实验二 内存管理

学号：2017526019　　姓名：刘禾子　　班级：2015211307

一、 实验目的

在本次实验中，需要从不同的侧面了解 Windows 2000/XP 的虚拟内存机制。在 Windows 2000/XP 操作系统中，可以通过一些 API 操纵虚拟内存。主要了解以下几个方面：

- Windows 2000/XP 虚拟存储系统的组织
- 如何控制虚拟内存空间
- 如何编写内存追踪和显示工具
- 详细了解与内存相关的 API 函数的使用

二、 Windows 2000/XP 虚拟内存机制简介

内存管理是 Windows 2000/XP 执行体的一部分，位于 Ntoskrnl.exe 文件中，是整个操作系统的重要组成部分。

默认情况下，32 位 Windows 2000/XP 上每个用户进程可以占有 2GB 的私有地址控件，操作系统占有剩下的 2GB。Windows 2000/XP 在 x86 体系结构上利用二级页表结构来实现虚拟地址向物理地址的变换。一个 32 位虚拟地址被解释为三个独立的分量——页目录索引、页表索引和字节索引——它们用于找出描述页面映射结构的索引。页面大小及页面表项的宽度决定了页目录和页表索引的宽度。比如，在 x86 系统中，因为一页包含 4096 字节，于是字节索引被确定为 12 位宽（2^12=4096）。

应用程序有三种使用内存方法：

- 以页为单位的虚拟内存分配方法，适合于大型对象或结构数组；
- 内存映射文件方法，适合于大型数据流文件以及多个进程之间的数据共享；
- 内存堆方法，适合于大量的小型内存申请。

本次实验主要是针对第一种使用方式。应用程序通过 API 函数 VirtualAlloc 和 VirtualAllocEx 等实现以页为单位的虚拟内存分配方法。首先保留地址空间，然后向此地址空间提交物理页面，也可以同时保留和提交。保留地址空间是为线程将来使用保留一块虚拟地址。在已保留的区域中，提交页面必须指出将物理存储器提交到何处以及提交多少。提交页面在访问时会转变为物理内存中的有效页面。

三、 实验内容

1. 与实验相关的 API

可以通过 GetSystemInfo，GlobalMemoryStatus 和 VirtualQuery 来查询进程虚空间的状态。主要的信息来源如下：

VOID GetSystemInfo （ LPSYSTEM_INFO lpSystemInfo ）；

结构 SYSTEMINFO 定义如下：

```
typedef struct _SYSTEM_INFO {
DWORD dwOemld;
DWORD dwPageSize;
LPVOID lpMinimumApplicationAddress;
LPVOID lpMaximumApplicationAddress;
```

```
DWORD dwActiveProcessorMask;
DWORD dwNumberOfProcessors;
DWORD dwProcessorType;
DWORD dwAllocationGranularity;
DWORD dwReserved;
} SYSTEM_INFO, *LPSYSTEM_INFO;
```

函数 VOID GlobalMemoryStatus （LPMEMORYSTATUS lpBuffer）；

数据结构 MEMORYSTATUS 定义如下：

```
typedef struct _ MEMORYSTATUS {
DWORD dwLength;
DWORD dwMemoryLoad;
DWORD dwTotalPhys;
DWORD dwAvailPhys;
DWORD dwTotalPageFile;
DWORD dwAvailPageFile;
DWORD dwTotalVirtual;
DWORD dwAvailVirtual;
} MEMORYSTATUS, * LPMEMORYSTATUS;
```

函数 DWORD VirtualQuery （ LPCVOLD lpAddress,
PMEMORY_BASIC_INFORMATION lpBuffer, DWORD dwLength）；

主要数据结构 MEMORY_BASIC_INFORMAT 定义如下：

```
typedef struct _ MEMORY_BASIC_INFORMATION {
PVOID BaseAddress;
PVOID AllocationBase;
DWORD AllocationProtect;
DWORD RegionSize;
DWORD State;
DWORD Protect;
DWORD Type;
} MEMORY_BASIC_INFORMATION;
typedef MEMORY_BASIC_INFORMATION *
PMEMORY_BASIC_INFORMATION;
```

还有一些函数，例如 VirtualAlloc，VirtualAllocEx，VirtualFree 和 VirtualFreeEx 等，用于虚拟内存的管理，详情请见 Microsoft 的 Win32 API Reference Manual。

2. **具体步骤**

使用这些 API 函数，编写一个包含两个线程的进程。一个线程用于模拟内存分配活动，一个线程用于跟踪一个线程的内存行为。模拟内存活动的线程可以从一个文件中读出要进行的内存操作，每个内存操作包含如下内容：

- 时间：开始执行的时间；
- 块数：分配内存的粒度；
- 操作：包括保留一个区域、提交一个区域、释放一个区域、回收以及锁与解锁一个区域；可以将这些操作编号，存放于文件中。

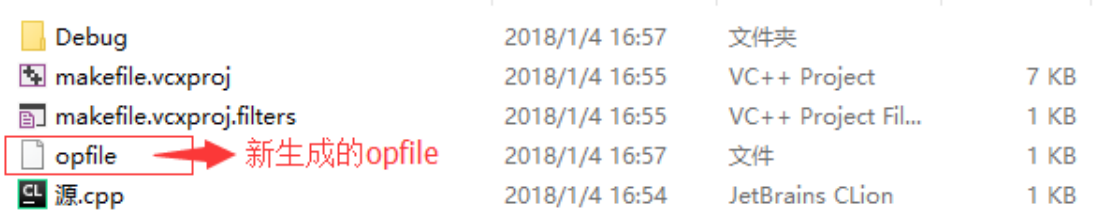
- 大小：指块的大小；
- 访问权限：共五种 PAGE_READONLY、PAGE_READWRITE、PAGE_EXCUTE、PAGE_EXECUTE_READ 和 PAGE_EXECUTE_READWRITE。可以将这些权限编号，存放于文件中。跟踪线程将页面大小、已使用的地址范围、物理内存总量以及虚拟内存总量等信息显示出来。

3. 程序说明

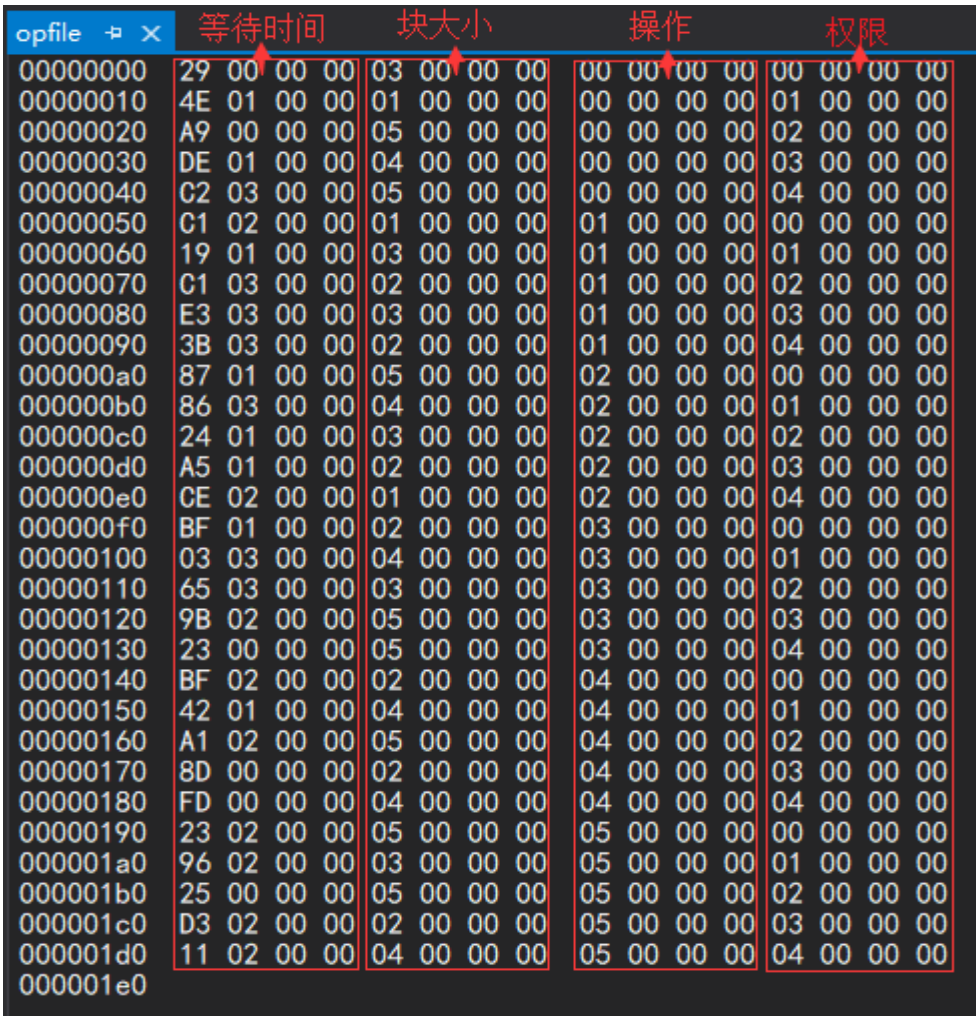
首先执行 makefile.exe,生成 opfile 文件，里面保存了模拟的内存操作。然后执行 memory-op.exe,产生两个线程，一个从 opfile 文件里读取内存操作，模拟内存活动，另一个跟踪第一个的内存行为，将结果输出并保存在 out.txt 文件中。两个线程通过信号量实现同步。

四、 实验结果

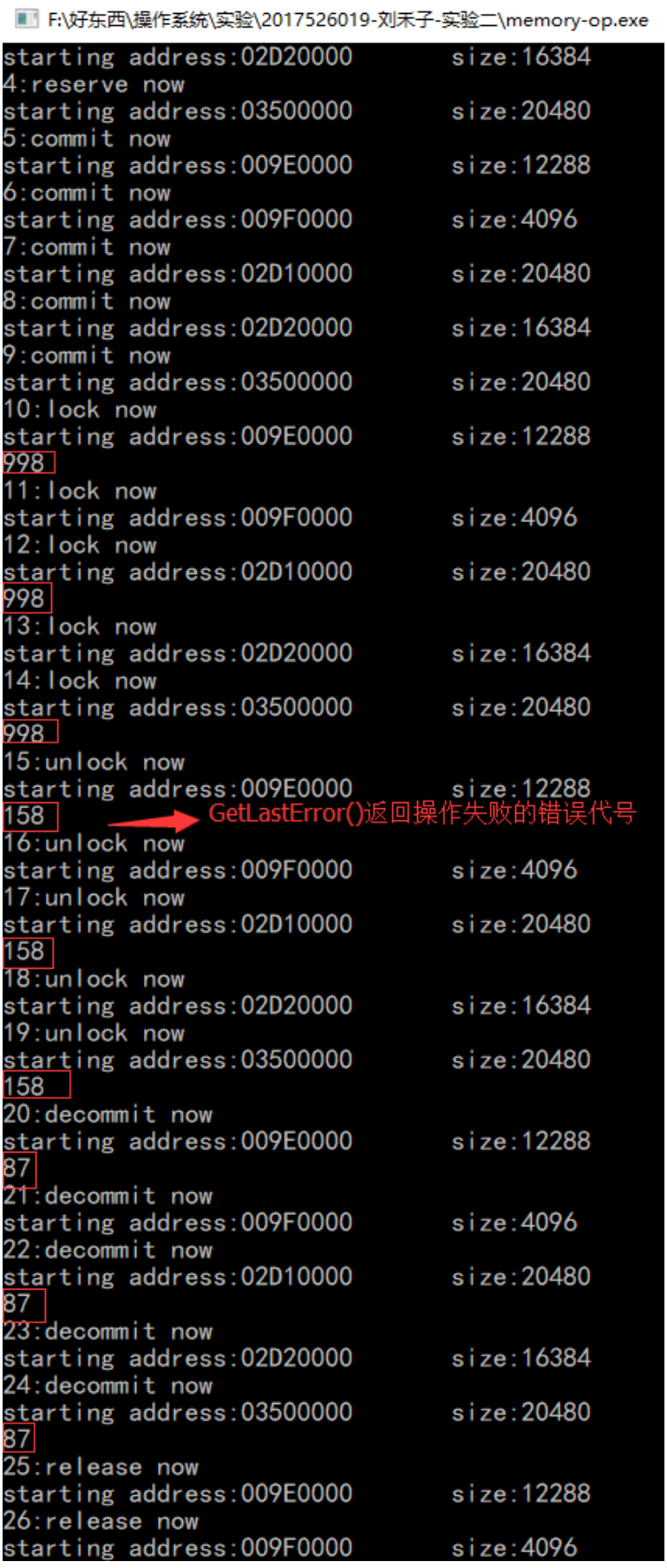
执行 makefile.exe 之后生成 opfile 文件：

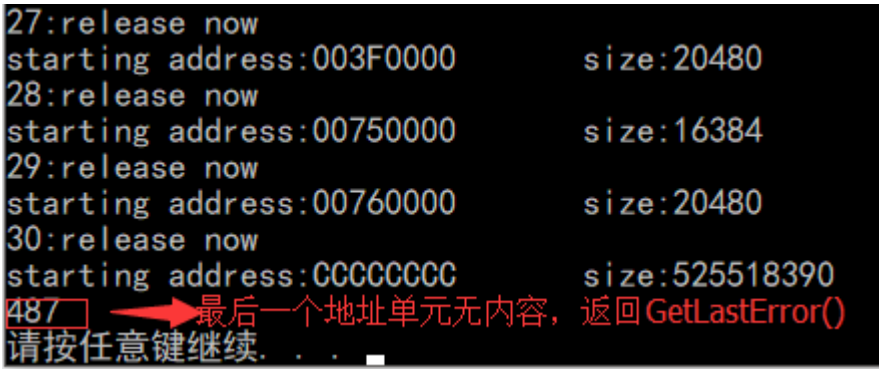


opfile 文件内容：

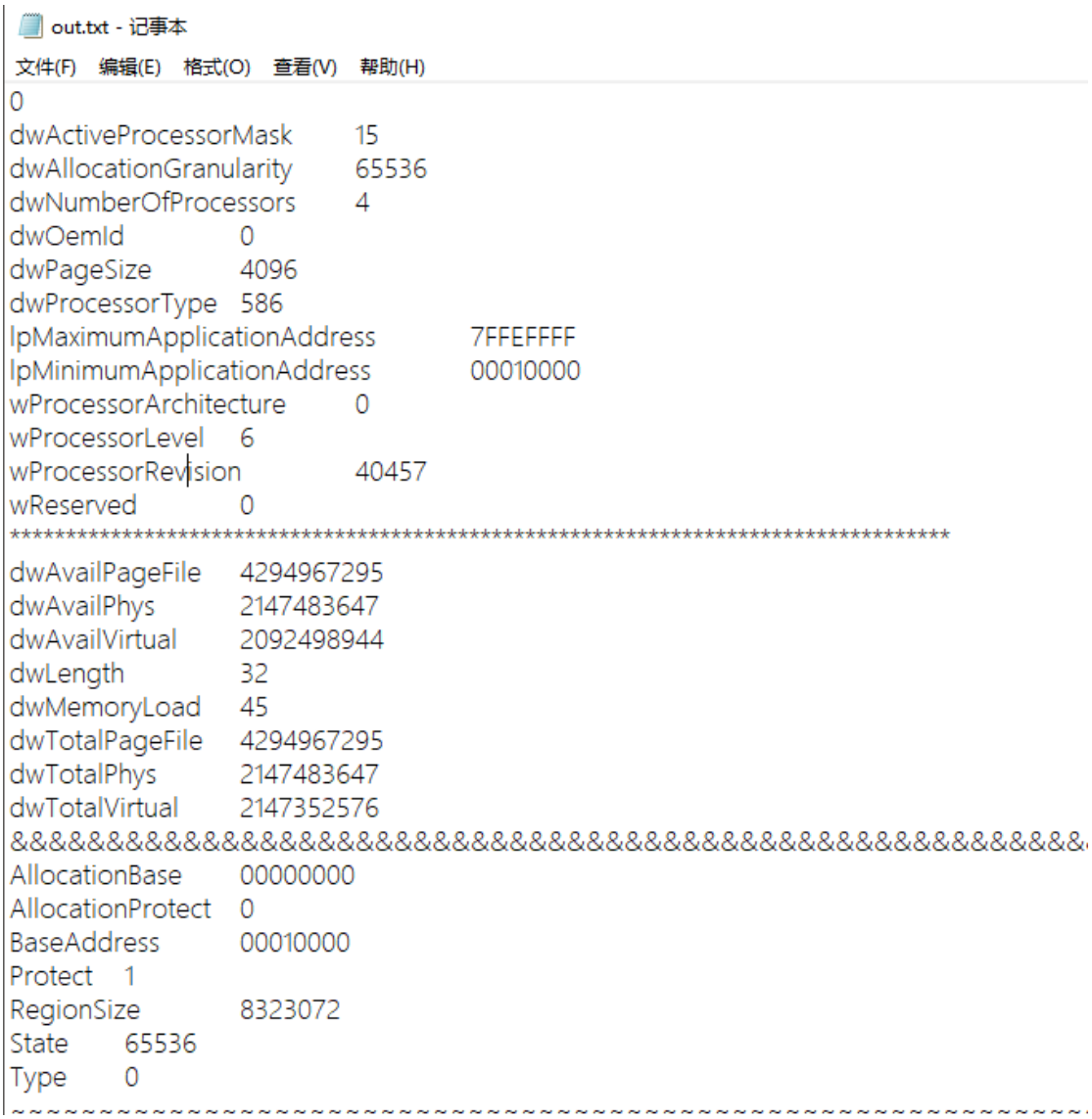


执行 memory-op.exe：





同时向 out.txt 写内容（以第 0 个记录为例具体参考文件中 out.txt）：分别输出当前计算机系统信息、可用物理和虚拟内存信息、有关进程的虚拟地址空间中的一系列页面信息。



五、 源代码

```
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
makefile.cpp
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
//文件生成程序
#include <fstream>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>
struct operation
{
    int time;//起始时间
    int block;//内存页数
    int oper;//操作
    int protection;//权限
};
int main()
{
    FILE* file;
    file = fopen("opfile", "wb");//“opfile”为二进制用以确定内存操作
    operation op;

    for (int j = 0; j<6; j++) //0-保留；1-提交；2-锁；3-解锁；4-回收；5-释放
        for (int i = 0; i<5; i++)
            //0-PAGE_READONLY;
            //1-PAGE_READWRITE;
            //2-PAGE_EXECUTE;
            //3-PAGE_EXECUTE_READ;
            //4-PAGE_EXECUTE_READWRITE;
        {
            op.time = rand() % 1000;//随机生成等待时间
            op.block = rand() % 5 + 1;//随机生成块大小
            op.oper = j;
            op.protection = i;
            fwrite(&op, sizeof(operation), 1, file);//将生成的结构写入文件
        }
    return 0;
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
memory-op.cpp
//内存管理实习
//将程序从文件读入每次的操作，并将结果输入到out.txt文件中
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
#include <fstream>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <windows.h>
#include <iostream>
```

```
using namespace std;
struct operation
{
    int time;//起始时间
    int block;//内存页数
    int oper;//操作
    int protection;//权限
};

struct trace //跟踪每一次分配活动的数据结构
{
    LPVOID start;//起始地址
    long size;   //分配的大小
};

HANDLE allo, trac; //信号量的句柄

DWORD Tracker(LPDWORD lpdwparm) //跟踪allocator线程的内存行为，并输出必要信息
{
    ofstream outfile;//输出文件
    outfile.open("out.txt");

    for (int i = 0; i <= 30; i++)
    {
        WaitForSingleObject(trac, INFINITE); //等待allocator一次内存分配活动结束
                                             //打印内存状况和系统状况
        outfile << i << endl;
        //以下一段显示系统信息，每次执行操作后系统信息不变
        //如果要查看系统信息，可以取消注释

        SYSTEM_INFO info;  //系统信息
        GetSystemInfo(&info);
        outfile << "dwActiveProcessorMask" << '\t' << info.dwActiveProcessorMask <<
endl;
        outfile << "dwAllocationGranularity" << '\t' << info.dwAllocationGranularity
<< endl;
        outfile << "dwNumberOfProcessors" << '\t' << info.dwNumberOfProcessors <<
endl;
        outfile << "dwOemId" << '\t' << info.dwOemId << endl;
        outfile << "dwPageSize" << '\t' << info.dwPageSize << endl;
        outfile << "dwProcessorType" << '\t' << info.dwProcessorType << endl;
        outfile << "lpMaximumApplicationAddress" << '\t' <<
info.lpMaximumApplicationAddress << endl;
        outfile << "lpMinimumApplicationAddress" << '\t' <<
```

```
info.lpMinimumApplicationAddress << endl;
        outfile << "wProcessorArchitecture" << '\t' << info.wProcessorArchitecture <<
endl;
        outfile << "wProcessorLevel" << '\t' << info.wProcessorLevel << endl;
        outfile << "wProcessorRevision" << '\t' << info.wProcessorRevision << endl;
        outfile << "wReserved" << '\t' << info.wReserved << endl;
        outfile <<
"*********************************************************************************"
<< endl;

        //内存状况
        MEMORYSTATUS status; //内存状态
        GlobalMemoryStatus(&status);
        outfile << "dwAvailPageFile" << '\t' << status.dwAvailPageFile << endl;
        outfile << "dwAvailPhys" << '\t' << status.dwAvailPhys << endl;
        outfile << "dwAvailVirtual" << '\t' << status.dwAvailVirtual << endl;
        outfile << "dwLength" << '\t' << status.dwLength << endl;
        outfile << "dwMemoryLoad" << '\t' << status.dwMemoryLoad << endl;
        outfile << "dwTotalPageFile" << '\t' << status.dwTotalPageFile << endl;
        outfile << "dwTotalPhys" << '\t' << status.dwTotalPhys << endl;
        outfile << "dwTotalVirtual" << '\t' << status.dwTotalVirtual << endl;
        outfile <<
"&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&"
<< endl;

        //以下一段显示内存基本信息，每次操作后内存基本信息不变
        //如要查看内存基本信息，可以取消注释

        MEMORY_BASIC_INFORMATION mem;//内存基本信息
        VirtualQuery(info.lpMinimumApplicationAddress, &mem,
            sizeof(MEMORY_BASIC_INFORMATION));
        outfile << "AllocationBase" << '\t' << mem.AllocationBase << endl;
        outfile << "AllocationProtect" << '\t' << mem.AllocationProtect << endl;
        outfile << "BaseAddress" << '\t' << mem.BaseAddress << endl;
        outfile << "Protect" << '\t' << mem.Protect << endl;
        outfile << "RegionSize" << '\t' << mem.RegionSize << endl;
        outfile << "State" << '\t' << mem.State << endl;
        outfile << "Type" << '\t' << mem.Type << endl;
        outfile <<
"~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
~~~~~~~" << endl;

        //释放信号量通知allocator可以执行下一次内存分配活动
        ReleaseSemaphore(allo, 1, NULL);
```

```
    }
    return 0;
}
void Allocator() //模拟内存分配活动的线程
{
    trace traceArray[5];
    int index = 0;
    FILE* file;
    file = fopen("opfile", "rb");//读入文件
    operation op;
    SYSTEM_INFO info;
    DWORD temp;
    GetSystemInfo(&info);
    for (int i = 0; i<30; i++)
    {
        WaitForSingleObject(allo, INFINITE);  //等待tracker打印结束的信号量
        cout << i << ':';
        fread(&op, sizeof(operation), 1, file);
        Sleep(op.time); //执行时间，如果想在指定时间执行可以取消注释
        GetSystemInfo(&info);
        switch (op.protection) //根据文件内容确定权限
        {
        case 0:
        {
            index = 0;
            temp = PAGE_READONLY;
            break;
        }
        case 1:
            temp = PAGE_READWRITE;
            break;
        case 2:
            temp = PAGE_EXECUTE;
            break;
        case 3:
            temp = PAGE_EXECUTE_READ;
            break;
        case 4:
            temp = PAGE_EXECUTE_READWRITE;
            break;
        default:
            temp = PAGE_READONLY;
        }
        switch (op.oper)
```

```
        {
        case 0://保留一个区域
        {
            cout << "reserve now" << endl;

            traceArray[index].start = VirtualAlloc(NULL, op.block*info.dwPageSize,
                MEM_RESERVE, PAGE_NOACCESS);
            traceArray[index++].size = op.block*info.dwPageSize;
            cout << "starting address:"
                << traceArray[index - 1].start << '\t' << "size:" << traceArray[index
- 1].size << endl;
            break;
        }
        case 1://提交一个区域
        {
            cout << "commit now" << endl;

            traceArray[index].start = VirtualAlloc(traceArray[index].start,
traceArray[index].size, MEM_COMMIT, temp);
            index++;
            cout << "starting address:"
                << traceArray[index - 1].start << '\t' << "size:" << traceArray[index
- 1].size << endl;
            break;
        }
        case 2: //锁一个区域
        {
            cout << "lock now" << endl;
            cout << "starting address:" << traceArray[index].start << '\t' << "size:"
<< traceArray[index].size << endl;
            if (!VirtualLock(traceArray[index].start, traceArray[index++].size))
                cout << GetLastError() << endl;//GetLastError()函数返回错误号
            break;
        }
        case 3: //解锁一个区域
        {
            cout << "unlock now" << endl;
            cout << "starting address:" << traceArray[index].start << '\t' << "size:"
<< traceArray[index].size << endl;
            if (!VirtualUnlock(traceArray[index].start, traceArray[index++].size))
                cout << GetLastError() << endl;
            break;
        }
        case 4: //回收一个区域
```

```
        {
            cout << "decommit now" << endl;
            cout << "starting address:" << traceArray[index].start << '\t' << "size:"
<< traceArray[index].size << endl;
            if (!VirtualFree(traceArray[index].start, traceArray[index++].size,
MEM_DECOMMIT))
                cout << GetLastError() << endl;
            break;
        }
        case 5: //释放一个区域
        {
            cout << "release now" << endl;
            cout << "starting address:" << traceArray[index].start << '\t' << "size:"
<< traceArray[index].size << endl;
            if (!VirtualFree(traceArray[index++].start, 0, MEM_RELEASE))
                cout << GetLastError() << endl;
            break;
        }
        default:
            cout << "error" << endl;
        }
        ReleaseSemaphore(trac, 1, NULL); //释放信号量通知tracker可以打印信息
    }
}
int main()
{
    DWORD dwThread;
    HANDLE handle[2];
    //生成两个线程
    handle[0] = CreateThread(NULL, 0, (LPTHREAD_START_ROUTINE)Tracker, NULL, 0,
&dwThread);
    handle[1] = CreateThread(NULL, 0, (LPTHREAD_START_ROUTINE)Allocator, NULL, 0,
&dwThread);

    //生成两个信号量
    allo = CreateSemaphore(NULL, 0, 1, (LPCWSTR)"allo");
    trac = CreateSemaphore(NULL, 1, 1, (LPCWSTR)"trac");
    //等待线程执行的执行结束后，再退出
    WaitForMultipleObjects(2, handle, TRUE, INFINITE);
    system("pause");
}
//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//The End
//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
```