Projekt & Quadterm

> Pokud nepřemýšlíte pečlivě, můžete dospět k názoru, že programování spočívá v psaní příkazů programovacího jazyka.
> *Ward Cunningham – autor wiki*

Projekt:

- Odovzdávajte **vždy CELÉ zozipované projekty, DÚ, CV, ...**
- Pravidlá a podmienky na projekt: http://dai.fmph.uniba.sk/courses/JAVA/projekt_pravidla.html
- **28.4. reps. 29.4.** budú **zverejnené java projekty**
- 20-25 projektov max. 3 riešitelia na jeden
- RP sa uznáva len ak projekt má maximum bodov
- Java Projekt musí byť ohodnotený v LISTe pred termínom skúšky

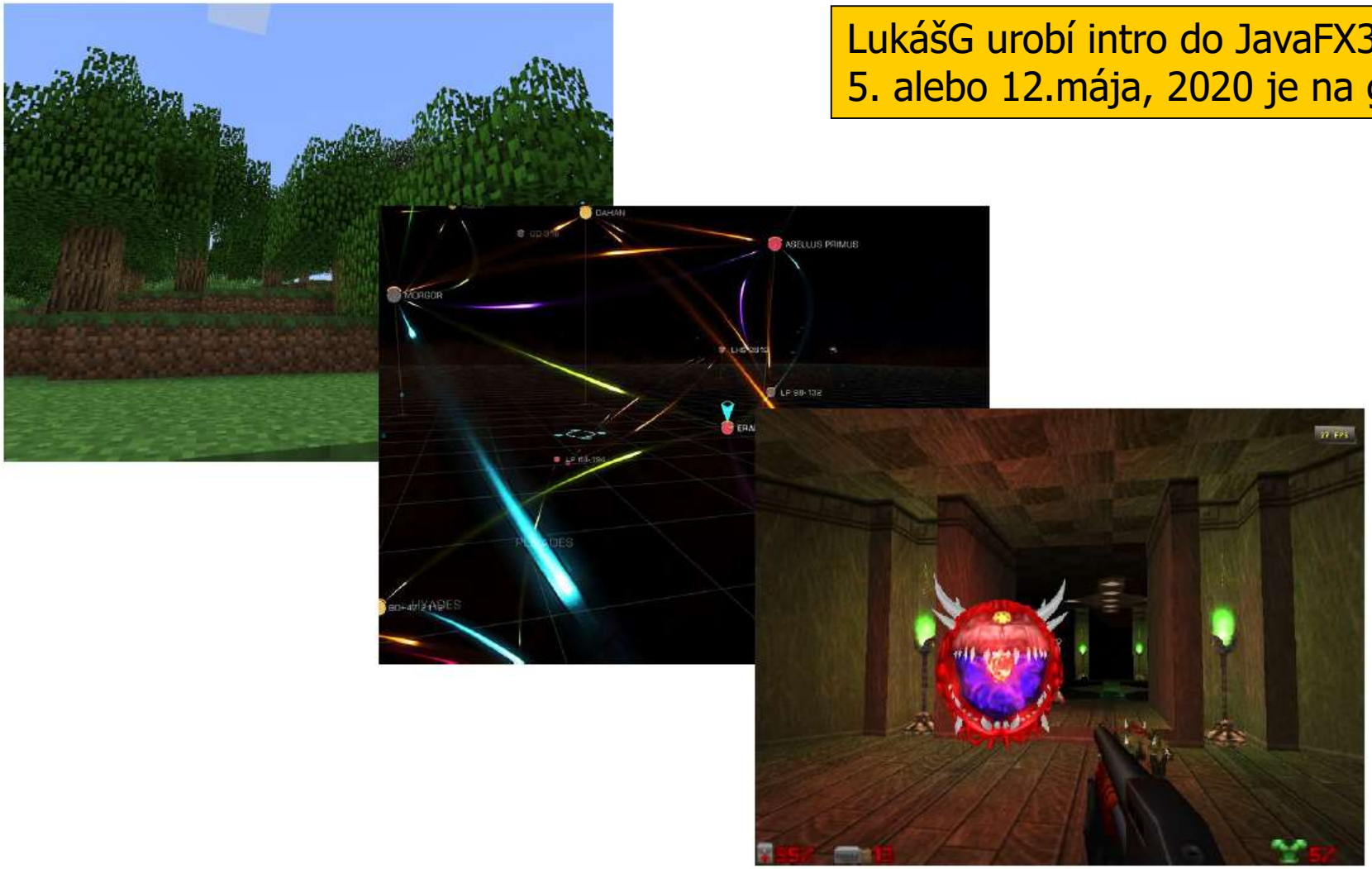
Quadterm 2:

- Posledné cvičenie, 13.5. na cvičeniach, bez unit-testu
- jednoduchá simulácia/hra s interakciou od užívateľa (myš, klávesnica)
- Čo treba vedieť:
  - kresliť do Pane/Canvasu
  - odchytávať udalosti od myši/klávesnice
  - demo: jednoduchá HowTojavaFx aplikácia s Canvasom alebo Pane je tu
  - https://github.com/Programovanie4/Kod/tree/main/HowToWithJavaFX

JavaFX 3D

LukášG (JavaFX3D_Teaser.pdf): S 3D sa v JavaFX pracuje v podstate rovnako ako s 2D. Hlavne si treba zvyknuť na tretiu os...

LukášG urobí intro do JavaFX3D
5. alebo 12.mája, 2020 je na gite



Vlákna a konkurentné výpočty

(pokračovanie)

dnes bude:

- komunikácia cez rúry (pipes),
- synchronizácia a kritická sekcia (semafóry),
- deadlock

literatúra:

- Thinking in Java, 3rd Edition, 13.kapitola,
- Concurrency Lesson, resp. Lekcia Súbežnosť,
- Java Threads Tutorial,
- Introduction to Java threads

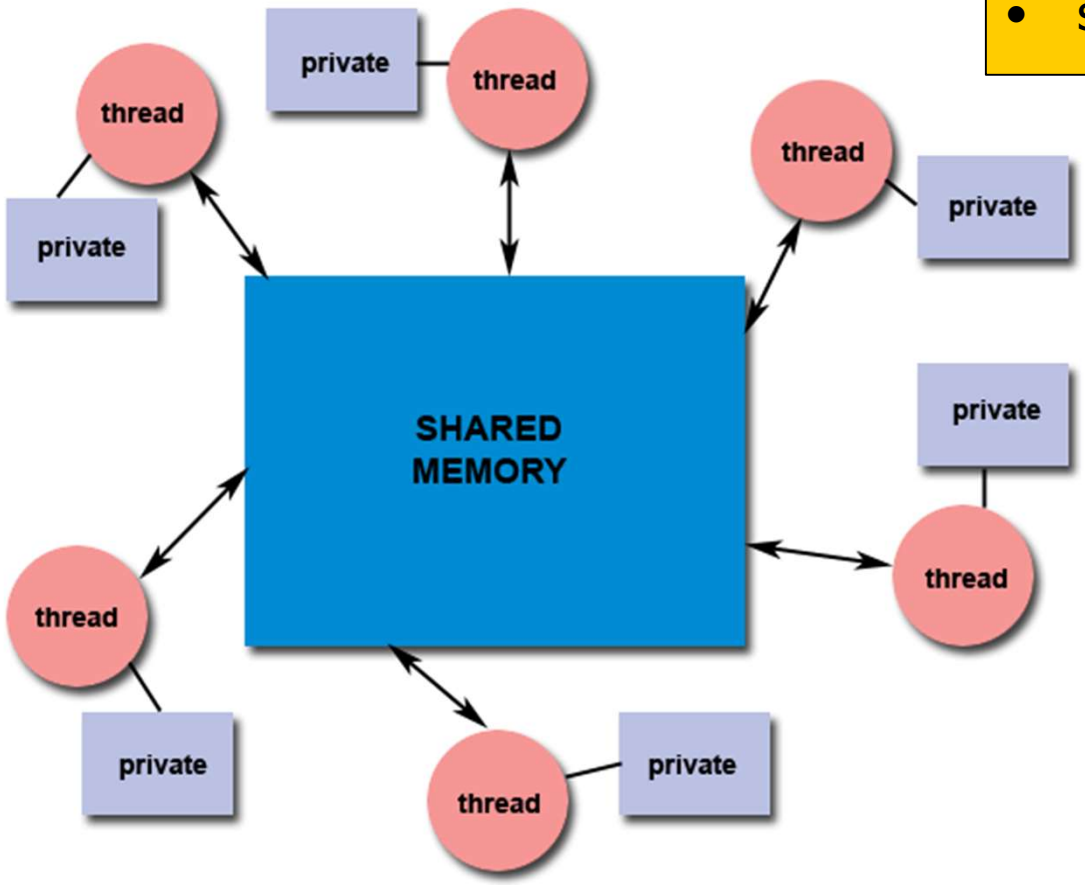
Cvičenia:

- Synchronizácia vlákien, výpis do konzoly
- Simulácie grafické, javafx (ak treba, použiť existujúci kód),

Komunikácia

model shared memory

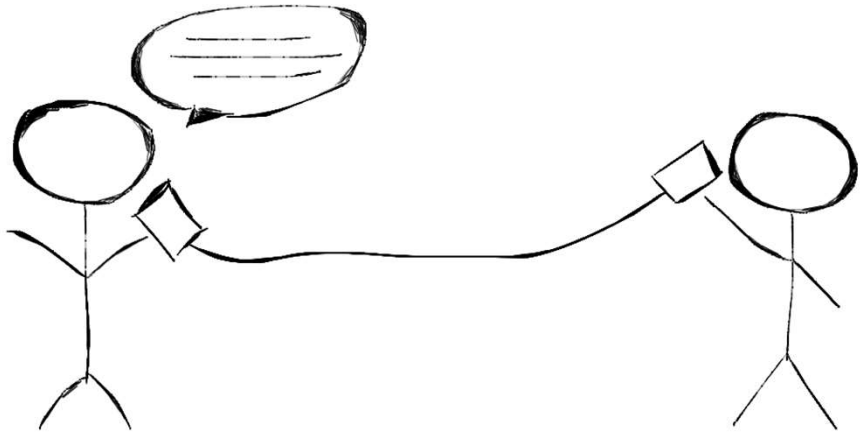
- atomická sekcia
- kritická oblasť
- synchronizácia



Komunikácia

model communication channels

- kanál
- rúra/pipe
- producer/consumer



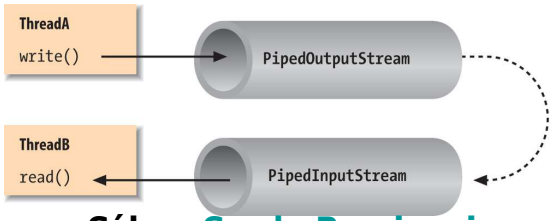
PipedInputStream ⟶ **PipedOutputStream**

Programovacie paragigmy jazyk GO

Komunikácia medzi vláknami

- doteraz sme mali príklady vlákien, ktoré medzi sebou (počas ich behu…) nekomunikovali (ak teda nerátame za komunikáciu, že sa zabíjali - interrupt()),
- ak chceme, aby si vlákna vymieňali dáta, vytvoríme medzi nimi rúru (pipe),
- rúra pozostáva z jednosmerne orientovaného streamu, ktorý sa na strane zapisovača (producenta, Sender) tvári ako PipedWriter, a na strane čítača (konzumenta, Reader) ako PipedReader,
- aby čítač čítal z rúry, ktorú zapisovač pre neho vytvoril, musíme mu poslať odkaz na vytvorenú rúru PipedWriter, inak máme dve rúry...
- do rúry možeme písať bajty, znaky, reťazce, objekty, v závislosti, ako si rúru *zabalíme* (viď techniky z I/O prednášky),
- vytvoríme objekt Sender (producent), ktorý do rúry zapíše znaky A, B, ..., z
- objekt Reader (konzument), ktorý číta znaky z rúry a vypíše A, B, ..., z

```
public class SenderReceiver {          // hlavný program
  public static void main(String[] args) throws Exception {
    Sender sender = new Sender();
    Receiver receiver = new Receiver(sender);
    sender.start(); receiver.start();
  }
}
```



Súbor: SenderReceiver.java

Výstupná rúra

```
class Sender extends Thread {
  private Random rand = new Random();

  private PipedWriter out =
    new PipedWriter();    // vytvor rúru na zápis, rúra je ukrytá, private

  public PipedWriter getPipedWriter() {
    return out;          // daj rúru, bude ju potrebovať Reader na nadviazanie spojenia
  }
  public void run() {
    while(true) {

      for(char c = 'A'; c <= 'z'; c++) {
        try {
          out.write(c);                          // vypíš znaky abecedy do rúry
          sleep(rand.nextInt(500));              // a za každým počkaj max.½ sek.
        } catch(Exception e) {
          throw new RuntimeException(e);
        }
      }
    }
```

Súbor: Sender.java

Vstupná rúra

```
class Receiver extends Thread {
  private PipedReader in;

  public Receiver(Sender sender) throws IOException {
    in = new PipedReader(sender.getPipedWriter());        // vytvor vstupnú
  }                                                       // rúru napojenú na výstupnú rúru Sendera
  public void run() {
    try {
      while(true)                                         // čítaj zo vstupnej rúry a píš na konzolu
        System.out.println("Read: " + (char)in.read());
    } catch(IOException e) {
      throw  new RuntimeException(e);
    }
  }
}
```

```
Read: A
Read: B
Read: C
Read: D
Read: E
Read: F
Read: G
Read: H
Read: I
Read: J
Read: K
Read: L
Read: M
Read: N
Read: O
Read: P
Read: Q
Read: R
```

Súbor: Receiver.java

Synchronizácia

- v prípade, ak dve vlákna zdieľajú nejaký zdroj (napr. pamäť), môže dôsť k nepredvídateľnej interakcii vlákien (napr. jeden číta, druhý píše),
- spôsob, akým sa riadi prístup k zdieľaným zdrojom (synchronizácia) sa volá:
  - kritická sekcia,
  - semafór, mutex, PV operácie,
  - java monitor.
- skúsime si sami naprogramovať semafór, aby sme pochopili, prečo táto vlastnosť musí byť súčasťou jazyka, a nie naprogramovaná *v jazyku*,

Príklad:

- náš semafór reprezentuje celočíselná premenná semaphore inicializovaná na 0,
- ak je zdieľaný zdroj **voľný**, platí, že semaphore == 0, **.available()**==true
- záujem použiť zdroj vyjadrím pomocou volania **.aquire**(),
- ak prestanem používať zdroj, uvoľním ho pomocou volania **.release**().

- Naivná/naša implementácia vedie k tomu, že dve vlákna sa v istom čase dozvedia, že zdroj je voľný, oba si ho zarezervujú, a dochádza ku kolízii
- dvaja sú naraz v kritickej oblasti

Semafór

```
public class Semaphore {

// neoptimalizuj !
private volatile int semaphore = 0;

// môžem vojsť ?
public boolean available() {
    return semaphore == 0;
}

// idem dnu !
public void acquire() {
    ++semaphore; }

// odchádzam...
public void release() {
    --semaphore; }
}
```

prvý pokus

```
public class SemaphoreTester
                                    extends Thread {
public void run() {
    while(true)   // stále chce dnu a von
     if(semaphore.available()) {
       yield();        // skôr to spadne ☺
       semaphore.acquire();
       yield();
       semaphore.release();
       yield();
      }
  }

public static void main(String[] args)
                                    throws Exception {
          // pustíme semafór a dva testery
    Semaphore sem=new Semaphore() .start()
    new SemaphoreTester(sem).start();
    new SemaphoreTester(sem).start();
  }
}
```

Synchronizovaná metóda

Riešenie: Java ponúka konštrukciu **`synchronized`**:

- **synchronizovaná metóda** – nie je možné súčasne volať dve synchronizované metódy toho istého objektu
- kým sa vykonáva jedna synchronizovaná,ostatné sú pozastavené do jej skončenia

Pokus druhý:

```
public class SynchronizedSemaphore {
  private volatile int semaphore = 0;
  public synchronized boolean available() { return semaphore == 0;  }
  public synchronized void acquire() { ++semaphore; }
  public synchronized void release() { --semaphore;  }
```

... a teraz to už pojde ?

```
public void run() {
    while(true)
       if(semaphore.available()) {
         semaphore.acquire();
        semaphore.release();
    }
  }
```

Synchronizovaná (kritická) sekcia

Atomické operácie:

- sú operácie, ktoré sú nedeliteľné pre plánovač vlákien, nie je možné ich vykonávanie prerušiť plánovačom, napr.
- nie je možné, aby jedno vlákno zapísalo len spodné 2 bajty do premennej int,
- **čítanie a zápis do premenných primitívnych typov** a premenných deklarovaných ako volatile **je atomická operácia**.

ale

- operácie nad zložitejšími štruktúrami nemusia byť synchronizované (napr. ArrayList, HashMap, LinkedList, … (v dokumentácii nájdete Note that this implementation is not synchronized).

Riešenie:

synchronizovaná sekcia – správa sa podobne ako synchronizovaná metóda, ale musí špecifikovať objekt, na ktorý sa synchronizácia vzťahuje.

```
while(true)
  synchronized (this) {
     if(semaphore.available()) {
            semaphore.acquire();
            semaphore.release();
     }
```

```
while(true)
  synchronized (this) {
     if(semaphore.available()) {
            semaphore.acquire();
            semaphore.release();
     }
```

Nesynchronizovaný prístup

Praktickejší príklad dátovej štruktúry (List), ku ktorej nesynchronizovane pristupujú (modifikujú ju) dve vlákna:

```
public class ArrayListNotSynchronized {
                                                        // pamäť zdielaná 2 vláknami
    List<Integer> al = new ArrayList<Integer>();        // štruktúra
    int counter = 0;                                                // počítadlo

    //not synchronized
    public void add() {
        System.out.println("add "+counter);
        al.add(counter); counter++;             // pridaj prvok do štruktúry
    }
    //not synchronized
    public void delete() {
        if (al.indexOf(counter-1) != -1) {      // nachádza sa v štruktúre
            System.out.println("delete "+(counter-1));
            al.remove(counter-1); counter--;        // vyhoď zo štruktúry
        }
    }
}
```

Súbor: ArrayListNotSynchronized .java

Pokračovanie – dve vlákna

Vlákno t1 pridáva prvky, vlákno t2 maže zo štruktúry

```
public class ArrayListTester extends Thread {
    boolean kind;
    static ArrayListNotSynchronized al = new ArrayListNotSynchronized();
    public ArrayListTester(boolean kind) { this.kind = kind; }

    public void run() {
      while (true) {
        if (kind)
          al.add();
        else
          al.delete();
        }
    }
    public static void main(String[] args) {
          new ArrayListTester(true).start(); // dve vlákna zdieľajú pamäť cez al
          new ArrayListTester(false).start(); // jedno robí add(), druhé remove()
    }
}
```

… a dostaneme (keď zakomentujeme System.out.println):

```
Exception in thread "Thread-2" java.lang.IndexOutOfBoundsExcepti
Index: 17435, Size: 17432
at java.util.ArrayList.RangeCheck(Unknown Source)
at java.util.ArrayList.remove(Unknown Source)
at ArrayListNotSynchronized.delete(ArrayListNotSynchronized.java:1
at ArrayListTester.run(ArrayListTester.java:12)
```

Súbor: ArrayListTester.java

Synchronizovaná metóda

vs.

synchronizovaná štruktúra

```
public class ArrayListNotSynchronized extends Thread {
ArrayList<Integer> al = new ArrayList<Integer>();
int counter = 0;
    synchronized public void add() { al.add(counter); counter++; }
    synchronized public void delete() {
       if (al.indexOf(counter-1) != -1) { al.remove(counter-1); counter--; }
}

public class ArrayListSynchronized extends Thread {
    List al = Collections.synchronizedList(new ArrayList());
    int counter = 0;
     synchronized public void add() { al.add(counter); counter++; }
     synchronized public void delete() {
       if (al.indexOf(counter-1) != -1) { al.remove(counter-1); counter--; }
    }
}
```

Súbory: ArrayListNotSynchronized .java, ArrayListSynchronized .java

Monitor a čakacia listina

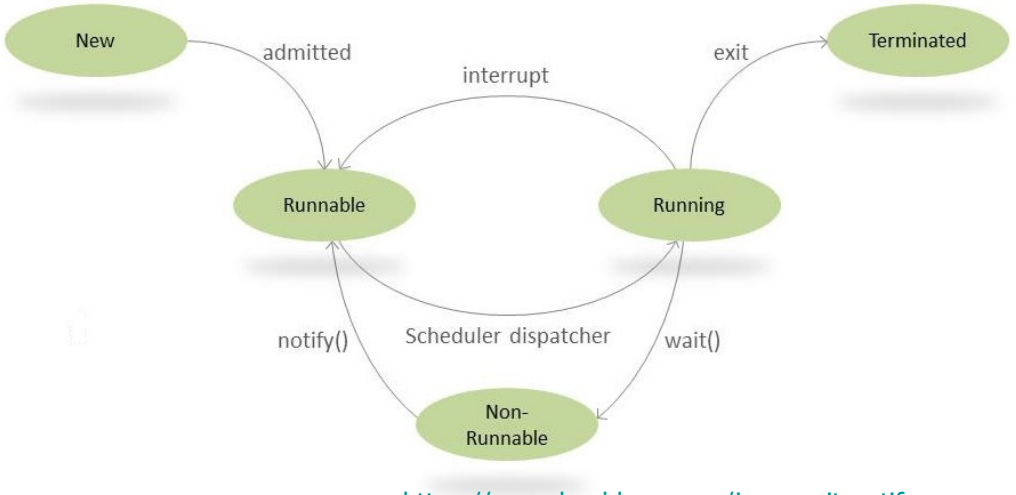
Každý objekt má **monitor**, ktorý obsahuje jediné vlákno v danom čase. Keď sa vstupuje do synchronizovanej sekcie/metódy viazanej na tento objekt, vlákno sa poznačí v monitore. Ak sa opäť pokúša vlákno dostať do synchronizovanej sekcie, monitor už obsahuje iné vlákno, preto je vstup do sekcie pozastavený, kým toto neopustí sekciu (a monitor sa uvoľní).

Každý objekt má **čakaciu listinu** – tá obsahuje vlákna uspané prostredníctvom volania objekt.wait() v synchronized, ktoré čakajú, kým iné vlákno prebudí tento objekt prostredníctvom objekt.notify() v synchronized bloku.

```
public class Semaphore {
  private int value;
  public Semaphore(int val) {
    value = val; }
public synchronized void release() {
    ++value;
    notify();          // this.notify();
  }
}
```

```
public synchronized void acquire() {
  while (value == 0)          // if
    try {
          wait();             // this.wait();
    } catch (InterruptedException ie) { }
  value--;
}
```

`java.util.concurrent.Semaphor`



https://www.baeldung.com/java-wait-notify

Stavy vlákna

- new – nenaštartovaný ešte, len objekt v pamäti,
- runnable – môže bežať, keď mu bude pridelený CPU,
- dead – keď skončí metóda run(), resp. po volaní .stop(),
- blocked – niečo mu bráni, aby bežal, z dôvodov:
  - **sleep**(miliseconds) – počká daný čas, ak nie je interrupted...
  - **wait**(), resp. **wait**(milisec) čaká na správu **notify**() resp. **notifyAll**() ,
  - čaká na I/O, resp. pipe,
  - pokúša sa zavolať **synchronized** metódu a monitor ho nepustí dnu.

Rozdiel medzi sleep vs. wait:
keď vlákno volá objekt.wait(), musí to byť v synchronized bloku a výpočet je pozastavený, iné synchronizované metódy (tohto objektu) nemôžu byt volané

Sleep versus wait

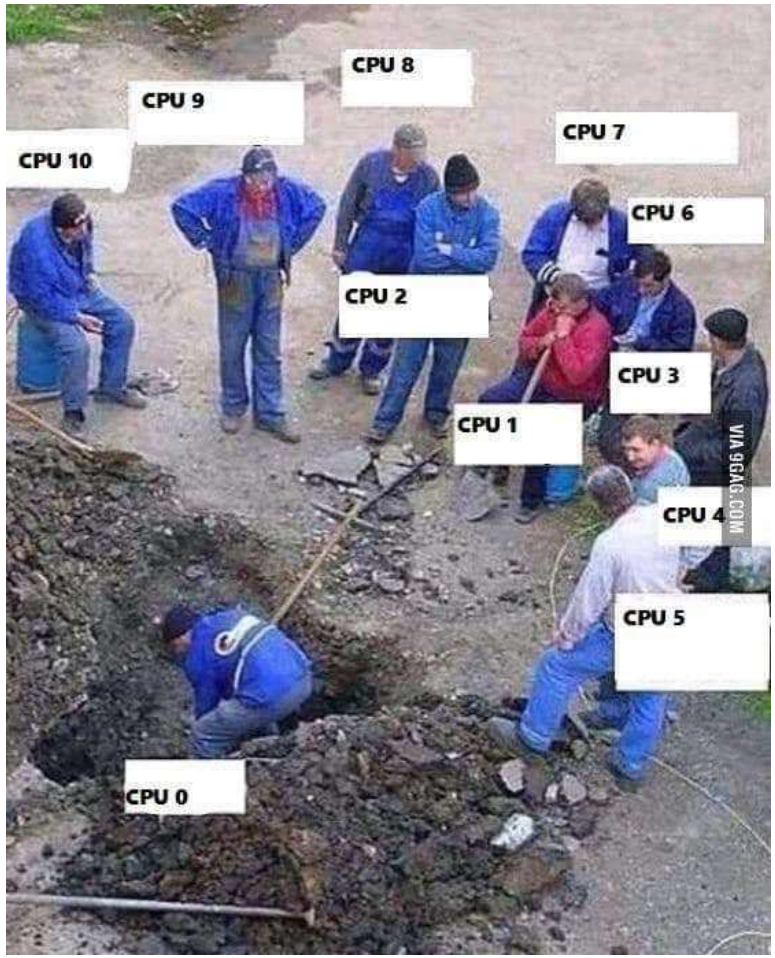
```
private static Object objekt = new Object();                    // synchronizacny objekt

public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
    Thread mainThread = Thread.currentThread();                  // main thread
    new Thread(() -> {                                          // očakáva Runnable, má run()
          try { Thread.sleep(6000); } catch (InterruptedException e) {...}
          System.out.println("Object " + objekt + "' sa ide unlocnut");
          synchronized (objekt) {                               //.notify musí byť v synchronized
              objekt.notify();
          }
       }).start();                                              // naštartuje vlákno

    System.out.println(mainThread.getName() + " sa zobudi za 5 sek.");
    Thread.sleep(5000);                                         // main sleep 5 s.
    System.out.println(mainThread.getName() + " zobudil sa");

    synchronized (objekt) {
       System.out.println("Object " + objekt + " sa ide locknut na max. 7 sek. ");
       objekt.wait(7000);                                       // čaká na unlock
       System.out.println("Object " + objekt + " je volny");    // .wait musí byť v synchronized
    }
}
```

Súbory: SleepVsWait .java

Späť ku concurrency

hodnotí sa najrýchlejšia odpoveď v chate

- jedna matka porodí dieťa za 9 mesiacov, za koľko dieťa porodí 9 matiek
- vojak vykrváca za 2 hodiny, za koľko hodín vykrváca čata 30 tich vojakov
- 3 mačky zjedia 3 myši za 3 hodiny, za koľko hodín zje 100 mačiek 100 myší



Lopaty

Jeden robotník výkope jamu za deň, dvaja za ..., a desať za ...

Simulujte takýto proces:
R-robotníkov ide kopať jamu a majú N-lopát. Každý robotník pracuje náhodný čas max. 1000ms, a po práci oddychuje náhodný čas, tiež max. 1000 ms. S jednou lopatou môže pracovať len jeden a okrem toho, že robotníci oddychujú, predpokladajte, že chcú pracovať...

Simulujte priebeh R-robotníkov s N-lopatami nad jednou jamou. Sčitujte odpracovaný čas robotníka, ak už pracoval 10.000 ms, tak mu „padla", ide domov. Sčitujte a monitorujte aj čas robotníka, čo čaká na voľnú lopatu.

- riešenie implementujte pomocou triedy **`java.util.concurrent.Semaphore`**,
- riešenie implementujte pomocou **`wait-notify -`** v modifikovanom riešení implementujte metódy zoberLopatu, polozLopatu, pomocou wait-notify.

Základná otázka: čo je zdroj/resource, na čo sa treba synchronizovať ?

Lopaty
(pomocou java.util.concurrent.Semaphore)

```
Semaphore sem = new Semaphore(N,true);              // N je počet lopát
for (int i = 0; i < R; i++)
    new Robotnik(i, sem).start();                   // Robotník je vlákno

class Robotnik extends Thread {
  private int id; private Semaphore sem; private int odrobene = 0;

public void run() {                                 // životný cyklus
    while (odrobene < 10000) {
      try { sleep(rnd.nextInt(1000));} catch (InterruptedException e){} // spí
      try { sem.acquire(); } catch (InterruptedException e1) {} // čaká lopatu
      int cas = rnd.nextInt(1000);
      odrobene += cas;
      try { sleep(cas); } catch (InterruptedException e) { }    // pracuje
      sem.release();
  }
  System.out.println("Celkovy cas cakania "+ id+ " "+celkovyCas);
}
```

Súbor: LopataSem.java

Lopaty
(bez semafóru)

```
lopaty = new LinkedList<Lopata>();        // vyrobíme si lopaty do zoznamu
for (int i = 0; i < N; i++) lopaty.add(new Lopata());
for (int i = 0; i < R; i++) {              // vyrobíme si robotníkov
  new Thread(""+ i)) {
   private Lopata moja;                   ? môže tu byť this ?
   public void run() {                    // životný cyklus robotníka
   while (true) {
     synchronized (lopaty) {                                  // čaká na lopatu
       if (lopaty.size() > 0) {
         moja = lopaty.removeFirst();
       } else continue;
     }
     try { sleep(r.nextInt(1000)); } catch (Interrup... e) { } //pracuje s moja
     synchronized (lopaty) {                                  // vráti na lopatu
        lopaty.add(moja); moja=null;
     }
     try { sleep(r.nextInt(1000)); } catch (InterruptedException e){} //spí
  }.start();
}
```

Súbor: Jama.java

Lopaty
(pomocou wait-notify)

```
private int pocetLopatNaZemi = N;
public synchronized void zoberLopatu(){
   if (pocetLopatNaZemi==0)
      try { this.wait(); } catch (InterruptedException e) {}
   pocetLopatNaZemi--;
}
public synchronized void polozLopatu(){
   notify(); pocetLopatNaZemi++;
}
while (odrobene < 10000) {
   try { sleep(rnd.nextInt(1000)); } catch (InterruptedException e) {} //spí
   lopata.zoberLopatu();                                              // čaká
   cas = rnd.nextInt(1000);                                          // pracuje
   odrobene += cas;
   try { sleep(cas); } catch (InterruptedException e) { }
   lopata.polozLopatu();                                              // položí
}
System.out.println("Celkovy cas cakania "+ id+ " "+celkovyCas);
```

? wait na ktorý objekt ?

? notify na ktorý objekt ?

Súbor: LopataWN.java

So skutočnými lopatami

([{}][}{}][](){}{}{}{}(][}{}][](){}{}][](){}{}][](){}(][][}{}])

```
private int pocetLopatNaZemi = N;
public synchronized int zoberLopatu() throws InterruptedException {
   if (pocetLopatNaZemi==0) wait();
   pocetLopatNaZemi--;
   return pocetLopatNaZemi;                    // zlé riešenie, prečo ?
}                                              // a čo je na ňom zlé  ?
public synchronized void polozLopatu() throws InterruptedException {
   notify(); pocetLopatNaZemi++;
}
static ArrayList<Integer> lopaty = new ArrayList<Integer>(); // skutočné lopaty
public synchronized Integer zoberLopatu() throws InterruptedException {
   if (lopaty.size() == 0) wait();
   return lopaty.remove(0);                     // zober prvú lopatu v zozname
}
public synchronized void polozLopatu(Integer lop) throws InterruptedException {
   lopaty.add(lop);       // pridaj lopatu do zoznamu, na koniec ?, začiatok ?
   notify();
}
```

Súbor: RobotniciBezSemaforu.java

Lopaty
(s ascii lopatami)

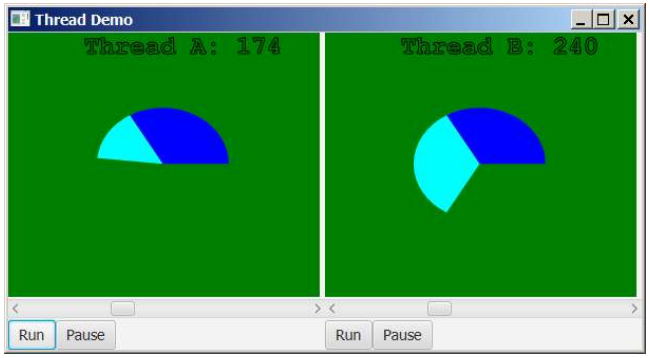
```
final static char[] lopatyL = { '(','[', '{', '<', '\\' }; // zober lopatu
final static char[] lopatyR = { ')',']', '}', '>', '/'};    // polož lopatu

Integer lopata = cv.zoberLopatu();
System.out.println("Robotnik:" + id + " pracujem,zobral lopatu " + lopata );
System.out.print(RobotniciBezSemaforu.lopatyL[lopata]);
...
cv.polozLopatu(lopata);
System.out.println("Robotnik:" + id + " polozil lopatu " + lopata);
System.out.print(RobotniciBezSemaforu.lopatyR[lopata]);
```

```
([{][][}{][)(][}{][][}{][)(][}{][)(][}{][)(}{)(}{][)}]
([{][][][)(}{)(][][][}{)()(}{)(][][)(}{}{][}{)(][}])
([{][)(][}{)(][}{][}{)(}{)(][}{}{)(][}{)(]})
```

Čo je toto za lopato-jazyk ?
- rozpozná to deterministický konečný automat
- treba nedeterministický
- treba Turingov stroj
- treba sedemhlavý Turingov stroj

Súbor: RobotniciBezSemaforu.java

Thread demo



Simulujeme dve rovnako rýchlo bežiace vlákna

- s možnosťou pozastavenia a opätovného spustenia,
- slajder ukazuje veľkosť kritickej oblasti,

ale,

- **nesimulujeme žiaden monitor nad kritickou oblasťou, zatiaľ ...**

Štruktúra:

- ThreadPane je BorderPane a obsahuje panely:
  - TOP: GraphicCanvas typu Canvas, kreslí modrý pizza diagram na základe troch uhlov,
  - CENTER: Slider typu ScrollBar na nastavovanie veľkosti kritickej oblasti,
  - BOTTON: FlowPane obsahujúci gombíky Run a Pause

Ako pozastaviť animáciu:

- boolean suspended = false
- **aktívne čakanie** while (true) { … if (suspened) sleep(chvíločku); … }
- **pasívne čakanie**, pomocou wait & notify
- ~~**CPU killer** … if (suspened) for (5000000x) Math.cos(…) … ☹☹☹☹☹☹☹☹~~

Zdroj: pôvodná appletová verzia http://www.doc.ic.ac.uk/~jnm/book/book_applets/concurrency.html

Neaktívne čakanie

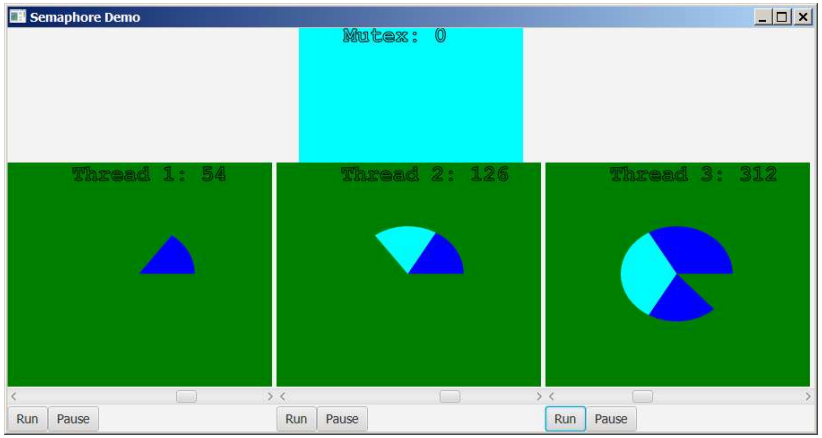
wait & notify

```
synchronized void waitIfSuspended() throws InterruptedException {
   while (suspended)     // ak je vlákno suspended, tak sa zablokuje vo wait
         wait();
}

void pauseThread() {     // reakcia na button Pause, treba suspendovať vlákno
   if (!suspended) {
         suspended = true;
         display.setColor(Color.RED); // reakcia do GUI, premaľuj na RED
   }
}

void restartThread() {   // reakcia na button Run, treba ODsuspendovať vlákno
   if (suspended) {
         suspended = false;
         display.setColor(Color.GREEN);// reakcia do GUI, premaľuj na GREEN
         synchronized (this) notify(); // tento notify odblokuje čakajúci wait
   }
}
```

Súbor: ThreadDemo, ThreadPanel.java

Semaphore

loop



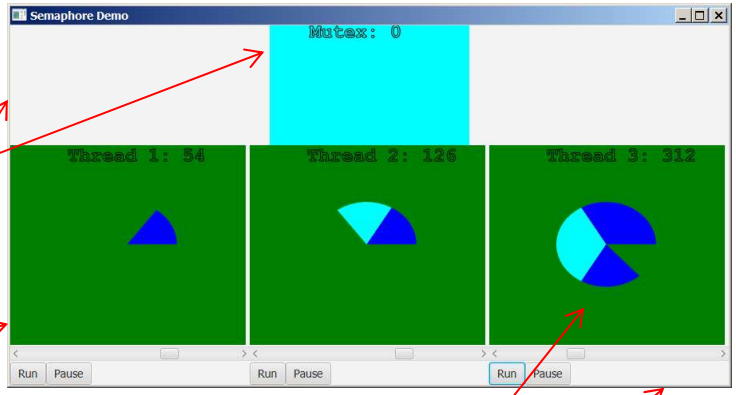

```
class SemaphoreLoop implements Runnable {
   public void run() {
     try {
        while (true) {
          while (!ThreadPanel.rotate()) //false ak nie som v kritickej oblasti
                ;                       // život mimo kritickej oblasti
          semaphore.aquire();           // vkroč do kritickej oblasti
          while (ThreadPanel.rotate())  // true ak som v kritickej oblasti
                ;                       // som v kritickej oblasti
          semaphore.release();          // výstup z kritickej oblasti
        }
     } catch (InterruptedException e) { }
  }
}
```

Súbor: SemaDemo.java

Zdroj: pôvodná appletová verzia http://www.doc.ic.ac.uk/~jnm/book/book_applets/concurrency.html

Semaphore

main stage



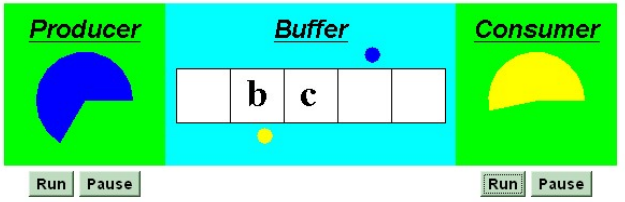

```
public void start(Stage stage) throws Exception {
    BorderPane bp = new BorderPane();
    semaDisplay = new NumberCanvas("Mutex");
    StackPane.setAlignment(semaDisplay, Pos.CENTER);
    StackPane topPane = new StackPane(semaDisplay);
    bp.setTop(topPane);
    FlowPane pane = new FlowPane();
    thread1 = new ThreadPanel("Thread 1", Color.BLUE, true);
    thread2 = new ThreadPanel("Thread 2", Color.BLUE, true);
    thread3 = new ThreadPanel("Thread 3", Color.BLUE, true);
    Semaphore mutex = new DisplaySemaphore(semaDisplay, 1); ??? 2 ???
    thread1.start(new SemaphoreLoop(mutex));
    thread2.start(new SemaphoreLoop(mutex));
    thread3.start(new SemaphoreLoop(mutex));
    pane.getChildren().addAll(thread1, thread2, thread3);
    bp.setBottom(pane);
    Scene scene = new Scene(bp, 900, 450, Color.GREY);
    stage.setScene(scene);
    stage.setTitle("Semaphore Demo");
    stage.show();
}
```

Súbor: SemaDemo.java

Ohraničený buffer

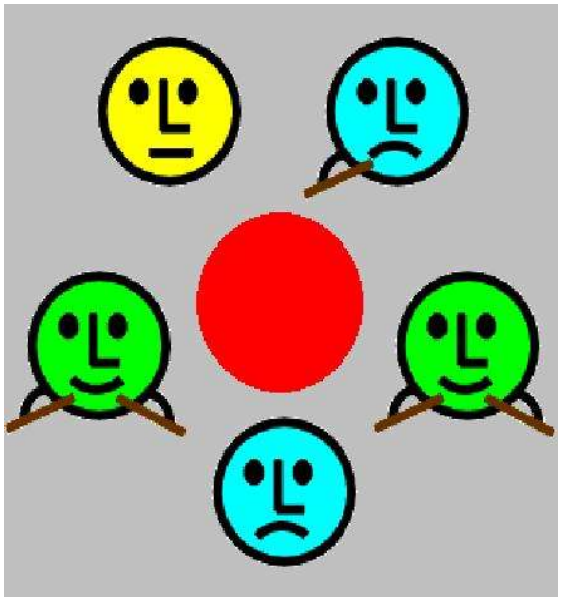
Príklad: producer-consumer:

```
public class BoundedBuffer<E> {
// zapíš objekt do buffra
   public synchronized void put(E o) throws InterruptedException {
        while (count==size) wait();     // kým je buffer plný, čakaj...
        buf[in] = o;
        ++count;
        in=(in+1) % size;
        notify();                       // keď si zapísal, informuj čakajúceho
    }
// vyber objekt do buffra
    public synchronized E get() throws InterruptedException {
        while (count==0) wait();        // kým je buffer prázdny, čakaj...
        E o =buf[out];
        buf[out]=null;
        --count;
        out=(out+1) % size;
        notify();                       // keď si vybral prvok, informuj ...
        return o;
    }
```



Zdroj: http://www.doc.ic.ac.uk/~jnm/book/book_applets/concurrency.html

Večerajúci filozofovia

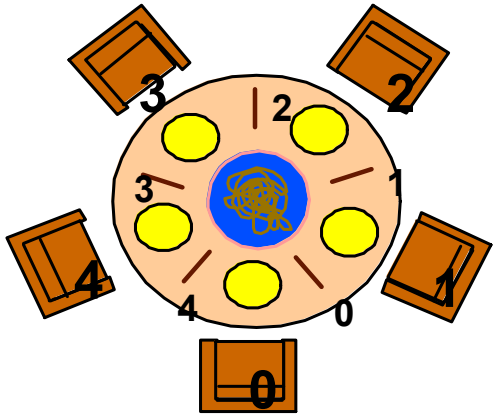


```
class Fork {
    private boolean taken=false;
    private PhilCanvas display;
    private int identity;

    Fork(PhilCanvas disp, int id) {
       display = disp; identity = id;}

  synchronized void put() {
      taken=false;
      display.setFork(identity,taken);
      notify();
  }

  synchronized void get() throws java.lang.InterruptedException {
      while (taken) wait();
      taken=true;
      display.setFork(identity,taken);
  }
}
```

Zdroj: http://www.cse.psu.edu/~catuscia/teaching/cg428/Concurrency_applets/concurrency/diners/

Súbor: Fork.java

Večerajúci filozofovia




```
class Philosopher extends Thread {
 private PhilCanvas view;
 . . . .
  public void run() {
    try {
      while (true) {                                  // thinking
        view.setPhil(identity,view.THINKING);
        sleep(controller.sleepTime());                // hungry
        view.setPhil(identity,view.HUNGRY);
        right.get();                                  // gotright chopstick
        view.setPhil(identity,view.GOTRIGHT);
        sleep(500);
        left.get();                                         // eating
        view.setPhil(identity,view.EATING);
        sleep(controller.eatTime());
        right.put();
        left.put();
      }
    } catch (java.lang.InterruptedException e){}
  }
}
```

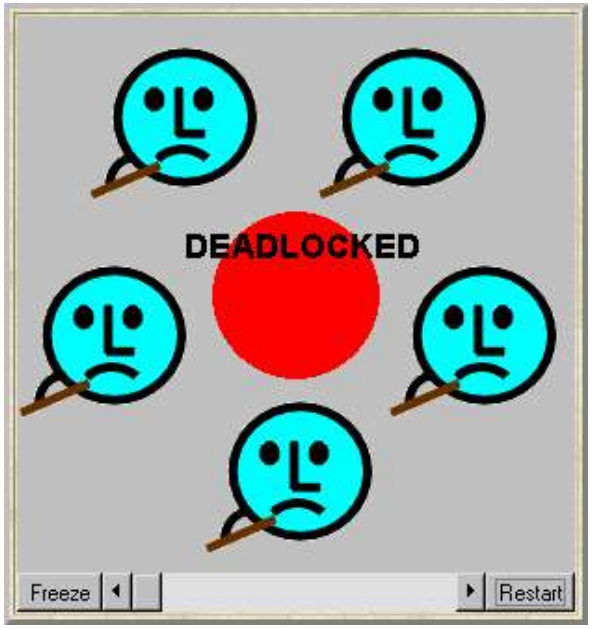
Zdroj: http://www.cse.psu.edu/~catuscia/teaching/cg428/Concurrency_applets/concurrency/diners/

Súbor: Philosopher.java

http://www.doc.ic.ac.uk/~jnm/book/book_applets/Diners.html

Večerajúci filozofovia

```
for (int i =0; i<N; ++i)
    fork[i] = new Fork(display,i);
for (int i =0; i<N; ++i){
    phil[i] = new Philosopher
          (this,i,fork[(i-1+N)%N],fork[i]);
  phil[i].start();
}
```




```
Phil 0 thinking
Phil 0 has Chopstick 0 Waiting for Chopstick 1
Phil 0 eating
Phil 0 thinking
Phil 0 has Chopstick 0 Waiting for Chopstick 1
Phil 0 eating
Phil 0 thinking
Phil 0 has Chopstick 0 Waiting for Chopstick 1
Phil 0 eating
Phil 0 thinking
Phil 0 has Chopstick 0 Waiting for Chopstick 1
Phil 0 eating
Phil 0 thinking
Phil 0 has Chopstick 0 Waiting for Chopstick 1
Phil 0 eating
Phil 0 thinking
Phil 0 has Chopstick 0 Waiting for Chopstick 1
Phil 1 thinking
Phil 2 thinking
Phil 3 thinking
Phil 4 thinking
Phil 1 has Chopstick 1 Waiting for Chopstick 2
Phil 2 has Chopstick 2 Waiting for Chopstick 3
Phil 3 has Chopstick 3 Waiting for Chopstick 4
Phil 4 has Chopstick 4 Waiting for Chopstick 0
```

Poučený večerajúci filozof

```
class Philosopher extends Thread {
 private PhilCanvas view;
 . . . .
  public void run() {
    try {
      while (true) {                                  // thinking
        view.setPhil(identity,view.THINKING);
        sleep(controller.sleepTime());                // hungry
        view.setPhil(identity,view.HUNGRY);
          if (identity%2 == 0) {
             left.get();                              // gotleft chopstick
              view.setPhil(identity,view.GOTLEFT);
          } else {
               right.get();                                   // gotright chopstick
               view.setPhil(identity,view.GOTRIGHT);
          }
          sleep(500);
          if (identity%2 == 0)
               right.get();                                   // eating
          else
              left.get();                                     // eating
           view.setPhil(identity,view.EATING);
          sleep(controller.eatTime());
          right.put();
          left.put();
      }
    } catch (java.lang.InterruptedException e){}
  }
}
```

Zdroj: http://www.cse.psu.edu/~catuscia/teaching/cg428/Concurrency_applets/concurrency/diners/

Súbor: FixedPhilosopher.java