string& msg);

void sendEncrypted(const string& msg);

};

template<typename Company>

class MsgSender {

public:

void sendClear(const MsgInfo& info) {

Company c;

c.sendCleartext(msg);

}

}

template<typename Company>

class LoggingMsgSender: public MsgSender<Company> {

public:

void sendClearMsg(const MsgInfo& info) {

...

sendClear(info);

...

}

}

模板继承类无法直接调用模板基类的成员函数，也就是说模板化基类的函数名称会被模板化继承类掩盖，为什么？

因为模板基类有可能被特化，而那个特化版本可能不提供和一般性template相同的接口，如：

class CompanyZ {

public:

void sendEncrypted(const string& msg);

};

//模板全特化

template<>

class MsgSender<CompanyZ> {

public:

void sendSecret(const MsgInfo& info);

}

如何解决？

对编译器承诺模板基类的任何特化版本都将支持其一般（泛化）版本所提供的接口

方法一：

this.sendClear(info);

方法二：

using MsgSend<Company>::sendClear;

sendClear(info);

方法三：

MsgSend<Comapny>::sendClear(info);

template<typename T, std::size\_t n>

class Matrix {

public:

void inert();

}

T:类型参数

n: 非类型参数

## C/C++考题

一、请填写BOOL , float, 指针变量 与“零值”比较的 if 语句

if ( flag ) if ( !flag )

const float EPSINON = 0.00001;

if ((x >= - EPSINON) && (x <= EPSINON)

if (p == NULL)

if (p != NULL)

二、const 有什么用途？（请至少说明两种）

答：（1）可以定义 const 常量

（2）const可以修饰函数的参数、返回值，甚至函数的定义体。被const修饰的东西都受到强制保护，可以预防意外的变动，能提高程序的健壮性。

三、在C++ 程序中调用被 C编译器编译后的函数，为什么要加 extern “C”？

答：C++语言支持函数重载，C语言不支持函数重载。**函数被C++编译后在库中的名字与C语言的不同**。假设某个函数的原型为： void foo(int x, int y); 该函数被C编译器编译后在库中的名字为\_foo，而C++编译器则会产生像\_foo\_int\_int之类的名字。 **C++提供了C连接交换指定符号extern“C”来解决名字匹配问题**

已知strcpy函数的原型是 char \*strcpy(char \*strDest, const char \*strSrc);

其中strDest是目的字符串，strSrc是源字符串。

（1）不调用C++/C的字符串库函数，请编写函数

char \*strcpy(char \*strDest, const char \*strSrc)

{

assert((strDest!=NULL) && (strSrc !=NULL));

char \*address = strDest;

while( (\*strDest++ = \* strSrc++) != ‘’ )

return address ;

}

六、编写类String的构造函数、析构函数和赋值函数

class MyString

{

public:

MyString(const char\* str);

MyString(const MyString& str);

MyString& operator=(const MyString& str);

~MyString(void);

private:

char\* m\_str;

};

#include "MyString.h"

#include <assert.h>

#include <string.h>

MyString::MyString(const char\* str) {

if (str == NULL) {

this->m\_str = new char[1];

}

else {

this->m\_str = new char[strlen(str) + 1];

strcpy(this->m\_str, str);

}

}

MyString::MyString(const MyString& rhs) {

if (this->m\_str != NULL) {

delete[] this->m\_str;

}

this->m\_str = new char[strlen(rhs.m\_str) + 1];

strcpy(this->m\_str, rhs.m\_str);

}

MyString& MyString::operator=(const MyString& rhs) {

if (this == &rhs) {

return \*this;

}

if (this->m\_str != NULL) {

delete[] this->m\_str;

}

this->m\_str = new char[strlen(rhs.m\_str) + 1];

strcpy(this->m\_str, rhs.m\_str);

}

MyString::~MyString(void) {

if (this != NULL) {

delete[] this->m\_str;

}

}

sizeof和strlen的区别

sizeof是运算符，而strlen是函数；

extern关键字的作用：

（1）extern可以置于变量或者函数前，以标示变量或者函数的定义在别的文件中，提示编译器遇到此变量和函数时在其他模块中寻找其定义。

（2）extern "C"的作用是让 C++ 编译器将extern "C"声明的代码当作 C 语言代码处理，可以避免 C++ 因符号修饰导致代码不能和C语言库中的符号进行链接

指针和引用的区别

（1）指针：指针是一个变量，只不过这个变量存储的是一个地址，指向内存的一个存储单元；而引用跟原来的变量实质上是同一个东西，只不过是原变量的一个别名而已。

（2）指针可以有多级，但是引用只能是一级（int \*\*p；合法 而 int &&a是不合法的）

（3）指针的值可以为空，但是引用的值不能为NULL，并且引用在定义的时候必须初始化

（4）指针的值在初始化后可以改变，即指向其它的存储单元，而引用初始化后就不会再改变。

（5）"sizeof引用"得到的是所指向的变量(对象)的大小，而"sizeof指针"得到的是指针本身的大小。

（6）作为参数传递时，二者有本质不同：指针传参本质是值传递，被调函数的形参作为局部变量在栈中开辟内存以存放由主调函数放进来的实参值，从而形成实参的一个副本。而引用传递时，被调函数对形参的任何操作都会通过一个间接寻址的方式影响主调函数中的实参变量。

C/C++程序编译时内存分为5大存储区

（1）栈区（stack）：由编译器自动分配释放，存放函数的参数值，局部变量值等，其操作方法类似数据结构中的栈。

（2）堆区（heap）：一般由程序员分配释放，与数据结构中的堆毫无关系，分配方式类似于链表。

（3）全局/静态区（static）：全局变量和静态变量的存储是放在一起的，在程序编译时分配。

（4）文字常量区：存放常量字符串。

（5）程序代码区：存放函数体（类的成员函数、全局函数）的二进制代码

C/C++内存分配有三种方式：

（1）从**静态存储区域**分配。内存在程序编译的时候就已经分配好，这块内存在程序的整个运行期间都存在。例如全局变量，static变量。

（2）在**栈**上创建。在执行函数时，函数内局部变量的存储单元都可以在栈上创建，函数执行结束时这些存储单元自动被释放。

栈内存分配运算内置于处理器的指令集中，效率很高，但是分配的内存容量有限。

（3）从**堆**上分配，亦称动态内存分配。程序在运行的时候用malloc或new申请任意多少的内存，程序员自己负责在何时用free或delete释放内存。

动态内存的生存期由程序员决定，使用非常灵活，但如果在堆上分配了空间，就有责任回收它，否则运行的程序会出现内存泄漏。

另外频繁地分配和释放不同大小的堆空间将会产生堆内碎块

malloc/free 、new/delete区别

（1）malloc与free是C++/C语言的标准库函数，new/delete是C++的运算符。它们都可用于申请动态内存和释放内存。

（2）**对于非内部数据类型的对象而言，光用maloc/free无法满足动态对象的要求**。对象在创建的同时要自动执行构造函数，对象在消亡之前要自动执行析构函数。

由于malloc/free是库函数而不是运算符，不在编译器控制权限之内，不能够把执行构造函数和析构函数的任务强加于malloc/free。因此C++语言需要一个能完成动态内存分配和初始化工作的运算符new，以一个能完成清理与释放内存工作的运算符delete。注意new/delete不是库函数。

（3）C++程序经常要调用C函数，而C程序只能用malloc/free管理动态内存。

（4）**new可以认为是malloc加构造函数的执行。new出来的指针是直接带类型信息的。而malloc返回的都是void指针**。

常见的内存错误及对策

（1）内存尚未分配成功，却使用了它；

用malloc 或者 new 申请内存之后，应该立即检查指针值是否为 NULL ，防止使用指针值为NULL的内存；

（2）内存分配虽然成功，但是尚未初始化就引用它；

不要忘记数组和动态内存赋初值，防止未被初始化的内存作为右值使用

（3）内存分配成功并初始化，但是超过了内存的边界；

避免数组或者指针下标越界，特别要当心“多1”或者“少1”的操作；

（4）忘记释放内存，造成内存泄露；

避免数组或者指针下标越界，特别要当心“多1”或者“少1”的操作；

（5）释放了内存却继续使用它

用free或者delete释放了内存之后，立即将指针设置为NULL，防止产生“野指针”；

# GUI

Books: 《C++ GUI Qt4》

参考python.docx/PyQt

QtCore： Core non-GUI classes used by other modules

QtGui： Graphical user interface components

QtMultimedia： Classes for low-level multimedia programming

QtNetwork： Classes for network programming

QtOpenGL： OpenGL support classes

QtScript： Classes for evaluating Qt Scripts

QtSql： Classes for database integration using SQL

QtSvg： Classes for displaying the contents of SVG files

QtWebKit： Classes for rendering and editing HTML

QtXml： Classes for handling XML

QtAssistant： Support for online help

QtDesigner： Classes for extending Qt Designer

QLabel： Used to display text or image

QLineEdit： Allows the user to enter one line of text

(QDateEdit, QTimeEdit, QDateTimeEdit, QLineEdit, …)

QTextEdit： Allows the user to enter multi-line text

QPushButton： A command button to invoke action

QRadioButton： Enables to choose one from multiple options

QCheckBox： Enables choice of more than one options

QSpinBox： Enables to increase/decrease an integer value

(QDoubleSpinbox, …)

QComboBox： Provides a dropdown list of items to select from

(QListBox, …)

QScrollBar： Enables to access contents of a widget beyond display aperture

QSlider： Enables to change the bound value linearly.

QToolBar： Usually at top of QMainWindow or floating. Contains action buttons

(QStatusBar, QMenuBar= QMenu+ QMenu…)

QListView： Provides a selectable list of items in ListMode or IconMode

(QTableView, QTreeView, QGraphicsView)

QPixmap： Off-screen image representation for display on QLabel or QPushButton object

QDialog： Modal or modeless window which can return information to parent window

QMessageBox: These dialogs can be used for a variety of purposes and customized in many ways to display different messages, icons and buttons.

QProgressBar: Progress bars is a great way to visualize progression of computer operations such as file transferring, downloading, uploading, copying etc.

QHBoxLayout

QVBoxLayout

QGridLayout

QTabWidge

绝大多数应用程序都会使用QMainWindow or QDiaog来作为它的窗口。

绝大多数图形用户界面应用程序都带一个由菜单栏、工具栏构成的主窗口以及几十个对主窗口进行补充的对话框。

在创建窗口部件时，我们先对其进行设置然后再显示，从而避免窗口部件的闪烁现象。

Qt应用程序在每一个所支持的平台上都可以看起来像本地程序一样，Qt是通过所模拟平台的视觉外观来实现这一点的，而不是对某个特殊平台的封装或一个工具包中的窗口部件集。

布局管理器layout manager就是一个能够对其所负责窗口部件的尺寸大小和位置进行设置的对象。如QHBoxLayout, QVBoxLayout, QGridLayout。**布局中既可以包含多个窗口部件，也可以包含其他子布局**。每个窗口部件QWidget都有setLayout()

Qt程序员最常使用的方式：

1. 先声明所需的窗口部件和设置它们所应具备的属性。
2. 把窗口部件添加到布局中，布局会自动设置它们的位置和大小。
3. 利用Qt的信号和槽机制，并通过窗口部件之间的连接管理用户的交互行为。

**finddialog.h**

#include <QDialog>

//前置声明forward declaration, 告诉编译器类的存在，不需要引用头文件，变量只能是指针

class QCheckBox;

class QLabel;

class QLineEdit;

class FindDialog : public QDialog {

Q\_OBJECT //宏，声明内省函数：metaObject(), tr(), qt\_metacall(), …

public:

FindDialog(QWidget\* parent=0);

signals: //信号

void findNext(const QString& str);

private slots: //槽

void findClicked();

private:

QLabel \*label;

};

**finddialog.cpp**

#include <QtGui>

#include “finddialog.h”

FindDialog:: FindDialog(QWidget \*parent) : QDialog(parent) {

//窗口部件创建，组合窗口部件到layout中，再组合layout和窗口部件到新的layout中

label = new QLabel(tr(“Find &what:”));

…

setLayout(mainLayout);

setFixedHeight(sizeHint().height()); //sizeHint()返回窗口部件理想的尺寸大小

}

Qt会在删除父对象的时候自动删除其所属的子对象，也就会删除FindDialog中作为其子孙的所有子窗口部件和子布局，所以不需要在析构函数里delete label.

槽和普通的C++成员函数几乎是一样的，可以是虚函数，可以被重载，可以是公有的、保护的或者私有的，并且也可以被其他C++成员函数直接调用；它们的参数可以是任意类型。唯一不同的是：槽还可以和信号连接在一起。每当发射这个信号的时候，就会自动调用这个槽。要把信号成功连接到槽（或者连接到另一个信号），它们的参数必须具有相同的顺序和类型

一个信号可以连接多个槽，

多个信号可以连接同一个槽，

一个信号可以与另外一个信号相连接。当发射第一个信号时，也会发射第二个信号。

**minwindow.h**

#include <QMainWindow>

class QAction;

class QLabel;

class FindDialog;

class MainWindow : public QMainWindow {

Q\_OBJECT

public:

QMainWindow();

private slots:

void newFile();

void open();

private:

void createActions();

void createMenus();

void createToolBars();

…

private:

QMenu \*fileMenu;

};

**mainwindow.cpp**

MainWindow::MainWindow() {

// 可以封装成自定义窗口部件

Layout = QHBoxLayout();

…

widget = new QWidget();

widget.setLayout(layout);

// 将自定义窗口部件作为中央窗口

setCentralWidget(widget);

createActions();

createMenus();

createContextMenu();

createToolBars();

createStatusBar();

readSettings();

}

# C#

IDE

F5: 启动调试; F10: step over; F11: step into; F12: go to definition

Ctrl+M,M: 隐藏或展开当前嵌套的折叠状态

Ctrl+E,D ----格式化全部代码; Ctrl+E,F ----格式化选中的代码

Ctrl+E,C / Ctrl+K,C: 注释选定内容; Ctrl+E,U / Ctrl+K,U: 取消选定注释内容

Image Processing

ActiViz.NET

<http://www.kitware.eu/product/activiz>

install ActiViz.NET-5.8.0.607-win64-OpenSource.exe

Add reference -> Kitware.mummy.Runtime.dll, Kitware.VTK.dll

Build -> configuration manager -> Platform: x64, Active solution platform: x64

Rebuild -> run -> 自动将所有native.dll copy到可执行程序同目录下

范例：

static vtkSphereSource sphere;

static vtkShrinkPolyData shrink;

static vtkPolyDataMapper mapper;

static vtkActor actor;

static vtkRenderer ren1;

static vtkRenderWindow renWin;

static vtkRenderWindowInteractor iren;

static vtkCamera camera;

static void Main(string[] args)

{

// Create a simple sphere. A pipeline is created.

sphere = vtkSphereSource.New();

sphere.SetThetaResolution(8);

sphere.SetPhiResolution(16);

shrink = vtkShrinkPolyData.New();

shrink.SetInputConnection(sphere.GetOutputPort());

shrink.SetShrinkFactor(0.9);

mapper = vtkPolyDataMapper.New();

mapper.SetInputConnection(shrink.GetOutputPort());

// The actor links the data pipeline to the rendering subsystem

actor = vtkActor.New();

actor.SetMapper(mapper);

actor.GetProperty().SetColor(1, 0, 0);

// Create components of the rendering subsystem

ren1 = vtkRenderer.New();

renWin = vtkRenderWindow.New();

renWin.AddRenderer(ren1);

iren = vtkRenderWindowInteractor.New();

iren.SetRenderWindow(renWin);

// Add the actors to the renderer, set the window size

ren1.AddViewProp(actor);

renWin.SetSize(250, 250);

renWin.Render();

camera = ren1.GetActiveCamera();

camera.Zoom(1.5);

// render the image and start the event loop

renWin.Render();

iren.Initialize();

iren.Start();

deleteAllVTKObjects();

}

///<summary>Deletes all static objects created</summary>

public static void deleteAllVTKObjects()

{

//clean up vtk objects

if (sphere != null) { sphere.Dispose(); }

if (shrink != null) { shrink.Dispose(); }

if (mapper != null) { mapper.Dispose(); }

if (actor != null) { actor.Dispose(); }

if (ren1 != null) { ren1.Dispose(); }

if (renWin != null) { renWin.Dispose(); }

if (iren != null) { iren.Dispose(); }

if (camera != null) { camera.Dispose(); }

}

Simple ITK

<https://itk.org/Wiki/SimpleITK/GettingStarted/A_visual_guide_to_SimpleITK_with_CSharp>

Add reference -> SimpleITKCSharpManaged.dll

Add Existing Item -> SimpleITKCSharpNative.dll (Add as link) -> Copy always

Build -> configuration manager -> Platform: x64, Active solution platform: x64

范例：

using itk.simple;

ImageFileReader imagereader = new ImageFileReader();

imagereader.SetFileName(@"K:\team-junbo\ISD\data\S10\Image0001.dcm");

Image in = imagereader.Execute();

Image out = new Image(image.GetWidth(), image.GetHeight(), image.GetPixelID());

int\* inPtr = (int\*)image.GetBufferAsInt32().ToPointer();

int\* outPtr = (int\*)generatedImage.GetBufferAsInt32().ToPointer();

for (int i = 0; i < image.GetHeight(); ++i) {

for (int j = 0; j < image.GetWidth(); ++j) {

outPtr[i \* image.GetWidth() + j] = inPtr[i \* image.GetWidth() + j];

}

}

ImageFileWriter writer = new ImageFileWriter();

writer.SetFileName(@"K:\team-junbo\ISD\data\result\Image0001.dcm");

writer.Execute(generatedImage);

EMGU CV

<http://www.emgu.com/wiki/index.php/Download_And_Installation#The_type_initializer_for_.27Emgu.CV.CvInvoke.27_threw_an_exception>.

Add reference -> Emgv.CV, Emgv.CV.ML, Emgv.Util, Emgv.UI, Emgu.CV.Cuda, Emgu.CV.Contrib

Add Exsiting Item -> x64/\*.dll (Add as link) -> Copy always

范例：

Mat img = new Mat(filename, LoadImageType.AnyColor);

Image<Bgr, Byte> img = mat.ToImage<Bgr, Byte>();

//逐像素处理

for (int i = 0; i < img.Height; ++i) {

for (int j = 0; j < img.Width; ++j) {

img.Data[i, j, 2] = img.Data[i, j, 0]; // set Red

img.Data[i, j, 1] = img.Data[i, j, 0]; // Green

img.Data[i, j, 0] = img.Data[i, j, 0]; // Blue

}

}

调用opencv算法

Mat src = new Mat(filenameSrc, LoadImageType.Grayscale);

Mat mask = new Mat(filenameMask, LoadImageType.Grayscale);

Mat dst = new Mat();

CvInvoke.Inpaint(src, mask, dst, 3, Emgu.CV.CvEnum.InpaintType.Telea);

## LINQ (Language Integrated Query)

匿名类型

这个特性在网站开发中，序列化和反序列化JSON对象时很有用

var obj = new {Guid.Empty, myTitle = "匿名类型", myOtherParam = new int[] { 1, 2, 3, 4 } };

Console.WriteLine(obj.Empty);

委托，Lambda表达式，匿名方法

class Program {

public delegate double MethodDelegate(double x, double y);

static private void printout(**MethodDelegate method**) {

Console.WriteLine(method(10, 20));

}

double multiply(double x, double y) {

return x \* y;

}

static void Main(string[] args) {

printout((x, y) => x + y); //lambda

printout(new Program().multiply); //函数

printout(delegate(double x, double y) { return x / y; });· 匿名函数

}

}

public Class Car {

public class CarEventArgs : EventArgs {

public readonly string msg ;

public CarEventArgs(string message) { mes = message ; }

}

//泛型EventHandler<T>实现定义委托类型和事件声明，默认第一个参数是object,第二个参数是T类型

public event EventHandler<CarEventArgs> Exploded ;

//发起事件 （同发起信号一样）

public void Accelerate(int delta) {

…

AboutToBlow(this, “Careful buddy! Gonna blow!”) ;

…

}

static void main(){

Car c = new Car() ;

//事件（回调函数）实现，同槽实现，***该回调函数一般是留给用户实现***

//注册事件处理程序,采用Lambda表达式实现，实际上内部是采用匿名

c.AboutToBow += (sender, e) => console.writeline(“{0} says: {1}”, sender, e.msg);

c.Accelerate(10) ; //调用事件处理程序

}

}

Linq查询操作符

from, in, where, select, join, on, equals, into, orderby, ascending, descending, group, by

查询表达式 (仅针对集合和数组,SQL思维方式)

from 元素 in 集合 where 条件

orderby 元素.属性,元素.属性

group 元素 by 元素.属性 into g

select 投影

条件： 可以用&&, ||, <, <=, >, >=, 甚至bool函数

投影：g.属性，生成匿名对象如new {Title=g.Key, Employees=g.Count()}

// Range

int[] foo = (from n in Enumerable.Range(0, 100) select n\*n).ToArray();

// filter

var data = from Student stu in arr where stu.Name == "王三" select stu;

// map

var nameDesc = from p in products select new { p.Name, p.Description} ;

// join

var temp = from user in userlist join sch in schlist on user.SchID equals sch.SchID

select new { Id = usertemp.ID, Name = user.Name, Age = user.Age,Schname=sch.SchName };

from p in db.Employees

select new {LastName = p.LastName, TitleOfCourtesy = p.TitleOfCourtesy} into EmployeesList

orderby EmployeesList.TitleOfCourtesy ascending

select EmployeesList;

//并行

var numsParallel = from n in data.AsParallel()

where n < 150

select Factorial(n);

Systems.Linq.Enumerable类提供的扩展方法：

转换结果集：Reverse<>(), ToArray<>(), ToList<>(),

集合操作：Distinct<>(), Union<>(), Intersect<>(), Except<>(), Concat<>()，

聚合操作：Count<>(), Sum<>(), Min<>(), Max<>()

var carDiff = (from c in myCars select c).Except(from c2 in yourCars select c2) ;

var sum =(from a in userlist where a.ID>0 select a.ID ).Sum();

函数式 (lambda)

var max = userlist.Max(a => a.ID);

var min = userlist.Min(a => a.ID);

userlist.ForEach(a => {

if (a.Age > 20) {

Console.WriteLine(a.ID);

}});

var dic = userlist.GroupBy(a => a.Sex);

## 动态编程 （本质同python）

生命周期内重新分配任何新的值；直至运行时才知道所调用的动态数据是否支持指定的成员，所传递的参数；无法编译检查，所以IDE无法智能感知；常用来与COM进行交互；

限制：动态数据的方法不能使用Lambda表达式和匿名方法；动态数据无法使用扩展方法

实例鸭子类型duck typing

public static dynamic Add(dynamic left, dynamic right) {

return left + right;

}

dynamic answer = Add(“I am “, “qzlin”);

string stringLabel = System.Convert.ToString(answer);

// 只要product存在属性Name and Price,一般用于匿名类型对象

public static void PrintInfo(dynamic product) {

Console.WriteLine(“{0}, {1}”, product.Name, product.Price);

}

Type type = asm.GetType(“…”);

dynamic obj = Activator.CreateInstance(type);

obj.fun(…);

var price = from n in Inventory where n.Const>20 select new {n.Name, Price=n.Cost\*1.15};

PrintInfo(price);

隐式类型var: 只有在定义LINQ查询的返回数据时才应该使用，因为LINQ技术使用了查询表达式，它可以根据表达式本身的格式产生动态创建的结果集，由于在某些情况下根本无法显式定义查询的返回类型，这时隐式类型就非常有用了

## 类型: 字符串，列表，字典，元组

* 字符串

C#的@等于同python的r

string s1 = string.Format("{0},{1}", name, age);

* 列表

String[] vowels = { "a", "e", "i", "o", "u" }; //Arrays

int[,] numbers = { {1, 2}, {3, 4}, {5, 6} };

int[,] multiDimensionalArray1 = new int[2, 3];

numbers[i,j]

foreach (String value in vowels) {...}

// 集合初始化

List<Rectangle> rects = new List<Rectangle> {

new Rectangle { TopLeft=new Point{X=10, Y=10}, BottomRight=new Point{X=20, Y=20}},

new Rectangle { TopLeft=new Point{X=30, Y=30}, BottomRight=new Point{X=50, Y=50}}

}

List<String> lists = new List<String>(vowels); //ArrayList <- Arrays

String[] vowels = (String[]) lists.ToArray( typeof(String)); // ArrayList -> Arrays

lists.ForEach( value => {...});

* 字典

Dictionary<string, int> students = new Dictionary<string, int>();

student.Add("a1", 15);

student.Add("a2", 14);

student.Add("a3", 16);

foreach (KeyValuePair<String, String> kv in students) {

Console.WriteLine("{0}--{1}", kv.Key, kv.Value);

}

* 元组

Tuple<int, int> pt1 = new Tuple<int, int>(10, 10);

若C# 7.0， 同python

可以用var pt1 = (10, 10)

private (int x, int y) getTuple() {

return (10, 10); //返回元组

}

Using System.Collections.Generic ;

Dictionary<TKey, TValue> 名/值对

List<T> 动态改变大小的顺序列表

LinkedList<T> 双向链表

Queue<T> 先入先出队列

SortedDictionary<TKey, TValue> 排序的名称/值对

SortedSet<T> 排序的不重复对象集合

Stack<T> 后入先出堆栈

//集合初始化语法同对象初始化语法

List<int> myGenericList = new List<int> {0, 1, 2, 3} ;

## 基本概念：.NET托管代码，实例化对象，关键字，序列化，类型转换as, 参数修饰符out and ref, System.Nullable<T>

* .NET（托管代码）

在一个solution中，类库项目编译为.dll程序集

solution -> add new project -> VC# -> Class Library, 添加类，编译成.dll文件

主项目引用.dll文件(私有程序集)： Reference -> add reference -> ClassLibrary -> debug -> .dll

主项目引用动态链接库（如opencv）:除了引用托管DLL（如上），还需要将native dll copy到可执行文件同目录下

.NET命令空间

System 在System内，你将会发现很多有的类型，可以用来处理内建数据，数学计算，随机数的产生，环境变量，垃圾收集器以及一些常见的异常和特性

System.Collections, System.Collections.Generic

这些命名空间定义了一些集合容器类型，还有一些基类型和接口，使你有可能构建自定义的收集器

System.IO 这些命名空间定义了许多处理文件I/O，数据压缩和端口操作的类型

System.Reflection这些命名空间定义了一些类型，支持运行时类型发现与类型的动态创建

System.Runtime.InteropServices 这些命名空间提供了一些设施，使得.NET类型可以与“非托管”代码交互（例如基于C的DLL和COM服务器），或反过来

System.Drawing, System.Windows.Forms

这些命名空间空义了使用.NET原始UI工具包（Windows Forms）来构建桌面应用程序所用到的类型

System.Windows, System.Windows.Controls, System.Windows.Shapes

命名空间是一些表示WPF UI工具包的几个命名空间的根

System.Linq, System.Xml.Linq, System.Data.DataSetExtensions

这些命名空间定义了针对 LINQ API编程时用到的类型

System.Web 这个命名空间用来构建ASP.NET Web应用程序

System.ServiceModel 这个命名空间用来通过 WCF API构建分布式应用程序

System.Threading, System.Threading.Tasks

这个命名空间定义了可以用来构建多线程应用程序（将工作负载到多个CPU）上的类型

System.Xml 这个以XML为中心的命名空间包括众多用于与XML数据交互的类型

* 实例化对象过程：

静态变量设置为0, 执行静态变量初始化器，执行基类的静态构造函数，执行静态构造函数；

实例变量设置为0,执行实例变量初始化器，执行基类中合适的实例构造函数，执行实例构造函数。

* 关键字

sealed 不能派生 --注：java是final

virtual 子类重写，一定要用override

abstract 同C++纯虚概念, interface同java

同C++,C#内可以嵌套类，嵌套类一般作为辅助类,是个私有类

关键字base(指父类，因为单继承，java里用super)和this指代对象实例

* 序列化

[Serializable]

public class MyType {

private string label;

private int value;

[NonSerialized]

private int cachedValue;

}

* 类型转换as

推荐使用is or as而不是强制类型转换

仅当不能使用as进行转换时，才应该使用is操作符，标准做法：

MyType t = o as MyType;

If ( t != null) {}

用is 判断对象是否是某类型

public void Check(object param1) {

if (param1 is ClassA) {

} else (param1.GetType() == typeof(ClassB)) {

}

}

using语句将生成一个try-finally块，包裹住分配的对象

using (obj as IDisposable) { … }

try {

myConnection = new SqlConnection(coonString);

mySqlCommand = new SqlCommand(commandString);

myConnection.Open();

mySqlCommand.ExecuteNonQuery();

} finally {

if (mySqlCommand != null) mySqlCommand.Dispose();

if (myConnection != null) myConnection.Dispose();

}

* 参数修饰符out, ref

二者都可以在不同作用域改变变量的值

带有输出参数Out的方法有义务在退出这个方法之前，必须给参数赋值

Ref参数必须在它们被传递给方法之前初始化，因为在传递一个对已存在变量的引用。

Static void Add(int x, int y, out int ans) {

ans = x + y ;

}

static void SwapStrings(ref string s1, ref string s2) {

String tempStr = s1 ;

S1 = s2 ;

S2 = tempStr ;

}

* System.Nullable<T>

可空类型 ?, 如int?等价于System.Nullable<int>,主要用于涉及数据库编程时，可空数据类型可能特别有用，因为一个数据表中的列可能有意是空的。如未定义

??操作符

//从GetIntFromDatabase()返回的值为null时，将本地变量赋值为100

Int myData = dr.GetIntFromDatabase() ?? 100 ;

等价于如下代码：

Int? moreData = dr.GetIntFromDatabase() ;

If (!moreData.HasValue) moreData = 100 ;

## 泛型

//创建自定义泛型方法

Static void Swap<T>(ref T a, ref T b)

{

T temp = a;

a = b ;

b = temp ;

}

//使用时可省略类型参数，因为编译器会基于成员参数推断类型参数

Swap(ref b1, ref b2) ;

不过，建议加上类型参数，好的编程风格Swap<bool>(ref b1, ref b2);

//创建自定义泛型结构和类

public struct Point<T>

{

public T xPos { get; set;}

public T yPos { get ; set;}

Public Point()

{

xPos = default(T) ; //表示一个类型参数的默认值

yPos = default(T) ;

}

}

正常情况下，构建泛型类层次结构的机会微乎其微，所以一般继承自一个泛型必须指定一个类型参数

## 编程思想

C#不是C++，不能将所有类型定义成值类型并在需要时对其创建引用。C#也不是Java,不像Java中那样所有的东西都是引用类型。

值类型无法实现多态，因此其最佳用途就是存放应用程序中用到的数据。引用类型支持多态，因此可用来定义应用程序的行为。

禁止在创建对象之后再修改其状态，即可省许多必要的错误检查。具有常量性的类型天生也是线程安全的，多个读取可以任意地访问到同样的内容。因为如果内部状态不可能改变，那么不同线程也就没有机会受到不一致性的影响。具有常量性的类型还能安全地暴露给外界，因为调用者不可能改变对象的内部状态。

你很难将所有类型都设置为常量类型，如果那样的话，就需要克隆对象才能修改程序的状态。修改不可变类型的状态，你需要创建一个新对象，而不是修改现有的实例。

在设计常量类型（如System.String）时，仅提供get和构造函数，避免导致其内部状态被外界更改。

更少的公有类型也会让单元测试变得更加简单。若减少了公有类型的数量，也就意味着需要为公有方法创建的单元测试数量也会减少。

继承意味着“是什么”，接口意味着“表现行为”

虽然只有启动时将被调用的例程会被JIT编译，但程序集却是整体载入的，而且CLR要为程序集中的每个方法生成点位符。无论何，只要代码访问跨越了程序集，CLR都要进行一些安全验证

# 《C#高效编程》

属性允许将数据成员作为公共接口的一部分暴露出去。属性访问器不应该执行长时间的计算，或进行跨应用程序的调用(例如执行数据库查询)，或是其他任何与调用者期待不符的耗时操作

C#把二进制程序集作为一等公民看待。该语言本身的一个目标就是支持发布某个单一程序集时，不需要更新整个的应用程序

用运行时常量readonly而不是编译期常量const

编译期常量仅能用于基本类型，枚举或字符串；运行时常量只读的值将在运行时给出，可以为任意类型

更改一个公有的编译期常量的值应该被看做是对类型接口的修改，你必须重新编译所有引用该常量的代码。而更改只读常量的值却仅仅算作是对类型实现的修改，它与其客户代码在二进制层次上是兼容的

# 《C#入门经典》

字符串中的每对花括号都是一个占位符，包含列表中每个变量的内容。占位符的总数应等于列表中指定的变量数。

逐字指定的字符串：@"C:\Temp\MyDir\MyFile.doc" 等价于 C:\\Temp\\MyDir\\MyFile.doc

@"A short list:

item 1

item 2"

引用参数与值参数：

static void showDouble(ref int val)

{

val \*= 2 ;

}

int myNumber = 5 ;

showDouble(**ref** myNumber) ;

用作ref参数的变量有两个限制：因为函数可能会改变引用参数的值，所以必须在函数调用中使用“非常量”变量。同时该变量必须已初始化。

委托：函数指针

**delegate** double processDelegate(double param1, double param2) ;

static double multiply(double param1, double param1)

{

return param1 \* param2 ;

}

static double divide(double param1, double param1)

{

return param1 / param2 ;

}

static void executeFunction(processDelegate process) ;

{

if (input == "M") process = multiply ;

else

process = divide ;

process(2.2, 3.3) ;

}

输出调试信息：

1.output窗口

using System.Diagnostics ;

Debug.WriteLine(string.Format("",)) ;

Trace.WriteLine(string.Format("",)) ;

Debug.WriteLineIf() ;

Trace.WriteLineIf() ;

2.调试输出写入日志文件。

数组与集合的主要区别：集合通常实现额外的功能，例如add() and remove() 方法可添加和删除集合中的项。而集合通常有一个Item属性，它根据对象的索引返回该对象。

类修饰符

项目内访问修饰符：

internal 默认

abstract 抽象类

**sealed 不能派生**

跨项目访问修饰符：（即各个项目之间引用）

public

public abstract

public sealed

在一个solution中，类库项目编译为.dll程序集

solution -> add new project -> VC# -> Class Library, 添加类，编译成.dll文件

主项目引用.dll文件： Reference -> add reference -> ClassLibrary -> debug -> .dll

类内成员修饰符（包括字段，属性和方法）

public

private

protected 同C++

internal 成员只能由定义它的项目中的代码访问

protect internal只能由项目中派生类的代码来访问

定义字段

readonly 构造函数赋值

static

const 静态常量，直接字段赋值

定义方法

**virtual 子类重写，一定要用override**

abstract 同C++纯虚概念

override 重写基类方法，子类需要用override，当然不用override也行，也是隐藏基类方法，但会产生警告

override sealed 同java final概念

extern 同c声明

定义属性

状态（私有字段）访问器，同时对状态进行额外的操作，比如数据有效性验证

private int nValue ;

public int NValue

{

get {return nValue ; }

set {nValue = value ; }

}

常规方法：

//使用new，隐藏基类实现代码(隐藏不想要的继承成员），通过基类还是调用基类方法

public class Base1

{

public void DoSomething()

{}

}

public class Derived1 : Base1

{

public new void DoSomething()

{}

}

//使用override，使用多态性，通过基类可以调用子类方法

//欲在子类调用基类方法，可以用base.DoSomething()

public class Base2

{

public virtual void DoSomething()

{}

}

public class Derived2 : Base2

{

public override void DoSomething()

{}

}

注意：**关键字base(指父类，因为单继承，java里用super)和this指代对象实例**，所以不能用于类静态方法和变量

**同C++,C#内可以嵌套类，嵌套类一般作为辅助类,是个私有类**

部分类定义 （把类的定义放在多个文件中），对windows应用程序隐藏与窗体布局相关的代码有很大的作用。

1.可以把字段属性构造函数放在一个文件中，而把方法放在另一个文件中

2.分别实现各个接口

public **partial** class MyClass : IMyInterface1

{}

public partial class MyClass : IMyInterface2

{}

和如下等价

public partial class MyClass : IMyInterface1, IMyInterface2

{}

第11章 集合、比较和转换

//注意，多态是不需要类型转换，非多态，基类调用派生类新方法，需要类型转换，同C++ down\_cast

简单数组：

Animal[] animalArr = new Animal[2] ;

animalArr[0] = new Cow() ;

animalArr[1] = new Chicken() ;

((Cow)animalArr[0]).Milk() ;

((Chicken)animalArr[1].LayEgg() ;

复杂数组：

ArrayList集合是System.Object对象的集合（通过多态性），对于非多态，同样需要类型转换

ArrayList animalArrayList = new ArrayList() ;

animalArrayList.Add(new Cow()) ;

animalArrayList.Add(new Chicken()) ;

定义集合：从CollectionBase中派生，或自己实现集合接口，例如IEnumerable, ICollection and IList,一般需要为集合定义一个索引器，以使用collection[index]语法来访问集合成员

using System.Collections ;

public class Animals : CollectionBase

{

public void Add(Animal animal)

{

List.Add(animal) ;

}

public void Remove(Animal animal)

{

List.Remove(animal) ;

}

public Animal this[int index]

{

get { return (Animal)List[index] ; }

set { List[index] = value ; }

}

}

定义字典：

public class Animals : DictionaryBase

{

public void Add(string id, Animal animal)

{

Dictionary.Add(id, animal) ;

}

public void Remove(string id, Animal animal)

{

Dictionary.Remove(id) ;

}

public Animal this[string id]

{

get {return (Animal)Dictionary[id] ; }

set { Dictionary[id] = value ; }

}

}

迭代器

IEnumerable and IEnumerator 接口负责foreach循环，是一个代码块，按顺序提供了要在foreach循环中的使用的所有值

如果要迭代一个类，可使用方法GetEnumberator(),其返回类型是IEnumberator

如果要迭代一个类成员，例如一个方法，则使用IEnumerable

public static IEnumerable SimpleList()

{

yield return "string 1" ;

yield return "string 2" ;

yield return "string 3" ;

}

foreach (string item in SimpleList()

{

Console.WriteLine(item) ;

}

public new IEnumberator GetEnumerator()

{

foreach(object animal in Dictionary.Value)

{

yield return (Animal)animal ;

}

}

foreach (Animal animal in animalCollection)

{

Console.WriteLine("New {0} object added to custom collection, " +

"Name = {1}", animal.ToString(), animal.Name()) ;

}

类型比较：

if (obj.GetType() == typeof(Class))

{}

或**用is 判断对象是否是某类型**

public void Check(object param1)

{

if (param1 is ClassA)

{}

else (param1 is ClassB)

{}

}

类比较：常用于集合排序等功能

//ArrayList的方法Sort()，不带参数是使用默认的比较方式，即调用类实现接口IComparable的函数public void CompareTo(object obj)

//带参数，即调用类实现接口IComparer的函数public int Compare(object x, object y)

class Person : IComparable

{

public string Name {set; get;}

public int Age {set; get;}

public Person(string name, int age)

{

Name = name ;

Age = age ;

}

public int CompareTo(object obj)

{

if (obj is Person)

{

Person otherPerson = obj as Person ;

return this.Age - otherPerson.Age ;

}

}

}

public class PersonComparerName : IComparer

{

public static IComparer Default = new PersonComparerName() ;

public int Compare(object x, object y)

{

if (x is Person && y is Person)

{

return Comparer.Default.Compare( ((Person)x).Name, ((Person)y).Name) ;

}

}

}

static void test()

{

ArrayList list = new ArrayList() ;

list.Add(new Person("Jim", 20) ;

list.Add(new Person("Bob", 25) ;

list.Sort() ;

list.Sort(PersonComparerName.Default) ;

}

类型转换

重载转换运算符：显式explicit和隐式implicit转换（同C++类型转换运算符）

public calss ConvClass1

{

public int Val {set ; get ; }

public static implicit operator ConvClass2(ConvClass1 op1)

{

ConvClass2 returnVal = new ConvClass2() ;

returnVal.Val = op1.Val ;

return returnVal ;

}

}

**as运算符把一种类型转换为指定的引用类型，如果不能进行转换，as运算符就返回null值**

所以在C#应用程序中常见如下代码结构：

public void MilkCow(Animal animal)

{

Cow cow = animal as Cow ;

if (cow != null)

{

cow.Milk() ;

}

else

{

Console.WriteLine("") ;

}

}

XML: Extensible Markup Language(可扩展标记语言,XML)

XML在.NET中执行大量的任务，包括描述应用程序的配置，在Web服务之间传输信息等。

XML是一种以简单文本格式存储数据的方式，这意味着它可以被任何计算机读取。XML是在Internet上传输数据的绝佳格式，目前.NET中的大多数应用程序都以某种形式使用XML，例如存储配置细节的.config文件，WPF中使用的XAML文件等。甚至Office2007引入的新文档格式都基于XML，

XML实际上不是语言，而是定义语言的标准（称为XML应用），XML分析程序(parser)读取XML文档，并分析其中各个元素，它们会拒绝任何包含非法XML的文档

XML语法：

<?xml version=”1.0” encoding=”utf-8”?> //xml声明定义xml版本

//根节点，支持XSD模式，且将XML文档与XSD模式文件关联,XML名称空间xsi

<books xmlns:xsi=”[http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance” xsi:noNamespaceSchemaLocation=](http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance)”c:\XMLConver.xsd”>

<book title=”my love story” > //XML特性在元素的开始标记内

<author>qzlin</author> //XML元素

</book>

</books>

XML元素 = 开始标记< author > + 元素中的数据qzlin + 结束标记 </author>

元素可以嵌套

XML特性在元素的开始标记内如title=”my love story”

XML模式用于定义XML文档的结构，需要与第三方交换信息时，模式特别有用

格式良好并有效的XML：

1. 有且只有一个根元素
2. 每一个元素都有结束标记
3. 没有重叠元素（所有子元素必须完全嵌套在父元素内）
4. 所有特性必须放在引号内

程序中的XML：

.NET Framework为创建和处理XML提供一系列类，可以使用XML存储应用程序配置，把数据保存到磁盘上，在线上传信息等

Using System.Xml;

XmlDocument document = new XmlDocument() ;

Document.Load(@”file path”) ;

XmlElement element = document.DocumentElement ; //XML文档根节点

//遍历,修改，插入，删除，选择节点等见类方法

XmlNode,XmlDocument,XmlElement,XmlAttribute,XmlText,XmlComment,XmlNodeList

# 《C#与.NET4高级程序设计》

CIL： common intermediate language公共中间语言

CLR: 公共语言运行库

CTS: 公共类型系统 （完整描述运行库所支持的所有可能的数据类型和编程结构）

CLS: 公共语言规范 （定义一个让所有.NET语言都支持的公共类型和编程结构的子集）

JIT： just in time, 即时编译

.NET可以理解为一个运行库环境和一个全面的基础类库，运行库层是CLR,其主要作用是为我们定位，加载和管理.NET类型，同时也负责一些低层细节的工作，如内存管理，应用托管，处理线程，安全检查等。

基础类库

数据库访问

GUI桌面API

安全

远程处理API

线程

文件输入/输出

Web API

其他

CLR

**在.NET运行库下执行的代码称为托管代码(managed code)，不能直接在.NET运行库承载(host)的代码称为非托管代码，可以通过C++/CLR来封装标准C/C++.**

某种支持.NET的语言编写的.NET源代码

对应的.NET编译器

\*.dll或\*.exe程序集(CIL,元数据和清单)

基础类库

(mscorlib.dll等)

.NET执行引擎(mscoree.dll)

类加载

JIT

特定平台的指令

执行成员

**当用户程序引用一个程序集，要使用它时，mscoree.dll将首先自动加载，然后由它负责将需要的程序集导入内存，运行时引擎负责许多任务，首要的任务是负责解析程序集的位置，并通过读取其中包含的元数据，在二进制文件中发现所请求的类型。接着，CLR在内存中为类型布局，将关联的CIL编译成特定平台的指令，执行所有需要的安全检查，然后运行当前的代码。**

.NET命令空间

System

在System内，你将会发现很多有的类型，可以用来处理内建数据，数学计算，随机数的产生，环境变量，垃圾收集器以及一些常见的异常和特性

System.Collections

System.Collections.Generic

这些命名空间定义了一些集合容器类型，还有一些基类型和接口，使你有可能构建自定义的收集器

System.IO

这些命名空间定义了许多处理文件I/O，数据压缩和端口操作的类型

System.Reflection

这些命名空间定义了一些类型，支持运行时类型发现与类型的动态创建

System.Runtime.InteropServices

这些命名空间提供了一些设施，使得.NET类型可以与“非托管”代码交互（例如基于C的DLL和COM服务器），或反过来

System.Drawing

System.Windows.Forms

这些命名空间空义了使用.NET原始UI工具包（Windows Forms）来构建桌面应用程序所用到的类型

System.Windows

System.Windows.Controls

System.Windows.Shapes

命名空间是一些表示WPF UI工具包的几个命名空间的根

System.Linq

System.Xml.Linq

System.Data.DataSetExtensions

这些命名空间定义了针对 LINQ API编程时用到的类型

System.Web

这个命名空间用来构建ASP.NET Web应用程序

System.ServiceModel

这个命名空间用来通过 WCF API构建分布式应用程序

System.Threading

System.Threading.Tasks

这个命名空间定义了可以用来构建多线程应用程序（将工作负载到多个CPU）上的类型

System.Xml

这个以XML为中心的命名空间包括众多用于与XML数据交互的类型

常用工具：ildasm.exe, reflector探索程序集

Class view, object browser, refactor,

class designer, class designer toolbox（模型驱动开发）

定义main()方法的类叫做应用程序对象，一个可执行程序可以有多个应用程序对象（在执行单元测试的时候可能有用），但是我们必须通过命令行编译编译器的/main选项或通过位于项目属性Application选项卡内的Startup Object下拉列表框来通知编译器将哪个main()方法用作入口点。

System.Environment.GetCommandLineArgs();//获取应用程序名称和命令行参数

System.Environment.ProcessorCount;//获取系统内核数,还有很多操作系统的细节

String and StringBuilder（注意using System.Text）的区别:

String修改时会产生副本

StringBuilder，直接修改对象内部的字符数据，而不是获取按修改后格式的数据副本。

CLR不能应用窄化运算，所有窄化转换会导致编译器错误，因为C#是类型安全的，因为对于宽数据转换为窄数据，需要显示强制转换

隐式类型本地变量var variableName = initialValue;

编译器会根据本地数据点的初值来自动推断实际的数据类型。

**隐式类型只能用于方法或属性范围内的本地变量，且声明时需要分配初始值**

隐式类型，只有在定义LINQ查询的返回数据时才应该使用，因为LINQ技术使用了查询表达式，它可以根据表达式本身的格式产生动态创建的结果集，由于在某些情况下根本无法显式定义查询的返回类型，这时隐式类型就非常有用了。

参数修饰符params:这个参数修饰符允许将一组可变数量的参数作为单独的逻辑参数进行传递，方法可能有一个params修饰符，而且必须是方法的最后一个参数，事实上你不会经常使用params修饰符，但要知道的是，基础类库中的许多方法都使用了这个C#语言特性.

参数修饰符out, ref (二者都可以在不同作用域改变变量的值)

**带有输出参数Out的方法有义务在退出这个方法之前，必须给参数赋值**

**Ref参数必须在它们被传递给方法之前初始化，因为在传递一个对已存在变量的引用。**

Static void Add(int x, int y, out int ans)

{

ans = x + y ;

}

static void SwapStrings(ref string s1, ref string s2)

{

String tempStr = s1 ;

S1 = s2 ;

S2 = tempStr ;

}

Static void main()

{

Int ans ;

Add(1, 1, out ans) ;

String s1 = “Flip” ;

String s2 = “Flop” ;

SwapStrings(ref s1, ref s2) ;

}

一维数组：int[] iArr = new int[256] ;

二维数组：int[,] iMat = new int[512, 512] ;

交错数组：int[][] myJagArr = new int[9][] ; (如九九乘法表)

For (int i=0; i<9; ++i) myJagArr[i] = new int[i+1] ;

浅复制：两个独立的结构，每一个都包含指向内存中同一个对象的引用

深复制：内部引用的状态完全复制到一个新对象中，需要实现ICloneable接口。

按值传递引用类型，被调用者可能改变对象的状态数据的值，但不能改变所引用的对象。如

Void SendAPersonByValue(Person p) //等价于C++ Person& const p

{

p.PersonAge = 20 ; //引用同一对象，可以改变对象状态

p = new Person(“Nikki”, 99) ; //无法对引用重新赋值新的对象

}

按引用传递引用类型，被调用者可能改变对象的状态数据，也可能改变所有引用的对象

Void SendAPersonByValue(ref Person p) //等价于C++ Person& p

{

p.PersonAge = 20 ; //可以改变对象状态

p = new Person(“Nikki”, 99) ; //引用赋新的对象

}

**可空类型 ?, 如int?等价于System.Nullable<int>,主要用于涉及数据库编程时**，可空数据类型可能特别有用，因为一个数据表中的列可能有意是空的。如未定义

??操作符

//从GetIntFromDatabase()返回的值为null时，将本地变量赋值为100

Int myData = dr.GetIntFromDatabase() ?? 100 ;

等价于如下代码：

Int? moreData = dr.GetIntFromDatabase() ;

If (!moreData.HasValue)

moreData = 100 ;

由构造函数通常会验证传入的参数来强制各种业务规则，所以在类的构造函数集合中经常会找到冗余的验证逻辑。解决方法如下：

让一个接受最多参数个数的构造函数做“主构造函数”，并且实现必须的验证逻辑，其余的构造函数可以使用this关键字把传入的参数转发给主构造函数，并且提供所有必须的其他参数。如：

Class Motorcycle

{

Int driverIntensity ;

String driverName ;

Public Motocycle() {}

Public Motorcycle(int intensity)

: this(intensity, “”)

{}

//主构造函数完成所有实际工作

Public Motorcycle(int intensity, string name)

{

If (intensity > 10) intensity = 10 ;

driverIntensity = intensity ;

driverName = name ;

}

}

采用可选参数方式：允许我们对传入参数提供默认值

Class Motorcycle

{

Public Motorcycle(int intensity=0, string name=””)

{

If (intensity >10 ) intensity = 10 ;

driverIntensity = 10 ;

driverName = name ;

}

}

Void MakeSomeBikes()

{

Motocycle m1 = new Motorcycle() ;

Motocycle m2 = new Motorcycle(name:”Tiny”) ;

Motocycle m3 = new Motorcycle(7) ;

}

**静态类等价于c++ namespace,主要用作工具类比如System.Math, System.Console, System.Environment, System.GC**

属性：

封装概念的核心是：对象的内部数据不应该从对象实例直接访问，如果调用者想改变对象的状态，就要使用传统的setter and getter方法。.NET语言提供使用属性来强制数据封装状态数据，属性总是映射到实际中的setter and getter方法。

如：

Class Employee

{

Private string empName ;

Public string Name //注意属性名可以和对应字段名不同，只要数据类型相同

{

Get {return empName} ;

Set

{

If (value.Length >15) Console.Writeline(“Error!”)

Else empName = value ;

}

}

}

一旦创建了属性，对调用者来说好像是获取或设置公共数据点，但在背后会调用相应的get or set块来保持封装。

属性可以结合C#内部操作符进行使用。

Employee joe = new Employee() ;

Joe.empName += “Zhou” ;

尽量使用属性，而不需要对私有字段的直接操作。通常情况下类的构造函数会接收传入参数，检查有效数据，然后赋值给内部私有字段。会显得特别复杂，可以验证数据有效性留给属性去做，除了更新构造函数使用属性分配值外，在整个类实现中一直使用属性也是不错的做法，这可以确保业务规则总是被强制检查，在多数情况下，唯一需要直接使用私有数据的情况是在属性内部。

如果用ildasm.exe打开程序集，将看到每一个属性实际上被映射到由CLR内部调用的隐藏的get\_XXX()/set\_XXX()方法。

C#喜欢用属性来封装数据，句法实体与传统的访问方法，修改方法对的使用目的是相同的，属性的优点是，对象的用户可以只使用一个命名项就能操作内部数据。

大多数C#都在set作用域中包含业务逻辑，但仅仅设置并直接返回私有字段的情况也很多，因此可以采用，自动属性语法：

Class Car

{

Public strinig PetName {get; set;}

}

自动属性语法，自动生成的私有返回字段的名称在C#代码库中是不可见的，查看它的唯一方法是使用ildasm.exe这样的工具。

对象初始化语法：只是使用默认构造函数创建类变量并设置各个属性状态数据

如：

Class Point

{

Public int X {get; set;}

Public int Y {get; set;}

Public Point(int x, int y)

{

X = x ;

Y = y ;

}

Public Point() {}

}

Void main()

{

//通过手动设置各个属性

Point pt0 = New Point() ;

Pt0.X = 10 ;

Pt0.Y = 10 ;

//通过自定义构造函数

Point pt1 = new Point(10, 10) ;

//使用对象初始化语法

Point pt2 = new Point{X=10, Y=10} ;

}

const常量数据，类的常量字段是隐式静态的。

Readonly只读字段，同常量数据一样，在赋初始后不可改变，然而和常量不同的是，赋给只读字段的值可以在运行时决定（但只能在构造函数里赋值），常常用于直到运行时才知道字段值（可能我们需要读取外部文件来获得值），并且希望之后值不会被改变

Namespace ConstData

{

Class MyMathClass

{

Public const double PI = 3.14 ;

}

Class Program

{

Public readonly double PI ; //只能在构造函数中为只读字段赋值

Static void main()

{

Double area = MyMathClass.PI \* 4\*4 ;

}

}

}

继承

Sealed: 防止继承,同java final

Sealed class MiniVan : Car

{}

Class SalesPerson : Employee

{

Public override sealed void GiveBonus(float amout)

{}

}

包含/委托编程:委托就是增加公共成员到包含类，以便使用被包含对象的功能。其实就是限制型代理模式

Shadowing（成员投影）：C#提供了逻辑上和方法重写相对的功能，正式地说，如果派生类定义的成员和定义在基类中的成员一致，派生类就投影了父类的版本。其实就是隐藏基类成员，说明is-a关系不好，建议用has-a关系，当然，想用，可以通过显示声明派生类型的实现故意设计为隐藏父类的版本

Class ThreeDCircle : Circle

{

Public new void Draw()

{}

}

子类可以隐式转换为父类，若父类需要转换为子类，用如下语法

1. 强制转换

Object obj = new ThreeDCircle() ;

ThreeDCircle circle = (ThreeDCircle) obj ;

1. As 返回null or 非null

ThreeDCircle circle = obj as ThreeDCircle ;

If (circle == null)

1. Is 返回true/false

If (obj is ThreeDCircle)

{}

结构化异常处理：

Bug:由程序员一方引起的错误，比如内存泄漏

用户错误：由运行程序的用户引起，比如没处理错误输入，用户在文本框中输入格式非法的字符串

异常：异常往往是运行时的非正常情况，在编程时很难估计到，异常可能包括试图连接一个已经不存在的数据库，打开已被破坏的XML文件，连接当前处于离线状态的机器等。

.NET中，异常解释为bug,用户错误输入和运行时错误

系统级异常和应用程序级异常

.NET基础类库提供了几百个预定义的接口类型，由各种类和结构实现，自定义类和结构完全可以实现这些预定义的接口，以支持对象克隆，对象枚举和对象排序等的高级行为

接口类型和抽象基类的区别：

抽象基类中的抽象成员只应用到派生类型，因此我们不能在不同的层次结构中对类型进行配置，让它们支持相同的多态接口。

接口具有较高级别的多态性，派生于接口类型可以不具有相同的父类，即独自继承体系，但我们可以通过 接口类型对它们进行多态处理

抽象基类除一组抽象成员，还可以有构造函数，字段数据，非抽象成员（具体实现），而接口只能包含抽象成员，属性，事件及索引器

多接口，需要通过显式接口实现解决命名冲突,如下

Public interface IDrawToForm

{

Void Draw() ;

}

Public interface IDrawToMemory

{

Void Draw() ;

}

Public interface IDrawToPrinter

{

Void Draw() ;

}

Class Octagon : IDrawToForm, IDrawToMemory, IDrawToPrinter

{

Void IDrawToForm.Draw() {}

Void IDrawToMemory.Draw() {}

Void IDrawToPrinter.Draw() {}

}

Static void main()

{

Octagon oct = new Octagon() ;

((IDrawToForm) oct).Draw() ;

((IDrawToMemory) oct).Draw() ;

((IDrawToPrinter) oct).Draw() ;

}

.NET标准接口

构建可枚举类型 IEnumerable, IEnumerator

主要用来支持foreach，遍历可枚举类型

//系统提供的接口

Public interface IEnumerable

{

IEnumerator GetEnumerator() ;

}

Public interface IEnumerator

{

Bool MoveNext() ;

Object Current {get;}

Void Reset() ;

}

Using System.Collections ;

Public class Garage : IEnumerable

{

Private Car[] carArray = new Car[4] ;

Public Garage()

{

carArray[0] = new Car(“FeeFee”, 200, 0) ;

…

}

Public IEnumerable GetEnumerator()

{

//这里有个技巧，因为System.Array,和其他许多类型已经实现可枚举接口，直接复用即可，一般情况下，这个方法的实现只是交给保存子对象的内部成员

Return carArray.GetEnumerator() ;

}

//扩展知识：实际上还可以用yield构建迭代器方法，来实现可枚举

Public IEnumerable GetEnumerator()

{

Foreach (Car c in carArray)

{

Yield return c ;

}

}

//实现带参数的迭代器

Public IEnumerable GetTheCars(bool ReturnReversed)

{

If (ReturnReversed)

For (int I = carArray.Length; I != 0; I --)

Yield return carArray[i-1] l

Else

Foreach (Car c in carArray)

Yield return c ;

}

}

Static void main()

{

Garage carLot = new Garage() ;

//常规使用

Foreach (Car c in carLot)

{}

//带参数使用

Foreach (Car in carLot.GetTheCars(true))

{}

}

构建可克隆对象ICloneable

//系统提供的接口

Public interface ICloneable

{

Object Clone() ;

}

Public class Point : ICloneable

{

Public int X {get; set;}

Public int Y{get; set;}

Public Point(int xPos, int yPos) { X = xPos; Y = yPos ; }

Public object Clone()

{ return new Point(this.X, this.Y); }

}

Static void main()

{

Point p1 = new Point(100, 100) ;

Point p2 = p1 ; //p2与p1引用同一个对象

Point p3 = (Point) p1.Clone() ; //p3与p1不同对象

}

构建可比较的对象IComparable

允许对象可基于某些特定键值进行排序

//系统提供的接口

Public interface IComparable

{

Int CompareTo(object o) ;

}

public class Car : IComparable

{

//第一种方法

Int IComparable.ComareTo(object obj)

{

Car temp = obj as Car ;

If (temp != null)

//数据类型，string类型等实现了IComparable，可以直接复用

Return this. CarID.CompareTo(temp.CarID) ;

}

//第二种方法

扩展知识：也可以通过IComparer接口辅助类中实现

//系统提供接口

Interface IComparer

{

Int Compare(object o1, object o2) ;

}

Public class PetNameComparer : IComparer

{

Int IComparer.Compare(object o1, object o2)

{

Car t1 = o1 as Car ;

Car t2 = o2 as Car ;

If (t1 != null && t2 != null)

Return String.Compare(t1.PetName, t2.PetName) ;

}

}

public static IComparer SortByPetName

{

Get ｛ return (IComparer) new PetNameComparer() ; ｝

}

｝

Static void main()

{

Garage carLot = new Garage() ;

Array.Sort(carLot) ; //使用IComparable为它们排序

Array.Sort(carLot, Car.SortByPetName) ;

}

任何使用.NET2.0或更高版本创建的项目都应该放弃旧的非泛型类，而使用相应的泛型类，为什么？

1. 性能问题

Public class ArrayList : object, IList, ICollection, IEnumerable, ICloneable

{

Public virtual int Add(object value) ;

…

}

非泛型 集合操作的都是System.Object,所有东西都可以当成System.Object,所以非泛型集合可以包含值类型数据或引用类型，但如果要在程序中将值类型赋给引用类型，需要对值类型进行装箱，同样将引用类型赋给值类型要进行拆箱操作

Static void WorkWithArrayList()

{

ArrayList myInts = new ArrayList() ;

myInts.Add(10) ; //将值类型赋给object，值类型将自动装箱

int I = (int)myInts[0] ; //将object转换回栈数据时，会发生拆箱

}

步骤如下：

1. 必须在托管堆上分配一个新对象
2. 基于栈数据的值必须被转移到新分配的内存位置
3. 在拆箱时，保存在堆对象中的值必须转移回栈
4. 堆上无用的对象（最后）会被回收
5. 类型安全问题

由于System.Collections中的大多数类所操作的都是System.Object,因此它们可以容纳任何类型，如下

Static void ArrayListRandomObjects()

{

//ArrayList可以保存任何类型

ArrayList allMyObjects = new ArrayList() ;

allMyObjects.Add(true) ;

allMyObjects.Add(new OperatingSystem(PlatformID.MacOSX, new Version(10, 0))) ;

allMyObjects.Add(3.14) ;

}

大多数情况下，需要一个类型安全的容器来操作特定的数据类型

Using System.Collections.Generic ;

Dictionary<TKey, TValue> 名/值对

List<T> 动态改变大小的顺序列表

LinkedList<T> 双向链表

Queue<T> 先入先出队列

SortedDictionary<TKey, TValue> 排序的名称/值对

SortedSet<T> 排序的不重复对象集合

Stack<T> 后入先出堆栈

//集合初始化语法同对象初始化语法

List<int> myGenericList = new List<int> {0, 1, 2, 3} ;

//创建自定义泛型方法

Static void Swap<T>(ref T a, ref T b)

{

T temp = a;

a = b ;

b = temp ;

}

//使用时可省略类型参数，因为编译器会基于成员参数推断类型参数

Swap(ref b1, ref b2) ;

不过，建议加上类型参数，好的编程风格Swap<bool>(ref b1, ref b2);

//创建自定义泛型结构和类

public struct Point<T>

{

public T xPos { get; set;}

public T yPos { get ; set;}

Public Point()

{

xPos = default(T) ; //表示一个类型参数的默认值

yPos = default(T) ;

}

}

正常情况下，构建泛型类层次结构的机会微乎其微，所以一般继承自一个泛型必须指定一个类型参数

Public class MyList<T>

{

Private List<T> listOfData = new List<T> ;

Public virtual void Insert(T data) ;

}

Public class MyStringList : MyList<String>

{

//注意：在创建泛型方法时，如果对类型参数应用任何C#操作符（+,-,\*，==等）都将产生编译器错误

Public override void Insert(string data) {} ;

}

//泛型类型参数的约束

//派生自object, 并且包含项为实现了IDrawable的类，并且必须支持默认构造函数

Public class MyGenericClass<T> where T : class, IDrawable, new()

{}

**委托，事件和Lambda**

在.NET平台下，委托类型用来定义和响应应用程序中的回调。同C++函数指针不同，.NET委托是内置支持多路广播和异步方法调用的对象。

Window API经常使用C语言风格的函数指针来创建称为回调函数的实体。然而有个问题，它们除了原始内存地址外无法表示其他信息，而理想中的回调应该包含更多类型安全信息。如参数的数量与类型，所指向的方法的返回值等。因此经常成为bug，崩溃和其他运行时灾难的源头。

因此在.NET平台上，用委托delegate来完成，委托是一个类型安全的对象，它指向程序中另一个以后会被调用的方法（或多个方法）

public delegate string MyOtherDelegate(out bool a, ref bool b, int c) ;

//委托类型后台代码

sealed class MyOtherDelegate : System.MulticastDelegate

{

//同步方式调用委托对象维护的每个方法,也就是说，必须等待调用完成才能继续执行

Public string Invoke(out bool a, ref bool b, int c) ;

//在第二个执行线程上异步调用当前方法，用于多线程，当第二个执行线程是调用 比较耗时的方法

Public IAsyncResult BeginInvoke(out bool a, ref bool b, int c, AsyncCallback db, object state) ;

Public string EndInvoke(out bool a, ref bool b, IAsyncResult result) ;

}

Public abstract class System.MulticastDelegate : system.Delegate

{

//返回所指向的方法列表

Public sealed override Delegate[] GetInvocationList() ;

…

}

Public abstract class System.Delegate : ICloneable, ISerializable

{

//与函数列表交互的方法，其实+=, -=调用如下方法

Public static Delegate Combine(Delegate a, Delegate b) ;

Public static Delegate Remove(Delegate source, Delegate value) ;

//返回静态方法的详细信息

Public MethodInfo Method {get;}

//返回委托维护的方法的对象

Public object Target {get ;}

}

.NET委托内置支持多路广播，也就是说，一个委托对象可以维护一个可调用方法的列表而不只是单独一个方法,给一个委托对象添加多个方法时，不用直接分配，重载+=操作符即可。

协变与逆变

只有接口和委托类型能声明为协变量或逆变性

协变只能用于返回类及相关继承体系的方法，不能用于更改数据的方法

//接口协变

Interface IRetrieveWrapper<out T>

{

T GetData() ;

}

Class Wrapper<T> : IRetrieveWrapper<T>

{

Private T storedData ;

T IRetrieveWrapper<T>.GetData()

{

Return this.storedData ;

}

}

Wrapper<string> stringWrapper = new Wrapper<string>() ;

IRetrieveWrapper<string> retrievedStringWrapper = stringWrapper ;

//以下是合理的，因为协变表明只会返回类及相关继承体系

IRetrieveWrapper<object> retrievedObjectWrapper = stringWrapper ;

//委托协变

Public delegate Car ObtainVehicleDelegate() ;

Public static Car GetBasicCar() { return new Car(); }

Public static SportsCar GetSportsCar() { return new SportsCar() ; }

Static void main()

{

ObtainVehicleDelegate targetA = new ObtainVehicleDelegate(GetBasicCar) ;

Car c = targetA() ; //标准用法

//委托协变才允许返回继承体系的方法

ObtainVehicleDelegate target = new ObtainVehicleDelegate(GetSportsCar) ;

SportsCar sc = (SportsCar) target() ;

}

逆变性：允许使用泛型接口，通过子类来引用父类的对象。

Public interface IComparer<in T>

{

Int Compare(T x, T y) ;

}

Class ObjectComparer : IComparer<Object>

{

Int Comparer<object>.Compare<Object x, Object y)

{

Int xHash = x.GetHashCode() ;

Int yHash = y.GetHashCode() ;

If (xHash == yHash) return 0 ;

If (xHash < yHash) return -1 ;

Return 1 ;

}

}

Object x = new Object() ;

Object y = new Object() ;

ObjectComparer objectComparer = new ObjectComparer() ;

IComparer<Object> objectComparator = objectComparer ;

Int result = objectComparator(x, y) ;

//以下是合理的

IComparer<String> stringComparator = objectComparer ;

事件与响应函数：同Qt里的信号和槽概念

定义事件步骤：

首先：定义一个委托类型，它包含在事件触发时将要调用的方法

其次：通过C# event关键字用相关委托声明这个事件

例子：

public Class Car

{

//微软推荐的事件模式，委托的第一个参数是object,第二个参数是派生自System.EventArgs的子类型，object表示一个对发送事件的对象Car的引用，EventArgs则表示与该事件相关的信息，一般用来传递自定义数据

public class CarEventArgs : EventArgs

{

Public readonly string msg ;

Public CarEventArgs(string message)

{ mes = message ; }

}

//定义委托类型

public delegate void CarEngineHandler(object sender, CarEventArgs e) ;

//用event关键字用CarEngineHandler声明事件（声明信号一样），注意事件必须是委托类型

public event CarEngineHandler AboutToBlow ;

//发起事件 （同发起信号一样）

public void Accelerate(int delta)

{

…

AboutToBlow(this, “Careful buddy! Gonna blow!”) ;

…

}

}

//事件（回调函数）实现，同槽实现，***该回调函数一般是留给用户实现***

public static void CarAboutToBlow(object sender, CarEventARgs e)

{

If (sender is Car)

{

Car c = (Car) sender ;

console.writeline(“{0} says: {1}”, sender, e.msg);

}

}

Static void main()

{

Car c = new Car() ;

c.AboutToBow += CarAboutToBlow ; //注册事件处理程序

c.Accelerate(10) ; //调用事件处理程序

}

实际上上面的代码过于复杂，一般常用如下的方法进行简化

public Class Car

{

public class CarEventArgs : EventArgs

{

public readonly string msg ;

public CarEventArgs(string message)

{ mes = message ; }

}

//泛型EventHandler<T>实现定义委托类型和事件声明，默认第一个参数是object,第二个参数是T类型

public event EventHandler<CarEventArgs> Exploded ;

//发起事件 （同发起信号一样）

Public void Accelerate(int delta)

{

…

AboutToBlow(this, “Careful buddy! Gonna blow!”) ;

…

}

}

static void main()

{

Car c = new Car() ;

//事件（回调函数）实现，同槽实现，***该回调函数一般是留给用户实现***

//注册事件处理程序,采用匿名方法实现

c.AboutToBow += delegate(object sender, Car.CarEventArgs e)

{

If (sender is Car)

{

Car c = (Car) sender ;

console.writeline(“{0} says: {1}”, sender, e.msg);

}

};

//注册事件处理程序,采用Lambda表达式实现，实际上内部是采用匿名

c.AboutToBow += (sender, e) => console.writeline(“{0} says: {1}”, sender, e.msg);

c.Accelerate(10) ; //调用事件处理程序

}

索引器方法，操作符重载，自定义类型转换，扩展方法，分部方法，匿名类型及不安全代码

//索引操作符[]访问包含在一个标准数组中的各个子项，索引器看上去和任何C#属性声明很相似。

Public class PeopleCollection : IEnumerable

{

Private ArrayList arPeople = new ArrayList() ;

Public Person this[int index]

{

Get { return (Person) arPeople[index] ; }

Set { arPeople.Insert(index, value) ; }

}

Private Dictionary<string, Person> listPeople = new Dictionary<string, Person>() ;

Public Person this[string name]

{

Get {return (Person) listPeople[name] ; }

Set {listPeople[name] = value ; }

}

Private int [,] my2DArray = new int[10, 10] ;

Public int this[int row, int col]

{}

}

Public class Point

{

//重载操作符，通常仅在构建实用工具类型时才有用。

//如果类型重载二元操作符，则简写赋值操作符(+=,-=)等将自动重载,C#要求，如果重载<,则必须重载>。<=与>=同理

Public static Point operator+ (Point p1, Point p2)

{

Return new Point(p1.x+p2.x, p1.y+p2.y) ;

}

//自定义类型转换

Public static explicity operator Point(Point3D pt) //显式类型转换

{

Return new Point(pt.x, pt.y) ;

}

Public static implicity operator Point(Pointf pt) //隐式类型转换

{

Return new Point(pt.x, pt.y) ;

}

}

//扩展方法：当需要为类型添加功能但并不拥有类型的已有代码时，当需要使类型支持一系列成员（为了实现多态）但不能改进类型的原始定义时，扩展方法能很好地帮助你解决问题，使用扩展方法，你可以为预编译的类型添加功能，同时这些方法将独立分开存放

定义扩展方法的限制：

1. 扩展方法必须 定义在静态类里，每个扩展方法也必须声明为静态的
2. 所有扩展方法都需要使用this关键字对第一个参数（并且仅对第一个参数）进行修饰
3. 每一个扩展方法只可以被内存中正确的实例调用，或者通过其所处的静态类被调用。

微软公司推荐把扩展方法放在独立的程序集，这样做只是为了减少编程环境的混乱

Static class MyExtensions

{

//本方法允许任何对象显示它所处的程序集

Public static void DisplayDefinigAssembly(this object obj)

{…}

//每一个Int32拥有一个方法Foo()

Public static void Foo(this int i)

{..}

//重载方法Foo()来接收字符串参数

Public static void Foo(this int , string msg)

{..}

//扩展接口方法,说明任何实现该接口的类现在都有该扩展方法

Public static int Subtract(this IBasicMath itf, int x, int y) ;

}

Static void main()

{

Int myInt = 123455 ;

myInt.DisplayDefiningAssembly() ;

myInt.Foo() ;

myInt.Foo(“Ints?”) ;

//使用如上扩展方法实际上调用静态类静态扩展方法

MyExtensions.DisplayDefineAssembly(myInt) ;

MyExtensions.Foo(myInt) ;

MyExtensions.Foo(myInt, ‘Ints?”) ;

}

//分部类（允许跨多个代码文件实现类型的语法），分部方法（允许方法原型和方法实现分开），分部方法常用来替代条件预编译，和实现轻量级事件回调

1. 分部方法的限制：
2. 分部方法只能定义在分部类中，
3. 分部方法必须返回void
4. 分部方法可以是静态的或实例级别的
5. 分部方法可以有参数，但不能具有out修饰符
6. 分部方法是隐式私有的

Partial class CarLocator

{

Public bool CarAvailableInZipCode(string zipCode)

{

…

//编译器会根据分部方法是否已经实现还是空的签名来决定方法是否应该放到程序集中，如果没有方法体的话，所有方法的使用痕迹（调用、元数据描述以及原型）都会在编译的时候去除

在某些情况下，C#分部方法是条件代码编译的强类型版本形式（通过#if, #elif, #else预处理指令），然而主要的区别是，如果分部方法没有提供实现的话，它会在编译周期（不管编译设置了什么）中被完全忽略。

使用分部方法来定义轻量级事件是很常见的，这个技术使得类设计者可以提供方法挂钩，就像事件处理程序一样，开发要员可以选择实现或不实现，根据命令约定，这样的轻量级事件处理方法使用On前缀

OnZipCodeLookup(zipCode) ;

…

}

//轻量级事件处理程序

Partial void OnZipCodeLookup(string make) ;

}

//用户代码

Partial class CarLocator

{

Partial void OnZipCodeLookup(string make)

{}

}

//匿名类型var，有时候你可能需要定义类来封装一些相关数据，但并不需要任何关联的方法、事件和其他自定义的功能。

Static void main()

{

//构建一个匿名对象myCar,虽然没有强类型定义，但C#编译器会在编译时自动生成名称唯一的类,需要通过对象初始化语法定义一系列来表示要封装的各个数据，所有的匿名类型都自动继承System.Object

Var myCar = new { Color = “Bright Pink”, Make = “Saab”, CurrentSpeed = 55} ;

//不安全代码，指针类型

Unsafe

{

Int myInt = 0;

Int\* ptrInt = & myInt ;

Char\* p =stackalloc char[256] ;

For (int k = 0; k < 256 ; ++ k)

P[k] = (char) k ;

Int size = sizeof(short) ;

}

}

Linq to Object

数据随处可见，如XML文件，关系数据库，内存中的集合，基元数组等。使用Linq，可以构建与数据库SQL查询类似的表达式，但Linq查询可以用于多种数据存储，甚至与关系型数据完全无关的存储

**Linq相关的特性：隐式类型本地变量，对象/集合初始化语法，Lambda表达式，扩展方法和匿名类型**

Linq查询返回的序列只有在编译时才能确定其数据类型，由于只有在应用程序编译之后才能知道其实际的数据类型，所以显然无法地声明变量，所以用隐式类型本地变量

关系数据： System.Data.dll, System.Data.SqlClient.dll

XML文档数据：System.Xml.dll

元数据表：System.Reflection命名空间

对象集合：System.Array, System.Collection, System.Collections.Generic

Linq语言级集成查询API的意图是提供一种统一且对称的方式，让程序员在广义的数据上得到和操作“数据”，通过使用Linq，我们能够在C#编程语言内直接创建被称为查询表达式（query expression）的实体，这些查询表达式是基于许多查询操作符(query operator)的，而且是有意设计成类似SQL表达式的

核心Linq程序集：

System.Core.dll -> Linq to Object

System.Data.DataSetExtensions.dll -> Linq to DataSet

System.Xml.Linq.dll -> Linq to XML

//Linq查询用于原始数组, 集合对象,还可以用于任何实现了IEnumerable<T>的类型

注意：Linq查询用于非泛型集合时，需要转换成兼容于IEnumerable<T>类型

Int[] numbers = {10, 20, 30, 40, 1, 2, 3, 8} ;

Var subset = from I in numbers where I <10 select I ; //隐式类型

Foreach (var I in subset)

{}

//非泛型类型可以包含任何类型的项，还记得参数是object吗？实际上用OfType<T>可以初步筛选数据类型

ArrayList myCars = new ArrayList() { …} ;

Var myCarsEnum = myCars.OfType<Car>() ;

//整个Linq表达式用圆括号括起来，就将强制转换为正确的实际类型来调用Enumerable的扩展方法

List<int> subsetAsListOfInts = (from I in numbers where I <10 select i).ToList<int>() ;

函数返回Linq查询的结果，不能用Var，（因为Var不能用来定义类和结构的参数，返回值或字段）,所以函数返回可以由IEnumerable<T>类型，或Array来表示

Static IEnumerable<string> GetStringSubset()

{

String[] = colors = {…} ;

IEnumerable<string> theRedColrs = from c in colors where c.Contains(“Red”) select c ;

Return theRedColors ;

}

Static Array GetProjectedSubset()

{…

Return nameDesc.ToArray() ;

}

Static void main()

{

Array objs = GetProjectedSubset() ;

Foreach (object o in objs)

{}

}

**除了Linq查询操作符from, in, where, select, join, on, equals, into, orderby, ascending, descending, group, by，还可以用Systems.Linq.Enumerable类提供的扩展方法，如Reverse<>(), ToArray<>(), ToList<>(), Distinct<>(), Union<>(), Intersect<>(), Except<>(), Concat<>()，Count<>(), Sum<>(), Min<>(), Max<>()等**

List<string> myCars = new List<String> {…} ;

List<string yourCars = new List<String> {…} ;

Var carDiff = (from c in myCars select c).Except(from c2 in yourCars select c2) ;

投影 新数据类型：从现有的数据源投影出新的数据形式，可以定义一个select语句，动态生成一个新的匿名类型

Var nameDesc = from p in products select new { p.Name, p.Description} ;

C# using关键字可以用于创建类型完全限定名的别名

Using bfHome = System.Rutime.Serialization.Formatters.Binary ;

bfHome.BinaryFormatter b = new bfHome.BinaryFormatter() ; //尽量少用，否则会导致代码库混乱

创建新项目时，会自动默认命名空间名就是项目名，可以在Project -> Properties- >Application里修改

**版本号+可选的公钥值 使得一个程序集的不同版本在同一台机器上能够共处而不产生冲突**，正式来讲，提供了公钥信息的程序集被称为强命名

私有程序集与调用它的客户端应用程序处于同一个目录下（也可以在其子目录下）。**References引用时，会将引用的dll复制到项目文件夹的子目录\bin\debug下,由于.NET运行库在查找被引用的程序集时并不查询系统注册表，因此我们可以把项目可执行文件和引用程序集一起放到机器上的某个位置，然后运行应用程序，这就是所谓的Xcopy部署，卸载（复制）排他性使用私有程序集的应用程序非常容易，只需直接删除（复制）应用程序文件夹就可以了，不需要像使用COM应用程序那样，担心许多遗留在注册表的设置。因此一台机器上很有可能会有同一个私有程序集的副本在不同目录下多次出现的情况。**

通过References引用时，则隐式的加载外部程序集，可以在清单的.assembly extern标记来解析程序集位置(显式的加载，需要编程调用System.Reflection.Assembly.Load(“”) ;

\*.dll和\*.exe放在一起，可以直接运行，但如果将\*.dll放在下一层目录里哪MyLibraries，需要使用配置文件，\*.exe.config，是个xml格式的文件，有个privatePath属性修改一下查找地址即可。

**共享程序集则是为了一让同一台机器上的大部分应用程序都可以使用它而存在的一种代码库，它被部署在全局程序集缓存(GAC)的特定目录中**，

在部署程序集到GAC前，必须赋予它一个强名称，强名称用于标识给定.NET二进制文件的发行者，发行者可以是一个独立程序员，或公司，强名称在.NET中的作用好比全局唯一标识符GUID在COM中的作用。

强名称 =　程序集的友好名称（程序集名称）+版本号[AssemblyVersion]+公钥值[AssemblyKeyFile]+用于本地化的可选区域性标识[AssemblyCulture]+嵌入的数字签名

为程序集赋予强名称方法：properties->Signing->new->myKey.snk

安装强命名程序集：

1. 打开VS2008 Command Prompt，将目录定位到　\*.dll所有目录
2. Gacutil –I \*.dll

共享程序集不同版本可以共存，所在在需要的时候，只要修改应用程序的配置文件\*.config(使用\*.config文件可以忽略清单中记录的版本，并使客户端程序绑定到指定版本的共享程序集)，然后原有客户程序就可以动态定向到某一特定版本（以调用新功能），这一切并不需要重新编译和部署

发行者策略程序集：发行者策略允许程序集的发行者（用户、用户的部门、用户的公司）在安装相关的最新版本程序集到GAC的同时，把一个\*.config文件的二进制版本也安装到GAC。这样做的好处是客户端应用程序目录不需要包含\*.config文件。**CLR会读取当前客户端程序的清单，尝试在GAC在查找被清求的版本**。但如果CLR找到一个发行者策略程序集，它会读取其中嵌入的XML数据，在GAC级别执行请求重定向。

\*.config,客户端配置文件中，我们还能够增加基于具体应用程序的自定义信息，System.Configuration命名空间提供了一组类型供开发人员读取\*.config文件的自定义数据,这个自定义的配置信息必须放在<appSettings>元素里，<appSettings>元素可包含任意多个<add>元素（用于定义键值对）供开发员以编程方式获取

.NET程序集的格式：

Windows文件首部

Windows文件首部使程序集可以被Windows系列操作加载和操作，这些首部信息标识了应用程序将以什么类型（**是基于控制台、基于图形用户界面还是\*.dll代码库**）驻留于Windows操作系统中。（大多数程序员不关心）

CLR文件首部

CLR文件首部定义了多个标记，它们使得运行库可以了解到托管文件的布局（大多数程序员不关心）

CIL代码

**CIL代码是独立于平台和CPU的中间语言，在运行时，程序集内部的CIL代码才被（实时的JIT编译器）编译成特定平台和CPU的指令。**

类型元数据

这些元数据完整地描述了程序集内含类型和引用外部类型的格式。描述程序集包含的每一个类型组成（成员名称、实现的接口、基类、构造函数等），**由于程序集的信息被如此详细地记录下来，CLR并不需要访问Windows系统注册表来解析程序集的位置。**

程序集清单（manifest程序集元数据）

描述程序集自身各种信息（名称、版本、需要的外部程序集等）的元数据块blob

可选的嵌入资源

如应用程序图标、图像文件、声音片段或者字符串表

类型元数据：完整地描述类型（类、接口、结构、枚举和委托），许多.NET技术如对象序列化,.NET远程处理、XML Web服务以及WCF都需要这个能力在运行时发现类型格式，另外，跨语言互操作、编译器服务以及集成开发环境的智能感知能力都依赖于对类型的具体描述。

使用dldasm.exe并按Ctrl+M打开\*.dll or \*.exe程序集，打开类型元数据，.NET元数据是一组清晰地标记了所有的类型定义（TypeDefs）和被引用类型(TypeRefs)的表。

TypeDef #3

TypeDefName: 类型名

Flags: [Public]

Extends: System.Object

Filed #2 字段

…

Method #1 方法

Property #1 属性

TypeRef #1 引用类型

…

Assembly 描述程序集自身

…

AssemblyRef #2 描述外部程序集

…

User Strings 字符串字面量

反射reflection是一个运行库发现的过程，使用反射服务，可以通过编程使用一个友好的对象模型得到与通过ildasm.exe显示的相同的元数据信息，如类型的列表，包括类型定义的方法、字段、属性和事件。也可以动态发现一组给定类型支持的接口、方法的参数和其他相关细节（基类、命名空间、清单数据等）

SportsCar sc = new SportsCar() ;

Type t = sc.GetType() ; //使用对象得到Type类

Type t = typeof(SportsCar) ; //使用类型得到Type类

Type t = Type.GetType(“CarLibrary.SportsCar”) ; //使用字符串得到Type类

//使用Type类成员获取类型元数据信息

Var methodNames = from n in t.GetMethods() select n.Name ;

Var fieldNames = from n in t.GetFileds() select f.Name ;

Var propNames = from p in t.GetProperties() select p.Name ;

Var ifaces = from I in t.GetInterfaces() select I ;

**动态加载程序集：在运行时以编程的方式动态载入程序集，即使那些程序集没有记录在程序清单中。**

//动态加载程序集，并获取程序集自身的属性。

Using system.Reflection ;

Assembly asm = Assembly.Load(“CarLibrary”) ;

Type[] types = asm.GetTypes() ;

//动态加载共享程序集

Assembly asm = Assembly.Load(@”CarLibrary, Version=1.0.0.0, PublicKeyToken=null, Culture=”””) ;

晚期绑定：动态类型创建并在运行时调用其成员。而不需要在编译时知道它存在的技术。当建立晚期绑定到外部程序集类型的应用程序时，因为没有设置该程序集的引用，因此调用程序清单没有直接列出这个程序集。(**晚期绑定的要点是试图创建编译时未知的对象**)

Assembly asm = Assembly.Load(“CarLibrary”) ; //加载程序集

Type minivan = asm.GetType(“CarLibrary.miniVan”) ; //得到类型元数据，

//-------------------------实际上下面这块代码可以用dynamic实现更简单------------------------//

Object obj = Activator.CreateInstance(minivan) ; //运行时创建实例

MethodInfo mi = minivan.GetMethod(“TurboBoost”) ; //得到方法信息

mi.Invoke(obj, null) ; //调用方法,第一个参数是this对象,null表示没有参数

MethodInfo mi = minivan.GetMethod(“TurnOnRadio”) ;

mi.Invoke(obj, new object[] {true, 2}) ; //两个输入参数的方法的调用

//------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------//

Dynamic obj = Activator.CreateInstance(minivan) ;

Obj.TurboBoost() ;

Obj.TurnOnRadio(true, 2) ;

.NET平台允许程序员使用特性(attribute)把更多的元数据嵌入到程序集中。特性就是用于类型（比如类、接口、结构等）、成员（比如属性、方法等）、程序集或模块的代码注解。

特性是派生自System.Attribute的类

特性导致嵌入的元数据

直到被其他代理反射、特性才发挥使用

特性在C#中用方括号来应用。

Public sealed class VehicleDescriptionAttribute : System.Attribute

{

Public string Description {get; set;}

}

[serializableAttribute] //serializable

[ObsoleteAttribute(“use another vehicle!”)] //Obsolete

[VehicleDescriptionAttribute(Description=”the old gray mare”)

Public class HorseAndbuggy

{}

//程序集级别特性,强制所有在程序集中的公共类型符合CLS,实现上放置**程序集级别使用的特性存于文件AssemblyInfo.cs**，也可以通过properties->AssemblyInfo来查看和修改

[assemble : CLSCompliant(true)]

Type t = typeof(HorseAndbuggy) ;

Object[] customAtts = t.GetCustomAttributes(flase) ; //获取horseAndbuggy所有特性(早期绑定)

插件技术：产品必须可通过使用第三方工具进行扩展

当应用程序开发时，各种“钩子”被插入，允许其他软件提供商在IDE开发环境中插入自定义模块。步骤如下：

1. 首先，可扩展的应用程序必须提供一些输入手段，允许用户指定被插入的模块（比如一个对话框或命令行标志）。这需要动态加载
2. 其次，为了插入到环境中，可扩展的应用程序必须要确定模块是否支持正确的功能（比如一组需要的接口）。这需要反射
3. 最后，可扩展的应用程序必须获取一个需要的基础架构的引用（例如接口类型）并调用成员触发底层功能。这经常需要晚期绑定。

如果可扩展的应用程序预编程为查询指定的接口，则它可以在运行时确定类型是否可以被激活，一旦验证测试通过，类型便可以支持额外的接口，为它们的功能提供多种结构。

接口定义

Namespace CommonSnappableTypes

{

//接口为可被可扩展应用程序使用的所有插件提供了一个多态接口，为接近实际例子，想像有这样一组接口，它们可以允许插件产生脚本代码，可以在应用程序工具箱中生成图像或整合到承载程序的主菜单中

Public interface IAppFunctioinality

{

Void DoIt() ;

}

[AttributeUsage(AttributeTargets.Class)] //限制特性使用，仅使用于类中

Public sealed class CompanyInfoAttribute : Syste.Attribute

{

Public string CompanyName {get; set;} ;

Public string CompanyUrl {get; set;} ;

}

}

可扩展应用程序

Private void snapInModule\_Click(object sender, EventArgs e)

{

//允许用户加载一个程序集

OpenFileDialog dlg = new OpenFileDialog() ;

If (dlg.ShowDialog() == DialogResult.OK)

{

Assembly theSnapInAsm = Assembly.LoadFrom(dlg.FileName) ;

//选择程序集中所有的IAppFunctionality接口兼容的类

Var theClassTypes = from t in theSnapInAsm.GetTypes()

Where t.IsClass && (t.GetInterface(“IAppFunctionality”) != null)

Select t ;

//创建对象，并调用方法

Foreach (Type t in theClassType)

{

IAppFunctionality itfApp = (IAppFunctionality)theSnapInAsm.CreateInstance(t.FullName, true) ;

itfApp.DoIt() ;

}

}

//构建插件

Namespace SnapIn

{

[CompanyInfo(CompanyName=”My Company”, CompanyUrl=[www.MyCompany.com](http://www.MyCompany.com/))]

Public class Moule : IAppFunctionality

{

Void IAppFunctionality.DoIt()

{…}

}

}

//启动进程

processStartInfo startInfo = ProcessStartInfo(“IExplore.exe”, [www.facebook.com](http://www.facebook.com/)) ;

startInfo.WindowStyle = ProcessWindowStyle.Maximized ;

Process ieProc = Process.Start(startInfo) ; // 启动进程

…

ieProcess.Kill() ; //结束进程

文件输入输出和对象序列化

# 《Window Form》

Properties

Anchor： 指定在用户重新设置窗口的大小时控件该如何响应

Dock： 指定控件应停靠在容器的边框上。

Event

两部分：

InitializeComponent()里订阅事件 + 事件处理程序

Button：主要用于执行3类任务

1. 用某种状态关闭对话框如OK和Cancel按钮
2. 给对话框上输入的数据执行操作，例如输入一些搜索条件后，单击Search
3. 打开另一个对话框或应用程序如Help按钮

对Button控件的处理，通常是在窗体上添加控件，双击它，给Click事件添加代码，对于大多数应用程序来说足够了

Label and LinkLabel： label在窗体上显示文本，通常不添加任何事件处理代码。LinkLabel，如果希望用户可以单击它，进入文本中显示的网页，就需要添加其他代码。

TextBox: .NET framework内置了两个基本控件来提取用户输入的文本，TextBox and RichTextBox，获取文本框内的字符串，可以用文本框名字.Text; 可以用事件Validating有效性验证文本框不输入无效的字符或只能输入某个范围内的数值。事件KeyPress验证输入的字符是否在一定范围内

RadioButton and CheckBox: RadioButton常放入GroupBox里，作为一个逻辑单元，RadioButton按钮会自动改变自己的状态，以使组框中只选中一个选项。CheckBox一般用于希望用户可以选择一个或多个选项，二者均可以用Checked属性获得哪个选项或将Checked设置为true表示选中

ListBox and CheckedListBox: 列表框ListBox用于显示一组字符串，一般用于显示多个选项。CheckedListBox派生于ListBox，一般用于选择多个选项

ListBox.Items包含列表框中的所有选项集合，使用这个集合的属性可以增加或删除选项。

CheckedListBox.CheckedItems包含选中的选项集合，CheckedListBox.CheckOnClick若为true，则选项就会在用户单击它时改变它的状态。

ListView列表视图通常用于显示数据，用户可以对这些数据和显示方式进行某些控制，还可以把包含在控件中的数据显示为列和行（像网格那样），或者显示为一列，或者显示为图标表示。最常用的列表视图就是用于导航计算机中文件夹的视图。

ListView.Items.Add(ListViewItems)，列表视图中的选项ListViewItem包含要显示的信息如文本和图标的索引ListViewItem.SubItems.Add(ListViewSubItem)，ListViewSubItem表示列表视图中的一列。

ListView.Columns.Add(ColumnHeader)，列表视图列标题ColumnHeader，在ListView控件处于Details模式下时，为要显示的列提供一个标题。

在窗体Form中，通过ImageList控件存储其他控件（在窗体中）使用的图像。在设计期间，点击Form1,从工具箱里选择ImageList,拖拉Form中，给ImageList命名，同时点击ImageList的Images属性，插入图像。窗体中的其他控件想使用ImageList，是通过ImageList的索引。

为了允许用户通过双击ListView中的选项来浏览文件夹，需要订阅ItemActivate事件。ListView.View可以设置为View.LargeIcon, View.SmallIcon, View.List, View.Tile

TabControl控件，可以把对话框组织为合乎逻辑的部分，以便根据控件顶部的选项卡来访问，TabControl包含TabPages，工作方式与GroupBox类似。可以在TabPages属性中添加任意数据量的选项，再把要显示的控件拖放到各个页面上。

TabControl的属性一般用于控制TabPage对象窗口的外观，特别是显示的选项卡的外观。

# 《WPF 和XAML》

传统图形化桌面应用程序 WPF

构建带控件的表单 Windows forms System.Windows.Forms.dll WPF

2D 图形支持 GDI+ System.Drawing.dll WPF

3D图形支持 DirectX API WPF

对流视频的支持 Windows Media Player API WPF

对流文档的支持 编程操作PDF文件 WPF

WPF优点：

将许多之前无关的桌面技术（2D图形，3D图形，窗口和控件开发等）整合到一个统一的编程模型中。

代码文件方式，将Windows应用程序的界面外观与驱动它们的编程逻辑清晰地相互分离。使用XAML，可以利用标记来定义一个应用程序的UI，即不仅可以定义简单的UI元素（按钮，网络，列表框等），而且还可以定义二维和三维图形数据，动画，数据绑定逻辑以及多媒体功能（如视频回放）。WPI在呈现图形数据时不使用GDI，所有呈现操作如2D，3D图形，动画，UI组件呈现的按钮和下拉列表框都使用DirectX API。WPF应用程序还能使用丰富的图形服务（模糊效果、抗锯齿、透明度等），并且避免了直接使用DirectX API进行编程所带来的复杂性。

一般来说，XAML文件包含描述窗口外观的标记，而C#代码文件包含实现逻辑，例如，Window的XAML文件会描述整个布局系统及其内部的控件，指定不同事件处理程序的名称。而相关的C#文件则包含这些事件处理程序的实现逻辑和应用程序所需的自定义代码

WPF程序集

PresentationCore.dll WPF GUI层基础的类型

PresentationFramework.dll WPF控件，Application,Window类以及对交互的二维几何图形的支持，及在运行时读写XAML文档

System.Xaml.dll 运行时对XAML文档进行编程

WindowsBase.dll WPF API 基础结构的核心类型，如WPF线程类型，安全类型，各种类型转换器以及对领带属性和路由事件的支持

WPF核心命名空间

System.Windows WPF根命名空间，所有WPF桌面项目所需要的核心类如Application and Window

System.Windows.Controls 构建菜单系统，工具帮助以及众多布局管理器的多种类型

System.Windows.Media 以媒体为主的命名空间的根空间，包括动画，三维显示，文本显示以及其他多媒体用途的类型

System.Windows.Shapes 响应鼠标输入的交互式二维图形

WPF = System.Windows .Window+ System.Windows .Application(全局应用程序对象)

Application.Current ; //全局应用程序对象（同MFC）

//访问 Application对象的线程所创建的每个窗口

WindowCollection winCol = Application.Current.Windows ;

//建立和获取整个WPF应用程序中可以访问的数据（如窗口，对话框等）

Application.Current.Properties[“GodMode”] = false ; //采用名称值对形式，在某回调函数

If ( (bool) Application.Current.Properties[“GodMode”]) //在别的回调函数里使用

System.Windows.Controls.ContentControl 内容控件

提供承载内容，就是一组通过Content属性放在控件表面的对象集合，一个内容控件能够容纳非常多的UI元素，而不只限于简单的字符串数据

System.Windows.UIElement

提供一组可以允许其子类获取焦点并处理输入请求的事件。比如负责拖放，鼠标移动，键盘输入等操作事件

System.Windows.Controls.Control控件

提供多种属性，设置控件大小，透明度，焦点切换顺序逻辑，光标显示，背景颜色等。

System.Windows.FrameworkElement

支持情节提要（在动画中使用），数据绑定以及命名成员（通过Name属性），获取派生类型定义的资源，创建派生类型的整体的大小。

//在\*.xaml文件中建立的标记会被转化为一个直接映射到相关的.NET命名空间中的一个完整对象模型，XAML文件中的每个元素都代表某个.NET命名空间中的一个类型名称如Button,Window,Application，一个起始元素范围内的特性将映射到这个特定类型的特性如Height,Width等和事件Startup,Click等

XAML可以描述任何程序集中的任何类型，只要它是一个非抽象类型，并且包含默认构造函数

<Window x:Class=”Ex0.MainWindow”

Xmlns=<http://schmas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation>

Xmlns=<http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml>

Xmlns:CorLib=”clr-namespace:System; assembly=”mscorlib”//引用外部类型

Title=”demo” Height=”256” Width=”512” WindowStartupLocation=”CenterScreen”>

//使用复杂数据隐式设置Content属性，WPF控件的内容模型只能设置一次Content属性，所以几乎在所有情况下，分配给Content属性的“单一内容”实际上是一个布局管理器，如DockPanel,Grid,Cavas or StackPanel。在布局管理器内，可以对控件进行任意组合，甚至可以内嵌另一个布局管理器

<StackPanel>

<Label Content =”{x:Static CorLib:Environment.OSVersion}”/> //字符串

<ListBox Width=”200” Height=”50”>

<ListBox.ItemsSource> //属性元素语法

<x:Array Type=”CorLib:String”> //标记扩展

<CorLib:String>Sun Kil</CorLib:String>

<CorLib:String>Sun Kil</CorLib:String>

</x:Array>

</ListBox.ItemsSource>

</ListBox>

</StackPanel>

</Window>

<Application x:Class=”Ex0.MyApp”

Xmlns=<http://schmas.microsoft.com/winfx/2006/xaml/presentation>

Xmlns=<http://schemas.microsoft.com/winfx/2006/xaml>

StartupUri=”MainWindow.xaml”

Exit=”AppExit”>

</Application>

Xmlns:x 建立一个XML命名空间声明

X:Class 使用命名空间x的class特性指定C#类的名称

How to use Presentation Toolkit by Philips?

How to add icons?

1. Add folder Icons
2. Right click -> Add Existing item… -> \IPF\_12.2.0\_Presentation\ExperienceIdentity\Icons\ZoomIn.xaml
3. Set Properties

Build Action: Resource

1. In App.xaml

<ResourceDictionary.MergedDictionaries>

<ResourceDictionary Source="/Philips.Platform.Presentation;component/ExperienceIdentity/ExperienceIdentity.Dark.xaml">

</ResourceDictionary>

<ResourceDictionary Source="Icons/ZoomIn.xaml"/>

</ResourceDictionary.MergedDictionaries>

1. In Window.xaml

<Button>

<Image Source="{StaticResource ZoomIn Icon}" Width="24" Height="24" .../>

</Button>

How to add cursor?

1. Add folder Cursors
2. Right click -> Add Existing item… -> \IPF\_12.2.0\_Presentation\ExperienceIdentity\Cursor\ZoomCursor.xaml
3. Set Properties

Build Action: Resource

1. In App.xaml

<ResourceDictionary.MergedDictionaries>

<ResourceDictionary Source="/Philips.Platform.Presentation;component/ExperienceIdentity/ExperienceIdentity.Dark.xaml">

</ResourceDictionary>

<ResourceDictionary Source=" Cursors /ZoomInCursor.xaml"/>

</ResourceDictionary.MergedDictionaries>

1. In Window.xaml

Cursor="{Binding Cursor, Source={StaticResource ZoomInCursor }}"

Or in window.cs

FrameworkElement temp = (FrameworkElement)this.TryFindResource("ZoomCursor");

this.Cursor = temp.Cursor;

FAQ of C#

1. How to extend method for existing class?

using System;

using System.Collections.Generic;

using System.Linq;

using System.Text;

// binary tree

namespace BinaryTree

{

public class Tree<TItem> where TItem : IComparable<TItem>

{

public TItem NodeData { get; set; }

public Tree<TItem> LeftTree { get; set; }

public Tree<TItem> RightTree { get; set; }

public Tree(TItem nodeValue)

{

this.NodeData = nodeValue;

this.LeftTree = null;

this.RightTree = null;

}

public void Insert(TItem newItem)

{

TItem currentNodeValue = this.NodeData;

if (currentNodeValue.CompareTo(newItem) > 0)

{

if (this.LeftTree == null)

{

this.LeftTree = new Tree<TItem>(newItem);

}

else

{

this.LeftTree.Insert(newItem);

}

}

else

{

if (this.RightTree == null)

{

this.RightTree = new Tree<TItem>(newItem) ;

}

else

{

this.RightTree.Insert(newItem);

}

}

}

public void WalkTree()

{

if (this.LeftTree != null)

{

this.LeftTree.WalkTree();

}

Console.WriteLine(this.NodeData.ToString());

if (this.RightTree != null)

{

this.RightTree.WalkTree();

}

}

}

}

// add extend method to binary tree

using BinaryTree;

static class ExtendMethod4Tree

{

public static void InsertIntoTree<TItem>(this Tree<TItem> tree, params TItem[] data) where TItem : IComparable<TItem>

{

if (data.Length == 0)

{

throw new ArgumentException("Must provide at least one data value");

}

foreach (TItem datum in data)

{

tree.Insert(datum);

}

}

}

// application

class Program

{

static void Main(string[] args)

{

Console.WriteLine("Hello World");

Tree<int> tree = new Tree<int>(10);

tree.Insert(5);

tree.Insert(11);

tree.WalkTree();

Console.WriteLine();

tree.InsertIntoTree('X', 'A', 'M', 'Z', 'Z', 'N');

tree.WalkTree();

Console.ReadKey();

}

}

How to understand covariance and contravariance?

// out is to denote T can only be as return

interface IRetrieveWrapper<out T>

{

T GetData() ;

}

class Wrapper<T> : IRetrieveWrapper<T>

{

private T storedData ;

T IRetrieveWrapper<T>.GetData()

{

return this.storedData ;

}

public Wrapper(T data)

{

this.storedData = data ;

}

static public void test()

{

Wrapper<string> stringWrapper = new Wrapper<string>("Hello") ;

IRetrieveWrapper<string> retrievedStringWrapper = stringWrapper ;

Console.WriteLine("stored value is {0}", retrievedStringWrapper.GetData()) ;

//Covariance preserves [assignment compatibility](http://blogs.msdn.com/ericlippert/archive/2009/11/30/what-s-the-difference-between-covariance-and-assignment-compatibility.aspx)

// derived type is assgined to based type as generic type argument

IRetrieveWrapper<object> retrievedOjbectWrapper = stringWrapper ;

Console.WriteLine("stored value is {0}", retrievedOjbectWrapper.GetData()) ;

}

}

// in is to denote T can only be based type or derived type

interface IComparer<in T>

{

int Compare(T x, T y);

}

class ObjectComparer : IComparer<Object>

{

int IComparer<object>.Compare(Object x, Object y)

{

int xHash = x.GetHashCode();

int yHash = y.GetHashCode();

if (xHash == yHash) return 0;

if (xHash < yHash) return -1;

return 1;

}

static public void test()

{

ObjectComparer objectComparer = new ObjectComparer();

IComparer<Object> objectComparator = objectComparer;

Console.WriteLine("result is {0}", objectComparator.Compare(new Object(), new Object()));

// based type is is assgined to derived type as generic type argument

IComparer<String> stringComparator = objectComparer;

Console.WriteLine("result is {0}", stringComparator.Compare("qzlin", "lin qizhong"));

}

}

How to implement Enumerator?

Commonly, the programmer simply use iterator (yield) to implement class with the function of Ieumerable, then this class could be traversed via foreach and LINQ

class EnumeratorTest<T> : IEnumerable<T>

{

private List<T> data = new List<T>();

public void FillList(params T[] items)

{

foreach (T datum in items)

{

data.Add(datum);

}

}

IEnumerator<T> IEnumerable<T>.GetEnumerator()

{

foreach (T datum in data)

{

yield return datum;

}

}

public IEnumerable<T> Reverse

{

get

{

for (int i = data.Count - 1; i >= 0; --i)

{

yield return data[i];

}

}

}

public static void test()

{

EnumeratorTest<string> bc = new EnumeratorTest<string>();

bc.FillList("Twas", "brillig", "and", "the", "slithy", "toves");

foreach (string word in bc)

{

Console.WriteLine(word);

}

foreach (string word in bc.Reverse)

{

Console.WriteLine(word);

}

}

}

How to override operator?

class Complex

{

public float Real { get; set; }

public float Imaginary { get; set; }

public Complex(float real, float imag)

{

this.Real = real;

this.Imaginary = imag;

}

// different to C++, both left hand side and right hand side are required for binary operator

// override operator require public + static

public static Complex operator +(Complex lhs, Complex rhs)

{

return new Complex(lhs.Real + rhs.Real, lhs.Imaginary + rhs.Imaginary);

}

// implicit and explicit conversion

public static implicit operator Complex(float from)

{

return new Complex(from, 0.0f);

}

public static explicit operator float(Complex from)

{

return from.Real;

}

public static void test()

{

Complex A = new Complex(1, 1);

Complex Z = A + 1.0f;

float real = (float)Z;

}

}

Static class, anonymous class?

Static class as container for tool method, such as Math.Sin(), Math.Sqrt()

Anonymous class only contains public field, all fields must be initialized, not be static and no include method

public static class Math

{

public static double Sin(double x) { }

public static double Cos(double x) { }

...

}

//anonymous class, for LINQ

var myAnonymousObject = new {Name="Zhou Jing", Age=44};

the difference of array parameter and parameter array?

static class Util

{

public static int Min1(int[] paramList)

{

if (paramList == null || paramList.Length == 0)

{

throw new ArgumentException("not enough parameter");

}

int currentMin = paramList[0];

foreach (int i in paramList)

{

if (i < currentMin) currentMin = i;

}

return currentMin;

}

public static int Min2(params int[] paramList)

{

// ditto

}

public static void test()

{

// array params require array initialized manually

int[] array = new int[2];

array[0] = 1;

array[1] = 2;

int min = Util.Min1(array);

// params array save code line

int m = Util.Min2(1, 2);

}

}

Extension method?

Allow to add extra static method to extend exsiting type

static class Util

{

// this is to denote extension method for int type

public static int Negate(this int i)

{

return -i;

}

// if class Util is in the same scope, then extension method could be called directly

public static void test()

{

int x = 591;

int y = x.Negate();

}

}

Delegate is like function declaration, but is type-safe

//other tools supply each API

// code like following is hard code,

// Controller type is closely connected to external API

// external API is inside class Controller

class Contoller

{

private FoldingMachine folder = new FoldingMachine();

private WeldingMachine welder = new WeldingMachine();

private PaintingMachine painter = new PaintingMachine();

public void ShutDown()

{

folder.StopFolding();

welder.FinishWelding();

painter.PaintOff();

}

}

// use delegate to disconnect

// external API is outside class Controller

class Controller

{

public delegate void stopMachineryDelegate(); // like function declaration

private stopMachineryDelegate stopMachinery;

public void Add(stopMachineryDelegate stopMehtod)

{

this.stopMachinery += stopMethod;

}

public void Remove(stopMachineryDelegate stopMethod)

{

this.stopMachinery -= stopMethod;

}

}

static class TestClass

{

public static void test()

{

// hard code, closely connect

Controller controller = new Controller();

controller.ShutDown();

// disconnect

Controller controller = new Controller();

FoldingMachine folder = new FoldingMachine();

WeldingMachine welder = new WeldingMachine();

PaintingMachine painter = new PaintingMachine();

controller.Add(folder.StopFolding);

controller.Add(welder.FinishWelding);

controller.Add(painter.PaintOff);

controller.ShutDown();

}

}

Lambda includes para list and method body (expression block)

() => {Math.Sin(0); Math.Cos(0);}

(object sender, CarEventArgs e) =>

{

if (sender is Car)

{

Car c = (Car) sender ;

fun(c, e) ;

}

}

//compiler transfer lambda method into anomounous

delegate(object sender, CarEventArgs e)

{

if (sender is Car)

{

Car c = (Car) sender ;

fun(c, e) ;

}

}

Event mechenism

Event type must be delegate

// event source class includes event declaration and event generation

class TemperatureMonitor

{

// event declaration

public delegate void StopMachineryDelegate();

public event StopMachineryDelegate MachineOverheating;

// event generation

private void Notify()

{

if (this.MachineOverheating != null)

{

this.MachineOverheating();

}

}

}

class TestClass

{

static void main()

{

TemperatureMonitor temp = new TemperatureMonitor();

// event subscriber

temp.MachineOverheating += () => StopFolding(0);

temp.MachineOverheating += FinishWelding;

}

void StopFolding(int x) { }

void FinishWelding() { }

}

//WPF GUI Event

// hide code

// event declaration

public delegate void RoutedEventHander(object sender, RoutedEventArgs e) ;

public class ButtonBase : ...

{

public event RoutedEventHander Click ;

...

}

public class Button : ButtonBase

{

}

// event generation

public partial class Example : Window, IComponentConnector

{

internal Button okay ;

void Connect()

{

this.okay.Click += new RoutedEventHander(this.okayClick) ;

}

}

// user code

// event subscriber

public partial class Example : Window

{

private void okayClick(object sender, RoutedEventArgs args)

{

// Click event implement

}

}

# Mix program for large application

UI via WPF

(including control, layout etc…)

Message via C#

(Event and Delegate, like Qt signal and slot)

Back door algorithm via COM or DLL

(reuse existing image processing

**Wrapper OpenCV as EMGU DLL**

**Wrapper ITK as simpleITK DLL**

Wrapper VTK as com

Optimize loop as C++ and wrapper C++ as COM )

COM

用户根据CLSID找到可重用的COM类所在的位置 → 通过类厂得到COM对象 → 用户根据IID来得到想调用的函数所在的接口→ 调用接口中的某函数指针。

对COM的要求，实际上就是需要一个虚基类，其定义了一组函数，然后COM类来继承这个基类

而当COM类要有多个供外界调用的函数时，可以把这些函数分别定义在一些虚基类中，然后再用多重继承的方法使COM类拥有这些函数。拥有一组虚函数的基类就是COM中的接口，其目的是定义COM对象被访问的方法。每个接口都被一个GUID标识，称为IID

COM规定了一个函数QueryInterface()，用来得到接口的指针

三. 接口的使用方法

首先，所有COM对象的接口都继承自IUnknown，而IUnknown中是有QueryInterface()函数的。

再次，COM对象的开头就是第一个接口的vtable，所以指向COM对象的指针同时也是指向第一个接口的指针。并且，由于接口都是继承自IUnknown，因此这个指针也一定是指向IUnknown的指针。这样一来的话就能够顺利调用QueryInterface()，得到某个接口的指针了。

然后，不管任何时候，只要有某接口的指针，就可以接着用QueryInterface()来得到该COM对象拥有的其它接口指针

COM库

COM组件有三个最基本的接口类，分别是IUnknown、IClassFactory、IDispatch。

一、初始化函数:  
1、CoBuildVersion 获取COM库的版本号。COM库也是在不断的升级的，这样会出现不同的版本号，当客户程序想要获取COM库的新功能和性能时必须要进行版本的检查，版本号分为主版本号和次版本号，主版本号放在返回值的高16位，次版本放在低16位。一般只要比较主版本号就可以了。  
2、CoInitialize COM库的初始化。COM库只有初始化后才可以使用，CoInitialize有一个参数，一个IMalloc的内存接口器，用于COM库内存的分配管理工作，如果CoInitialize参数指定为NULL,则由系统提供默认的管理器。CoInitialize返回三种值:S\_OK 初始化成功，S\_FALSE COM库已经在线程当中初始化了，RPC\_E\_CHANGE\_MODE 初始化失败。  
3、CoUninitialize COM库功能服务终止。当调用CoUninitialize时，CoUninitialize所在的DLL也将终止服务退出内存。CoUninitialize与CoInitalize配套使用。  
4、CoFreeUnusedLibraries 自动释放不再使用的DLL。注意，当调用CoFreeUnusedLibraries时，所调用的DLL并不是立即就退出的，而是要有一定的延迟。这是因为当有多个线程运行时，线程之间会因为争夺资源而产生某一线程暂停，CoFreeUnusedLibraries会误以为这是不再使用的线程，所以会去释放它，而实际它只是暂停而已。所以CoFreeUnusedLibraries一般会有十分钟的延迟时间。解决方法就是在代码里设置一个定时器，定时有调用CoFreeUnusedLibraries。  
二、跟GUID有关的函数：  
1、IsEqualGUID/IsEqualIID/IsEqualCLSID/三个函数分别是判断两个GUID/IID/CLSID是否相等。  
2、CLSIDFromProgID 根据ProgID的值在注册表里找到对应的CLSID的值,ProgID是为了方便记忆CLSID而取一个字符串名字。  
3、StringFromClSID 把CLISD的结构形式转换成字符串的形式。

三、对象创建函数：  
1、CoGetClassObject 获得对象的类厂。  
2、CoCreateInstance 创建COM对象。CoCreateInstance其实是对COM对象创建过程的封装。其过程是这样的：a.客户程序调用CoCreateInstance函数 b.CoCreateInstance函数调用CoGetClassObject函数 c.客户程序调用CoInitialize初始化COM库，COM库开始运行。d.COM库找到组件程序DLL，并进入它。e.在组件DLL里调用DLLGetClassObject函数，这个函数用于创建类厂，创建完类厂后把类厂对象的指针返回给CoGetClassObject函数。f.CoGetClassObject函数把类厂指针返回给CoCreateInstance函数，然后它调用类厂对象创建函数。g.类厂创建COM对象。h.类厂把COM对象返回给CoCreateInstance函数，CoCreateInstance函数返回。i.客户程序直接调用COM对象。  
3、CoCreateInstanceEx 创建COM对象，可指定多个接口或远程对象，这是为了避免客户程序与COM组件的频繁交互。这个函数用于组件外调用。  
4、CoRegisterClassObject  注册一个类厂接口，类厂接口是组件程序一启动就创建好了的，无论客户程序是否调用。  
5、CoRevokeClassObject 与CoRegisterClassObject配套使用。  
6、CoDisconnectObject 断开其它应用程序与对象的连接。  
四、内存管理函数：  
1、CoTaskMemAlloc 内存分配函数.当客户程序调用COM组件的一个功能接口时，如果这个接口函数的参数有[out]的参数，并且这个参数不是整形或浮点形时就要调用这个函数来审请一块内存。  
2、CoTaskMemRealloc 重新分配内存。  
3、CoTaskMemFree 与CoTaskMemAlloc函数配套使用。  
4、CoGetMalloc 获取COM库的内存管理器接口

# Appendix A

## GCC: GNU C Compiler -> CNU Compiler Collection

GCC原名为GNU C语言编译器（GNU C Compiler），只能处理C语言。但其很快扩展，变得可处理C++，后来又扩展为能够支持更多编程语言，如Fortran、Pascal、Objective-C、Java、Ada、Go以及各类处理器架构上的汇编语言等，所以改名GNU编译器套件（GNU Compiler Collection）

在使用GCC编译器的时候，我们必须给出一系列必要的调用参数和文件名称。GCC编译器的调用参数大约有100多个.

$gcc [options] [filenames]s

-c只编译不链接成为可执行文件，编译器只是由输入的.c等源代码文件生成.o为后缀的目标文件，通常用于编译不包含主程序的子程序文件。

-o 输出文件为output\_filename （若不给，则默认可执行文件a.out），输出文件和源文件不能同名。

-g，产生符号调试工具（GNU的gdb）所必要的符号资讯，要想对源代码进行调试，我们就必须加入这个选项。

-O，对程序进行优化编译、链接，采用这个选项，整个源代码会在编译、链接过程中进行优化处理，这样产生的可执行文件的执行效率可以提高，但是，编译、链接的速度就相应地要慢一些。

-Idirname，将dirname所指出的目录加入到程序头文件目录列表中

$ gcc –version



## Conan - C/C++包管理器

<https://docs.conan.io/>

运用于跨平台开发、库分发和版本控制. 1) using libraries already packaged by Conan, 2) how to package your libraries and store them in a remote server alongside all the precompiled binaries.

**Make** runs commands defined in a Makefile to build and install programs with the compiler and linker. (Developer writes Makefile.)

**CMake** is a build system to automatically create Makefile from a CMakeLists.txt. (Developer writes CMakeLists.txt)

**Conan** installs dependencies listed in a conanfile.txt, and prepares the build system to link with the dependencies. (Developer writes conanfile.txt and CMakeLists.txt)

### Conan 1.59

<https://docs.conan.io/en/1.59/introduction.html>

<https://ccup.github.io/conan-docs-zh/03-getting-started.html>

* **常见命令**

$ pip install conan==1.59

c:\python\python37\lib\site-packages\conans\conan.py

$ python -m conans.conan --help // 通过python执行模块conans.conan

$ conan --version

基于当前操作系统的配置文件

$ ls ~/.conan/ // win: C:\Users\Administrator\.conan

~/.conan/profiles/default

[settings] // project-wide configuration like os, compiler or build configuration.

os=Linux

os\_build=Linux

arch=x86\_64

arch\_build=x86\_64

compiler=gcc

compiler.version=10

compiler.libcxx=libstdc++

build\_type=Release

[options] // package-specific configuration

[build\_requires]

[env] // environment variables

Conan第一次启动时自动配置好默认 Profile, 若没有，执行下列命令

**$ conan profile detect --force**

若gcc只有8.5,

$ sudo dnf install gcc-toolset-10 // centos or Almalinux8系统升级gcc 10

$ sudo dnf install gcc-toolset-12 // centos or Almalinux8系统升级gcc 12

$ source /opt/rh/devtoolset-8/enable

$ls -al ~/.conan/data/ // conan local cache for libraries

$ conan --help

$ conan search zlib // search zlib from local

$ conan search boost\* -r=conancenter // search zlib from conan.center

$ conan inspect zlib/1.2.13 // 查看包信息

$ conan get zlib/1.2.13@ . // 列出本地包里的文件：

$ conan get zlib/1.2.13 // print conanfile.py

Conan软件包格式：名称/版本@用户/渠道，如boost/1.70.0@conan/stable

类似python包管理器pip把包装在用户目录(虚拟环境)或全局环境中, Conan 提供$CONAN\_USER\_HOME来让用户指定工作目录，类似于 Python 的 Virtual Environment。

$ conan remote list // 列出目前配置的远端库

$ conan remote add my-repo <http://my-repo.com/xxx> // 添加源

$ conan remote update my-repo http://my-repo.com/xxx --insert=0 // insert首源

$ conan remote remove my-repo // 删除一个源

$ conan upload [hello/0.1@demo/testing](mailto:hello/0.1@demo/testing) --all -r=conancenter //上传包

$ conan install --help //了解conan install命令

//下载安装包。先本地缓存然后软件源获取软件包。

$ conan install zlib/1.2.13@ //@很重要，否则zlib/1.2.13会被当成文件路径

//基于conanfile.txt/py and ~/.conan/profiles/default下载和安装依赖库，创建build\_release/conanbuildinfo.cmake文件

$ conan install . –profile=default \ // by default, conan install use default profile

--install-folder=build\_release \ //生成build\_release目录

--build=missing//若本地和远端仓库没有预编译包，下载源文件并编译包

当向 Conan 请求安装依赖时，Conan 会拿着编译相关的配置信息去服务器请求是否有对应平台的预构建二进制包，如果有，则直接下载并解压到本地的缓存仓库中，否则，会执行对应的构建脚本，构建出符合当前平台的二进制包。

A screenshot of a computer

Description automatically generated

获取下来的包存在本地缓存（一般在.conan/data目录下），以供别的工程复用

$ conan remove "hello\*" // 删除本地包

$ conan new hello/0.1 -s -t // 初始化包，含源码和测试码

$ conan create . demo/testing // 创建包，测试包

相当于

$ conan export . demo/testing

$ conan install hello/0.1@demo/testing --build=hello // create package

$ conan test test\_package [Hello/0.1@demo/testing](mailto:Hello/0.1@demo/testing) //consume package

* **Example: Consume package**

md5

src/main.cpp

conanfile.txt

CMakeLists.txt

**src/main.cpp**

#include "Poco/MD5Engine.h"

#include "Poco/DigestStream.h"

#include <iostream>

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

{

Poco::MD5Engine md5;

Poco::DigestOutputStream ds(md5);

ds << "abcdefghijklmnopqrstuvwxyz";

ds.close();

std::cout << Poco::DigestEngine::digestToHex(md5.digest()) << std::endl;

return 0;

}

**By default, Release and static libaries**

**conanfile.txt**

[requires]

poco/1.9.4

[generators]

cmake

$ conan install . \

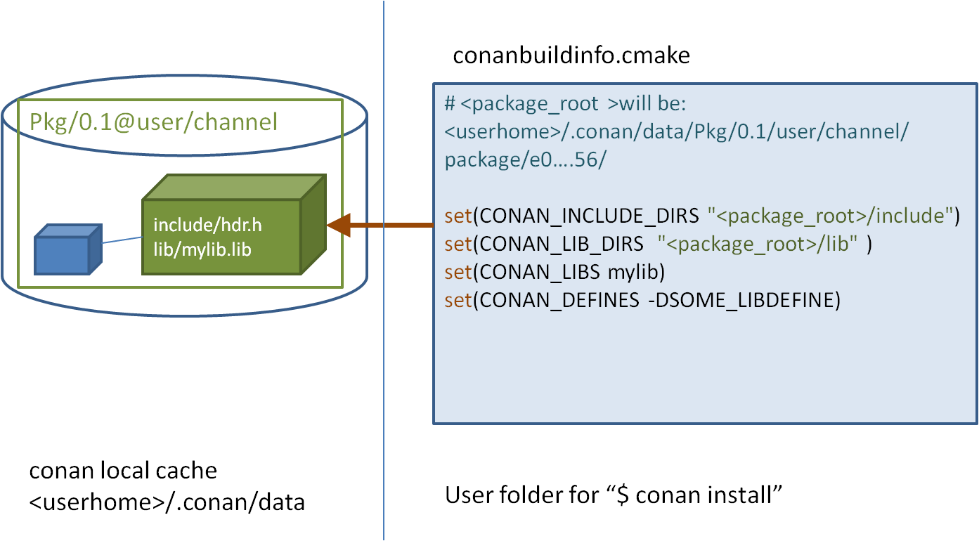
--install-folder=build\_release \

--build=missing

Conan除了安装了直接依赖的Poco，还安装了间接依赖的OpenSSL和zlib库。同时生成(构建系统需要的文件):

build\_release/conanbuildinfo.cmake //在该文件中能够看到各种CMake变量

build\_release/conaninfo.txt //配置、依赖和构建选项信息



可以从conanbuildinfo.cmake中找到每个包的头文件和生成的库文件

**CMakeLists.txt**

cmake\_minimum\_required(VERSION 2.8.12)

project(MD5Encrypter)

add\_definitions("-std=c++11")

include(${CMAKE\_BINARY\_DIR}/conanbuildinfo.cmake)

conan\_basic\_setup()

add\_executable(md5 src/md5.cpp)

target\_link\_libraries(md5 ${CONAN\_LIBS})

// Unix use Make Generator

build\_release $ cmake .. -G "Unix Makefiles" -DCMAKE\_BUILD\_TYPE=Release

build\_release $ cmake --build .

build\_release $ ./bin/md5

// win use vs generator

build\_release $ cmake .. -G "Visual Studio 17 2022"

build\_release $ cmake --build . --config Release

build\_release $ bin\md5.exe

**Release and shared libraries**

conanfile.txt

…

[imports] //自动将包的所有dll和dylib文件拷贝到当前工程的bin目录下

bin, \*.dll -> ./bin

lib, \*.dylib\* -> ./bin

动态库需要加入到系统路径中才能被找到，Linux上一般在环境变量LD\_LIBRARY\_PATH中指定，OSX系统中则是DYLD\_LIBRARY\_PATH，而Windows则是加入系统PATH中。一般情况下将动态库拷贝到这些路径下，就可以被查找到。在Windows和OSX下，最简单的方式是将动态库拷贝到可执行程序所在的目录下，这样它们就可以被可执行程序找到，而不用去修改系统路径。利用conanfile.txt的[import]段可以自动完成这件事。

$ conan install . \

-if build\_release \

-o poco:shared=True -o openssl:shared=True \

-b missing

$ conan install . -if build\_release -o \*:shared=True # or apply to many packages

-if stands for --install-folder

-o stands for --options

-b stands for --buid

build\_release $ cmake .. -G "Visual Studio 17 2022"

build\_release $ cmake --build . --config Release

build\_release $ bin\md5.exe

**Debug and shared libraries**

$ conan install . \

-if build\_debug \

-o \*:shared=True \

-s build\_type=Debug \

-b missing

build\_debug $ cmake .. -G "Visual Studio 15 Win64"

build\_debug $ cmake --build . --config Debug

build\_debug $ bin\md5.exe

如何debug?

要能够调试一个包的源码，调试器需要能找到源码以及可供调试的信息（Visual Studio中的pdb文件，对于MAC和Unix系统，位于库本身中）

一般情况下，Conan的包中没有包含调试信息文件, 我们可以在开发者的机器上直接编译一个可供调试的包

$ conan install <reference> \

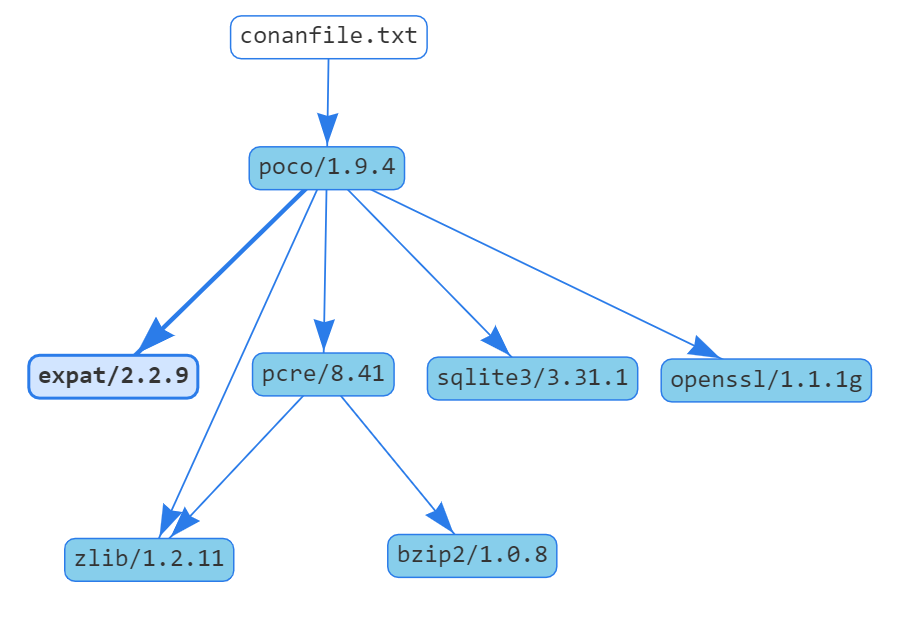
--build <name> \

--profile <debug\_profile>

// generate a graph of your dependencies

$ conan info . --graph=file.html

$ file.html



* **Example: Create package**

$ mkdir hellopkg && cd hellopkg

$ conan new hello/0.1 -s -t

-s generates source code

-t generates test\_package containing app that will require and link with created package

hellopkg

src

hello.h

hello.cpp

CMakeLists.txt

conanfile.py

develop/conan/gcc8\_debug

test\_package // 包的消费者

example.cpp

CMakeLists.txt

conanfile.py

**develop/conan/gcc8\_debug**

[settings]

os=Linux

os\_build=Linux

arch=x86\_64

arch\_build=x86\_64

compiler=gcc

compiler.version=8.5 // the version of gcc installed locally

compiler.libcxx=libstdc++

build\_type=Debug

[options]

[conf]

[build\_requires]

[env]

**conanfile.py**

from conans import ConanFile, CMake

class HelloConan(ConanFile): // 创建包hello/0.1

name = "hello"

version = "0.1"

settings = "os", "compiler", "build\_type", "arch"

options = {"shared": [True, False], "fPIC": [True, False]}

default\_options = {"shared": False, "fPIC": True}

generators = "cmake"

// 指示Conan将本地src目录下所有文件导出到包里

exports\_sources = "src/\*"

def config\_options(self):

if self.settings.os == "Windows":

del self.options.fPIC

def build(self): // 配置项目的构建过程

cmake = CMake(self)

cmake.configure(source\_folder="src")

cmake.build()

def package(self): // 将头文件和libs从build目录下拷贝到最后的包目录下

self.copy("\*.h", dst="include", src="src")

self.copy("\*.lib", dst="lib", keep\_path=False)

self.copy("\*.dll", dst="bin", keep\_path=False)

self.copy("\*.dylib\*", dst="lib", keep\_path=False)

self.copy("\*.so", dst="lib", keep\_path=False)

self.copy("\*.a", dst="lib", keep\_path=False)

def package\_info(self):

self.cpp\_info.libs = ["hello"]

package\_info定义用户使用这个包的时候需要链接名为hello的库文件。其它的信息如include或者lib文件路径等都可以定义在这里。这些信息将会被Conan的generator使用并写入生成的文件中(conanbuildinfo.cmake)，供最终用户使用。

// 下载安装依赖包，并生成build\_debug/conaninfo.txt and conanbuildinfo.cmake

$ conan install . \

--install-folder=build\_debug \

--profile=develop/conan/gcc8\_debug

生成目录及文件：

build\_debug

conan.lock

conanbuildinfo.cmake

conanbuildinfo.txt

conaninfo.txt

// 构建, 即conanfile.py/build()

$ conan build . \

--build-folder=build\_debug

生成目录及文件：

build\_debug

CMakeFiles/\*

lib/libhello.a

cmake\_install.cmake

CMakeCache.txt

graph\_info.json

Makefile

// 打包，即conanfile.py/package()

$ conan package . \

--build-folder=build\_debug \

--package-folder=build\_debug/package

生成目录及文件：

build\_debug

package

include/hello.h

lib/libhello.a

conaninfo.txt

conanmanifest.txt

// 将包导出到本地conan cache

$ conan export-pkg . hello/0.1@ \

--source-folder=./

--build-folder=build\_debug

生成目录及文件：

~/.conan/data/hello/0.1/\_/\_/

package // 同上

export\_source/src //源代码

hello.h

gello.cpp

CMakeLists.txt

export/conanfile.py

// 测试包

$ conan test test\_package hello/0.1@ \

-pr develop/conan/gcc8\_debug

生成目录及文件：

test\_package

build

// 创建包测试包，即conan create = conan install + build + package + export-pkg

$ conan create . hello/0.1@

conan create 命令行参数相当于conan install

$ conan create . demo/testing \

-s build\_type=Debug \

-o hello:shared=True

$ conan search [hello/0.1@demo/testing](mailto:hello/0.1@demo/testing) //demo/testing是user/channel

conan create 内部过程：

1. 从用户的目录(mypkg)导出conanfile.py到本地缓存；安装包，从源码构建；
2. 在test\_package目录下创建一个临时的build目录；执行'conan install ..'命令，安装test\_package/conanfile.py中描述的依赖；
3. 通过调用test\_package/conanfile.py中的build()和test()函数，执行example的构建和运行。

**创建的包在 ~\.conan\data\hello\0.1\demo\testing**

build //从源码执行构建的产物放在这里，多个二进制配置对应多个子目录

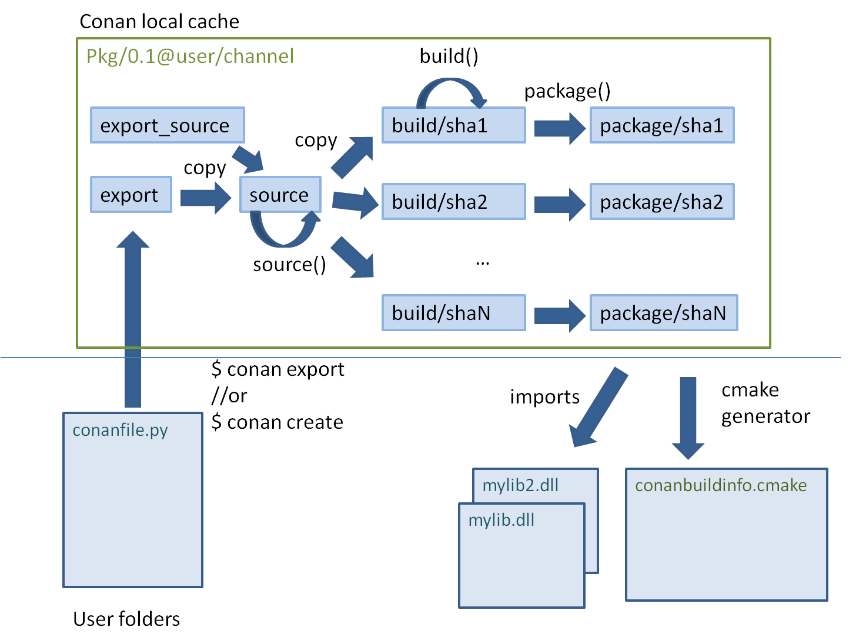
export //包的配置文件

export\_source // 包配置中exports\_sources属性指明的代码将会被拷贝到这里

source // 构建所需要的源码存在这里

package //最终的包目录。每个二进制配置下都将会有一个

包的创建过程：



1. 通过conan export/create将包导出。conanfile.py以及通过export\_sources字段指定的文件都将被拷贝到用户的临时缓存中。
2. export以及export\_source下的文件被拷贝到source目录下，然后source()函数（如果有的话）就会被执行。
3. 对于每个不同的settings和options配置，都将会有一个不同的package ID通过配置的SHA-1哈希算出来。源码将会被拷贝进build/hashXXXfolder，然后build()函数将会被触发。
4. package()函数被执行，从build/hashXXX目录下将对应的文件拷贝到package/hashXXX目录下。
5. package\_info()用于对用户的构建系统产生所有需要依赖的信息(如conanbuildinfo.cmake)。
6. imports将会从本地缓存中拷贝需要的生成物到用户空间中。

**test\_package/conanfile.py**

import os

from conans import ConanFile, CMake, tools

class HelloTestConan(ConanFile):

settings = "os", "compiler", "build\_type", "arch"

generators = "cmake"

def build(self):

cmake = CMake(self)

cmake.configure()

cmake.build()

def imports(self): // 将所有共享库拷贝进当前的bin目录下

self.copy("\*.dll", dst="bin", src="bin")

self.copy("\*.dylib\*", dst="bin", src="lib")

self.copy('\*.so\*', dst='bin', src='lib')

def test(self): // 指明我们需要跑的二进制程序

if not tools.cross\_building(self):

os.chdir("bin")

self.run(".%sexample" % os.sep)

因为只用来测试不发布包, 所以不包含name，version，package()和package\_info()

* **Build systems**

Conan can be integrated with any build system.

Generators (like cmake): Conan can write files in different formats gathering all the information from the dependency tree, like include directories, library names, library dirs…

Build Helpers: Conan provides some classes to help calling your build system, translating the settings and options to the arguments, flags or environment variables that your build system expect.

1. use the cmake generator to define all your requirements in CMake syntax. It creates a file named build/conanbuildinfo.cmake that can be imported from your CMakeLists.txt

**conanfile.py**

from conans import ConanFile, CMake, tools

class LibConan(ConanFile):

generators = " cmake", "cmake\_find\_package"

requires = "zlib/1.2.11"

# it will find the packages by using our auto-generated FindXXX.cmake files

def build(self):

cmake = CMake(self)

cmake.configure()

cmake.build()

1. use the cmake\_find\_package generator to creates a file for each requirement specified in a conanfile. For the zlib/1.2.11 package, a build/FindZLIB.cmake file will be generated. Then the CMake build helper will automatically adjust the CMAKE\_MODULE\_PATH to the conanfile.install\_folder,

**CMakeLists.txt**

cmake\_minimum\_required(VERSION 3.0)

project(helloworld)

add\_executable(helloworld hello.c)

find\_package(ZLIB) // call build/FindZLIB.cmake, then ~/.conan/data/zlib

# Global approach

if(ZLIB\_FOUND)

include\_directories(${ZLIB\_INCLUDE\_DIRS})

target\_link\_libraries (helloworld ${ZLIB\_LIBRARIES})

endif()

# Modern CMake targets approach

if(TARGET ZLIB::ZLIB)

target\_link\_libraries(helloworld ZLIB::ZLIB)

endif()

1. invoke CMake from your conanfile.py file and automate the build of your library/project.

**conanfile.py**

class LibConan(ConanFile):

…

def build(self):

cmake = CMake(self)

cmake.configure()

cmake.build()

CMake() calls the cmake command both for creating Conan packages or automating your project build with the conan build . command. The CMake() helper will take into account your settings in order to automatically set definitions and a generator according to your compiler, build\_type, etc

1. Find Packages

If a FindXXX.cmake file for the library you are packaging is already available, it should work automatically. The CMake find\_library function will be able to locate the libraries in the package’s folders.

If FindXXX.cmake scripts are not ready like fixed installation directories like C:\OpenSSL, In these cases we can provide a custom FindXXX.cmake file in our Conan packages.

**FindZLIB.cmake** (refer to from Kitware (folder Modules/FindXXX.cmake)

find\_path(ZLIB\_INCLUDE\_DIR NAMES zlib.h PATHS ${CONAN\_INCLUDE\_DIRS\_ZLIB})

find\_library(ZLIB\_LIBRARY NAMES ${CONAN\_LIBS\_ZLIB} PATHS ${CONAN\_LIB\_DIRS\_ZLIB})

set(ZLIB\_FOUND TRUE)

set(ZLIB\_INCLUDE\_DIRS ${ZLIB\_INCLUDE\_DIR})

set(ZLIB\_LIBRARIES ${ZLIB\_LIBRARY})

mark\_as\_advanced(ZLIB\_LIBRARY ZLIB\_INCLUDE\_DIR)

**conanfile.py**

class LibConan(ConanFile):

…

exports\_sources = ["FindXXX.cmake"]

def package(self):

self.copy("FindXXX.cmake", ".", ".")

$ conan create . user/channel // create package ` lib/1.0@user/channel `

When conan install is executed, a file named conanbuildinfo.cmake is created. You can include conanbuildinfo.cmake in your project’s CMakeLists.txt to manage your requirements. It simply provides CONAN\_ variables and some useful macros. This approach makes all dependencies visible to all CMake targets and may also increase the build times due to unneeded include and library path components.

**CMakeLists.txt**

include(${CMAKE\_BINARY\_DIR}/conanbuildinfo.cmake)

conan\_basic\_setup() // set global include directories, libraries directories, definitions

add\_executable(timer timer.cpp)

target\_link\_libraries(timer ${CONAN\_LIBS})

if link part libraries, use TARGETS and CONAN\_PKG::package

**CMakeLists.txt**

include(${CMAKE\_BINARY\_DIR}/conanbuildinfo.cmake)

conan\_basic\_setup(TARGETS) // set global include directories, libraries directories, definitions

add\_executable(timer timer.cpp)

target\_link\_libraries(timer CONAN\_PKG::package\_name)

### Conan 2.0

<https://docs.conan.io/2/introduction.html>

$ pip install conan

如mmsim里安装在~/.local/lib/python3.9/site-packages/conans/conan.py

$ python3 -m conans.conan --help // 通过python执行模块conans.conan

$ ls ~/.conan2/ // win: C:\Users\Administrator\.conan2

* **范例：consume packages**

├── CMakeLists.txt

├── conanfile.txt

└── src

└── main.c

**main.c**

#include <zlib.h> // main.c 依赖于库#include <zlib.h>

**CMakeLists.txt**

cmake\_minimum\_required(VERSION 3.15)

message("Building with CMake version: ${CMAKE\_VERSION}")

project(compressor C)

find\_package(ZLIB REQUIRED)

add\_executable(${PROJECT\_NAME} src/main.c) // build executable

target\_link\_libraries(${PROJECT\_NAME} ZLIB::ZLIB) // link libraries

Our application relies on the **Zlib** library. Conan, by default, tries to install libraries from a remote server called ConanCenter.

$ conan search zlib // search zlib from conan.center

// manage dependencies via conanfile.txt or conanfile.py

**conanfile.txt**

[requires] // libraries, 格式： library/version@owner/branch

zlib/1.2.11

zlib/[~1.2] // reolve to zlib/1.2.x

zlib/[>1.2] // reolve to zlib/1.3.x, 1.4.x, …

[tool\_requires] // build tools

cmake/3.22.6

[generators] // generate files that compilers/build systems will use

CMakeDeps

CMakeToolchain

**Or conanfile.py // conan recipe**

from conan import ConanFile

class CompressorRecipe(ConanFile):

settings = "os", "compiler", "build\_type", "arch" //affect the value of the package ID

generators = "CMakeToolchain", "CMakeDeps"

def requirements(self):

self.requires("zlib/1.2.11")

def build\_requirements(self):

self.tool\_requires("cmake/3.22.6")

$ conan lock create . // create lockfile: conan.lock, `conan install .` use it by default

The lockfile conan.lock force to exact revision.

**By default, Release and static libaries**

generate the build/conanbuildinfo.cmake used by CMakeLists.txt.

When you declared tool\_requires, Conan generated a new file called build/conanbuild.sh.

$ conan install . --output-folder=build --build=missing// conanfile.txt is in the parent dir

--output-folder=build 生成文件都在build文件夹中，比如build/conanbuildinfo.cmake

--build=missing 若本地和远端仓库没有预编译包，下载源文件并编译包

--profile=default by default, conan install use default profile

$ cd build

Linux System

$ source conanbuild.sh // Activate the virtual environment

$ cmake --version

// run build system to create the Makefile, CMakeLists.txt in parent dir

$ cmake .. -DCMAKE\_TOOLCHAIN\_FILE=conan\_toolchain.cmake -DCMAKE\_BUILD\_TYPE=Release

// cmake --build . or make to build program using the generated Makefile

$ cmake --build .

$ ./compressor

$ source deactivate\_conanbuild.sh // deactivate virtual env

Window System

$ conanbuild.bat

$ cmake .. -G "Visual Studio 17 2022" -DCMAKE\_TOOLCHAIN\_FILE=conan\_toolchain.cmake

$ cmake --build . --config Release

$ Release\compressor.exe

$ deactivate\_conanbuild.bat

**Debug version**

$ conan install . --output-folder=build --build=missing --settings=build\_type=Debug // debug

`--settings=build\_type=Debug` overrides ~/.conan/profiles/default

Linux system

$ cmake .. -DCMAKE\_TOOLCHAIN\_FILE=conan\_toolchain.cmake -DCMAKE\_BUILD\_TYPE=Debug

$ cmake --build .

$ ./compressor

Window system

$ cmake .. -G "Visual Studio 17 2022" -DCMAKE\_TOOLCHAIN\_FILE=conan\_toolchain.cmake

$ cmake --build . --config Debug

$ Debug\compressor.exe

**Release and shared libraries**

// default is linking static lib, set shared=True for shared lib

$ conan install . --output-folder=build --build=missing --options=zlib/1.2.11:shared=True

shared libraries (.dll in windows, .dylib in OSX and .so in Linux), are loaded at runtime.

On Windows, the dynamic linker will search in the same directory then in the PATH directories.

On OSX, it will search in the directories declared in DYLD\_LIBRARY\_PATH.

On Linux will use the LD\_LIBRARY\_PATH.

The generated `conanrun.sh/bat` sets PATH, LD\_LIBRARY\_PATH, DYLD\_LIBRARY\_PATH and DYLD\_FRAMEWORK\_PATH environment variables so that executables can find the shared libraries.

Linux System

$ cmake .. -DCMAKE\_TOOLCHAIN\_FILE=conan\_toolchain.cmake -DCMAKE\_BUILD\_TYPE=Release

$ cmake --build .

$ source conanbuild.sh // Activate the virtual environment

$ ./compressor

$ source deactivate\_conanbuild.sh // deactivate virtual env

Window System

$ cmake .. -G "Visual Studio 17 2022" -DCMAKE\_TOOLCHAIN\_FILE=conan\_toolchain.cmake

$ cmake --build . --config Release

$ conanbuild.bat

$ Release\compressor.exe

$ deactivate\_conanbuild.bat

**Debug version**

$ conan install . --output-folder=build --build=missing --settings=build\_type=Debug // debug

`--settings=build\_type=Debug` overrides ~/.conan/profiles/default

Linux system

$ cmake .. -DCMAKE\_TOOLCHAIN\_FILE=conan\_toolchain.cmake -DCMAKE\_BUILD\_TYPE=Debug

$ cmake --build .

$ ./compressor

Window system

$ cmake .. -G "Visual Studio 17 2022" -DCMAKE\_TOOLCHAIN\_FILE=conan\_toolchain.cmake

$ cmake --build . --config Debug

$ Debug\compressor.exe

* **范例：create packages**

// create a “Hello World” C++ library example project

$ conan new cmake\_lib -d name=hello -d version=1.0

├── CMakeLists.txt

├── conanfile.py // defining how the package is built and consumed

├── include

│ └── hello.h

├── src

└── hello.cpp

**conanfile.py**

from conan import ConanFile

from conan.tools.cmake import CMakeToolchain, CMake, cmake\_layout

from conan.tools.scm import Git

class helloRecipe(ConanFile):

name = "hello" # package name

version = "1.0"

settings = "os", "compiler", "build\_type", "arch"

options = {"shared": [True, False], "fPIC": [True, False], "with\_fmt": [True, False]}

default\_options = {"shared": False, "fPIC": True, "with\_fmt": True}

# define which sources are part of the Conan package

exports\_sources = "CMakeLists.txt", "src/\*", "include/\*"

# if source files not in same folder as conanfile, use source() instead of exports\_sources

def source(self):

git = Git(self)

git.clone(url="https://github.com/conan-io/libhello.git", target=".")

git.checkout("require\_fmt") # checkout branch `require\_fmt`

# Conan invoke CMakeDeps, generate config files CMake needs to find the fmt library.

generators = "CMakeDeps"

def requirements(self):

self.requires("fmt/8.1.1")

def config\_options(self): # constraint options

if self.settings.os == "Windows":

del self.options.fPIC

def configure(self): # configure options/settings

del self.settings.compiler.cppstd # packaging C library don’t need c++ settings

del self.settings.compiler.libcxx

# declare folder for generated binaries or files via generate()

def layout(self):

cmake\_layout(self)

# create a conan\_toolchain.cmake, translates Conan settings/options to CMake syntax.

def generate(self):

tc = CMakeToolchain(self)

if self.options.with\_fmt:

tc.variables["WITH\_FMT"] = True // use WITH\_FMT in CMakeLists.txt

tc.generate()

def build(self): # configure the project and build it from source

cmake = CMake(self)

cmake.configure()

cmake.build()

# copies artifacts (headers, libs) from build/\* to package/\*

def package(self):

cmake = CMake(self)

cmake.install()

def package(self):

self.copy(pattern="\*.h", src=self.source\_folder+"include", dst= self.package\_folder+"include")

self.copy(pattern="\*.a", src=self.build\_folder, dst= self.package\_folder+"lib")

self.copy(pattern="\*.so", src=self.build\_folder, dst= self.package\_folder+"lib")

self.copy(pattern="\*.lib", src=self.build\_folder, dst=self.package\_folder+"lib")

self.copy(pattern="\*.dll", src=self.build\_folder, dst= self.package\_folder+"bin")

self.copy(pattern="\*.dylib", src=self.build\_folder, dst= self.package\_folder+"lib")

# defines that consumers must link with a “hello” library when using this package

def package\_info(self):

self.cpp\_info.libs = ["hello"]

# conan sets libdirs = ["lib"] and includedirs = ["include"] by default

self.cpp\_info.libdirs = ["lib"]

self.cpp\_info.includedirs = ["include"]

**CMakeLists.txt**

cmake\_minimum\_required(VERSION 3.15)

project(hello CXX)

add\_library(hello src/hello.cpp)

target\_include\_directories(hello PUBLIC include)

set\_target\_properties(hello PROPERTIES PUBLIC\_HEADER "include/hello.h")

if (WITH\_FMT)

find\_package(fmt)

target\_link\_libraries(hello fmt::fmt)

target\_compile\_definitions(hello PRIVATE USING\_FMT=1)

endif()

install(TARGETS hello)

// **build from source for package** e.g., hello/1.0

calling the generate(), build() and package() methods. This creates the binary package in the Conan cache. `~/.conan2` folder to store the built packages.

$ conan create . --build=missing -o with\_fmt=True // same parameters as conan install

$ conan create . -s build\_type=Debug

$ conan create . -o hello/1.0:shared=True

$ conan install .

$ conan list hello // validate recipe/package in the cache ~/.conan2

FAQ:

Local cache of conan might be corrupted, $rm -r ~/.conan2/p

## CMakeLists.txt文件 (自动生成Makefile)

多平台编译工具，构建测试和打包。

软件开发三步骤： 编译源码，链接库，将应用程序打包为库或二进制文件

<https://cmake.org/cmake/help/latest/guide/tutorial/index.html>

Modern CMake 最佳实践 <https://www.jianshu.com/p/8abf754654c4>

cmake\_minimum\_required(VERSION 3.24) #声明要求的最低Cmake版本

project(trauma) #CMake工程名

set(CMAKE\_CXX\_STANDARD 23) #指定C++23, set是赋值变量

include\_directories(utils) # 模板文件json.hpp, crefile.hpp放在这里

include\_directories(Eigen) #包括Eigen头文件目录及文件

add\_executable(trauma main.cpp json.h trauma.h trauma.cpp ) #生成可执行文件

CMkeLists.txt执行顺序：逐层执行

* 首先执行cmake指定路径下的CMakeLists
* 遇到ADD\_SUBDIRECTORY时执行子目录的CMakeLists.txt
* 返回跳转位置的下一条指令，然后顺序执行

每个源代码子目录都存在CMakeLists.txt

IF控制语句

project(projectname [CXX] [C] [Java]) #工程名称和支持的语言

set(<variable> <value>) #定义变量

${ variable } #引用变量

message("message to display"...)

find\_package(OpenCV REQUIRED) # 寻找和加载外部项目

add\_subdirectory(source\_dir [binary\_dir]) # 添加源文件子目录，指定生成目标文件位置

INSTALL # 安装目标二进制、动态库、静态库以及文件、目录、脚本等

add\_library (name dir) #dir目录下源文件生成libname.a

add\_library(libname SHARED source1 source2 ... sourceN) #生成libname.so

add\_executable(hello ${SRC\_LIST}) #生成可执行文件hello

# 向工程添加多个特定的头文件搜索路径

include\_directories([AFTER|BEFORE] [SYSTEM] dir1 dir2 ...)

# 设置include文件查找的目录

target\_include\_directories(<target>[SYSTEM][BEFORE]<INTERFACE|PUBLIC|PRIVATE> [items])

# 为可执行程序exec添加需要链接的静态库或共享库

target\_link\_libraries(exec library1<debug | optimized> library2...)

#抓取全部的cpp文件到${ SOURCES}

file(GLOB SOURCES ${PROJECT\_SOURCE\_DIR}/Xxxx/\*.cpp)

相当于SET(SOURCES A.cpp B.cpp …)

#把生成的全部的lib文件输出到某个文件夹下

set(LIBRARY\_OUTPUT\_PATH ${PROJECT\_SOURCE\_DIR}/lib)

#把生成的全部的dll和exe输出到某个文件夹下

set(EXECUTABLE\_OUTPUT\_PATH ${PROJECT\_SOURCE\_DIR}/bin)

# 用于代码复用，将代码写在.cmake文件中， include加载并运行代码

INCLUDE(GenerateExportHeader)

INCLUDE(CMakePackageConfigHelpers)

INCLUDE(GNUInstallDirs)

cmake/colors.cmake

macro(define\_colors)

…

endmacro()

CMakeLists.txt 调用colors.cmake模块中的define\_color宏

include(cmake/colors.cmake)

define\_colors()

范例：生成并安装可执行文件

hello

src

main.cc

CMakeLists.txt

CMakeLists.txt

README.md

runhello.sh

**CMakeLists.txt**

PROJECT(hello)

ADD\_SUBDIRECTORY(src bin) #将src子目录加入工程，并指定编译生成文件在bin中

# 将文件README.md安装到${CMAKE\_INSTALL\_PREFIX}/share/doc/cmake中

INSTALL(FILES README.md DESTINATION share/doc/cmake)

# 将程序runhello.sh安装到${CMAKE\_INSTALL\_PREFIX}/bin中

INSTALL(PROGRAMS runhello.sh DESTINATION bin)

# 将目录doc/安装到${CMAKE\_INSTALL\_PREFIX}/share/doc/cmake中

INSTALL(DIRECTORY doc/ DESTINATION share/doc/cmake)

**src/CMakeLists.txt**

ADD\_EXECUTABLE(hello main.cc) #对源代码编译，生成hello放在bin中

// 在build目录中进行cmake操作

hello$ mkdir build && cd build

build$ cmake ..

build$ bin/hello // 执行hello程序

//安装

build$ make install //执行CMakeLists.txt/INSTALL指令

范例：生成并安装动态库或静态库

hello

src

hello.cc

hello.h

CMakeLists.txt

CMakeLists.txt

**CMakeLists.txt**

PROJECT(hello)

ADD\_SUBDIRECTORY(src bin) #将src子目录加入工程，并指定编译生成文件在bin中

INSTALL(FILES hello.h DESTINATION include/hello)

INSTALL(TARGETS hello LIBRARY DESTINATION lib)

**src/CMakeLists.txt**

SET(LIBHELLO\_SRC hello.cc)

ADD\_LIBRARY(hello SHARED ${LIBHELLO\_SRC}) #对源代码编译，生成libhello.so放在bin中

// 在build目录中进行cmake操作

hello$ mkdir build && cd build

build$ cmake ..

build$ make install //执行CMakeLists.txt/INSTALL指令

范例：使用动态库

INCLUDE\_DIRECTORIES(/usr/local/include/hello) #头文件搜索路径

TARGET\_LINK\_LIBRARIES(hello /usr/local/lib/libhello.so) # 链接动态库

## Makefile文件

告诉make命令需要怎么样的去编译和链接程序

<https://blog.csdn.net/haoel/article/details/2886/>

工具：Visual C++的nmake，Linux下GNU的make

$make --version 比如输出GNU Make 4.1

* **make运行流程**

*\*.mk文件*

edit : main.o kbd.o

cc -o edit main.o kbd.o

main.o : main.c defs.h

cc -c main.c

kbd.o : kbd.c defs.h command.h

cc -c kbd.c

clean :

rm edit main.o kbd.o

*$make clean //*注意重编译之前，需要清除所有的目标文件（.o和执行文件）

*$make -j*

1. make会在当前目录下找名字叫“makefile”或“Makefile”的文件。当然也可以指定$make -f mymakefile.mk
2. 如果找到，它会找文件中的第一个目标文件（target），如edit并把edit文件作为最终的目标文件。
3. 如果edit文件不存在，或是edit所依赖的后面的 .o 文件的文件修改时间要比edit这个文件新，那么，他就会执行后面所定义的命令来生成edit这个文件。
4. 如果edit所依赖的.o文件也存在，那么make会在当前文件中找目标为.o文件的依赖性，如果找到则再根据那一个规则生成.o文件
5. 当然，你的C文件和H文件是存在的啦，于是make会生成 .o 文件，然后再用 .o 文件生命make的终极任务，也就是执行文件edit了。

若改变了“command.h”，那么kdb.o会被重编译，最终edit会被重链接。

**makefile是通过.o文件是否存在已经.cpp最后的修改时间来判断是否重新编译.o文件**，makefile不管理.h文件，它是编译器来进行管理的

在Unix世界中，软件发布时，特别是GNU这种开源软件的发布时，其**makefile都包含了编译、安装、打包等功**能。常见makefile目标:

all: 是所有目标的目标，编译所有的目标。

clean: 删除所有被make创建的文件。

install: 安装已编译好的程序，其实就是把目标执行文件拷贝到指定的目标中去。

print: 例出改变过的源文件。

tar: 把源程序打包备份。也就是一个tar文件。

dist: 创建一个压缩文件，一般是把tar文件压成Z文件。或是gz文件。

TAGS: 更新所有的目标，以备完整地重编译使用。

check: 测试makefile的流程

test: 测试makefile的流程

调试Makefile

不想让我们的makefile中的规则执行起来，我们只想检查一下我们的命令，或是执行的序列

-n --just-print --dry-run --recon: 不执行参数，这些参数只是打印命令，不管目标是否更新，把规则和连带规则下的命令打印出来，但不执行，这些参数对于我们调试makefile很有用处。

-t --touch: 这个参数的意思就是把目标文件的时间更新，但不更改目标文件。也就是说，make假装编译目标，但不是真正的编译目标，只是把目标变成已编译过的状态。

-q --question: 这个参数的行为是找目标的意思，也就是说，如果目标存在，那么其什么也不会输出，当然也不会执行编译，如果目标不存在，其会打印出一条出错信息。

-W <file> --what-if=<file> --assume-new=<file> --new-file=<file>: 这个参数需要指定一个文件。一般是是源文件（或依赖文件），Make会根据规则推导来运行依赖于这个文件的命令，一般来说，可以和“-n”参数一同使用，来查看这个依赖文件所发生的规则命令。

make的参数

$make --help

-B --always-make: 认为所有的目标都需要更新（重编译）。

—debug[=<options>]: 输出make的调试信息

-f=<file> --file=<file> --makefile=<file>: 指定需要执行的makefile。

-I <dir> --include-dir=<dir>: 指定一个被包含makefile的搜索目标。可以使用多个“-I”参数来指定多个目录。

-j [<jobsnum>] --jobs[=<jobsnum>]: 指同时运行命令的个数

...

* **Makefile的语法**

**规则：**

target : prerequisites

command

target: object File，执行文件, or label

prerequisites:要生成那个target所需要的文件或是目标

command:make需要执行的命令。（任意的Shell命令）

make会比较targets文件和prerequisites文件的修改日期，如果prerequisites文件的日期要比targets文件的日期要新，或者target不存在的话，那么，make就会执行后续定义的命令

规则告诉make两件事，文件的依赖关系和如何成成目标文件

**静态模式**

<targets>: <target-pattern>: <prereq-patterns>

<commands>

targets：定义了一系列的目标文件，可以有通配符。是目标的一个集合。

target-parrtern：是指明了targets的模式，也就是的目标集模式。

prereq-parrterns：是目标的依赖模式

举例：

$(objects): %.o: %.c

目标从$object中获取，“%.o”表明要所有以“.o”结尾的目标，

依赖模式“%.c”则取目标对应.c

举例：

%.o : %.c

$(CC) -c $(CFLAGS) $(CPPFLAGS) $< -o $@

目标中的"%"定义表示对文件名的匹配，"%"表示长度任意的非空字符串

目标中的"%"的值决定了依赖目标中的"%"的值

$@： 表示所有的目标的挨个值

$<： 表示了所有依赖目标的挨个值

**隐含规则**

make看到ex.o文件, 就会自动把ex.c文件加在依赖关系中,并且自动执行 cc -c ex.c -o ex.o

自动找寻源文件中包含的头文件，并生成一个依赖关系

cc -M main.c 等价于 main.o : main.c defs.h

举例：

objects = foo.o bar.o

foo : $(objects)

cc –o foo $(objects)

隐含规则会自动为我们生成,相当于自动执行如下：

foo.o : foo.c

cc –c foo.c

bar.o : bar.c

cc –c bar.c

编译C程序的隐含规则: 目标\*.o -> 依赖目标\*.c，并且其生成命令是

$(CC) –c $(CPPFLAGS) $(CFLAGS)

编译C++程序的隐含规则: 目标\*.o -> 依赖目标\*.cc or \*.C, 并且其生成命令是

$(CXX) –c $(CPPFLAGS) $(CFLAGS)

链接Object文件的隐含规则: 目标\* -> 依赖于\*.o, 并且其生成命令是

$(CC) $(LDFLAGS) <n>.o $(LOADLIBES) $(LDLIBS)

隐含变量

AR: 函数库打包程序。默认命令是“ar”。

AS: 汇编语言编译程序。默认命令是“as”。

CC: C语言编译程序。默认命令是“cc”。

CXX: C++语言编译程序。默认命令是“g++”。

CPP: C程序的预处理器（输出是标准输出设备）。默认命令是“$(CC) –E”。

RM: 删除文件命令。默认命令是“rm –f”。

隐含参数

如果没有指明其默认值，那么其默认值都是空

ARFLAGS: 函数库打包程序AR命令的参数。默认值是“rv”。

ASFLAGS: 汇编语言编译器参数。（当明显地调用“.s”或“.S”文件时）。

CFLAGS: C语言编译器参数。

CXXFLAGS: C++语言编译器参数。

CPPFLAGS: C预处理器参数。（ C 和 Fortran 编译器也会用到）。

LDFLAGS: 链接器参数。（如：“ld”）

**文件搜寻路径**

vpath <pattern> //清除符合模式<pattern>的文件的搜索目录

vpath //清除所有已被设置好了的文件搜索目录

当前的目录中去找寻依赖文件和目标文件

VPATH = src:../headers

vpath <pattern> <directories> //为符合模式<pattern>的文件指定搜索目录<directories>

vpath %.h ../headers

要求make在“../headers”目录下搜索所有以“.h”结尾的文件

**多目标**

main.o kbd.o: defs.h

**通配符**

如果是“~/test”，这就表示当前用户的$HOME目录下的test目录。

“~qzlin/test”则表示用户qzlin的宿主目录下的test目录

“\*.c”表示所以后缀为c的文件

**伪目标**

.PHONY : all clean

all : prog1 prog2

prog1 : prog1.o utils.o

cc -o prog1 prog1.o utils.o

prog2 : prog2.o

cc -o prog2 prog2.o

clean:

rm \*.o temp

* **规则命令**

每条命令的开头必须以[Tab]键开头

命令执行：

make的命令默认是被“/bin/sh”——UNIX的标准Shell解释执行，make会按顺序一条一条的执行命令; 每当命令运行完后，make会检测每个命令的返回码，如果命令返回成功，那么make会执行下一条命令; 如果一个规则中的某个命令出错了（命令退出码非零），那么make就会终止执行当前规则

默认情况下，make会把其要执行的命令行在命令执行前输出到屏幕上

严格顺序执行命令，应该使用分号分隔这两条命令

**“#”**是注释符

**“@”**字符在命令行前，那么这个命令将不被make显示出来；

**“-”**字符在命令行前，标记为不管命令出不出错都认为是成功的

**ifdef** bletch

...

**endif**

**ifeq** "$(origin bletch)" "environment"

...

**endif**

**-include** src/subdir.mk 包含子目录下的makefile文件

命令包 （类似子程序）

define run-yacc

yacc $(firstword $^)

mv y.tab.c $@

endef

$@: 目标文件,如foo.o

$^: 依赖文件，如foo.y

foo.o : foo.c

$(run-yacc)

**变量： 等价于C语言中的宏**

在Makefile中，变量可以使用在规则中的“目标”、“依赖”、“命令”以及新的变量中

变量在声明时需要给予初值，而在使用时，需要给在变量名前加上“$”符号，但最好用小括号“（）”或是大括号“{}”把变量给包括起来

//右侧中的变量不一定非要是已定义好的值，其也可以使用后面定义的值

CFLAGS = $(include\_dirs) -O

include\_dirs = -Ifoo -Ibar

//前面的变量不能使用后面的变量，只能使用前面已定义好了的变量

y := $(x) bar

x := foo

那么，y的值是“bar”，而不是“foo bar”。

//若无定义时定义变量

FOO ?= bar

含义是，如果FOO没有被定义过，那么变量FOO的值就是“bar”，如果FOO先前被定义过，那么这条语将什么也不做

//替换

foo := a.o b.o c.o

bar := $(foo:.o=.c)

把“$(foo)”中所有以“.o”字串“结尾”全部替换成“.c”；则“$(bar)”的值就是“a.c b.c c.c”

x = y

y = z

a := $($(x))

则$(a)就是z

//追加变量值

objects = main.o foo.o bar.o utils.o

objects += another.o

如果变量之前没有定义过，那么，“+=”会自动变成“=”，如果前面有变量定义，那么“+=”会继承于前次操作的赋值符。如果前一次的是“:=”，那么“+=”会以“:=”作为其赋值符

**函数**

$(<function> <arguments>)

<function>就是函数名，make支持的函数不多。

<arguments>是函数的参数，参数间以逗号“,”分隔，

函数名和参数之间以“空格”分隔

替换函数： $(subst <from>,<to>,<text>)

comma:= ,

empty:=

space:= $(empty) $(empty)

foo:= a b c

bar:= $(subst $(space),$(comma),$(foo))

替换函数“subst”：有三个参数，第一个参数是被替换字串，第二个参数是替换字串，第三个参数是替换操作作用的字串

$(bar)的值是“a,b,c”

模式字符串替换函数： $(patsubst <pattern>,<replacement>,<text>)

$(patsubst %.c,%.o,x.c.c bar.c)

把字串“x.c.c bar.c”符合模式[%.c]的单词替换成[%.o]，返回结果是“x.c.o bar.o”

注意：与变量知识点重合

$(var:<pattern>=<replacement>) 相当于

$(patsubst <pattern>,<replacement>,$(var))

$(var: <suffix>=<replacement>) 相当于

$(patsubst %<suffix>,%<replacement>,$(var))

举例：

VPATH = src:../headers

CFLAGS += $(patsubst %,-I%,$(subst :, ,$(VPATH)))

$(subst :, ,$(VPATH)) 返回src ../headers

$(patsubst %,-I%,src ../headers)对于每个item %， 在item前添加-I;则返回-Isrc -I../headers

去空格函数： $(strip <string>)

去掉<string>字串中开头和结尾的空字符

查找字符串函数： $(findstring <find>,<in>)

在字串<in>中查找<find>字串。如果找到，那么返回<find>，否则返回空字符串

过滤函数： $(filter <pattern...>,<text>)

以<pattern>模式过滤<text>字符串中的单词，保留符合模式<pattern>的单词。可以有多个模式。

反过滤函数： $(filter-out <pattern...>,<text>)

以<pattern>模式过滤<text>字符串中的单词，去除符合模式<pattern>的单词。可以有多个模式。

连接函数： $(join <list1>,<list2>)

如果<list1>的单词个数要比<list2>的多，那么，<list1>中的多出来的单词将保持原样

如：$(join aaa bbb , 111 222 333)返回值是“aaa111 bbb222 333”

排序函数： $(sort <list>)

取单词函数： $(word <n>,<text>)

取单词串函数： $(wordlist <s>,<e>,<text>)

单词个数统计函数： $(words <text>)

首单词函数： $(firstword <text>)

取目录函数: $(dir <names...>)

目录部分是指最后一个反斜杠（“/”）之前的部分。如果没有反斜杠，那么返回“./”

如：$(dir src/foo.c hacks)返回值是“src/ ./”。

取文件函数： $(notdir <names...>)

如：$(notdir src/foo.c hacks)返回值是“foo.c hacks”

取后缀函数： $(suffix <names...>)

加后缀函数： $(addsuffix <suffix>,<names...>)

如：$(suffix src/foo.c src-1.0/bar.c hacks)返回值是“.c .c”。

取前缀函数： $(basename <names...>)

加前缀函数： $(addprefix <prefix>,<names...>)

如：$(basename src/foo.c src-1.0/bar.c hacks)返回值是“src/foo src-1.0/bar hacks”。

循环函数：$(foreach <var>,<list>,<text>)

把参数<list>中的单词逐一取出放到参数<var>所指定的变量中，然后再执行<text>所包含的表达式。每一次<text>会返回一个字符串，循环过程中，<text>的所返回的每个字符串会以空格分隔，最后当整个循环结束时，<text>所返回的每个字符串所组成的整个字符串（以空格分隔）将会是foreach函数的返回值。

names := a b c d

files := $(foreach n,$(names),$(n).o)

$(files)的值是“a.o b.o c.o d.o”。

条件函数： $(if <condition>,<then-part>,<else-part>)

<condition>参数是if的表达式，如果其返回的为非空字符串，那么这个表达式就相当于返回真，于是，<then-part>会被计算，否则<else-part>会被计算，计算后作为返回值

执行自定义参数化函数： $(call <expression>,<parm1>,<parm2>,<parm3>...)

当make执行这个函数时，<expression>参数中的变量，如$(1)，$(2)，$(3)等，会被参数<parm1>，<parm2>，<parm3>依次取代。而<expression>的返回值就是call函数的返回值

shell函数

和反引号``是相同的功能

contents := $(shell cat foo)

files := $(shell echo \*.c)

$(error <text ...>)

$(warning <text ...>)

## gtest

命令行

src$ g++ test.cpp -lgtest -lgtest\_main -lpthread -o test

src$ ./test

Eclipse IDE

建立C++ Application Project: gtest-ex

源代码：src/test.cpp

右击项目gtest-ex -> properties -> C/C++ General -> Paths and Symbols ->

Libraries -> Add...

gtest

gtest\_main

pthread

右击test.cpp -> debug as local application

实战

测试框架

函数级别

**TEST**(test\_case, test\_name)

TestSuite级别

**TEST\_F**(test\_fixture,test\_name)

class FooTest : **public testing::Test** {

protected:

//所有test case执行前后，相当于类级别

**static void SetUpTestCase()** { shared\_resource\_ = new ; }

**static void TearDownTestCase()** { delete shared\_resource\_; shared\_resource\_ = NULL; }

//每个test case执行前后，相当于对象级别

**virtual void SetUp()** { m\_foo.Init(); }

**virtual void TearDown()**  { m\_foo.Finalize(); }

static T\* shared\_resource\_; // Some expensive resource shared by all tests.

};

TEST\_F(FooTest, Test1) { ... }

TEST\_F(FooTest, Test2) { ... }

运行参数

使用gtest编写的测试案例通常本身就是一个可执行文件

gtest提供了三种设置运行参数：

1. 系统环境变量 GTEST\_OUTPUT=xxx

2. 命令行参数 --gtest\_output=xxx

3. 代码中指定FLAG GTEST\_FLAG(output) = xxx;

举例：

将所有测试代码及 Main.cpp 编译并链接到目标程序中, 在运行可执行目标程序时，可以使用 --gtest\_filter 来指定要执行的测试用例，如：

./foo\_test --gtest\_filter=FooTest.\* 运行测试用例 FooTest 的所有测试；

运行流程

TEST（）和TEST\_F（）用**Google Test隐式注册他们的测试**。 因此，与许多其他C ++测试框架不同，您不必重新列出所有定义的测试以运行它们。

定义测试后，可以使用RUN\_ALL\_TESTS（）运行它们

注意，**RUN\_ALL\_TESTS（）运行链接单元中的所有测试** - 它们可以来自不同的测试用例，甚至是不同的源文件。

断言

1. ASSERT\_\* 系列的断言，当检查点失败时，退出当前函数（注意：并非退出当前案例）。

2. EXPECT\_\* 系列的断言，当检查点失败时，继续往下执行。

ASSERT\_EQ(3, Add(1, 2)) // int型比较，预期值：3，实际值：Add(1, 2)

ASSERT\_EQ(x[i], y[i]) << "Vectors x and y differ at index " << i;

输出：

error: Value of: y[i] Actual: 4 Expected: x[i] Which is: 3

Vectors x and y differ at index 2

布尔值检查

ASSERT\_TRUE(condition); //condition is true

ASSERT\_FALSE(condition); //condition is false

数值型数据检查

ASSERT\_EQ(expected, actual); //expected == actual

ASSERT\_NE(val1, val2); //val1 != val2

ASSERT\_LT(val1, val2); //val1 < val2

ASSERT\_LE(val1, val2); //val1 <= val2

ASSERT\_GT(val1, val2); //val1 > val2

ASSERT\_GE(val1, val2); //val1 >= val2

字符串检查

ASSERT\_STREQ(expected\_str, actual\_str); //the two C strings have the same content

ASSERT\_STRNE(str1, str2); //the two C strings have different content

ASSERT\_STRCASEEQ(expected\_str, actual\_str);//the two C strings have the same content, ignoring case

ASSERT\_STRCASENE(str1, str2); //the two C strings have different content, ignoring case

显示返回成功或失败

SUCCEED();

FAIL(); //不往下执行该案例。

ADD\_FAILURE(); // None Fatal Asserton，继续往下执行。

异常检查

ASSERT\_THROW(statement, exception\_type);//statement throws an exception of the given type

ASSERT\_ANY\_THROW(statement); //statement throws an exception of any type

ASSERT\_NO\_THROW(statement); //statement doesn't throw any exception

Predicate Assertions

输出更加详细的信息，比如检查一个函数的返回值TRUE还是FALSE时，希望能够输出传入的参数是什么，以便失败后好跟踪

ASSERT\_PRED1(pred1, val1); //pred1(val1) returns true

ASSERT\_PRED2(pred2, val1, val2); //pred2(val1, val2) returns true

ASSERT\_PRED\_FORMAT1(pred\_format1, val1); //pred\_format1(val1) is successful

ASSERT\_PRED\_FORMAT2(pred\_format2, val1, val2); //pred\_format2(val1, val2) is successful

举例：

testing::AssertionResult AssertFoo(const char\* m\_expr, const char\* n\_expr, const char\* k\_expr, int m, int n, int k) {

if (Foo(m, n) == k)

return testing::AssertionSuccess();

testing::Message msg;

msg << m\_expr << " 和 " << n\_expr << " 的最大公约数应该是：" << Foo(m, n) << " 而不是：" << k\_expr;

return testing::AssertionFailure(msg);

}

TEST(AssertFooTest, HandleFail)

{

EXPECT\_PRED\_FORMAT3(AssertFoo, 3, 6, 2);

}

失败时，输出信息：

error: 3 和 6 的最大公约数应该是：3 而不是：2

浮点型检查

ASSERT\_FLOAT\_EQ(expected, actual); //the two float values are almost equal

ASSERT\_DOUBLE\_EQ(expected, actual); //the two double values are almost equal

ASSERT\_NEAR(val1, val2, abs\_error); //the difference between val1 and val2 doesn't exceed the given absolute error

类型检查

类型检查失败时，直接导致代码编不过

template <typename T> class FooType {

public:

void Bar() { testing::StaticAssertTypeEq<int, T>(); }

};

TEST(TypeAssertionTest, Demo)

{

FooType<bool> fooType;

fooType.Bar();

}

参数化测试

在设计测试案例时，经常需要考虑给被测函数传入不同的值的情况。我们之前的做法通常是写一个通用方法，然后编写在测试案例调用它

传统方法：

TEST(IsPrimeTest, HandleTrueReturn)

{

EXPECT\_TRUE(IsPrime(3));

EXPECT\_TRUE(IsPrime(5));

EXPECT\_TRUE(IsPrime(11));

EXPECT\_TRUE(IsPrime(23));

EXPECT\_TRUE(IsPrime(17));

}

参数化方法：

class IsPrimeParamTest : public::testing::TestWithParam<int> {};

TEST\_P(IsPrimeParamTest, HandleTrueReturn)

{

int n = GetParam();

EXPECT\_TRUE(IsPrime(n));

}

INSTANTIATE\_TEST\_CASE\_P(TrueReturn, IsPrimeParamTest, testing::Values(3, 5, 11, 23, 17));

第一个参数是测试案例的前缀，可以任意取。

第二个参数是测试案例的名称，需要和之前定义的参数化的类的名称相同，如：IsPrimeParamTest

第三个参数是可以理解为参数生成器

gtest提供的参数生成器:

Range(begin, end[, step]) 范围在begin~end之间，步长为step，不包括end

Values(v1, v2, ..., vN) v1,v2到vN的值

ValuesIn(container) and ValuesIn(begin, end) 从一个C类型的数组或是STL容器，或是迭代器中取值

Bool() 取false 和 true 两个值

Combine(g1, g2, ..., gN) 这个比较强悍，它将g1,g2,...gN进行排列组合，g1,g2,...gN本身是一个参数生成器，每次分别从g1,g2,..gN中各取出一个值，组合成一个元组(Tuple)作为一个参数。

类型参数化

template <typename T>

class FooTest : public testing::Test {

public:

typedef std::list<**T**> List;

static **T** shared\_;

**T** value\_;

};

//定义需要测试到的具体数据类型，如测试char,int和unsigned int

**typedef testing::Types<char, int, unsigned int>** MyTypes**;**

**TYPED\_TEST\_CASE(**FooTest**,** MyTypes**);**

//测试案例

**TYPED\_TEST**(FooTest, DoesBlah) {

**TypeParam** n = this->value\_; //使用TypeParam作为模板类型

// To visit static members of the fixture, add the 'TestFixture::'

// prefix.

n += **TestFixture::**shared\_;

// To refer to typedefs in the fixture, add the 'typename TestFixture::'

// prefix. The 'typename' is required to satisfy the compiler.

typename TestFixture::List values;

values.push\_back(n);

}

死亡测试

通常在测试过程中，我们需要考虑各种各样的输入，有的输入可能直接导致程序崩溃，这时我们就需要检查程序是否按照预期的方式挂掉，这也就是所谓的“死亡测试”。gtest的死亡测试能做到在一个安全的环境下执行崩溃的测试案例，同时又对崩溃结果进行验证

ASSERT\_DEATH(statement, regex); // statement crashes with the given error

// statement exits with the given error and its exit code matches predicate

ASSERT\_EXIT(statement, predicate, regex);

statement是被测试的代码语句

regex是一个正则表达式，用来匹配异常时在stderr中输出的内容

举例：

void Foo() {

int \*pInt = 0;

\*pInt = 42 ;

}

TEST(FooDeathTest, Demo) {

EXPECT\_DEATH(Foo(), "");

}

重要：编写死亡测试案例时，TEST的第一个参数，即testcase\_name，请使用DeathTest后缀。原因是gtest会优先运行死亡测试案例，应该是为线程安全考虑。

源代码 -> \*.sln

test

CMakeList.txt

main.cpp

**CMakeList.txt**

cmake\_minimum\_required(VERSION 3.20)

project(test)

add\_executable(test main.cpp)

open cmake-gui -> generate

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Open build -> test.sln

Build ALL\_BUILD, then set startup project: test

Add header and library

Copy DLL

Configuration: All Configurations -> Build Events -> Post-Build Event ->

Command Line: xcopy /y /d "C:\Users\320029857\.conda\envs\conan\Library\bin\\*" "$(OutDir)"

## 检测C++内存泄漏: valgrind

$ sudo dnf install gcc-toolset-10 //centos升级gcc10, 顺带安装了valgrind

$ source /opt/rh/gcc-toolset-10/enable

$ valgrind --version

$ valgrind --help

假定编译后的可执行程序是./dcmtkEx arg1 arg2

$ valgrind \

--log-file=${HOME}/valgrind.log \

--tool=memcheck \

--leak-check=full \

--num-callers=50 \

--show-possibly-lost=no \

--error-limit=no \

--leak-resolution=med \

--undef-value-errors=no \

./dcmtkEx arg1 arg2

Valgrind 分析常见的内存问题：

* 使用未初始化的内存
* 内存读写越界
* 动态内存管理错误

## 面试：

* **从源代码到可执行文件经历了哪些步骤？**

Diagram

Description automatically generated

* **典型的程序运行步骤：**

1. 操作系统在创建进程后，把控制权交到了程序的入口，这个入口往往是运行库的某个入口函数。

glibc的程序入口为\_start(这个入口是由ld链接器默认的链接脚本所指定的)

MSVC的CRT默认入口函数名为mainCRTStartup

1. 入口函数对运行库和程序运行环境进行初始化，包括堆、I/O、线程、全局变量构造等

I/O初始化需要在用户空间建立stdin, stdout, stderr及其对应的FILE结构，使得程序进入main之后可以直接使用printf, scanf等所有I/O函数

1. 入口函数在完成初始化之后，获取命令行参数和环境变量，调用并传给main函数，正式开始执行程序主体部分。
2. main函数执行完毕以后，返回到入口函数，入口函数进行清理工作，包括全局变量析构、堆销毁、关闭I/O等，然后进行系统调用结束进程。

C++复用源代码的几种方式：继承，组合和模板

* **extern关键字的作用：**

（1）extern可以置于变量或者函数前，以标示变量或者函数的定义在别的文件中，提示编译器遇到此变量和函数时在其他模块中寻找其定义。

（2）extern "C"的作用是让 C++ 编译器将extern "C"声明的代码当作 C 语言代码处理，可以避免 C++ 因符号修饰导致代码不能和C语言库中的符号进行链接

* **指针和引用的区别**

（1）指针：指针是一个变量，只不过这个变量存储的是一个地址，指向内存的一个存储单元；而引用跟原来的变量实质上是同一个东西，只不过是原变量的一个别名而已。

（2）指针可以有多级，但是引用只能是一级（int \*\*p；合法 而 int &&a是不合法的）

（3）指针的值可以为空，但是引用的值不能为NULL，并且引用在定义的时候必须初始化

（4）指针的值在初始化后可以改变，即指向其它的存储单元，而引用初始化后就不会再改变。

（5）"sizeof引用"得到的是所指向的变量(对象)的大小，而"sizeof指针"得到的是指针本身的大小。

（6）作为参数传递时，二者有本质不同：指针传参本质是值传递，被调函数的形参作为局部变量在栈中开辟内存以存放由主调函数放进来的实参值，从而形成实参的一个副本。而引用传递时，被调函数对形参的任何操作都会通过一个间接寻址的方式影响主调函数中的实参变量。

* **C/C++程序编译时内存分为5大存储区**

（1）栈区（stack）：由编译器自动分配释放，存放函数的参数值，局部变量值等，其操作方法类似数据结构中的栈。

（2）堆区（heap）：一般由程序员分配释放，与数据结构中的堆毫无关系，分配方式类似于链表。

（3）全局/静态区（static）：全局变量和静态变量的存储是放在一起的，在程序编译时分配。

（4）文字常量区：存放常量字符串。

（5）程序代码区：存放函数体（类的成员函数、全局函数）的二进制代码

* **C/C++内存分配有三种方式：**

（1）从**静态存储区域**分配。内存在程序编译的时候就已经分配好，这块内存在程序的整个运行期间都存在。例如全局变量，static变量。

（2）在**栈**上创建。在执行函数时，函数内局部变量的存储单元都可以在栈上创建，函数执行结束时这些存储单元自动被释放。

栈内存分配运算内置于处理器的指令集中，效率很高，但是分配的内存容量有限。

（3）从**堆**上分配，亦称动态内存分配。程序在运行的时候用malloc或new申请任意多少的内存，程序员自己负责在何时用free或delete释放内存。

动态内存的生存期由程序员决定，使用非常灵活，但如果在堆上分配了空间，就有责任回收它，否则运行的程序会出现内存泄漏。

另外频繁地分配和释放不同大小的堆空间将会产生堆内碎块

* **常见的内存错误及对策**

（1）内存尚未分配成功，却使用了它；

用malloc 或者 new 申请内存之后，应该立即检查指针值是否为 NULL ，防止使用指针值为NULL的内存；

（2）内存分配虽然成功，但是尚未初始化就引用它；

不要忘记数组和动态内存赋初值，防止未被初始化的内存作为右值使用

（3）内存分配成功并初始化，但是超过了内存的边界；

避免数组或者指针下标越界，特别要当心“多1”或者“少1”的操作；

（4）忘记释放内存，造成内存泄露；

避免数组或者指针下标越界，特别要当心“多1”或者“少1”的操作；

（5）释放了内存却继续使用它

用free或者delete释放了内存之后，立即将指针设置为NULL，防止产生“野指针”；

* **类继承与接口继承的区别？C++如何实现接口继承？**

类继承根据一个对象的实现定义了另一个对象的实现。它是代码和表示的共享机制。接口继承（或子类型化）描述了一个对象什么时候能被用来替代另一个对象。

C++中接口继承的标准方法是公有继承一个含纯虚成员函数的类。C++中纯接口继承接近于公有继承纯抽象类，纯实现继承或纯类继承接近于私有继承。

* **你喜欢用对象组合还是类继承？谈谈你的看法**

**Has-a or is-a?**

类继承通过生成子类的复用，也称为白箱复用。在继承方式中，父类的内部细节对子类可见。

对象组合实现更复杂的功能，也称为黑箱复用。因为对象的内部细节是不可见，对象只以“黑箱“的形式出现。

类继承缺点：1）编译时刻静态定义，所以无法在运行时刻改变从父类继承的实现。2）继承常被认为“破坏了封装性“，因为继承对子类揭示了其父类的实现细节。3）子类中的实现与它的父类 紧密依赖，以至于父类实现中的任何变化必然会导致子类发生变化

对象组合是通过获得对其他对象的引用而在运行时刻动态定义的，**组合要求对象遵守彼此的接口约定，**进而要求更仔细地定义接口。对象的实现基于接口写的，所以实现存在较少的依赖关系。优化使用对象组合有助于你保持每个类被封装，并被集中在单个任务上。这些类和类继承层次会保持较小规模。

* **设计模式和架构模式**

**Factory method**（Virtual constructor虚构造器）：定义一个用于创建对象的接口，让子类决定将哪一个类实例化

**Builder**：将复杂对象构建与表示分离，使得同样的构建过程可以创建不同的表示

**Singleton**：保证一个类仅有一个实例，并提供全局访问点

**Abstract Factory**：创建相互依赖对象的接口，而无需指定它们具体的类

**Adapter**（包装器Wrapper）：解决接口不兼容，时常还要负责提供那些被匹配的类所没有提供的功能

**Proxy**： 控制对象的访问。

**Facade**： 简化接口：为子系统中的一组接口提供一个一致的界面，Façade模式定义了一个高层接口，使得子系统更加容易使用

**Bridge**： 将抽象部分与实现部分分离，使它们可以独立变化

**Composite**：将对象组合成树形结构以表示 “部分-整体”的层次结构，使用户对单个对象和组合对象的使用具有一致性

**Decorator** （包装器Wrapper）：动态地给对象添加额外的职责

**Template Method**：定义算法骨架，而将一些步骤延迟到子类中

**Observer**（发布-订阅publish-subscribe）：定义对象间的一对多依赖关系，当一个对象的状态发生改变时，所有依赖它的对象都得到通知并被自动更新.

**Strategy**（策略Policy）：将算法封装在对象中，使它们可相互替换

**State**（状态对象）：封装一个对象的状态，允许一个对象在其内部状态改变时改变它的行为。

**Mediator**：用一个中介对象Mediator来封装一系列的对象交互

**Chain of Responsibility** ：为解除请求的发送者和接收者之间耦合，而使多个对象都有机会处理这个请求。将这些对象连成一条链，并沿着这条链传递该请求，直到有一个对象处理它

**Command** ：将请求封装在对象中，这样它可作为参数来传递，也可以被存储在历史列表里，或者以其他方式使用

谈谈MVC架构

软件优化，你有哪些经验？

算法：

快速排序？

**求top K ?**

1. 维护一个k大小的有序序列(常用最小堆或最大堆)，
2. 遍历剩余数据，依次和有序序列中的最小值比较，若大则将最小值换出; 重新对k序列排序
3. 直至遍历完所有数据。

整个操作中，遍历数组需要 O(N) 的时间复杂度，一次堆化操作需要 O(logK)，加起来就是 O(NlogK) 的复杂度

维护一个大小为 K 的小顶堆，依次将数据放入堆中，当堆的大小满了的时候，只需要将堆顶元素与下一个数比较：如果大于堆顶元素，则将当前的堆顶元素抛弃，并将该元素插入堆中。遍历完全部数据，Top K 的元素也自然都在堆里面了。

Python

List and tuple

RESTAPI

Qt signal and slot

Decorator