PB 169 Počítačové sítě a operační systémy

Procesy a vlákna

Vnitřní struktura OS

- Existuje řada přístupů a implementací
  - jedno velké monolitické jádro
  - modulární, hierarchický přístup
  - malé jádro a samostatné procesy
- Struktura mnoha OS je poznamenána historií OS a původními záměry, které se mohou od současného stavu radikálně lišit

Struktura s mikrojádrem

- Microkernel System Structure
- Malé jádro OS plnící pouze několik málo nezbytných funkcí
  - primitivní správa paměti (adresový prostor)
  - komunikace mezi procesy – Interprocess communication (IPC)
- Většina funkcí z jádra se přesouvá do „uživatelské“ oblasti
  - ovladače HW zařízení, služby systému souborů, virtualizace paměti …
  - mezi uživatelskými procesy se komunikuje předáváním zpráv

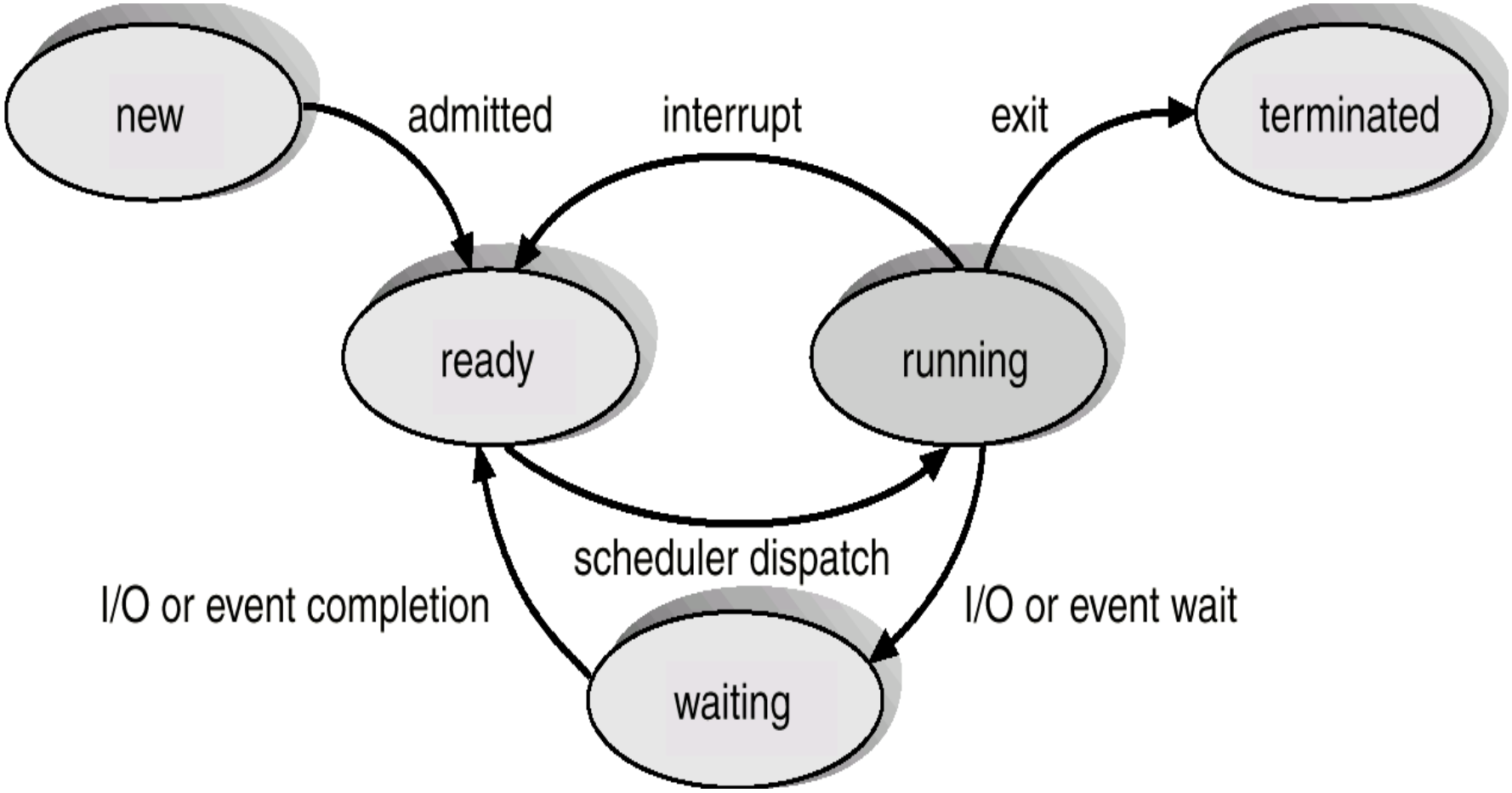
Co je to proces

- Pro spuštěný program máme řadu pojmenování
  - dávkové systémy: úlohy, dávky, jobs
  - multiprogramové systémy: procesy (processes, tasks), vlákna (threads)
- Společné pojmenování pro spuštěný program je proces (někdy používáme synonymum task)
- Dále zavádíme pojem vlákno pro „dílčí“ proces v rámci „procesu“
- Proces obsahuje
  - čítač instrukcí
  - zásobník
  - datovou sekci
  - program

Stavy procesu

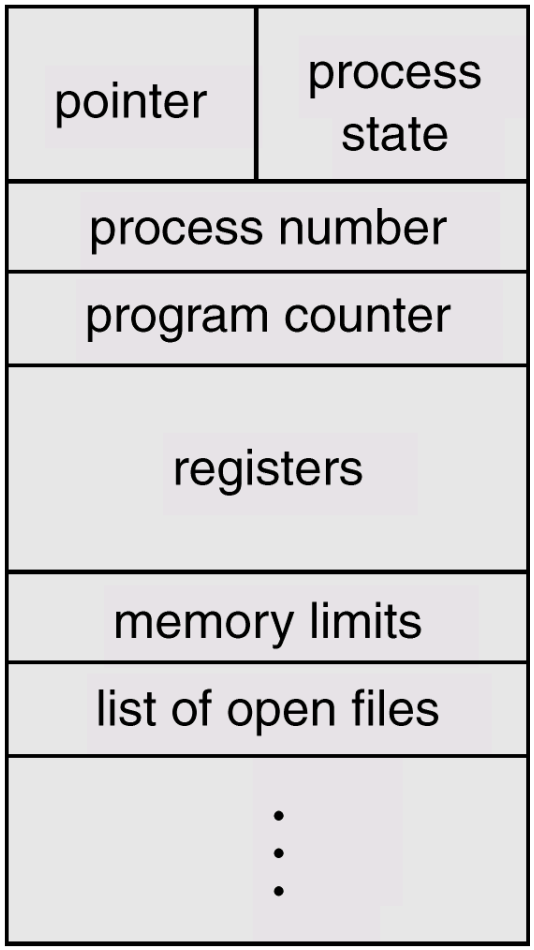
- Proces se může nacházet v jednom ze stavů:
  - nový (new): právě vytvořený proces
  - běžící (running): některý procesor právě vykonává instrukce procesu
  - čekající (waiting): čeká na určitou událost
  - připravený (ready): čeká na přidělení času procesoru
  - ukončený (terminated): ukončil své provádění

Stavy procesu

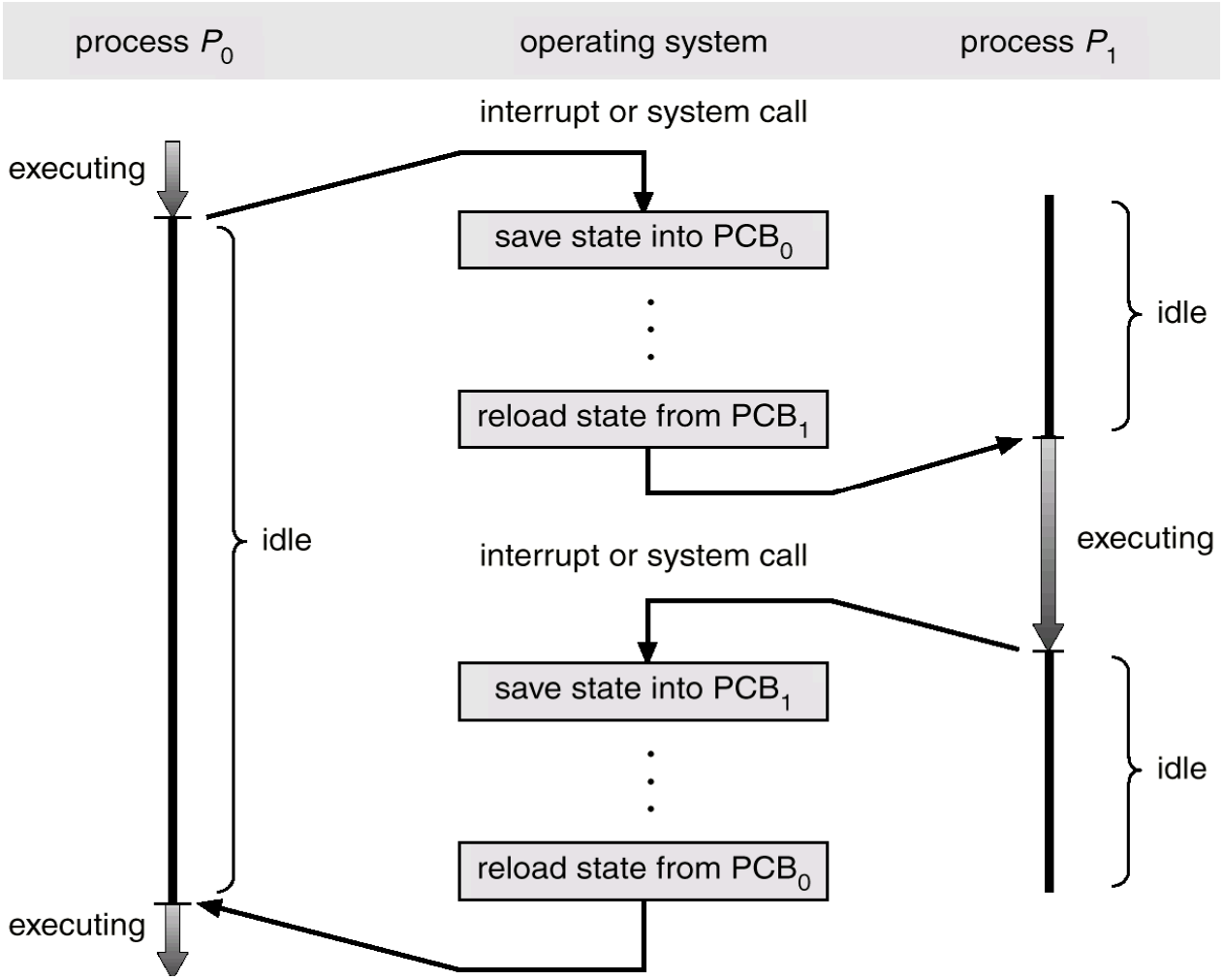


Informace OS o procesu

- Process Control Block -- tabulka obsahující informace potřebné pro definici a správu procesu
  - stav procesu (běžící, připravený, …)
  - čítač instrukcí
  - registry procesoru
  - informace potřebné pro správu paměti
  - informace potřebné pro správu I/O
  - účtovací informace



Přepnutí procesu



Přepnutí kontextu

- Vyžádá se služba, akceptuje se některé asynchronní přerušení, obslouží se a nově se vybere jako běžící proces
- Když OS přepojuje CPU z procesu X na proces Y, musí:
  - uchovat (uložit v PCB procesu X) stav původně běžícího procesu
  - zavést stav nově běžícího procesu (z PCB procesu Y)
- Přepnutí kontextu představuje režijní ztrátu (zátěž)
  - během přepínání systém nedělá nic efektivního
- Doba přepnutí závisí na konkrétní HW platformě
  - Počet registrů procesoru, speciální instrukce pro uložení/načtení všech registrů procesoru apod.
- Při přerušení musí procesor
    - uchovat čítač instrukcí
    - zavést do čítače instrukcí hodnotou adresy vstupního bodu ovladače přerušení z vektoru přerušení

Vytvoření procesu

- Rodič vytváří potomky (další procesy)
- Potomci mohou vytvářet další potomky …
- Vzniká strom procesů
- Sdílení zdrojů – varianty při vytváření potomků
  - rodič a potomek sdílejí zdroje původně vlastněné rodičem
  - potomek sdílí rodičem vyčleněnou podmnožinu zdrojů s rodičem
  - potomek a rodič jsou plně samostatné procesy, nesdílí žádný zdroj
- Běh
  - rodič a potomek mohou běžet souběžně
  - rodič čeká na ukončení potomka

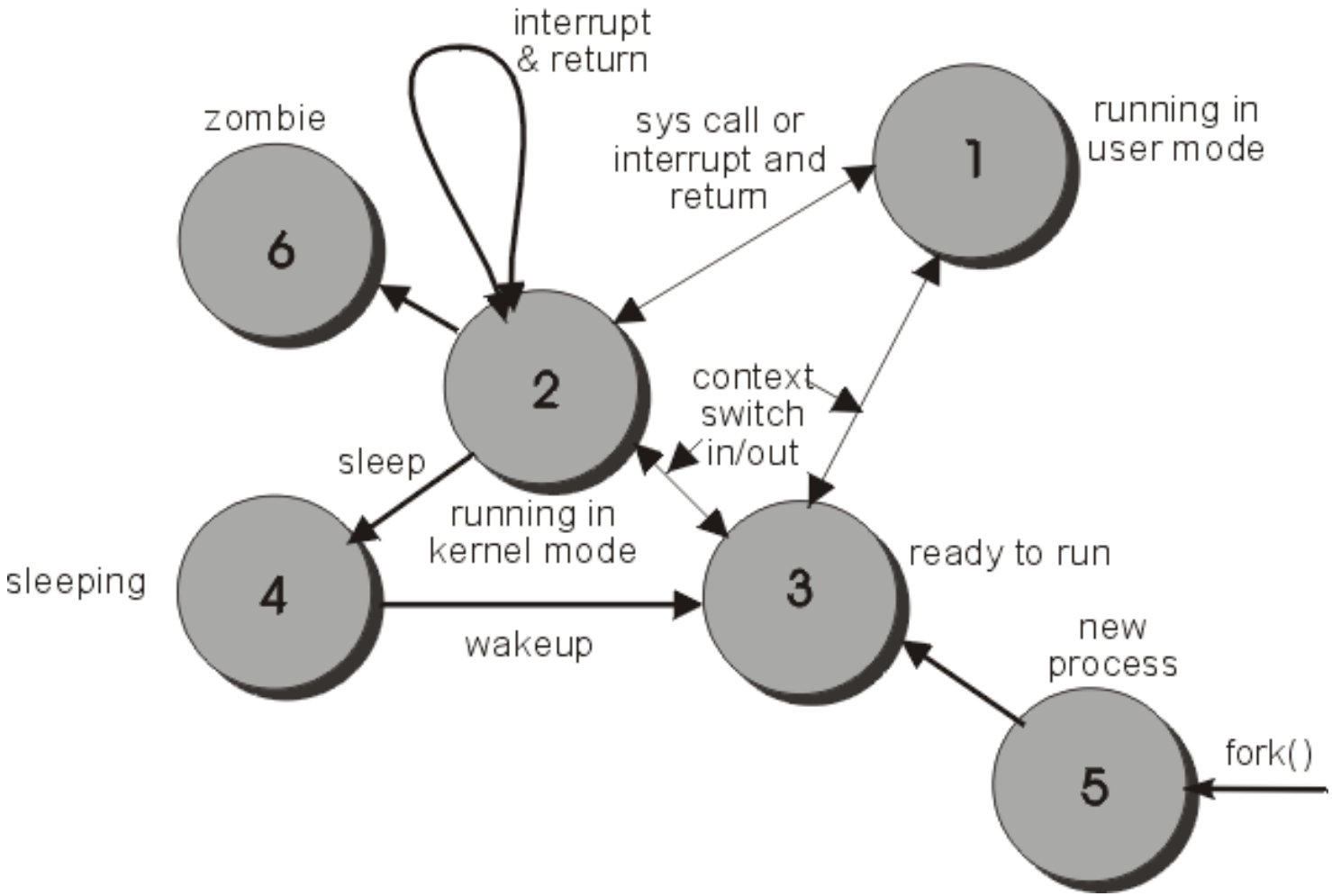
Ukončení procesu

- Proces provede poslední příkaz a sám požádá OS o ukončení
  - výstupní data procesu se předají rodiči (pokud o to má zájem – např. čeká na ukončení potomka voláním wait)
  - zdroje končícího procesu se uvolňují operačním systémem
- O ukončení procesu žádá jeho rodič (nebo jiný proces s dostatečnými právy), protože např.:
  - potomek překročil stanovenou kvótu přidělených zdrojů
  - úkol přidělený potomkovi rodič již dále nepotřebuje
  - rodič končí svoji existenci a nebylo povoleno, aby potomek přežil svého rodiče
    - může docházet ke kaskádnímu ukončování (ukončí se celá větev stromu procesů)

Příklad: Linux

- volání fork() implementováno jako copy-on-write (tj. dokud paměť není měněna je sdílena a až při pokusu o modifikaci je vytvořena kopie)
- vfork – upravené fork, které nekopíruje stránky paměti rodičovského procesu
  - rychlejší
  - vhodné pro okamžité spuštění execve
- clone – upravené fork, které umožňuje sdílet některé zdroje (například paměť, deskriptory souborů, ovladače signálů) mezi rodičovským a nově vytvořeným procesem.
- Informace o procesu jsou uloženy ve struktuře task_struct (viz usr/include/sched.h)

Příklad: Linux (2)



Procesy a vlákna

- Program
  - soubor definovaného formátu obsahující instrukce, data a další informace potřebné k provedení daného úkolu
- Proces
  - systémový objekt charakterizovaný svým paměťovým prostorem a kontextem (paměť i některé další zdroje jsou přidělovány procesům)
- Vlákno, také „sled“
  - objekt, který vzniká v rámci procesu, je viditelný pouze uvnitř procesu a je charakterizován svým stavem (CPU se přidělují vláknům)
- Model – jen procesy (ne vlákna)
  - proces: jednotka plánování činnosti i jednotka vlastnící prostředky
- Model – procesy a vlákna
  - proces: jednotka vlastnící zdroje
  - vlákno: jednotka plánování činnosti

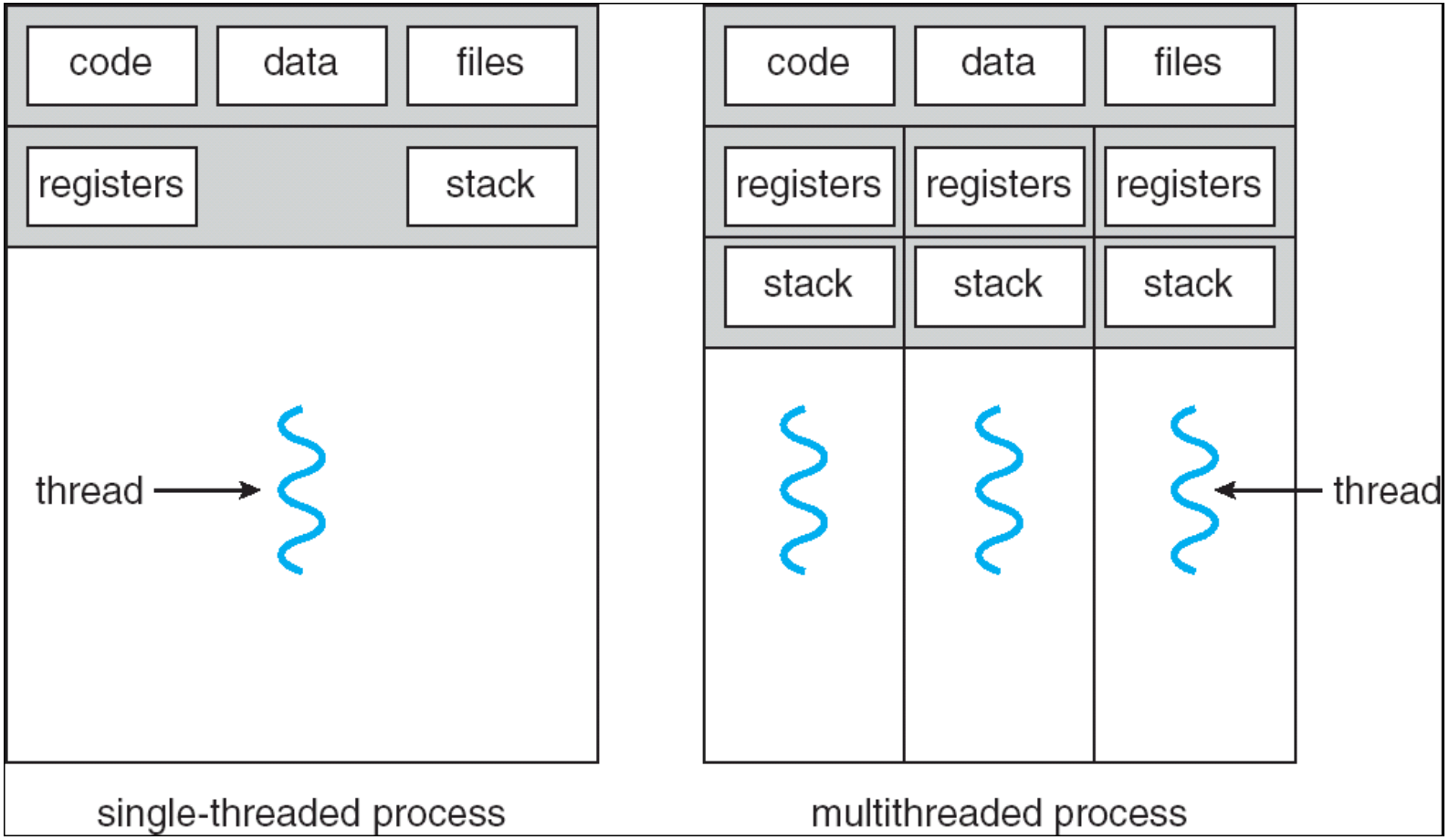
Procesy a vlákna

- Každé vlákno si udržuje svůj vlastní
  - zásobník
  - PC (program counter)
  - registry
  - TCB (Thread Context Block)
- Vlákno může přistupovat k paměti a ostatním zdrojům svého procesu
  - zdroje procesu sdílí všechny vlákna jednoho procesu
  - jakmile jedeno vlákno změní obsah (nelokální – mimo zásobník) buňky, všechny ostatní vlákna (téhož procesu) to vidí
  - soubor otevřený jedním vláknem mají k dispozici všechny ostatní vlákna (téhož procesu)

Procesy a vlákna

- Proč využít vlákna
  - využití multiprocesorových strojů (vlákna jednoho procesu mohou běžet na různých CPU)
  - jednodušší programovaní
  - typický příklad: jedno vlákno provádí uživatelem požadovaný úkol a druhé vlákno překresluje obrazovku
- 1:1
  - UNIX Systém V, (MS-DOS)
    - pojem vlákno neznámý, každé „vlákno“ je procesem s vlastním adresovým prostorem a s vlastními prostředky
- 1:M
  - OS/2, Windows XP, Mach, …
    - v rámci 1 procesu lze vytvořit více vláken
    - proces je vlastníkem zdrojů (vlákna sdílejí zdroje procesu)

Procesy vs. vlákna



Výhody využití vláken

- Výhody
  - vlákno se vytvoří rychleji než proces
  - vlákno se ukončí rychleji než proces
  - mezi vlákny se rychleji přepíná než mezi procesy
  - jednodušší programování (jednodušší struktura programu)
  - u multiprocesorových systémů může na různých procesorech běžet více vláken jednoho procesu současně
- Příklady
  - síťový souborový (nebo i jiný) server
    - musí vyřizovat řadu požadavků klientů
    - pro vyřízení každého požadavku vytváří samostatné vlákno (efektivnější než samostatný proces)
  - 1 vlákno zobrazuje menu a čte vstup od uživatele a současně 1 vlákno provádí příkazy uživatele
  - překreslování obrazovky souběžně se zpracováním dat

Problém konzistence

- Program se skládá z několika vláken které běží paralelně
- Výhody
  - když vlákno čeká na ukončení I/O operace, může běžet jiné vlákno téhož procesu, aniž by se přepínalo mezi procesy (což je časově náročné)
  - vlákna jednoho procesu sdílí paměť a deskriptory otevřených souborů a mohou mezi sebou komunikovat, aniž by k tomu potřebovaly služby jádra (což by bylo pomalejší)
- Konzistence
  - vlákna jedné aplikace se proto musí mezi sebou synchronizovat, aby se zachovala konzistentnost dat (musíme zabránit současné modifikace stejných dat dvěmi vlákny apod.)

Příklad (problém konzistence)

- Situace:
  - 3 proměnné: A, B, C
  - 2 vlákna: T1, T2
  - vlákno T1 počítá C = A+B
  - vlákno T2 přesouvá hodnotu X z A do B (jakoby z účtu na účet)
- Představa o chování
  - T2 dělá A = A-X a B = B+X
  - T1 počítá konstantní C, tj. A + B se nezmění
- Ale jestliže
  - T1 spočítá A+B
  - po té co T2 udělá A = A-X
  - ale dříve než co T2 udělá B = B+X
  - pak T1 nezíská správný výsledek C = A+B

Stavy vláken

- Tři klíčové stavy vláken:
  - běží
  - připravený
  - čekající
- Vlákna se (samostatně) neodkládají
  - všechny vlákna jednoho procesu sdílejí stejný adresový prostor
- Ukončení procesu ukončuje všechny vlákna existující v rámci tohoto procesu

Příklad: Win32

- Implementuje vlákna na úrovni jádra OS (implementace je zdařilá, umožňuje mimo jiné paralelní běh vláken jednoho procesu na různých procesorech)
- Služby OS
  - CreateThread
  - ExitThread
  - GetExitCodeThread
  - CreateRemoteThread (vytváří vlákno jiného procesu)
  - SuspendThread
  - ResumeThread
  - GetProcessAffinityMask (běh vlákna na procesorech)
  - SetProcessAffinityMask
  - SetThreadIdealProcessor
  - SwitchToThread (spusť jiný thread – je-li připraven)
  - TlsAlloc, TlsFree, TlsSetValue, TlsGetValue (thread local storage)