廣東工業大學

实 验 报 告

课程名称 操作系统实验

学生学院 _____

专业班级 _____

学　　号 _____

学生姓名 _____

2023　年　　月　　日

目录

前言

一. 课程的性质、目的和任务

操作系统是计算机系统配置的基本软件之一。它在整个计算机系统软件中占有中心地位。其作用是对计算机系统进行统一的调度和管理，提供各种强有力的系统服务，为用户创造既灵活又方便的使用环境。本课程是计算机及应用专业的一门专业主干课和必修课。

通过本课程的学习,使学生掌握操作系统的基本概念、设计原理及实施技术,具有分析操作系统和设计、实现、开发实际操作系统的能力。

二. 实验的意义和目的

操作系统是计算机教学中最重要的环节之一，也是计算机专业学生的一门重要的专业课程。操作系统质量的好坏，直接影响整个计算机系统的性能和用户对计算机的使用。一个精心设计的操作系统能极大地扩充计算机系统的功能，充分发挥系统中各种设备的使用效率，提高系统工作的可靠性。由于操作系统涉及计算机系统中各种软硬件资源的管理，内容比较繁琐，具有很强的实践性。要学好这门课程，必须把理论与实践紧密结合，才能取得较好的学习效果。

培养计算机专业的学生的系统程序设计能力,是操作系统课程的一个非常重要的环节。通过操作系统上机实验，可以培养学生程序设计的方法和技巧，提高学生编制清晰、合理、可读性好的系统程序的能力,加深对操作系统课程的理解。使学生更好地掌握操作系统的基本概念、基本原理、及基本功能,具有分析实际操作系统、设计、构造和开发现代操作系统的基本能力。

三. 实验运行环境

- 编程语言：C++语言
- 编程环境：Visual Studio 2017

四. 实验内容及安排

实验一	进程调度	
实验二	银行家算法	
实验三	内存管理	
实验四	磁盘调度	

实验 1　进程调度

一、实验目的

编写并调试一个模拟的进程调度程序，加深对进程的概念及进程调度算法的理解。对随机产生的五个进程进行调度，并比较算法的平均周转时间。

二、实验内容

1. 分别采用抢占和非抢占调度方式
2. 实现“短进程优先”、“时间片轮转”、“高响应比优先”调度算法

三、实验要求

1. 由程序自动生成进程（最多 50 个），第一个进程到达时间从 0 开始，其余进程到达时间随机产生。系统允许同时运行 5 个进程。
2. 当完成一个进程时，会创建一个新进程，直到进程总数达到 50 为止。
3. 每进行一次调度，程序都要输出一次运行结果：正在运行的进程、就绪队列中的进程、完成的进程以及各个进程的 PCB 信息。
4. 每个进程的状态可以是就绪 W（Wait）、运行 R（Run）、或完成 F（Finish）三种状态之一。
5. 计算各调度算法的平均周转时间和带权平均周转时间。

四、主要的数据结构

1. 进程控制块 PCB 类

```
class PCB
{
private:
    std::string m_Id;
    //标识符,用于表示一个唯一的进程
    enum class State { W = 1, R, F };
    //W=Wait(就绪状态),R=Run(运行状态),F=Finish(完成状态)
    State m_state;
    //进程状态，指明进程的状态
    int m_ntime;
    //进程的要求服务时间
```

```
    int m_rtime;
    //已占用 CPU 服务时间
    int m_wtime;
    //进程已等待时间
public:
    PCB(void)
    {
        //不允许默认构造
        std::cout << "引发异常" << std::endl;
    }
    PCB(const std::string m_Id_argu , const int m_ntime_argu)
    {
        this->m_Id = std::string("");
        //先定义一个空字符串
        this->m_Id.append(m_Id_argu);
        this->m_state = PCB::State::W;
        this->m_ntime = m_ntime_argu;
        this->m_rtime = 0;
        this->m_wtime = 0;
    }
    ~PCB(void) {}
    Status IfProcessDone(void)const
    {
        return (this->m_rtime >= this->m_ntime);
    }
    //检测自身进程是否已完成运行
    friend class RunQueue;
    friend class ReadyQueue;
    //友元类
```

```
    friend Status ProcessList::RunReadyProcess(PCB* p);
    friend Status ProcessList::DiscontinueProcess(PCB* p);
    //友元成员函数
    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& os, const ProcessList& P);
    friend PCB* Non_ShortJobFirst(ReadyQueue* &Rq);
    friend PCB* Non_HRRN(ReadyQueue* &Rq);
    friend Status Pre_ShortJobFirst(ProcessList* &P);
    friend Status Pre_HRRN(ProcessList* &P);
    //友元函数
};
```

2. 就绪索引表类

```
class ReadyQueue
{
private:
    RdIndexType m_ReadyList;
public:
    Status AddRdProcess(PCB* p);
    //入队一个进程在就绪队列中
    Status DeleteRdProcess(PCB* p);
    //出队一个进程
    void WaitTimeAdd(void);
    //等待时间增长函数
    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& os, const ProcessList& P);
    friend PCB* Non_ShortJobFirst(ReadyQueue* &Rq);
    friend PCB* Non_HRRN(ReadyQueue* &Rq);
    friend Status Pre_ShortJobFirst(ProcessList* &P);
    friend Status Pre_HRRN(ProcessList* &P);
    friend Status TimePieceRR(ProcessList* &P);
```

```
    friend Status NonPreemptive_Mode(ProcessList* &P, PCB* (*ProcessSchedule)(ReadyQueue* &Rq));
    friend Status Preemptive_Mode(ProcessList* &P, Status(*Pre_ProcessSchedule)(ProcessList* &P));
    //友元函数
};
```

3. 执行索引表类

```
class RunQueue
{
private:
    RunIndexType m_RunList;
public:
    Status AddRunProcess(PCB* p);
    //把特定进程加入到执行队列里
    Status DeleteRunProcess(PCB* p,PCB::State S);
    //把特定进程从执行队列中移去，S 为进程的后续状态
    void RunTimeAdd(void);
    //执行时间增长函数
    inline Status FullRunQueue(void)const
    {
        return (this->m_RunList.size() == ProcessorNum);
    }
    //判断是否执行队列的进程达到最大数
    Status TurnProcessFinish(void);
    //检查执行索引表，把所有已运行完的进程移除
    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& os, const ProcessList& P);
    friend Status Pre_ShortJobFirst(ProcessList* &P);
    friend Status Pre_HRRN(ProcessList* &P);
```

```
    friend Status TimePieceRR(ProcessList* &P);
    friend Status NonPreemptive_Mode(ProcessList* &P, PCB* (*ProcessSchedule)(ReadyQueue* &Rq));
    friend Status Preemptive_Mode(ProcessList* &P, Status(*Pre_ProcessSchedule)(ProcessList* &P));
    //友元函数
};
```

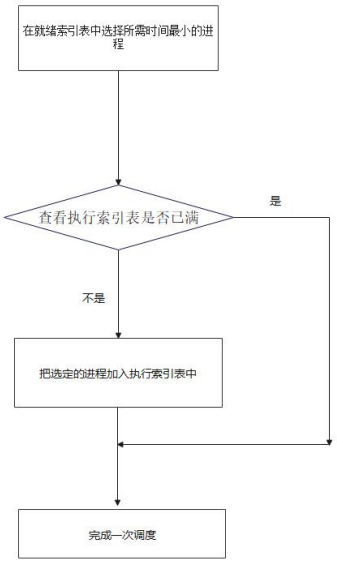
4. 进程表类

```
class ProcessList
{
private:
    RunQueue* m_Runp;
    //进程执行指针
    ReadyQueue* m_Readyp;
    //进程就绪表指针
    PCBListType m_PCBList;
    //所有 PCB 进程的列表
public:
    ProcessList(void);
    //构造函数声明
    ~ProcessList(void);
    //析构函数，需要释放内存空间
    Status CreateNewProcess(void);
    //创建新进程
    Status RunReadyProcess(PCB* p);
    //将特定的进程从就绪状态转入执行状态
    Status DiscontinueProcess(PCB* p);
    //将特定进程从执行队列中转入就绪队列(即发生了中断)
```

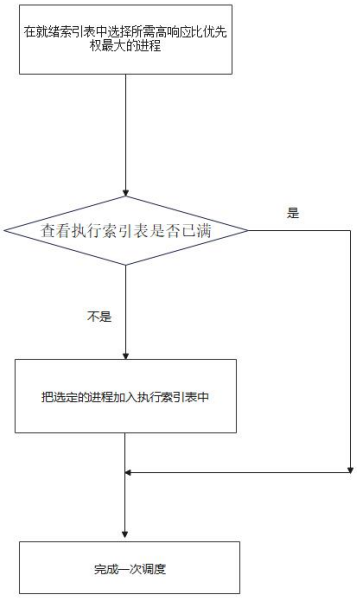
```
    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& os, const ProcessList& P);
    //进程表显示
    friend Status Preemptive_Mode(ProcessList* &P,
Status(*Pre_ProcessSchedule)(ProcessList* &P));
    friend Status NonPreemptive_Mode(ProcessList* &P, PCB*
(*ProcessSchedule)(ReadyQueue* &Rq));
    friend Status Pre_ShortJobFirst(ProcessList* &P);
    friend Status Pre_HRRN(ProcessList* &P);
    friend Status TimePieceRR(ProcessList* &P);
    //友元函数
};
```

五、算法流程图

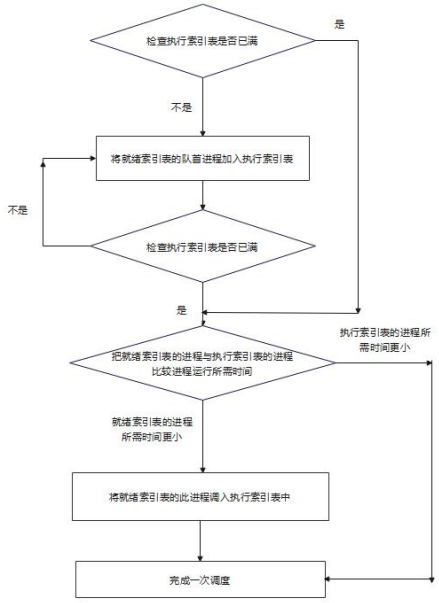
1. 非抢占方式的短进程优先调度算法



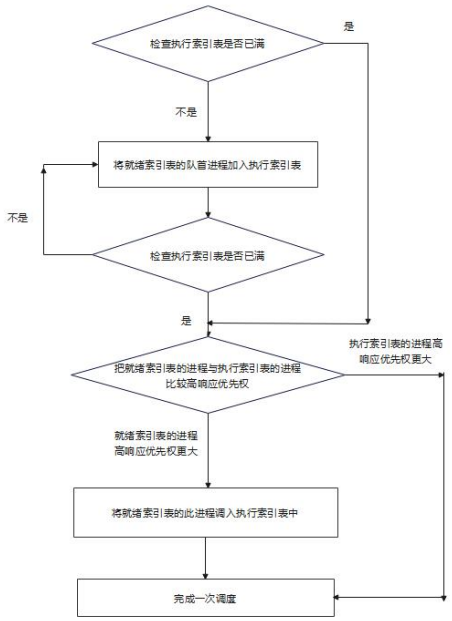
2. 非抢占方式的高响应比优先调度算法



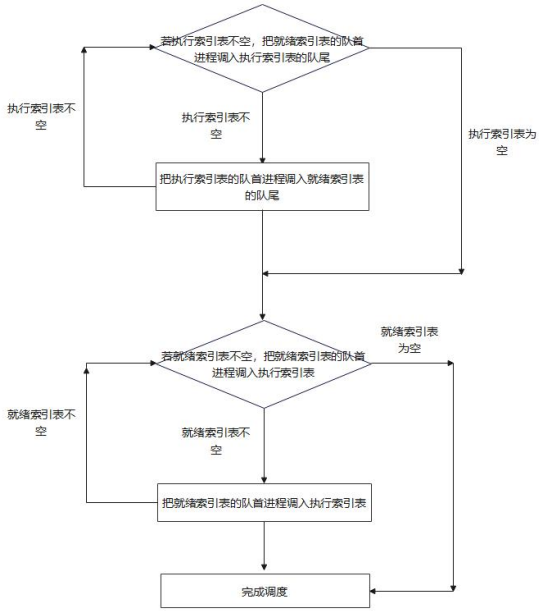
3. 抢占方式的短进程优先调度算法



4. 抢占方式的高响应比优先调度算法

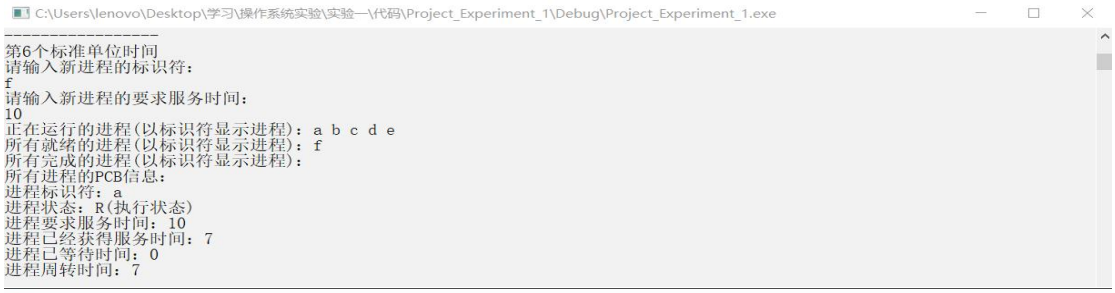


5. 时间片轮转调度算法

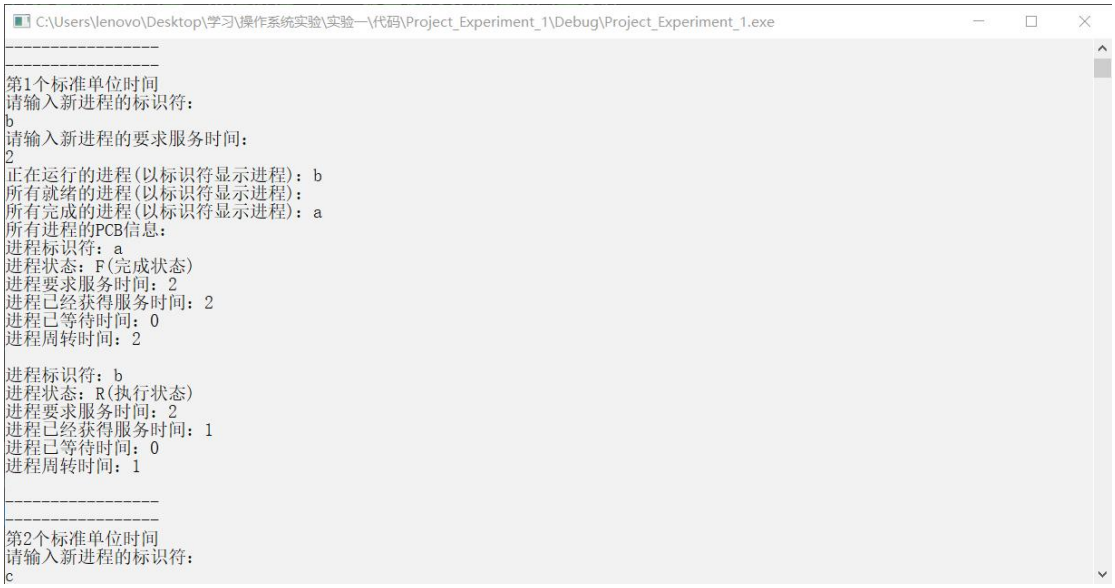


六、运行与测试（系统运行截图）

1. 由程序自动生成进程（最多 50 个），第一个进程到达时间从 0 开始，其余进程到达时间随机产生。系统允许同时运行 5 个进程。



2. 当完成一个进程时，会创建一个新进程，直到进程总数达到 50 为止。



3. 每进行一次调度，程序都要输出一次运行结果：正在运行的进程、就绪队列中的进程、完成的进程以及各个进程的 PCB 信息。

```
正在运行的进程(以标识符显示进程)：c
所有就绪的进程(以标识符显示进程)：
所有完成的进程(以标识符显示进程)：a b
所有进程的PCB信息：
进程标识符：a
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：2
进程已经获得服务时间：2
进程已等待时间：0
进程周转时间：2

进程标识符：b
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：2
进程已经获得服务时间：2
进程已等待时间：0
进程周转时间：2

进程标识符：c
进程状态：R(执行状态)
进程要求服务时间：2
进程已经获得服务时间：1
进程已等待时间：0
进程周转时间：1
```

4. 每个进程的状态可以是就绪 W（Wait）、运行 R（Run）、或完成 F（Finish）三种状态之一。

```
进程标识符：a
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：2
进程已经获得服务时间：2
进程已等待时间：0
进程周转时间：2

进程标识符：d
进程状态：R(执行状态)
进程要求服务时间：10
进程已经获得服务时间：8
进程已等待时间：0
进程周转时间：8

进程标识符：i
进程状态：W(就绪状态)
进程要求服务时间：10
进程已经获得服务时间：0
进程已等待时间：2
进程周转时间：2
```

5. 计算各调度算法的平均周转时间和带权平均周转时间。

i. 非抢占方式的短进程优先调度算法

进程数量为 10 的时候的平均周转时间和带权平均周转时间计算：

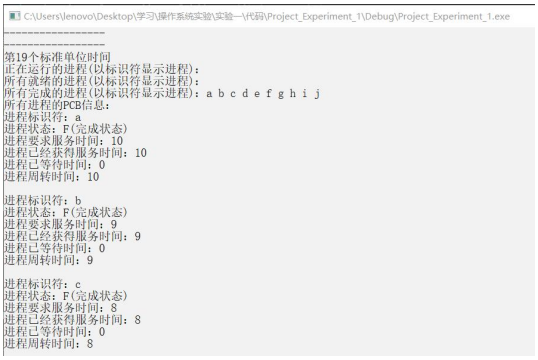
```
C:\Users\lenovo\Desktop\学习\操作系统实验\实验一\代码\Project_Experiment_1\Debug\Project_Experiment_1.exe
--------------------
--------------------
第17个标准单位时间
正在运行的进程(以标识符显示进程)：
所有就绪的进程(以标识符显示进程)：
所有完成的进程(以标识符显示进程)：a b c d e f g h i j
所有进程的PCB信息：
进程标识符：a
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：10
进程已经获得服务时间：10
进程已等待时间：0
进程周转时间：10

进程标识符：b
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：8
进程已经获得服务时间：8
进程已等待时间：0
进程周转时间：8

进程标识符：c
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：6
进程已经获得服务时间：6
进程已等待时间：0
进程周转时间：6
```

```
C:\Users\lenovo\Desktop\学习\操作系统实验\实验一\代码\Project_Experiment_1\Debug\Project_Experiment_1.exe

进程标识符：d
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：7
进程已经获得服务时间：7
进程已等待时间：0
进程周转时间：7

进程标识符：e
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：5
进程已经获得服务时间：5
进程已等待时间：0
进程周转时间：5

进程标识符：f
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：4
进程已经获得服务时间：4
进程已等待时间：0
进程周转时间：8

进程标识符：g
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：3
进程已经获得服务时间：3
进程已等待时间：0
进程周转时间：4
```

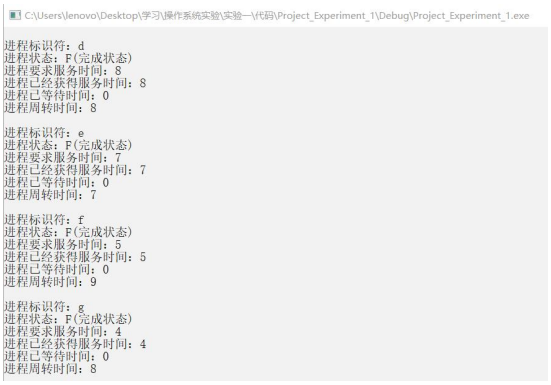
```
进程标识符：h
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：6
进程已经获得服务时间：6
进程已等待时间：0
进程周转时间：10

进程标识符：i
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：3
进程已经获得服务时间：3
进程已等待时间：0
进程周转时间：3

进程标识符：j
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：5
进程已经获得服务时间：5
进程已等待时间：0
进程周转时间：6

----------------
平均周转时间：6.7
平均带权周转时间：1.22
请按任意键继续. . .
```

ii. 非抢占方式的高响应比优先调度算法：

进程数量为 10 的时候的平均周转时间和带权平均周转时间计算：



```
C:\Users\lenovo\Desktop\学习\操作系统实验\实验一\代码\Project_Experiment_1\Debug\Project_Experiment_1.exe
----------------
----------
第19个标准单位时间
正在运行的进程(以标识符显示进程)：
所有就绪的进程(以标识符显示进程)：
所有完成的进程(以标识符显示进程)：a b c d e f g h i j
所有进程的PCB信息：
进程标识符：a
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：10
进程已经获得服务时间：10
进程已等待时间：0
进程周转时间：10

进程标识符：b
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：9
进程已经获得服务时间：9
进程已等待时间：0
进程周转时间：9

进程标识符：c
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：8
进程已经获得服务时间：8
进程已等待时间：0
进程周转时间：8
```

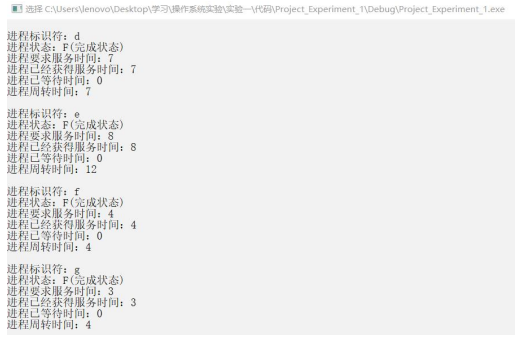


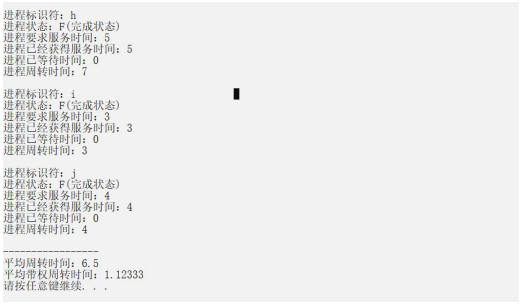
```
C:\Users\lenovo\Desktop\学习\操作系统实验\实验一\代码\Project_Experiment_1\Debug\Project_Experiment_1.exe

进程标识符：d
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：8
进程已经获得服务时间：8
进程已等待时间：0
进程周转时间：8

进程标识符：e
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：7
进程已经获得服务时间：7
进程已等待时间：0
进程周转时间：7

进程标识符：f
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：5
进程已经获得服务时间：5
进程已等待时间：0
进程周转时间：9

进程标识符：g
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：4
进程已经获得服务时间：4
进程已等待时间：0
进程周转时间：8
```

```
进程标识符：h
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：3
进程已经获得服务时间：3
进程已等待时间：0
进程周转时间：7

进程标识符：i
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：5
进程已经获得服务时间：5
进程已等待时间：0
进程周转时间：9

进程标识符：j
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：6
进程已经获得服务时间：6
进程已等待时间：0
进程周转时间：10

----------------
平均周转时间：8.5
平均带权周转时间：1.46
请按任意键继续. . .
```

iii. 抢占方式的短进程优先调度算法：

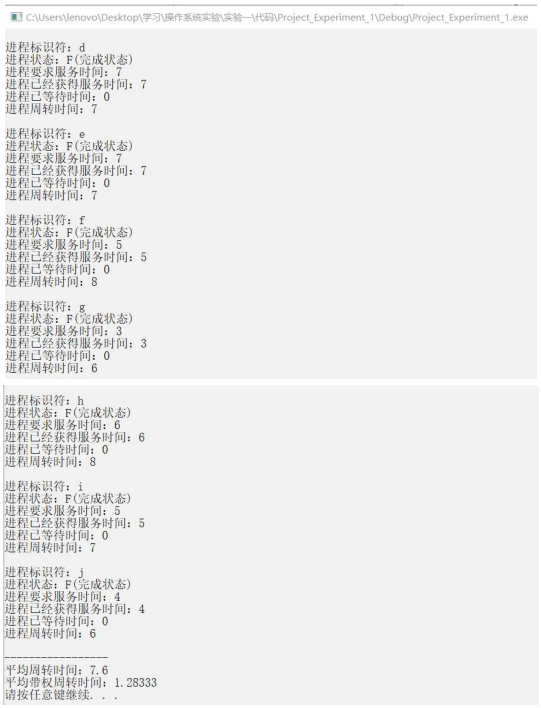
进程数量为 10 的时候的平均周转时间和带权平均周转时间：





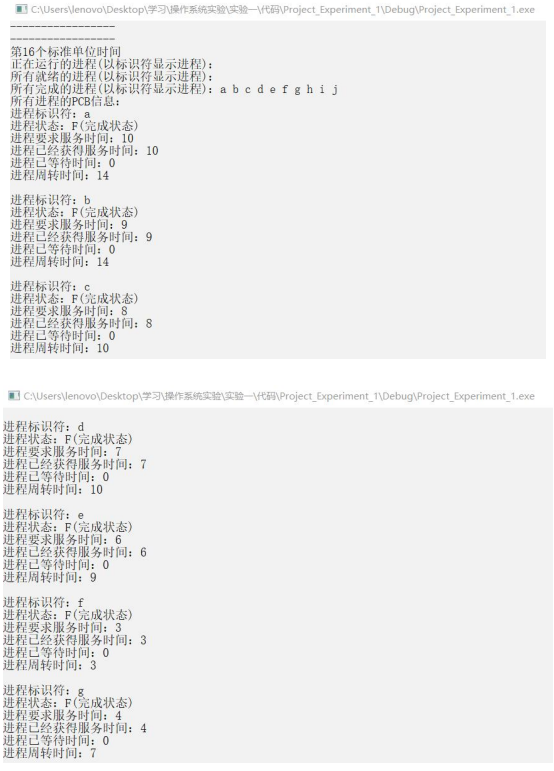
iv. 抢占方式的高响应比优先调度算法：

进程数量为 10 的时候的平均周转时间和带权平均周转时间：



v. 时间片轮转调度算法：

进程数量为 10 的时候的平均周转时间和带权平均周转时间：



```
进程标识符：h
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：5
进程已经获得服务时间：5
进程已等待时间：0
进程周转时间：7

进程标识符：i
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：3
进程已经获得服务时间：3
进程已等待时间：0
进程周转时间：6

进程标识符：j
进程状态：F(完成状态)
进程要求服务时间：5
进程已经获得服务时间：5
进程已等待时间：0
进程周转时间：7

----------------
平均周转时间：8.7
平均带权周转时间：1.46841
请按任意键继续. . .
```

实验 2　银行家算法

一、实验目的

通过实验，加深理解死锁问题。

二、实验内容

1. 假定系统有 3 类资源 A（10 个）、B（15 个）、C（8 个），系统最多有 5 个进程并发执行，进程调度采用时间片轮转调度算法。
2. 每个进程由一个进程控制块（ PCB）表示，进程控制块可以包含如下信息：进程名、需要的资源总数、已分配的资源数、进程状态。
3. 进程在运行过程中会随机申请资源（随机生成请求的资源数），如果达到最大需求，表示该进程可以完成；如果没有达到最大需求，则运行一个时间片后，调度其它进程运行。资源分配采用银行家算法来避免死锁。
4. 每个进程的状态可以是就绪 W（Wait）、运行 R（Run）、阻塞 B（Block）或完成 F（Finish）状态之一。
5. 一个进程执行完成后释放资源，并唤醒相应的阻塞进程，同时会随机创建一个新进程。
6. 每进行一次调度，程序都要输出一次运行结果：正在运行的进程、就绪队列中的进程、阻塞队列中的进程、完成的进程以及各个进程的 PCB。

三、主要的数据结构

1. 系统资源类

```
//系统资源
class Resource
{
public:
    int A_num;
    //A 类资源的可用数量
    int B_num;
    //B 类资源的可用数量
    int C_num;
    //C 类资源的可用数量
    static const unsigned int A = 0;
    static const unsigned int B = 1;
    static const unsigned int C = 2;
    //指定 A、B、C 类资源在数组中的索引
    static const unsigned int A_maxnum = 10;
    static const unsigned int B_maxnum = 15;
    static const unsigned int C_maxnum = 8;
    //定义 A、B、C 类资源的最大可用数
```

```
    Resource():A_num(A_maxnum),B_num(B_maxnum),C_num(C_maxnum)
    {}
    //初始化资源数目
    ~Resource(){}
};
```

2. 进程表类

```
//进程表类
class ProcessList
{
private:
    ProcessListType m_PCBList;
    //进程线性表,采用索引方式组织 PCB
    ReadyListType* m_ReadyL;
    //就绪队列
    RunListType* m_RunL;
    //执行队列，实际上只有 1 个处理机
    BlockListType* m_BlockL;
    //阻塞队列
    Resource m_R;
    //进程资源池
public:
    //构造函数
    ProcessList(void)
    {
        m_PCBList.reserve(ProcessMaxNum);
        //预留足够的位置
        m_ReadyL = new ReadyListType;
        m_RunL = new RunListType;
        m_BlockL = new BlockListType;
        //分配内存
    }
    //析构函数
    ~ProcessList()
    {
        delete m_ReadyL;
        delete m_RunL;
        delete m_BlockL;
        //释放内存
    }
    Status CreatingProcess(void);
    //创建一个进程
    Status RunToReady(PCB* &p);
    //把特定进程从执行队列转入就绪队列中
```

```
    Status ReadyToRun(PCB* &p, const ResourceType Request);
    //把特定进程从就绪队列转入执行队列中
    Status ReadyToBlock(const PCB* p);
    //把特定进程从就绪状态转入阻塞状态
    Status CheckUpFinish(void);
    //检查执行进程是否达到完成标志
    Status WakeUpBlock(void);
    //把阻塞队列的队首进程转入到就绪队列中
    Status RoundRobin(void);
    //时间片轮转调度算法
    Status Banker(PCB* &p, ResourceType& Request);
    //银行家算法
    Status Security_algo(PCB* & p,const ResourceType& Available, int** Need, int**
Allocation, std::vector<PCB*>& IndexList);
    //安全性算法
    Status ProcessScheduing(void);
    //进程调度函数
    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& os, ProcessList& P);
    //友元函数
};
```

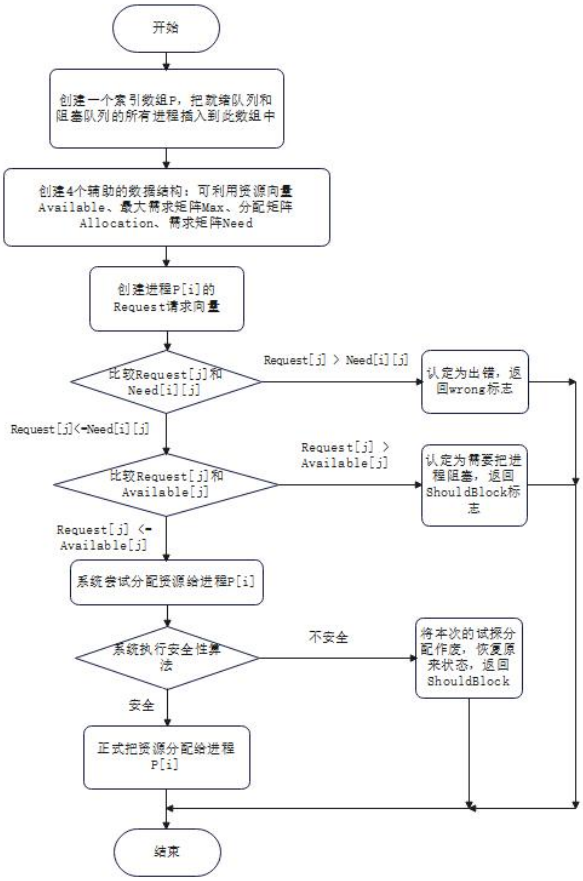
3. 进程控制块 PCB 类

```
//进程控制块 PCB 类
class PCB
{
public:
    enum class State
    {
        W = 1,
        //Wait,就绪状态
        R,
        //Run，运行状态
        B,
        //Block，阻塞状态
        F
        //Finish，完成状态
    };
private:
    State m_state;
    //进程状态
    std::string m_Id;
    //进程标识符(进程名)
    ResourceType m_maxneedR;
    //需要的资源总数
```

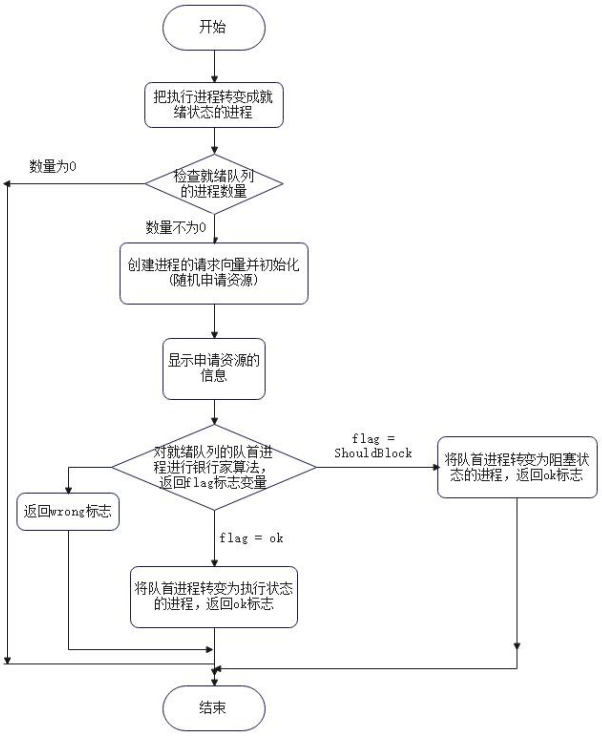
```
    ResourceType m_hadR;
    //已分配的资源数
public:
    PCB(void)
    {
        std::cout << "引发异常" << std::endl;
        //不允许默认构造
    }
    PCB(const std::string Id_argu)
    {
        m_Id = std::string("");
        m_Id.append(Id_argu);
        //初始化进程标识符
        m_state = State::W;
        //将状态设置为就绪状态
        m_hadR[Resource::A] = m_hadR[Resource::B]
        = m_hadR[Resource::C] = 0;
        //初始化已分配资源
        static std::default_random_engine e;
        //随机数引擎
        m_maxneedR[Resource::A] = e() % (Resource::A_maxnum + 1);
        m_maxneedR[Resource::B] = e() % (Resource::B_maxnum + 1);
        m_maxneedR[Resource::C] = e() % (Resource::C_maxnum + 1);
        //随机申请资源
    }
    ~PCB(void){}
    Status IfFinish(void)const;
    //判断进程是否达到完成条件
    friend class ProcessList;
    //友元类
    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& os, ProcessList& P);
    friend int GetListIndex(PCB* &p, std::vector<PCB*>& List);
    //友元函数
};
```

四、程序流程图

1. 银行家算法流程图

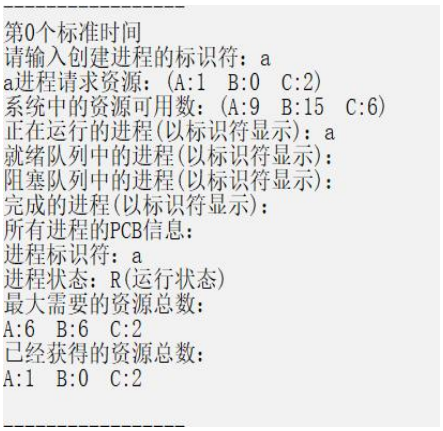


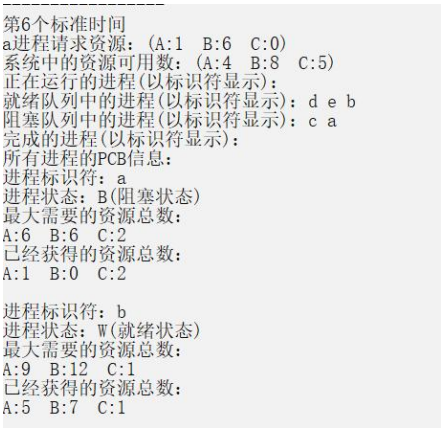
2. 时间片轮转调度算法流程图

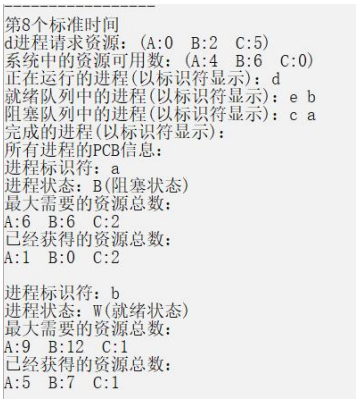


五、运行与测试（系统运行截图）

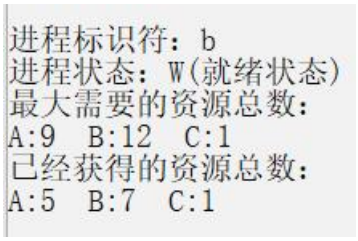
1) 假定系统有 3 类资源 A（10 个）、B（15 个）、C（8 个），系统最多有 5 个进程并发执行，进程调度采用时间片轮转调度算法。



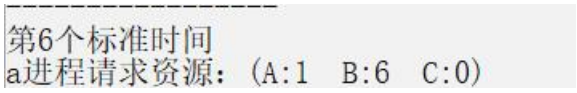


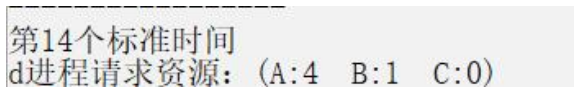


2) 每个进程由一个进程控制块（PCB）表示，进程控制块可以包含如下信息：进程名、需要的资源总数、已分配的资源数、进程状态。



3) 进程在运行过程中会随机申请资源（随机生成请求的资源数），如果达到最大需求，表示该进程可以完成；如果没有达到最大需求，则运行一个时间片后，调度其它进程运行。资源分配采用银行家算法来避免死锁。





```
第21个标准时间
系统中的资源可用数：(A:2  B:1  C:0)
正在运行的进程(以标识符显示)：b
就绪队列中的进程(以标识符显示)：
阻塞队列中的进程(以标识符显示)：c a e d
完成的进程(以标识符显示)：
所有进程的PCB信息：
进程标识符：a
进程状态：B(阻塞状态)
最大需要的资源总数：
A:6  B:6  C:2
已经获得的资源总数：
A:1  B:0  C:2

进程标识符：b
进程状态：R(运行状态)
最大需要的资源总数：
A:9  B:12  C:1
已经获得的资源总数：
A:7  B:12  C:1
```

```
第22个标准时间
b进程请求资源：(A:2  B:0  C:0)
请输入创建进程的标识符：f
系统中的资源可用数：(A:9  B:13  C:1)
正在运行的进程(以标识符显示)：
就绪队列中的进程(以标识符显示)：f c
阻塞队列中的进程(以标识符显示)：a e d
完成的进程(以标识符显示)：b
所有进程的PCB信息：
进程标识符：a
进程状态：B(阻塞状态)
最大需要的资源总数：
A:6  B:6  C:2
已经获得的资源总数：
A:1  B:0  C:2

进程标识符：b
进程状态：F(完成状态)
最大需要的资源总数：
A:9  B:12  C:1
已经获得的资源总数：
A:0  B:0  C:0
```

```
第12个标准时间
b进程请求资源：(A:2  B:4  C:0)
系统中的资源可用数：(A:2  B:2  C:0)
正在运行的进程(以标识符显示)：b
就绪队列中的进程(以标识符显示)：d
阻塞队列中的进程(以标识符显示)：c a e
完成的进程(以标识符显示)：
所有进程的PCB信息：
进程标识符：a
进程状态：B(阻塞状态)
最大需要的资源总数：
A:6  B:6  C:2
已经获得的资源总数：
A:1  B:0  C:2

进程标识符：b
进程状态：R(运行状态)
最大需要的资源总数：
A:9  B:12  C:1
已经获得的资源总数：
A:7  B:11  C:1
```

```
第13个标准时间
系统中的资源可用数：(A:2  B:2  C:0)
正在运行的进程(以标识符显示)：b
就绪队列中的进程(以标识符显示)：d
阻塞队列中的进程(以标识符显示)：c a e
完成的进程(以标识符显示)：
所有进程的PCB信息：
进程标识符：a
进程状态：B(阻塞状态)
最大需要的资源总数：
A:6  B:6  C:2
已经获得的资源总数：
A:1  B:0  C:2

进程标识符：b
进程状态：R(运行状态)
最大需要的资源总数：
A:9  B:12  C:1
已经获得的资源总数：
A:7  B:11  C:1
```

```
第14个标准时间
d进程请求资源：(A:4  B:1  C:0)
系统中的资源可用数：(A:2  B:2  C:0)
正在运行的进程(以标识符显示)：
就绪队列中的进程(以标识符显示)：b
阻塞队列中的进程(以标识符显示)：c a e d
完成的进程(以标识符显示)：
所有进程的PCB信息：
进程标识符：a
进程状态：B(阻塞状态)
最大需要的资源总数：
A:6  B:6  C:2
已经获得的资源总数：
A:1  B:0  C:2

进程标识符：b
进程状态：W(就绪状态)
最大需要的资源总数：
A:9  B:12  C:1
已经获得的资源总数：
A:7  B:11  C:1
```

4) 每个进程的状态可以是就绪 W（Wait）、运行 R（Run）、阻塞 B（Block）或完成 F（Finish）状态之一。

```
进程标识符：b
进程状态：R(运行状态)
```

```
进程标识符：c
进程状态：B(阻塞状态)
```

```
进程标识符：f
进程状态：W(就绪状态)
```

```
进程标识符：a
进程状态：F(完成状态)
```

5) 一个进程执行完成后释放资源，并唤醒相应的阻塞进程，同时会随机创建一个新进程。

```
第21个标准时间
系统中的资源可用数：(A:2  B:1  C:0)
正在运行的进程(以标识符显示)：b
就绪队列中的进程(以标识符显示)：
阻塞队列中的进程(以标识符显示)：c a e d
完成的进程(以标识符显示)：
```

```
------------------
第22个标准时间
b进程请求资源：(A:2  B:0  C:0)
请输入创建进程的标识符：f
系统中的资源可用数：(A:9  B:13  C:1)
正在运行的进程(以标识符显示)：
就绪队列中的进程(以标识符显示)：f c
阻塞队列中的进程(以标识符显示)：a e d
完成的进程(以标识符显示)：b
```

6) 每进行一次调度，程序都要输出一次运行结果：正在运行的进程、就绪队列中的进程、阻塞队列中的进程、完成的进程以及各个进程的 PCB。

```
----------------
第14个标准时间
d进程请求资源：(A:4  B:1  C:0)
系统中的资源可用数：(A:2  B:2  C:0)
正在运行的进程(以标识符显示)：
就绪队列中的进程(以标识符显示)：b
阻塞队列中的进程(以标识符显示)：c a e d
完成的进程(以标识符显示)：
所有进程的PCB信息：
进程标识符：a
进程状态：B(阻塞状态)
最大需要的资源总数：
A:6  B:6  C:2
已经获得的资源总数：
A:1  B:0  C:2

进程标识符：b
进程状态：W(就绪状态)
最大需要的资源总数：
A:9  B:12  C:1
已经获得的资源总数：
A:7  B:11  C:1
```

```
进程标识符：c
进程状态：B(阻塞状态)
最大需要的资源总数：
A:0  B:1  C:6
已经获得的资源总数：
A:0  B:0  C:0

进程标识符：d
进程状态：B(阻塞状态)
最大需要的资源总数：
A:4  B:3  C:5
已经获得的资源总数：
A:0  B:2  C:5

进程标识符：e
进程状态：B(阻塞状态)
最大需要的资源总数：
A:3  B:10  C:5
已经获得的资源总数：
A:0  B:0  C:0
```

实验 3　内存管理实验

一、实验目的

通过实验，加深理解动态分区、基本分页和基本分段三种内存管理方式的原理。

二、实验内容

1.创建一个模拟用户内存空间（1MB），在这个空间进行内存管理。

2.根据不同算法创建相应的作业队列（20 个作业，构建作业控制块，包含必要的信息）。

3.按照先来先服务算法为这些作业分配内存，当作业完成后回收内存。

4.对于动态分区管理方法，实现首次适应算法（其他算法选做）；对于基本分段管理方法，采用最佳适应算法分配内存；对于基本分页管理方法，按地址顺序分配内存块。（自选是否进行“紧凑”）

5.每当有作业进入内存或释放内存，画出内存状态图（作业分配内存情况，空闲内存）。

6.内存最多允许同时运行 5 个作业，用时间片轮转算法运行作业。

三、相应的数据结构

1. 动态分区管理方式(首次适应算法)

1.1 空闲分区表项类

```
//动态分区管理(空闲分区表项类)
struct IdleListElemType
{
    int m_num;
    //分区号
    int m_size;
    //分区大小
    int m_OgAdr;
    //分区始址
    enum class State
    {
        F = 1,
        //空闲状态
        O
        //占用状态
    };
    IdleListElemType::State m_state;
    //分区状态
};
```

1.2 作业调度器类

```
//作业调度器类
class JobScheduler
{
private:
    QueueType* m_BackupQueue;
    //后备队列
    QueueType* m_RunQueue;
    //运行队列
    ListType m_JobList;
    //作业数组
    IdleListType* m_ML;
    //动态分区空间分区表
public:
    JobScheduler(void)
    {
        m_BackupQueue = new QueueType;
        m_RunQueue = new QueueType;
```

```
        m_JobList.reserve(JobMaxNum);
        m_ML = new IdleListType;
        m_ML->reserve(MemorySize / PartitionSize);
    }
    //构造函数
    ~JobScheduler(void)
    {
        delete m_BackupQueue;
        delete m_RunQueue;
        delete m_ML;
    }
    //析构函数

    Status Init_ML(void);
    //初始化空闲分区表

    Status CreatingJob(void);
    //创建作业函数

    Status AllocateMemory(JCB* &j);
    //分配内存

    Status DeallocateMemory(JCB* &j);
    //回收内存

    void RunTimeIncreasing(void);
    //执行时间增长函数

    Status ReadyToRun(JCB* &j);
    //把就绪作业转入执行状态

    Status RunToReady(JCB* &j);
    //把执行作业转入就绪状态

    Status TurnToFinish(void);
    //检查作业是否完成

    friend void JobScheduling_DM(JobScheduler* &J);
    friend Status Round_Robin_DM(JobScheduler* &J);
    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& os, IdleListType* ML);
    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& os, QueueType* RunQueue);
    //友元函数
};
```

1.3 作业控制块类

```
//JCB 作业控制块类
class JCB
{
public:
	enum class State
	{
		W = 1,
		//就绪状态
		F,
		//完成状态
		R
		//运行状态
	};
private:
	int m_ntime;
	//作业还需运行的时间
	std::string m_Id;
	//作业标识符
	JCB::State m_state;
	//作业状态
	int m_PartGetAdr;
	//获得的分区首址；若没有，那么为-1
public:
	JCB(void)
	{
		std::cout << "引发异常" << std::endl;
		//不允许默认构造
	}
	JCB(const std::string Id_argu)
	{
		m_ntime = JobRunTime;
		m_Id = std::string("");
		m_Id += Id_argu;
		m_state = JCB::State::W;
		m_PartGetAdr = -1;
		//初始化成员变量
	}
	~JCB(void){}
	inline Status IfFinish(void)
	{
		return (m_ntime <= 0);
	}
	//检查作业是否已经完成
```

```
    friend class JobScheduler;
    //友元类
    friend std::ostream& operator<<(std::ostream& os, QueueType* RunQueue);
};
```

2. 分页存储管理方式(地址顺序算法)

2.1 作业调度器类

```
//作业调度器类
class JobScheduler
{
private:
    QueueType* m_BackUpQueue;
    //后备队列
    QueueType* m_RunQueue;
    //执行队列
    ListType m_JobList;
    //作业数组
    MemoryList* m_MS;
    //内存状态数组
    //PTRType* m_PTR;
    ////页表寄存器 PTR
public:
    //默认构造
    JobScheduler(void)
    {
        m_BackUpQueue = new QueueType;
        m_RunQueue = new QueueType;
        m_JobList.reserve(JobMaxNum);
        m_MS = new MemoryList;
        //m_PTR = new PTRType;
        for (auto i = m_MS->begin(); i != m_MS->end(); i++)
        {
            *i = Free;
        }
    }

    //析构
    ~JobScheduler(void)
    {
        delete m_BackUpQueue;
        delete m_RunQueue;
        delete m_MS;
        //delete m_PTR;
    }
```

```
        //创建作业，并加入到后备队列
        Status JobCreating(void);

        //回收内存
        Status DeAllocateMemory(JCB* &j);

        //把 j 作业从执行状态转为就绪状态
        Status RunToReady(JCB* &j);

        //把特定作业从就绪状态转入执行状态
        Status ReadyToRun(JCB* &j);

        Status AllocateMemory(JCB* &j);
        //为作业 j 分配内存

        void RunTimeIncrease(void);
        //运行时间增长

        void FindHasFinish(void);
        //把完成的作业转入完成状态

        //友元函数
        friend Status RobinRound_Paging(JobScheduler* &J);
        friend Status JobScheduling_Paging(JobScheduler* &J);
        friend std::ostream& operator<<(std::ostream& os, Paging::JobScheduler*
&J);
    };
```

2.2 作业控制块类

```
//作业控制块类
    class JCB
    {
    public:
        enum class State
        {
            W = 1,
            //就绪状态
            F,
            //完成状态
            R
            //运行状态
        };
    private:
```

```
        std::string m_Id;
        //作业标识符
        int m_ntime;
        //作业还需运行的时间
        JCB::State m_state;
        //作业状态
        PTHeaderType m_pt;
        //抽象页表,first 是页表始址，second 是页表长度
    public:
        //默认构造
        JCB(void)
        {
            std::cout << "引发异常" << std::endl;
            //不允许默认构造
        }

        //带标识符的参数构造
        JCB(const std::string Id_argu)
        {
            m_Id = std::string("");
            m_Id += Id_argu;
            //标识符
            m_ntime = JobRunTime;
            //运行时间
            m_state = State::W;
            //作业状态
            m_pt.first = new PageTableType;
            m_pt.second = (JobSize / Sectionsize);   //页表长度
            //页表头初始化
            for (int i = 0; i < m_pt.second; i++)
            {
                (*(m_pt.first))[i] = -1;
            }
            //初始化获得的块号
        }

        //复制构造函数，因为要深拷贝(在 CreatingJob 函数的 vector 的 push_back)
        JCB(const JCB& j)
        {
            m_Id = std::string("");
            m_Id += j.m_Id;
            m_ntime = j.m_ntime;
            m_state = j.m_state;
            m_pt.first = new PageTableType;
```

```
            m_pt.second = j.m_pt.second;
            for (int i = 0; i < m_pt.second; i++)
            {
                (*(m_pt.first))[i] = (*((j.m_pt.first)))[i];
            }
        }

        //析构
        ~JCB(void)
        {
            delete m_pt.first;
            m_pt.first = nullptr;
            //释放空间
        }

        //检查是否作业完成
        inline Status IfFinish(void)const
        {
            return (m_ntime <= 0);
        }

        friend class JobScheduler;
        //友元类

        friend std::ostream& Paging::operator<<(std::ostream& os, Paging::JobScheduler* &J);
    };
```

3. 基本分段存储管理(最佳适应算法)

3.1 空闲分区链结点类

```
//空闲分区链结点类
struct Node
{
    int m_id;
    //分区号
    int m_size;
    //分区大小/KB
    int m_addr;
    //分区始址
    Node* front , *next;
    //前、后向指针
};
```

3.2 作业调度器类

```
//作业调度器类
```

```
class JobScheduler
{
private:
    QueueType* m_BackUpQueue;
    //后备队列
    QueueType* m_RunQueue;
    //执行队列
    ListType m_JCBList;
    //JCB 列表
    Node* m_head;
    //空闲分区链的头结点
public:
    //默认构造
    JobScheduler(void);

    //析构
    ~JobScheduler(void);

    //创建作业，并加入到后备队列
    Status JobCreating(void);

    //回收内存
    Status DeAllocateMemory(JCB* &j);

    //把 j 作业从执行状态转为就绪状态
    Status RunToReady(JCB* &j);

    //把特定作业从就绪状态转入执行状态
    Status ReadyToRun(JCB* &j);

    Status AllocateMemory(JCB* &j);
    //为作业 j 分配内存

    void RunTimeIncrease(void);
    //运行时间增长

    void FindHasFinish(void);
    //把完成的作业转入完成状态

    //友元函数
    friend Status RobinRound_Segment(JobScheduler* &J);
    friend Status JobScheduling_Segment(JobScheduler* &J);
    friend       std::ostream&       operator<<(std::ostream&       os,
Segment::JobScheduler* &J);
```

```
};
```

3.3 作业控制块类

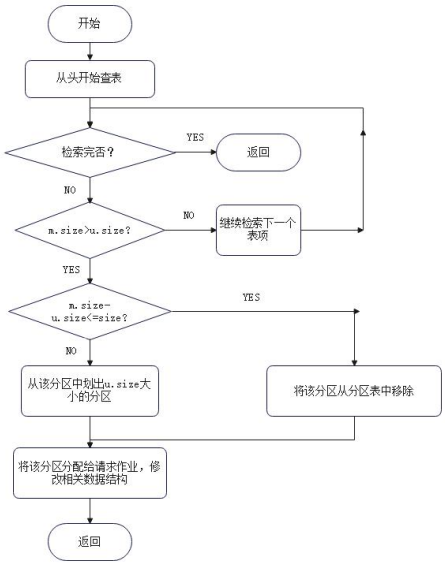
```
//作业控制块类
class JCB
{
public:
    enum class State
    {
        W = 1,
        //就绪
        F,
        //完成
        R
        //执行
    };
private:
    std::string m_Id;
    //作业标识符
    State m_state;
    //作业状态
    Node* m_node;
    //获得的分区链节点值
    int m_ntime;
    //还需运行的时间
public:
    //默认构造
    JCB(void)
    {
        std::cout << "引发异常" << std::endl;
    }
    //构造
    JCB(std::string Id_argu);
    //析构
    ~JCB(void);

    //检查是否作业完成
    inline Status IfFinish(void)const
    {
        return (m_ntime <= 0);
    }

    friend class JobScheduler;
    //友元类
```

```
        friend std::ostream& operator<<(std::ostream& os, Segment::JobScheduler* &J);
    };
```

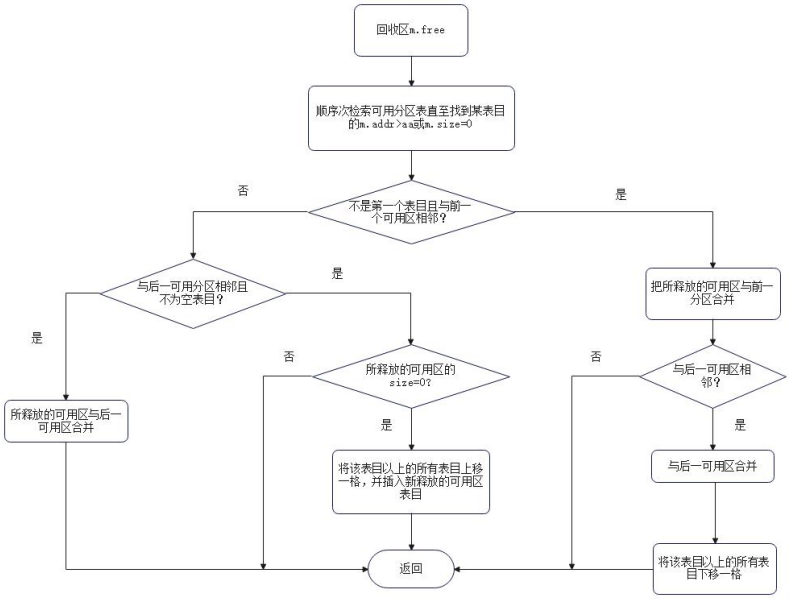
四、程序系统结构图

1. 动态分区管理

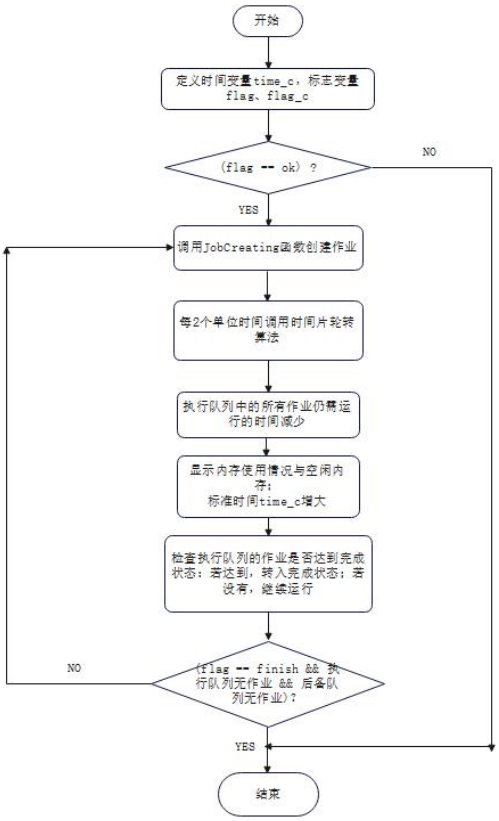
1.1 分配内存流程图



1.2 回收内存流程图

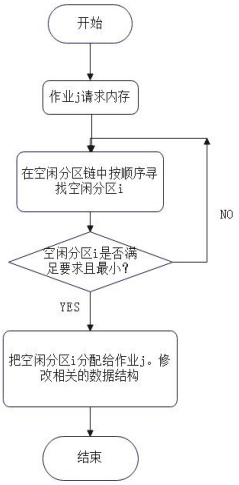


2. 分页存储管理

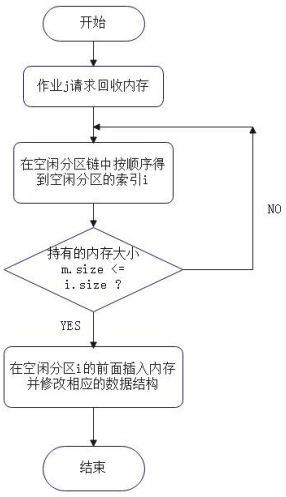


3. 分段存储管理

3.1 分配内存(最佳适应算法)流程图



3.2 回收内存(最佳适应算法)流程图



五、运行与测试（系统运行截图）

1.创建一个模拟用户内存空间（1MB），在这个空间进行内存管理。

```
分区号：32
分区大小：32
分区始址：992
分区状态：F(空闲状态)
```

2.根据不同算法创建相应的作业队列（20 个作业，构建作业控制块，包含必要的信息）。

```
第0个标准时间
请输入创建的作业标识符：a
--------------
第1个标准时间
请输入创建的作业标识符：b
--------------
第2个标准时间
请输入创建的作业标识符：c
--------------
第3个标准时间
请输入创建的作业标识符：d
第4个标准时间
请输入创建的作业标识符：e
第5个标准时间
请输入创建的作业标识符：f
--------------
第6个标准时间
请输入创建的作业标识符：g
--------------
第7个标准时间
请输入创建的作业标识符：h
--------------
第8个标准时间
请输入创建的作业标识符：i
第9个标准时间
请输入创建的作业标识符：j
--------------
第10个标准时间
请输入创建的作业标识符：k
--------------
第11个标准时间
请输入创建的作业标识符：l
--------------
第12个标准时间
请输入创建的作业标识符：m
--------------
第13个标准时间
请输入创建的作业标识符：n
```

```
--------------                  --------------
第14个标准时间                  第15个标准时间
请输入创建的作业标识符：o       请输入创建的作业标识符：p

--------------                  --------------
第16个标准时间                  第17个标准时间
请输入创建的作业标识符：q       请输入创建的作业标识符：r

--------------                  --------------
第18个标准时间                  第19个标准时间
请输入创建的作业标识符：s       请输入创建的作业标识符：t
```

4.对于动态分区管理方法，实现首次适应算法；对于基本分段管理方法，采用最佳适应算法分配内存；对于基本分页管理方法，按地址顺序分配内存块。（自选是否进行“紧凑”）

4.1 对于动态分区管理方法，实现首次适应算法；采用空闲分区表结构用以描述空闲分区和已分配分区的情况；

```
空闲内存：                      分区使用情况：
分区号：1                       分区始址：128
分区大小：12                    分区大小：20
分区始址：20                    分区状态：0(占用状态)
分区状态：F(空闲状态)
```

4.2 对于基本分页管理方法，按地址顺序分配内存块。

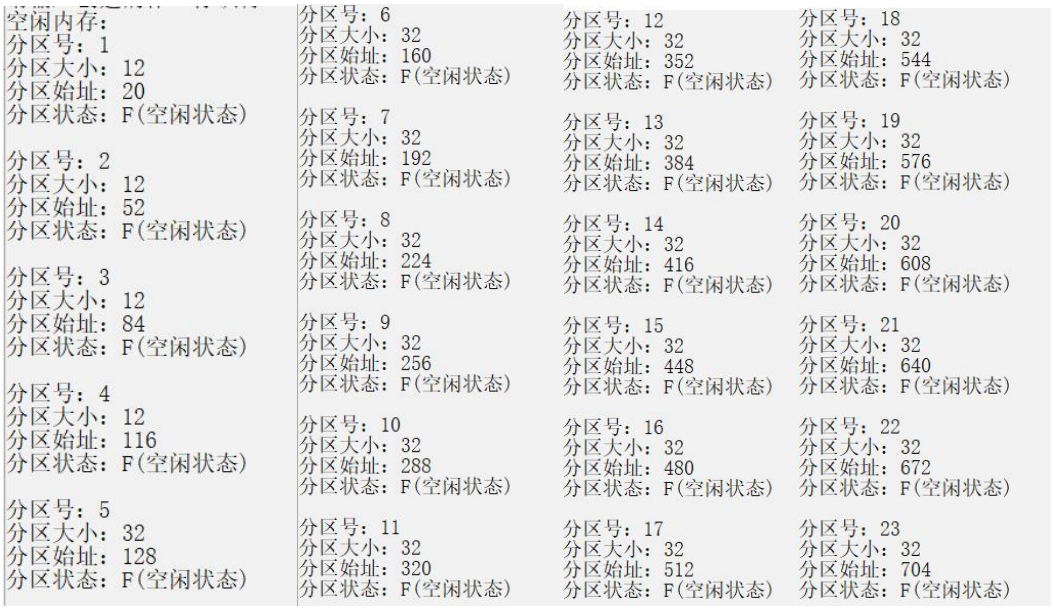
```
作业标识符：f                   作业标识符：g
作业页表：                      作业页表：
页号0————段号0                  页号0————段号10
页号1————段号1                  页号1————段号11
页号2————段号2                  页号2————段号12
页号3————段号3                  页号3————段号13
页号4————段号4                  页号4————段号14
页号5————段号5                  页号5————段号15
页号6————段号6                  页号6————段号16
页号7————段号7                  页号7————段号17
页号8————段号8                  页号8————段号18
页号9————段号9                  页号9————段号19
```

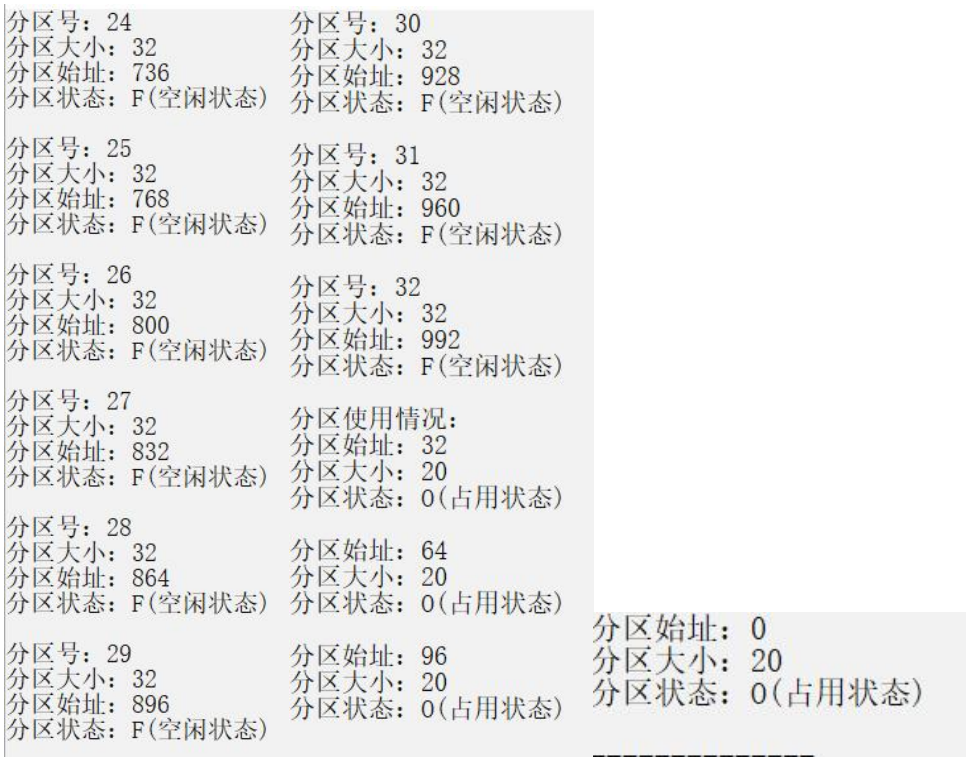
4.3 对于基本分段管理方法，采用最佳适应算法分配内存；

```
作业标识符：c
作业状态：R(执行状态)
作业占用内存情况:
段号：c1 ， 段长：5KB
段号：c2 ， 段长：15KB
```

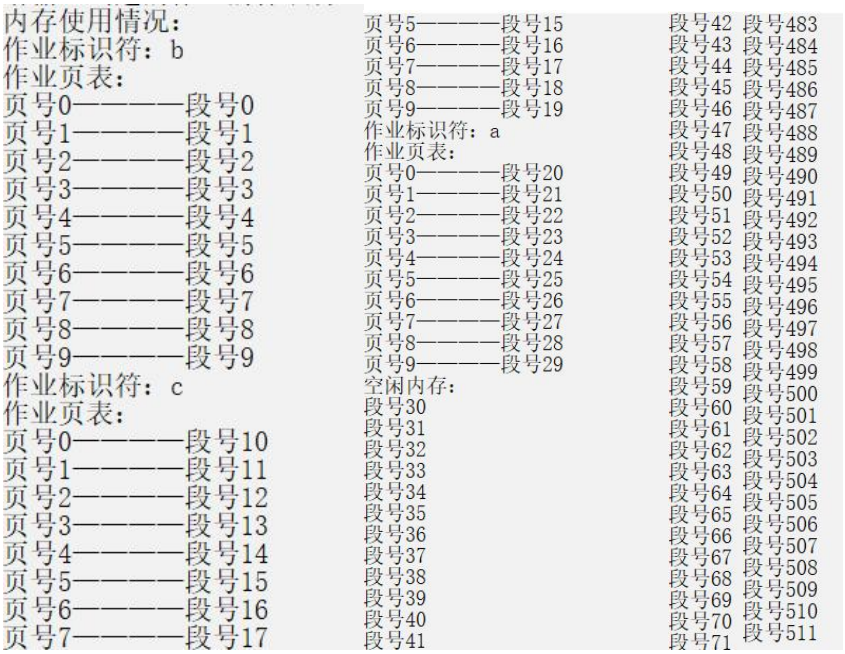
5.每当有作业进入内存或释放内存，画出内存状态图（作业分配内存情况，空闲内存）。

5.1 动态分区管理


空闲内存：
分区号：1
分区大小：12
分区始址：20
分区状态：F(空闲状态)
分区号：2
分区大小：12
分区始址：52
分区状态：F(空闲状态)
分区号：3
分区大小：12
分区始址：84
分区状态：F(空闲状态)
分区号：4
分区大小：12
分区始址：116
分区状态：F(空闲状态)
分区号：5
分区大小：32
分区始址：128
分区状态：F(空闲状态)
分区号：6
分区大小：32
分区始址：160
分区状态：F(空闲状态)
分区号：7
分区大小：32
分区始址：192
分区状态：F(空闲状态)
分区号：8
分区大小：32
分区始址：224
分区状态：F(空闲状态)
分区号：9
分区大小：32
分区始址：256
分区状态：F(空闲状态)
分区号：10
分区大小：32
分区始址：288
分区状态：F(空闲状态)
分区号：11
分区大小：32
分区始址：320
分区状态：F(空闲状态)
分区号：12
分区大小：32
分区始址：352
分区状态：F(空闲状态)
分区号：13
分区大小：32
分区始址：384
分区状态：F(空闲状态)
分区号：14
分区大小：32
分区始址：416
分区状态：F(空闲状态)
分区号：15
分区大小：32
分区始址：448
分区状态：F(空闲状态)
分区号：16
分区大小：32
分区始址：480
分区状态：F(空闲状态)
分区号：17
分区大小：32
分区始址：512
分区状态：F(空闲状态)
分区号：18
分区大小：32
分区始址：544
分区状态：F(空闲状态)
分区号：19
分区大小：32
分区始址：576
分区状态：F(空闲状态)
分区号：20
分区大小：32
分区始址：608
分区状态：F(空闲状态)
分区号：21
分区大小：32
分区始址：640
分区状态：F(空闲状态)
分区号：22
分区大小：32
分区始址：672
分区状态：F(空闲状态)
分区号：23
分区大小：32
分区始址：704
分区状态：F(空闲状态)


分区号：24
分区大小：32
分区始址：736
分区状态：F(空闲状态)
分区号：25
分区大小：32
分区始址：768
分区状态：F(空闲状态)
分区号：26
分区大小：32
分区始址：800
分区状态：F(空闲状态)
分区号：27
分区大小：32
分区始址：832
分区状态：F(空闲状态)
分区号：28
分区大小：32
分区始址：864
分区状态：F(空闲状态)
分区号：29
分区大小：32
分区始址：896
分区状态：F(空闲状态)
分区号：30
分区大小：32
分区始址：928
分区状态：F(空闲状态)
分区号：31
分区大小：32
分区始址：960
分区状态：F(空闲状态)
分区号：32
分区大小：32
分区始址：992
分区状态：F(空闲状态)
分区使用情况：
分区始址：32
分区大小：20
分区状态：0(占用状态)
分区始址：64
分区大小：20
分区状态：0(占用状态)
分区始址：96
分区大小：20
分区状态：0(占用状态)
分区始址：0
分区大小：20
分区状态：0(占用状态)

5.2 基本分页存储管理

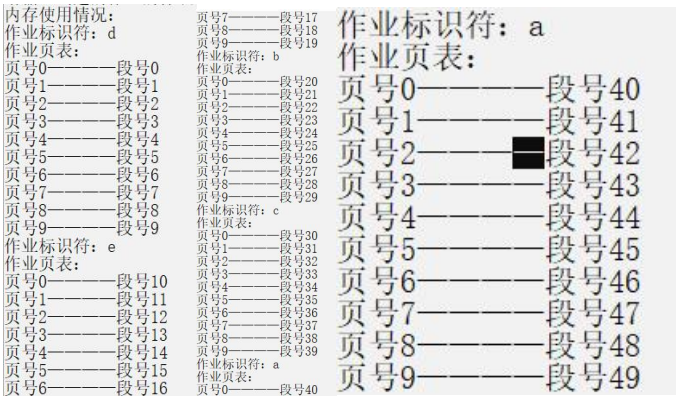


5.3 基本分段管理

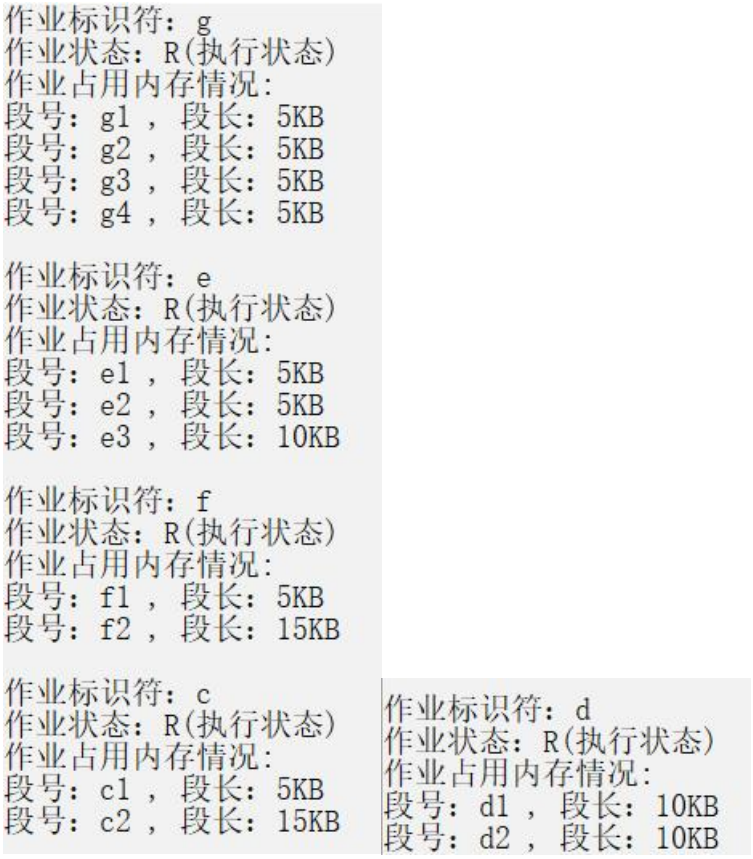
6.内存最多允许同时运行 5 个作业，用时间片轮转算法运行作业。

6.1 动态分区管理

6.2 基本分页存储管理



6.3 基本分段存储管理



六、分析、比较算法

对于动态分区管理方式，其主要是通过空闲分区表/链的管理对一个作业整个的装入或调出。运用的首次适应算法在分配内存时，从队首开始顺序查找，直至找到一个满足要求的空闲分区。

对于分页存储管理方式，其主要是把作业分成固定大小的页，把内存空间分成固定大小的段，允许作业离散地装入或调出。运用的地址顺序查找算法是最简单的分配内存算法。

对于分段存储管理方式，其主要是把作业分成不定大小的段，允许作业离散且不定大小地装入或调出内存空间。其运用的最佳适应算法在分配内存时，从队首开

始查找(空闲分区链从小到大顺序形成)，总能找到能满足要求、又是最小的空闲分区。

这三种存储管理方式相对比来说：

1. 内存装入或调出的灵活性；动态分区管理方式最低，分页存储管理方式其次，分段存储管理方式最高。

2. 管理方式实现的难度；动态分区管理方式最低，分页存储管理方式其次，分段存储管理方式最高。

3. 管理方式的内存开销；动态分区管理方式最少，分段存储管理方式其次，分页存储管理方式最高。

三种内存分配算法相对比：

1. 算法实现的难度；地址顺序算法最低，首次适应算法其次，最佳适应算法最高。

2. 算法留下碎片的难易；地址顺序算法最难，首次适应算法其次，最佳适应算法最易。

实验 4　磁盘调度算法

一、实验目的

通过实验，理解磁盘 I/O 调度。

二、实验内容

1. 磁盘共划分 256 个磁道，当前磁头在 100 号磁道，并向磁道增加的方向移动。
2. 随机产生一组（共 10 个）磁盘 I/O 任务（即要访问的磁道号）。分别计算 FCFS、SSTF、SCAN、CSCAN 算法的平均寻道长度。
3. 在 I/O 过程中，随机产生新的 I/O 任务，最多生成 100 个 I/O 任务。比较 FCFS、SSTF、SCAN、CSCAN 算法的平均寻道长度。
4. 实现 FSCAN 算法，并用数据进行测试。

三、分析算法性能

（i）一组(共 10 个)磁盘 I/O 任务，分别计算四种算法的平均寻道长度。

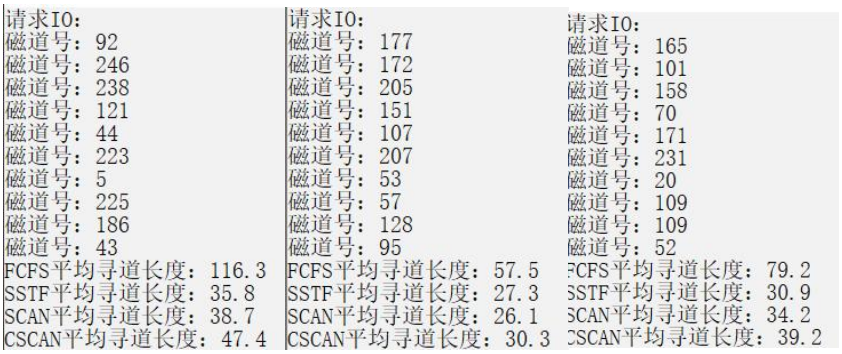
1. FCFS 算法的平均寻道长度

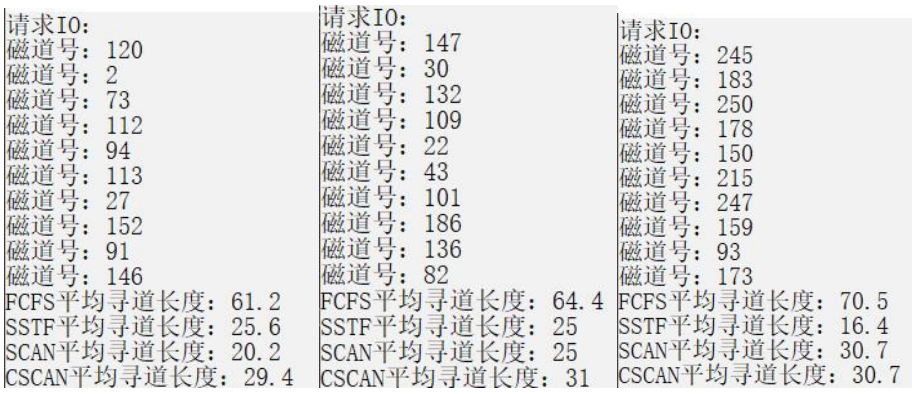
2. SSTF 算法的平均寻道长度

3. SCAN 算法的平均寻道长度

4. CSCAN 算法的平均寻道长度

（ii）在 I/O 过程中，随机产生新的 I/O 任务，最多生成 100 个 I/O 任务。比较 FCFS、SSTF、SCAN、CSCAN 算法的平均寻道长度。





性能分析：
从总体上看，SSTF 算法的平均寻道长度更小，SCAN 算法其次，CSCAN 算法再其次，FCFS 算法平均寻道长度最大。
FCFS 算法是最简单的算法，其算法实现难度也是最低的。但由于此算法未对寻道进行优化，致使平均寻道时间可能较长，故 FCFS 算法仅适用于请求任务数目较少的场合。
SSTF 算法实质上是基于优先级的算法，有可能导致优先级低的任务发生“饥饿”现象，这种算法不能保证平均寻道时间最短。SSTF 算法平均寻道长度明显低于 FCFS 算法，较之有更好的寻道性能。
SCAN 算法是 SSTF 算法的修改后一种可防止出现“饥饿”现象的算法。SCAN 算法既能获得较好的寻道性能，又能防止“饥饿”现象，故被广泛用于大、中、小型机器。
CSCAN 算法是 SCAN 算法的改进。SCAN 算法存在这样的问题：当磁头刚从里向外移动而越过了某一磁道时，恰好又有一进程请求访问此磁道，致使该进程的请求被大大地推迟。CSCAN 算法通过磁头单向移动来减少这种延迟。

四、画出实验内容 3 的性能曲线

(横坐标 I/O 任务，纵坐标寻道长度，比较四个算法的曲线)