Laboratório de Pesquisa em Redes e Multimídia

Sincronização de Processos (4)

Monitores

Universidade Federal do Espírito Santo
Departamento de Informática

Monitores (1)

- Sugeridos por Dijkstra (1971) e desenvolvidos por Hoare (1974) e Brinch Hansen (1975), são estruturas de sincronização de alto nível, que têm por objetivo impor (forçar) uma boa estruturação para programas concorrentes.
- Motivação:
  - Sistemas baseados em algoritmos de exclusão mútua ou semáforos estão sujeitos a erros de programação. Embora estes devam estar inseridos no código do processo, não existe nenhuma reivindicação formal da sua presença. Assim, erros e omissões (deliberadas ou não) podem existir e a exclusão mútua pode não ser atingida.

Monitores (2)

- Solução:
  - Tornar obrigatória a exclusão mútua. Uma maneira de se fazer isso é colocar as seções críticas em uma área acessível somente a um processo de cada vez.
- Idéia central:
  - Em vez de codificar as seções críticas dentro de cada processo, podemos codificá-las como procedimentos (*procedure entries*) do monitor. Assim, quando um processo precisa referenciar dados compartilhados, ele simplesmente chama um procedimento do monitor.
  - Resultado: o código da seção crítica não é mais duplicado em cada processo.

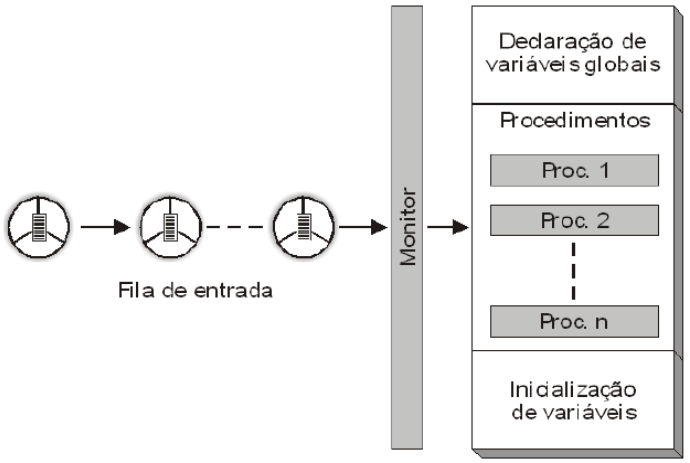
Monitores (3)

- Um monitor pode ser visto como um bloco que contém internamente *dados* para serem compartilhados e *procedimentos* para manipular esses dados.
- Os dados declarados dentro do monitor são compartilhados por todos os processos, mas só podem ser acessados por meio dos procedimentos do monitor, isto é, a única maneira pela qual um processo pode acessar os dados compartilhados é indiretamente, por meio das *procedure entries*.

Monitores (4)

- As *procedure entries* são executadas de forma mutuamente exclusiva. A forma de implementação do monitor já garante a exclusão mútua na manipulação dos seus dados internos.
- Monitor é um conceito incluído em algumas linguagens de programação:
  - Módula, Pascal Concorrente, Euclid Concorrente,Java.

Visão da Estrutura de um Monitor



Chamada de procedimento do Monitor

```
Processo P1
  Begin
  ...
  myMonitor.proc1(...)
  ...
  End
```

```
Processo P2
  Begin
  ...
    myMonitor.proc2(...)
  ...
  End
```

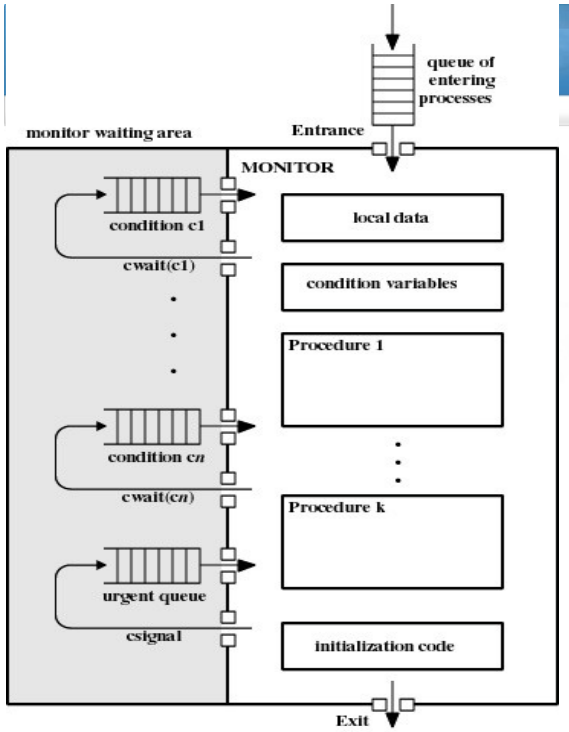
```
Processo P3
  Begin
  ...
  myMonitor.proc1(...)
  ...
  End
```


Formato de um Monitor

```
MONITOR <NomedoMonitor>;
  Declaração dos dados a serem compartilhados pelos processos (isto é,
  das variáveis globais acessíveis a todos procedimentos do monitor);

  Exemplos:
    X,Y: integer;
    C, D: condition;

Entry Procedimento_1(Argumentos_do_Procedimento_1)
  Declaração das variáveis locais do Procedimento_1
  Begin
    ...
    Código do Procedimento_1 (ex: X:=1; wait(C))
    ...
  End

Entry Procedimento_N(Argumentos_do_Procedimento_N)
  Declaração das variáveis locais do Procedimento_N
  Begin
    ...
    Código do Procedimento_N (ex: Y:=2; signal(C))
    ...
  End

BEGIN
...
Iniciação das variáveis globais do Monitor
...
END
```

Variáveis de Condição (1)

- São variáveis que estão associadas a condições que provocam a suspensão e a reativação de processos. Permitem, portanto, sincronizações do tipo *sleep-wakeup.*
- Só podem ser declaradas dentro do monitor e são sempre usadas como argumentos de dois comandos especiais:
  - *Wait* (ou *Delay*)
  - *Signal* (ou *Continue*)



Visão da Estrutura de um Monitor

Variáveis de Condição (2)

- *Wait (condition)*
  - Faz com que o monitor suspenda o processo que fez a chamada. O monitor armazena as informações sobre o processo suspenso em uma estrutura de dados (fila) associada à variável de condição.
- *Signal (condition)*
  - Faz com quer o monitor reative UM dos processos suspensos na fila associada à variável de condição.

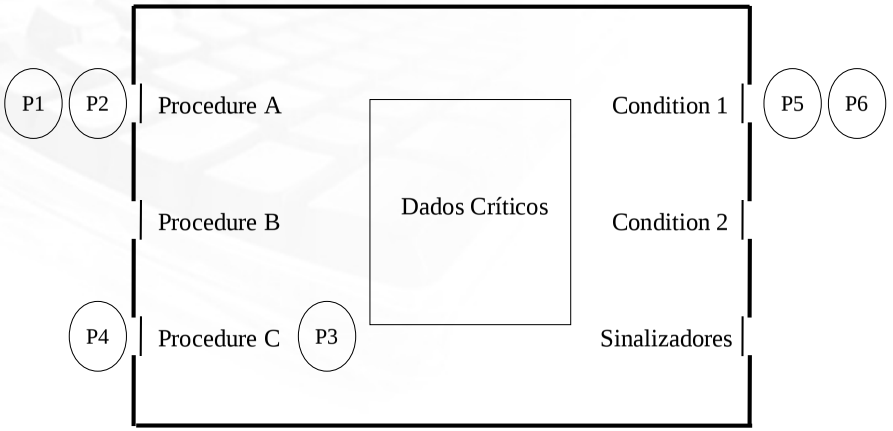
Variáveis de Condição (3)

- O que acontece após um *Signal (condition)*?
  - *Hoare* propôs deixar o processo *Q* recentemente acordado executar, bloqueando o processo *P* sinalizador. *P* deve esperar em uma fila pelo término da operação de monitor realizada por *Q*.
    - Fila de Sinalizadores
  - *Brinch Hansen* propôs que o processo *P* conclua a operação em curso, uma vez que já estava em execução no monitor (i.e., *Q* deve esperar). Neste caso, a condição lógica pela qual o processo *Q* estava esperando pode não ser mais verdadeira quando *Q* for reiniciado.
    - Simplificação: o comando *signal* só pode aparecer como a declaração final em um procedimento do monitor.

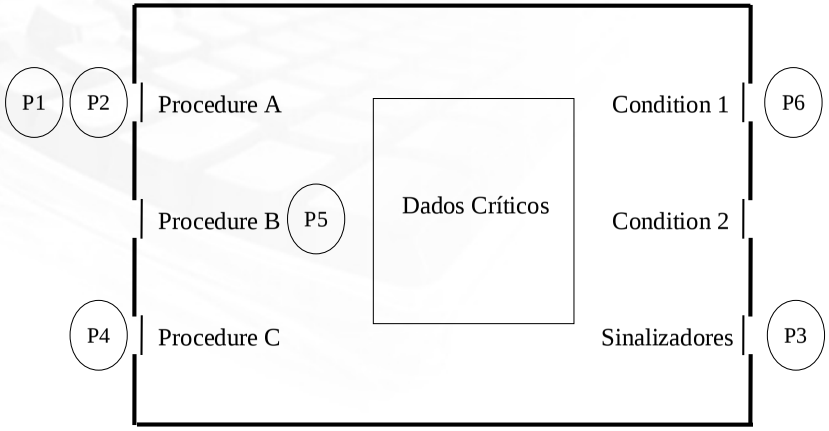
Variáveis de Condição (4)

- A linguagem Concurrent Pascal adota um meio-termo entre essas duas possibilidades:
  - Quando *P* executa um *signal*, a operação do monitor que ele estava executando termina imediatamente, sendo a execução de Q (recentemente acordado) imediatamente reiniciada.
  - Nesta solução, um processo não pode realizar duas operações *signal* durante a execução de uma chamada de procedimento de monitor (ou seja, é uma solução menos poderosa que a proposta por *Hoare*).

Exemplo (Abordagem de *Hoare*)



Exemplo (Abordagem de *Hoare*) (cont.)



Problema do Produtor-Consumidor

```
monitor ProducerConsumer
  condition full, empty;
  integer count;
  ...
procedure entry enter
begin
   if count = N then wait(full);
   //enter_item...
   count := count + 1;
   if count = 1 then signal(empty)
end;
procedure entry remove
begin
   if count = 0 then wait(empty);
   //remove_item...
   count := count - 1;
   if count = N - 1 then signal(full)
end;

count := 0;
end monitor;
```

```
//Processo Produtor
procedure producer;
begin
   while true do
   begin
      //produce_item...
      ProducerConsumer.enter
   end
end;

//Processo Consumidor
procedure consumer;
begin
   while true do
   begin
      ProducerConsumer.remove;
      //consume_item...
   end
end;
```

Produtor-Consumidor com Buffer Circular

```
Monitor buffercircular;
  buffer matriz(0..n) of "coisa";
  i: integer;
  j: integer;
  buffcheio: condition;
  buffvazio: condition;
  ocupado: integer;

Procedure Entry Coloca(AlgumDado: coisa)
Begin
  if ocupado = n then wait(buffcheio);
  buffer[j] := AlgumDado;
  j := (j+ 1) MOD n ;
  ocupado:= ocupado + 1;
  signal(bufvazio);
End

Procedure Entry Retira(AlgumDado: coisa)
Begin
  if ocupado = 0 then wait(buffvazio);
  remove AlgumDado de buffer[i];
  i := (i+ 1) MOD n ;
  ocupado:= ocupado - 1;
  signal(buffcheio);
End

Begin
  i := 0; j :=0; ocupado := 0
End
```

```
Processo Produtor;
  Begin
  ...
  Coloca(AlgumDado)
  ...
  End


Processo Consumidor;
  Begin
  ...
  Retira(AlgumDado)
  ...
  End
```


Filósofos Glutões

```
monitor dp
{
  enum {thinking, hungry, eating} state[5];
  condition self[5];
  void pickup(int i)            // prox. slide
  void putdown(int i)                   // prox. slide
  void test(int i)              // prox. slide
  void init() {
      for (int i = 0; i < 5; i++)
            state[i] = thinking;
  }
}
```


Filósofos Glutões (cont)

```
void pickup(int i) {
      state[i] = hungry;
      test[i];
      if (state[i] != eating)
            self[i].wait();
}

 void test(int i) {
       if ( (state[i] == hungry) &&
            (state[(I + 4) % 5] != eating) &&
            (state[(i + 1) % 5] != eating))   {
               state[i] = eating;
               self[i].signal();
       }
 }
```

```
void putdown(int i) {
      state[i] = thinking;
      // test left and right neighbors
      test((i+4) % 5);
      test((i+1) % 5);
}
```

```
void take_forks(int i)
 { down(&mutex);
   state[i] = HUNGRY;
   test(i);
   up(&mutex);
   down(&s[i]); }
void put_forks(i)
 { down(&mutex);
   state[i] = THINKING;
   test(LEFT);
   test(RIGHT);
   up(&mutex); }
void test(i)
{ if (state[i] == HUNGRY &&
      state[LEFT] != EATING &&
      state[RIGHT] != EATING) {
           state[i] = EATING;
           up(&s[i]);
  }
}
```


Implementando Monitores usando Semáforos

- Variáveis
  semaphore mutex; // (inicialmente = 1)
  //Para implementar a fila de sinalizadores, semaf. next
  semaphore next; // (inicialmente = 0)
  int next-count = 0;

- Cada *entry procedure* ***F*** será implementada da seguinte forma

```
down(mutex);
   ...
 body of F;
   ...
if (next-count > 0)
    up(next)
else
    up(mutex);
```

Implementando Monitores usando Semáforos (cont.)

- Para cada variável de condição, temos:

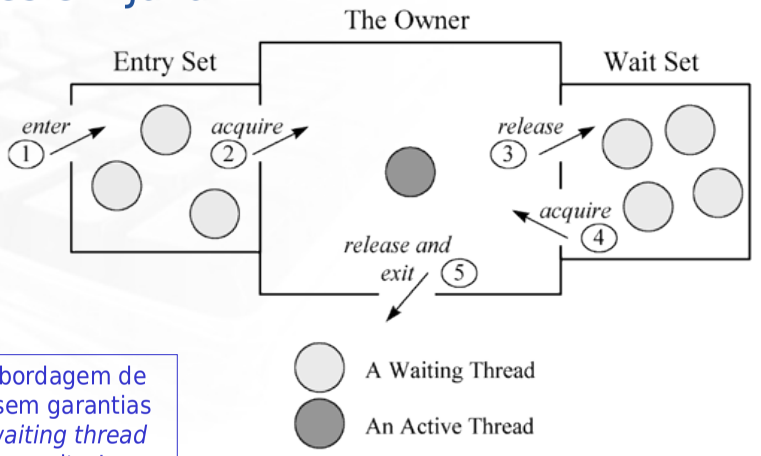
```
semaphore x-sem; // (inicialmente = 0)
int x-count = 0;
```

- As operações *wait* e *signal* podem ser implementadas da seguinte forma:

```
//wait
x-count++;
if (next-count > 0)
    up(next);
else
    up(mutex);
down(x-sem);
x-count--;
```

```
//signal
if (x-count > 0) {
    next-count++;
    up(x-sem);
    down(next);
    next-count--;
}
```


Monitores em Java



Baseada na abordagem de *Hansen*, mas sem garantias de que uma *waiting thread* entrará no monitor!

Em Java todo objeto possui um monitor associado.

Referências

- A. S. Tanenbaum, ''Sistemas Operacionais Modernos'', 3a. Edição, Editora Prentice-Hall, 2010.
  - Seções 2.3.7
- Silberschatz A. G.; Galvin P. B.; Gagne G.; ''Fundamentos de Sistemas Operacionais'', 6a. Edição, Editora LTC, 2004.
  - Seção 7.7
- Deitel H. M.; Deitel P. J.; Choffnes D. R.; “Sistemas Operacionais”, 3ª. Edição, Editora Prentice-Hall, 2005
  - Seções 6.2 e 6.3