

Projekt & Quadterm

Projekt:

- Odovzdávajte **vždy CELÉ zozipované projekty, DÚ, CV, ...**
- Pravidlá a podmienky na projekt:
http://dai.fmph.uniba.sk/courses/JAVA/projekt_pravidla.html
- **po prednáške 28.4.** budú **zverejnené java projekty**
- cca. 35+ projektov max. 3 riešitelia na jeden
- Java Projekt musí byť ohodnotený v LISTe pred termínom skúšky, deadline 23.6.

Skúšky v AISe

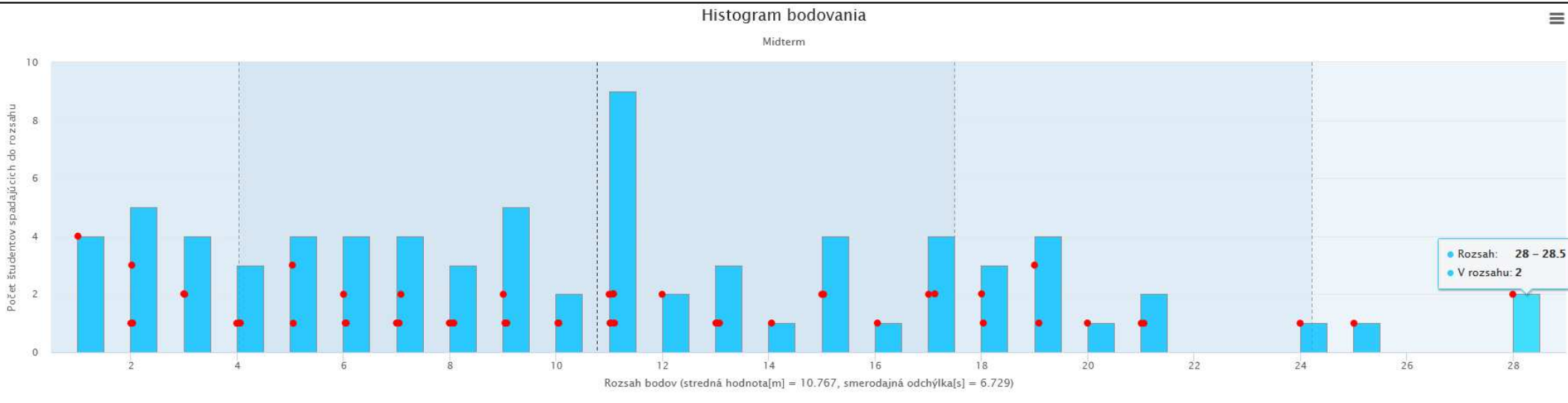
- 28.5. 8:00 prvá skúška (s proj.), resp. oprava Quad-Midtermov (bez proj.)
- 4.6., 11.6., 23.6. vždy 8:00, H3

Quadterm 2 - bude 12.5. 14:00, H3+H6, bez testu

- jednoduchá simulácia/hra s interakciou od užívateľa (myš, klávesnica)
- Čo treba vedieť:
 - kresliť do Pane/Canvasu
 - odchytať udalosti od myši/klávesnice
 - demo: jednoduchá HowToJavaFx aplikácia s Canvasom alebo Pane je tu
 - <https://github.com/Programovanie4/Kod/tree/main/HowToWithJavaFX>

Midterm

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



student	M1: Rekurzia				M2: Stromy					M3: Slova			M4: OpravMa					M5: Streams				
	fooEasy	fooHard	zOboruHodnotEasy	zOboruHodnotHard	size	depth	leaves	isHeap	atSameLevel	slova01	slovaAbeceda	slovaPoly	opravMa1	opravMa2	opravMa3	opravMa4	opravMa5	pyramida	rastuceCifry	mocniny235	histogram	substrings
	29	29	5	6	59	47	51	35	32	37	28	20	59	56	7	6	7	17	32	24	21	14
Úspěšnost	38%	38%	6%	8%	77%	61%	66%	45%	42%	48%	36%	26%	77%	73%	9%	8%	9%	22%	42%	31%	27%	18%
Vynechanost	40,3%				16,9%					23,4%			5,2%		64,9%			36,4%				
Citlivost	0,93	0,93	0,27	0,33	0,53	1,00	0,87	0,93	0,93	0,67	0,80	0,73	0,40	0,73	0,33	0,33	0,13	0,80	0,73	0,67	0,60	0,47



Midterm



Hall of Fame



Prémie

...	Meno	Priezvisko	Zostavy úloh Midterm ▼
1.	_tester	Java	28
2.	_tester	Java1	28
3.	_tester	Java3	28
4.	Roman	Rakytiak	28
5.	Dominik	Szabó	28
6.	Adam	Zahradník	28
7.	Jakub	Marček	25
8.	Jakub Šimon	Štofanič	24
9.	Vladislav	Voenkov	22
10.	Stanislav	Suchoň	21.06
11.	Jakub	Skaloš	21
12.	Helena	Ravingerová	20
13.	Emanuel	Leco	19.08
14.	Tomáš	Leca	19
15.	Alexander	Lukyanchenko	19
16.	Barbora	Marcinčáková	19
17.	Maksym	Shafarostov	18.04
18.	Nikolai	Lazovatskii	18
19.	Šimon	Šeleng	18

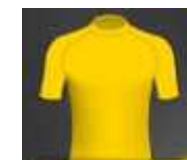
...	Meno	Priezvisko	Prémia ▼
1.	Milan Daniel	Szasz	25.145
2.	Nikolai	Lazovatskii	24.425
3.	Ivan	Dyshliuk	24.27
4.	Stanislav	Suchoň	24.23
5.	Alexander	Lukyanchenko	22.885
6.	Roman	Rakytiak	22.545
7.	Mykhailo	Pavlov	22.43
8.	Martin	Uhrin	22.39
9.	Tomáš	Leca	21.73
10.	Martin	Koudelka	21.08
11.	Matúš	Kýška	20.88
12.	Yehor	Portianov	20.63
13.	Sebastián	Murajda	20.255
14.	Juraj	Šumný	20.012

DÚ



...	Meno	Priezvisko	Domáca úloha ▼
1.	Barbora	Marcinčáková	24
2.	Katarína	Kyseľová	24
3.	Stanislav	Suchoň	23.7
4.	Sebastián	Murajda	23.65
5.	Milan Daniel	Szasz	23.5
6.	Adam	Červenka	23.35
7.	Dmytro	Lyvytskyi	23
8.	Dominik	Szabó	23
9.	Zara	Karakaya	23
10.	Jakub Šimon	Štofanič	23
11.	Tomáš	Leca	22.9
12.	Helena	Ravingerová	22.8
13.	Alexander	Lukyanchenko	22.6
14.	Daniar	Shernilazov	22.6
15.	Vladislav	Voenkov	22.6
16.	Martin	Koudelka	22.13

Total



...	Meno	Priezvisko	Spolu ▼
1.	Alexander	Lukyanchenko	98.735
2.	Roman	Rakytiak	98.525
3.	Stanislav	Suchoň	97.7
4.	Dominik	Szabó	93
5.	Tomáš	Leca	92.165
6.	Jakub Šimon	Štofanič	90.72
7.	Lukáš	Srnka	90.05
8.	Milan Daniel	Szasz	89.855
9.	Jakub	Marček	89.21
10.	Barbora	Marcinčáková	88.934
11.	Helena	Ravingerová	84.51
12.	Vladislav	Voenkov	84.28
13.	Nikolai	Lazovatskii	84.19
14.	Šimon	Šeleng	83.205

Vlákná 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:

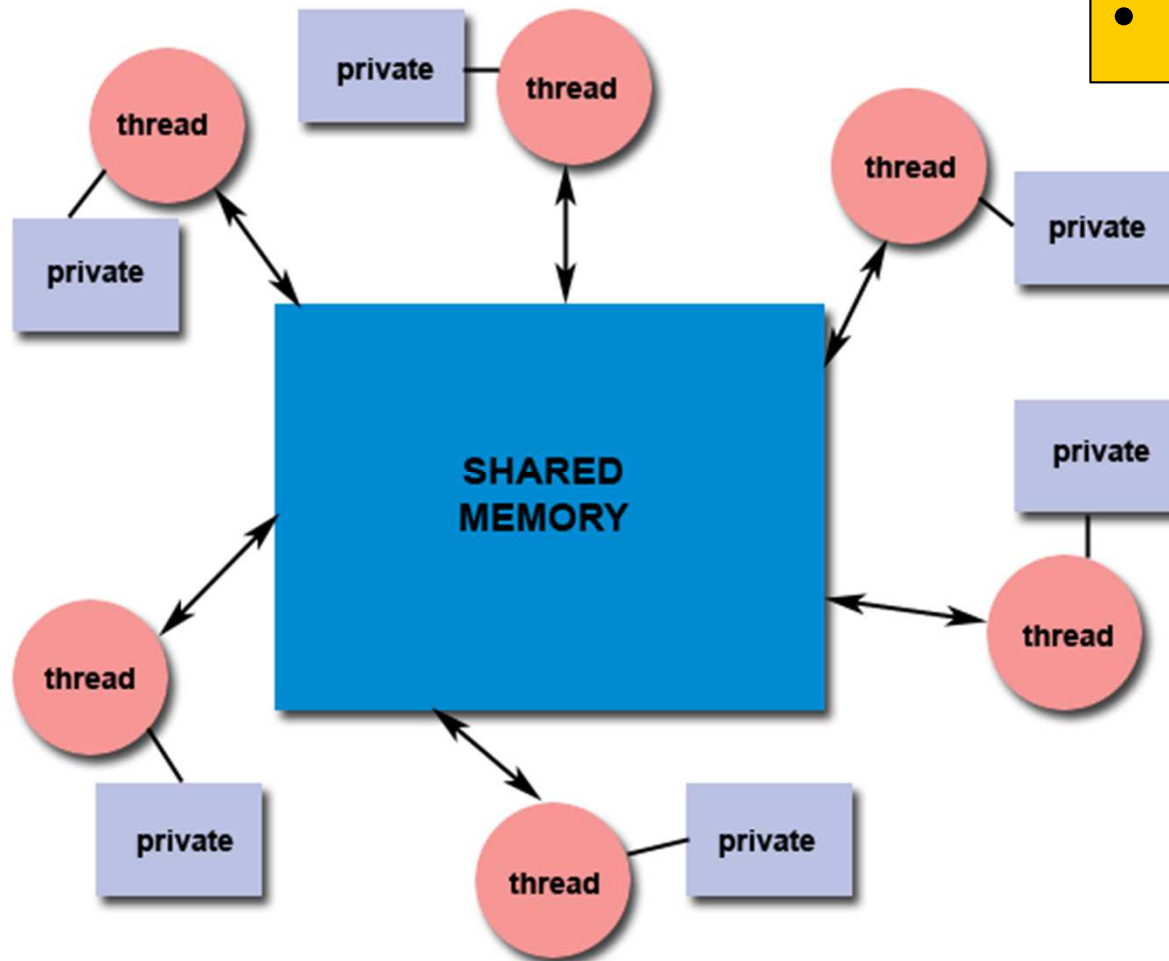
- Synchronizácia vlákien, výpis do konzoly
- Simulácie grafické, javafx (ak treba, použiť existujúci kód),



Komunikácia

model shared memory

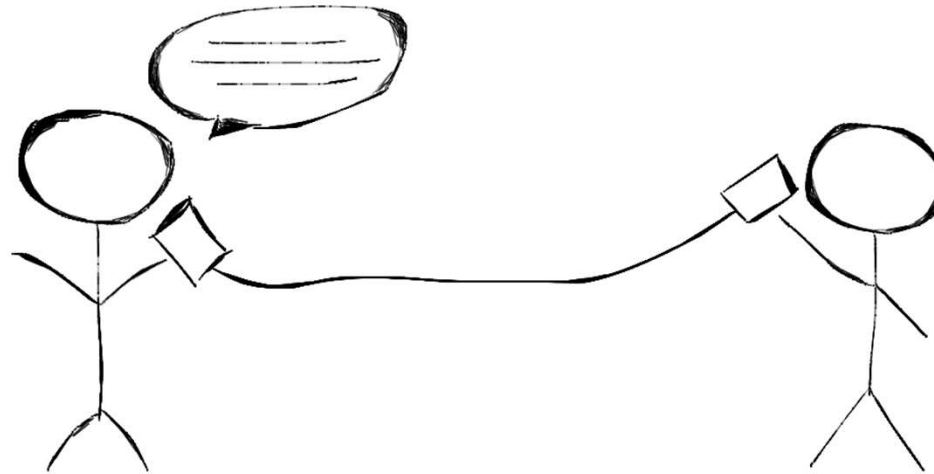
- atomická sekcia
- kritická oblasť
- synchronizácia



Komunikácia

model communication channels

- kanál
- rúra/pipe
- producer/consumer



PipedInputStream  **PipedOutputStream**

Programowanie paradygmy język GO

“

Do not communicate by
sharing memory; instead,
share memory by communicating.

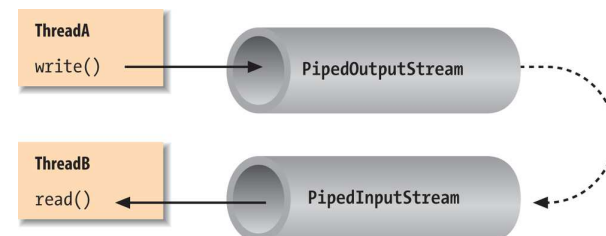
— *Effective Go*

”

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 môžeme písať bajty, znaky, reťazce, objekty, v závislosti, ako si rúru *zabalíme* (vid' 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);  
                    sleep(rand.nextInt(500));  
                } catch (Exception e) {  
                    throw new RuntimeException(e);  
                }  
            }  
        }  
    }  
}
```

// vypíš znaky abecedy do rúry
// a za každým počkaj max. 1/2 sek.

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

Čínski šepkári

```
static class Whisperer extends Thread {
    int id;
    PipedOutputStream pos = new PipedOutputStream();
    PipedInputStream pis;

    public Whisperer(int id, PipedOutputStream prevPos) {
        this.id = id;
        try {
            pis = new PipedInputStream(prevPos);
            System.out.println("Whisperer " + id + " created");
        } catch (IOException e) {
            throw new RuntimeException(e);
        }
        start();
    }

    public void run() {
        while(true) {
            try {
                char msg = (char) pis.read();
                System.out.println(id + " received: " + msg);
                pos.write(msg+1);
                pos.flush();
            } catch (IOException e) {
                throw new RuntimeException(e);
            }
        }
    }
}
```

klmnopqrstuvwxyz{|}~

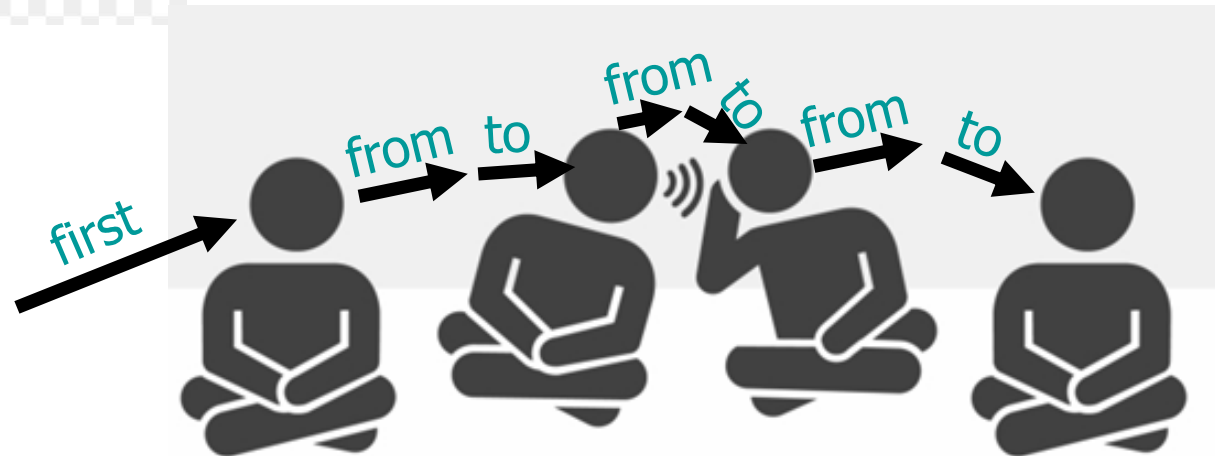
Šepkári sedia do kruhu,
zľava počúvajú správu,
vpravo prepošlú pozme-
nenú správu (char+1).
Prvému pošleme správy
a,...,t, prídu správy k,...,~



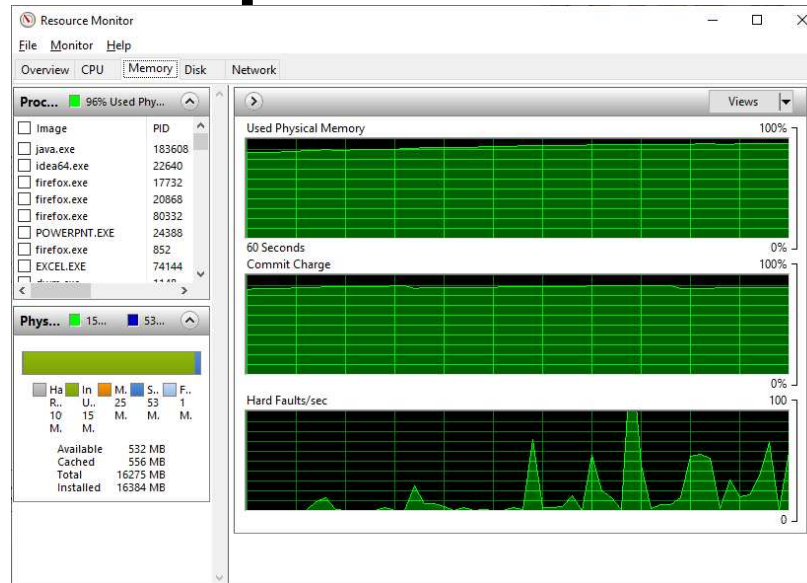
```
final static int N = 10; // number of Whisperer
final static int M = 20; // number of messages
public static void main(String[] args) {
    Whisperers s = new Whisperers();
    try {
        PipedOutputStream first =
            new PipedOutputStream();
        Whisperer sepkar = new Whisperer(0, first);
        for (int i = 1; i < N; i++)
            sepkar = new Whisperer(i, sepkar.pos);
        for (char m = 'a'; m < 'a' + M; m++) {
            first.write(m);
            first.flush();
        }
        var last = new PipedInputStream(sepkar.pos);
        while(true) {
            System.out.println((char) last.read());
        }
    } catch (IOException e) {
        throw new RuntimeException(e);
    }
}
```

Súbor: Whisperers.java

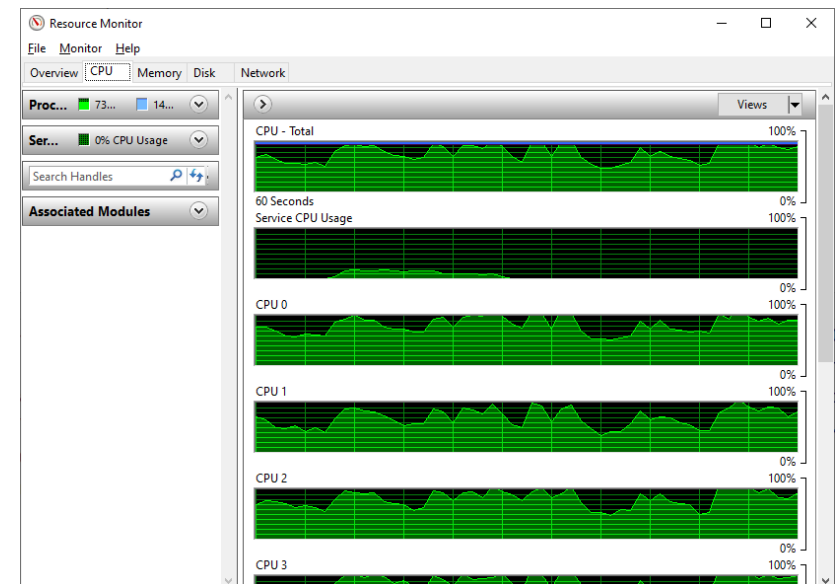
Čínski šepkáři



Čínski šepkári



```
final static int N = 10_000; // number of Whisperer
final static int M = 20; // number of messages
vytvorí 10.000 vlákien
???
final static int N = 100_000; // number of Whisperer
final static int M = 20; // number of messages
```



Súbor: Whisperers1.java

Čínski šepkári

```
static class Whisperer extends Thread {
    PipedWriter pos = new PipedWriter();
    PipedReader pis;
    int id;
    public Whisperer(int id, PipedWriter prevPos) {
        this.id = id;
        try {
            pis = new PipedReader(prevPos);
            //System.out.println("Whisperer " + id + " created");
        } catch (IOException e) {
            throw new RuntimeException(e);
        }
        start();
    }
    public void run() {
        while(true) {
            try {
                var msg = pis.read();
                //System.out.println(id + " received: " + msg);
                pos.write(msg+1);
                pos.flush();
            } catch (IOException e) {
                throw new RuntimeException(e);
            }
        }
    }
}
```

Správa nie je **char**,
ale **int**, šepkár k
správe **pripočíta 1**,
počiatočné správy sú
0..M-1, na koniec
prídu správy N,
...M+N-1



```
elapsed time: 0, result: 1000
elapsed time: 30, result: 1001
elapsed time: 30, result: 1002
elapsed time: 30, result: 1003
elapsed time: 30, result: 1004
elapsed time: 30, result: 1005
elapsed time: 30, result: 1006
elapsed time: 30, result: 1007
elapsed time: 30, result: 1008
elapsed time: 30, result: 1009
elapsed time: 30, result: 1010
elapsed time: 30, result: 1011
elapsed time: 30, result: 1012
elapsed time: 30, result: 1013
elapsed time: 30, result: 1014
elapsed time: 30, result: 1015
elapsed time: 30, result: 1016
elapsed time: 30, result: 1017
elapsed time: 30, result: 1018
elapsed time: 30, result: 1019
```


Čínski šepkári

Správa je definovaná serializovateľná trieda, takže rúrou idú bajty, správu serializujeme pri poslaní a deserializujeme na príjme. Okrem toho šepkár k nej pripočíta náhodné číslo z intervalu -0.05..0.05

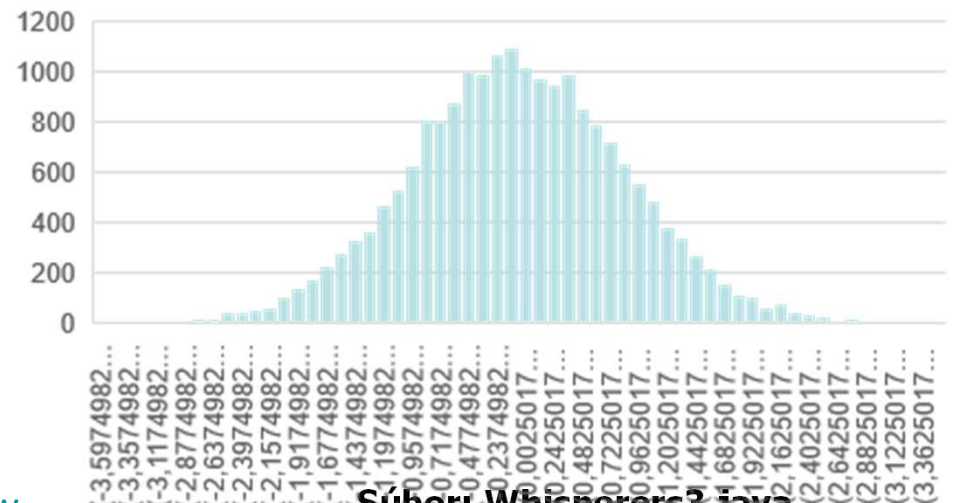
```
static class Whisperer extends Thread {
    PipedOutputStream pos = new PipedOutputStream();
    PipedInputStream pis;
    ObjectInputStream ois;
    ObjectOutputStream oos;
    int id;
    public Whisperer(int id, PipedOutputStream prevPos) {
        this.id = id;
        try {
            pis = new PipedInputStream(prevPos);
        } catch (IOException e) {
            throw new RuntimeException(e);
        }
    }
    public void connect() {
        try {
            oos = new ObjectOutputStream(pos);
            ois = new ObjectInputStream(pis);
        } catch (IOException e) {
            throw new RuntimeException(e);
        }
    }
    public void run() {
        while(true) {
            try {
                var msg = (Message)ois.readObject();
                msg.update();
                oos.writeObject(msg);
                oos.flush();
            } catch (IOException | ClassNotFoundException e) {
                throw new RuntimeException(e);
            }
        }
    }
} }
```

```
static class Message implements Serializable {
    Integer id;
    Double value;

    public Message(Integer id, Double init) {
        this.id = id;
        this.value = init;
    }
    public void update() {
        value += (new Random().nextDouble()-0.5) / 10;
        //value += 1;
    }
}
```



Názov grafu



<https://www.youtube.com/shorts/TwctT3Ncm1w>

Súbor: Whisperers3.java

Prvočísla (Eratosténovo sito)

```
Integer firstValue;
public void run() {
    while(true) {
        try {
            var msg = (Message)ois.readObject();
            if (firstValue == null) {
                firstValue = msg.value;
                System.out.println("Whisperer " + id + " received first message: " + msg.value);
            } else {
                if (msg.value % firstValue != 0) {
                    oos.writeObject(msg);
                    oos.flush();
                }
            }
        } catch (IOException | ClassNotFoundException e) {
            throw new RuntimeException(e);
        }
    }
}
```

Šepkár si zapamätá prvé číslo, ktoré dostane. Vytlačí ho na konzolu. Každé ďalšie, čo mu príde tak pustí ďalej, len ak nie je deliteľné číslom, ktoré si šepkár pamätá. Ak je deliteľné, zahodí ho, a nepustí ho ďalej.

1	2	3	$\frac{4}{2}$	5	$\frac{6}{2}$	7	$\frac{8}{2}$	9	$\frac{10}{2}$	1	2	3	$\frac{4}{2}$	5	$\frac{6}{2}$	7	$\frac{8}{2}$	9	$\frac{10}{2}$
11	$\frac{12}{2}$	13	$\frac{14}{2}$	15	$\frac{16}{2}$	17	$\frac{18}{2}$	19	$\frac{20}{2}$	11	$\frac{12}{2}$	13	$\frac{14}{2}$	$\frac{15}{3}$	$\frac{16}{2}$	17	$\frac{18}{2}$	19	$\frac{20}{2}$
21	$\frac{22}{2}$	23	$\frac{24}{2}$	25	$\frac{26}{2}$	27	$\frac{28}{2}$	29	$\frac{30}{2}$	21	$\frac{22}{2}$	23	$\frac{24}{2}$	25	$\frac{26}{2}$	$\frac{27}{3}$	$\frac{28}{2}$	29	$\frac{30}{2}$
31	$\frac{32}{2}$	33	$\frac{34}{2}$	35	$\frac{36}{2}$	37	$\frac{38}{2}$	39	$\frac{40}{2}$	31	$\frac{32}{2}$	$\frac{33}{3}$	$\frac{34}{2}$	35	$\frac{36}{2}$	37	$\frac{38}{2}$	$\frac{39}{3}$	$\frac{40}{2}$
41	$\frac{42}{2}$	43	$\frac{44}{2}$	45	$\frac{46}{2}$	47	$\frac{48}{2}$	49	$\frac{50}{2}$	41	$\frac{42}{2}$	43	$\frac{44}{2}$	$\frac{45}{3}$	$\frac{46}{2}$	47	$\frac{48}{2}$	49	$\frac{50}{2}$
1	2	3	$\frac{4}{2}$	5	$\frac{6}{2}$	7	$\frac{8}{2}$	$\frac{9}{3}$	$\frac{10}{2}$	1	2	3	$\frac{4}{2}$	5	$\frac{6}{2}$	7	$\frac{8}{2}$	$\frac{9}{3}$	$\frac{10}{2}$
11	$\frac{12}{2}$	13	$\frac{14}{2}$	$\frac{15}{3}$	$\frac{16}{2}$	17	$\frac{18}{2}$	19	$\frac{20}{2}$	11	$\frac{12}{2}$	13	$\frac{14}{2}$	$\frac{15}{3}$	$\frac{16}{2}$	17	$\frac{18}{2}$	19	$\frac{20}{2}$
21	$\frac{22}{2}$	23	$\frac{24}{2}$	$\frac{25}{3}$	$\frac{26}{2}$	27	$\frac{28}{2}$	29	$\frac{30}{2}$	21	$\frac{22}{2}$	23	$\frac{24}{2}$	$\frac{25}{3}$	$\frac{26}{2}$	27	$\frac{28}{2}$	29	$\frac{30}{2}$
31	$\frac{32}{2}$	$\frac{33}{3}$	$\frac{34}{2}$	$\frac{35}{3}$	$\frac{36}{2}$	37	$\frac{38}{2}$	$\frac{39}{3}$	$\frac{40}{2}$	31	$\frac{32}{2}$	$\frac{33}{3}$	$\frac{34}{2}$	$\frac{35}{3}$	$\frac{36}{2}$	37	$\frac{38}{2}$	$\frac{39}{3}$	$\frac{40}{2}$
41	$\frac{42}{2}$	43	$\frac{44}{2}$	$\frac{45}{3}$	$\frac{46}{2}$	47	$\frac{48}{2}$	49	$\frac{50}{2}$	41	$\frac{42}{2}$	43	$\frac{44}{2}$	$\frac{45}{3}$	$\frac{46}{2}$	47	$\frac{48}{2}$	$\frac{49}{3}$	$\frac{50}{2}$

Synchronizácia

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

Príklad:

- náš semafor reprezentuje celočíselná premenná semaphore inicializovaná na 0,
- ak je zdieľaný zdroj **voľný**, platí, že semaphore == 0, **.available()==true**
- záujem použiť zdroj vyjadrím pomocou volania **.acquire()**,
- 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

prvý pokus

```
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; }  
}
```

```
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 semafor 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 {  
  
    List<Integer> al = new ArrayList<Integer>();    // pamäť zdieľaná 2 vláknami  
    int counter = 0;                                // štruktúra  
                                                    // 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--;        // vyhod' 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 a/ = new ArrayListNotSynchronized();
    public ArrayListTester(boolean kind) { this.kind = kind; }

    public void run() { ... a dostaneme (ked' zakomentujeme System.out.println):
        while (true) { Exception in thread "Thread-2" java.lang.IndexOutOfBoundsException:
            if (kind) Index: 17435, Size: 17432
                a/.add(); at java.util.ArrayList.RangeCheck(Unknown Source)
            else at java.util.ArrayList.remove(Unknown Source)
                a/.delete(); at ArrayListNotSynchronized.delete(ArrayListNotSynchronized.java:17)
            } at ArrayListTester.run(ArrayListTester.java:12)
        }
    }

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


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--; }  
    }  
}
```

Monitor a čakacia listina

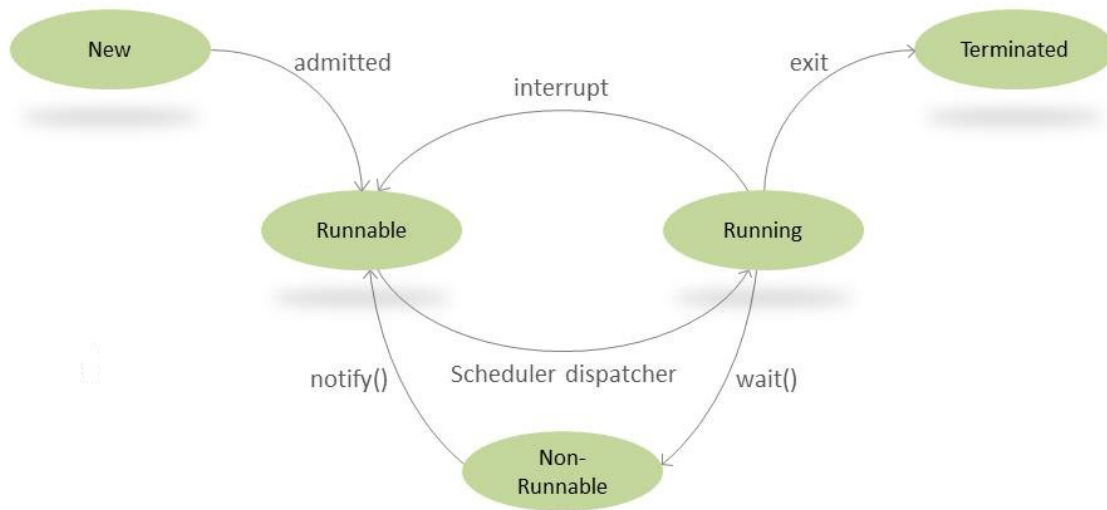
Každý objekt má **monitor**, ktorý obsahuje jediné vlákno v danom čase. Keď sa vstupuje do synchronizovanej sekcie/metódy viazanej na tento objekt, vlákno sa poznačí v monitore. Ak sa opäť pokúša vlákno dostať do synchronizovanej sekcie, monitor už obsahuje iné vlákno, preto je vstup do sekcie pozastavený,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



Stavy vlákna

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

- new – nenašartovaný 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**(milliseconds) – 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 byť 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 unlock-nut");
        synchronized (objekt) { // .notify musí byť v synchronized
            objekt.notify();
        }
    }).start(); // naštartuje vlákno

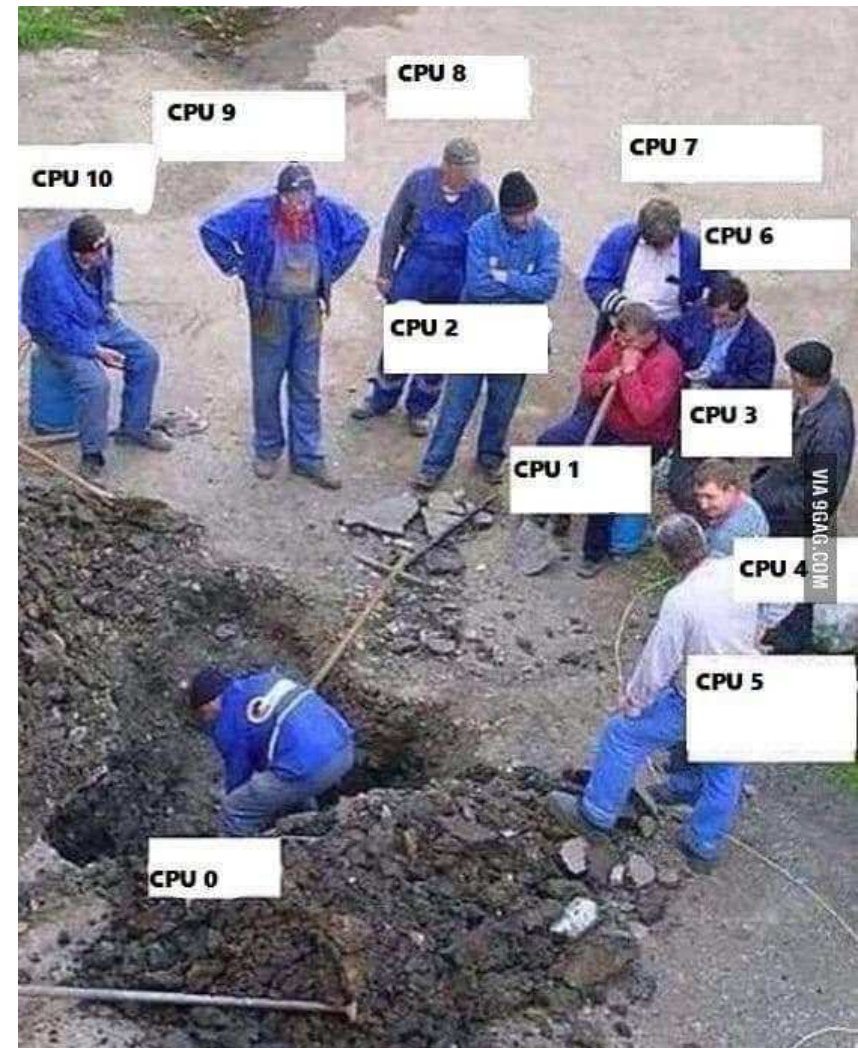
    System.out.println(mainThread.getName() + " sa zobudi za 5 sek.");
    Thread.sleep(5000); // main sleep 5 s.
    System.out.println(mainThread.getName() + " zobudil sa");

    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
    }
}
```

Späť ku concurrency

hodnotí sa najrýchlejšia odpoveď

- 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 kopat 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. Sčítajte odpracovaný čas robotníka, ak už pracoval 10.000 ms, tak mu „padla“, ide domov. Sčítajte 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);
    }
}
```


Lopaty (bez semaforu)

```
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;
        public void run() {
            while (true) {
                synchronized (lopaty) {       // čaká na lopatu
                    if (lopaty.size() > 0) {
                        moja = lopaty.removeFirst();
                    } else continue;
                }
                try { sleep(r.nextInt(1000)); } catch (Interrupt... e) { } //pracuje s moja
                synchronized (lopaty) {       // vráti na lopatu
                    lopaty.add(moja); moja=null;
                }
                try { sleep(r.nextInt(1000)); } catch (InterruptedException e){} //spí
            }
        }.start();
    }
}
```

? môže tu byť this ?

// životný cyklus robotníka

Lopaty

(pomocou wait-notify)

```
private int pocetLopatNaZemi = N;
```

```
public synchronized void zoberLopatu(){  
    if (pocetLopatNaZemi==0) ? wait na ktorý objekt ?  
        try { this.wait(); } catch (InterruptedException e) {}  
    pocetLopatNaZemi--;  
}
```

```
public synchronized void polozLopatu(){  
    notify(); pocetLopatNaZemi++;  
    ? notify na ktorý objekt ?  
}
```

```
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);
```

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();
}
```

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.položLopatu(lopata);
System.out.println("Robotnik:" + id + " položil lopatu " + lopata);
System.out.print(RobotniciBezSemaforu.LopatyR[Lopata]);
```

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

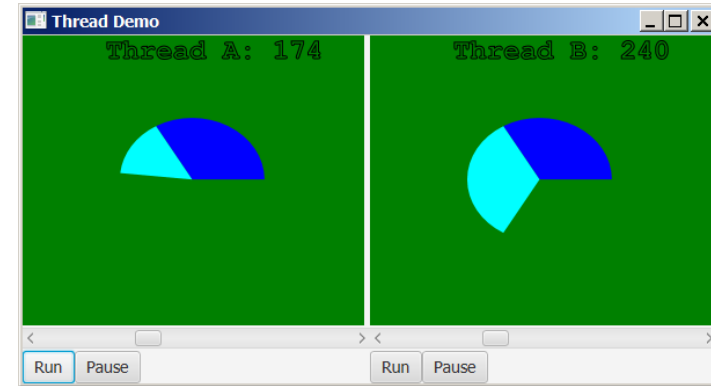
Čo je toto za lopato-jazyk ?

- rozpozná to deterministický konečný automat
- treba nedeterministický
- treba Turingov stroj
- treba sedemhlavý Turingov stroj

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 (suspended) sleep(chvíločku); ... }
- **pasívne čakanie**, pomocou wait & notify
- ~~**CPU killer** ... if (suspended) for (5000000x) Math.cos(...) ...~~ ☹ ☹ ☹ ☹ ☹ ☹ ☹

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

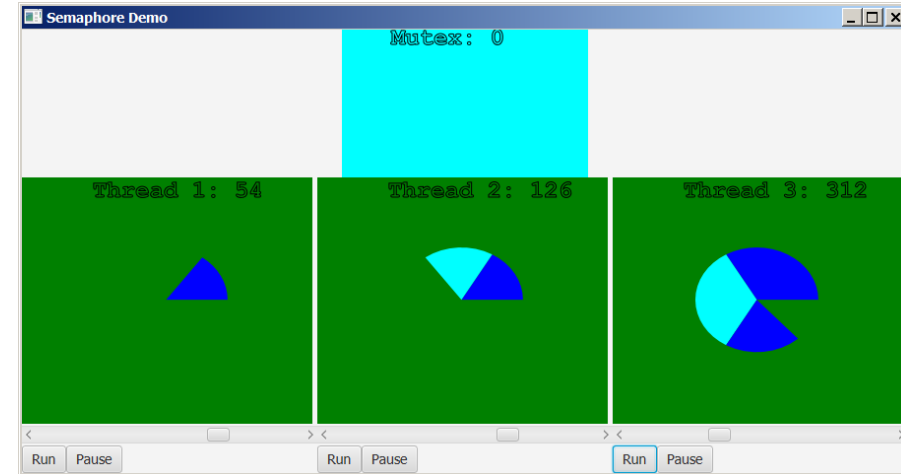
Neaktívne čakanie

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  
    }  
}
```

Semaphore loop

```
class SemaphoreLoop implements Runnable {  
    public void run() {  
        try {  
            while (true) {  
                while (!ThreadPanel.rotate())  
                    ;  
                semaphore.acquire();  
                while (ThreadPanel.rotate())  
                    ;  
                semaphore.release();  
            }  
        } catch (InterruptedException e) { }  
    }  
}
```



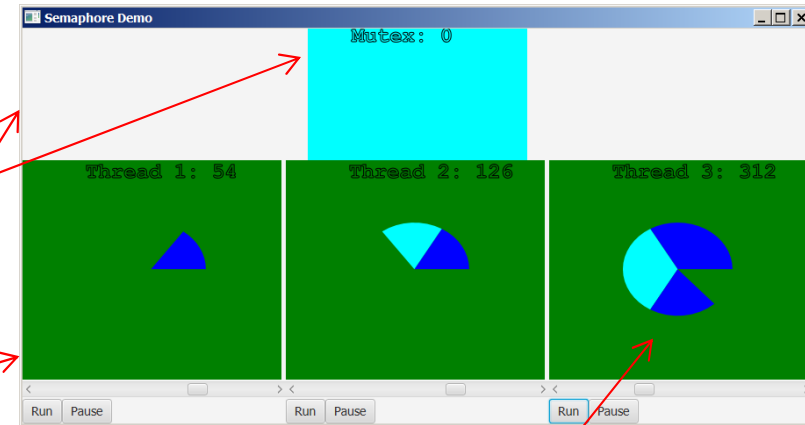
```
while (!ThreadPanel.rotate()) //false ak nie som v kritickej oblasti  
    ; // život mimo kritickej oblasti  
semaphore.acquire(); // vkroč do kritickej oblasti  
while (ThreadPanel.rotate()) // true ak som v kritickej oblasti  
    ; // som v kritickej oblasti  
semaphore.release(); // výstup z kritickej oblasti
```

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);  
    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();  
}
```



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();
```

```
}
```

```
// vyber objekt do buffra
```

```
public synchronized E get() throws InterruptedException {
```

```
    while (count==0) wait();
```

```
    E o =buf[out];
```

```
    buf[out]=null;
```

```
    --count;
```

```
    out=(out+1) % size;
```

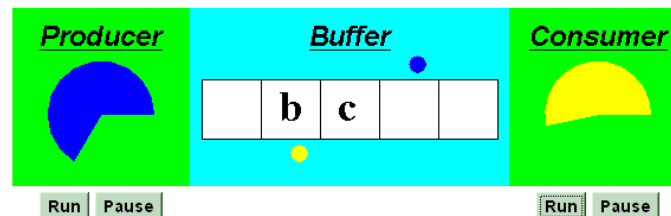
```
    notify();
```

```
    return o;
```

```
}
```

// keď si zapísal, informuj čakajúceho

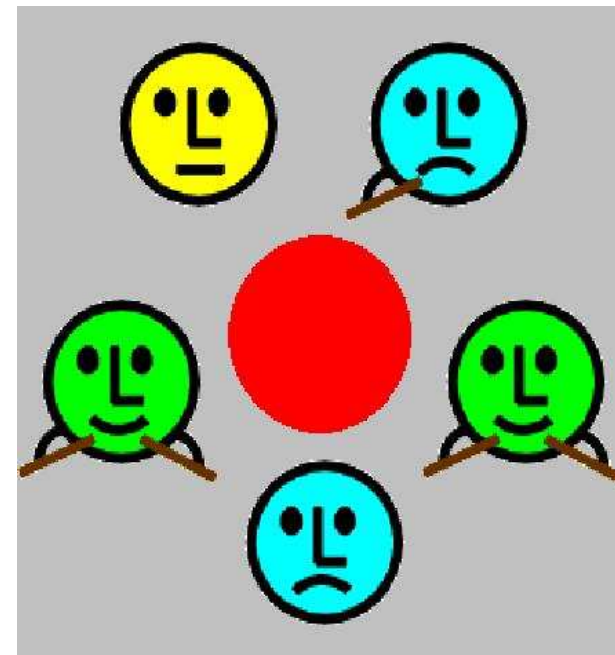
// kým je buffer prázdny, čakaj...



// keď si vybral prvok, informuj ...

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);  
    }  
}
```



Večerajúci filozofovia

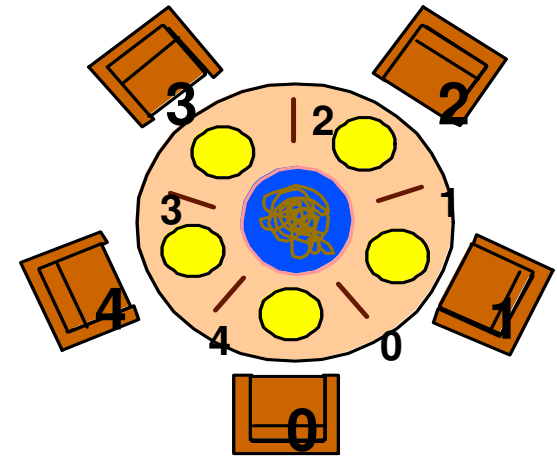
```
class Philosopher extends Thread {  
    private PhilCanvas view;  
    . . . .  
    public void run() {  
        try {  
            while (true) {  
                view.setPhil(identity,view.THINKING);  
                sleep(controller.sleepTime());  
                view.setPhil(identity,view.HUNGRY);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

// thinking

// hungry

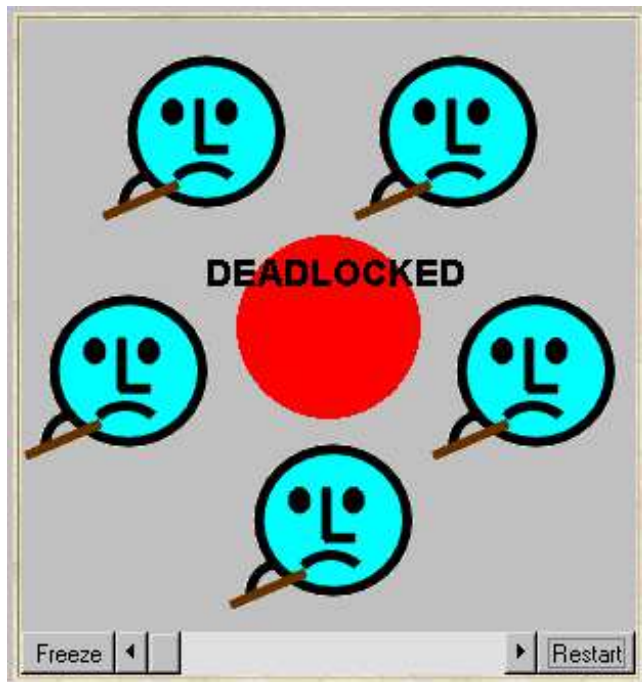
// gotright chopstick

// eating



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 večeraující filozof

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

// thinking

// hungry

// gotleft chopstick

// gotright chopstick

// eating

// eating

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

Súbor: **FixedPhilosopher.java**