

Sistemas Distribuídos

Aula 4

Roteiro

- Sincronização
- *Race condition*
- Região crítica
- Locks
- Algoritmo de Peterson

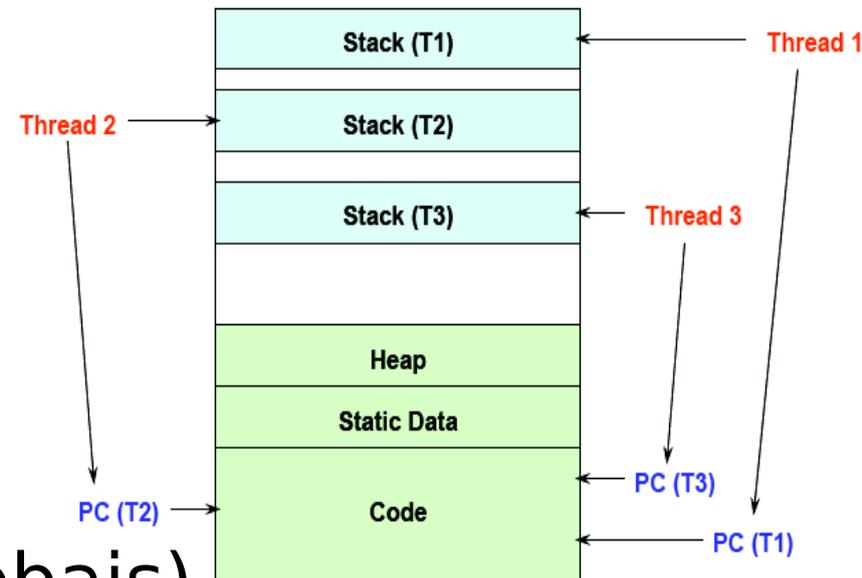
Threads Compartiham



- O que é compartilhado por diferentes threads?

Todo o espaço de endereçamento!

- Código, e variáveis estáticas
 - declaradas no programa (globais)
- Variáveis dinâmicas
 - declaradas por *malloc()* (heap)
- Variáveis locais não são compartilhadas
 - declaradas nas pilhas de execução
 - cada thread possui sua pilha de execução (*ainda bem*)



Problema Fundamental



- Como lidar com threads que escrevem/leem em variáveis compartilhadas?
- Como projetar código face a esta *funcionalidade* (evitando bugs)?
- Mecanismos de controle de acesso a recursos (memória) compartilhada
 - lock, mutex, semáforos, monitores, etc
- Coordenação e padrão de acesso a recursos compartilhados

Sincronização é o nome do jogo!

Sincronização

- Threads cooperam na execução de um programa
 - para compartilhar recursos (ex. servidor web)
 - para coordenar suas ações (ex. Ping-pong)
- Para garantir corretude, execução precisa ser coordenada
 - execução das threads é arbitrário, não está sobre controle do programa (*a priori*)
- Cooperação precisa ser embutida explicitamente
 - sincronização → *domar* a execução das threads
- Também se aplica no contexto de processos
 - compartilhar memória, ou arquivos

Exemplo Clássico

- Considere um programa *multithreaded* que gerencia contas bancárias
 - uma thread para cada acesso (ex. online banking)
- Considere a seguinte função

```
retirada(conta, valor) {  
    saldo = get_saldo(conta);  
    saldo = saldo - valor;  
    put_saldo(conta, saldo);  
    retorna saldo;  
}
```

- Considere que você tem uma conta conjunta com sua mãe com 1000 de saldo
- Vocês vão a dois caixas eletrônicos e fazem uma retirada de 100 simultaneamente

Exemplo Clássico

- Cada acesso é atendido por uma *thread* no servidor
 - cor abaixo indica threads do mesmo processo

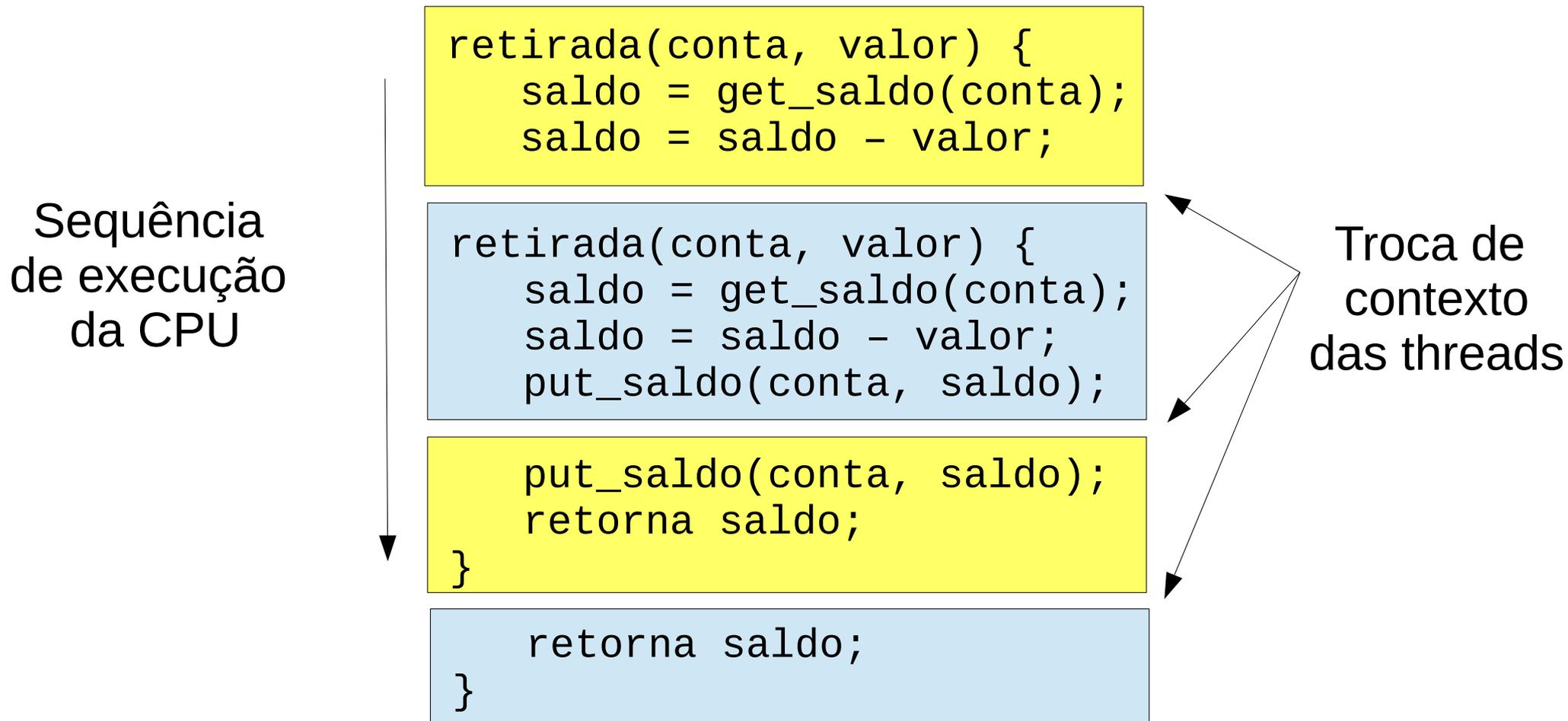
```
retirada(conta, valor) {  
    saldo = get_saldo(conta);  
    saldo = saldo - valor;  
    put_saldo(conta, saldo);  
    retorna saldo;  
}
```

```
retirada(conta, valor) {  
    saldo = get_saldo(conta);  
    saldo = saldo - valor;  
    put_saldo(conta, saldo);  
    retorna saldo;  
}
```

- O que pode acontecer?
- Quais são os possíveis resultados?
- Pense no escalonamento preemptivo

Escalonamento Alternado

- Cada acesso é atendido por uma *thread*
 - cor abaixo indica thread do mesmo processo



- Você e sua mãe sacaram 100 e o saldo ficou 900!

Race Condition

- Situação onde resultado depende da sequência de eventos
 - *bug* quando resultado é indesejável
- Problema muito comum em software e hardware, quando há paralelismo
 - precisa ser explicitamente atacado



- Como resolver *condições de corrida?*

Exclusão mútua

Exclusão Mútua

- Exclusão mútua significa evitar a concorrência, executar uma thread de cada vez
- **região crítica**: parte do código que deve ser executada com exclusão mútua
 - somente uma thread dentro da região crítica; outras thread precisam esperar sua vez; ao sair outra thread pode entrar

```
retirada(conta, valor) {  
    saldo = get_saldo(conta);  
    saldo = saldo - valor;  
    put_saldo(conta, saldo);  
    retorna saldo;  
}
```

Região crítica!

Demandas da Região Crítica

- Exclusão mútua
 - se T está na região crítica (rc), nenhuma outra thread está
- Progresso
 - se thread T não está na rc, então T não pode impedir S de entrar na rc
- Espera limitada (*no starvation*)
 - se T aguarda para entrar na rc, então T eventualmente entra na rc
- Sem demandas do sistema
 - independente do número de CPUs (cores) e threads

Como implementar região crítica?

Locks

- Locks (*cadeados*): tranca a porta na entrada, destranca na saída
 - Forma simples de oferecer rc
- Lock é uma objeto em memória com duas operações
 - ***acquire()***: chamada antes de entrar na rc
 - ***release()***: chamada depois de sair da rc
- Cada thread faz o par de chamadas *acquire()/release()* ao entrar/sair da rc
 - entre *acquire()* e *release()* a thread tem o lock
 - *acquire()* bloqueia até que um *acquire()* anterior seja seguido por um *release()*

Usando Locks

```
retirada(conta, valor) {  
    acquire(lock);  
    saldo = get_saldo(conta);  
    saldo = saldo - valor;  
    put_saldo(conta, saldo);  
    release(lock);  
    retorna saldo;  
}
```

- O que acontece no *acquire()* do azul?
- O que ocorre se uma terceira thread chama *retirada()*?

```
retirada(conta, valor) {  
    acquire(lock);  
    saldo = get_saldo(conta);  
    saldo = saldo - valor;  
}
```

```
retirada(conta, valor) {  
    acquire(lock);
```

```
    put_saldo(conta, saldo);  
    release(lock);  
    retorna saldo;  
}
```

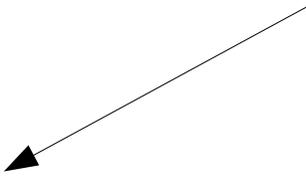
```
    saldo = get_saldo(conta);  
    saldo = saldo - valor;  
    put_saldo(conta, saldo);  
    release(lock);  
    retorna saldo;  
}
```

Como Implementar Locks?

■ Primeira ideia:

```
struct lock {  
    bool held = 0;  
}  
  
void acquire(lock) {  
    while(lock->held);  
    lock->held = 1;  
}  
  
void release(lock) {  
    lock->held = 0;  
}
```

Busy wait (spin wait): fica em loop esperando lock ser liberado
→ só sai do while quando held = 0



■ Chamado de *spinlock*

- thread “gira” (executa) sem parar até lock ser liberado

■ Funciona?

Não Funciona!

```
struct lock {  
    bool held = 0;  
}
```

```
void acquire(lock) {  
    while(lock->held);  
    lock->held = 1;  
}
```

```
void release(lock) {  
    lock->held = 0;  
}
```

- O que pode acontecer se mais de uma thread estiver no *spinlock*?



Race Condition!

- Troca de contexto pode deixar as duas threads entrarem na rc

Acesso Alternado?

- Considere apenas duas threads
- **Ideia:** alternar acessos ao lock
 - variável indica *quem* está no lock

```
struct lock {  
    int turn = 0;  
}
```

```
void acquire(lock) {  
    while(lock->turn != this_thread);  
}
```

```
void release(lock) {  
    lock->turn = other_thread;  
}
```

Variáveis locais da thread (valores trocados)

- *this_thread*: identificador desta thread

- *other_thread*: identificador da outra thread

- Funciona? Qual é o problema?
- Sem progresso!

Indicando interesse

- Indicar interesse antes de pegar o lock
 - resolve o problema quando outra não tem interesse

```
struct lock {  
    bool interested[2] = [0,0];  
}
```

```
void acquire(lock) {  
    lock->interested[this_thread] = 1;  
    while(lock->interested[other_thread]);  
}
```

As duas setam interesse antes de entrar no while!

```
void release(lock) {  
    lock->interested[this_thread] = 0;  
}
```

■ Funciona?

■ Deadlock à vista!

Variáveis locais da thread (valores trocados)

- *this_thread*: identificador desta thread

- *other_thread*: identificador da outra thread

Algoritmo de Peterson

- Alternar quando ambas tem interesse, ir em frente caso contrário

```
struct lock {  
    int turn = 0;  
    bool interested[2] = [0,0];  
}
```

```
void acquire(lock) {  
    lock->interested[this_thread] = 1  
    lock->turn = other_thread;  
    while(lock->interested[other_thread] &&  
          lock->turn == other_thread);  
}
```

Dar a vez a outra thread!

Se a outra não estiver interessada, vou eu!

```
void release(lock) {  
    lock->interested[this_thread] = 0;  
}
```

■ Funciona?

■ Finalmente!

- *this_thread*: identificador desta thread

- *other_thread*: identificador da outra thread

Problemas

- Algoritmo de Peterson limitado a duas threads
 - pode ser estendido para N threads, mas como ter N dinâmico?
- Atribuição de valor precisa ser atômico e sequencial
 - não funciona com processadores modernos, que permitem *out-of-order execution*
 - Por que? Pense em dois cores executando...



- Como garantir instruções atômicas?
 - ajuda do hardware (instruções)
 - desabilitar troca de contexto (sinais)

Próxima aula!