PB169
Počítačové sítě a operační systémy

Jaromír Plhák
xplhak@fi.muni.cz

Organizace výuky

- Přednášky
  - Nepovinné
  - Nebudou se natáčet
  - Prezentace budou dostupné v ISu
    - Ve studijních materiálech
  - Pouze 11 přednášek
- Cvičení
  - Povinná*
    - Maximálně dvě neomluvené neúčasti
    - Praktické základy práce s Windows, Linuxem a tvorbou webových stránek

*V případě prokázání dostatečných znalostí nebude nutné cvičení absolvovat

Hodnocení

- Docházka a aktivita na cvičeních
  - Účast na zkušebním termínu je podmíněna dostatečnou docházkou na cvičeních
  - Možnost získat bonusové body za aktivitu na cvičeních
- Ústní zkouška
  - Dvě otázky
    - OS a sítě, případně bezpečnost
  - Bude přihlédnuto k počtu bonusových bodů

Studijní materiály (1)

- Prezentace k přednáškám
  - Interaktivní osnova k přednáškám
  - Interaktivní osnova ke cvičením
- Prezentace k předmětům
  - PB152 Operační systémy
    - Studijní materiály PB152
  - PB153 Operační systémy a jejich rozhraní
    - Studijní materiály PB153
  - PB156 Počítačové sítě
    - Studijní materiály PB156

Studijní materiály (2)

- Prezentace k předmětům
  - PA151 Soudobé počítačové sítě
    - Studijní materiály PA151
  - PA159 Počítačové sítě a jejich aplikace I
    - Studijní materiály PA159
  - PA160 Počítačové sítě a jejich aplikace II
    - Studijní materiály PA160
  - PV169 Základy přenosu dat
    - Studijní materiály PV169

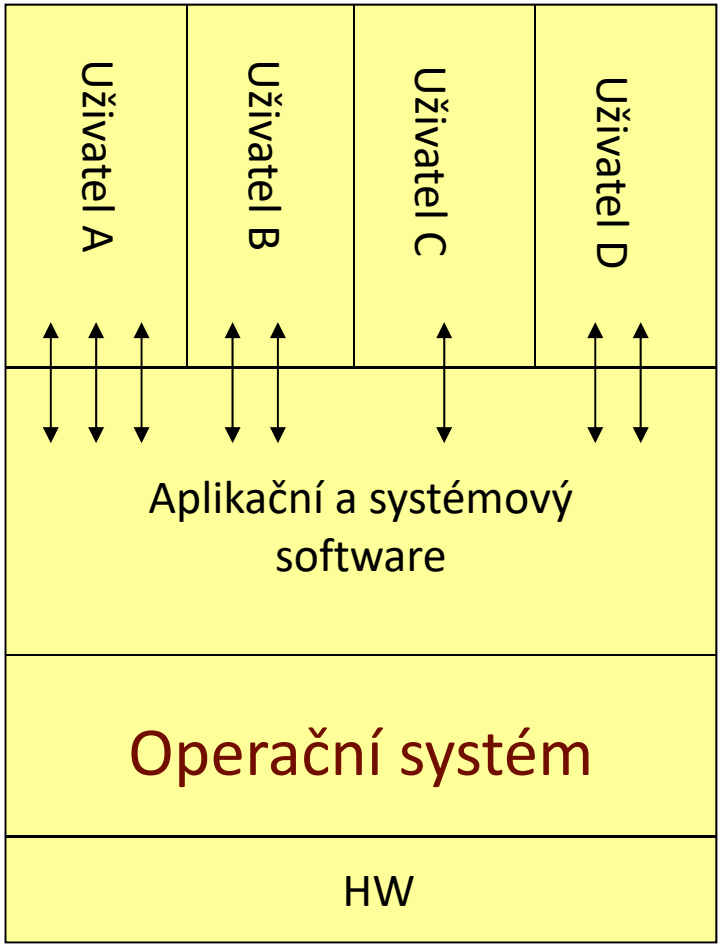
Studijní materiály (3)

- Silberschatz, Galvin, Gagne: Operating System concepts, 7th edition, Wiley, 2004, ISBN 0-471-69466-5
  - Prezentace k tomuto předmětu jsou založeny na prezentacích k této knize a jsou modifikovány.
  - ©Silberschatz, Galvin and Gagne, 2005
- Stallings: Local and Metropolitan Area Networks, Softcover, Prentice Hall, ISBN 0-13-018653-8

Osnova

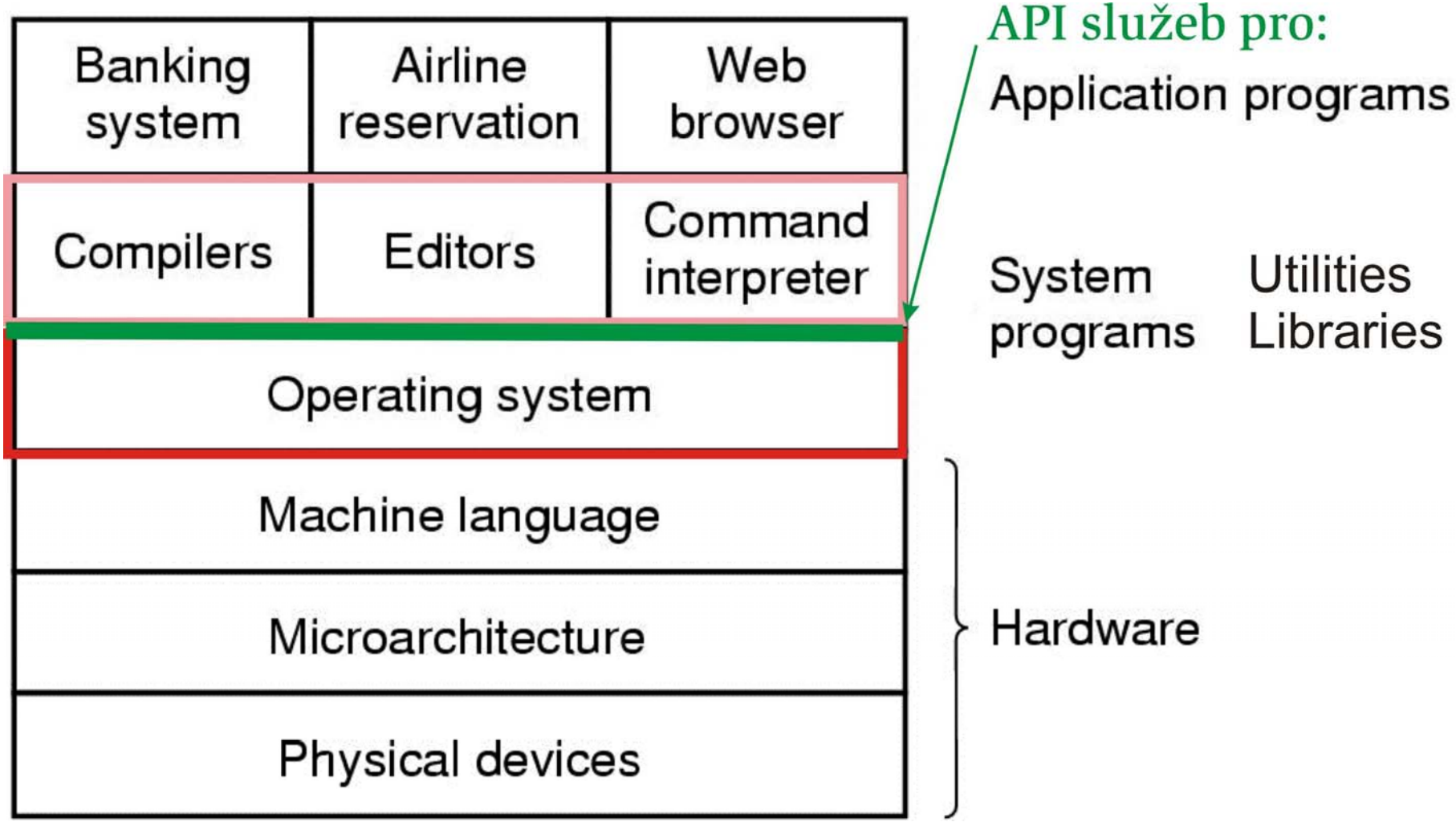
- Úvodní hodina
- Procesy a vlákna
- Plánování CPU a Správa paměti
- Synchronizace procesů a Uváznutí
- I/O systém a Vnější paměti
- Bezpečnost v informačních technologiích
- Architektura počítačových sítí
- Přenos dat v počítačových sítích
- Řízení přístupu k médiu
- Protokoly pro přenos dat v síti a Směrování
- Protokoly aplikační vrstvy a Zabezpečení počítačových sítí
- Anonymní komunikace

Počítačový systém



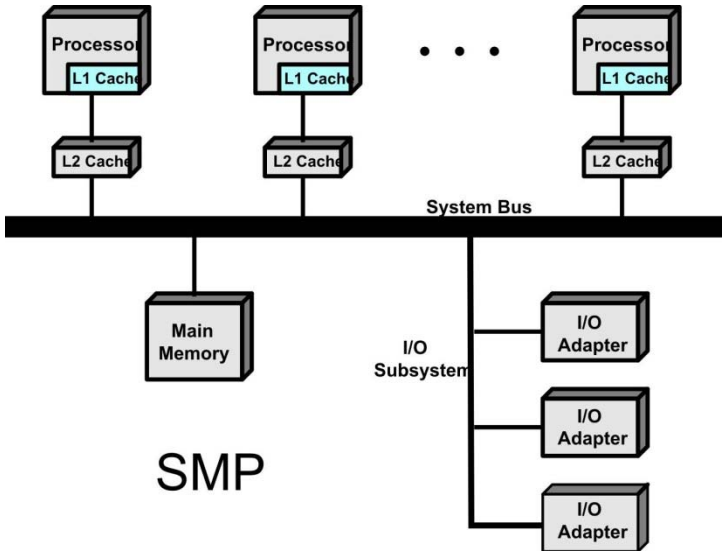
- Hardware
  - CPU
  - Paměti
  - I/O
- Operační systém (OS)
- Aplikační a systémový SW
- Uživatelé

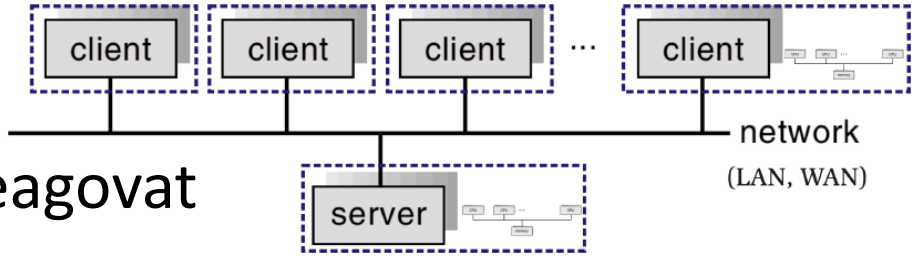
Komponenty počítačového systému



Typy počítačových systémů

- Stolní systémy
  - Vyhrazené pro jednoho uživatele
- Paralelní systémy
  - Sdílí operační paměť a hodinový signál, SMP, AMP
- Distribuované systémy
  - Každý uzel má vlastní paměť
- Real-time systémy
  - Pevně stanovené časové limity kdy musí systém reagovat
- Kapesní systémy





Distribuovaný systém (typu klient-server)

Proč studovat OS?

- Asi nebudete psát ani navrhovat zcela nový OS ale …
  - OS je nutné administrovat a efektivně využívat
    - Je nutné rozumět strukturám OS
  - Možná budete muset OS modifikovat nebo rozšiřovat (např. vytvořit nový ovladač)
  - Při programování budete využívat služeb OS
    - Ladění aplikací
  - Techniky používané v OS lze uplatnit i v jiných aplikacích
    - Složité struktury dat, souběžnost, řešení konfliktů, ...
  - A nebo alespoň budete OS používat a je dobré vědět, co od nich můžete čekat

Uživatelský pohled na OS (1)

- Dnes používáme typicky desktopy (či přenosná zařízení) vyhrazené pro jednoho uživatele
  - OS navržen pro jednoduché používání, výkon systému je brán na zřetel, ovšem na využití zdrojů není kladen důraz
  - V současné době je většinou využit multiprocessing
  - Vesměs minimum ochran
    - Hlavní roli hraje uživatelova (administrátorova) zodpovědnost

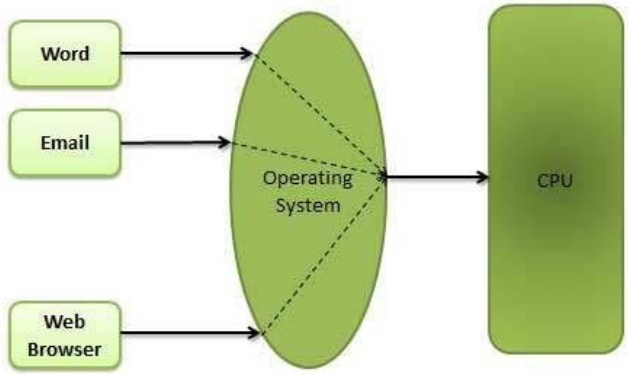
Uživatelský pohled na OS (2)

- Dříve často terminály
- OS plní požadavky programů řady uživatelů
  - Důraz na využití zdrojů počítače
  - Férové užívání zdrojů jednotlivými uživateli

DEC VT100 terminal

Systémový pohled na OS

- OS především jako
  - Správce prostředků počítače
    - CPU, operační paměť, disková paměť, I/O zařízení
  - Koordinátor, řídící složka
    - Řídí spouštění programů, zabraňuje chybám a vzájemnému ovlivňování



Typické oblasti služeb poskytovaných OS (1)

- Vývoj programů, editory, ladící systémy, ...
  - Typicky poskytované pomocnými (systémovými) programy
- Provádění programů
  - Vše co je nutné zajistit pro činnosti řízené programy
  - Plánování, zavádění, ovládání I/O, ...
- Přístup k I/O zařízením
  - Jednotné API pro různá zařízení
- Přístup k souborům dat na vnějších pamětech

Typické oblasti služeb poskytovaných OS (2)

- Přístup k systémovým zdrojům, bezpečnost, řešení konfliktů
- Chybové řízení, automatizované reakce na nestandardní stavy v hardware, v software a v případech kdy OS nemůže uspokojit požadavek aplikace
- Protokolování, informace o tom co se dělo, základ pro účtování, základ pro odhady budoucího vylepšování, ...

Definice OS

- Neexistuje univerzální a všeobecně platná definice OS
- Stejně tak není jednotný názor na to, co všechno zahrnuje OS
  - Jádro, systémové a aplikační programy, ...
  - Definice 1 – OS je to co dá výrobce do krabice
  - Definice 2 – OS je pouze jádro
    - Část, která je neustále spuštěna
- Raději definujeme OS tím co dělá, než tím co vlastně je
- Analogie s „vládou“

Požadavky na OS (1)

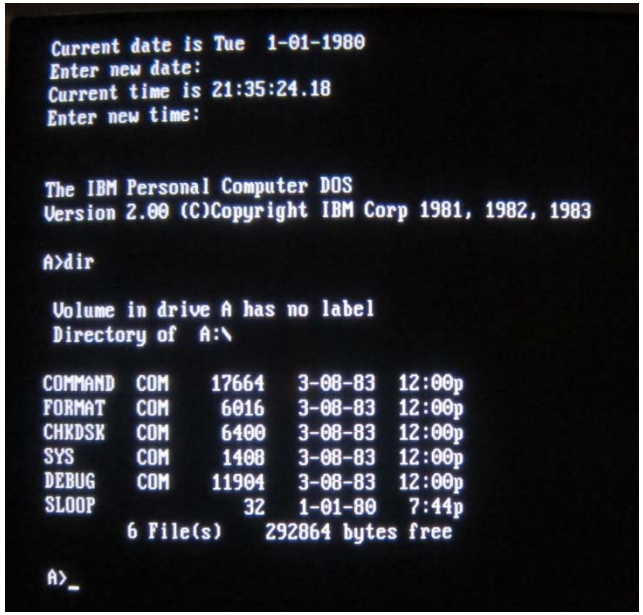
- Cíle (povinnosti) OS
  - Řídit řešení uživatelských (aplikačních) programů
  - Poskytnout nástroje pro řešení problémů uživatelů (aplikací)
  - Učinit počítač snadněji použitelný
  - Vytvářet podmínky umožňující efektivně používat hardware počítače

Požadavky na OS (2)

- Cíle (přání) uživatele
  - Služby poskytované OS lze pohodlně používat, snadno zvládnout
  - OS je spolehlivý, bezpečný
  - Požadované služby poskytuje OS pohotově
- Cíle (přání) provozovatele OS
  - OS je snadno navrhnutelný, implementovatelný a udržovatelný
  - OS je přizpůsobitelný, spolehlivý a bezchybný

Vývoj OS

- Za 50 let vývoje se OS značně změnily
  - Od jednoduchých textově zaměřených po komplexní systémy s komfortním GUI



Problémy budování OS

- OS jsou obrovské systémy
  - V současnosti představují až stovky miliónů řádků kódu
  - Pracnost řádově tisíce člověko-roků
- OS jsou složité systémy
  - Požadavky různých uživatelů se často podstatně liší
  - Nelze jednorázově odstranit všechny chyby, verifikace z důvodů složitosti selhává
- Chování OS se obtížně předpovídá, ladění se dělá vesměs odhadem

Multiprogramování (1)

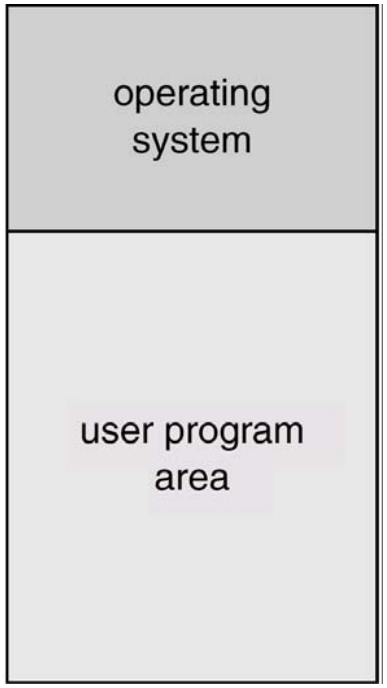
- V paměti je zároveň několik úloh současně
  - Ne však nutně všechny
  - Plánování úloh (job scheduling) – které úlohy umístit do paměti
  - Musíme zajistit ochranu úloh navzájem
- Multiprogramování zvyšuje využití CPU
  - Přidělování CPU jednotlivým úlohám tak, aby CPU byl využit (téměř) vždy

Multiprogramování (2)

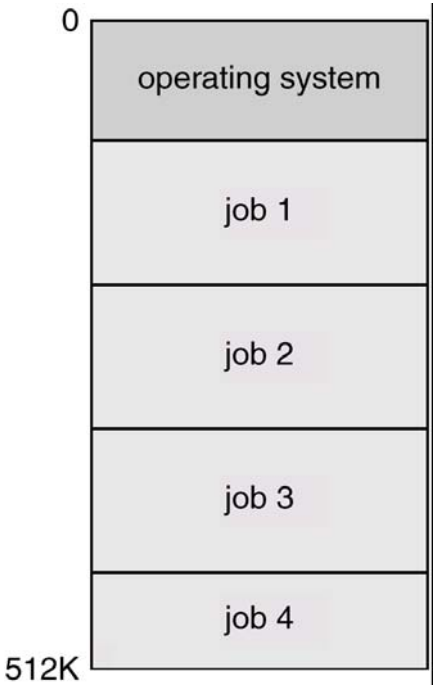
- CPU je přidělen úloze, jakmile úloha požádá o I/O operaci, je úloha pozastavena a CPU dostává jiná úloha
  - Pro výběr úlohy, která dostane CPU musí mít CPU plánovací algoritmus
  - Jakmile je I/O operace dokončena, je úloha opět přemístěna do fronty úloh připravených ke spuštění
  - CPU je vytížen, dokud mám úlohy, které nečekají na dokončení I/O operací
  - Dokud úloha nepožádá o I/O operaci, tak má CPU k dispozici
- Jde tedy „pouze“ o efektivnost využití CPU

Obsazení paměti

- V paměti vždy jen jedna úloha



- V paměti několik úloh, běží jen jedna z nich



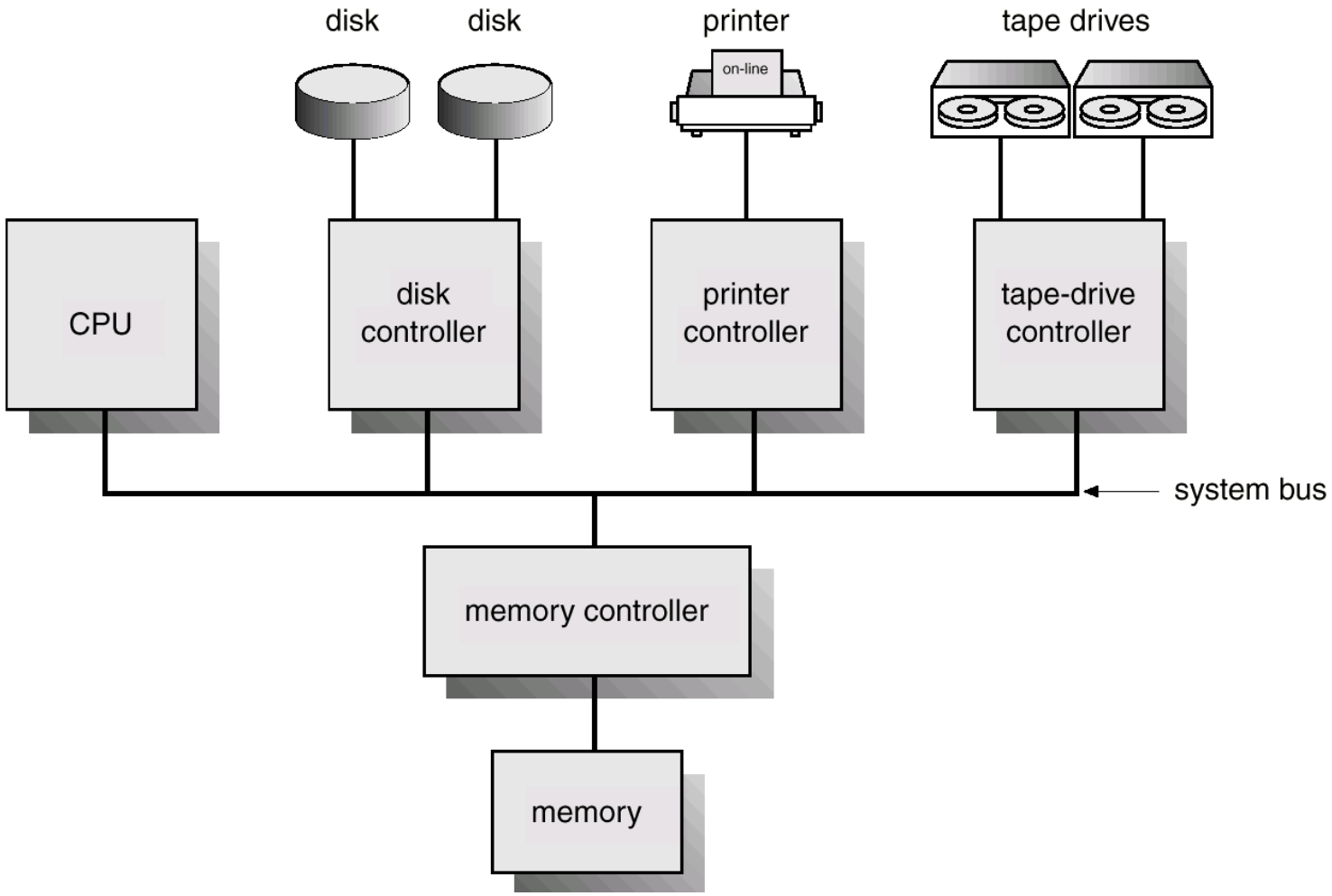
Multitasking

- Time-sharing neboli multitasking
  - Logické rozšíření multiprogramování, kdy úloha (dočasně) ztrácí CPU nejen požadavkem I/O operace, ale také vypršením časového limitu
  - CPU je multiplexován, ve skutečnosti vždy běží jen jedna úloha, mezi těmito úlohami se však CPU přepíná, takže uživatelé získají dojem, že úlohy jsou zpracovávány paralelně

Multitasking (2)

- Multitaskingový systém umožňuje řadě uživatelů počítačový systém *sdílet*
- Uživatelé mají dojem, že počítačový systém je vyhrazen jen pro ně
- Oproti pouhému multiprogramování snižuje dobu odezvy (response time) interaktivních procesů
- Multitaskingové systémy jsou již značně komplexní
  - Správa a ochrana paměti, virtuální paměť
  - Synchronizace a komunikace procesů
  - CPU plánovací algoritmy, souborové systémy

Architektura počítačového systému



Základní vlastnosti počítačového systému

- I/O zařízení typicky mají vlastní vyrovnávací paměť (buffer)
- CPU a I/O zařízení mohou pracovat paralelně
  - Např. řadič disku může ukládat data na disk a CPU může něco počítat
  - Pokud CPU a I/O zařízení pracují paralelně, měla by se nějak synchronizovat
    - Neustálé zjišťování stavu
    - Přerušení

Procesor bez přerušení

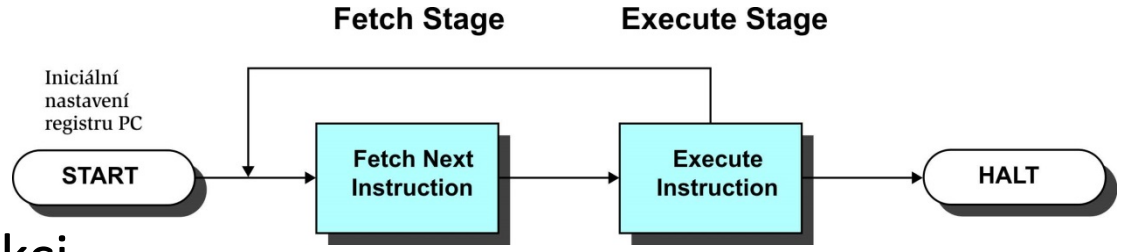
- Neustálý cyklus

  loop

  Získej další instrukci

  Proveď instrukci

  end loop



- Pokud chci provést I/O operaci a dozvědět se, že již byla dokončena, musím se periodicky ptát I/O zařízení
- CPU není v těchto chvílích efektivně využit nebo je programování extrémně náročné

Procesor s přerušením (1)

- Základní cyklus je obohacen o kontrolu příznaku přerušení

  loop

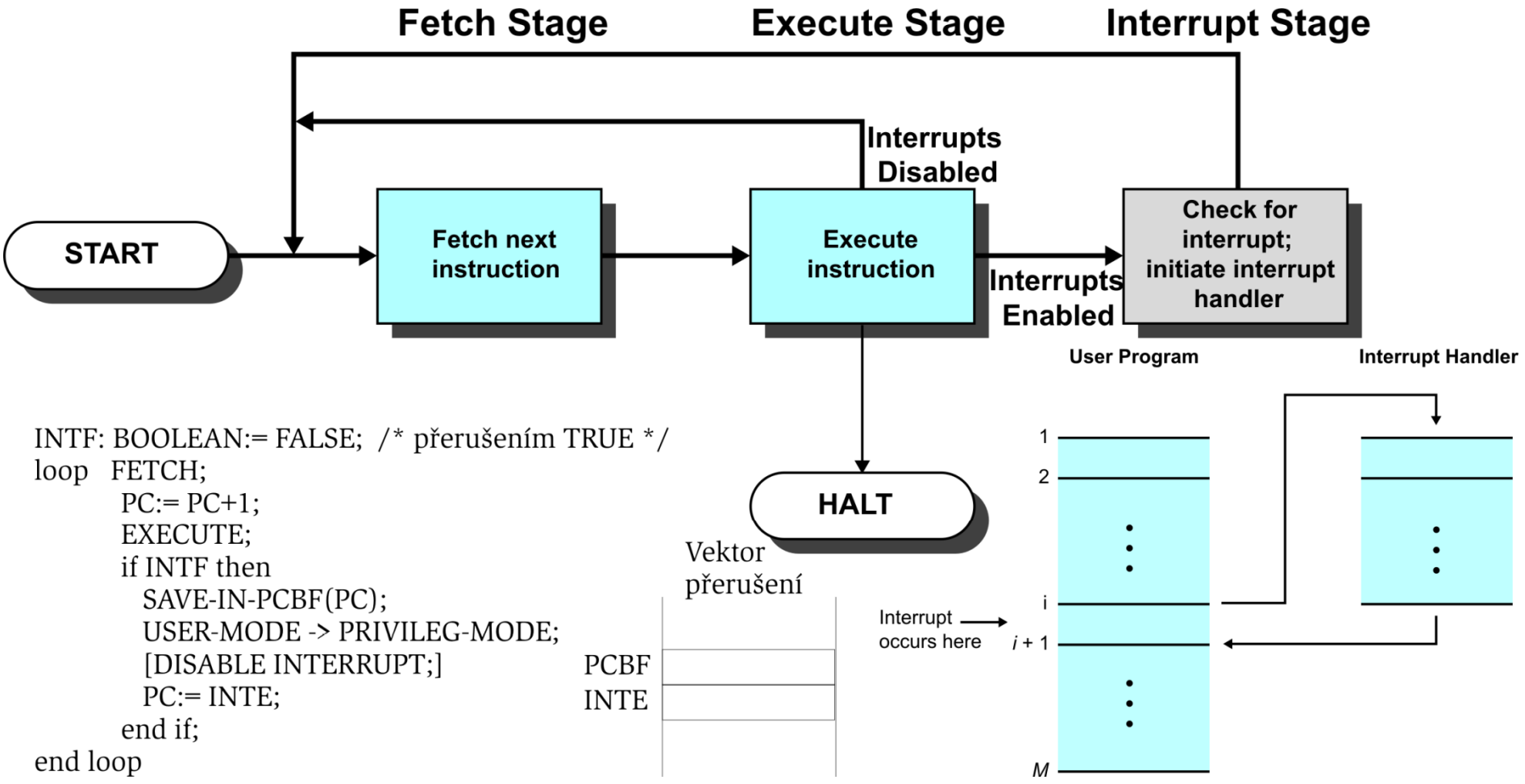
    Získej další instrukci

    Proveď instrukci

    Je-li nastaven příznak přerušení (a přerušení je povoleno), ulož adresu právě prováděného kódu a začni provádět kód rutiny obsluhující přerušení

  endloop

Procesor s přerušením (2)




```
INTF: BOOLEAN:= FALSE;  /* přerušením TRUE */
loop   FETCH;
         PC:= PC+1;
         EXECUTE;
         if INTF then
           SAVE-IN-PCBF(PC);
           USER-MODE -> PRIVILEG-MODE;
           [DISABLE INTERRUPT;]
           PC:= INTE;
         end if;
end loop
```

Přerušení (1)

- Přerušení je signál od I/O zařízení, že se stalo něco, co by OS měl zpracovat
- Přerušení přichází asynchronně
- OS nemusí aktivně čekat na událost
  - Efektivní využití CPU
  - Při výskytu události se automaticky volá patřičná obslužná rutina
  - Umístění obslužných rutin pro jednotlivé typy událostí je typicky dáno tabulkou (v paměti) adres rutin (tzv. vektor přerušení)

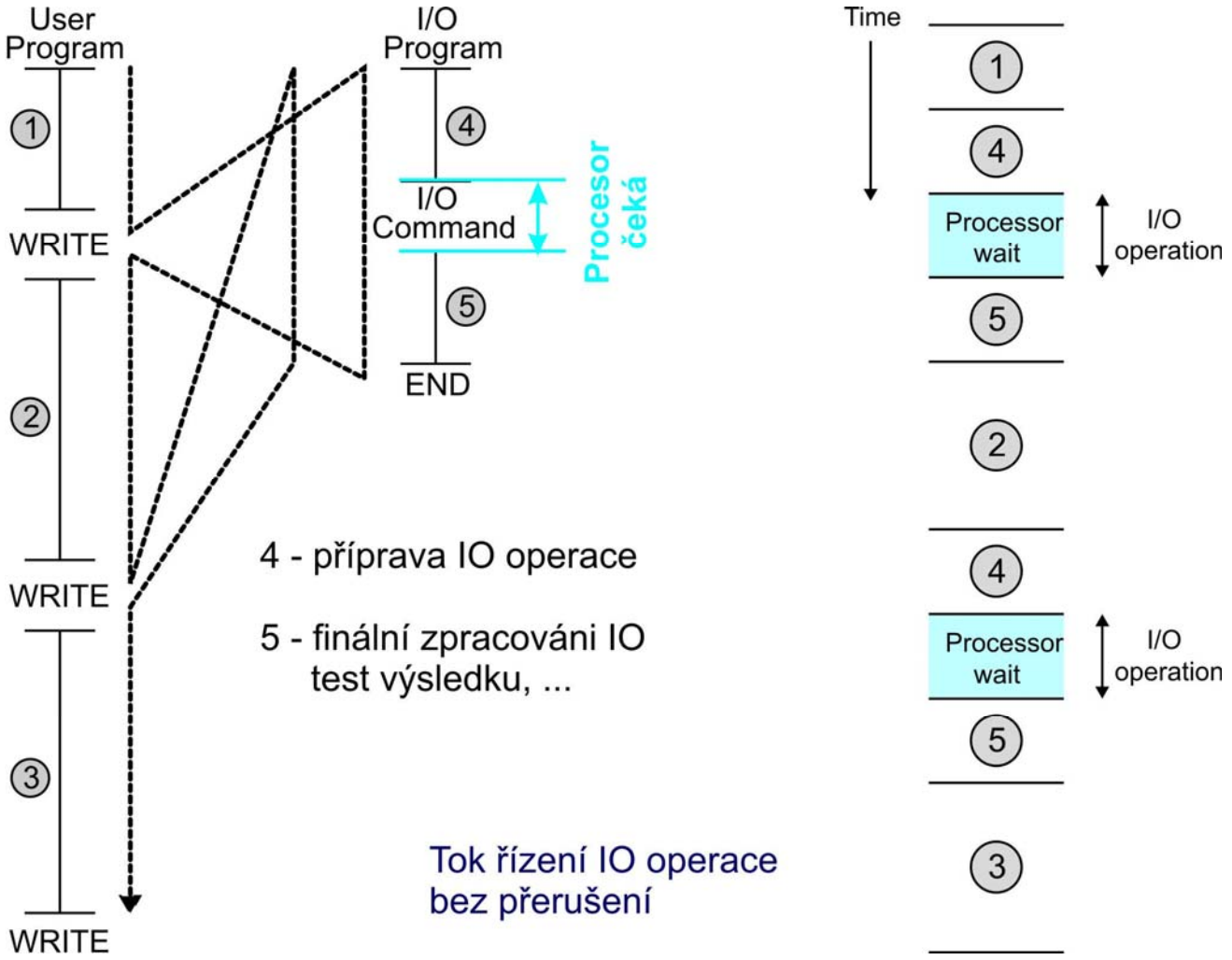
Přerušení (2)

- Aby nedocházelo ke „ztrátě“ přerušení, je při zpracování přerušení další přerušení zakázáno (maskováno)
  - Aby se nepřerušovala rutina obsluhující přerušení
  - Časově náročnější obslužné rutiny však mohou další přerušení explicitně povolit

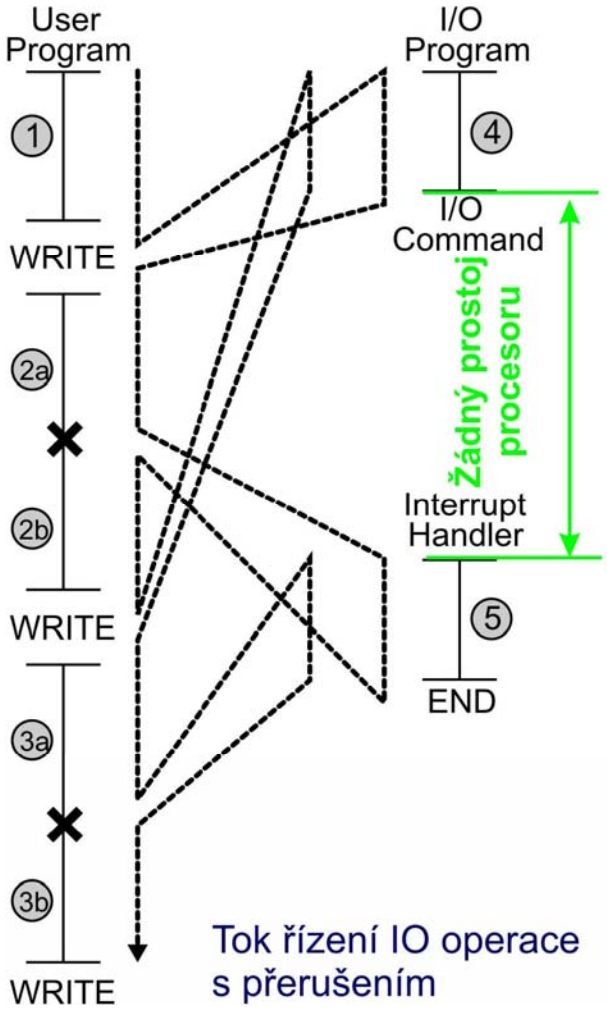
Přerušení (3)

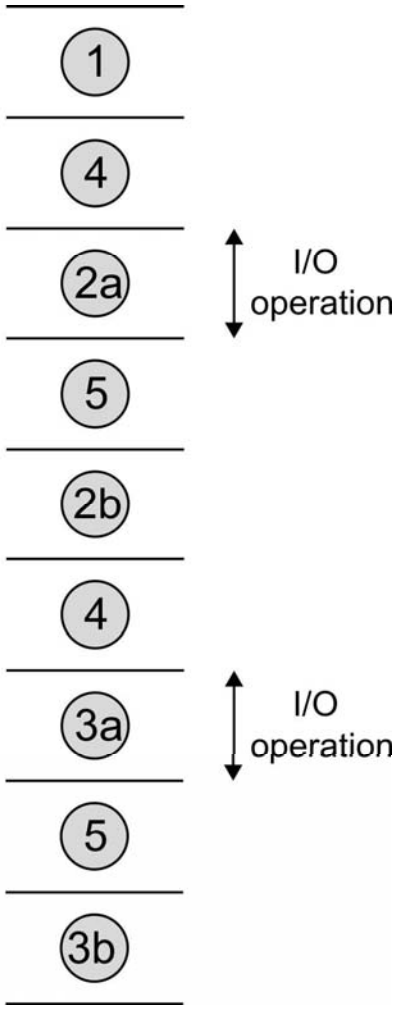
- Operační systém je řízený přerušeními
  - CPU zpracovává uživatelský proces, při příchodu přerušení je spuštěna obslužná rutina OS
    - Návratovou adresu ukládá procesor
    - Hodnoty použitých registrů ukládá ovládací rutina
  - Přerušení nemusí být generováno jen HW, přerušení je možné vyvolat i softwarovými prostředky
    - Tzv. „trap“ – jde vlastně o synchronní přerušení
    - Chyby – dělení nulou
    - Speciální instrukce (např. INT – typicky slouží k systémovému volání)

Tok řízení I/O operací bez prerušení



Tok řízení IO operací s prerušením

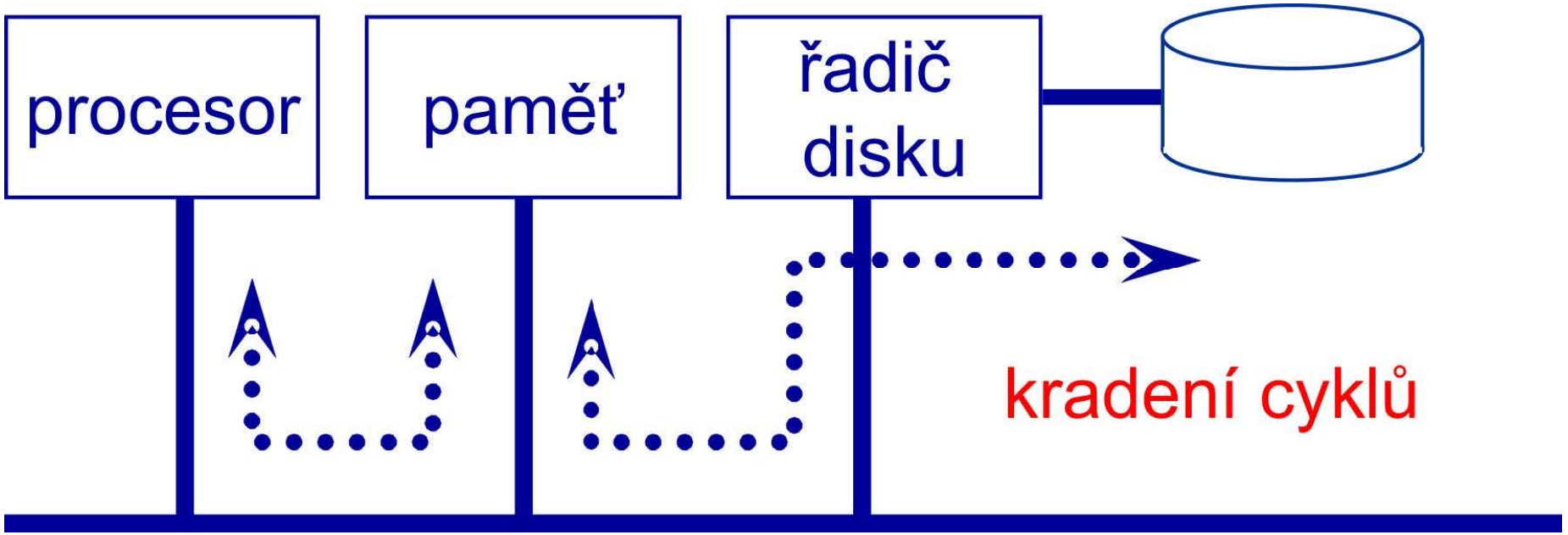




DMA, Direct Memory Access (1)

- Způsob jak rychle přenášet data mezi I/O zařízením a pamětí
- CPU nemusí přenášet data po jednom bajtu, požádá řadič o přenos celého bloku dat
- CPU požádá o přenos dat, po skončení přenosu dat se o tom dozví pomocí přerušení (tj. 1 přerušení/blok dat ne 1 přerušení/bajt-slovo)
- V době přenosu dat soupeří I/O řadič a CPU o přístup do paměti (oba pracují se „stejnou“ pamětí)

DMA, Direct Memory Access (2)



Ochranné funkce HW

- Je-li v paměti několik procesů, nechceme, aby se procesy mohly navzájem negativně ovlivňovat
  - Přepisování paměti
  - Nespravedlivé získání času CPU
  - Souběžný nekoordinovaný přístup k I/O prostředkům
- Proto OS musí tomuto ovlivňování zabránit
  - Často to však nemůže zajistit sám a potřebuje podporu HW – např. při ochraně přístupu do paměti, přístupu k I/O portům

Režimy procesoru

- Běžný způsob ochrany je dvojí režim činnosti procesoru
  - Uživatelský režim
  - Privilegovaný režim
- Některé instrukce je možné provést jen v privilegovaném režimu
  - Např. instrukce pro I/O, nastavování některých registrů (např. některé segmentové registry)
- Z privilegovaného režimu do uživatelského režimu se CPU dostane speciální instrukcí, z uživatelského režimu do privilegovaného režimu se CPU dostává při zpracování přerušení

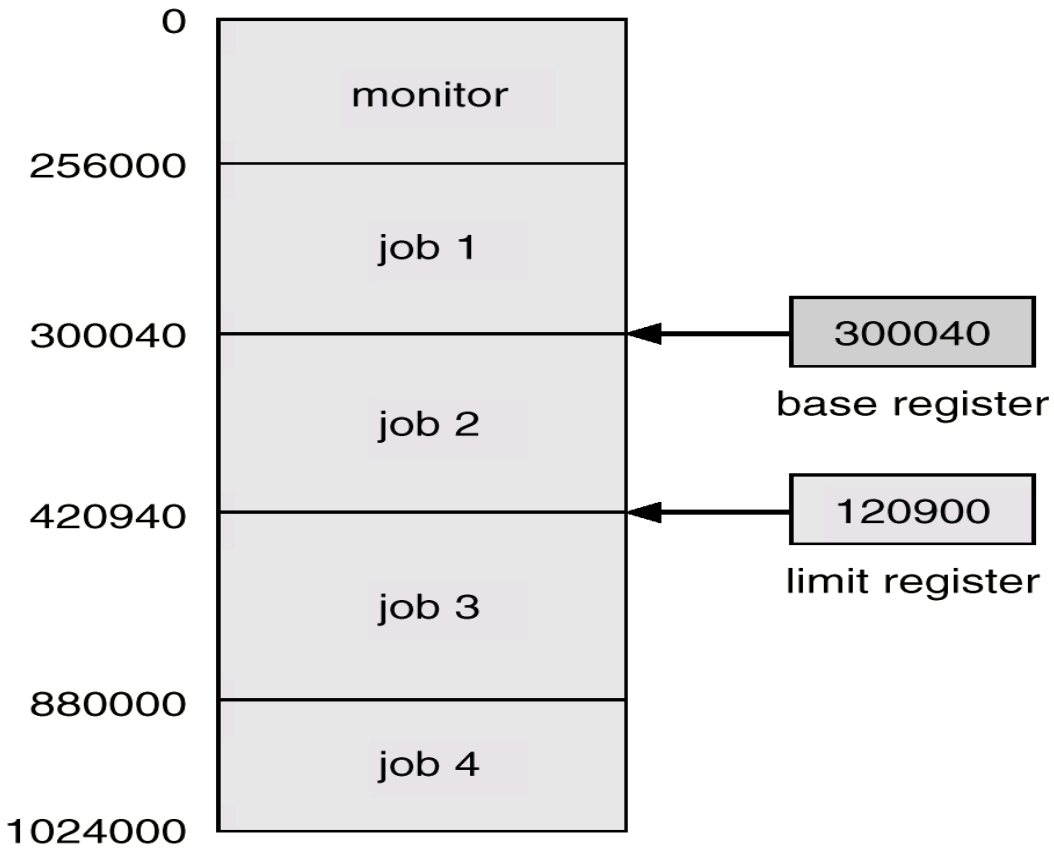
Ochrana paměti

- Minimálně musíme chránit vektor přerušení a rutiny obsluhy přerušení
  - Jinak by bylo možné získat přístup k privilegovanému režimu procesoru
- Každému procesu vyhradíme jeho paměť, jinou paměť nemůže proces používat
  - Ochranu zajišťuje CPU na základě registrů/tabulek nebo principů nastavených OS
  - Např. báze a limit – proces má přístup jen k adresám v rozsahu od (báze + 0) až po (báze + limit)
  - Přístup k nepovoleným adresám způsobí přerušení – to zpracovává OS a např. ukončí činnost procesu

Ochrana CPU

- Jak zaručit, že vládu nad procesorem (tj. jaký kód bude CPU vykonávat) bude mít OS?
- Časovač
  - Časovač generuje přerušení
  - Přerušení obsluhuje OS
    - Ten rozhodne co dál
    - Např. odebere jednomu procesu, vybere další připravený proces a ten spustí (změní kontext)
  - Časovač může generovat přerušení pravidelně nebo je příchod přerušení programovatelný (privilegovanou instrukcí)

Báze a limit



- Jednoduché na implementaci
  - Dva registry, jejichž nastavování je privilegovanou operací
- CPU kontroluje, zda adresy, které proces používá spadají do rozsahu daného registry
- Jak řešit požadavek procesu o přidělení dalšího bloku paměti?

Komponenty OS

- Správa procesů
- Správa operační paměti
- Správa souborů
- Správa I/O zařízení
- Správa sekundární paměti
- Správa síťových služeb
- Ochranný systém
- Interpret příkazů (shell)

Systémová volání

- Systémová volání tvoří rozhraní mezi uživatelským procesem a OS
  - Typicky jsou popsána jako instrukce assembleru a jsou uvedena v programátorském manuálu k OS
  - Vyšší programovací jazyky obsahují některé funkce, které odpovídají systémovým voláním (např. open, write) a dále knihovní funkce, které poskytují vyšší funkčnost a v rámci této spouští (třeba hned několik) systémových volání (např. fopen, fwrite).

Systémová volání (2)

- Různé OS a různé HW platformy mívají různé způsoby jak volat služby OS a různou strukturu těchto služeb
- Nicméně existují určité standardy, které usnadňují přenositelnost programového kódu
  - V oblasti UNIXu – POSIX
  - V oblasti Windows – Win32 (Windows API)
- Teoreticky kód, který bude psán podle standardu, bude přeložitelný na kompatibilních platformách
  - V praxi však existuje celá řada verzí standardu a mnoho výjimek co je a není implementováno

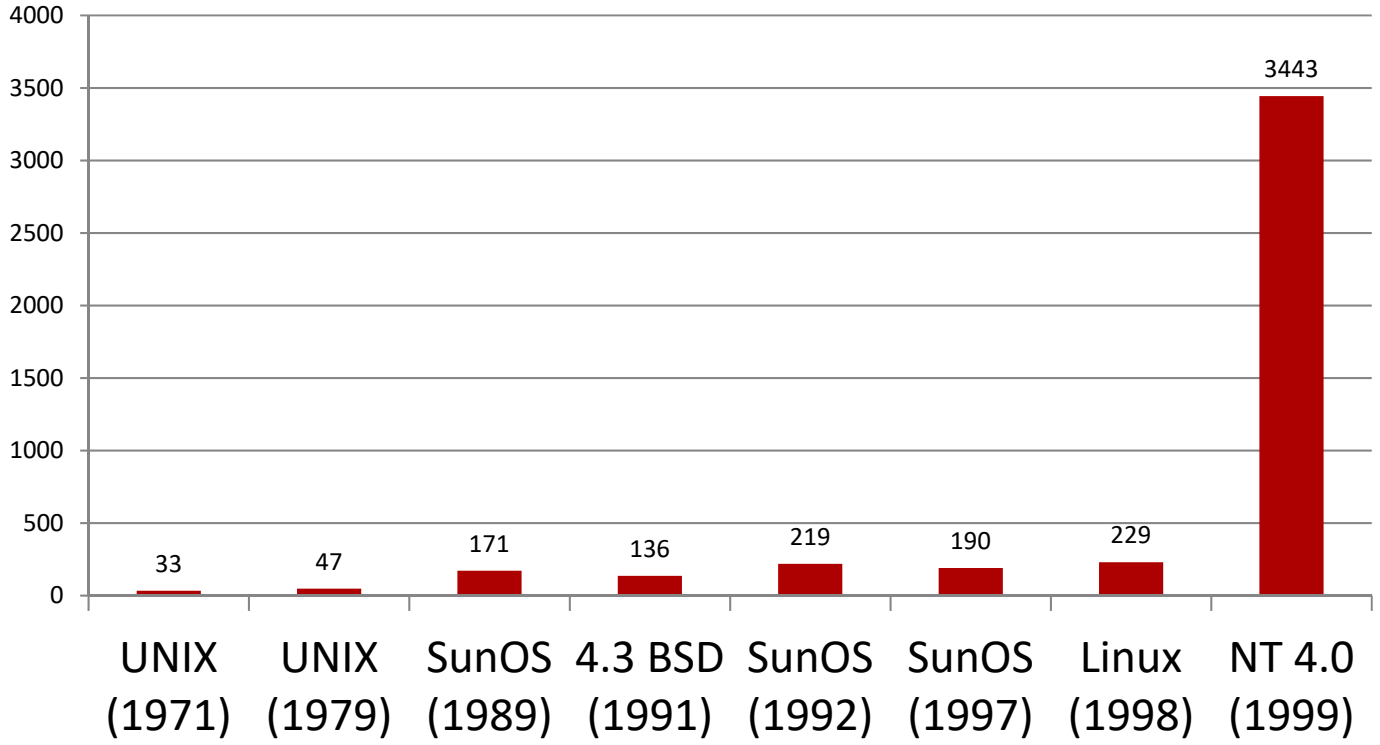
Způsob předání parametrů

- Registry
  - mov eax, 1 // Naplní registr EAX hodnotou 1
  - mov ebx, eax // Zkopíruje obsah registru EAX do registru EBX
  - int 10h // Generuj přerušení
- Zásobník
  - mov ax,0001h // Naplní registr ax hodnotou z paměti 0001h
  - push ax // Vloží ax na vrchol zásobníku
  - int 10h // Generuj přerušení

Příklad – Linux

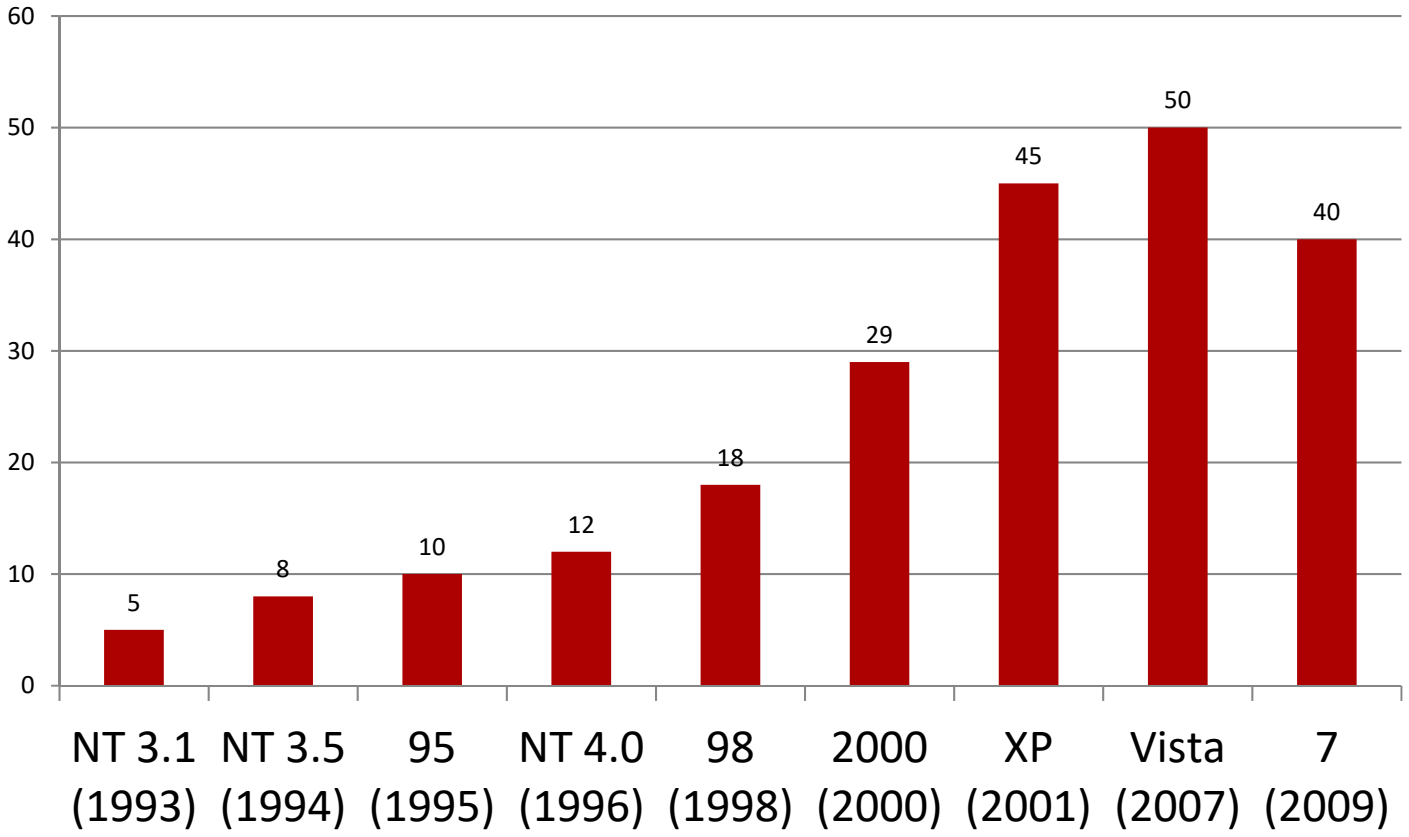
- Systémová volání
  - Standardně přes int 0x80
  - Nově i přes instrukci syscall (sysenter)
- Číslo systémového volání
  - V registru eax
  - V jádře 2.2 přibližně 200 volání, v jádře 2.6 přes 300 volání
- Parametry systémového volání
  - V registrech ebx, ecx, edx, esi, edi, ebp
  - Kromě funkce 117 (parametrem je odkaz na strukturu)
- Výsledek
  - Uložen v eax

Komplexita OS (1)



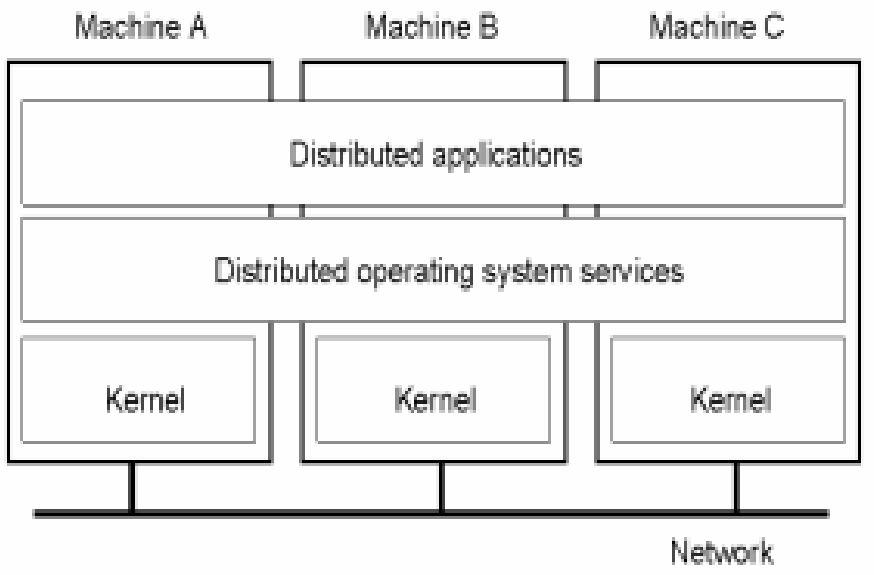
Počet systémových volání OS / API volání

Komplexita OS (2)



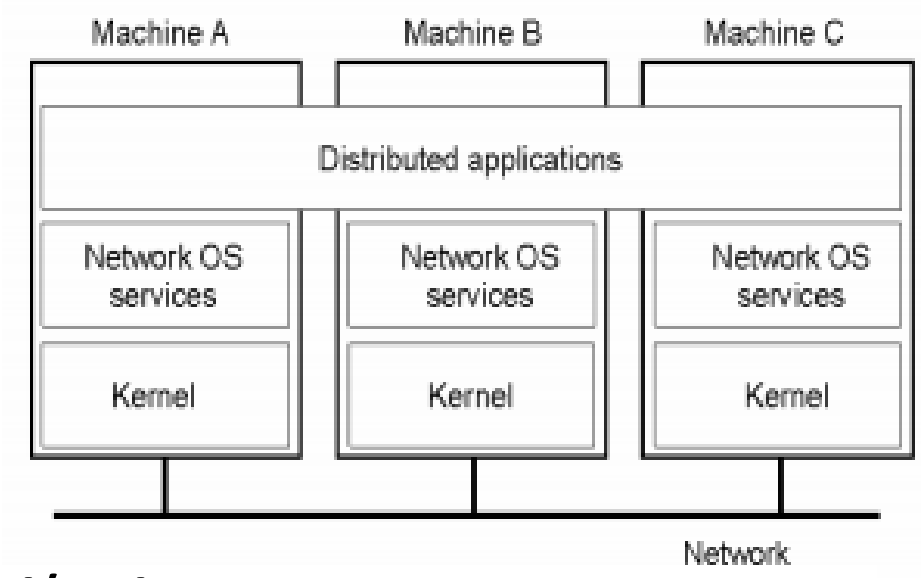
- Rozsah zdrojového kódu Windows (v milionech řádků)

Distribuovaný vs. síťový OS



Distribuovaný OS

- Celý systém se tváří jako tradiční jednoprocesorový systém, přestože jeho jednotlivé komponenty jsou fyzicky rozmístěny na jednotlivých počítačích



Síťový OS

- Každý počítač svůj operační systém
- Uživatelé jsou si vědomi více počítačů
- Mohou kopírovat soubory z jednoho počítače na druhý apod.