

## 必修实验一 多进程低级调度的可视化仿真实现

姜海燕  
(南京农业大学信息科技学院)

### 一、实验目的

通过程序仿真掌握多并发环境、进程 PCB 设计、进程控制原语、进程切换、CPU 模式切换以及进程调度算法的原理、过程与实现步骤；

### 二、实验内容

1、采用面向对象思想抽象仿真设计 CPU、寄存器、时钟中断等硬件部件

(1) CPU 与寄存器的抽象设计

CPU 可抽象为一个类。关键寄存器可抽象为子类或类的属性，至少包括：程序计数器 (PC)、指令寄存器 (IR)、状态寄存器 (PSW) 等，寄存器内容的表示方式自行设计。

CPU 寄存器现场保护、现场恢复操作可封装为进程调度类的方法，供进程切换、CPU 模式切换方法调用。

(2) 系统仿真时钟及中断的设计

可抽象为一个时钟类，用第三方的计时器、线程等仿真实现。

设置 1 秒执行 1 条指令，也就是假设计算机 1 秒(s)发生一次时钟硬件中断。

2、仿真实现进程管理类

设计进程类及操作方法，完成以下任务：

(1) 进程控制块 PCB 设计

参照 Linux task\_struct 的数据结构内容设计；

进程编号 (ProID)；

进程优先数 (Priority)；

进程创建时间 (InTimes)；

进程结束时间 (EndTimes)；

进程状态 (PSW)；

进程运行时间列表 (RunTimes)；

进程周转时间统计 (TurnTimes)；

进程包含的指令数目 (InstrucNum)；

程序计数器信息 (PC)；

指令寄存器信息 (IR)；

在就绪队列信息列表 (包括：位置编号 (RqNum)、进入就绪队列时间 (RqTimes))；

在阻塞队列信息列表 (包括：位置编号 (BqNum)、进程进入阻塞队列时间 (BqTimes))；

说明：

★系统请求运行的并发进程个数最大值为：5

★进程编号 (ProID)：整数

★进程优先数 (Priority)：随机生成[1-5]整数优先数，优先数越小，优先级越大；

★进程创建时间 (InTimes)：由仿真时钟开始计时，整数，假设每条指令执行时间 1s；

★进程结束时间 (EndTimes)：显示仿真时钟的时间，整数；

★进程运行时间列表 (RunTime)：统计记录进程开始运行时间、时长，时间由仿真时钟提供；

★进程包含的指令数目 (InstrucNum)：用[20-30]以内的随机整数产生；

★PSW：保存该进程当前状态：运行、就绪、阻塞；

- ★指令寄存器信息 (IR): 正在执行的指令编号;
- ★程序计数器信息 (PC): 下一条将执行的指令编号;

## (2) 进程程序段设计

一个进程要执行的指令集合, 包括:

指令编号 (Instruc\_ID)

每条指令的类型 (Instruc\_State)。

**说明:**

★本试验假设 CPU 执行每条指令 1s, 在执行一条机器指令时不可以中断。

★编号指令 (Instruc\_ID): 进程所执行指令序号, 从 1 开始自动计数, 一共生成“进程包含的指令数目 (InstrucNum)”条指令。

★每条指令的类型标志 (Instruc\_State, 0 表示系统调用, 1 表示用户态计算操作, 2 表示 PV 操作): 用随机数产生 0、1、2。

当 Instruc\_State=1 时, 进程正常调度, 当时间片到时, 进程切换;

当 Instruc\_State=0 时, 发生系统调用, CPU 进行模式切换, 运行进程进入阻塞态;

当 Instruc\_State=2 时, 发生进程调度, 进程进入阻塞态;

## (3) 作业描述信息设计

◆每个作业描述了进程基础信息和程序指令信息, 分别保存在固定格式的后缀为 TXT 的两个文本文件中。当操作系统并发环境收到作业请求时, 调用进程创建原语创建进程。

◆进程基础信息: 按照上面 (1) 中“进程控制块 PCB 设计”每项要求, 包括

进程编号 (ProID);

进程优先数 (Priority);

进程创建时间 (InTimes);

进程包含的指令数目 (InstrucNum);

◆程序指令信息: 按照上面 (2) 中“进程程序段设计”每项要求生成指令;

◆每个进程的指令集合保存于进程编号为文件名的文本文件中;

**例如:**

当前时刻创建了 3 个作业请求, 基础信息保存在文件中, 文件格式与内容如下, 文件第一行为元素代号, 含义在 PCB 定义中可查:

ProID	Priority	InTime (s)	InstrucNum
1	2	300	5
2	3	350	8
3	2	360	10

1 号进程的程序指令保存在 1.txt 文件中, 如下。2 号、3 号进程指令保存在 2.txt、3.txt 文件中.文件第一行为元素代号, 具体内容见“进程程序段设计”部分。

Instruc_ID	Instruc_State
1	1
2	1
3	0
4	1

## (4) 系统 PCB 表的设计

需要设计系统空白 PCB 表, 可用数组、链表、队列实现。

#### (5) 仿真实现进程控制原语

按照教材步骤仿真实现原语函数，可以作为 PCB 类的方法，包括：

进程创建：不考虑作业调度，假设有足够内存。当有作业请求后自动创建。

进程撤销：执行完成的进程调用撤销函数；

进程阻塞：进程切换、CPU 模式切换时调用；

进程唤醒：**在阻塞队列的进程，每 5s 唤醒一个阻塞进程；**

#### (6) 进程上下文切换（进程切换）

进程切换：仿真实现运行态-阻塞态-就绪态。阅读教材实现。

#### (7) 仿真实现处理机模式切换（选做，提高部分）

仿真实现处理机模式切换。需要体现关中断，不发生进程切换，仿真实现中断处理程序。

### 3、多道程序的并发环境仿真

#### (1) 设计实现作业并发请求序列自动生成器模块

◆按照 2（3）中“作业描述信息设计”内容生成若干个仿真作业；

◆每个仿真作业的到达时间的间隔[5-10]秒以内随机整数，也就是每个进程到达时间（InTimes）的间隔为[5-10]秒。

◆利用 1（2）系统仿真时钟进行计时。

◆编写可独立运行的程序，名为 CreateJobs.cpp, 自动生成所有作业描述和指令集，其中作业个数用户交互输入，最大个数为 5；

◆所生成作业的描述信息保存为“学号-jobs-input”文件中；

#### (2) 并发进程请求监测模块的设计

◆发生时钟中断 5 次时检查“学号-jobs-input”文件中是否有新作业请求，如果有，创建新进程，进入就绪队列。**用一个计时器或线程实现。与进程调度线程分别独立工作。**

◆在界面上设计一个进程创建按钮，随时接收该时刻产生的新进程；

### 4、进程低级调度算法模块的仿真设计

◆实现时间片轮转算法。申请优秀的学生需实现时间片轮转+静态优先数调度算法。

◆参与系统调度的并发进程必须从“学号-jobs-input”文件中一次性读入。

◆时间片计算：每 4 秒为 1 个时间片，发生一次进程切换。

◆时间片轮转+静态优先数调度算法：采用非抢占式。

◆进程调度模块用一个计时器或线程实现。需要重点注意的是：不是每次发生时钟中断都要进行进程调度。

◆编写可独立运行的程序，名为 RunProcess.cpp

### 5、进程调度运行记录保存与显示模块的设计

◆编写模块程序，以下功能可以分别封装为函数：

◆将所有进程调度过程中从 PCB 创建到撤销的所有变化信息保存到：学号\_ProcessResults.txt 文件。

◆将所有进程调度过程中 PCB 创建到撤销的所有变化信息显示在屏幕上；

- ◆保存及显示进程调度的每个过程、状态均需要汉字说明；
- ◆将进程状态变化过程以图形可视化方式显示。

### 三、实验要求

#### 1、独立开发与测试

实现内容可根据教材扩展，使用 C++、C# 语言开发。本次实验预计需要 40-60 小时。

#### 2、分组讨论确定程序公共数据结构

本次实验一位同学一组。建议多位同学组成讨论组研讨实验设计及公共数据结构，每位同学需要独立编写代码模块，独立测试。在此过程中将遇到问题及解决方案等信息记录下来写入实验报告（重要）。

#### 3、成绩采用申请制

（1）测试部分可以通过手工修改作业生成文件（学号-jobs-input 文件）中的进程数据，测试进程并发仿真、调度算法发生的情景，并将此内容写入实验报告的测试部分。

（2）成绩等级分为：A+、A、A-、B+、B、C、D、E

#### 4、提交程序要求

（1）提交源程序、可运行程序（2 个）、进程生成文件（学号-pcbs-input 文件）及进程运行记录文件(学号\_ProcessResults.txt 文件)。源程序要求公共变量、函数、函数输入输出变量有详细的注释。

（2）提交带有文字解说和语音解说的测试过程录屏，对实践报告的测试程序提供录屏文件（可以多个）。

（3）以“学号\_必修实验一”创建文件夹，进一步创建 code 和 doc 子文件夹。

（4）课外实验报告、测试程序的录屏文件放在 doc 子目录下；

源程序放在 code 子目录下；

下面文件均放在“学号\_必修实验一”目录下：

2 个可执行程序（CreateJobs.exe;RunProcess.exe）

进程生成文件（学号-jobs-input 文件）

进程运行记录文件(学号\_ProcessResults.txt 文件)

（5）需在文件夹名称及实验报告上注明申请成绩的等级。

#### 5、实验报告及演示视频要求

（1）开始实验的第一周，阅读教材构思实验思路，撰写《计算机操作系统》课外实验报告前三项内容：

（2）实验过程中必须总结本次实验遇到的重要技术问题以及解决的方案，并写入课外实验报告中。这项内容将成为考核重要指标。

（3）实验测试必须有明确的输入数据、输出数据，并对该情景和结果进行文字分析。这项内容将成为考核重要指标。

（4）测试程序的录屏文件

（5）实验报告格式见 2019 年《计算机操作系统》课外实验报告模板。

（6）提交整套实验材料包括：带注释的源程序、可执行程序、进程生成文件（学号-jobs-input 文件）及进程运行记录文件(学号\_Process.txt)、测试程序的录屏文件以及课外实验报告电子版。

#### 6、重要时间节点

11 月 15 日前：提交整套实验材料；

11 月 30 日前：完成测试评价；

**7、设计问题可通过 QQ 群或当面交流**

联系大四、研究生助教；

计算机操作系统课程群号： 315998710

办公地点：教学楼 B629