

Sistemas Operacionais

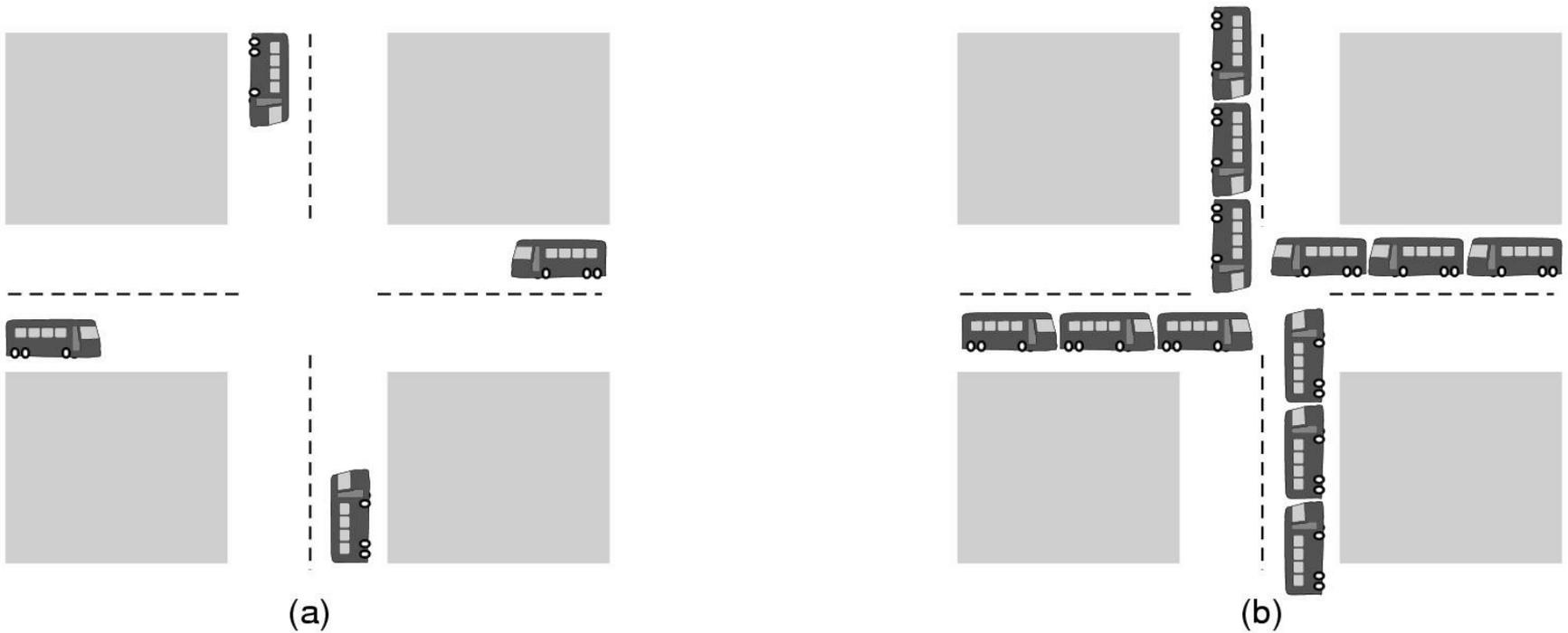
Prof. Jó Ueyama

Apresentação baseada nos slides da Profa. Dra. Kalinka Castelo Branco, do Prof. Dr. Antônio Carlos Sementille e da Profa. Dra. Luciana A. F. Martimiano e nas transparências fornecidas no site de compra do livro “Sistemas Operacionais Modernos”

Deadlocks

- ★ Dispositivos e recursos são compartilhados a todo momento: impressora, disco, arquivos, entre outros...;
- ★ *Deadlock*: processos ficam parados sem possibilidade de poderem continuar seu processamento;

Deadlocks



Uma situação de *deadlock*



Deadlocks

* Recursos:

- Preemptivos: podem ser retirados do processo sem prejuízos;
 - * Memória;
 - * CPU;
- Não-preemptivos: não podem ser retirados do processo, pois causam prejuízos;
 - * CD-ROM;
 - * Unidades de fita;
 - * *Deadlocks* ocorrem com esse tipo de recurso;

Deadlocks

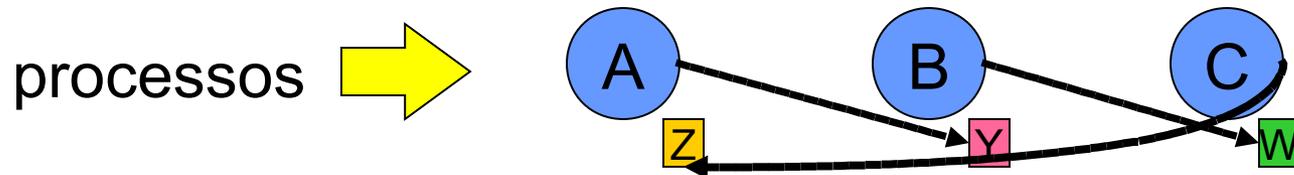
- ★ Requisição de recursos/dispositivos:
 - Requisição do recurso;
 - Utilização do recurso;
 - Liberação do recurso;
- ★ Se o recurso requerido não está disponível, duas situações podem ocorrer:
 - Processo que requisitou o recurso fica bloqueado até que o recurso seja liberado, ou;
 - Processo que requisitou o recurso falha, e depois de um certo tempo tenta novamente requisitar o recurso;

Deadlocks

- ★ Quatro condições devem ocorrer para que um *deadlock* exista:
 - Exclusão mútua: um recurso só pode estar alocado para um processo em um determinado momento;
 - Uso e espera (*hold and wait*): processos que já possuem algum recurso podem requerer outros recursos;
 - Não-preempção: recursos já alocados não podem ser retirados do processo que os alocou; somente o processo que alocou os recursos pode liberá-los;
 - Espera Circular: um processo pode esperar por recursos alocados a outro processo;

Deadlocks

- ★ Espera circular por recursos.
- ★ Exemplo:
 - O processo “A” espera pelo processo “B”, que espera pelo processo “C”, que espera pelo processo “A”.



Deadlocks

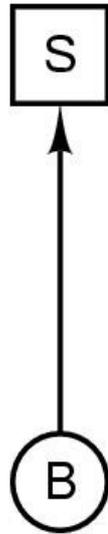
- ★ Geralmente, *deadlocks* são representados por grafos a fim de facilitar sua detecção, prevenção e recuperação
 - Ocorrência de ciclos pode levar a um *deadlock*;

Deadlocks

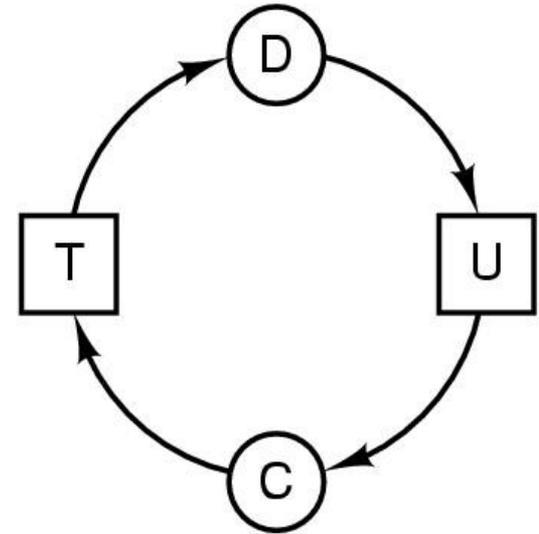
Grafos de alocação de recursos



(a)



(b)



(c)

- a) **Recurso R** alocado ao **Processo A**
- b) **Processo B** requisita **Recurso S**
- c) **Deadlock**

Deadlocks

- ★ Quatro estratégias para tratar *deadlocks*:
 - Ignorar o problema;
 - Detectar e recuperar o problema;
 - Evitar dinamicamente o problema – alocação cuidadosa de recursos;
 - Prevenir o problema por meio da não satisfação de uma das quatro condições citadas anteriormente;

Tratamento de Deadlocks

- ★ Ignorar o problema.

- Comparar a frequência de ocorrência de *deadlocks* com a frequência de outras falhas do sistema.
 - ★ Falhas de *hardware*, erros de compiladores, erros do Sistema Operacional, etc.
- Se o esforço em solucionar o problema for muito grande em relação a frequência com que o *deadlock* ocorre, ele pode ser ignorado.

Deadlocks

- ★ Ignorar o problema:
 - Frequência do problema;
 - Alto custo – estabelecimento de condições para o uso de recursos;
 - Algoritmo do AVESTRUZ;

Deadlocks

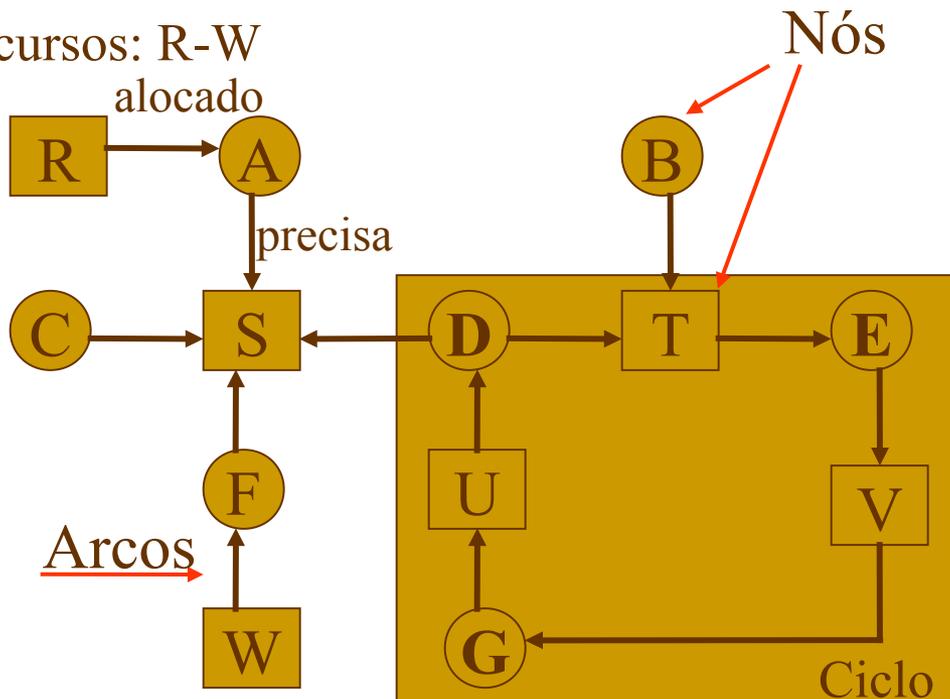
- ★ Detectar e Recuperar o problema:
 - Processos estão com todos os recursos alocados;
 - Procedimento: Permite que os *deadlocks* ocorram, tenta detectar as causas e solucionar a situação;
 - Algoritmos:
 - ★ Detecção com um recurso de cada tipo;
 - ★ Detecção com vários recursos de cada tipo;
 - ★ Recuperação por meio de preempção;
 - ★ Recuperação por meio de *rollback* (volta ao passado);
 - ★ Recuperação por meio de eliminação de processos;

Deadlocks

- * Detecção com um recurso de cada tipo:
 - Construção de um grafo;
 - Se houver ciclos, existem potenciais *deadlocks*;

Processos: A-G

Recursos: R-W



Situação:

PA usa R e precisa de S;

PB precisa de T;

PC precisa de S;

PD usa U e precisa de S e T;

PE usa T e precisa de V;

PF usa W e precisa de S;

PG usa V e precisa de U;

Pergunta:

Há possibilidade de *deadlock*? 15

Deadlocks

- * Detecção com vários recursos de cada tipo:
 - Classes diferentes de recursos – vetor de recursos existentes (E):
 - * Se classe1=unidade de fita e $E_1=2$, então existem duas unidades de fita;
 - Vetor de recursos disponíveis (A):
 - * Se ambas as unidades de fita estiverem alocadas, $A_1=0$;
 - Duas matrizes:
 - * C: matriz de alocação corrente;
 - C_{ij} : número de instâncias do recurso j entregues ao processo i;
 - * R: matriz de requisições;
 - R_{ij} : número de instâncias do recurso j que o processo i precisa;

Deadlocks

4 unidades de fita;

2 *plotter*;

3 impressoras;

1 unidade de CD-ROM

Recursos existentes

$$E = \begin{pmatrix} 4 & 2 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

UF P I UCD

Matriz de alocação

$$C = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \text{UF} & \text{P} & \text{I} & \text{UCD} \\ \hline 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \end{array} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow P_3 \end{array} \end{array}$$

↓
Recursos

Três processos:

P_1 usa uma impressora;

P_2 usa duas unidades de fita e uma de CD-ROM;

P_3 usa um *plotter* e duas impressoras;

Cada processo precisa de outros recursos (R);

Recursos disponíveis

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

UF P I UCD

Matriz de requisições

$$R = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \text{UF} & \text{P} & \text{I} & \text{UCD} \\ \hline 2 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \end{array} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow P_3 \end{array} \end{array}$$

Deadlocks

4 unidades de fita;
2 *plotter*;
3 impressoras;
1 unidade de CD-ROM

Requisições:

P_1 requisita duas unidades de fita e um CD-ROM;
 P_2 requisita uma unidade de fita e uma impressora;
 P_3 requisita duas unidades de fita e um *plotter*;

Recursos existentes

$$E = (4 \ 2 \ 3 \ 1)$$

Recursos disponíveis

$$A = (2 \ 1 \ 0 \ 0) \quad \mathbf{P_3 \ pode \ rodar}$$

$$A = (\mathbf{0 \ 0 \ 0 \ 0})$$

Matriz de alocação

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ \mathbf{2} & \mathbf{2} & \mathbf{2} & \mathbf{0} \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow P_3 \end{array}$$

Matriz de requisições

$$R = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow \mathbf{P_3} \end{array}$$

Deadlocks

4 unidades de fita;
2 *plotter*;
3 impressoras;
1 unidade de CD-ROM

Recursos existentes
 $E = (4 \ 2 \ 3 \ 1)$

Requisições:

P_1 requisita duas unidades de fita e um CD-ROM;
 P_2 requisita uma unidade de fita e uma impressora;
 P_3 requisita duas unidades de fita e um *plotter*;

Recursos disponíveis
 $A = (2 \ 1 \ 0 \ 0)$ **P_3 pode rodar**
 $A = (2 \ 2 \ 2 \ 0)$

Matriz de alocação

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow P_3 \end{array}$$

Matriz de requisições

$$R = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow P_3 \end{array}$$

Deadlocks

4 unidades de fita;
2 *plotter*;
3 impressoras;
1 unidade de CD-ROM

Requisições:

P_1 requisita duas unidades de fita e um CD-ROM;
 P_2 requisita uma unidade de fita e uma impressora;
 P_3 requisita duas unidades de fita e um *plotter*;

Recursos existentes

$$E = (4 \ 2 \ 3 \ 1)$$

Matriz de alocação

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow P_3 \end{array}$$

Recursos disponíveis

$$A = (2 \ 1 \ 0 \ 0)$$

$$A = (2 \ 2 \ 2 \ 0) \quad \mathbf{P_2 \ pode \ rodar}$$

$$A = (1 \ 2 \ 1 \ 0)$$

Matriz de requisições

$$R = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow \mathbf{P_2} \\ \leftarrow P_3 \end{array}$$

Deadlocks

4 unidades de fita;
2 *plotter*;
3 impressoras;
1 unidade de CD-ROM

Requisições:

P_1 requisita duas unidades de fita e um CD-ROM;
 P_2 requisita uma unidade de fita e uma impressora;
 P_3 requisita duas unidades de fita e um *plotter*;

Recursos existentes

$$E = (4 \ 2 \ 3 \ 1)$$

Matriz de alocação

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow P_3 \end{array}$$

Recursos disponíveis

$$A = (2 \ 1 \ 0 \ 0)$$

$$A = (2 \ 2 \ 2 \ 0) \quad \mathbf{P_2 \ pode \ rodar}$$

$$A = (4 \ 2 \ 2 \ 1)$$

Matriz de requisições

$$R = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow \mathbf{P_2} \\ \leftarrow P_3 \end{array}$$

Deadlocks

4 unidades de fita;
2 *plotter*;
3 impressoras;
1 unidade de CD-ROM

Requisições:

P_1 requisita duas unidades de fita e um CD-ROM;
 P_2 requisita uma unidade de fita e uma impressora;
 P_3 requisita duas unidades de fita e um *plotter*;

Recursos existentes

$$E = (4 \ 2 \ 3 \ 1)$$

Matriz de alocação

$$C = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow P_3 \end{array}$$

Recursos disponíveis

$$A = (2 \ 1 \ 0 \ 0)$$

$$A = (2 \ 2 \ 2 \ 0)$$

$$A = (2 \ 2 \ 1 \ 0) \quad \mathbf{P_1 \text{ pode rodar}}$$

Matriz de requisições

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow \mathbf{P_1} \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow P_3 \end{array}$$

Deadlocks

Ao final da execução, temos:

4 unidades de fita;

2 *plotters*;

3 impressoras;

1 unidade de CD-ROM

Recursos existentes

$$E = (4 \ 2 \ 3 \ 1)$$

Recursos disponíveis

$$A = (4 \ 2 \ 3 \ 1)$$

Matriz de alocação

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow P_3 \end{array}$$

Matriz de requisições

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow P_3 \end{array}$$

Deadlocks – Situação 1

4 unidades de fita;
2 *plotters*;
3 impressoras;
1 unidade de CD-ROM

Recursos existentes

$$E = (4 \ 2 \ 3 \ 1)$$

Matriz de alocação

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow P_3 \end{array}$$

Requisições:

P_2 requisita duas unidade de fita, uma impressora e uma unidade de CD-ROM;

Recursos disponíveis

$$A = (2 \ 1 \ 0 \ 0) \ P_3 \text{ pode rodar}$$

$$A = (2 \ 2 \ 2 \ 0)$$

Matriz de requisições

$$R = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \leftarrow P_1 \\ \leftarrow P_2 \\ \leftarrow P_3 \end{array}$$

Nessa situação, nenhum processo pode ser atendido!

DEADLOCK

Deadlocks

- * Detecção com vários recursos de cada tipo:
 - Para esse algoritmo, o sistema, geralmente, procura periodicamente por *deadlocks*;
 - CUIDADO:
 - * Evitar ociosidade da CPU → quando se tem muitos processos em situação de *deadlock*, poucos processos estão em execução;

Deadlocks

★ Recuperação de *Deadlocks*:

- Por meio de preempção: possibilidade de retirar temporariamente um recurso de seu atual dono (processo) e entregá-lo a outro processo;
- Por meio de *rollback*: recursos alocados a um processo são armazenados em arquivos de verificação (checkpoint files); quando ocorre um *deadlock*, os processos voltam ao estado no qual estavam antes do *deadlock* → **solução cara**;

Deadlocks

* Recuperação de *Deadlocks*:

- Por meio de eliminação de processos:
processos que estão no ciclo com *deadlock* são retirados do ciclo;
- Melhor solução para processos que não causam algum efeito negativo ao sistema;
 - * Ex1.: compilação – sem problemas;
 - * Ex2.: atualização de um base de dados – problemas;

Deadlocks

- ★ **Evitar dinamicamente o problema:**
 - Alocação individual de recursos → à medida que o processo necessita;
 - Soluções também utilizam matrizes;
 - Escalonamento cuidadoso → alto custo;
 - ★ Conhecimento prévio dos recursos que serão utilizados;
 - Algoritmos:
 - ★ Banqueiro para um único tipo de recurso;
 - ★ Banqueiro para vários tipos de recursos;
 - Definição de Estados Seguros e Inseguros;

Deadlocks

- ★ Estados seguros: não provocam *deadlocks* e há uma maneira de atender a todas as requisições pendentes finalizando normalmente todos os processos;
 - A partir de um estado seguro, existe a garantia de que os processos terminarão;
- ★ Estados inseguros: podem provocar *deadlocks*, mas não necessariamente provocam;
 - A partir de um estado inseguro, não é possível garantir que os processos terminarão corretamente;

Deadlocks

* Algoritmos do Banqueiro:

- Idealizado por Dijkstra (1965);
- Considera cada requisição no momento em que ela ocorre, verificando se essa requisição leva a um estado seguro; Se sim, a requisição é atendida, se não o atendimento é adiado para um outro momento;
- Premissas adotadas por um banqueiro (SO) para garantir ou não crédito (recursos) para seus clientes (processos);
- Nem todos os clientes (processos) precisam de toda a linha de crédito (recursos) disponível para eles;

Deadlocks

- * Algoritmo do Banqueiro para um único tipo de recurso:

Possui  Máximo de linha de crédito = 22

A	0	6
B	0	5
C	0	4
D	0	7

Livre: 10

Seguro

A	1	6
B	1	5
C*	2	4
D	4	7

Livre: 2

Seguro

A	1	6
B	2	5
C	2	4
D	4	7

Livre: 1

Inseguro

- Solicitações de crédito são realizadas de tempo em tempo;
- * C é atendido e libera 4 créditos, que podem ser usados por B ou D;

Deadlocks

- * Algoritmo do Banqueiro para um único tipo de recurso:

Máximo de linha de crédito = 22

Possui



A	0	6
B	0	5
C	0	4
D	0	7

Livre: 10

Seguro

A	1	6
B	1	5
C	2	4
D	4	7

Livre: 2

Seguro

A	1	6
B*	2	5
C	2	4
D	4	7

Livre: 1

Inseguro

- Solicitações de crédito são realizadas de tempo em tempo;
- * B é atendido. Em seguida os outros fazem solicitação, ninguém poderia ser atendido;

Deadlocks

* Algoritmo do Banqueiro para vários tipos de recursos:

– Mesma idéia, mas duas matrizes são utilizadas;

Recursos $\rightarrow E = (6 \ 3 \ 4 \ 2)$;

Alocados $\rightarrow P = (5 \ 3 \ 2 \ 2)$;

Disponíveis $\rightarrow A = (1 \ 0 \ 2 \ 0)$;

	Processos	Unidade de Fita	Plotters	Impressoras	Unidade de CD-ROM
A	3	0	1	1	
B	0	1	0	0	
C	1	1	1	0	
D	1	1	0	1	
E	0	0	0	0	

C = Recursos Alocados

A	1	1	0	0
B	0	1	1	2
C	3	1	0	0
D	0	0	1	0
E	2	1	1	0

R = Recursos ainda necessários

Deadlocks

- * Algoritmo do Banqueiro para vários tipos de recursos:

	Processos	Unidade de Fita	Plotters	Impressoras	Unidade de CD-ROM
A	3	0	1	1	
B	0	1	1	0	
C	1	1	1	0	
D	1	1	0	1	
E	0	0	0	0	

C = Recursos Alocados

Alocados $\rightarrow P = (5 \ 3 \ 3 \ 2)$;

Disponíveis $\rightarrow A = (1 \ 0 \ 1 \ 0)$;

A	1	1	0	0
B	0	1	0	2
C	3	1	0	0
D	0	0	1	0
E	2	1	1	0

R = Recursos ainda necessários

- Podem ser atendidos: D, A ou E, C;

Deadlocks

- * Algoritmo do Banqueiro para vários tipos de recursos:

	Processos	Unidade de Fita	Plotters	Impressoras	Unidade de CD-ROM
A	3	0	1	1	
B	0	1	1	0	
C	1	1	1	0	
D	1	1	0	1	
E	0	0	1	0	

C = Recursos Alocados

Alocados $\rightarrow P = (5 \ 3 \ 4 \ 2)$;
Disponíveis $\rightarrow A = (1 \ 0 \ 0 \ 0)$;

A	1	1	0	0
B	0	1	0	2
C	3	1	0	0
D	0	0	1	0
E	2	1	0	0

R = Recursos ainda necessários

- *Deadlock* \rightarrow atender o processo E; Solução:

Deadlocks

- * Algoritmo do Banqueiro:
 - Desvantagens
 - * Pouco utilizado, pois é difícil saber quais recursos serão necessários;
 - * Escalonamento cuidadoso é caro para o sistema;
 - * O número de processos é dinâmico e pode variar constantemente, tornando o algoritmo custoso;
 - Vantagem
 - * Na teoria o algoritmo é ótimo;

Deadlocks

* Prevenir *Deadlocks*:

– Atacar uma das quatro condições:

Condição	Abordagem
Exclusão Mútua	Alocar todos os recursos usando um <i>spool</i>
Uso e Espera	Requisitar todos os recursos inicialmente para execução – difícil saber; sobrecarga do sistema
Não-preempção	Retirar recursos dos processos – pode ser ruim dependendo do tipo de recurso; praticamente não implementável
Espera Circular	Ordenar numericamente os recursos, e realizar solicitações em ordem numérica Permitir que o processo utilize apenas um recurso por vez

Deadlocks

- * *Deadlocks* podem ocorrer sem o envolvimento de recursos, por exemplo, se semáforos forem implementados erroneamente;

```
..                ..  
down (&empty) ;   down (&mutex) ;  
    down (&mutex) ;   down (&empty) ;  
    ..                ..
```

■ Inanição (*Starvation*)

- Todos os processos devem conseguir utilizar os recursos que precisam, sem ter que esperar indefinidamente;
- Alocação usando FIFO;

Perguntas?

- Vimos o Capítulo 3 da terceira edição do livro-texto
- Vamos avançar para o Capítulo 4