Distribuovaná sdílená paměť

Přednášky z Distribuovaných systémů
Ing. Jiří Ledvina, CSc.

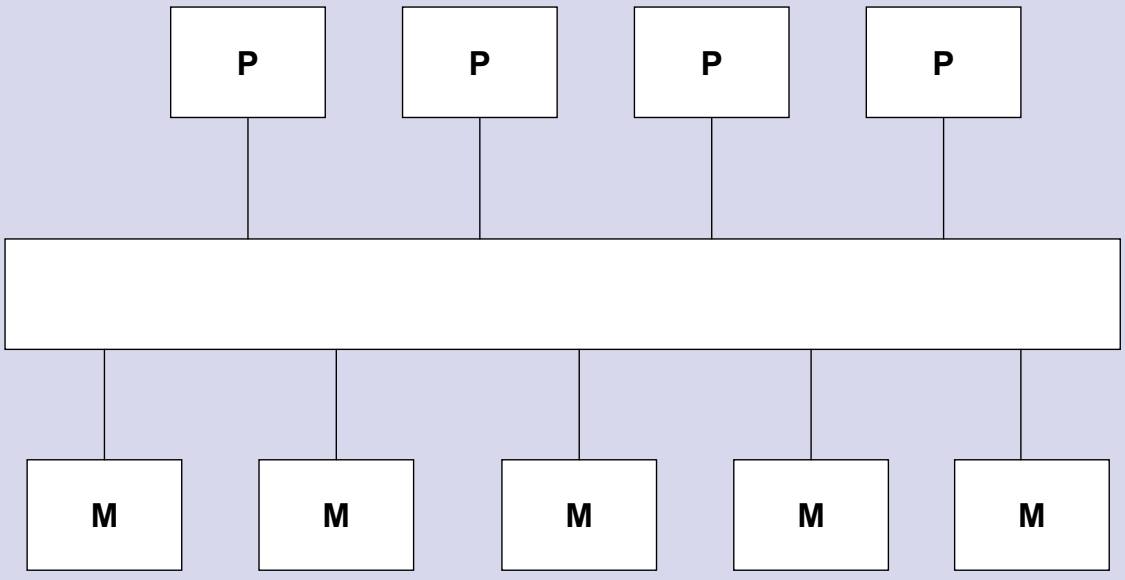
Úvod

- Sdílená paměť multiprocesorového systému
  - Jednoduchá implementace paralelního zpracování
  - Snaha o přenesení do multipočítačového prostředí
  - Distribuovaná sdílená paměť
- Systémy distribuované sdílené paměti
  - Založené na stránkách
  - Založené na sdílených proměnných
- Distribuovaná sdílená paměť
  - Soubor počítačů sdílí jeden virtuální adresní prostor

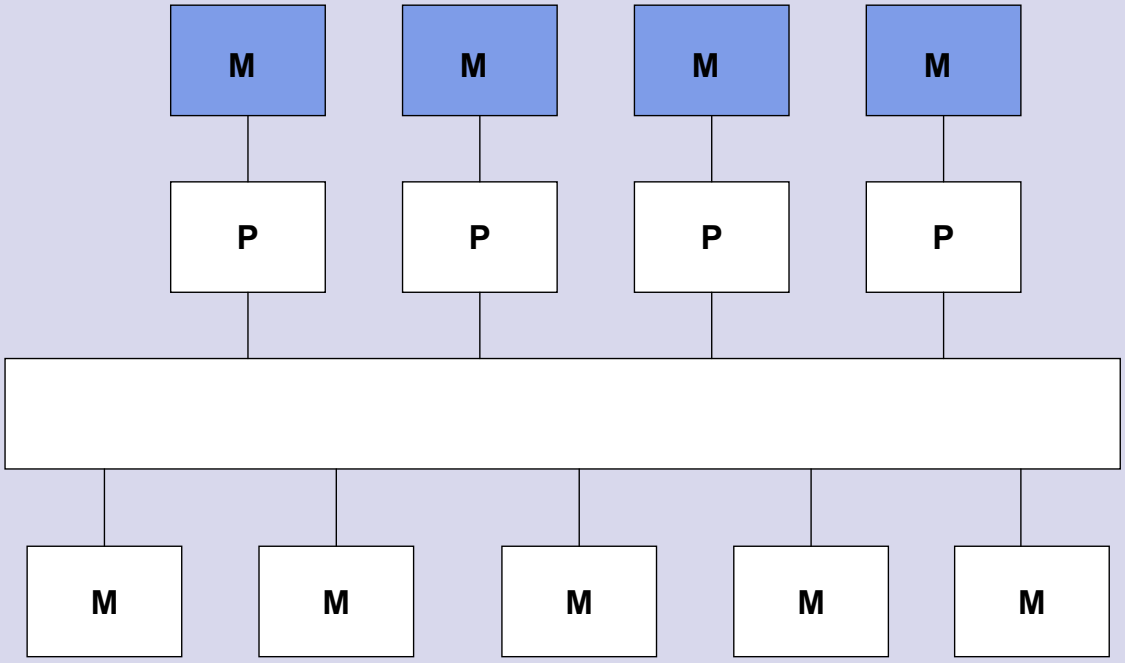
Sdílená paměť multiprocesorového systému

- Sdílená paměť v multiprocesorech
  - Vícebranná paměť
  - Sběrnicové multiprocesory
  - Multiprocesory s kruhovou organizací
  - Přepínané multiprocesory
  - NUMA – Non-Uniform Memory Access
- Implementace
  - Odkazy na lokální stránky jsou realizovány hardwarem
  - Odkazy na vzdálené stránky způsobí výpadek stránky a stránka se natáhne ze vzdáleného systému
- Optimalizace
  - Sdílení pouze vybraných částí paměti
  - Replikace sdílených proměnných na více počítačů

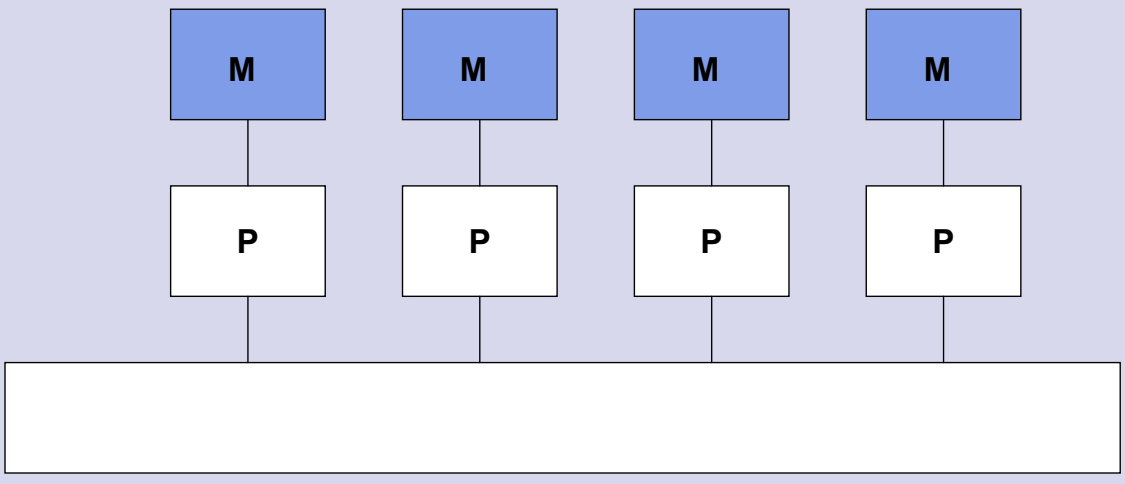
Architektura multiprocesorového systému



Architektura multiprocesorového systému



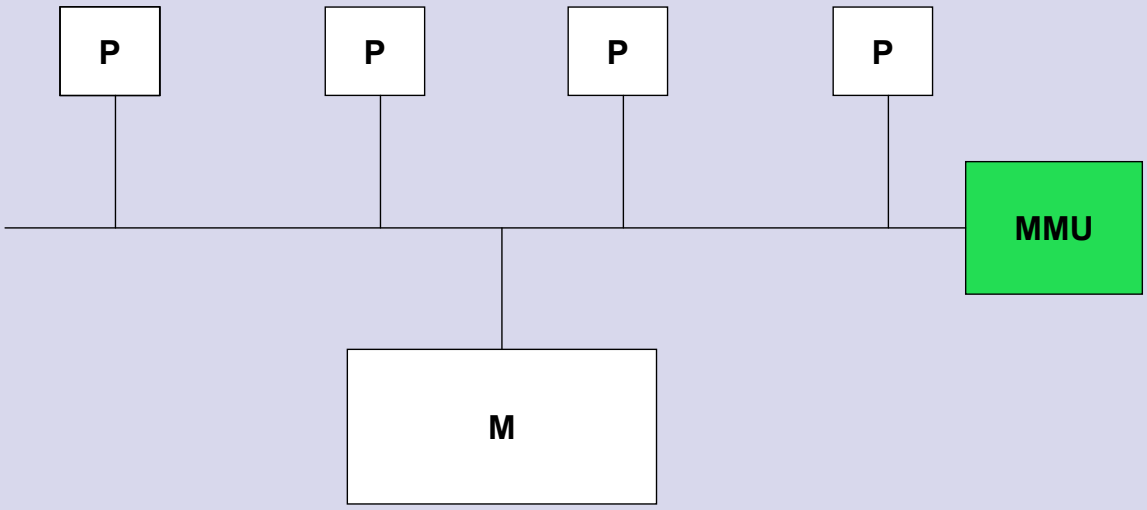
Architektura multiprocesorového systému



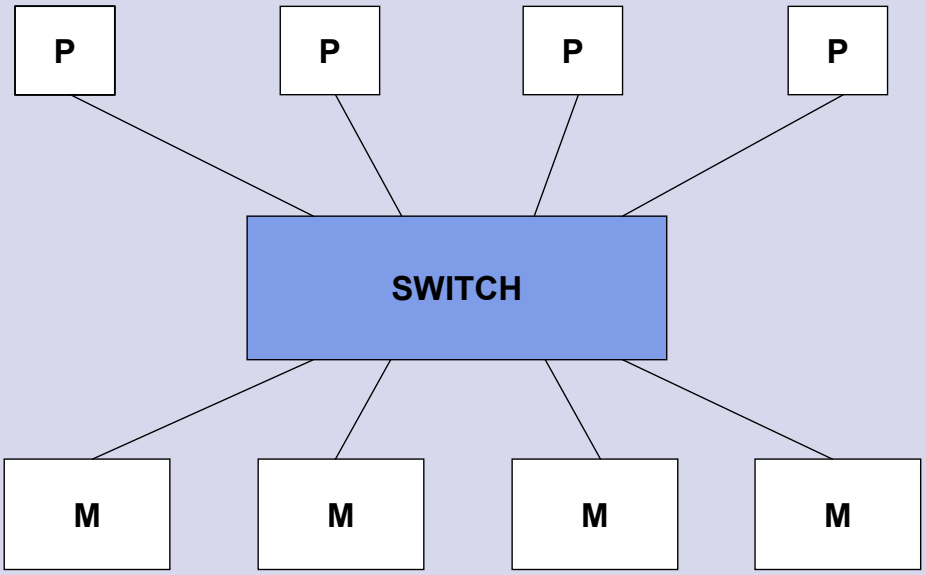
Porovnání systémů sdílené paměti

- Řízené MMU
  - Sběrnicové multiprocesory (Sequent)
  - Přepínané multiprocesory
- Řízené OS
  - NUMA architektura (Non Uniform Memory Access)
  - DSM založené na výměně stránek (Ivy)
- Řízené aplikacemi (úroveň programovacích jazyků)
  - DSM se sdílenými proměnnými (Munin)
  - Objektově orientované DSM (Orca)

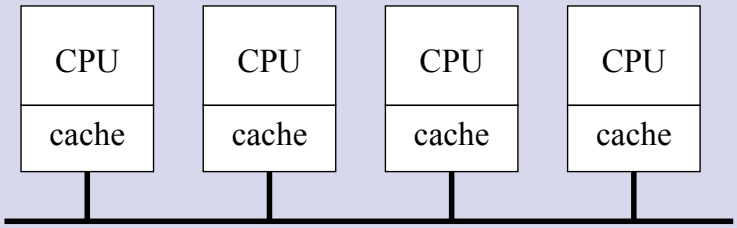
Sběrnicové multiprocesory



Přepínané multiprocesory



Sběrnicové multiprocesory

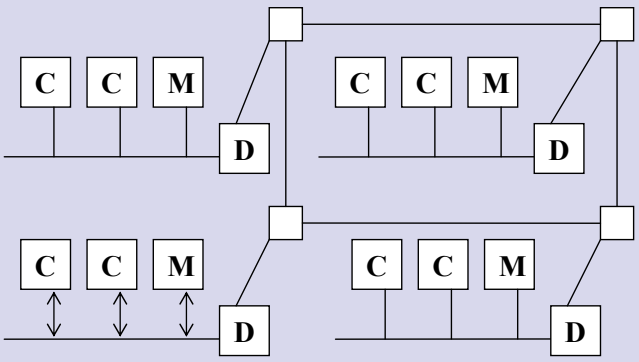


- Protokol pro udržení konzistentnosti cache
  - Write-through cache protocol
- Write through
  - Zneplatnění dat
  - „špinavá data“

Multiprocesory založené na kruhové topologii

- Bez centralizované globální paměti
- Paměťové bloky ve sdílené paměti mají home memory field
- Čtení:
  - čekání na token
  - odeslání požadavku
  - počítač který má požadovaný blok jej pošle v tokenu, mazání bitu exclusive
- Zápis:
  - lokální blok – pouze kopie, lokální zápis
    - blok je lokální – ne pouze kopie, poslání paketu zneplatnění, nastavení pole exclusive
  - blok není lokální: odeslání požadavku nebo zneplatnění

Přepínané multiprocesory

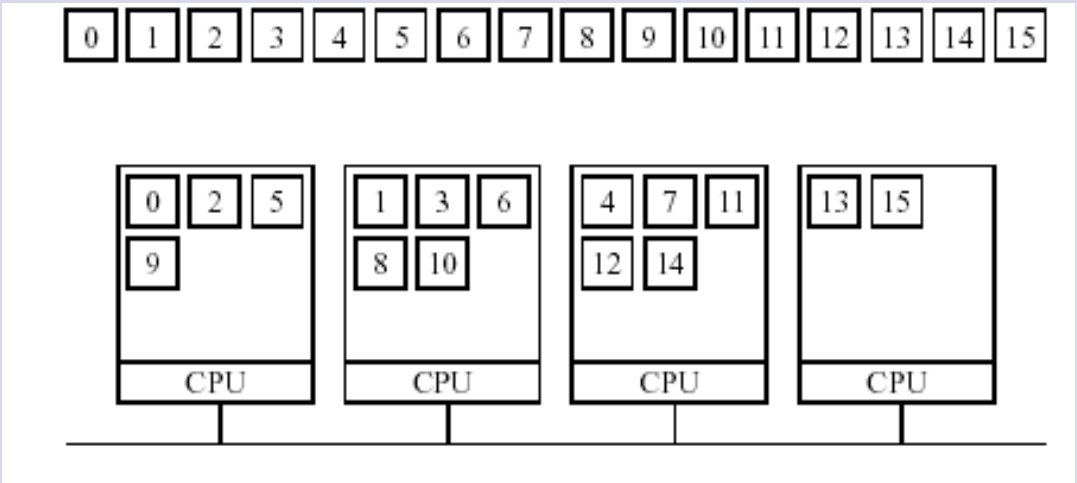


Non-uniform Memory Access (NUMA)

- NUMA
  - Procesor může přímo pracovat s lokálními i vzdálenými paměťovými místy
  - Bez podpory programového vybavení
- Pracovní stanice na síti
  - Mohou pracovat pouze s lokální pamětí
- Cíl distribuované sdílené paměti
  - Přidat software aby umožnil pracovat s multiprocesorovým kódem
  - Zjednodušit programování

Základní návrh

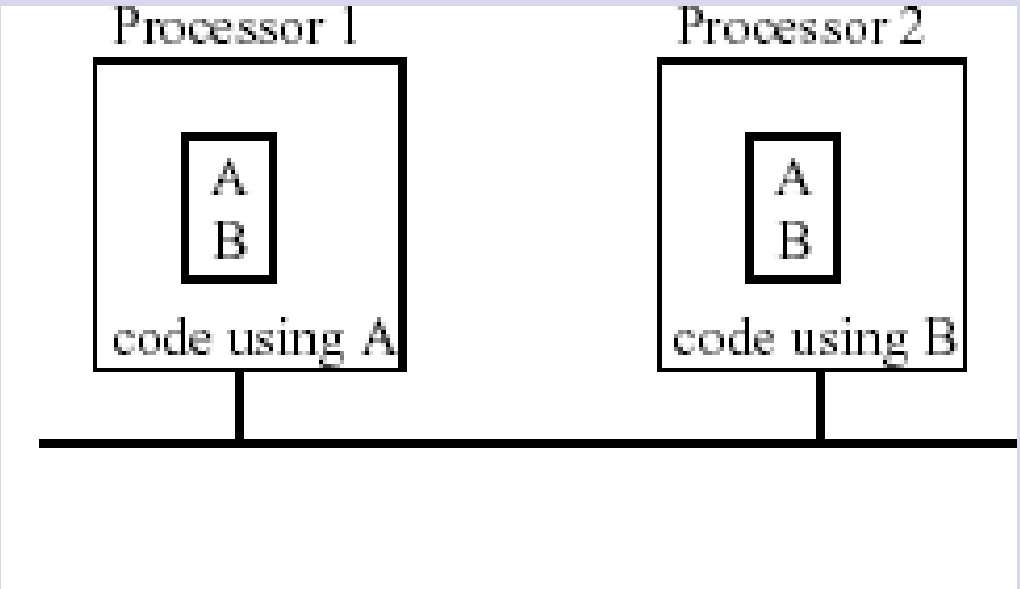
- Emulace cache multiprocesoru s použitím MMU a systémového software



Podmínky návrhu

- Replikace
  - Replikovat read/only části
  - Replikovat Read/write části
- Granularita (zrnitost)
  - Omezení: části paměti jsou násobkem stránek
  - Klady velkých částí
    - Snižují režii protokolu
    - Locality of reference
  - Zápory velkých částí
    - Falešné sdílení

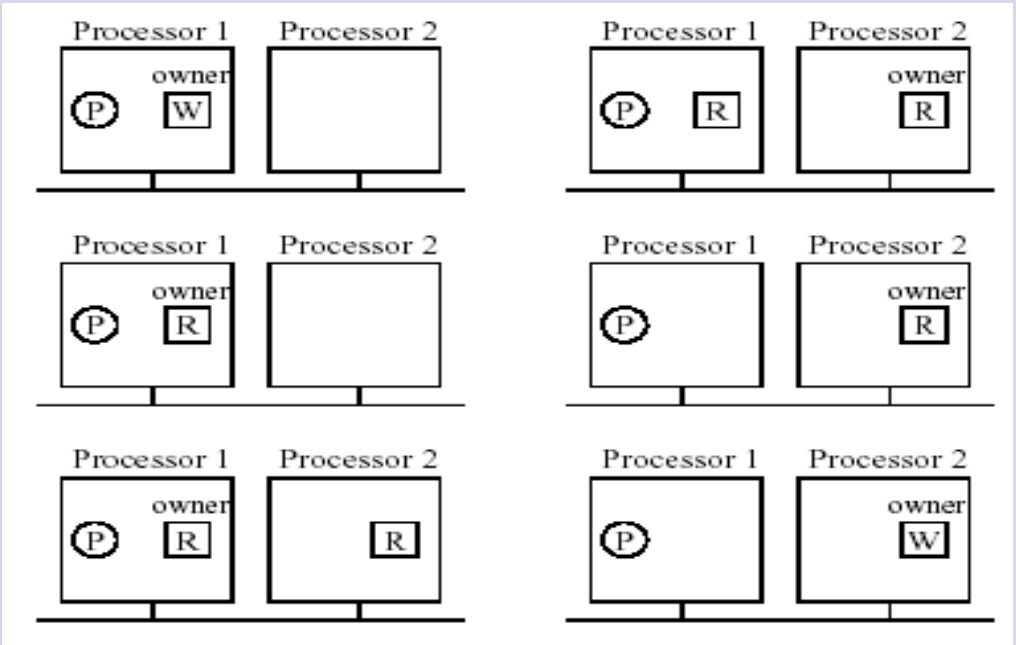
Falešné sdílení



Sekvenční konzistentnost

- Pouze jedna kopie každé stránky
  - Konzistentnost je zaručena (triviální)
- Replikované stránky
  - Read/only – v pořádku
  - Read/write
    - Operace čtení – instalace lokální kopie, nastavena na R/O
    - Operace zápisu – oprava nebo zneplatnění ostatních kopií
- Typický protokol
  - R(readable), W(writable and readable) stránky
  - Každá stránka má vlastníka: proces, který zapisoval do stránky naposledy

Protokol pro sekvenční konzistentnost – čtení/zápis

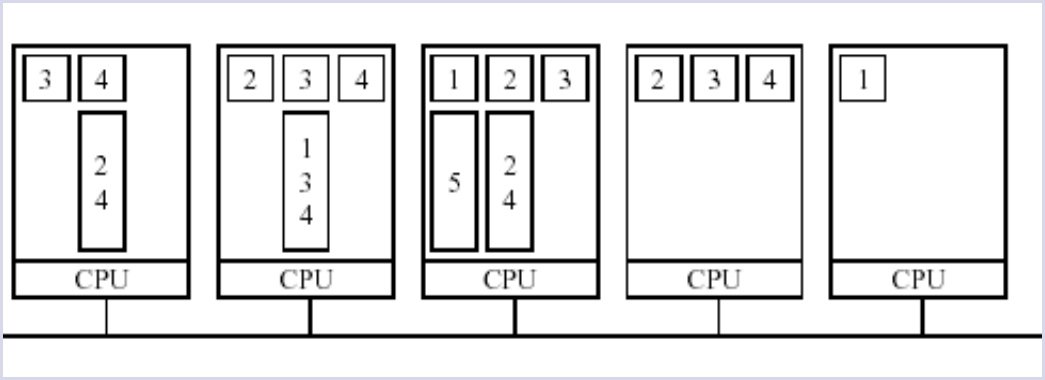


Hledání vlastníka

- Poslání požadavku na vlastníka pomocí broadcastu
  - Kombinace požadavku s požadovanou operací
  - Problém: broadcast osloví všechny účastníky (přeruší všechny procesy), využívá šířku pásma sítě
- Manager stránek
  - Možné úzké místo
  - Více managerů stránek, hashování adres stránek
- Pravděpodobný vlastník
  - Každý proces si pamatuje pravděpodobného vlastníka
  - Periodicky obnovují informaci o stávajících vlastnících

Hledání kopií

- Jak najít kopie pokud musí být zneplatněny
- Požadavek ve formě broadcastu
  - Co když není broadcast spolehlivý
- Copyset (soubor kopií)
  - Je udržován managerem stránek nebo vlastníkem



Prostředky synchronizace

- Synchronizace
  - Zámky
  - Semafory
  - Bariery
  - Tradiční synchronizační mechanizmy pro multiprocesory nefungují
  - Managery synchronizace

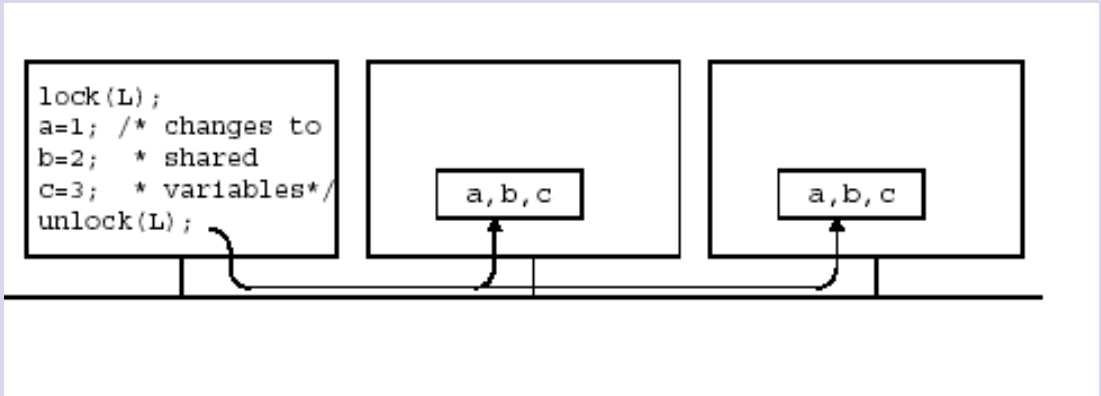
Sdílené proměnné v distribuované sdílené paměti

- Není nutné sdílet celý adresní prostor
- Sdílení jednotlivých proměnných
- Větší vůle v algoritmech pro opravování replikovaných proměnných
- Příležitost eliminovat falešné sdílení
- Příklad: Munin

Munin

- Umístění každého sdíleného objektu ve zvláštní stránce
- Explicitní deklarace sdílených proměnných
  - Klíčové slovo shared
  - Překladač ukládá proměnné do zvláštních stránek
- Synchronizace:
  - Uzamykání proměnných
  - Bariéry
  - Podmíněné proměnné
- Uvolňovací konzistentnost

Munin



Munin

- **Kritické sekce**
  - **Zápis do sdílené proměnné se objeví uvnitř kritické sekce**
  - **Čtení se může objevit kdekoliv**
  - **Pokud je opuštěna kritická sekce, modifikované proměnné jsou opraveny ve všech počítačích**
- **Rozeznává tři třídy proměnných**
  - **Obyčejné proměnné** – nejsou sdíleny, mohou být modifikovány pouze procesem, který je vytvořil
  - **Sdílené proměnné –** jsou viditelná ve více procesech, zůstávají sekvenčně konzistentní
  - **Synchronizační proměnné**
    - Jsou dostupné pouze systémovými procedurami
    - Pro zámky jsou to lock/unlock, pro bariéry increment/wait

Munin – sdílené proměnné

- **Read-only**
  - **Nejsou měněny po inicializaci, nejsou s nimi žádné problémy**
  - **Chráněny MMU**
- **Migratory (potulné)**
  - **Nejsou replikovány: migrují od počítače k počítači podle vstupů do kritických sekcí**
  - **Spojeny se zámkem**
- **Write-shared (sdílené pro zápis)**
  - **Chráněny před vícenásobným zápisem programů**
  - **Používají protocol pro řešení vícenásobného zápisu do jedné proměnné**
- **Conventional (obecné)**
  - **Chovají se jako v konvenčním page-based DSM: pouze jedna kopie přepisovatelné stránky, přenášeny mezi procesory**

Munin – dvojice stránek

- Na počátku je stránka sdílená pro zápis označena jako read-only
- Objeví-li se zápis, je vytvořena kopie stránky a original je určen pro čtení a zápis
- Uvolnění:
  - porovnání upravených stránek se svými dvojčaty slovo po slovu
  - poslání odlišností do všech procesů, které to potřebují
  - nastavení stránky na read-only
  - porovnání příchozích stránek pro modifikovaná slova
  - je-li modifikováno lokální i příchozí slovo, signalizuje se chyba za běhu