2024年春

程序设计实习(I): C++程序设计

第八讲 输入输出与文件操作

刘家瑛
liujiaying@pku.edu.cn

助讲

杨 帅

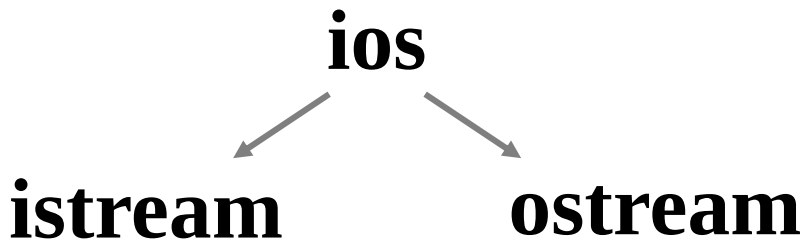
- 2010.09 – 2015.07
  - 北京大学信息科学技术学院理学学士学位
- 2015.09 – 2020.07
  - 北京大学王选计算机研究所博士学位
- 2020.10 – 2024.02
  - 南洋理工大学S-Lab博士后研究员
- 2024.03 至今
  - 北京大学王选计算机研究所助理教授
- 研究兴趣
  - 图像风格化
  - 图像生成与编辑
- 个人网站

  https://williamyang1991.github.io/

主要内容

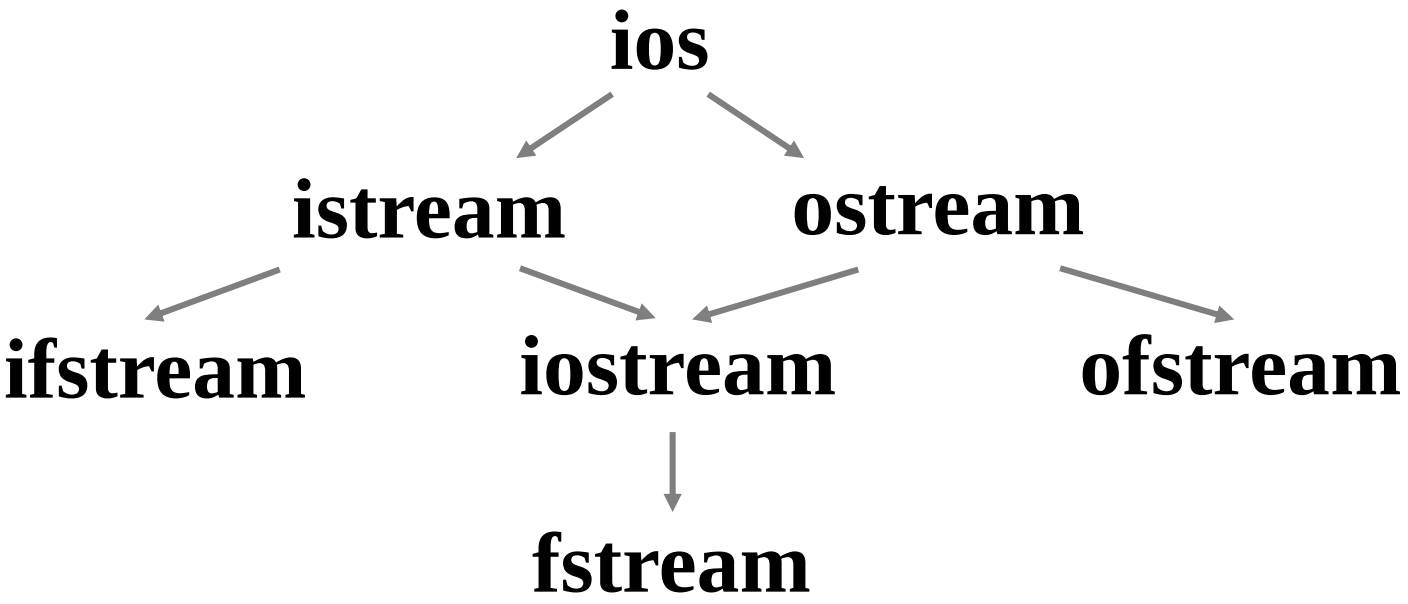
- 输入输出相关的类
- 流操纵算子
- 文件读写

与输入输出流操作相关的类



- **istream** 是用于**输入的流类**, **cin** 就是**该类的对象**
- **ostream** 是用于**输出的流类**, **cout** 就是**该类的对象**
- **iostream** 是既能用于输入, 又能用于输出的类

与输入输出流操作相关的类



- **istream** 是用于**输入的流类**, **cin** 就是**该类的对象**
- **ostream** 是用于**输出的流类**, **cout** 就是**该类的对象**
- **iostream** 是既能用于输入, 又能用于输出的类
- **ifstream** 是用于从文件读取数据的类
- **ofstream** 是用于向文件写入数据的类
- **fstream** 是既能从文件读取数据, 又能向文件写入数据的类

标准流对象

- **输入流对象**

  - cin 与标准输入设备相连

  cin 对应于标准输入流, 用于从键盘读取数据, 也可以被**重定向**为从文件中读取数据

* 重定向: 将输入的源或输出的目的地改变

输入重定向

```
1  #include <iostream >
2  using namespace std;
3  int main()  {
4    double f;
5    int n;
6    freopen("t.txt", "r", stdin);  //cin 被改为从 t.txt 中读取数据
7    cin >> f >> n;
8    cout << f << "," <<n << endl;
9    return 0;
10 }
```

t.txt:

3.14 123

输出:

3.14,123

标准流对象

- **输出流对象**

  - cout 与标准输出设备相连

  cout 对应于标准输出流, 用于向屏幕输出数据, 也可以被**重定向**为从文件中写入数据

  - cerr 与标准错误输出设备相连

  - clog 与标准错误输出设备相连

  cerr和clog的区别：cerr不使用缓冲区，直接向显示器输出信息；而输出到clog中的信息先会被存放在缓冲区，缓冲区满或者刷新时才输出到屏幕

输出重定向

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  int main()   {
4    int x,y;
5    cin >> x >> y;
6    freopen("test.txt", "w", stdout);  //将标准输出重定向到 test.txt 文件
7    if( y == 0 )  //除数为 0 则在屏幕上输出错误信息
8      cerr << "error." << endl;
9    else
10     cout << x / y ;  //输出结果到 test.txt
11   return 0;
12 }
```


判断输入流结束

- 可以用如下方法判输入流结束:

```
int x;
while ( cin>>x ) {
 // …
}
```

- 如果从键盘输入, 则在单独一行输入Ctrl+Z代表输入流结束
- 如果从文件输入, 例如前面有

```
freopen("some.txt", "r", stdin); //将一个指定的文件打开一个
                                 //预定义的流: 标准输入
```

读到文件尾部, 输入流就算结束

判断输入流结束

- 原理

重载 >> 运算符的定义:

```
istream & operator >> (int & a){
    // …
    return *this;
}
```

可以用如下方法判输入结束:

```
int x;
while ( cin>>x ) { … } // 类型不匹配, 为什么可以?
```

在istream或其基类里重载了**operator bool**

```
#include <iostream>
using namespace std;
class MyCin{
    …
};
int main()
{
    MyCin m;     // m←→cin
    int n;
    while ( m >> n )
        cout << "number:" << n << endl;
    return 0;
}
```

补齐MyCin类, 要求输入100, 则程序结束

```
#include <iostream>
using namespace std;
class MyCin{
        bool bStop;
    public:
        MyCin():bStop(false) { }
        operator bool( ) {   //重载类型强制转换运算符 bool
            return !bStop;
        }
        MyCin & operator >> (int & n){
            cin >> n;
            if(n == 100) bStop = true;
            return * this;
        }
};
```


istream类的成员函数

- **istream类的成员函数**

istream & getline(char * buf, int bufSize);

从输入流中读取(bufSize-1)个字符到缓冲区，或读到'\n'为止(哪个先到算哪个)

istream & getline(char * buf, int bufSize, char delim);

从输入流中读取(bufSize-1)个字符到缓冲区，或读到delim为止

istream类的成员函数

- **istream类的成员函数**

istream & getline(char * buf, int bufSize);

从输入流中读取(bufSize-1)个字符到缓冲区，或读到'\n'为止(哪个先到算哪个)

istream & getline(char * buf, int bufSize, char delim);

从输入流中读取(bufSize-1)个字符到缓冲区，或读到delim为止

- 两个函数都会自动在缓冲区中读入数据的结尾添加'\0'
- '\n'或delim都不会被读入缓冲区，但会被从输入流中取走
- 如果输入流'\n'或delim之前的字符个数超过了bufSize个，就导致读入出错，其结果就是：本次读入已经完成，但之后的读入就都会失败

- **可以用 if(!cin.getline (…)) 判断输入是否结束**

istream类的成员函数

- bool **eof**(); //判断输入流是否结束
- int **peek**(); //返回下一个字符，但不从流中去掉
- istream & **putback**(char c); //将字符c 放回输入流
- istream & **ignore**(int nCount = 1, int delim = EOF);

//从流中删掉最多**nCount** 个字符，遇到**EOF** 时结束

istream类的成员函数

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  int main()  {
4    int x;
5    char buf[100];
6    cin >> x;
7    cin.getline(buf, 90);
8    cout << buf << endl;
9    return 0;
10 }
```

- 输入:

12 abcd

- 输出

abcd (空格+abcd)

- 输入

12

- 程序立即结束, 无输出:

因为getline读到留在流中的‘\n’就会返回

流操纵算子

- 整数流的基数：dec，oct，hex，setbase
- 浮点数的精度(precision，setprecision)
- 设置域宽(setw，width)
- 用户自定义的流操纵算子

使用流操纵算子需要 #include <iomanip>

流操纵算子

- 整数流的基数: **流操纵算子dec，oct，hex**

```
int n = 10;
cout << n << endl;
cout << hex << n << "\n" //十六进制
     << dec << n << "\n" //十进制
     << oct << n << endl; //八进制
```

- 输出结果:

```
10
 a
10
12
```

流操纵算子

- 浮点数的精度 **(precision, setprecision)**

precision是成员函数, 其调用方式为:

cout.precision(5);

setprecision 是流操作算子, 其调用方式为:

cout << setprecision(5); // 可以连续输出

- 功能相同:
  - 指定输出浮点数的有效位数（非定点方式输出时）
  - 指定输出浮点数的小数点后的有效位数（定点方式输出时）

*定点方式: 小数点必须出现在个位数后面

控制浮点数精度的流操纵算子

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int main(){
        double x = 1234567.89,  y = 12.34567;
        int n = 1234567;
        int m = 12;
        cout << setprecision(6) << x << endl
             << y << endl << n << endl << m;
}
```

浮点数输出最多6位有效数字

输出：

```
1.23457e+006
12.3457
1234567
12
```

控制浮点数精度的流操纵算子

- 流格式操纵算子**setiosflags**
  - setiosflags(ios::**fixed**) 用定点方式表示实数
  - seiosflags(ios::**scientific**) 用指数方式表示实数
  - setiosflags(ios::fixed) 可以和 **setprecision**(n) 合用
    控制小数点右边的数字个数
  - seiosflags(ios::scientific) 可以和 **setprecision**(n) 合用
    控制指数表示法的小数位数
    - 在用浮点表示的输出中, setprecision(n)表示有效位数
    - 在用定点/指数表示的输出中, setprecision(n)表示小数位数
    - 小数位数截短显示时, 进行四舍五入处理

控制浮点数精度的流操纵算子

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int main(){
        double x = 1234567.89,  y = 12.34567;
        int n = 1234567;
        int m = 12;
        cout << setiosflags(ios::fixed)
             << setprecision(6) << x << endl
             << y << endl << n << endl << m;
}
```

以小数点位置固定的方式输出

输出：

```
1234567.890000
12.345670
1234567
12
```

控制浮点数精度的流操纵算子

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int main(){
        double x = 1234567.89;
        cout << setiosflags(ios::fixed)
             << setprecision(6) << x << endl
             << resetiosflags(ios::fixed)  << x ;
}
```

输出：
1234567.890000
1.23457e+006

取消以小数点位置固定的方式输出

控制浮点数精度的流操纵算子

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
int main(){
        double x = 1234567.89;
        cout << setprecision(5) << x << endl
             << fixed << setprecision(5) << x << endl
             << scientific << setprecision(5) << x ;
}
```

输出：
1.2346e+006
1234567.89000
1.23457e+006

注意第一个输出和第三个输出的区别

可以省略

流操纵算子

- 设置域宽 **(setw, width)**

  两者功能相同，一个是流操作算子，另一个是成员函数，

  调用方式不同：

  cin >> setw(5); 或者 **cin.width(5);**

  cout << setw(5); 或者 **cout.width(5);**

- **不含参数**的width函数将输出当前域宽

流操纵算子

- 设置域宽 (setw, width)

例：
```
int w = 4;
char string[10];
cin.width(5);
while(cin >> string){
    cout.width(w++);
    cout << string << endl;
    cin.width(5);
}
```

输入：1234567890

输出：1234
5678
90

输入操作提取字符串的最大宽度比定义的域宽小1，

因为在输入的字符串后面必须加上一个空字符

流操纵算子

- 设置域宽 **(setw, width)**

  需要注意的是在每次读入和输出之前都要设置宽度

  例如：

```
char str[10];
cin.width(5);
cin >> string;
cout << string << endl;
cin >> string;
cout << string << endl;
```

输入：1234567890

输出：1234

567890

流操纵算子

- 设置域宽 **(setw, width)**

  需要注意的是在**每次**读入和输出之前都要设置宽度

  例如：

```
char str[10];
cin.width(5);
cin >> string;
cout << string << endl;
cin.width(5);
cin >> string;
cout << string << endl;
```

输入: 1234567890

输出: 1234

5678

用户自定义流操纵算子

```
1  ostream &tab(ostream &output){
2      return output << '\t';
3  }
4  cout << "aa" << tab << "bb" << endl;
```

输出: aa　bb

为什么可以?

用户自定义流操纵算子

```
1  ostream &tab(ostream &output){
2      return output << '\t';
3  }
4  cout << "aa" << tab << "bb" << endl;
```

输出: aa　bb

为什么可以? 因为iostream 里对<<进行了重载 (成员函数)

```
1  ostream & operator <<(ostream & ( * p ) ( ostream & )) ;
```

该函数内部会调用 p 所指向的函数, 且以*this 作为参数

hex / dec / oct 都是函数

数据的层次

- 位　　bit
- 字节　byte
- 域 / 记录

  例：学生记录

  int ID;

  char name[10];

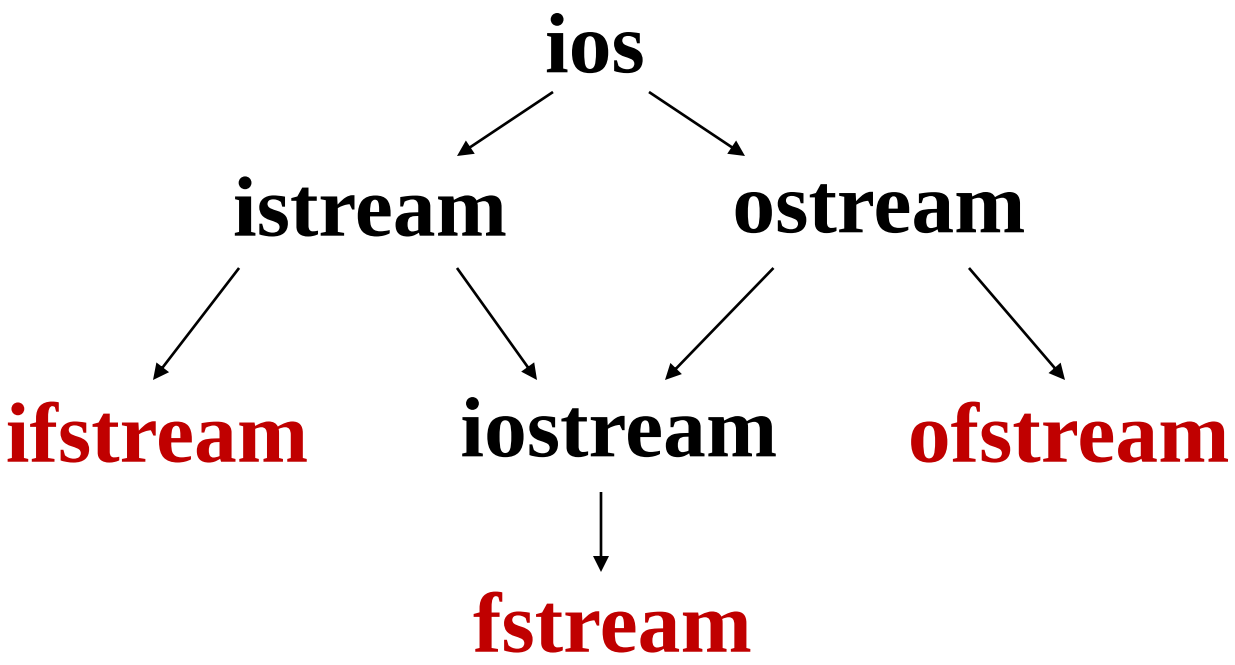
  int age;

  int rank[10];

- 将所有记录顺序地写入一个文件, 称为 <u>顺序文件</u>

文件和流

- 将**顺序文件**看作一个有限字符构成的**顺序字符流**
  然后像对 **cin / cout** 一样的读写
- 回顾一下输入输出流类的结构层次：



建立顺序文件

```
#include <fstream>   // 包含头文件
ofstream outFile("clients.dat",  ios::out|ios::binary); //打开文件
```

- **ofstream** 是 fstream中定义的**类**
- **outFile** 是我们定义的ofstream类的**对象**
- "clients.dat" 是将要建立的文件的**文件名**
- ios::out 是打开并建立文件的选项
  - **ios::out** 输出到文件, 删除原有内容
  - **ios::app** 输出到文件, 保留原有内容, 总是在尾部添加
  - **ios::ate** 输出到文件, 保留原有内容, 在文件任意位置添加
- ios::binary 以二进制**文件格式打开文件**

建立顺序文件

- 也可以先创建ofstream对象, 再用**open函数**打开

```
ofstream fout;
fout.open("test.out", ios::out|ios::binary);
```

- 判断打开是否成功:

```
if (!fout) { cerr << "File open error!" <<endl; }
```

文件名可以给出绝对路径, 也可以给相对路径

没有交代路径信息, 就是在当前文件夹下找文件

文件的读写指针

- 对于输入文件，有一个**读指针**
- 对于输出文件，有一个**写指针**
- 对于输入输出文件，有一个**读写指针**
- 标识文件操作的当前位置，该指针在哪里，读写操作就在哪里进行

文件的读写指针

```
ofstream  fout("a1.out",  ios::ate);
long location = fout.tellp();
        //取得写指针的位置
location = 10L;
fout.seekp(location);
        // 将写指针移动到第10个字节处
fout.seekp(location,  ios::beg); //从头数location
fout.seekp(location,  ios::cur); //从当前位置数location
fout.seekp(location,  ios::end); //从尾部数location
//location 可以为负值
```


文件的读写指针

```
ifstream  fin("a1.in", ios::ate);
long location = fin.tellg();
        //取得读指针的位置
location = 10L;
fin.seekg(location);
        // 将读指针移动到第10个字节处
fin.seekg(location,  ios::beg); //从头数location
fin.seekg(location,  ios::cur); //从当前位置数location
fin.seekg(location,  ios::end); //从尾部数location
//location 可以为负值
```


字符文件读写

- 因为文件流也是流，所以前面讲过的流的成员函数和流操作算子也同样适用于文件流
- 写一个程序，将文件 in.txt 里面的整数排序后，输出到out.txt

例如：**in.txt** 的内容为：

1 234 9 45 6 879

2 4

则执行本程序后，生成的 **out.txt** 的内容为：

1 2 4 6 9 45 234 879

假定待排序的数不超过1000个

参考程序

```
#include  "iostream"
#include  "fstream"
#include  "algorithm"
using namespace std;
int aNum[1000];
int main()  {
    ifstream srcFile("in.txt",  ios::in);
    ofstream destFile("out.txt",  ios::out);
    int x;
    int n = 0;
    while( srcFile >> x )
        aNum[n++] = x;
    sort(aNum,  aNum + n);  //定义在头文件<algorithm>
    for( int i = 0; i < n; i ++ )
        destFile << aNum[i] << " ";
    destFile.close();
    srcFile.close();
}
```


二进制文件读写

```
int x=10;
fout.seekp(20, ios::beg);
fout.write((const char *)(&x), sizeof(int));

fin.seekg(0,  ios::beg);
fin.read((char *)(&x),  sizeof(int));
```

- 二进制文件读写, 直接写二进制数据, 记事本看未必正确

二进制文件读写

```
// 下面的程序从键盘输入几个学生的姓名的成绩，
// 并以二进制文件形式存起来

#include "iostream"
#include "fstream"
using namespace std;

class CStudent {
    public:
        char szName[20];
        int nScore;
};
```


```
int main(){
    CStudent s;
    ofstream OutFile( “c:\\tmp\\students.dat”,  ios::out|ios::binary);
    while( cin >> s.szName >> s.nScore ) {
        if( stricmp(s.szName,  "exit") == 0) //名字为exit则结束
            break;
        OutFile.write( (char * ) & s,  sizeof(s) );
    }
    OutFile.close();
    return 0;
}
```


输入：

Tom 60
Jack 80
Jane 40
exit 0

Note -- 文本文件/二进制文件打开文件的区别:

- **在Unix/Linux下，二者一致，没有区别;**
- **在Windows下，文本文件是以“\r\n”作为换行符**

→读出时，系统会将0x0d0a只读入0x0a

→写入时，对于0x0a系统会自动写入0x0d

则形成的 students.dat 为 72字节，用记事本打开，呈现：

Tom 烫烫烫烫烫烫烫烫< Jack 烫烫烫烫烫烫烫藁 Jane 烫烫烫烫烫烫烫?

二进制文件读写

//下面的程序将 students.dat 文件的内容读出并显示

```
#include <iostream>
#include <fstream>
using namespace std;
class CStudent {
    public:
        char szName[20];
        int nScore;
};
```


```
int main() {
    CStudent s;
    ifstream InFile("c:\\tmp\\students.dat",  ios::in|ios::binary);
    if(!InFile) {
        cout << "error" <<endl;
        return 0;
    }
    while( InFile.read( (char* ) & s,  sizeof(s) ) ) {
        int nReadedBytes = InFile.gcount(); //看刚才读了多少字节
        cout << s.szName << " " << s.nScore << endl;
    }
    InFile.close();
    return 0;
}
```

输出：

Tom 60

Jack 80

Jane 40

二进制文件读写

//下面的程序将 students.dat 文件的Jane的名字改成Mike

```
#include <iostream>
#include <fstream>
using namespace std;
class CStudent {
    public:
        char szName[20];
        int nScore;
};
```


```
int main(){
    CStudent s;
    fstream iofile( "c:\\tmp\\students.dat",
     ios::in|ios::out |ios::binary);
    if( !iofile) {
          cout << "error" ;
          return 0;
    }
    iofile.seekp( 2 * sizeof(s),  ios::beg);  //定位写指针到第三个记录
    iofile.write("Mike",  strlen("Mike"));
    iofile.seekg(0,  ios::beg); //定位读指针到开头
    while( iofile.read( (char* ) & s,  sizeof(s)) )
          cout << s.szName << " " << s.nScore << endl;
    iofile.close();
    return 0;
}
```

输出：
Tom 60
Jack 80
Mike 40

显式关闭文件

- ifstream fin("test.dat", ios::in);
  fin.close();

- ofstream fout("test.dat", ios::out);
  fout.close();

例：mycopy 程序，文件拷贝

```
/*用法示例：
  mycopy src.dat dest.dat
  即将 src.dat 拷贝到 dest.dat
  如果 dest.dat 原来就有，则原来的文件会被覆盖
*/
#include <iostream>
#include <fstream>
using namespace std;
int main(int argc,  char * argv[])
{
    if( argc != 3 ) {
        cout << "File name missing!" << endl;
        return 0;
    }
```


```
    ifstream inFile(argv[1],  ios::binary|ios::in); //打开文件用于读
    if ( ! inFile ) {
            cout << "Source file open error." << endl;
            return 0;
    }
    ofstream outFile(argv[2],  ios::binary|ios::out); //打开文件用于写
    if ( !outFile ) {
            cout << "New file open error." << endl;
            inFile.close();   //打开的文件一定要关闭
            return 0;
    }
    char c;
    while ( inFile.get(c) )  //每次读取一个字符
            outFile.put(c);    //每次写入一个字符
    outFile.close();
    inFile.close();
    return 0;
}
```

二进制文件和文本文件的区别

- Linux / Unix下的换行符号：'\n' (ASCII码：0x0a)
- Windows下的换行符号：'\r\n' (ASCII码： 0x0d0a)

  endl 就是 '\n'
- Mac OS下的换行符号： '\r' (ASCII码：0x0d)
- **导致 Linux, Mac OS 文本文件在Windows 记事本中打开时不换行**

二进制文件和文本文件的区别

- Unix/Linux下打开文件, 用不用 ios::binary 没区别
- Windows下打开文件, 如果不用 ios::binary, 则:
  - 读取文件时, 所有的 '\r\n' 会被当做一个字符'\n' 处理, 即少读了一个字符 '\r'
  - 写入文件时, 写入单独的 '\n' 时, 系统自动在前面加一个 '\r' , 即多写了一个'\r'