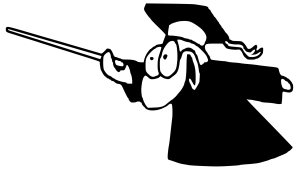
Impasses - Deadlock

EMB5632 - Sistemas Operacionais
Prof. Dr. Ricardo José Pfitscher
ricardo.pfitscher@ufsc.br

Objetivos de aprendizagem



- Entender o conceito de deadlock em sistemas computacionais
- Reconhecer códigos sujeitos a deadlock
- Implementar soluções livres de deadlock

UFSC

UFSC

Exemplo

Compile e execute o código conta.c disponível no moodle e:

- Verifique se as transações são consistentes (saldo é o esperado)
- Execute algumas vezes e verifique se o programa trava
- Tente identificar no código a razão da trava
  - Faça alguns prints de debug para isso

Noções de Deadlock

- Conceito informal de deadlock
  - Em sistemas multiprogramados os processos competem por recursos do sistema
    - Memória, CPU, dispositivos de E/S, tabelas do SO...
  - Em determinadas situações os recursos alocados a um processo não podem ser retirados a força do mesmo
    - Gravador de CD, Impressora, etc...
  - Se P1 detém o recurso X e quer Y e P2 detém Y quer X, temos um impasse
    - P1 e P2 bloqueiam e nenhum dos dois pode prosseguir

Noções de Deadlock

- Recursos
  - Deadlocks ocorrem quando se garante acesso exclusivo a recursos
    - Podemos caracterizar dois tipos de recursos:
    - Preemptíveis: Podem ser retirados de um processo sem problemas
      - CPU, Memória
    - Não-Preemptíveis: A retirada deste recurso pode gerar falha ao processo
      - Impressora, gravador de CD, Scanner...
  - Quais destes recursos podem ocasionar deadlocks??

Noções de Deadlock

- Recursos
  - Deadlocks ocorrem quando se garante acesso exclusivo a recursos
    - Podemos caracterizar dois tipos de recursos:
    - Preemptíveis: Podem ser retirados de um processo sem problemas
      - CPU, Memória
    - Não-Preemptíveis: A retirada deste recurso pode gerar falha ao processo
      - Impressora, gravador de CD, Scanner...
  - Quais destes recursos podem ocasionar deadlocks??

Preemptíveis

Noções de Deadlock

- Utilização de recursos
  - Para utilizar um recurso, o processo tipicamente:
    1. Solicita o recurso
    2. Usa o recurso
    3. Libera o recurso
  - Quando uma solicitação falha, o processo espera até que o recurso esteja disponível
    - Solicitação bloqueia
    - Solicitação retorna erro, o processo fica em loop
  - Se um processo não libera um recurso após usá-lo a probabilidade de ocorrer deadlock aumenta

UFSC

Noções de Deadlock

- Definição formal
  - *“Um processo está em situação de deadlock se todo processo pertencente ao conjunto estiver esperando por um evento que somente um processo desse mesmo conjunto poderá provocar”*
- Normalmente um evento é a liberação de um recurso atualmente retido
- Nenhum dos processos pode
  - Executar
  - Liberar recursos
  - Ser acordado

Noções de Deadlock

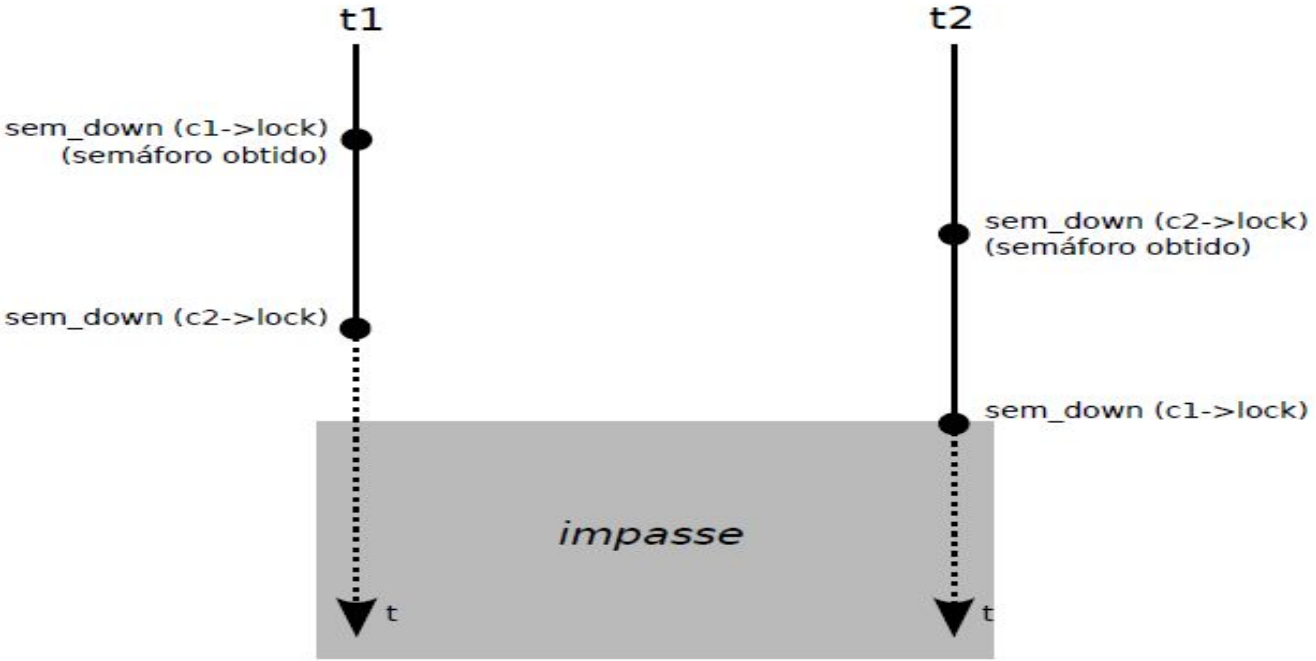
- Exemplo

```
1  typedef struct conta_t
2  {
3     int saldo ;                    // saldo atual da conta
4     sem_t lock ;                   // semáforo associado à conta
5     ...                            // outras informações da conta
6  } conta_t ;
7
8  void transferir (conta_t* contaDeb, conta_t* contaCred, int valor)
9  {
10    sem_down (contaDeb->lock) ;    // obtém acesso a contaDeb
11    sem_down (contaCred->lock) ;   // obtém acesso a contCred
12
13    if (contaDeb->saldo >= valor)
14    {
15       contaDeb->saldo -= valor ;  // debita valor de contaDeb
16       contaCred->saldo += valor ; // credita valor em contaCred
17    }
18    sem_up (contaDeb->lock) ;      // libera acesso a contaDeb
19    sem_up (contaCred->lock) ;     // libera acesso a contaCred
20 }
```

- Caso dois clientes (t1 e t2) queiram fazer transferências entre suas contas (c1 e c2),(t1: c1 c2,t2:c2 c1) o que acontece?

Noções de Deadlock

- Exemplo

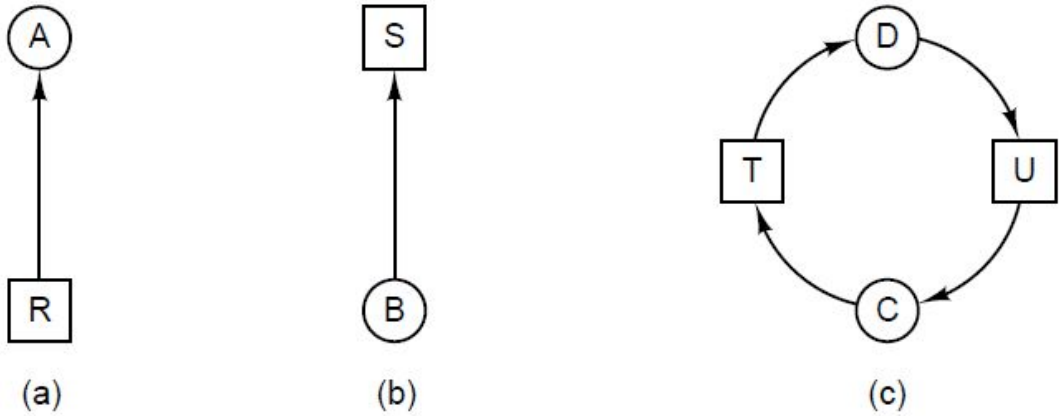


Modelagem de Deadlock

- Condições para ocorrência de deadlock
  1. Exclusão Mútua
     - Todo recurso está ou associado a um processo ou disponível
  2. Posse e espera
     - Processos que retêm recursos podem solicitar novos recursos
  3. Não preempção
     - Recursos concedidos previamente não podem ser tomados à força
  4. Espera circular
     - Deve haver uma cadeia circular de dois ou mais processos
     - Cada um está à espera de recurso cedido pelo membro seguinte dessa cadeia

Modelagem de Deadlock

- Grafo dirigido de alocação de recursos



a) A alocou R
b) B solicitou S (está bloqueado, esperando a alocação)
c) C e D em deadlock sobre T e U

Tratamento de Deadlocks

- Estratégias para tratar deadlocks
  1. Ignorar completamente o problema
  2. Detecção e recuperação
  3. Evitar dinamicamente a ocorrência
     - Alocar os recursos com cuidado
  4. Prevenção
     - Negar uma das quatro condições necessárias

Tratamento de Deadlocks

- Como ocorre um deadlock
- Considere a tabela:

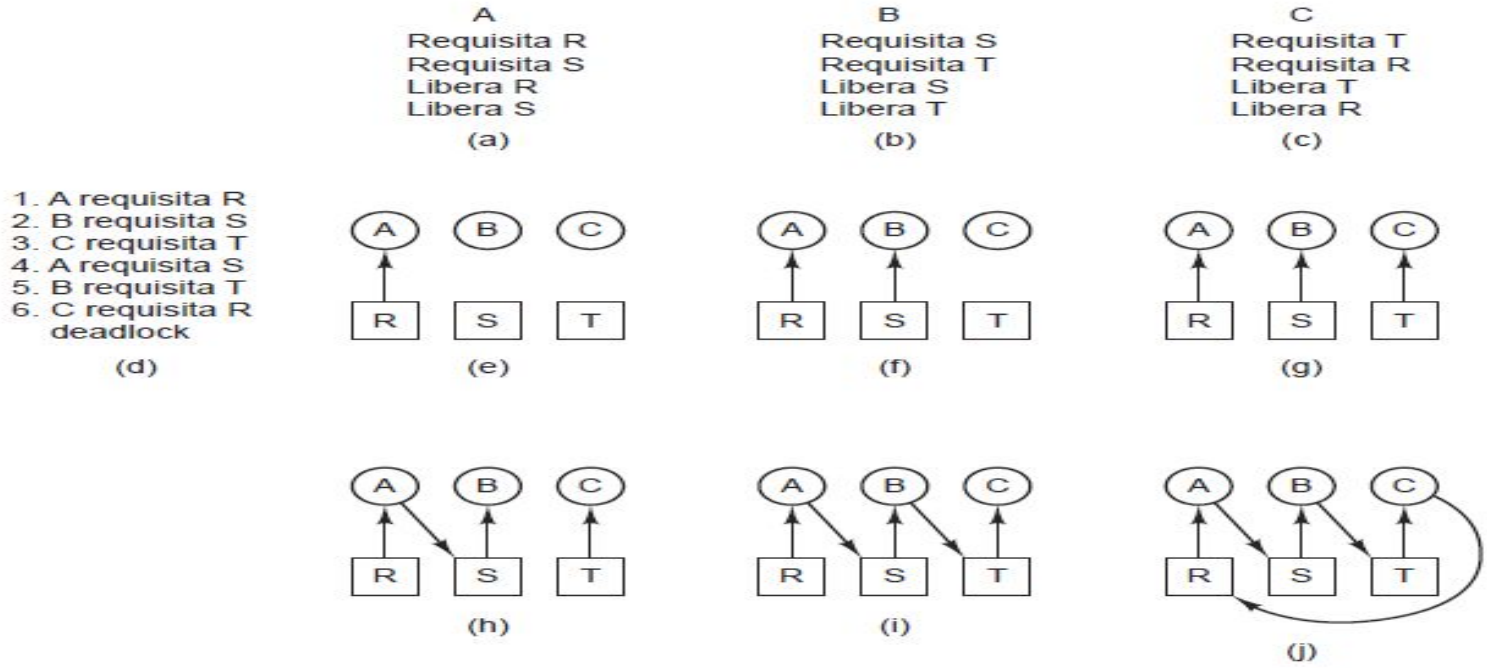
	Processos		
	A	B	C
Alocação de Recursos	Requisita R	Requisita S	Requisita T
	Requisita S	Requisita T	Requisita R
	Libera R	Libera S	Libera T
	Libera S	Libera T	Libera R

- Escalonamento: 1 procedimento por processo
  - Ordem de execução A-B-C

Como fica o grafo de alocação de recursos?

Tratamento de Deadlocks

- Como ocorre um deadlock



Tratamento de deadlock

- Como evitar o deadlock no exemplo do banco?

```
1  typedef struct conta_t
2  {
3     int saldo ;                    // saldo atual da conta
4     mutex m ;                      // mutex associado à conta
5     ...                            // outras informações da conta
6  } conta_t ;
7
8  void transferir (conta_t* contaDeb, conta_t* contaCred, int valor)
9  {
10    lock (contaDeb->m) ;           // obtém acesso a contaDeb
11    lock (contaCred->m) ;          // obtém acesso a contCred
12
13    if (contaDeb->saldo >= valor)
14    {
15       contaDeb->saldo -= valor ;  // debita valor de contaDeb
16       contaCred->saldo += valor ; // credita valor em contaCred
17    }
18    unlock (contaDeb->m) ;         // libera acesso a contaDeb
19    unlock (contaCred->m) ;        // libera acesso a contaCred
20 }
```

Tratamento de Deadlocks

- Algoritmo do Avestruz
  - “Enterre a cabeça na areia e finja que o problema não existe”

  - Ignora a existência de deadlocks, se algum ocorrer, o usuário que resolva
  - Baseia-se nos princípios que os deadlocks são infrequentes, na prática
    - É provável que o sistema trave antes por outro motivo
    - Evita o custo associado aos mecanismos de tratamento de deadlocks
      - Desempenho e conveniência
  - Estratégia usada no UNIX e no Windows

Tratamento de Deadlocks

- Detecção de deadlocks
  - Um algoritmo simples para detectar a ocorrência de deadlock baseia-se no grafo de alocação de recursos
    - Monitorar a alocação de recursos e disparar um procedimento de recuperação caso **um ciclo** seja encontrado no grafo

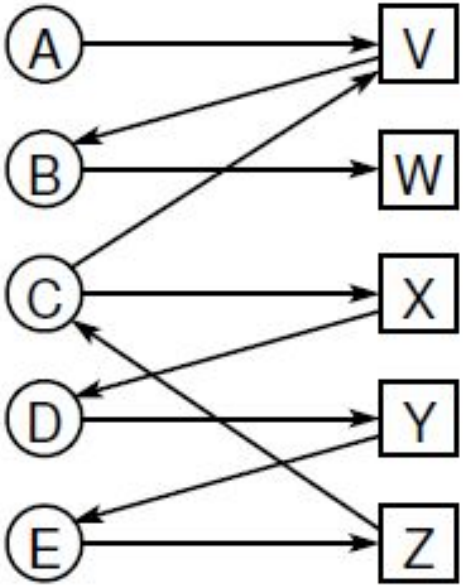
Tratamento de Deadlocks

- Algoritmo para detecção de ciclos
  - Para todos os nós do grafo executar *(L* é uma lista de nós)*:*
    1. *L=[ ]* , todos os nós do grafo são desmarcados
    2. Insira o nó atual em *L* e verifique se aparece duas vezes, se sim, o grafo tem um ciclo, e o algoritmo termina
    3. Ache um arco desmarcado **saindo** do nó corrente
       i. Se houver, marque o arco e visite o nó, voltando ao passo 2
       ii. Se não houver, retire o nó corrente de *L* e retorne ao nó anterior, voltando ao passo 3
           i. Se for o primeiro, o algoritmo termina, e não há ciclos.

UFSC

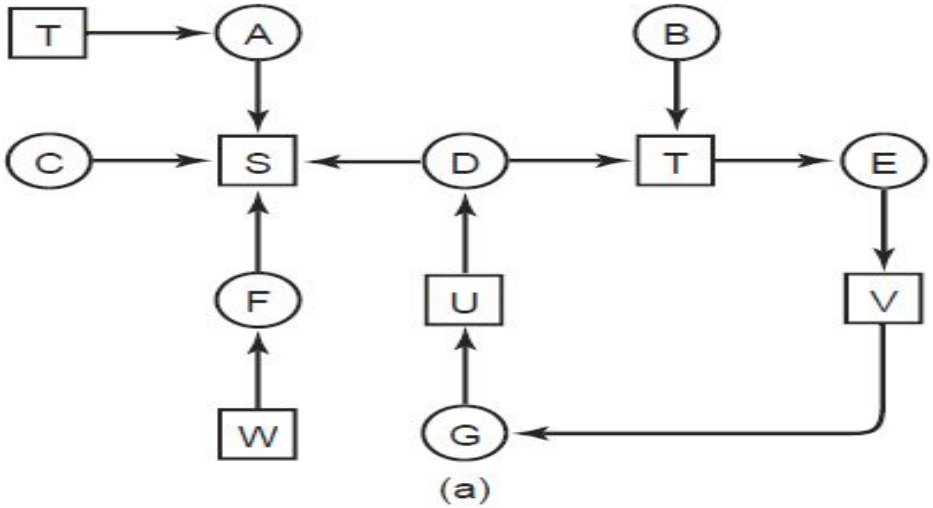
Tratamento de Deadlocks

- Executando o algoritmo (1/2)
  - Execute para o grafo abaixo

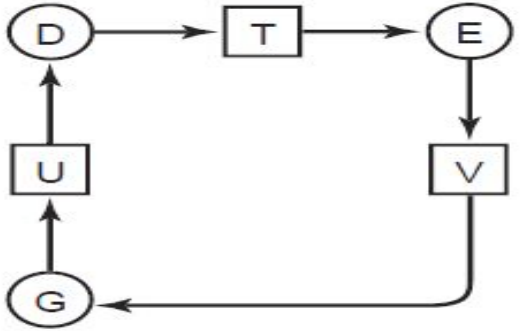


Tratamento de Deadlocks

- Executando o algoritmo (2/2)



(a)



(b)

iniciando em B: L = [B *T E V G U D T*]

Tratamento de Deadlocks

- Métodos de Recuperação
  - Preempção
    - Retira o recurso de algum outro processo
      - Depende da natureza do recurso
  - Reversão de Estado
    - Armazena periodicamente o estado do processo (*checkpointing*)
    - Reinicia um processo do estado salvo (*chekpoint*) em caso de deadlock
      - Tudo que foi depois do chekpoint é perdido e precisa ser refeito
  - Eliminação de processos
    - Escolhe um processo para ser eliminado, quebrando o ciclo
      - O processo escolhido deve deter recursos que estão causando o deadlock
    - Preferencialmente se escolhe um processo que possa ser reiniciado sem grandes consequências

Consome memória

Tratamento de Deadlocks

- Métodos de Recuperação
  - Preempção
    - Retira o recurso de algum outro processo
      - Depende da natureza do recurso
  - Reversão de Estado
    - Armazena periodicamente o estado do processo (*checkpointing*)
    - Reinicia um processo do estado salvo (*chekpoint*) em caso de deadlock
      - Tudo que foi depois do chekpoint é perdido e precisa ser refeito
  - Eliminação de processos
    - Escolhe um processo para ser eliminado, quebrando o ciclo
      - O processo escolhido deve deter recursos que estão causando o deadlock
    - Preferencialmente se escolhe um processo que possa ser reiniciado sem grandes consequências

Consome memória

Referências

- *MAZIERO, C. Sistemas Operacionais: Conceitos e Mecanismos. Editora da UFPR, 2019. 456 p. ISBN 978-85-7335-340-2*
- Andrew S. Tanenbaum. Sistemas Operacionais Modernos, 3a Edição. Capítulo 2.Pearson Prentice-Hall, 2009.