

## 操作系统 2022 课后应用题作业 1

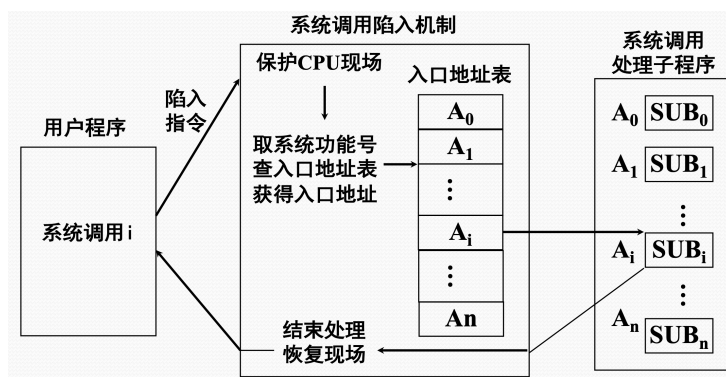
1. 试述系统调用的实现原理，陷阱机制和绘制系统调用的处理过程，并阐述系统调用的处理逻辑。

解答：

操作系统实现系统调用功能的机制称为系统陷阱或系统异常处理机制，由于系统调用而引起处理器中断的机器指令称为陷入指令 (trap)，它是非特权指令，在用户态下执行时会产生 CPU 模式切换，即由用户态转换到内核态。每个系统调用都事先规定编号，称为功能号，执行陷入指令时，必须通过某种方式指明对应系统调用的功能号，大多数情况，还应附带有传递给相应服务例程的参数。

系统调用的实现要点包括：(1) 编写系统调用服务例程；(2) 设计系统调用入口地址表，每个入口地址都指向一个系统调用的服务例程，有些还包含系统调用自带参数的个数；(3) 陷阱处理机制，需要开辟现场保护区，以保存发生系统调用时应用程序的处理器现场。

下图给出了系统调用的处理过程：应用程序执行系统调用，产生中断转向内核态，进入陷阱处理程序，它将按功能号来查询入口地址表，并转至对应服务例程执行，完成后退出中断，返回应用程序断点继续运行。



参数传递是系统调用中需要处理的问题，不同的系统调用要向相应的内核服务例程传递不同参数，反之，执行系统调用的结果也要以参数形式返回给应用程序。实现应用程序和系统调用之间传递参数所采用的方法有：(1) 陷入指令自带参数，可以规定陷入指令之后的若干单元存放参数，叫做直接参数；或者在指令之后紧临的单元中存放参数的地址，叫做间接参数，即由间接地址指出参数的存放区；(2) 通过 CPU 的通用寄存器传递参数，该方法不适用于传递大量参数，改进方法是在主存的某个区或表中存放参数，将其首地址送入寄存器，实现参数传递；(3) 在主存中开辟专用堆栈区传递参数。

2. 某个计算机系统有一台输入机和一台打印机，现有两道程序投入运行，且程序 A 先开始运行，程序 B 后开始运行。程序 A 的运行轨迹为：计算 50ms、打印 100ms、再计算 50ms、打印 100ms，结束。程序 B 的运行轨迹为：计算 50ms、输入 80ms、再计算 100ms，结束。试说明：

- (1) 两道程序运行时，CPU 是否存在空闲等待？若是，在哪段时间内等待？为什么等待？
- (2) 程序 A、B 是否有等待 CPU 的情况？若有，指出发生等待的时刻。

解答：

两道程序并发执行过程如下图所示：

	0	50	100	150	180	200	250	300
CPU	A	B		A		B		
打印机		A				A		
输入机			B					
程序 A	计算	打印		计算	打印			
程序 B		计算	输入			计算		

- (1) CPU 存在空闲等待, 空闲等待时间为 100ms 到 150ms, 此时 A 在占用打印机, B 在占用输入机, 均不需要占用 CPU 计算, 因此 CPU 处于等待状态。
- (2) 程序 A 不存在等待 CPU 的情况; 程序 B 存在, 发生等待的时刻为 0 到 50ms 以及 180ms 到 200ms。

3. 若内存中有 3 道程序 A、B、C, 按照 A、B、C 的优先次序运行。各程序的计算轨迹为:

A: 计算 (20ms), I/O (30ms), 计算 (10ms)

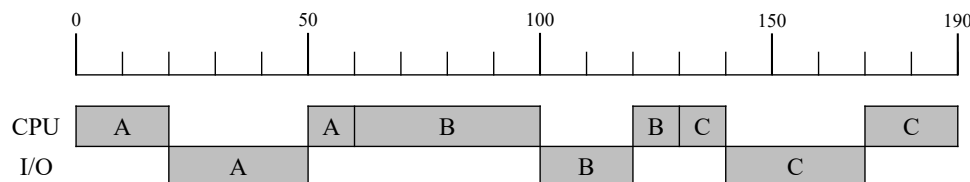
B: 计算 (40ms), I/O (20ms), 计算 (10ms)

C: 计算 (10ms), I/O (30ms), 计算 (20ms)

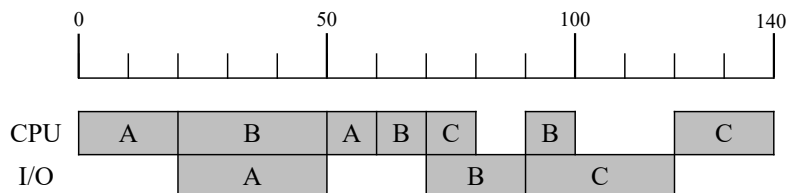
如果 3 道程序都使用相同的设备进行 I/O 操作 (即程序以串行方式使用设备, 调度开销忽略不计), 试分别画出 (1) 单道和 (2) 多道运行的时间关系图。在两种情况下, CPU 的平均利用率各是多少?

解答:

- (1) 单道运行的时间关系图如下, CPU 平均利用率为  $(20 + 10 + 40 + 10 + 10 + 20) \div 190 = 57.89\%$ 。



- (2) 多道运行的时间关系图如下, CPU 平均利用率为  $(20 + 30 + 10 + 10 + 10 + 10 + 20) \div 140 = 78.57\%$ 。



4. 在单机系统中, 有 CPU 和两个设备 DEV1、DEV2, 它们能够同时工作。现有两个程序 A、B 同时到达, 程序 B 的优先级高于程序 A, 但当程序 A 占用 CPU 时, 程序 B 不能抢占。程序在 CPU 与 IO 设备之间的切换开销忽略不计。如果这两个程序使用 CPU、DEV1、DEV2 的顺序和时间如下表所示。

程序	运行情况/ms						
	CPU	DEV <sub>1</sub>	CPU	DEV <sub>2</sub>	CPU	DEV <sub>1</sub>	CPU
A	25	39	20	20	20	30	20
B	20	50	20	20	10	20	45

试解答下列问题:

- (1) 哪个程序先结束?
- (2) 程序全部执行结束需要多长时间?
- (3) 程序全部执行完毕时, CPU 的利用率是多少?
- (4) 程序 A 等待 CPU 的累计时间是多少?
- (5) 程序 B 等待 CPU 的累计时间是多少?

解答：

程序执行过程如下图所示：

	0	20	45	70	90	109	110	129	139	149	159	169	199	214	234
CPU	B	A		B		A	B		A	B	A		B	A	
DEV <sub>1</sub>		B		A				B			A				
DEV <sub>2</sub>					B			A							

- (1) B 先结束；
- (2) 如上图所示，程序全部执行结束需要 234ms；
- (3) CPU 的利用率  $(20 + 25 + 20 + 20 + 10 + 20 + 45 + 20) \div 234 = 76.92\%$ ；
- (4) 程序 A 等待 CPU 的时间分别为 0 ~ 20ms, 199 ~ 214ms, 累计时间为 35ms；
- (5) 程序 B 等待 CPU 到时间分别为 110 ~ 129ms, 159 ~ 169ms, 累计时间为 29ms。

5. 在一个只支持四道程序同时运行的多道程序系统中，若在一段时间内先后到达 6 个作业，其提交时刻和估计运行时间由下表给出。

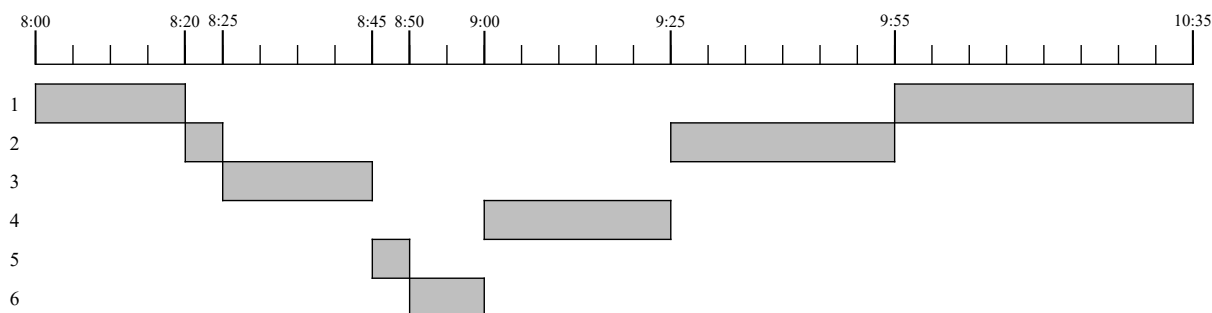
作业	提交时刻	估计运行时间/min
1	8:00	60
2	8:20	35
3	8:25	20
4	8:30	25
5	8:35	5
6	8:40	10

系统采用 SRTF 调度算法，作业被调度进入系统后中途不会退出，但作业运行时可被剩余时间更短的作业所抢占。

- (1) 分别给出 6 个作业的开始执行时间、作业完成时间、作业周转时间。
- (2) 计算平均作业周转时间。

解答：

作业调度执行过程如下：



- 8:20 时，作业 1 剩余时间为 40min，作业 2 剩余时间为 35min，执行作业 2；
- 8:25 时，作业 1 剩余时间为 40min，作业 2 剩余时间为 30min，作业 3 剩余时间为 20min，执行作业 3；
- 8:30 时，作业 1 剩余时间为 40min，作业 2 剩余时间为 30min，作业 3 剩余时间为 15min，作业 4 剩余时间为 25min，执行作业 3。由于只支持四道程序，之后的作业无法进入内存，直至作业 3 执行完；

- 8:45 时, 作业 3 执行完, 作业 5 进入内存, 此时作业 1 剩余时间为 40min, 作业 2 剩余时间为 30min, 作业 4 剩余时间为 25min, 作业 5 剩余时间为 5min, 执行作业 5;
- 8:50 时, 作业 5 执行完, 作业 6 进入内存, 此时作业 1 剩余时间为 40min, 作业 2 剩余时间为 30min, 作业 4 剩余时间为 25min, 作业 6 剩余时间为 10min, 执行作业 6;
- 9:00 时, 作业 6 执行完, 此时作业 1 剩余时间为 40min, 作业 2 剩余时间为 30min, 作业 4 剩余时间为 25min, 执行作业 4;
- 9:25 时, 作业 4 执行完, 此时作业 1 剩余时间为 40min, 作业 2 剩余时间为 30min, 执行作业 2;
- 9:55 时, 作业 2 执行完, 执行作业 1;
- 10:35 时, 作业 1 执行完, 全部作业执行完成。

(1) 如下表所示

作业号	提交时刻	开始执行时刻	作业完成时刻	作业周转时间 (单位: 分钟)
1	8:00	8:00	10:35	155
2	8:20	8:20	9:55	95
3	8:25	8:25	8:45	20
4	8:30	9:00	9:25	55
5	8:35	8:45	8:50	15
6	8:40	8:50	9:00	20

(2) 平均作业周转时间为  $(155 + 95 + 20 + 55 + 15 + 20)\text{min} \div 6 = 60\text{min}$ 。

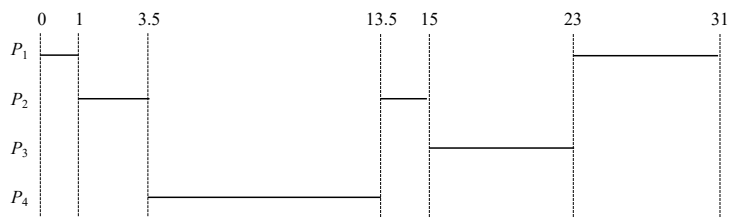
6. 设有 4 个进程  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 、 $P_4$ , 它们到达就绪队列的时刻、运行时间及优先级 (优先数越大优先级越高) 如下表:

进程	到达就绪队列的时刻	运行时间/ms	优先级
$P_1$	0	9	1
$P_2$	1	4	3
$P_3$	2.5	8	2
$P_4$	3.5	10	4

- (1) 若采用抢占式优先数调度算法 (抢占的时间点为高优先级进程达到就绪队列的时刻), 试给出各个进程的调度次序以及进程的平均周转时间和平均等待时间。
- (2) 若采用时间片轮转调度算法, 且时间片长度取 2ms, 试给出各个进程的调度次序以及进程的平均周转时间和平均等待时间。

解答:

(1) 进程执行过程如下:



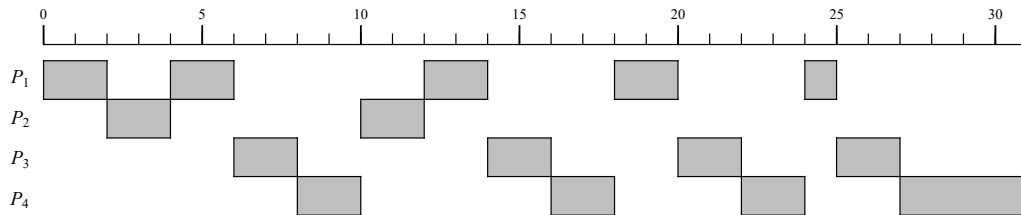
进程调度次序为:  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_4$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 、 $P_1$

平均周转时间为:  $(31 + 14 + 20.5 + 10)\text{ms} \div 4 = 18.875\text{ms}$

平均等待时间为： $(22 + 10 + 12.5 + 0)\text{ms} \div 4 = 11.125\text{ms}$

进程	到达就绪队列的时刻	运行时间/ms	完成时刻	周转时间/ms	等待时间/ms
$P_1$	0	9	31	31	22
$P_2$	1	4	15	14	10
$P_3$	2.5	8	23	20.5	12.5
$P_4$	3.5	10	13.5	10	0

(2) 进程执行过程如下：



进程调度次序为  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_1$ 、 $P_3$ 、 $P_4$ 、 $P_2$ 、 $P_1$ 、 $P_3$ 、 $P_4$ 、 $P_1$ 、 $P_3$ 、 $P_4$ 、 $P_1$ 、 $P_3$ 、 $P_4$

平均周转时间为： $(25 + 11 + 24.5 + 27.5)\text{ms} \div 4 = 22\text{ms}$

平均等待时间为： $(16 + 7 + 16.5 + 17.5)\text{ms} \div 4 = 14.25\text{ms}$

进程	到达就绪队列的时刻	运行时间/ms	完成时刻	周转时间/ms	等待时间/ms
$P_1$	0	9	25	25	16
$P_2$	1	4	12	11	7
$P_3$	2.5	8	27	24.5	16.5
$P_4$	3.5	10	31	27.5	17.5

7. 某一页式存储管理系统，假设其页表全部存放在内存中。

- (1) 若访问内存的时间为  $120\text{ns}$ ，那么访问一个数据的时间是多少？
- (2) 若增加一个快表，无论命中与否均需  $20\text{ns}$  的开销，假设快表的命中率为  $80\%$ ，则此时访问一个数据的时间是多少？

解答：

- (1)  $120\text{ns} \times 2 = 240\text{ns}$
- (2)  $80\% \times (120\text{ns} + 20\text{ns}) + 20\% \times (120\text{ns} + 120\text{ns} + 20\text{ns}) = 164\text{ns}$

8. 在一页式存储管理系统中，逻辑地址长度为 16 位，页面大小为  $4096\text{B}$ ，已知第 0、1、2 页依次存放在第 10、12、14 号物理块中，现有逻辑地址  $2\text{F6AH}$ ，请问其相应的物理地址是多少？（地址以十六进制表示）

解答：

由于逻辑地址长度为 16 位，页面大小为  $4096\text{B}$ ，所以后 12 位表示页内偏移量，前 4 位表示逻辑页号，对于逻辑地址  $2\text{F6AH}$ ，其逻辑页号为 2，对应物理页号为 14，所以该逻辑地址的物理地址是  $\text{EF6AH}$ 。

9. 假设一个物理存储器有 4 个页框，一个程序运行的页面走向是：1-2-3-1-4-5-1-2-1-4-5-3-4-5。假定所有页框最初都是空的，分别使用 OPT、FIFO、LRU、CLOCK、MIN（滑动窗口  $\tau = 3$ ）、WS（工作集窗口尺寸  $\Delta = 2$ ）算法，计算访问过程中所发生的缺页中断次数和缺页中断率。

解答：

(1) 最优置换算法 OPT：缺页 6 次，缺页中断率 =  $6 \div 14 = 42.86\%$ 。

页面序列	1	2	3	1	4	5	1	2	1	4	5	3	4	5
页框 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3
页框 2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
页框 3			3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5
页框 4					4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
缺页标记	F	F	F		F	F						F		

(2) 先进先出算法 FIFO：缺页 10 次，缺页中断率 =  $10 \div 14 = 71.43\%$ 。

页面序列	1	2	3	1	4	5	1	2	1	4	5	3	4	5
页框 1	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	4	4
页框 2		2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	5
页框 3			3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
页框 4					4	4	4	4	4	4	4	3	3	3
缺页标记	F	F	F		F	F	F	F				F	F	F

(3) 最近最少使用算法 LRU：缺页 7 次，缺页中断率 =  $7 \div 14 = 50\%$ 。

页面序列	1	2	3	1	4	5	1	2	1	4	5	3	4	5
页框 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
页框 2		2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5
页框 3			3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3
页框 4					4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
缺页标记	F	F	F		F	F		F				F		

(4) Clock 调度算法：缺页 10 次，缺页中断率 =  $10 \div 14 = 71.43\%$ 。

页面序列	1	2	3	1	4	5	1	2	1	4	5	3	4	5
页框 1	1*	1*	1*	1*	→1*	5*	5*	5*	5*	5*	5*	→5*	4*	4*
页框 2	→	2*	2*	2*	2*	→2	1*	1*	1*	1*	1*	1*	→1	5*
页框 3		→	3*	3*	3*	3	→3	2*	2*	2*	2*	2*	2	→2
页框 4			→	→	4*	4	4	→4	→4	→4*	→4*	3*	3	3
缺页标记	F	F	F		F	F	F	F				F	F	F

(5) MIN(滑动窗口  $\tau = 3$ )：缺页 9 次，缺页中断率 =  $9 \div 14 = 64.29\%$ 。

时刻 $t$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
引用串		1	2	3	1	4	5	1	2	1	4	5	3	4	5
P1		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
P2			✓						✓						
P3				✓									✓		
P4						✓					✓	✓	✓	✓	
P5							✓					✓	✓	✓	✓
IN		P1	P2	P3		P4	P5		P2		P4	P5	P3		
OUT				P2	P3		P4	P5		P2	P1			P3	P4
缺页标记		F	F	F		F	F		F		F	F	F		

(6) 工作集算法  $WS(\Delta = 2)$ : 缺页 9 次, 缺页中断率  $= 9 \div 14 = 64.29\%$ 。

时刻 $t$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
引用串		1	2	3	1	4	5	1	2	1	4	5	3	4	5
P1		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
P2			✓	✓	✓				✓	✓	✓				
P3				✓	✓	✓							✓	✓	✓
P4						✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓
P5							✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
IN		P1	P2	P3		P4	P5		P2		P4	P5	P3		
OUT						P2	P3		P4	P5		P2	P1		
缺页标记		F	F	F		F	F		F		F	F	F		