

Vícevláknové aplikace

Jan Faigl

Katedra počítačů

Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 5

A0B36PR2 – Programování 2



Část 1 – Paralelní programování

Paralelismus a operační systém

Proces a stavy procesu

Víceprocesorové systémy

Synchronizace výpočetních toků



Část 2 – Vícevláknové aplikace

Vlákna - terminologie, použití

Vícevláknové aplikace v operačním systému

Vlákna v Javě



Část 3 – Využití vláken v GUI

Vlákna v GUI (Swing)

Rozšíření výpočetního modulu v aplikaci DemoBarComp o vlákno

Návrhový vzor Observer

Využití třídy SwingWorker



Část I

Část 1 – Paralelní programování



Obsah

Paralelismus a operační systém

Proces a stavy procesu

Víceprocesorové systémy

Synchronizace výpočetních toků



Paralelní programování

Idea pochází z 60-tých let spolu s prvními multiprogramovými a pseudoparalelními systémy.

- Můžeme rozlišit dva případy paralelismu:
 - hardwarový,
 - softwarový - pseudoparalelismus.

I programy s paralelními konstrukcemi mohou běžet v pseudoparalelním prostředí a to i na víceprocesorovém výpočetním systému.



Motivace

„Proč se vůbec paralelním programováním zabývat?“

- Navýšení výpočetního výkonu.
Paralelním výpočtem nalezneme řešení rychleji.
- Efektivní využívání strojového času.
Program sice běží, ale čeká na data.
- Zpracování více požadavků najednou.
Například obsluha více klientů v architektuře klient/server.

Základní výpočetní jednotkou je proces – „program“



Motivace

„Proč se vůbec paralelním programováním zabývat?“

- Navýšení výpočetního výkonu.
Paralelním výpočtem nalezneme řešení rychleji.
- Efektivní využívání strojového času.
Program sice běží, ale čeká na data.
- Zpracování více požadavků najednou.
Například obsluha více klientů v architektuře klient/server.

Základní výpočetní jednotkou je proces – „program“



Proces

Proces je spuštěný program ve vyhrazeném prostoru paměti. Jedná se o entitu operačního systému, která je plánována pro nezávislé provádění.

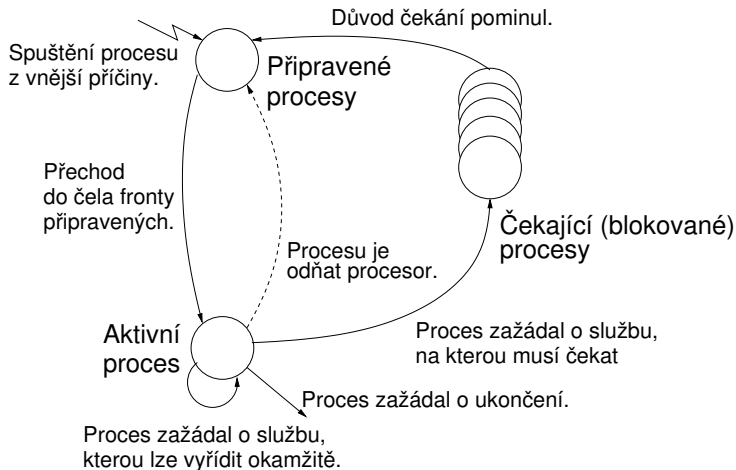
Stavy procesu:

- **Executing** - právě běžící na procesoru.
- **Blocked** - čekající na periferie.
- **Waiting** - čekající na procesor.

Proces je identifikován v systému identifikačním číslem PID. Plánovač procesů řídí efektivní přidělování procesoru procesům na základně jejich vnitřního stavu.



Stavy procesu



Příklad výpisu procesů

```

TOP
last pid: 1666; load averages:  2.34,  1.00,  0.56  up 0+00:21:21  20:37:22
87 processes:  1 running, 86 sleeping
CPU: 97.1% user,  1.4% nice,  1.0% system,  0.6% interrupt,  0.0% idle
Mem: 331M Active, 2720M Inact, 714M Wired, 28M Cache, 404M Buf, 23M Free
ARC: 25M Total, 33K MFU, 24M MRU, 48K Anon, 112K Header, 720K Other
Swap: 2048M Total, 2444K Used, 2045M Free

```

PID	USERNAME	THR	PRI	NICE	SIZE	RES	STATE	C	TIME	WCPU	COMMAND
1612	jf	16	52	0	1058M	21156K	uwait	1	2:03	184.42%	java
874	root	1	25	0	919M	45892K	select	1	0:16	7.96%	Xorg
1569	jf	5	52	5	315M	89640K	kqread	0	0:04	1.37%	gimp-2.8
1125	jf	4	20	0	216M	16104K	uwait	0	0:06	0.29%	mocp
1664	root	1	22	0	81508K	8684K	select	1	0:00	0.29%	xterm
1666	root	1	21	0	21924K	2584K	CPU1	1	0:00	0.29%	top
1023	jf	4	20	0	323M	41148K	select	0	0:25	0.20%	owncloud
997	jf	1	20	0	183M	29680K	select	1	0:01	0.10%	openbox
1095	jf	1	28	0	61508K	7512K	select	1	0:56	0.00%	mc
1088	jf	1	25	5	90424K	13896K	select	1	0:15	0.00%	xpdf
1014	jf	1	21	0	201M	33888K	select	1	0:06	0.00%	gkrellm
1081	jf	1	20	0	109M	19544K	select	0	0:02	0.00%	urxvt
1092	jf	1	20	0	23908K	2800K	select	1	0:02	0.00%	tmux
1572	jf	1	52	5	193M	33892K	select	1	0:01	0.00%	script-fu
1319	jf	2	22	0	58900K	11036K	select	0	0:01	0.00%	vim
867	root	1	20	0	110M	8312K	wait	0	0:01	0.00%	slim

V současných operačních systémech typicky běží celá řada procesů v pseudoparalelní/paralelním režimu.



Víceprocesorové systémy

- Víceprocesorové (jádrové) systémy umožňují skutečný paralelismus.
- Musí být řešena synchronizace procesorů (výpočetních toků) a jejich vzájemná datová komunikace
 - Prostředky k **synchronizaci** aktivit procesorů.
 - Prostředky pro komunikaci mezi procesory.



Architektury

Řízení vykonávání jednotlivých instrukcí.

- SIMD (single-instruction, multiple-data) - stejné instrukce jsou vykonávány na více datech. Procesory jsou identické a pracují synchronně. *Příkladem může být vykonávání MMX, SSE, 3dnow! instrukcí, „vektorizace“.*
- MIMD (multiple-instruction, multiple-data) - procesory pracují nezávisle a asynchronně.

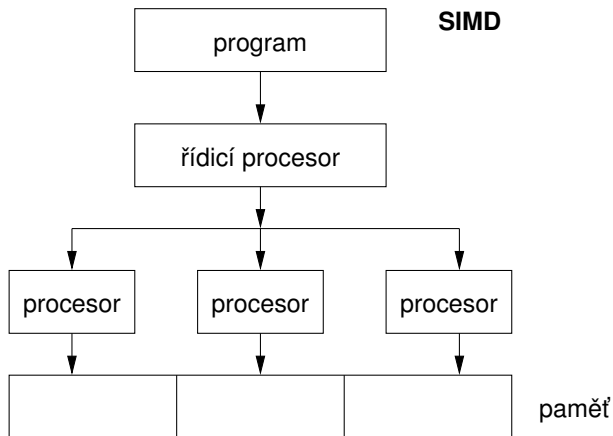
Řízení přístupu k paměti.

- Systémy se sdílenou pamětí - společná centrální paměť.
- Systémy s distribuovanou pamětí - každý procesor má svou paměť.

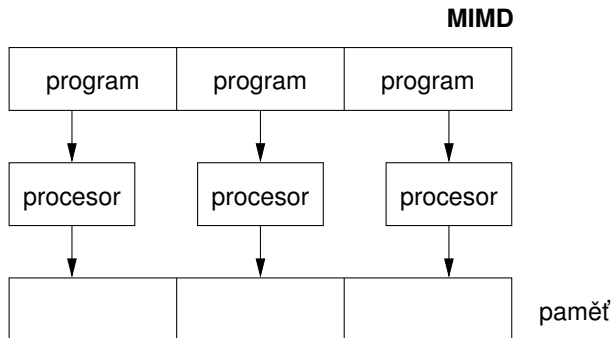
Informativní



SIMD



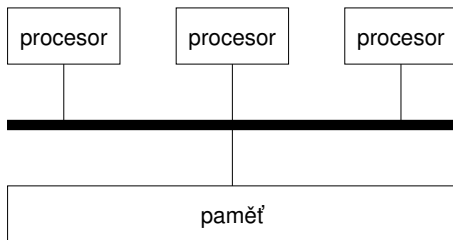
MIMD



Informativní



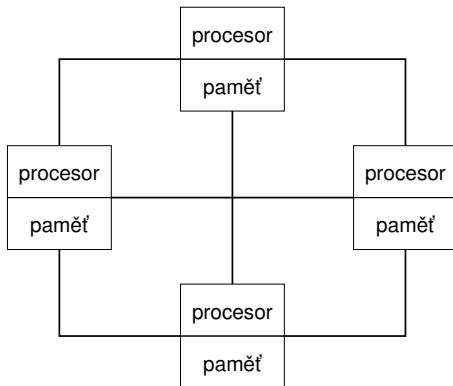
Systémy se sdílenou pamětí



- Procesory komunikují prostřednictvím sdíleného paměťového prostoru.
- Mohou tak také synchronizovat své aktivity → problém exkluzivního přístupu do paměti.



Systémy s distribuovanou pamětí



Není problém s exkluzivitou přístupu do paměti, naopak je nutné řešit komunikační problém přímými komunikačními kanály mezi procesory.



Úloha operačního systému

- Operační systém integruje a synchronizuje práci procesorů, odděluje uživatele od fyzické architektury.
- Operační systém poskytuje:
 - Prostředky pro tvorbu a rušení procesů.
 - Prostředky pro správu více procesorů a procesů, rozvrhování procesů na procesory.
 - Systém sdílené paměti s mechanismem řízení.
 - Mechanismy mezi-procesní komunikace.
 - Mechanismy synchronizace procesů.

- V rámci spuštěného Java programu plní virtuální stroj JVM spolu se základními knihovnami JDK roli operačního systému

Zapouzdřuje přístup k hw (službám OS)

- To co platí pro procesy na úrovni OS platí analogicky pro samostatné výpočetní toky v rámci JVM

V Javě se jedná o vlákna



Úloha operačního systému

- Operační systém integruje a synchronizuje práci procesorů, odděluje uživatele od fyzické architektury.
- Operační systém poskytuje:
 - Prostředky pro tvorbu a rušení procesů.
 - Prostředky pro správu více procesorů a procesů, rozvrhování procesů na procesory.
 - Systém sdílené paměti s mechanismem řízení.
 - Mechanismy mezi-procesní komunikace.
 - Mechanismy synchronizace procesů.
- V rámci spuštěného Java programu plní virtuální stroj **JVM** spolu se základními knihovnami **JDK** roli operačního systému
 - Zapouzdřuje přístup k hw (službám OS)*
- To co platí pro procesy na úrovni OS platí analogicky pro samostatné výpočetní toky v rámci **JVM**

V Javě se jedná o vlákna



Úloha operačního systému

- Operační systém integruje a synchronizuje práci procesorů, odděluje uživatele od fyzické architektury.
- Operační systém poskytuje:
 - Prostředky pro tvorbu a rušení procesů.
 - Prostředky pro správu více procesorů a procesů, rozvrhování procesů na procesory.
 - Systém sdílené paměti s mechanismem řízení.
 - Mechanismy mezi-procesní komunikace.
 - Mechanismy synchronizace procesů.
- V rámci spuštěného Java programu plní virtuální stroj **JVM** spolu se základními knihovnami **JDK** roli operačního systému
 - Zapouzdřuje přístup k hw (službám OS)*
- To co platí pro procesy na úrovni OS platí analogicky pro samostatné výpočetní toky v rámci **JVM**

V Javě se jedná o vlákna



Paralelní zpracování a programovací jazyky

- Z pohledu paralelního zpracování lze programovací jazyky rozdělit na dvě skupiny

1. Jazyky bez explicitní podpory paralelismu

- Paralelní zpracování ponechat na překladači a operačním systému

Např. automatická „vektorizace“

- Paralelní konstrukce explicitně označit pro kompilátor.

Např. OpenMP

- Využití služeb operačního systému pro paralelní zpracování.

2. Jazyky s explicitní podporou paralelismu

- Nabízejí výrazové prostředky pro vznik nového procesu (výpočetního toku)

Granularita procesů - od paralelismu na úrovni instrukcí až po paralelismus na úrovni programů.



Obsah

Paralelismus a operační systém

Proces a stavy procesu

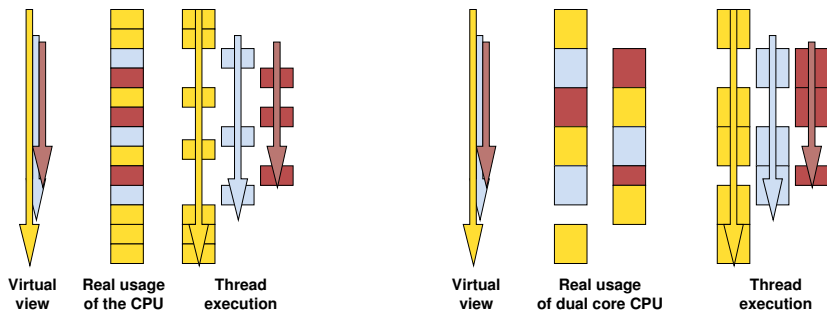
Víceprocesorové systémy

Synchronizace výpočetních toků



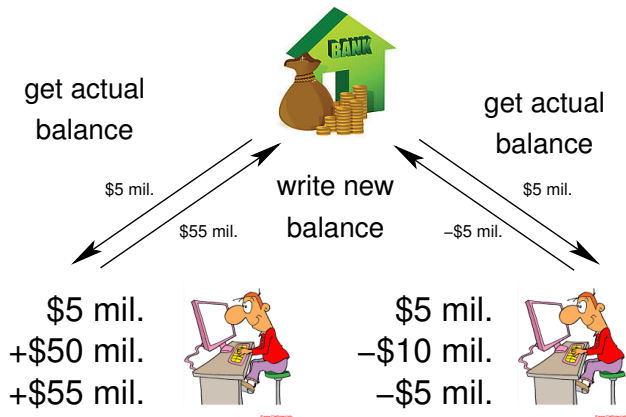
Synchronizace výpočetních toků

- Klíčovým problémem paralelního programování je jak zajistit efektivní sdílení prostředků a zabránit kolizi
- Je nutné řešení problémů vzniklých z možného paralelního běhu bez ohledu na to zdali se jedná o skutečně paralelní nebo pseudo-paralelní prostředí



Problém souběhu – příklad

- Současná aktualizace zůstatku na účtě může vést bez exkluzivního přístupu k různým výsledkům

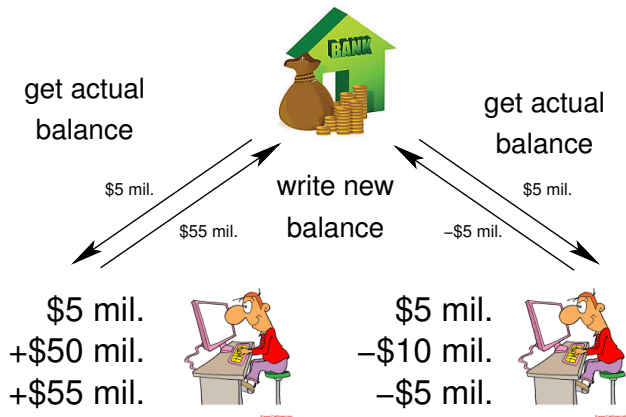


Je nutné zajistit alokování zdrojů a exkluzivní (synchronizovaný) přístup jednotlivých procesů ke sdílenému prostředku (bankovnímu účtu).



Problém souběhu – příklad

- Současná aktualizace zůstatku na účtě může vést bez exkluzivního přístupu k různým výsledkům



Je nutné zajistit alokování zdrojů a exkluzivní (synchronizovaný) přístup jednotlivých procesů ke sdílenému prostředku (bankovnímu účtu).



Semaforey

- Základním prostředkem pro synchronizaci v modelu se sdílenou pamětí je **Semafor** *E. W. Dijkstra*
- Semafor je proměnná typu integer, přístupná operacemi:
 - *InitSem* - inicializace.
 - *Wait* - $\begin{cases} S > 0 - S = S - 1 \\ \text{jinak} - \text{pozastavuje činnost volajícího procesu.} \end{cases}$
 - *Signal* - $\begin{cases} \text{probudí nějaký čekající proces pokud existuje} \\ \text{jinak} - S = S + 1. \end{cases}$
- Semaforey se používají pro přístup ke sdíleným zdrojům.
 - $S < 0$ - sdílený prostředek je používán. Proces žádá o přístup a čeká na uvolnění.
 - $S > 0$ - sdílený prostředek je volný. Proces uvolňuje prostředek.



Implementace semaforů

- Práce se semaforem musí být atomická, procesor nemůže být přerušen.
- Strojová instrukce *TestAndSet* přečte a zapamatuje obsah adresované paměťové lokace a nastaví tuto lokaci na nenulovou hodnotu.
- Během provádění instrukce *TestAndSet* drží procesor sběrnici a přístup do paměti tak není povolen jinému procesoru.

Informativní



Použití semaforů

- Ošetření kritické sekce, tj. části programu vyžadující výhradní přístup ke sdílené paměti (prostředku).

Příklad ošetření kritické sekce semaforu

```
InitSem(S,1);  
Wait(S);  
/* Kód kritické sekce */  
Signal(S);
```

- Synchronizace procesů semaforu.

Příklad synchronizace procesů

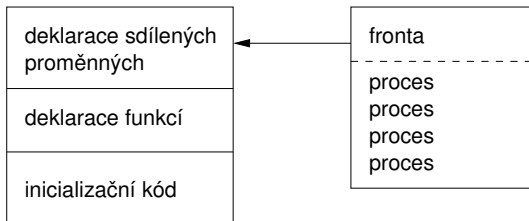
```
/* process p */  
...  
InitSem(S,0)  
Wait(S); ...  
exit();  
  
/* process q */  
Signal(S); exit();
```

Proces p čeká na ukončení procesu q.



Monitory

- Monitor - jazyková konstrukce zapouzdřující data a operace nad daty s exkluzivním přístupem.
- Přístup k funkcím v monitoru má v daném okamžiku pouze jediný proces.



- Přístup k monitoru je realizován podmínkovými proměnnými. Ke každé proměnné existuje fronta čekajících procesů.

V Javě je synchronizace řešena právě mechanismem monitorů – jako monitor může vystupovat libovolný objekt



Část II

Část 2 – Vícevláknové aplikace



Obsah

Vlákna - terminologie, použití

Vícevláknové aplikace v operačním systému

Vlákna v Javě



Co jsou vlákna?

- Vlákno - Thread.
- Vlákno je **samostatně** prováděný **výpočetní tok**.
- Vlákna běží v rámci procesu.
- Vlákna jednoho procesu běží v rámci stejného prostoru paměti.
- Každé vlákno má vyhrazený prostor pro specifické proměnné (*runtime prostředí*).



Kdy vlákna použít?

„Vlákna jsou lehčí variantou procesů, navíc sdílejí paměťový prostor.“

- Efektivnější využití zdrojů.

Příklad

Čeká-li proces na přístup ke zdroji, předává řízení jinému procesu. Čeká-li vlákno procesu na přístup ke zdroji, může jiné vlákno téhož procesu využít časového kvanta přidělené procesu.

- Reakce na asynchronní události.

Příklad

Během čekání na externí událost (v blokováném režimu), může proces využít CPU v jiném vlákně.



Příklady použití vláken

- Vstupně výstupní operace.

Příklad

Vstupně výstupní operace mohou trvat relativně dlouhou dobu, která většinou znamená nějaký druh čekání. Během komunikace, lze využít přidělený procesor na výpočetně náročné operace.

- Interakce grafického rozhraní.

Příklad

Grafické rozhraní vyžaduje okamžité reakce pro příjemnou interakci uživatele s naší aplikací. Interakce generují události, které ovlivňují běh aplikace. Výpočetně náročné úlohy, nesmí způsobit snížení interakce rozhraní s uživatelem.



Příklady použití vláken

- **Vstupně výstupní operace.**

Příklad

Vstupně výstupní operace mohou trvat relativně dlouhou dobu, která většinou znamená nějaký druh čekání. Během komunikace, lze využít přidělený procesor na výpočetně náročné operace.

- Interakce grafického rozhraní.

Příklad

Grafické rozhraní vyžaduje okamžité reakce pro příjemnou interakci uživatele s naší aplikací. Interakce generují události, které ovlivňují běh aplikace. Výpočetně náročné úlohy, nesmí způsobit snížení interakce rozhraní s uživatelem.



Příklady použití vláken

- Vstupně výstupní operace.

Příklad

Vstupně výstupní operace mohou trvat relativně dlouhou dobu, která většinou znamená nějaký druh čekání. Během komunikace, lze využít přidělený procesor na výpočetně náročné operace.

- Interakce grafického rozhraní.

Příklad

Grafické rozhraní vyžaduje okamžité reakce pro příjemnou interakci uživatele s naší aplikací. Interakce generují události, které ovlivňují běh aplikace. Výpočetně náročné úlohy, nesmí způsobit snížení interakce rozhraní s uživatelem.



Obsah

Vlákna - terminologie, použití

Vícevláknové aplikace v operačním systému

Vlákna v Javě



Vlákna a procesy

Procesy

- Výpočetní tok.
- Běží ve vlastním paměťovém prostoru.
- Entita OS.
- Synchronizace entitami OS (IPC).
- Přidělení CPU, rozvrhovačem OS.
- Časová náročnost vytvoření procesu.

Vlákna procesu

- Výpočetní tok.
- Běží ve společném paměťovém prostoru.
- Uživatelská nebo OS entita.
- Synchronizace exkluzivním přístupem k proměnným.
- Přidělení CPU, v rámci časového kvanta procesu.
- + Vytvoření vlákna je méně časově náročné.



Vícevláknové a víceprocesové aplikace

Vícevláknová aplikace má oproti více procesové aplikaci výhody:

- Aplikace je mnohem interaktivnější.
- Snadnější a rychlejší komunikace mezi vlákny (stejný paměťový prostor).

Nevýhody:

- Distribuce výpočetních vláken na různé výpočetní systémy (počítače).

Na jednoprocessorových systémech vícevláknové aplikace lépe využívají CPU.



Příklad výpisu procesů a jim příslušejících vláken

```

TOP
last pid: 1667; load averages: 2.52, 1.13, 0.62 up 0+00:21:43 20:37:44
135 processes: 5 running, 130 sleeping
CPU: 99.0% user, 0.2% nice, 0.6% system, 0.2% interrupt, 0.0% idle
Mem: 340M Active, 2720M Inact, 717M Wired, 12M Cache, 407M Buf, 27M Free
ARC: 25M Total, 33K MFU, 24M MRU, 48K Anon, 112K Header, 720K Other
Swap: 2048M Total, 2444K Used, 2045M Free

```

PID	USERNAME	PRI	NICE	SIZE	RES	STATE	C	TIME	WCPU	COMMAND
1612	jf	92	0	1058M	21156K	CPU0	0	0:55	71.29%	java{java}
1612	jf	92	0	1058M	21156K	RUN	1	0:55	62.60%	java{java}
1612	jf	91	0	1058M	21156K	RUN	1	0:55	62.06%	java{java}
1569	jf	27	5	323M	97100K	select	1	0:05	2.88%	gimp-2.8{gimp-
874	root	21	0	919M	45916K	select	0	0:17	1.95%	Xorg
1023	jf	21	0	323M	41204K	select	1	0:19	1.27%	owncloud{owncl
1125	jf	20	0	216M	16124K	uwait	0	0:05	0.29%	mocp{mocp}
1095	jf	28	0	61508K	7512K	select	1	0:56	0.00%	mc
1088	jf	25	5	90424K	13896K	select	0	0:15	0.00%	xpdf
1014	jf	20	0	201M	33888K	select	0	0:06	0.00%	gkrellm{gkrell
1081	jf	20	0	109M	19544K	select	1	0:02	0.00%	urxvt
1092	jf	20	0	23908K	2800K	select	0	0:02	0.00%	tmux
997	jf	20	0	183M	29684K	select	1	0:01	0.00%	openbox
1023	jf	20	0	323M	41204K	select	1	0:01	0.00%	owncloud{owncl
1023	jf	21	0	323M	41204K	kqread	0	0:01	0.00%	owncloud{owncl
1572	jf	52	5	193M	33892K	select	1	0:01	0.00%	script-fu

Jeden proces může být rozdělen na více vláken, která jsou v tomto případě rozvrhována operačním systémem na dostupné procesory.



Vlákna v operačním systému

- Vlákna běží v rámci výpočetního toku procesu.
- S ohledem na realizaci se mohou nacházet:
 - V uživatelském prostoru procesu. Realizace vláken je na úrovni knihovních funkcí. Vlákna nevyžadují zvláštní podporu OS, jsou rozvrhována uživatelským knihovním rozvrhovačem. Nevyužívají více procesorů.
 - V prostoru jádra OS. Tvoří entitu OS a jsou také rozvrhována systémovým rozvrhovačem. Mohou paralelně běžet na více procesorech.



Vlákna v operačním systému

- Vlákna běží v rámci výpočetního toku procesu.
- S ohledem na realizaci se mohou nacházet:
 - **V uživatelském prostoru procesu.** Realizace vláken je na úrovni knihovních funkcí. Vlákna nevyžadují zvláštní podporu OS, jsou rozvrhována uživatelským knihovním rozvrhovačem. Nevyužívají více procesorů.
 - V prostoru jádra OS. Tvoří entitu OS a jsou také rozvrhována systémovým rozvrhovačem. Mohou paralelně běžet na více procesorech.

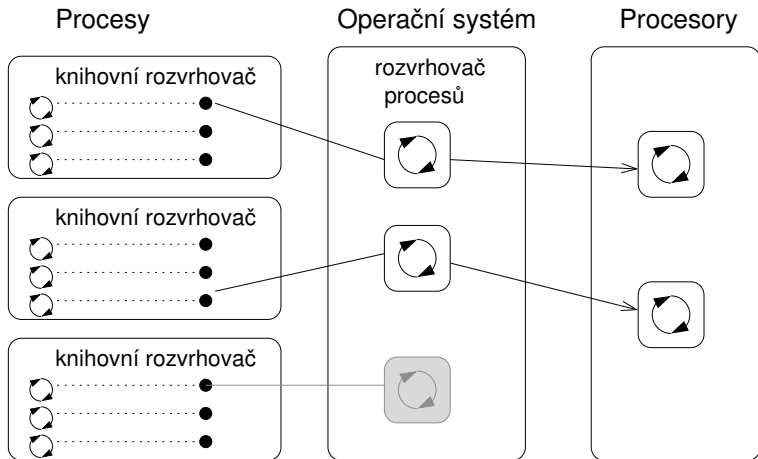


Vlákna v operačním systému

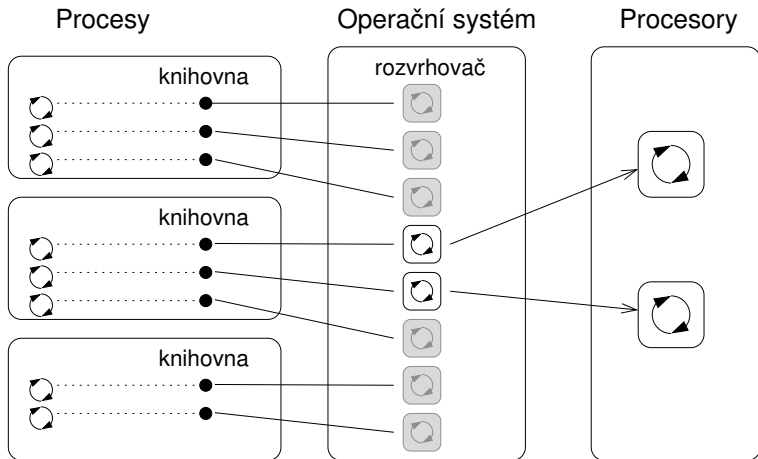
- Vlákna běží v rámci výpočetního toku procesu.
- S ohledem na realizaci se mohou nacházet:
 - V uživatelském prostoru procesu. Realizace vláken je na úrovni knihovních funkcí. Vlákna nevyžadují zvláštní podporu OS, jsou rozvrhována uživatelským knihovním rozvrhovačem. Nevyužívají více procesorů.
 - **V prostoru jádra OS.** Tvoří entitu OS a jsou také rozvrhována systémovým rozvrhovačem. Mohou paralelně běžet na více procesorech.



Vlákna v uživatelském prostoru



Vlákna v prostoru jádra operačního systému



Uživatelský vs jaderný prostor vláken

Uživatelský prostor

- + Není potřeba podpory OS.
- + Vytvoření nepotřebuje náročné systémové volání.
- Priority vláken se uplatňují pouze v rámci přiděleného časového kvanta procesu.
- Nemohou běžet paralelně.

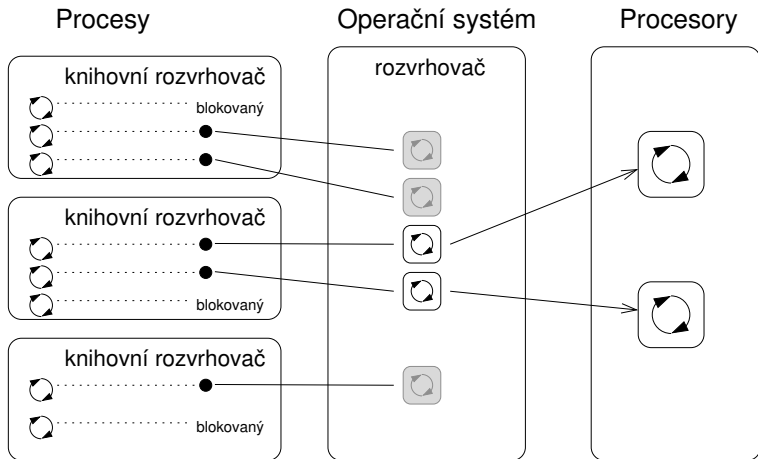
Prostor jádra

- + Vlákna jsou rozvrhována kompetitivně v rámci všech vláken v systému.
- + Vlákna mohou běžet paralelně.
- Vytvoření vláken je časově náročnější.

Vyšší počet vláken, které jsou rozvrhována OS mohou zvyšovat režii.
Moderní operační systémy implementují „ $O(1)$ rozvrhovače”.



Kombinace uživatelského a jaderného prostoru



Obsah

Vlákna - terminologie, použití

Vícevláknové aplikace v operačním systému

Vlákna v Javě



Vlákna v Javě

- Objekt třídy odvozené od třídy **Thread**
- Tělo nezávislého výpočetního toku vlákna definujeme v metodě **public void run()**

Overriding

- Metodu **run** nespouštíme přímo!
- Pro spuštění vlákna slouží metoda **start()**, která zajistí vytvoření vlákna a jeho rozvrhování
- Vlákno můžeme pojmenovat předáním jména nadřazené třídě v konstruktoru

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/concurrency/index.html>



Příklad vlákna

```
public class Worker extends Thread {
    private final int numberOfJobs;

    public Worker(int id, int jobs) {
        super("Worker " + id);
        myID = id;
        numberOfJobs = jobs;
        stop = false;
        System.out.println("Worker id: " + id + " has
        been created threadID:" + getId());
    }

    public void run() {
        doWork();
    }
}
```



Příklad vytvoření a spuštění vlákna

- Vlákno vytvoříme novou instancí třídy `Worker`
- Spuštění vlákna provedeme metodou `start()`

```
Worker thread = new Worker(1, 10);  
thread.start(); //new thread is created  
System.out.println("Program continues here");
```

- Po spuštění vlákna pokračuje program ve vykonávání další instrukce.
- Tělo metody `run()` objektu `thread` běží v samostatném vlákně.



Vytvoření vlákna implementací rozhraní **Runnable** 1/2

- V případě, že nelze použít dědění od **Thread**, implementujeme rozhraní **Runnable** předepisující metodu **run()**

```
public class WorkerRunnable implements Runnable {  
    private final int id;  
    private final int numberOfJobs;  
  
    public WorkerRunnable(int id, int jobs) {  
        this.id = id;  
        numberOfJobs = jobs;  
    }  
    public String getName() {  
        return "WorkerRunnable " + id;  
    }  
    @Override  
    public void run() { ... }  
}
```



Vytvoření vlákna implementací rozhraní **Runnable** 2/2

- Vytvoření vlákna a spuštění je přes instanci třídy **Thread**

```
WorkerRunnable worker = new WorkerRunnable(1, 10);  
Thread thread = new Thread(worker, worker.getName());  
thread.start();
```

- Aktuální výpočetní tok (vlákno) lze zjistit voláním **Thread.currentThread()**

```
public void run() {  
    Thread thread = Thread.currentThread();  
    for (int i = 0; i < numberOfJobs; ++i) {  
        System.out.println("Thread name: " + thread.  
            getName());  
    }  
}
```

lec05/WorkerRunnable



Vlákna v Javě – metody třídy Thread

- **String getName()** – jméno vlákna
- **boolean isAlive()** – test zdali vlákno běží
- **void join()** – pozastaví volající vlákno dokud příslušné vlákno není ukončeno
- **static void sleep()** – pozastaví vlákno na určenou dobu

- **int getPriority()** – priorita vlákna
- **static void yield()** – vynutí předání řízení jinému vláknu



Příklad čekání na ukončení činnosti vlákna – 1/2

- Vytvoříme třídu `DemoThreads`, která spustí „výpočet“ v `numberOfThreads` paralelně běžících vláknech

```
ArrayList<Worker> threads = new ArrayList();  
for (int i = 0; i < numberOfThreads; ++i) {  
    threads.add(new Worker(i, 10));  
}  
// start threads  
for (Thread thread : threads) {  
    thread.start();  
}
```

- Po skončení hlavního vlákna program (JVM) automaticky čeká až jsou ukončena všechna vlákna
- Tomu můžeme zabránit nastavením vlákna do tzv. `Daemon` režimu voláním `setDaemon(true)`



Příklad čekání na ukončení činnosti vlákna – 2/2

- Nastavíme vlákna před spuštěním

```
for (Thread thread : threads) {  
    thread.setDaemon(true);  
    thread.start();  
}
```

V tomto případě se aplikace ihned ukončí.

- Pro čekání na ukončení vláken můžeme explicitně použít metodu `join()`.

```
try {  
    for (Thread thread : threads) {  
        thread.join();  
    }  
} catch (InterruptedException e) {  
    System.out.println("Waiting for the thread ...");  
}
```

lec05/DemoThreads



Příklad čekání na ukončení činnosti vlákna – 2/2

- Nastavíme vlákna před spuštěním

```
for (Thread thread : threads) {  
    thread.setDaemon(true);  
    thread.start();  
}
```

V tomto případě se aplikace ihned ukončí.

- Pro čekání na ukončení vláken můžeme explicitně použít metodu `join()`.

```
try {  
    for (Thread thread : threads) {  
        thread.join();  
    }  
} catch (InterruptedException e) {  
    System.out.println("Waiting for the thread ...");  
}
```

lec05/DemoThreads



Ukončení činnosti vlákna

- Činnost vlákna můžeme ukončit „zasláním (vlastní) zprávy” výpočetnímu toku s „žádostí” o přerušení činnosti

V zásadě jediný korektní způsobem

- Ve vláknech **musíme** implementovat mechanismus detekce žádosti o přerušení činnosti, např. nastavení příznakové proměnné `stop` a rozdělením výpočtu na menší části

```
public class Worker extends Thread {
    ...
    private boolean stop;

    public Worker(int id, int jobs) {
        ...
        stop = false;
    }

    public void run() {
        for (int i = 0; i < numberOfJobs; ++i) {
            if (stop) {
                break;
            }
            doWork();
        }
    }
}
```



Přístup ke „sdílené proměnné“ z více vláken

- Žádost o ukončení implementujeme v metodě **shutdown**, kde nastavíme proměnnou **stop**

```
public void shutdown() {  
    stop = true;  
}
```

- Přístup k základní proměnné je atomický a souběh tak „netřeba“ řešit
- Překladač a virtuální stroj (JVM) musíme informovat, že se hodnota proměnné může nezávisle měnit ve více vláknech —použitím klíčového slova **volatile**

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/concurrency/atomic.html>

<http://www.root.cz/clanky/>

[pohled-pod-kapotu-jvm-zaklady-optimalizace-aplikaci-naprogramovanych-v-jave-4/](#)

- Například:

```
private volatile boolean stop;
```



Příklad – Odložené ukončení vláken

- Příklad s vlákny `DemoThreads` rozšíříme o explicitní ukončení vláken po definované době
- Vytvoříme třídu `ThreadKiller`, která ukončí vlákna po `timeout` sekundách

```
public class ThreadKiller implements Runnable {
    ArrayList<Worker> threads;
    int timeout;
    public ThreadKiller(ArrayList<Worker> threads, int time) ...
    @Override
    public void run() {
        try {
            Thread.sleep(timeout * 1000);
            System.out.println("ThreadKiller ...");
            for (Worker thread : threads) {
                thread.shutdown();
            }
            for (Worker thread : threads) {
                thread.join();
            }
        } catch (InterruptedException e) { ... }
    }
}
```



Synchronizace činnosti vláken – **monitor**

- V případě spolupracujících vláken je nutné řešit problém sdílení datového prostoru
 - Řešení problému souběhu – tj. problém současného přístupu na datové položky z různých vláken
- Řešením je využít kritické sekce – **monitor**
 - Objekt, který vláknu „zpřístupní“ sdílený zdroj

Můžeme si představit jako zámek.
 - V daném okamžiku aktivně umožní monitor používat jen jedno vlákno
 - Pro daný časový interval vlákno vlastní příslušný monitor – monitor smí „vlastnit“ vždy jen jedno vlákno
 - Vlákno běží, jen když vlastní příslušný monitor, jinak čeká
- V Javě mohou mít všechny objekty svůj monitor
- Libovolný objekt tak můžeme použít pro definici **kritické sekce**



Kritická sekce – `synchronized`

- Kritickou sekci deklaruujeme příkazem `synchronized` s jediným argumentem objektu (referenční proměnné) definující příslušným monitor

```
Object monitor = new Object();
synchronized(monitor) {
    //Critical section protected
    //by the monitor
}
```

- Vstup do kritické sekce je umožněn pouze jedinému vláknu
 - Vlákno, které první vstoupí do kritické sekce může používat zdroje „chráněné“ daným monitorem
 - Ostatní vlákna čekají, dokud aktivní vlákno neopustí kritickou sekci a tím uvolní zámek

Případně zavolá `wait`



Synchronizované metody

- Metody třídy můžeme deklarovat jako synchronizované, např.

```
class MyObject {  
    public synchronized void useResources() {  
        ...  
    }  
}
```

- Přístup k nim je pak chráněn monitorem objektu příslušné instance třídy (**this**), což odpovídá definování kritické sekce

```
public void useResources() {  
    synchronized(this) {  
        ...  
    }  
}
```

Deklarací metody jako synchronizované informujeme uživatele, že metoda je synchronizovaná bez nutnosti čtení zdrojového kódu.



Komunikace mezi vlákny

- Vlákna jsou objekty a ty si mohou zasílat zprávy (volání metod)
- Každý objekt (monitor) navíc implementuje metody pro explicitní ovládání a komunikaci mezi vlákny:
 - `wait` – dočasně pozastaví vlákno do doby než je probuzeno metodou `notify` nebo `notifyAll`, nebo po určené době
Uvolňuje příslušný zablokovaný monitor
 - `notify` – probouzí pozastavené vlákno metodou `wait()`, čeká-li více vláken není určeno, které vlákno převezme monitor
 - `notifyAll` – probouzí všechna vlákna pozastavena metodou `wait()`

Monitoru se zmocní vlákno s nejvyšší prioritou



Priority vláken

- `setPriority` – nastavení priority
- `getPriority` – zjištění priority
- Hodnoty priority – `MAX_PRIORITY`, `MIN_PRIORITY`, `NORM_PRIORITY`
- Předání řízení lze vynutit voláním `yield()`



Část III

Část 3 – Využití vláken v GUI



Obsah

Vlákna v GUI (Swing)

Rozšíření výpočetního modulu v aplikaci DemoBarComp o vlákno

Návrhový vzor Observer

Využití třídy SwingWorker



Vlákna v GUI (Swing)

- Vlákna můžeme použít v libovolné aplikaci a tedy i v aplikaci s GUI.
- Vykreslování komponent Swing se děje v samostatném vlákně vytvořeném při inicializaci toolkitu
- Proto je vhodné aktualizaci rozhraní realizovat notifikací tohoto vlákna z jiného

Snažíme se pokud možno vyhnout asynchronnímu překreslování z více vláken – race condition

- Zároveň se snažíme oddělit grafickou část od výpočetní (datové) části aplikace (MVC)

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/uiswing/concurrency>



Obsah

Vlákna v GUI (Swing)

Rozšíření výpočetního modulu v aplikaci DemoBarComp o vlákno

Návrhový vzor Observer

Využití třídy SwingWorker



Samostatné výpočetní vlákno pro výpočetní model v aplikaci DemoBarComp

- Třidu `Model` rozšíříme o rozhraní `Runnable`
- Vytvoříme novou třídu `ThreadModel`
 - Voláním metody `compute` spustíme samostatné vlákno
 - Musíme zabránit opakovanému vytváření vlákna
 - Metodu uděláme synchronizovanou

Příznak `computing`

- Po stisku tlačítka stop ukončíme vlákno

Implementujeme třídu `StopListener`

- Ve třídě `ThreadModel` implementuje metodu `stopComputation`

Nastaví příznak ukončení výpočetní smyčky `end`

`lec05/DemoBarComp-simplethread`

Po spuštění výpočtu je GUI aktivní, ale neaktualizuje se *progress bar*, je nutné vytvořit vazbu s výpočetního vlákna – použijeme návrhový vzor **Observer**



Obsah

Vlákna v GUI (Swing)

Rozšíření výpočetního modulu v aplikaci DemoBarComp o vlákno

Návrhový vzor Observer

Využití třídy SwingWorker



Návrhový vzor **Observer**

- Realizuje abstraktní vazbu mezi objektem a množinou pozorovatelů
- Pozorovatel je předplatitel (*subscriber*) změn objektu
- Předplatitelé se musejí registrovat k pozorovanému objektu
- Objekt pak informuje (notifikuje) pozorovatele o změnách
- V Javě je řešen dvojicí třídy **Observable** a **Observer**



Výpočetní model jako **Observable** objekt 1/4

- **Observable** je abstraktní třídy
- **ThreadModel** již dědí od **Model**, proto vytvoříme nový **Observable** objekt jako instanci privátní třídy **UpdateNotificator**
- Objekt **UpdateNotificator** použijeme k notifikaci registrovaných pozorovatelů

```
public class ThreadModel extends Model implements
    Runnable {
    private class UpdateNotificator extends Observable {
        private void update() {
            setChanged();           // force subject change
            notifyObservers();      // notify reg. observers
        }
    }
    UpdateNotificator updateNotificator;

    public ThreadModel() {
        updateNotificator = new UpdateNotificator();
        // lec05/DemoBarComp-observer
    }
}
```



Výpočetní model jako **Observable** objekt 2/4

- Musíme zajistit rozhraní pro přihlašování a odhlašování pozorovatelů
- Zároveň nechceme měnit typ výpočetního modelu ve třídě `MyBarPanel`
- Musíme proto rozšířit původní výpočetní model `Model`

```
public class Model {
    public void unregisterObserver(Observer observer) {...}
    public void registerObserver(Observer observer) {...}
    ...
}
```

- Ve třídě `ThreadModel` implementujeme přihlašování/odhlašování odběratelů

```
@Override
public void registerObserver(Observer observer) {
    updateNotificator.addObserver(observer);
}
@Override
public void unregisterObserver(Observer observer) {
    updateNotificator.deleteObserver(observer);
}
```

lec05/DemoBarComp-observer



Výpočetní model jako **Observable** objekt 3/4

- Odběratele informujeme po dílčím výpočtu v metodě `run` třídy `ThreadModel`

```
public void run() {
    ...
    while (!computePart() && !finished) {
        updateNotificator.update();
    }
}
```

- Panel `MyBarPanel` je jediným odběratelem a implementuje rozhraní **Observer**, tj. metodu `update`

```
public class MyBarPanel extends JPanel implements
    Observer {
    @Override
    public void update(Observable o, Object arg) {
        updateProgress(); //arg can be further processed
    }
    private void updateProgress() {
        if (computation != null) {
            bar.setValue(computation.getProgress());
        }
    }
}
```

lec05/DemoBarComp-observer



Výpočetní model jako **Observable** objekt 4/4

- Napojení pozorovatele `MyBarPanel` na výpočetní model `Model` provedeme při nastavení výpočetního modelu

```
public class MyBarPanel extends JPanel implements
    Observer {
    public void setComputation(Model computation) {
        if (this.computation != null) {
            this.computation.unregisterObserver(this);
        }
        this.computation = computation;
        this.computation.registerObserver(this);
    }
}
```

- Při změně modelu nesmíme zapomenout na odhlášení od původního modelu

Nechceme dostávat aktualizace od původního modelu, pokud by dál existoval.

`lec05/DemoBarComp-observer`



Obsah

Vlákna v GUI (Swing)

Rozšíření výpočetního modulu v aplikaci DemoBarComp o vlákno

Návrhový vzor Observer

Využití třídy SwingWorker



Výpočetní vlákno ve Swing

- Alternativně můžeme využít třídu **SwingWorker**
- Ta definuje metodu **doInBackground()**, která zapouzdřuje výpočet na „pozadí“ v samostatném vláknu
 - V těle metody můžeme publikovat zprávy voláním metody **publish()**
- Automaticky se také „napojuje“ na události v „grafickém vlákne“ a můžeme předefinovat metody
 - **process()** – definuje reakci na publikované zprávy
 - **done()** – definuje reakci po skočení metody **doInBackground()**

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/uiswing/concurrency/worker.html>



Příklad použití třídy `SwingWorker` 1/3

- Vlákno třídy `SwingWorker` využijeme pro aktualizaci GUI s frekvencí 25 Hz
- V metodě `doInBackground` tak bude periodicky kontrolovat, zdali výpočetní vlákno stále běží
- Potřebujeme vhodné rozhraní třídy `Model`, proto definujeme metodu `isRunning()`

```
public class Model {
    ...
    public boolean isRunning() { ... }
}
```

Není úplně vhodné, ale vychází z postupného rozšiřování původně nevláknového výpočtu. Lze řešit využitím přímo `ThreadModel`.

- Metodu `isRunning` implementujeme ve vláknovém výpočetním modelu `ThreadModel`

```
public class ThreadModel ...
    public synchronized boolean isRunning() {
        return thread.isAlive();
    }
}
```



Příklad použití třídy `SwingWorker` 2/3

- Všechna ostatní rozšíření realizujeme pouze v rámci GUI třídy `MyBarPanel`
- Definujeme vnitřní třídu `MySwingWorker` rozšiřující `SwingWorker`

```
public class MyBarPanel extends JPanel {
    public class MySwingWorker extends SwingWorker<Integer
        , Integer> { ... }

    MySwingWorker worker;
```

- Tlačítko `Compute` připojíme k instanci `MySwingWorker`

```
private class ComputeListener implements ActionListener {
    @Override
    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        if (!worker.isDone()) { //only single worker
            status.setText("Start computation");
            worker.execute();
        }
    }
}
```

lec05/DemoBarComp-swingworker



Příklad použití třídy `SwingWorker` 3/3

- Ve třídě `MySwingWorker` definujeme napojení periodické aktualizace na *progress bar*

```
public class MySwingWorker extends SwingWorker {
    @Override
    protected Integer doInBackground() throws Exception {
        computation.compute();
        while (computation.isRunning()) {
            TimeUnit.MILLISECONDS.sleep(40); //25 Hz
            publish(new Integer(computation.getProgress()));
        }
        return 0;
    }
    protected void process(List<Integer> chunks) {
        updateProgress();
    }
    protected void done() {
        updateProgress();
    }
}
```

lec05/DemoBarComp-swingworker

- S výhodou využíváme přímého přístupu k `updateProgress`



Zvýšení interaktivity aplikace

- Po stisku tlačítka **Stop** aplikace čeká na doběhnutí výpočetního vlákna
- To nemusí být důvod k zablokování celého GUI
- Můžeme realizovat „vypnutí“ tlačítek Compute a Stop po stisku Stop
- Jejich opětovnou aktivaci můžeme odložit až po ukočení běhu výpočetního vlákna



Shrnutí přednášky



Diskutovaná témata

- Paralelní programování
 - Procesy a role operačního systému
 - Vlákna v operačním systému
 - Problém souběhu, synchronizace vláken a monitor
- Vlákna v Javě
 - Vytvoření, synchronizace a komunikace mezi vlákny
- Příklady vláken v GUI (Swing)
 - Návrhový vzor `Observer`
 - `SwingWorker`
- **Příště: Modely vícevláknových aplikace, příklady**

