Transferência de controle entre Threads

Os métodos

wait(),

notify()

notifyAll(), da classe Object,

Permitem a transferência de controlo de uma Thread para outra.

➔ ***Só podem ser executados por uma Thread que detenha o lock do objeto (isto é, dentro de um bloco synchronized)***

"excepção verificável" *"excepção não verificável"*

Método wait():

public final void ***wait( )*** *throws InterruptedException,*
IllegalMonitorStateException;

public final void ***wait(long timeout)*** *throws ...*

public final void ***wait(long timeout, int nanos)*** *throws ...*

timout – tempo máximo de spera em milisegundos

A Thread que executa o wait() suspende-se a si própria.

Cada objecto,

além de ter um lock associado,

tem também um "wait set",

que contém a referência de todas as Threads que executam um wait sobre o objeto.

a) Quando o objecto é criado,

- o "wait set" está vazio

Seja uma Thread T que adquiriu o lock do objeto,

b) Ao executar o wait(), T:

1 – é adicionada ao "wait set"

2 – é suspensa (passa ao estado "não executável")

3 – liberta o lock que detinha

c) A Thread T permanece no estado "não executável" até que:

– alguma outra Thread invoque o método **notify()** para esse objeto (isto é, para o objeto cujo lock tinha sido libertado por T) e T seja a Thread escolhida para ser notificada,

ou

– alguma outra Thread invoque o método **notifyAll** para esse objeto,

ou

(ou)

– alguma outra Thread invoque o método interrupt() na Thread T,

ou

– se a invocação do método wait pela Thread T especificava um intervalo de tempo, e esse tempo expirou.

Após c)

1 – T é removida do "wait set"
(volta ao estado executável)

2 – Quando T é escalonada para execução,
volta a competir/adquirir pelo lock sobre o objeto

3 –T retorna ao ponto imediatamente após a invocação do wait.

Métodos notify() e notifyAll():

public final void ***notify()*** *throws IllegalMonitorStateException;*

- Se o "wait set" não está vazio, é escolhida arbitrariamente uma Thread para ser retirada do conjunto e passar ao estado executável.

- Se o "wait set" está vazio não tem qualquer efeito.

public final void ***notifyAll()*** *throws IllegalMonitorStateException;*

- Todas as Threads do "wait set" são removidas e passam ao estado executável.

- Quando a Thread que executou o notifyAll() libertar o lock do objecto, poderão ser reescalonadas.

Nota: o processo que executa o notify, não é suspenso (se possível, o notify deve ser a última instrução do método)

Caso de estudo:

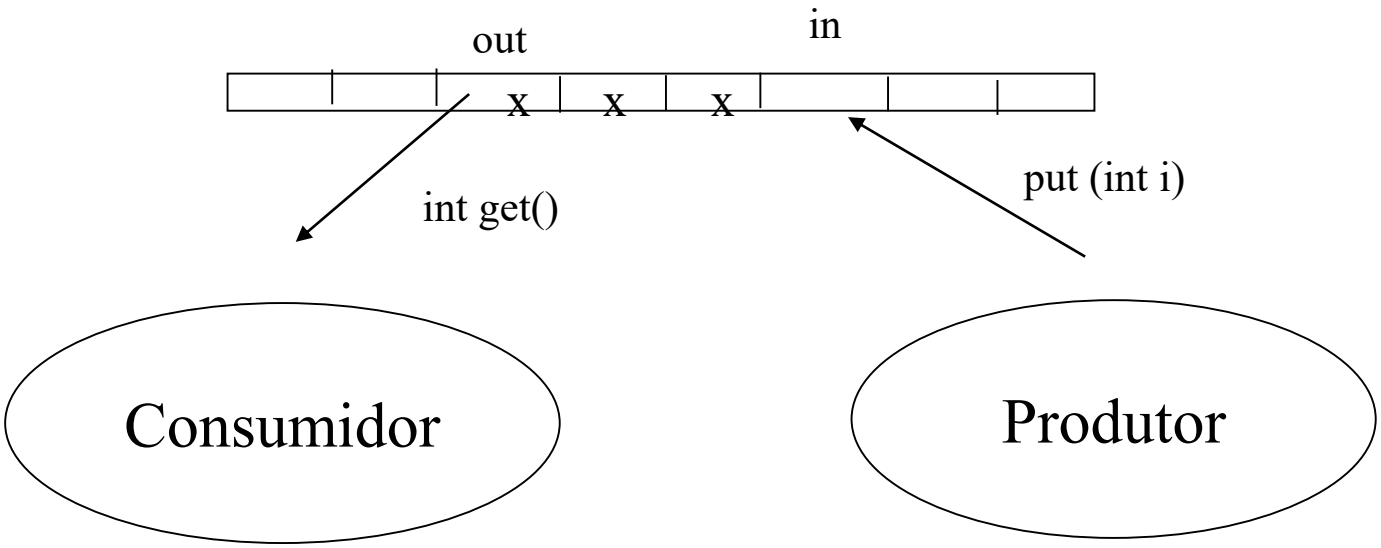
2 – O problema do Produtor / Consumidor

Dois processos, o Produtor e o Consumidor, partilham um bloco de memória comum (um "buffer"). O Produtor gera dados que coloca no buffer, de onde são retirados pelo Consumidor. Os itens de dados têm que ser retirados pela mesma ordem por que foram colocados.

Implementar o problema considerando que o buffer tem capacidade finita, o que significa que o Produtor é suspenso quando o buffer está cheio, analogamente, o Consumidor é suspenso quando o buffer está vazio.

Caso de estudo:

2 – O problema do Produtor / Consumidor (cont)



Nota: a existência de um buffer permite que variações na velocidade a que os dados são produzidos não tenham reflexo directo na velocidade a que os mesmos são consumidos.

```
public class Produtor extends Thread {
  Buffer B;

 public Produtor (Buffer b) {
    super();
    B = b;
    super.start();
 }

 public void run (){
    int  i ;
    while ( true){
        i = (int) (Math.random()*100);
        B.put(i);
    }
}
```

```
public class Consumidor extends Thread {
 Buffer B;

 public Consumidor (Buffer b) {
  super();
  B = b;
  super.start();
 }

 public void run (){
   int  i ;
   while ( true){
       i = B.get();
       System.out.println( “Valor Consumido: “ + i );
   }
}
```

```
public class teste{
   public static void main (String args[]){

      Buffer B = new Buffer(100);

      Produtor P1, P2;
      Consumidor C1, C2;

       P1 = new Produtor (B);
       P2 = new Produtor(B);
      C1 = new Consumidor (B);
      C2 = new Consumidor(B);
  }
}
```

```
public class Buffer {
   private int b[];
   private int dim, in, out, elementos;

   public Buffer (int n) {
      dim =n;
      b = new int [dim];
      in = 0;
      out = 0;
      elementos = 0;
   }
   private boolean cheio(){
     return (elementos = = dim);
  }
  private boolean vazio(){
     return (elementos = = 0);
  }
```

```
public synchronized int get (){
    while ( vazio() ) {
        try {
          wait ();
        }
        catch (InterruptedException e)
        { ...}
    }
    int i = b[out];
    out = (out + 1 )% dim;
    elementos --;
    notifyAll();
    return(i);
}
```

```
public synchronized void put (int i){
    while ( cheio() ) {
        try {
          wait ();
        }
        catch (InterruptedException e)
        { ...}
    }
    b[in] = i;
    in = (in + 1 )% dim;
    elementos ++;
    notifyAll();
}
} // class Buffer
```

Nos métodos anteriores, porque não usar uma instrução if em vez de um while:

```
while (cheio())
    wait()
```

?

```
if (cheio()
    wait()
```

```
while (vazio()
    wait()
```

```
if (vazio()
    wait()
```

Suponham-se 2 Produtores, P1 e P2, 2 Consumidores, C1,C2, e a sequência de execução:

1 - Num dado instante o Buffer B está vazio

2 – C1 executa um get (B.get()) ----------C1 é suspenso

3 – C2 executa um get (B.get()) ----------C2 é suspenso

4 – P1 executa um put (B.put(i)) ----------última instrução é notifyAll()

5 - C1 é retirado do"wait set", escalonado para execução,

prossegue com o get, retira último elemento do Buffer,

executa o notifyAll()

6 - C2 é escalonado para execução, retira o último ???? erro !!!

Caso de estudo:

3 – Implementação de uma classe Semáforo em Java

Definição de semáforo (Dijkstra, 1968):

É uma variável, s, que apenas pode assumir valores positivos ou nulos e à qual está associada uma fila de processos.

Após a inicialização da variável apenas são permitidas as operações atómicas:

wait (s) : Se (s>0) Então s = s –1

Senão - o processo que executa o wait é suspenso

signal (s) : Se (um processo foi suspenso por execução de um wait anterior) Então

- é restabelecido

Senão

s = s + 1

```
public class Semaforo {
  private int s;
  public Semaforo (int i){
     s = i;
  }
  public synchronized void semWait (){
    while (s <= 0 ) {
      try {   wait();  }
      catch (InterruptedException e)   {...}
    }
    s = s –1;
  }
  public synchronized void semSignal (){
     s = s + 1 ;
     notify();
```

Testar …

Exercício 1:

1 – Pretende-se uma aplicação para gerir o dinheiro em **caixa de um clube recreativo**.

Para isso construa as seguintes classes:

a) Uma classe *ContaBancaria* que deverá permitir:

- Consultar o saldo disponível em cada instante;
- Simular um levantamento, cada vez que um utilizador pretenda levantar uma quantia menor ou igual à existente;
- Simular um depósito.

b) Uma classe *Financiador* que periodicamente vai depositando quantias num objeto do tipo ContaBancaria.

Exercício 1 (cont.):

c) Uma classe Utilizador que periodicamente vai levantando quantias do objeto do tipo ContaBancaria.

d) Para testar as classes anteriores construa uma classe teste em que um objeto do tipo *ContaBancaria* seja partilhado concorrentemente por um objecto do tipo *Financiador* e por pelo menos 3 objectos do tipo *Utilizador*.

e) E se quiser suspender o utilizador sempre que o saldo da conta for inferior ao valor do levantamento?

Exercício 2: **“Readers-Writers Problem”**

a) Construa uma classe em Java, RW, que possua um atributo do tipo int, XPTO, e dois métodos: ler e escrever. O método ler deve devolver o valor da variável XPTO; o método escrever deve adicionar o valor 100 à variável XPTO e seguidamente subtrair o mesmo valor à variável XPTO.

b) Pretende-se que um objecto da classe RW seja partilhado por vários processos (Threads) de dois tipos:

- processos Leitores – que lêem o valor da variável XPTO usando o método ler;
- processos Escritores – que alteram a variável XPTO usando o método escrever.

- Construa as classes Leitor e Escritor. Cada uma destas classes deve ter uma Thread de execução própria em que, num ciclo infinito, vão respectivamente lendo e alterando valores do objecto partilhado.

Exercício 2: **“Readers-Writers Problem”**

c) Construa uma classe de teste que crie um objecto do tipo RW, 3 objectos do tipo Leitor e 2 objectos do tipo Escritor.

Estude o comportamento do seu programa

d) Pretende-se que modifique as classes anteriores de forma a **que os vários processos Leitores possam executar concorrentemente o método ler, mas que quando um processo Escritor executar o método escrever o faça em exclusão mútua**. Isto é, quando um processo está a escrever, nenhum outro pode em simultâneo ler ou escrever a variável XPTO.

Exercício 2 d) – (Uma solução)

```
public class RW {
 private int nl;   // nl representa o número de leitores em cada instante
 private int XPTO;

 private int ler ( )  {
    return XPTO;
}

public synchronized void escrever ( ) {

 while ( nl > 0 ) {
      try {
         wait();
      } catch (InterruptedException e) { …}
 }

XPTO = XPTO + 100;
XPTO = XPTO  - 100
notifyAll ();
}
```

Exercício 2 – (Uma solução …)

```
public synchronized void startLer ( ) {
   nl ++;
}

public synchronized void endLer ( ) {
   nl --;
   if (nl == 0) notifyAll ();
}

} // fim da classe RW
```

Exercício 2 d – (Uma solução …)

```
public class Leitor extends Thread {
  private RW rw ;
  public Leitor (RW rw){
    super();
    this.rw = rw;
    start ();
  }
  public void run () }
     int i;
     while (true) {
       rw.startLer () ;
       i = rw.Ler();
       System.out.println ( “Leitor: “ + i);
       rw.endLer();
     } } }
```

Exercício 2 – (Uma solução …)

```
public class Escritor extends Thread {
  private RW rw ;
  public Escritor (RW rw){
    super();
    this.rw = rw;
    start ();
  }
  public void run () }
     int i;
     while (true) {
          rw.escrever();
    }
  }
}
```

Exercício 2 – (Uma solução …)

```
public class Teste {

 public static void main ( String [] args) ) {

    RW rw = new RW ();
   Leitor l1 = new Leitor (rw);
   Leitor l2 = new Leitor (rw);
   Leitor l3 = new Leitor (rw);
   Escritor e1 = new Escritor (rw);
   Escritor e2 = new Escritor (rw);
 }
}
```

Exercício 3

Suponha dois processos **p1** e **p2** que partilham uma variável comum, **variavelPart**.

Pretende-se construir um exemplo que ilustre a violação de uma secção crítica, sem usar qualquer tipo de mecanismo de sincronização,

- Considere que o processo p1 possui duas variáveis locais, x e y, inicializadas com valores simétricos, e que dentro de um ciclo infinito transfere a quantidade armazenada em **variavelPart** de x para y. O processo 2 vai, em cada iteração, incrementar a variável partilhada.
- Pretende-se que a condição x + y = 0 seja verdadeira durante toda a execução do programa. Quando, no processo p1, se detecta que a secção crítica foi violada (porque x + y **!=** 0) o processo deve terminar e acabar o programa.

Exercício 3 (cont.)

- Supondo a estrutura que se segue para os processos P1 e P2, comece por criar duas classes que permitam criar os processos (Threads) P1 e P2. Estes dois processos deverão, partilhar um objeto com um valor inteiro.

Processo 1

```
x = M; y = - M;
While (true){
  //secção crítica  1
  x = x – variavelPart;
  y = y + variavelPart;
  <parte restante 1>
  if (x+y != 0 ){
    print "Secção crítica violada"
          break;
  }//fim do if
  …
}// fim do While
```

Processo 2

```
...
While (true){
  //secção crítica  2
  variavelPart =
        variavelPart +1;
  <parte restante 2>
}
...
```

Exercício 3 (cont.)

b) Construa uma classe de teste que, instanciando os processos p1 e p2, permita simular a violação da secção crítica.

c) Para que o processo p2 termine, após a violação da secção crítica, transforme-o numa Thread daemon.

d) Modifique o programa de maneira a garantir a execução de cada secção crítica em exclusão mútua.

d1) Usando a instrução synchronized.

d2) Usando a classe Semáforo (página 17)

semWait() **Sec.Critica** sem Signal()

Exercício 3 – (Uma solução para **d1**)

```
public class P1 extends Thread {
  private int[] vp;
  private int x = 1000000, y = -1000000;
  public P1 (int [] vp){
        super();
        this.vp = vp;
        start();
    }
```

→

Exercício 3 – (Uma solução …)

```
  public void run (){
    int a;
    while (true){
      //secção crítica  1
     synchronized (vp) {
          x = x + vp[0];
          y = y - vp[0];
     }
      // <parte restante 1>
     if (x+y != 0 ){
       System.out.println(" Secção crítica violada" );
       break;
     }//fim do if
     }// end while
   } // end run
} // end P1
```

Exercício 3 – (Uma solução …)

```
public class P2 extends Thread{
 private int [] vp;
 public P2 (int[] vp){
    super();
    this.vp = vp;
    setDaemon(true)
    start();
 }
```

Exercício 3 – (Uma solução …)

```
  public void run(){
    int a;
    while (true) {
      //secção crítica  2
      synchronized (vp){
        vp[0] = vp[0] + 1;
      }
      //<parte restante 2>
       System.out.println("***************P2" + vp[0]);
    } // while
  } //  run
} P2
```

Exercício 3 – (Uma solução)

```
public class MainP1P2 {

    public static void main(String[] args) {
        int[] vp =new int [1];
        vp[0] = 0;

        P2 p2 = new P2(vp);
        P1 p1 = new P1 (vp);

        System.out.println(vp[0]);
    }
}
```

d2) ????

Exercício 4

Suponha a classe exemplo esquematizada abaixo.

```
Class Exemplo {
        ...
   public void mX(){ ...}
}
```

Supondo que se pretende construir uma aplicação cliente-servidor, em que o processo servidor contém um objecto partilhado do tipo Exemplo e para cada processo cliente que lhe acede lança uma nova thread que irá executar o método mX.

- Construa a classe ThreadExemplo de que será criada uma instância sempre que um cliente acede ao servidor. Uma instância de ThreadExemplo terá uma sequência de execução própria, deverá invocar o método mX do objecto partilhado e garantir que nunca haverá mais de três clientes em simultâneo a executar o método mX. Quando um quarto cliente tenta executar o método, a thread correspondente deverá ser suspensa até que menos de três clientes estejam a executar mX.

Que modificações terá de fazer na classe Exemplo.