### OOP第五周作业文档

2019010175 孔瑞阳 土木92

### 项目信息

**1、功能说明**

实现了一个复数类CP\_Complex。

这个复数类支持与复数类CP\_Complex、double、int进行运算。

支持的运算包括：+、-、\*、/、前++、后++、前--、后--、==、!=。

（其中，==、!= 只支持CP\_Complex与CP\_Complex的判断）。

### **软件构件介绍**

|  |  |
| --- | --- |
| **文件** | **功能介绍** |
| CP\_Complex.h/cpp | 实现的复数类 |
| CP\_ComplexTest.h/cpp | 复数类的测试（包括自动/手动） |
| CP\_ComplexMain.cpp | 主程序 |

### **3、测试环境**

|  |  |
| --- | --- |
| CPU | Intel(R) Core(TM)i7-9750H CPU @ 2.6Ghz 6核12线程 |
| GPU | NVIDIA GeForce RTX2070 |
| RAM | DDR4 16G+16G |
| Operating System | Microsoft Windows 版本1809 (OS 内部版本17763.1098) |
| Compiler | MSVC++ 14.24 |

### 模型

##### 计算公式

设

对于复数间的运算：



其中，前++、前--的返回值是运算之后的结果，后++、后--返回值是运算前的结果。

对于复数与整数/实数之间的运算。



均采用全局函数重载运算符。

##### 复数的输出

实部不为0就输出实部，虚部不为0就输出虚部（加上i），

如果实部和虚部都是0的情况，输出0。

如果虚部i的系数是1或者-1时，输出i和-i。

当实部不为0，虚部>0，则用+号连接。

##### 复数的等于比较

由于自动测试中需要进行对拍，所以要判断两个复数是否相等。

当a、c,b、d之间的相对误差或绝对误差都小于10^-10时，则判断c1==c2。

具体的实现在程序的以下两个实现中：

bool operator == (CP\_Complex& c1, CP\_Complex& c2)

bool operator != (CP\_Complex& c1, CP\_Complex& c2)

### 单元测试

##### 手动测试**(** complexManualTest **)**

**等价类划分**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **类型** | **等价类** | **选取案例** |
| **复数** | 实数 | 114 |
| 纯虚数 | -514i |
| 零 | 0 |
| 一般复数 | -19.19+810i |
| **实数** | 正数 | 114.514 |
| 零 | 0 |
| 负数 | -1919.810 |
| **整数** | 正数 | 114 |
| 零 | 0 |
| 负数 | -514 |

从上至下依次编号为c1~c4, d1~d6。

**加法**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **+** | **c1** | **c2** | **c3** | **c4** | **d1** | **d2** | **d3** | **d4** | **d5** | **d6** |
| **c1** | 228 | 114-514i | 114 | 94.81+810i | 228.514 | 114 | -1805.81 | 228 | 114 | -400 |
| **c2** | 114-514i | -1028i | -514i | -19.19+296i | 114.514-514i | -514i | -1919.81-514i | 114-514i | -514i | -514-514i |
| **c3** | 114 | -514i | 0 | -19.19+810i | 114.514 | 0 | -1919.81 | 114 | 0 | -514 |
| **c4** | 94.81+810i | -19.19+296i | -19.19+810i | -38.38+1620i | 95.324+810i | -19.19+810i | -1939+810i | 94.81+810i | -19.19+810i | -533.19+810i |
| **d1** | 228.514 | 114.514-514i | 114.514 | 95.324+810i | / | | | | | |
| **d2** | 114 | -514i | 0 | -19.19+810i |
| **d3** | -1805.81 | -1919.81-514i | -1919.81 | -1939+810i |
| **d4** | 228 | 114-514i | 114 | 94.81+810i |
| **d5** | 114 | -514i | 0 | -19.19+810i |
| **d6** | -400 | -514-514i | -514 | -533.19+810i |

**减法**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **-** | **c1** | **c2** | **c3** | **c4** | **d1** | **d2** | **d3** | **d4** | **d5** | **d6** |
| **c1** | 0 | 114+514i | 114 | 133.19-810i | -0.514 | 114 | 2033.81 | 0 | 114 | 628 |
| **c2** | -114-514i | 0 | -514i | 19.19-1324i | -114.514-514i | -514i | 1919.81-514i | -114-514i | -514i | 514-514i |
| **c3** | -114 | 514i | 0 | 19.19-810i | -114.514 | 0 | 1919.81 | -114 | 0 | 514 |
| **c4** | -133.19+810i | -19.19+1324i | -19.19+810i | 0 | -133.704+810i | -19.19+810i | 1900.62+810i | -133.19+810i | -19.19+810i | 494.81+810i |
| **d1** | 0.514 | 114.514+514i | 114.514 | 133.704-810i | / | | | | | |
| **d2** | -114 | 514i | 0 | 19.19-810i |
| **d3** | -2033.81 | -1919.81+514i | -1919.81 | -1900.62-810i |
| **d4** | 0 | 114+514i | 114 | 133.19-810i |
| **d5** | -114 | 514i | 0 | 19.19-810i |
| **d6** | -628 | -514+514i | -514 | -494.81-810i |

**乘法**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **\*** | **c1** | **c2** | **c3** | **c4** | **d1** | **d2** | **d3** | **d4** | **d5** | **d6** |
| **c1** | 12996 | -58596i | 0 | -2187.66+92340i | 13054.6 | 0 | -218858 | 12996 | 0 | -58596 |
| **c2** | -58596i | -264196 | 0 | 416340+9863.66i | -58860.2i | 0 | 986782i | -58596i | 0 | 264196i |
| **c3** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **c4** | -2187.66+92340i | 416340+9863.66i | 0 | -655732-31087.8i | -2197.52+92756.3i | 0 | 36841.2-1.55505e+06i | -2187.66+92340i | 0 | 9863.66-416340i |
| **d1** | 13054.6 | -58860.2i | 0 | -2197.52+92756.3i | / | | | | | |
| **d2** | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **d3** | -218858 | 986782i | 0 | 36841.2-1.55505e+06i |
| **d4** | 12996 | -58596i | 0 | -2187.66+92340i |
| **d5** | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **d6** | -58596 | 264196i | 0 | 9863.66-416340i |

**除法**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **-** | **c1** | **c2** | **c3** | **c4** | **d1** | **d2** | **d3** | **d4** | **d5** | **d6** |
| **c1** | 1 | 0.22179i | 0 | -0.00333247-0.140662i | 0.995511 | inf | -0.0593809 | 1 | inf | -0.22179 |
| **c2** | -4.50877i | 1 | 0 | -0.634212+0.0150253i | -4.48853i | -infi | 0.267735i | -4.50877i | -infi | i |
| **c3** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **c4** | -0.168333+7.10526i | -1.57588-0.0373346i | 0 | 1 | -0.167578+7.07337i | -inf+infi | -0.168333+7.10526i | -133.19+810i | -inf+infi | 0.0373346-1.57588i |
| **d1** | 1.00451 | 0.22279i | 0 | -0.00334749-0.141296i | / | | | | | |
| **d2** | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **d3** | -16.8404 | -3.73504i | 0 | 0.0561202+2.36881i |
| **d4** | 1 | 0.22179i | 0 | -0.00333247-0.140662i |
| **d5** | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **d6** | -628 | -i | 0 | 0.0150253+0.634212i |

**后++**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **结果** | **返回值** |
| **c1** | 115 | 114 |
| **c2** | 1-514i | -514i |
| **c3** | 1 | 0 |
| **c4** | -18.19+810i | -19.19+810i |

**后--**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **结果** | **返回值** |
| **c1** | 113 | 114 |
| **c2** | -1-514i | -514i |
| **c3** | -1 | 0 |
| **c4** | -20.19+810i | -19.19+810i |

**前++**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **结果** | **返回值** |
| **c1** | 115 | 115 |
| **c2** | 1-514i | 1-514i |
| **c3** | 1 | 1 |
| **c4** | -18.19+810i | -18.19+810i |

**前--**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **结果** | **返回值** |
| **c1** | 113 | 113 |
| **c2** | -1-514i | -1-514i |
| **c3** | -1 | -1 |
| **c4** | -20.19+810i | -20.19+810i |

1. 所有数据在手打的过程中都进行了验证。
2. 在乘法、除法的验证中，用cout输出会有四舍五入、科学计数法的情况，经过验证，在误差范围之内。
3. 其中，加法、乘法均满足对称性，减法满足反对称性、除法满足倒对称性，符合客观情况。
4. 在除法的验证中，除以0的情况本来就是undefined behavior，虽然可以不用解决，但也可以分析结果的原因。

首先，c++中除法有以下规则：

（1）0/x=0

1. 在不满足(1)的情况下，+x/0=inf, -x/0=-inf

在涉及c3的运算中，由于计算的过程要计算(ac+bd)/(c^2+d^2)，这时候是0/0，属于情况(1)，所以输出是0，其他情况输出就是inf/-inf。

##### 2、自动测试**(** complexAutoTest **)**

事实上，c++自带复数类complex，#include <complex> 即可。

于是采用stl的complex类与手写的CP\_Complex进行对拍。

每次随机生成两个CP\_Complex c1,c2，int d1，double d2。

对于它们之间的所有24种运算（+-\*/各5种，++,--各2种）全部测试一遍，如果出现错误则输出错误的数据，否则一直进行循环。（当d1随机出0时，不进行c1/d1的测试。）

经过10分钟的对拍，没有出现错误。

根据估算，10分钟大致可以进行千亿(10^11)次计算，基本可以验证程序的正确性。