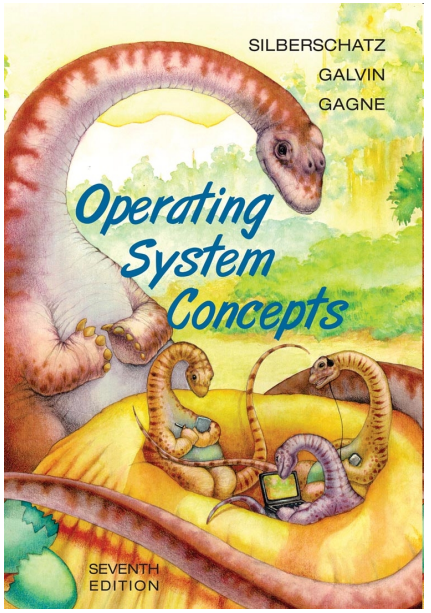
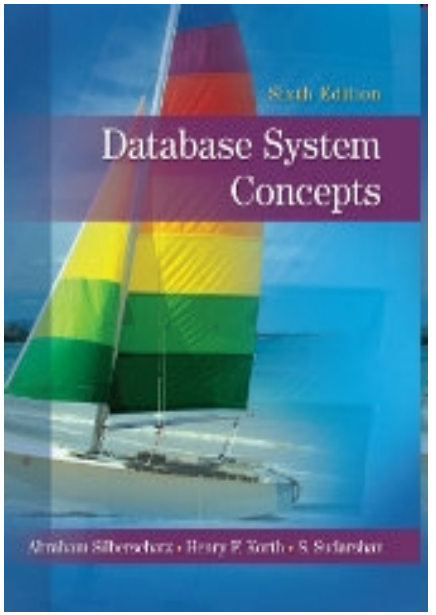
Operační systémy a databáze

Petr Štěpán, K13133, KN-E129
stepan@fel.cvut.cz

Téma 1. Úvod do problému





Obsah

Operační systémy – 9 lekcí

- Silberschatz A., Galvin P. B., Gagne G.: Operating System Concepts
  http://codex.cs.yale.edu/avi/os-book/OS7/os7c/index.html
- Tanenbaum A. S.: Modern Operating Systems
  http://www.cs.vu.nl/~ast/books/mos2/
- YouTube lectures (anglicky):
  CS 162 – UC Berkeley
  OS-SP06 – Surendar Chandra – UC Berkeley
  MIT 6.004

Databáze – 5 lekcí vložených mezi operační systémy

- Silberschatz A., Korth H. F., Sudarshan S.: Database System Concepts
  http://codex.cs.yale.edu/avi/db-book/
- Pokorný, Halaška: Databázové systémy, skripta FEL ČVUT, 2003

Organizace přednášky

- Souhrnná literatura v češtině není
- Tyto prezentace - stránka předmětu, postupně přidávány
  https://cw.felk.cvut.cz/wiki/courses/a3b33osd
- Cvičení částečně seminární a samostatná práce
  - Odkaz na cvičení z uvedené stránky
  - Vedoucí cvičení: Ing. Jan Chudoba - CIIRC
- Zkouška:
  - Výsledky cvičení (až 10 b.)
  - Písemný kvíz – výběr z odpovědí – bez pomůcek (až 5 b.)
  - Dva složitější příklady – možnost používat písemné i elektronické podklady (až 15 b.) - důraz na pochopení principů
  - Hodnocení:
    - ≥ 27 → A (výborně)
    - 24 – 26,9 → B (velmi dobře)
    - 21 – 23,9 → C (dobře)
    - 18 – 20,9 → D (uspokojivě)
    - 15 – 17,9 → E (dostatečně)

Proč studovat OS

- Pravděpodobně nikdo z nás nebude psát celý nový OS
- Proč tedy OS studovat?
  - Každý ho používá a jen málokdo ví jak pracuje
  - Jde o nejrozsáhlejší a nejsložitější IT systémy
  - Uplatňují se v nich mnohé různorodé oblasti
    - softwarové inženýrství,
    - netradiční struktury dat,
    - sítě, algoritmy, …
  - Čas od času je potřeba OS upravit
    - pak je potřeba operačním systémům rozumět
    - psaní ovladačů, …
  - Techniky užívané v OS lze uplatnit i v jiných oblastech
    - neobvyklé struktury dat, krizové rozhodování, problémy souběžnosti, správa zdrojů, ...
    - mnohdy aplikace technik z jiných disciplin (např. operační výzkum)
    - naopak techniky vyvinuté pro OS se uplatňují v jiných oblastech (např. při plánování aktivit v průmyslu)

Cíle předmětu

- Poznat úkoly OS a principy práce OS
- Využívat OS efektivně a bezpečně
- Seznámit se principy počítačových sítí

Co NENÍ cílem tohoto předmětu

- Naučit Vás jak napsat aplikaci pod (X/MS)Windows
- Naučit triky pro konkrétní OS
- Vytvořit OS – na to je málo času

Malý návod na použití školy...

Cíle vzdělávání

- V obecné rovině
  - Naučit kriticky myslet
  - Naučit hledat zákonitosti

- V konkrétní rovině
  - Předat nějaké konkrétní znalosti
  - Předat nějaké konkrétní dovednosti

O dobrém a špatném učení se...

- Povrchní přístup k učení
  - Úkoly dělám, abych splnil jejich zadání a dostal body
  - Výsledkem je zpravidla memorování

- Hloubkový přístup k učení
  - Úkoly dělám, abych splnil jejich účel
  - Výsledkem je zpravidla porozumění
  - Navíc je nutné najít účel úloh

Proč porozumět a ne memorovat...

- Schopnost spojit nové a dřívější znalosti
  - Pomáhá v chápání nových znalostí
  - Pomáhá odstranit chybné znalosti
- Schopnost použít znalosti
  - Znalosti lze spojit s každodenní zkušeností
- Schopnost uchovat znalosti
  - Dobře spojené a pochopené znalosti se pamatují déle
- Volba je na Vás !

Co bude na přednáškách...

- Výkladu se nedá uniknout
  - Náplň je většinou předem k dispozici
- Je to jako kino, ne? Návštěva kina je:
  - Pasivní zážitek s občas zajímavým příběhem
  - Nemusíte příliš přemýšlet
  - Desítky miliónů $ vynaložené na udržení Vaší pozornosti
- Aktivní učení
  - Charles Lin: Active Learning in the Classroom
  - http://www.cs.umd.edu/class/sum2003/cmsc311/Notes/Learn/active.html

Co bude na přednáškách...

- Když chodíte na přednášky
  - očekává se, že se něco naučíte
- V čem je problém
  - Látka je složitá, ale při poslouchání to člověku nepřijde
  - Většina věcí se jeví logická – myšlenkové zkratky
  - Pro zvládnutí je nutné se jí nějakou dobu věnovat i po přednášce
    - ACM/IEEE CS Curriculum: na 1 hodinu přednášky v bakalářském studiu připadají 2-3 hodiny domácí přípravy

Jak se něco na přednášce naučit?

- Neusnout
  - Bez ohledu na to, jak těžké to může být
  - Kdo spí, ten se nic nenaučí a přichází o souvislosti
- Chodit pravidelně
  - Nová látka staví na předchozích základech
  - Naučíte se lépe rozumět přednášejícímu
- Aktivně poslouchat
  - Nejlépe se nové věci naučíte při hledání vlastního vysvětlení, jak věci fungují
  - Dává smysl to co slyšíte?
  - Byli byste schopni to vysvětlit někomu, kdo na přednášce nebyl?
- Pokud něco nedává smysl
  - Zapište si co Vám nedává smysl
  - Zkuste vymyslet otázku, jejíž zodpovědění by věci vyjasnilo a položte ji přednášejícímu

Kdy a jak se ptát?

- Když Vaše představa neodpovídá tomu co slyšíte
  - Nebo když Vám chybí část „skládanky“
  - Na konci přednášky byste měli být schopni položit několik otázek, alespoň upřesňujících
    - „Myslím si, že říkáte ..(vlastními slovy).., je to tak?“

- Než se zeptáte, zkuste si odpovědět
  - Pokud nevíte, nebo si nejste jisti, zeptejte se

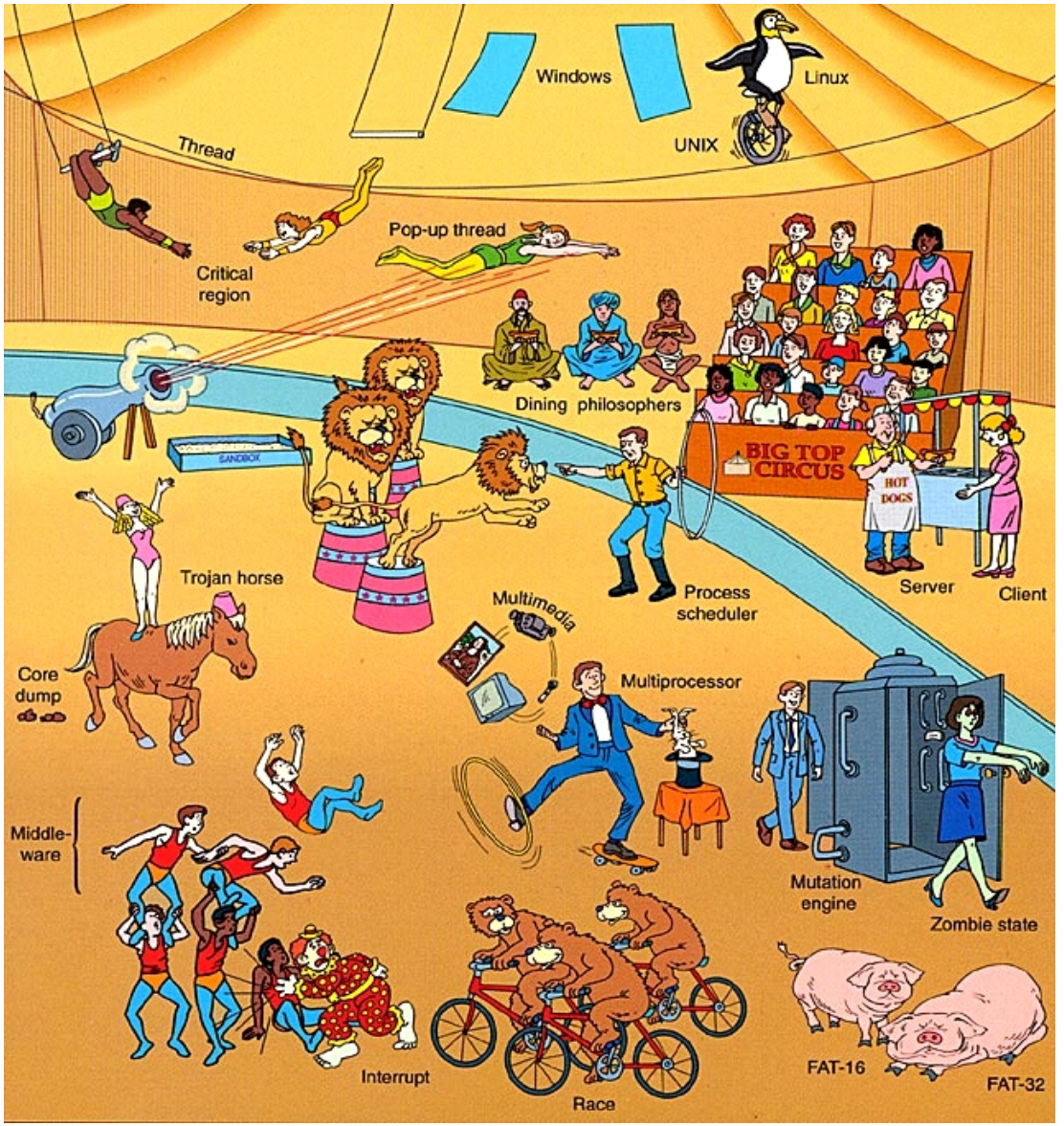
- Při hledání otázek začnete pozorněji poslouchat
  - Začnete poslouchat s cílem se něco naučit
  - Naučíte se klást užitečné dotazy

Konec návodu na použití školy.

Co je operační systém?

Úkoly OS:

- Spouštět a dohlížet uživatelské programy
- Efektivní využití HW
- Usnadnit řešení uživatelských problémů
- Učinit počítač (snáze) použitelný
  - Umíte použít počítač bez OS?



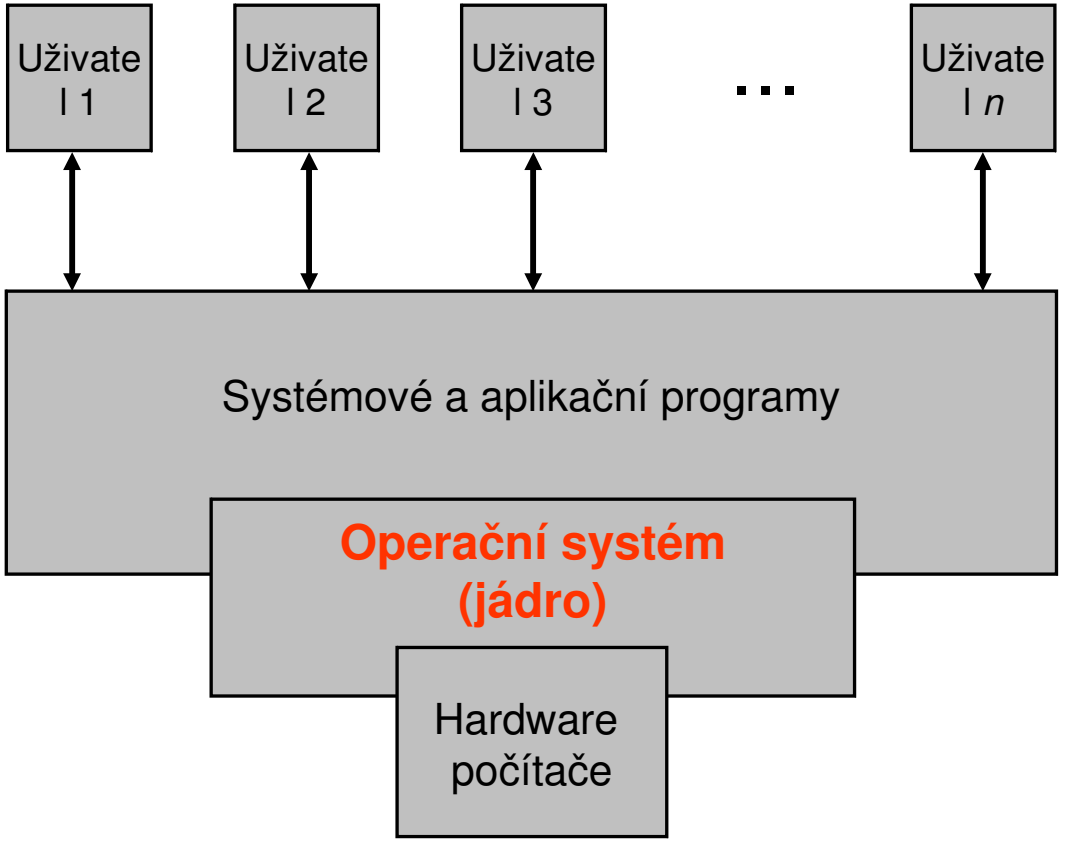
Co je operační systém?

- Neexistuje žádná obecně platná definice
- Několik koncepcí pojmu OS
  - systémové (jen jádro a s ním související nadstavby)
  - „obchodní“ (to, co si koupíme pod označením OS)
  - organizační (včetně pravidel pro hladký chod systému)
- OS jako rozšíření počítače
  - Zakrývá komplikované detaily hardware
  - Poskytuje uživateli „virtuální stroj“, který má se snáze ovládá a programuje
- OS jako správce systémových prostředků
  - Každý program dostává prostředky v čase
  - Každý program dostává potřebný prostor na potřebných prostředcích

Co je pro nás operační systém?

V této přednášce budeme brát operační systém jako jádro operačního systému

- ostatní (tzv. systémové) programy lze chápat jako nadstavbu jádra
- GUI – Windows je grafická nadstavba systémových programů



Různorodost OS

- OS „střediskových“ (mainframe) počítačů – dnes již historický pojem
- OS superpočítačů (3,120,000 jader, 54,902TFlops, 17,8MW příkon)
- OS datových a síťových serverů
- OS osobních počítačů a pracovních stanic
- OS reálného času (Real-time OS – řízení letadel, vlaků, raket, družic, apod.)
- OS přenosných zařízení – telefony, tablety
- Vestavěné OS (tiskárna, pračka, telefon, ...)
- OS čipových karet (smart card OS)
- ... a mnoho dalších specializovaných systémů

OS pro superpočítače

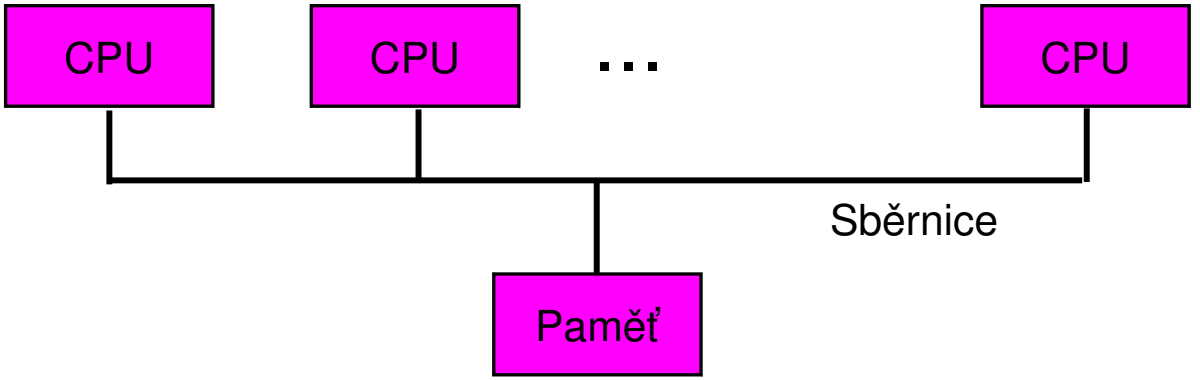
- Počítače pro výpočty velmi složitých simulací a náročných matematických výpočtů
- Zakázky (jobs) se seskupují do dávek (batch) pro nejlepší využití pronajatého strojového času
- Rezidentní program – monitor – předává řízení mezi zakázkami
- Skutečné paralelní spuštění až 3000000 paralelních programů, většinou nepoužívá simulaci paralelismu - multitasking by pouze zdržoval

Osobní počítač – Personal Computer PC

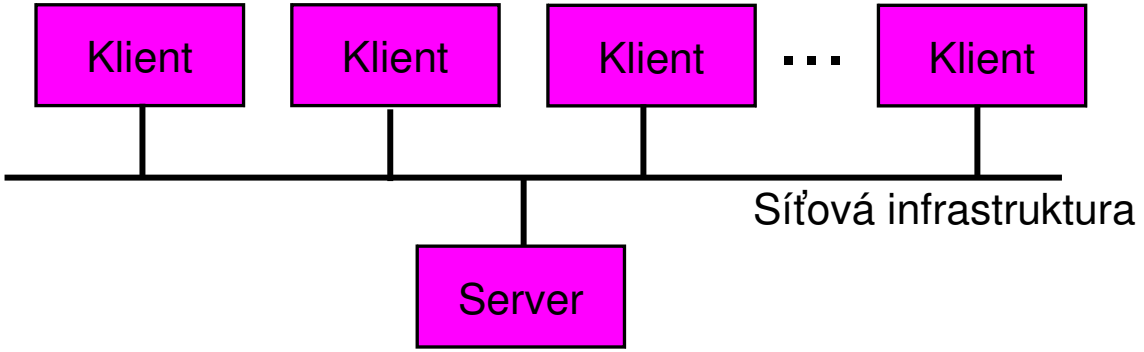
- Typicky orientované na jednoho uživatele
  - v současné době ale vesměs s multiprogramováním (multitaskingem)
- Typizované I/O vybavení
  - klávesnice, myš, obrazovka, disk, USB, malá tiskárna, komunikační rozhraní
- Upřednostňovaným cílem je uživatelovo pohodlí
  - minimum ochran – hlavní roli hraje odpovědnost uživatele
  - často se nevyužívají ochranné vlastnosti CPU
- OS PC často adoptují technologie vyvinuté pro OS větších počítačů
- Mnohdy lze provozovat různé typy operačních systémů
  - M$ Windows  , UNIXy  , Linux  , OS X, Android  apod.

Paralelní a distribuované systémy

Těsně vázaný multiprocesorový systém



Distribuovaný systém typu klient-server



Paralelní systémy

- Zvyšují propustnost a spolehlivost při rozumných nákladech na výpočetní systém
- Multiprocesorové systémy
  - většina současných PC s procesorem s více jádry
  - systémy s více procesory vzájemně komunikujícími vnitřními prostředky jednoho výpočetního systému (např. společnou sběrnicí)
- Symetrický multiprocesing (SMP)
  - podporován většinou soudobých OS
  - současně může běžet více procesů na různých CPU/jádrech
  - kterýkoliv proces (i jádro OS) může běžet na kterémkoliv procesoru
- Nesymetrický multiprocesing
  - každý procesor má přidělený specifický úkol
  - hlavní (master) procesor plánuje a přiděluje práci podřízeným (slave) procesorům

Distribuované systémy

- Rozdělení výpočtů mezi více počítačů propojených sítí
  - lze sdílet zátěž (load-sharing), výpočty se tím zrychlují i za cenu vyšší režie spojené s komunikací
  - zvyšuje se spolehlivost a komunikační schopnosti
  - každý samostatný procesor má svoji vlastní lokální paměť
  - vzájemně se komunikuje pomocí přenosových spojů (sítě) mechanismem výměny zpráv
- Vynucují si použití vhodné síťové infrastruktury
  - LAN, Local Area Networks
  - WAN, Wide Area Networks
- Klasifikace
  - asymetrické distribuované systémy – klient-server
  - symetrické distribuované systémy – peer-to-peer
- OS:
  - Distribuovaný OS vs. síťový OS

Více úloh současně - Multitasking

- Zdánlivé spuštění více procesů současně je nejčastěji implementováno metodou sdílení času tzv. Time-Sharing Systems (TSS)
- Multitasking vznikl jako nástroj pro efektivní řešení dávkového zpracování
- TSS rozšiřuje plánovací pravidla
  - o rychlé (spravedlivé, cyklické) přepínání mezi procesy řešícími zakázky interaktivních uživatelů
- Podpora on-line komunikace mezi uživatelem a OS
  - původně v konfiguraci počítač – terminál
  - v současnosti v síťovém prostředí
- Systém je uživatelům dostupný on-line jak pro zpřístupňování dat tak i programů

Systémy reálného času - RT

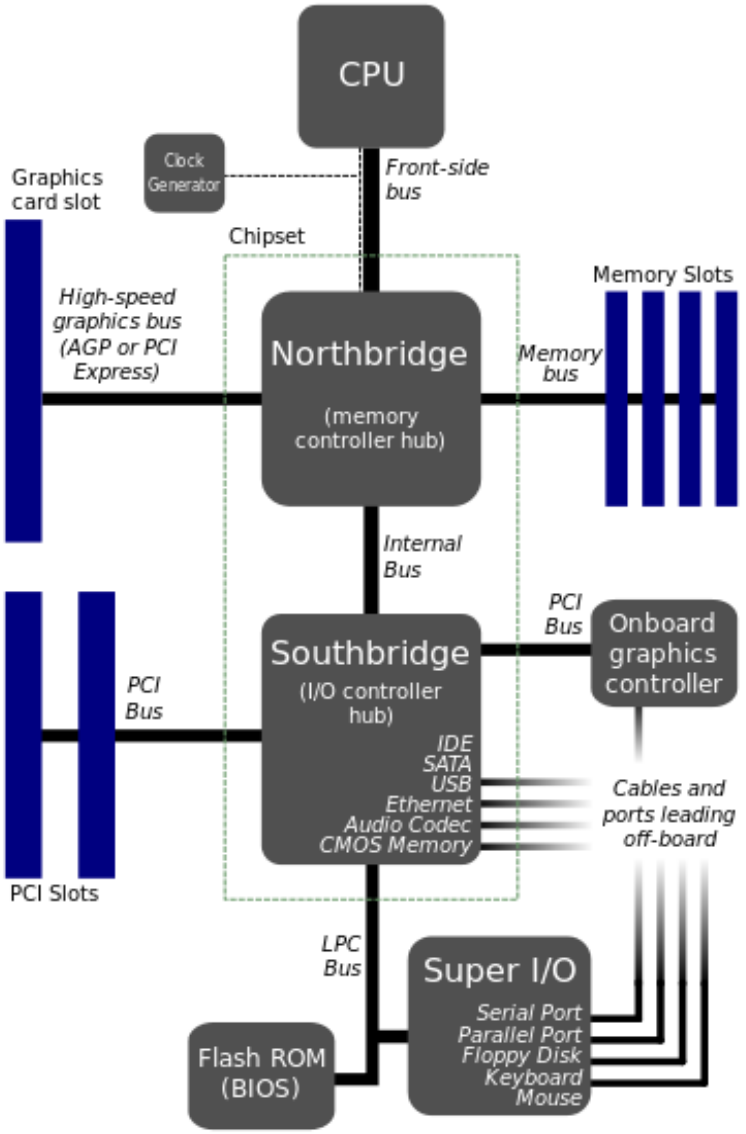
- Nejčastěji řídicí zařízení v dedikovaných (vestavěných) aplikacích:
  - vědecký přístroj, diagnostický zobrazovací systém, systém řízení průmyslového procesu, monitorovací systémy
  - obvykle dobře definované pevné časové limity
  - někdy také subsystém univerzálního OS
- Klasifikace:
  - striktní RT systémy – Hard real-time systems
    - omezená nebo žádná vnější paměť, data se pamatují krátkodobě v RAM paměti
    - protipól univerzálních OS nepodporují striktní RT systémy
    - plánování musí respektovat požadavek ukončení kritického úkolu v rámci požadovaného časového intervalu
  - tolerantní RT systémy – Soft real-time systems
    - použití např. v průmyslovém řízení, v robotice
    - použitelné v aplikacích požadujících dostupnost některých vlastností obecných OS (multimedia, virtual reality, video-on-demand)
    - kritické úkoly mají přednost „před méně šťastnými”

Přenosné systémy

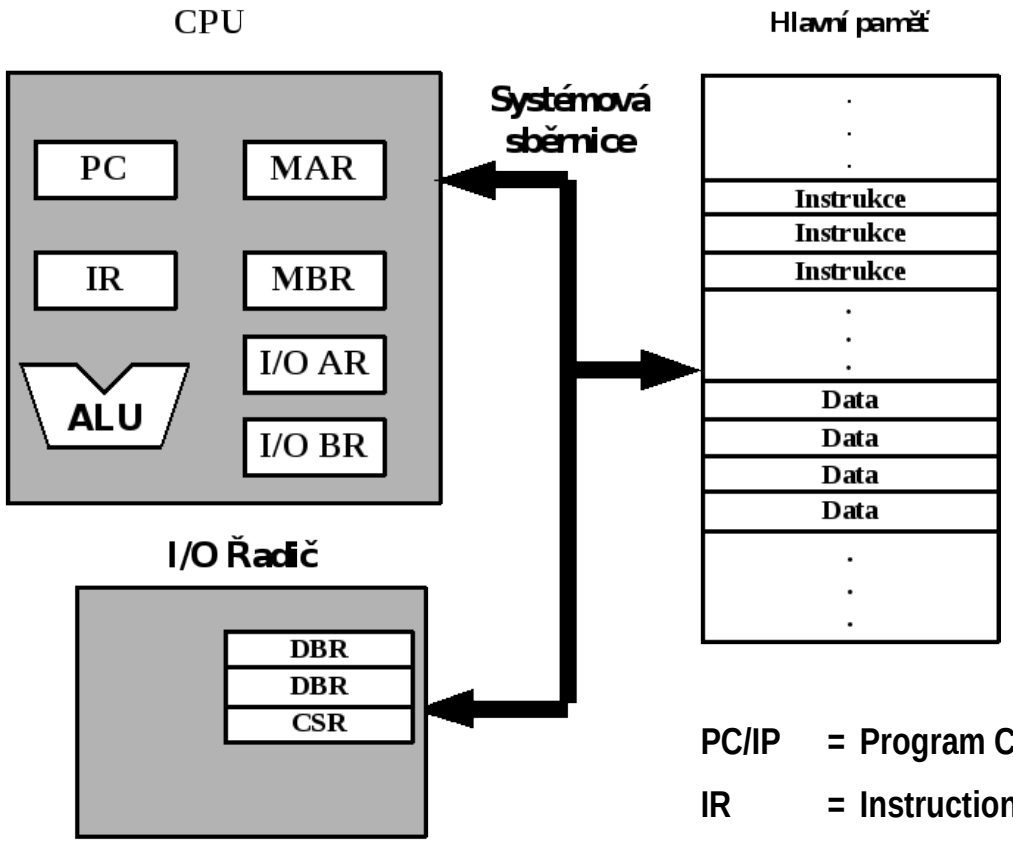
- Handheld Systems, mobilní telefony, tablety
- Charakteristiky:
  - požadavek energetické úspornosti => pomalé procesory
  - speciální obvody na rychlé a efektivní zpracování dat, např. dekódování videa
  - relativně omezená kapacita paměti
  - zpravidla menší display
  - potřeba multiprogramování, avšak obvykle bez sdílení času, výstup na obrazovku pouze jedné aplikace
- Mobilní telefony
  - Navíc podpora síťových komunikačních protokolů
  - Softwarové modemy pro datové přenosy

OS osobního počítače

- Základem počítače je procesor – CPU
- Procesor je připojen sběrnicemi k ostatním periferiím počítače – paměti, grafickému výstupu, disku, klávesnici, myši, síťovému rozhraní, atd.
- Činnost sběrnice řídí arbiter sběrnice



Procesor - CPU



Základní vlastnosti:

- šířka datové a adresové sběrnice
- počet vnitřních registrů
- rychlost řídicího signálu – hodiny
- instrukční sada

PC/IP	**=**	**Program Counter**	**=**	**Čítač instrukcí**
IR	**=**	**Instruction Register**	**=**	**Registr instrukcí**
MAR	**=**	**Memory Address Register**	**=**	**Adresní registr paměti**
MBR	**=**	**Memory Buffer Register**	**=**	**Datový vyrovnávací registr paměti**
I/O AR	**=**	**I/O Address Register**	**=**	**Adresní registr I/O**
I/O BR	**=**	**I/O Buffer Register**	**=**	**Datový vyrovnávací registr I/O**
DBR	**=**	**Data Buffer Register**	**=**	**Datový vyrovnávací registr řadiče**
CSR	**=**	**Control & Status Register**	**=**	**Řídicí a stavový registr na řadiči**

Procesor – x86/AMD64

Všechny registry vzhledem ke zpětné kompatibilitě jsou 64/32/16/8 bitové

<table>
<tr><td colspan="5">64 – bitový registr rax</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3">32-bitová část eax</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2">16 bitů ax</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>ah</td><td>al</td></tr>
</table>

Řídicí a stavové registry

- EIP/RIP – instruction pointer – adresa zpracovávané instrukce
- EIR/RIR – instruction registr – kód zpracovávané instrukce
- EFLAGS/RFLAGS – stav procesoru povoleno/zakázáno přerušení, system/user mód, výsledek operace – přetečení, podtečení, rovnost 0, apod.

Procesor – x86/AMD64

Uživatelské registry

- programově dostupné registry pro ukládání hodnot programu eax, ebx, ecx, edx
- registry umožňující uchovat hodnotu, nebo ukazatel do paměti esi, edi, ebp
- esp – stack pointer - ukazatel zásobníku, pro ukládání lokálních proměnných a návratových adres funkcí, používán při funkcích push, pop
- AMD64/X86-64 přidává 8 dalších registrů r8-r15,ve formě r8b nejnižší bajt, r8w nejnižší slovo (16 bitů), r8d – nižších 32 bitů, r8 – 64 bitový registr

Procesor – x86/AMD64

Instrukce procesoru

- Ulož hodnotu

AT&T		Intel
movq	zdroj 64b, cíl	mov cíl, zdroj
movl	zdroj 32b, cíl	
movw	zdroj 16b, cíl	
movb	zdroj 8b, cíl	
registry se značí %ax		pouze ax
hodnoty $, hex 0x		číslo, hex postfix h
movl	$0xff, %ebx	mov ebx, 0ffh

Procesor – x86/AMD64

Instrukce procesoru

- Ulož hodnotu – odkaz do paměti

  odkaz má 4 složky základ+index*velikost+posun

  pole struktur o velikosti velikost, základ je ukazatel na první prvek, index říká, který prvek chceme a posun, kterou položku uvnitř struktury potřebujeme.

  není potřeba použít všechny 4 složky

AT&T		Intel	
movl	(%ecx),%eax	mov eax, [ecx]	z adr ecx
movl	3(%ebx), %eax	mov eax, [ebx+3]	z ebx+3
movl	(%ebx, %ecx, 0x2), %eax	mov eax, [ebx+ecx*2h]	
movl	-0x20(%ebx, %ecx, 0x4), %eax	mov eax, [ebx+ecx*4h-20h]	

Procesor – x86/AMD64

Instrukce procesoru

- Aritmetika – AT&T syntax

  operace co, k čemu

  addq $0x05,%eax eax = eax + 5

  subl -4(%ebp), %eax eax = eax - mem(ebp-4)

  subl %eax, -4(%ebp) mem(ebp-4) = mem(ebp-4)-eax

  andx – bitový and - argumenty typu x andb, andw, andl, andq

  orx – bitový or

  xorx – bitový xor (nejrychlejší vynulování registru)

  mulx – násobení čísel bez znamének

  divx – dělení čísel bez znamének

  imulx – násobení čísel se znaménky

  idivx – dělení čísel se znaménky

Procesor – x86/AMD64

Instrukce procesoru

- Aritmetika s jedním operandem– AT&T syntax

  operace s čím

  incl %eax eax = eax + 1

  decw (%ebx) mem(ebx) = mem(ebx)-1

  shlb $3, %al al = al<<3

  shrb $1, %bl bl=11000000, po bl=01100000

  sarb $1, %bl bl=11000000, po bl=11100000

  rorx, rolx, rcrx, rcl – bitová rotace, c – přes carry
- Práce se zásobníkem

  pushl %eax ulož na zásobník obsah eax 32 bit

  popw %ebx vyber ze zásobníku 2 bajty do ebx

  pushf/popf ulož/vyber register EFLAGS

  pusha/popa ulož/vyber všechny už. Registry

Procesor – x86/AMD64

Instrukce procesoru

- Podmíněné skoky

  test a1, a2 tmp = a1 AND a2, Z tmp=0, C tmp<0

  cmp a1, a2 tmp = a1-a2, Z tmp=0, C tmp<0

  pak lze použít následující skoky

  je kam – jmp equal - skoč při rovnosti

  jne kam – jmp not equal - skoč při nerovnosti

  jg/ja kam – jmp greater – skoč pokud je a1 > a2 (sign/unsig)

  jge/jae kam – skoč pokud je a1 >= a2 (sign/unsig)

  jl/jb kam – jmp less – skoč pokud je a1 < a2 (sign/unsig)

  jle/jbe kam – skoč pokud je a1 <= a2 (sign/unsig)

  jz/jnz kam – skoč pokud je Z=1/0

  jo/jno kam – sko4 pokud je O (overflow) = 1/0

Procesor – x86/AMD64

Instrukce procesoru

- Funkce
  call adr – vlastně push ip, jmp adr
  ret – vlastně pop ip

- Lokální proměnné ve funkci – příklad implementace

```
pushl  %ebp              ; Uložíme hodnotu EBP do zásobníku
movl   %esp, %ebp        ; Zkopírujeme hodnotu registru ESP to EBP
sub    $12, %esp         ; Snížíme ukazatel zásobníku o 3x4 bajty
                         ; První proměnná bude na adrese [ebp-04h], druhá
                         ; na adrese [ebp-08h], třetí na [ebp-0Ch]
       ...
mov    %ebp, %esp ; Vrátíme ukazatel zpět na původní pozici.
                  ; (Lokální proměnné tím zaniknou)
pop    %ebp       ; Obnovíme původní hodnotu registru EBP
ret               ; Návrat z funkce
```

Režimy práce procesoru

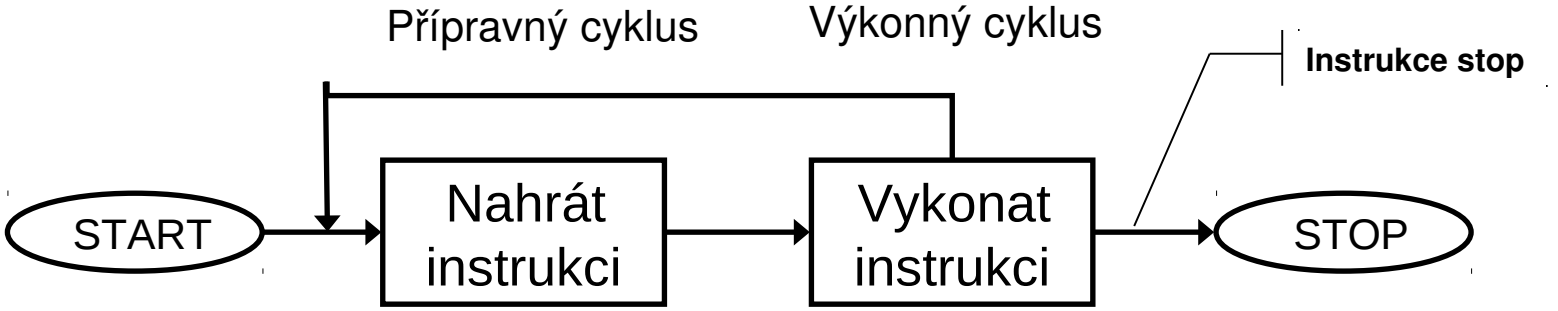
Dva režimy práce procesoru - základ hardwarových ochran

- Systémový = privilegovaný režim
  - procesor může vše, čeho je schopen
- Uživatelský = aplikační (ochranný) režim
  - privilegované operace jsou zakázány
- Privilegované operace
  - ovlivnění stavu celého systému (halt, reset, Interrupt Enable/Disable, modifikace PSW, modifikace registrů MMU)
  - instrukce pro vstup/výstup (in, out)
- Okamžitě platný režim je zachycen v PSW (S-bit)

Přechody mezi režimy

- Po zapnutí stroje systémový režim
- Přechod do uživatelského – modifikace PSW
- Přechod do systémového – pouze přerušení vč. programového

Pracovní krok procesoru



Procesor pracuje v krocích. Jeden krok obsahuje fáze:

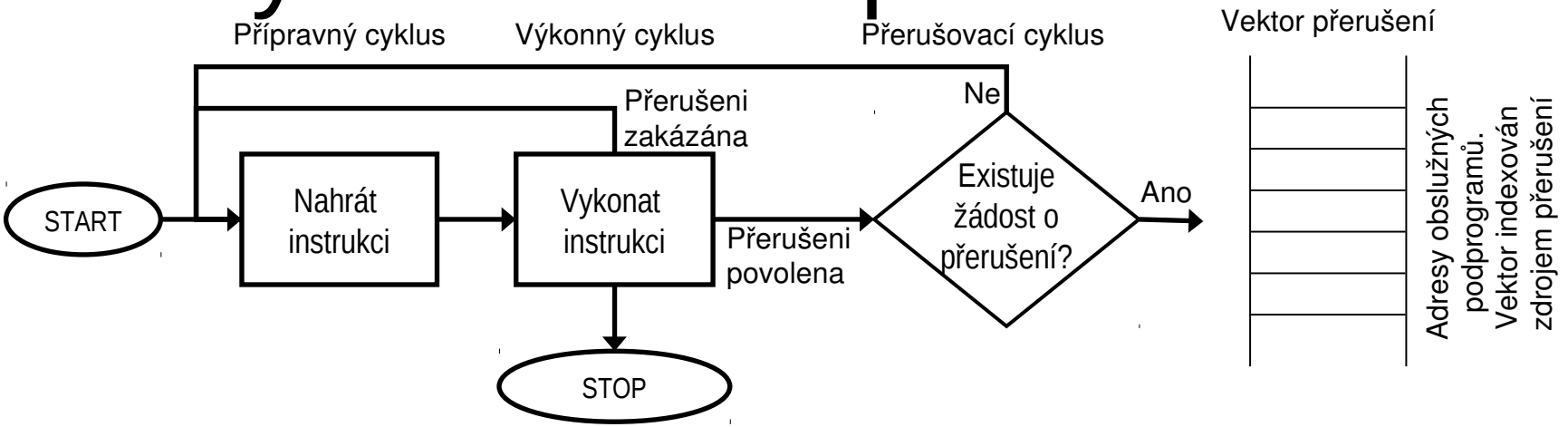
- Přípravná fáze (fetch cycle)
  - nahrává do procesoru instrukci podle PC a umístí její kód do IR
  - na jejím konci se (zpravidla) inkrementuje PC
- Výkonná fáze (execute cycle)
  - vlastní provedení instrukce
  - může se dále obracet (i několikrát) k paměti

```
loop: FETCH;   /* ((PC)) → IR */
      Increment(PC);
      EXECUTE;   /* provede operaci dle (IR) */
end loop
```

Přerušení

- Přerušení normální posloupnosti provádění instrukcí
  - cílem je zlepšení účinnosti práce systému
  - je potřeba provést jinou posloupnost příkazů jako reakci na nějakou „neobvyklou” externí událost
  - přerušující událost způsobí, že se pozastaví běh procesu v CPU takovým způsobem, aby ho bylo možné později znovu obnovit, aniž by to přerušený proces „poznal“
- Souběh I/O operace
  - přerušení umožní, aby CPU prováděla jiné akce než instrukce programu čekajícího na konec I/O operace
  - činnost CPU se později přeruší iniciativou „I/O modulu”
  - CPU předá řízení na obslužnou rutinu přerušení (Interrupt Service Routine) – standardní součást OS
- CPU testuje nutnost věnovat se obsluze přerušení alespoň po dokončení každé instrukci
  - existují výjimky (např. „blokové instrukce“ Intel)

Cyklus CPU s přerušením




```
INTF=False; /* je žádost o přerušení ? */
loop:  FETCH;
       Increment(PC);
       EXECUTE;
       if povoleno přerušení && INTF then
          Ulož PSW na zásobník;
          Ulož PC na zásobník;
          PSW nastav System mode a Interrupt disabled;
          PC = vektoru přerušení podle čísla přerušení
end loop
```

Přerušení a jejich druhy

Přerušení je speciálním případem výjimečné situace.

Synchronní přerušení (s během programu)

- Programové (naprogramované) - speciální instrukce (INT, TRAP)
- Generované kontrolními obvody počítače:
  - dělení nulou, pokus o vykonání nelegální či neznámé instrukce
  - neoprávněný pokus o přístup k paměťové lokaci (narušení ochrany paměti, virtuální paměť)

Asynchronní (přicházející zvenčí – klasické přerušení)

- I/O, časovač, hardwarové problémy (např. výpadek napájení ...)

Kdy se na výjimečné situace reaguje?

- Standardní přerušení: po dokončení instrukce během níž vznikl požadavek
- Výjimka vysoké úrovně: během provádění instrukce (po dokončení některé fáze provádění instrukce) – instrukci nelze dokončit – neznámá instrukce, dělení nulou
- Kritická výjimka: nelze dokončit ani cyklus přenosu dat a je nutno reagovat okamžitě – narušení ochrany paměti

Obsluha přerušení

Žádost se vyhodnotí na přípustnost (priority přerušení)

Procesor přejde do zvláštního cyklu

- PSW se uloží na zásobník (Výsledek aritmetických operací se mění témě každou instrukcí).
- Na zásobník se uloží i čítač instrukcí PC (návratová hodnota z přerušení).
- Do PSW se vygeneruje nové stavové slovo s nastaveným S-bitem. Nyní je CPU v privilegovaném režimu
- PC se nahradí hodnotou z vektoru přerušení - skok na obsluhu přerušení

Procesor přechází do normálního režimu práce a zpracovává obslužnou rutinu přerušení

- Obslužná rutina musí být transparentní, tj. programově se musí uložit všechny registry CPU, které obslužná rutina použije, a před návratem z přerušení se opět vše musí obnovit tak, aby přerušená posloupnost instrukcí nepoznala, že byla přerušena.
- Obslužnou rutinu končí instrukce „návrat z přerušení“ (IRET, RTE) mající opačný efekt: z vrcholu zásobníku vezme položky, které umístí zpět do PC a PSW

Vícenásobná přerušení

Sekvenční zpracování

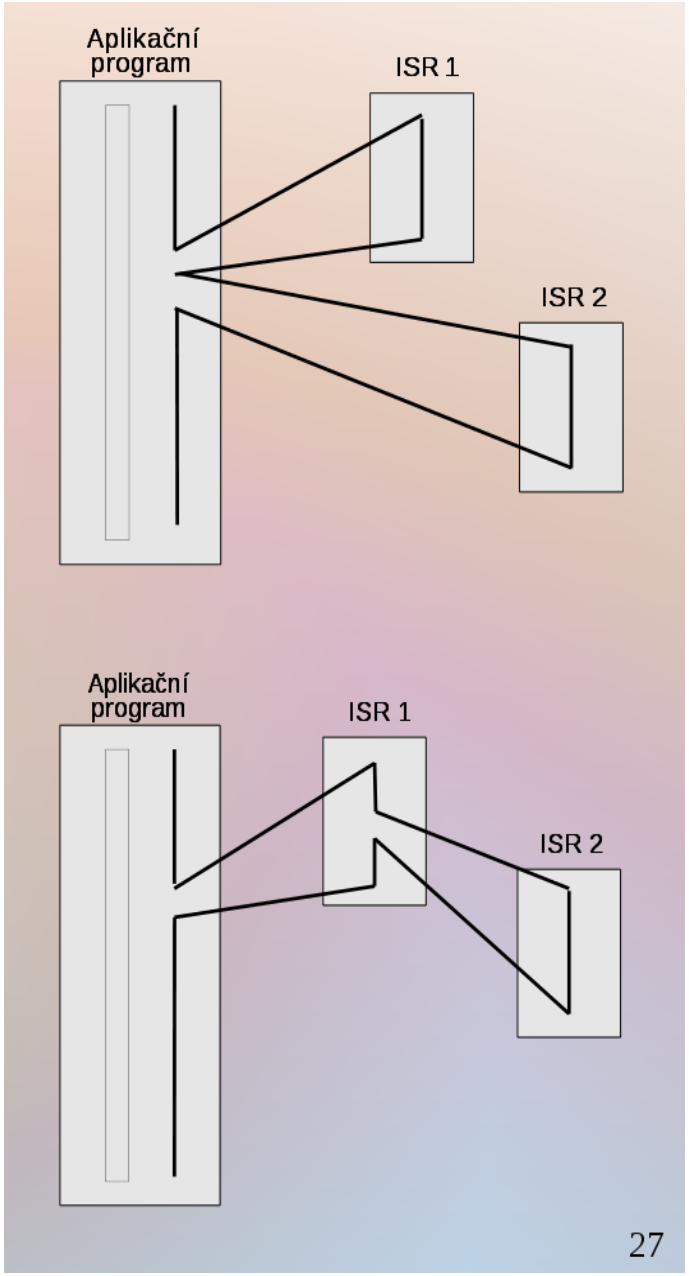
- během obsluhy jednoho přerušení se další požadavky nepřijímají (pozdržují se)
- jednoduché, ale nevhodné pro časově kritické akce

Vnořené zpracování

- prioritní mechanismus
- přijímají se přerušení s prioritou striktně vyšší, než je priorita obsluhovaného přerušení

Odložené zpracování

- V přerušení se provede pouze nejnutnější obsluha zařízení, zbytek se provede v rámci OS
- Neblokují se zbytečně další přerušení



Obsluha I/O zařízení

I/O operace:

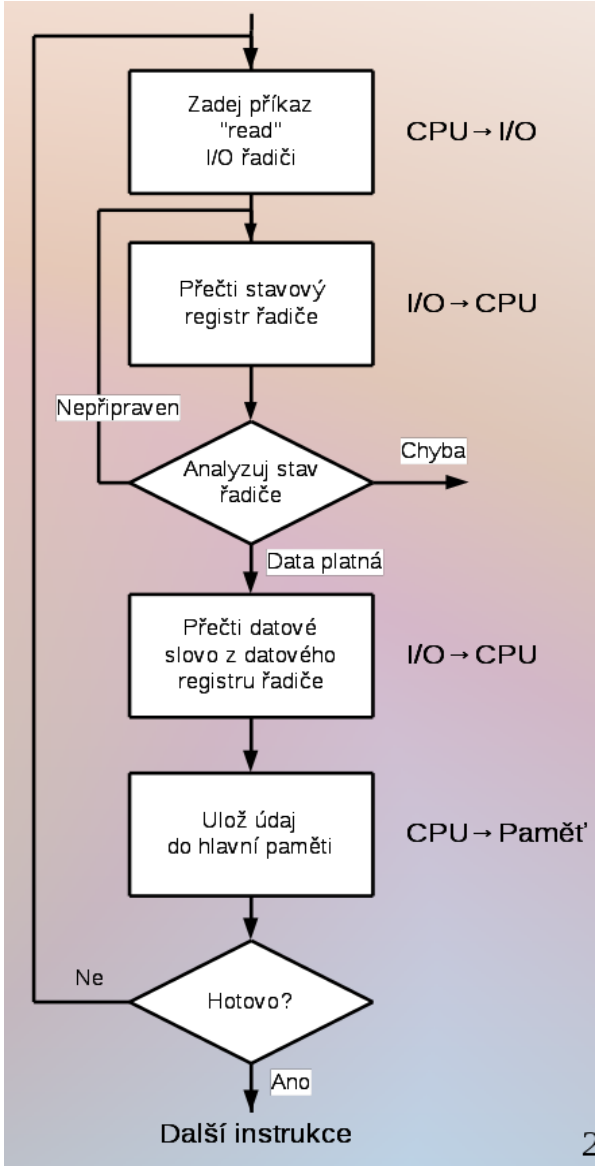
- Zpravidla přenos sekvence údajů přes sběrnici
- Přenos dat z I/O zařízení do CPU – vstup,
- Přenos dat z CPU do I/O – výstup

Dva způsoby obsluhy

- S aktivním čekáním (busy waiting)
  - v systémech bez řízení IO pomocí OS
  - žádné souběžné zpracovávání I/O, nedořešený zůstává nejvýše jeden I/O požadavek
  - program testuje konec IO operace opakovanými dotazy na příslušný stavový registr IO zařízení
- S přerušením a OS řízeným souběžným prováděním
  - v systémech s řízením IO pomocí OS
  - souběžné zpracovávání I/O paralelně s během programu(ů)
  - I/O operaci zahajuje OS na žádost z uživatelské ho procesu
  - uživatelský proces čeká na dokončení I/O operace – synchronní řešení
  - uživatelský proces nečeká na dokončení I/O operace – asynchronní řešení I/O, může běžet souběžně více I/O operací

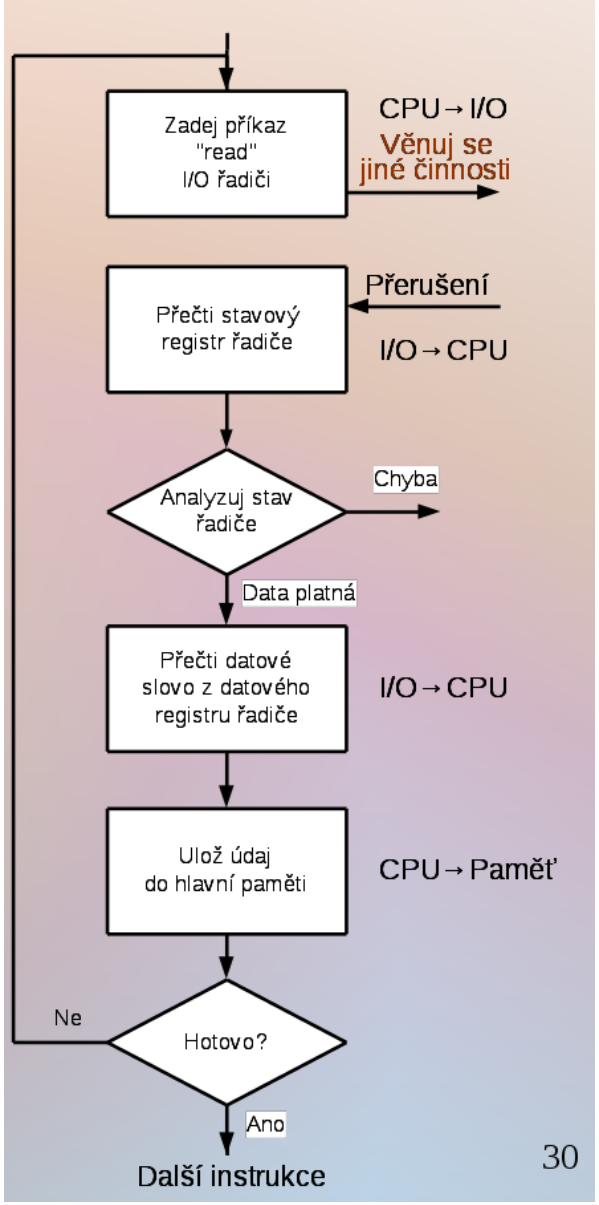
I/O a aktivním čekáním

- CPU zahajuje elementární přenos údajů a v „dotazovací smyčce“ čeká na připravenost dat
- programově velmi jednoduché
- velmi neefektivní, ale velmi rychlá reakce
- až na zcela výjimečné případy
- použitelné jen v primitivních systémech bez multiprogramování, nebo jako první část obsluhy I/O zařízení



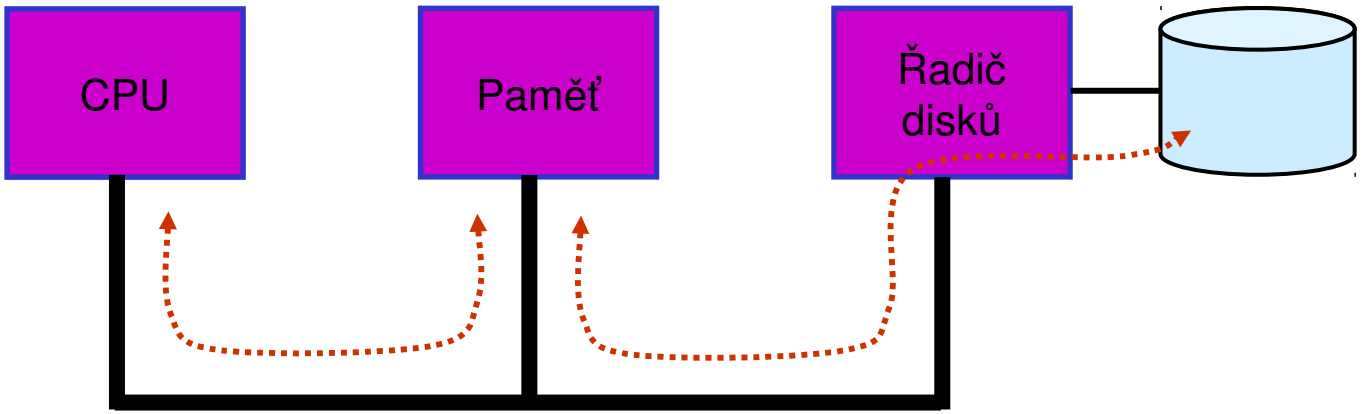
I/O obsluha s přerušením

- CPU inicializuje elementární přenos a věnuje se jiné činnosti
- Když je údaj připraven, I/O zařízení vyvolá přerušení
- Obslužná rutina přenese data mezi zařízením a pamětí
- Pružné – data lze při přenosu upravovat
- Relativně pomalé, účast CPU, řízeno programem
- Jen pro zařízení schopná práce v režimu start-stop
  - Zařízení schopná ze své fyzikální podstaty pozastavit přenos dat kdykoliv a na libovolně dlouhou dobu beze ztrát



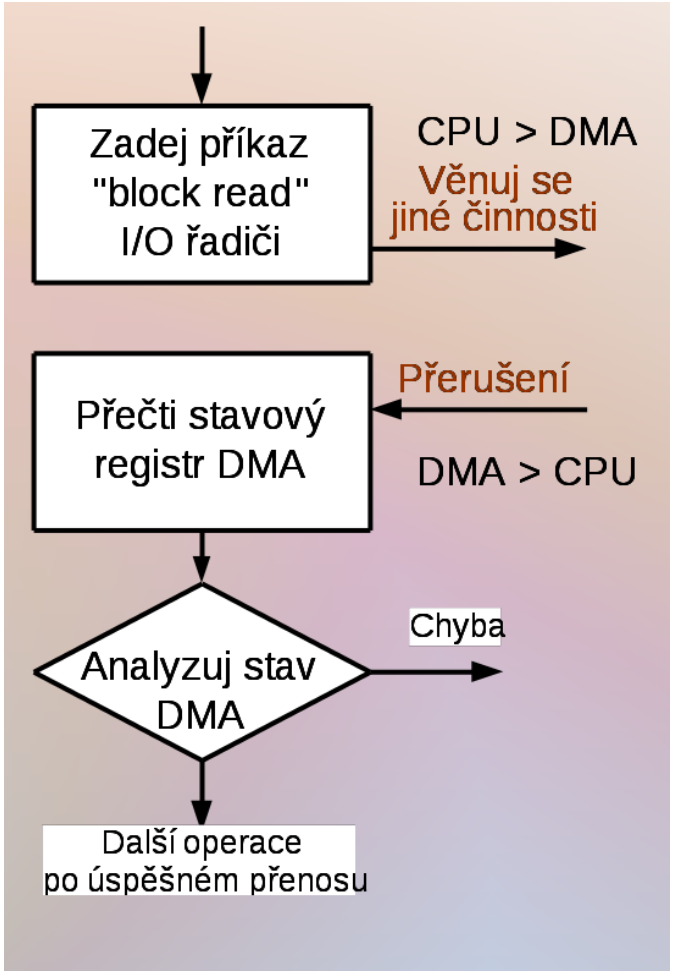
Přímý přístup do paměti - DMA

- Určeno pro blokové přenosy dat vysokou rychlostí
- I/O přenosy se uskutečňují bez přímé účasti procesoru mezi periferním zařízením a pamětí
- Procesor dovolí I/O modulu přímo číst z nebo zapisovat do operační paměti – kradení cyklů (cycle stealing)
- Procesor zadá jen velikost a umístění bloku v paměti a směr přenosu
- Přerušení se generuje až po dokončení přenosu bloku dat



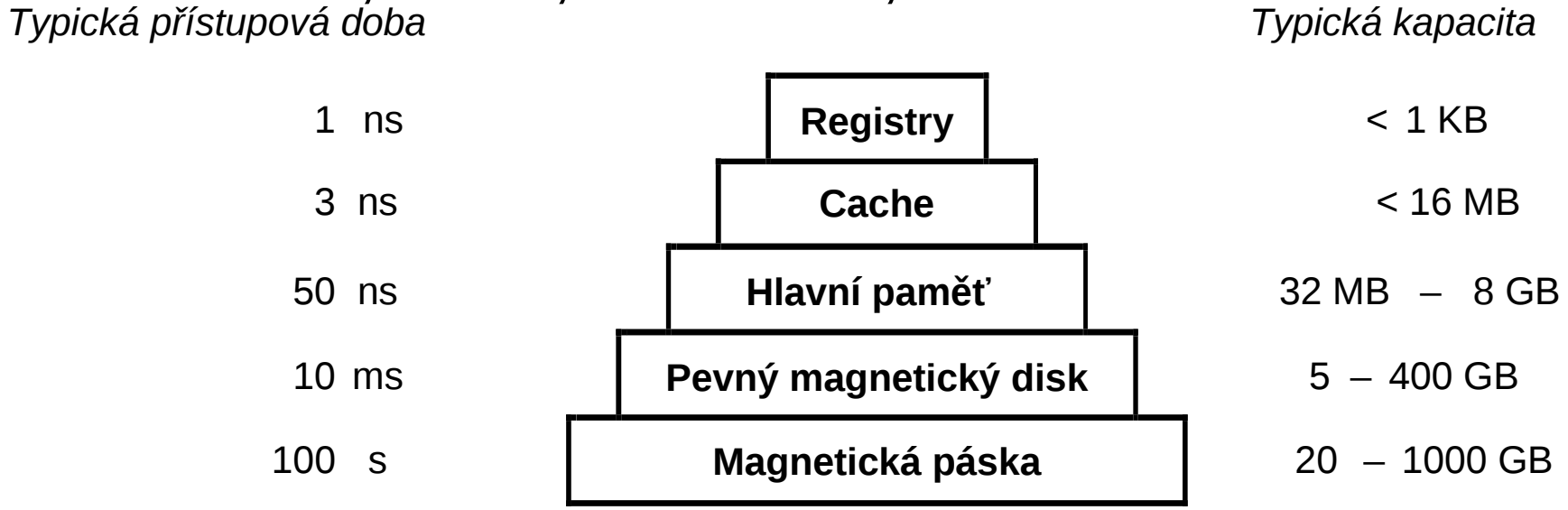
I/O obsluha s DMA

- CPU zadá parametry přenosu DMA jednotce
- Přenos probíhá autonomně bez účasti CPU
- DMA vyvolá přerušení po ukončení přenosu bloku (nebo při chybě)
- Obslužná rutina pouze testuje úspěšnost přenosu a informuje OS, že přenos skončil



Druhy pamětí

- Hierarchie pamětí z pohledu rychlosti a kapacity
  - uvedená čísla představují pouze hrubá přiblížení
  - směrem dolů klesá rychlost i „cena za 1 bit“
- Typy prvků používaných v hlavní paměti
  - RAM, ROM, EEPROM, CMOS-RAM



Hierarchie pamětí

Úroveň	1	2	3	4
Označení	Registry CPU	cache	Hlavní paměť	disk
Typická velikost	≤ 1KB	≤ 16MB	~ 16 GB	> 100 GB
Technologie	Uvnitř CPU (CMOS)	CMOS SRAM	CMOS SRAM	Magnetický disk / SSD
Přístupová doba	~0,5ns	~1-25ns	~80-500ns	~5ms
Správce	program	HW	operační systém	operační systém
Simuluje	hlavní paměť	hlavní paměť	disk	

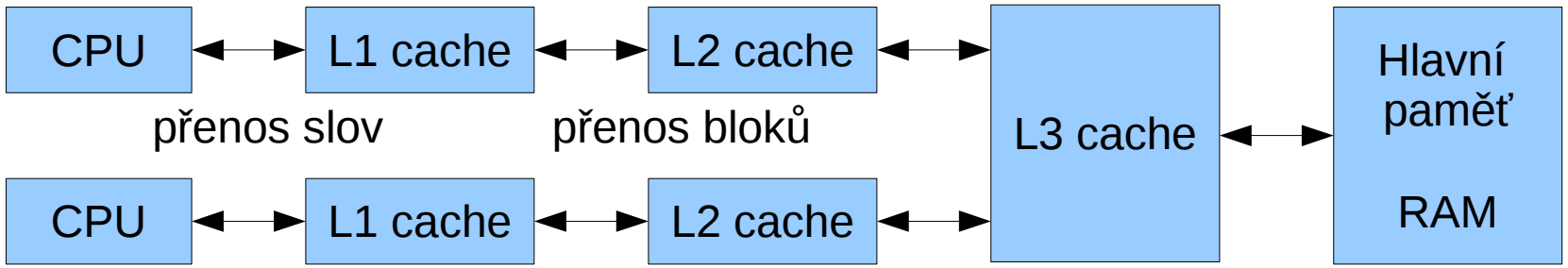
Caching, cache paměti

Caching je princip používaný v OS velmi často

- části obsahu pomalejší paměti s vyšší kapacitou jsou podle potřeby dočasně kopírovány do paměti rychlejší

Mezipaměť ležící mezi CPU a hlavní pamětí

- Transparentní pro operační systém i pro programátora
- Je rychlejší než operační (hlavní) paměť
- Mikroprogramem řízené kopírování informací z hlavní paměti do cache paměti po blocích
- Princip časové a prostorové lokality běžných programů
- Problém udržení konzistence více kopií těchže dat v multiprocesorových systémech



Cache

Velikost cache

- čím větší, tím častěji se najdou požadovaná data v cache, ale také roste cena

Velikost přenosového bloku – kompromis:

- velké bloky = dlouhé přenosy
- malé bloky = časté přenosy

Mapovací funkce

- kam přijde blok do cache

Nahrazovací algoritmus:

- určuje, který blok v cache bude nahrazen
- Least-Recently-Used (LRU) algoritmus

Analogie

- hardwarově realizované principy původně vyvinuté pro virtuální paměť

Bezpečnostní mechanismy v OS

Základní opatření

- Dva režimy práce procesoru(ů)
- Vstup a výstup: Povinné a uživatelským režimem vynucené volání služeb OS - I/O instrukce jsou privilegované
- Uživatelský program nikdy nesmí získat možnost práce v privilegovaném režimu
  - Např. nesmí mít možnost zapsat do PSW a změnit tak režim práce CPU (S-bit v PSW) nebo modifikovat vektor přerušení

Ochrana dostupnosti CPU

- Prevence před převzetím vlády jednoho aplikačního programu nad CPU
- Řešení: časovač (timer)
  - V pravidelných (privilegovaně programovatelných) intervalech vyvolává přerušení, a tak je aktivováno jádro OS
  - Mnohdy realizován jako „periferní zařízení“
  - O přerušení od časovače se opírají mechanismy plánování procesoru(ů)

Bezpečnostní mechanismy v OS

Funkcionalita pro správu paměti

- Systém musí být schopný přidělovat paměť různým zakázkám a ze zakázek odvozeným procesům dynamicky přidělovat paměť
- Dvojí pohled na paměť
  - z hlediska její fyzické konstrukce a šířky fyzických adresovacích sběrnic – fyzický adresní prostor, FAP
  - z hlediska konstrukce adresy ve strojovém jazyku – logický adresní prostor, LAP
- Ochrana oblastí paměti před neautorizovaným přístupem

Bezpečnostní mechanismy v OS

Mechanismus přerušení

- předávání řízení mezi uživatelským programem a systémem → implementace reakcí na asynchronní události
- OS je systém řízený přerušeními

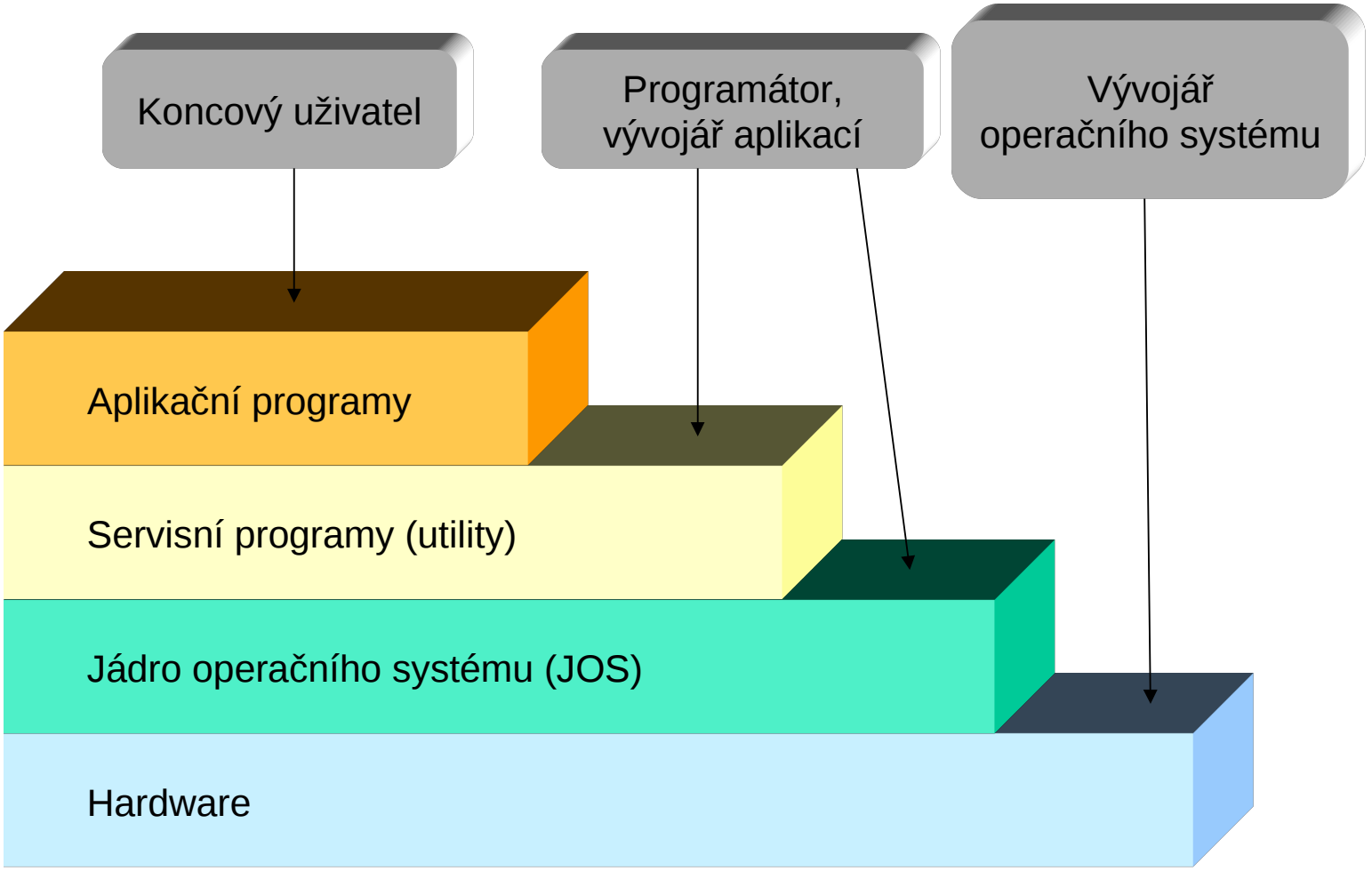
Plánování práce CPU

- reaguje se na generátor časových značek (timer) – po uplynutí daného intervalu generuje přerušení
- ochrana proti trvalému obsazení CPU uživatelským procesem (záměrně, chybou, ...)
- OS musí být schopen volit mezi různými výpočetními procesy připravenými k činnosti

Co je peračním systém?

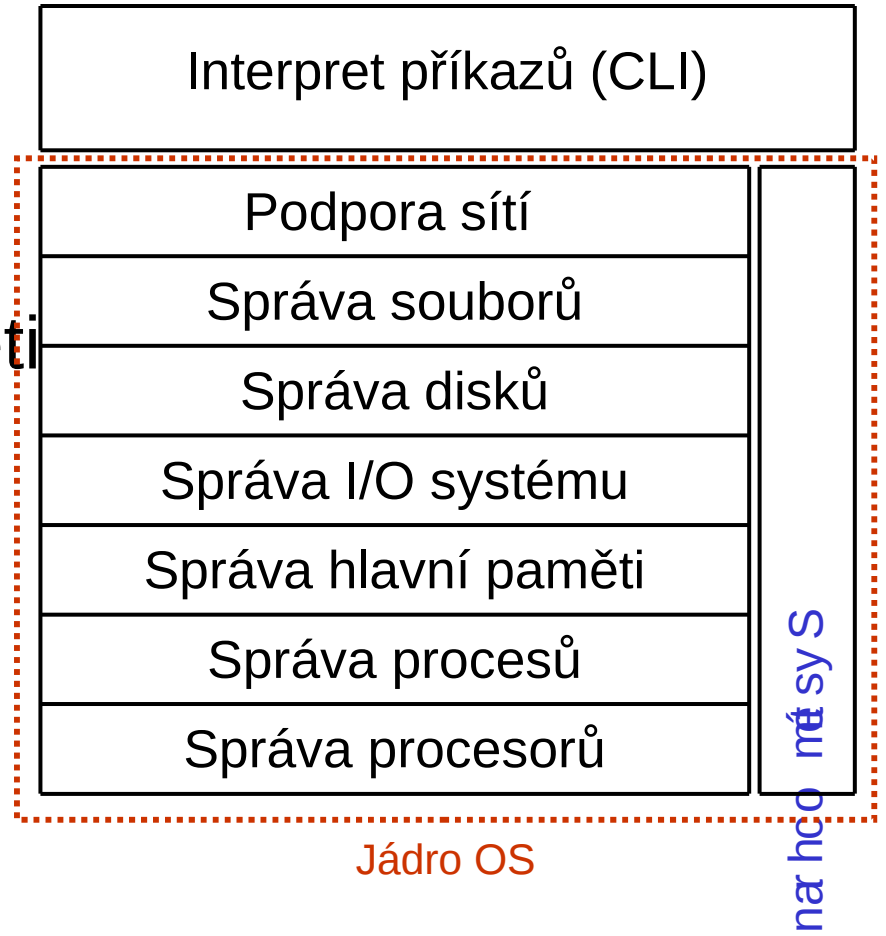
- Program, který řídí vykonávání aplikačních programů
- Styčná plocha (interface) mezi aplikačními programy a hardware
- Cíle OS:
  - Uživatelské „pohodlí“
  - Účinnost
    - Umožnit, aby systémové zdroje počítače byly využívány efektivně
  - Schopnost vývoje
    - Umožnit vývoj, testování a tvorbu nových systémových funkcí, aniž by se narušila činnost existujícího OS

Vrstvy počítače



Složky OS

- Správa procesorů
- Správa procesů
  - proces = činnost řízená programem
- Správa (hlavní, vnitřní) paměti
- Správa I/O systému
- Správa disků - vnější (sekundární) paměti
- Správa souborů
- Podpora sítí
- Systém ochran
- Interpret příkazů



Správa procesů a procesorů

Provádění programu = proces (process, task)

- Proces lze chápat jako rozpracovaný program
- Proces má svůj stav (souhrn atributů rozpracovanosti)

Proces potřebuje pro svůj běh jisté zdroje:

- CPU (procesor), paměť, I/O zařízení, ...

Správa procesů OS odpovídá za:

- Vytváření a rušení procesů
- Pozastavování (blokování) a obnovování procesů
- Realizaci mechanismů pro
  - synchronizaci procesů
  - komunikaci mezi procesy

Správa procesorů OS odpovídá za:

- výběr procesoru pro běh procesu
- výběr procesu, který poběží na dostupném procesoru

Správa paměti

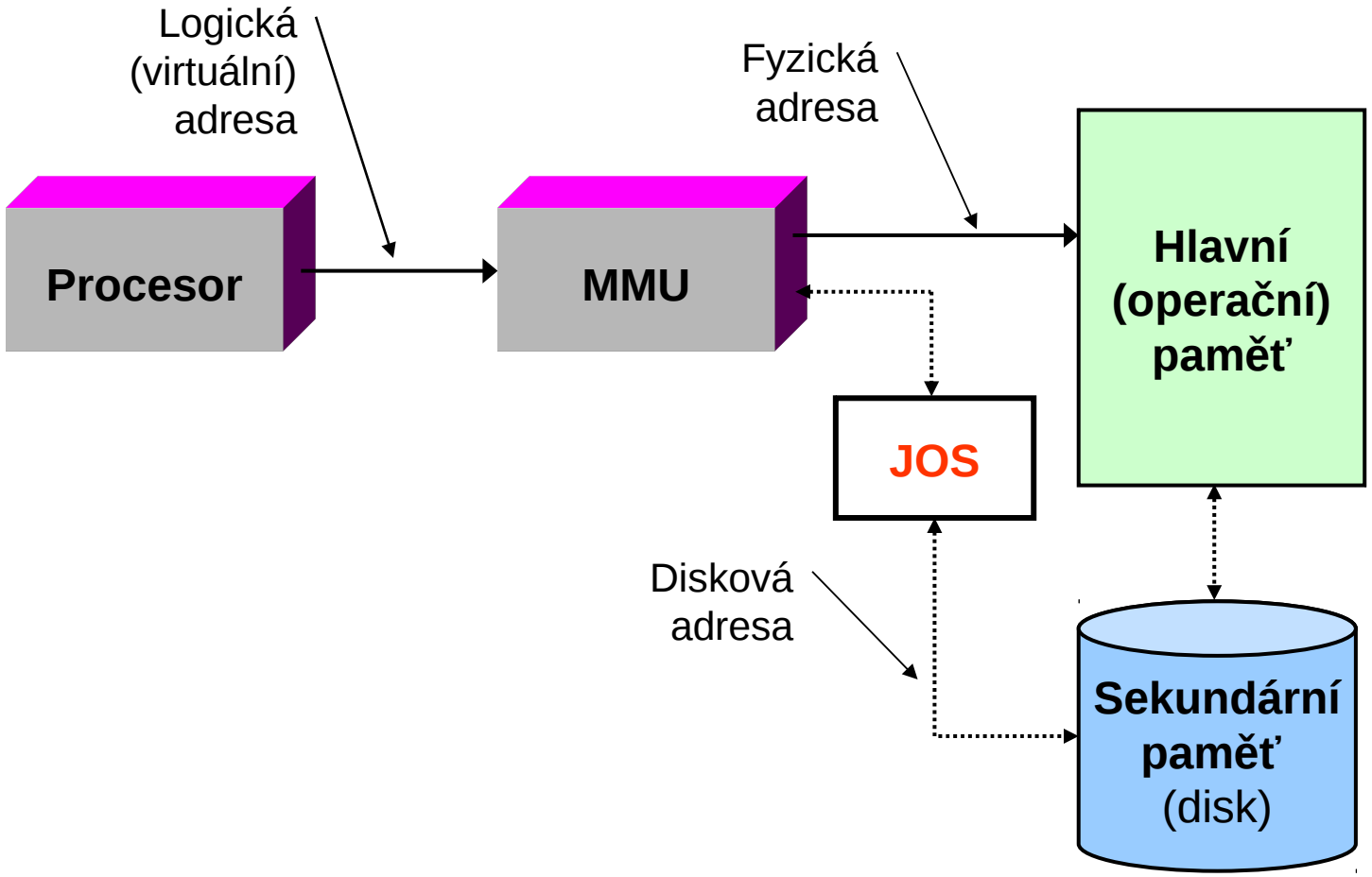
Hlavní (operační, primární) paměť

- Pole samostatně adresovatelných slov nebo bytů
- Repositář bezprostředně dostupných dat sdílený CPU (popř. několika CPU) a I/O zařízeními (resp. jejich řadiči)
- Adresovaná fyzickými adresami (FAP = fyzický adresní prostor)
- (Zpravidla) energeticky závislé zařízení
- pamatovaná data se ztrácí po výpadku energie

OS je při správě (hlavní) paměti odpovědný za:

- Vedení přehledu, který proces kterou část paměti v daném okamžiku využívá
- Rozhodování, kterému procesu uspokojit jeho požadavek na prostor paměti po uvolnění prostoru v paměti
- Přidělování a uvolňování paměti podle potřeb jednotlivých procesů

Virtualizace paměti



Správa vstupně/výstupních zařízení

OS spravuje soustavu vyrovnávacích pamětí

- Paměť bloku přenášených dat je alokována v paměťovém prostoru jádra OS
- To dovoluje uvolnit fyzickou paměť obsazovanou procesem během jím požadované I/O operace
- řádově pomalejší I/O

Drivery (ovladače) jednotlivých hardwarových I/O zařízení

- Jsou specializované (pod)programy pro spolupráci a řízení konkrétní třídy vzájemně podobných periferních zařízení

Jednotné rozhraní driverů (ovladačů) I/O zařízení

- Všechny ovladače se jeví aplikačnímu programátorovi a nadřazeným vrstvám OS jako podprogramy s unifikovanou volací posloupností a vedlejším efektem těchto podprogramů je pak práce s periferií

Správa disků – sekundární paměti

Hlavní paměť (RAM) je energeticky závislá, neschopná udržet informaci trvale, má relativně malou kapacitu a nelze v ní uchovávat všechna data a programy

Počítačový systém musí mít energeticky nezávislou (persistentní) sekundární paměť s dostatečnou kapacitou

- i za cenu nemožnosti přímé dostupnosti jejího obsahu procesorem

Sekundární paměť obvykle realizují disky

- ať už klasické pevné disky nebo SSD bez mechanických částí

Jako správce vnější (sekundární) paměti je OS odpovědný za

- Správu volného prostoru na sekundární paměti
- Přidělování paměti souborům
- Plánování činnosti relativně pomalých disků
  - organizace vyrovnávacích pamětí
  - minimalizace pohybů hlaviček disku, minimalizace přepisu buněk u SSD, apod.

Správa souborů

Soubor

- Identifikovatelná kolekce souvisejících informací vnitřně strukturovaná dle definice navržené tvůrcem souboru
- Obvykle specializovaná reprezentace jak programů i dat

Z hlediska správy souborů je OS odpovědný za:

- Vytváření a rušení souborů
- Vytváření a rušení adresářů (katalogů, „složek“)
- Podporu elementárních operací pro manipulaci se soubory a s adresáři (čtení a zápis dat z/do souboru či adresáře)
- Mapování souborů do sekundární paměti
- Archivování souborů na energeticky nezávislá velkokapacitní média (např. CD, DVD, magnetické pásky)

Podpora sítí

Distribuovaný systém

- Soustava počítačů, které nesdílejí ani fyzickou paměť ani hodiny („nesynchronizované kusy hardware“)
- Každý počítač má svoji lokální paměť a pracuje samostatně
- Počítače mohou mít i různé architektury

Dílčí počítače distribuovaného systému jsou propojeny komunikační sítí

Přenosy dat po síti jsou řízeny svými (zpravidla značně univerzálními) komunikačními protokoly

Distribuovaný systém uživateli zprostředkovává přístup k různým zdrojům systému

Přístup ke sdíleným zdrojům umožňuje

- zrychlit výpočty (rozložení výpočetní zátěže)
- zvýšit dostupnost dat (rozsáhlá data se nepřenášejí celá a nemusí být replikována)
- zlepšit spolehlivost (havárie jedné části nemusí způsobit nefunkčnost celého systému)

Interpret příkazů

Většina zadání uživatele je předávána operačnímu systému řídícími příkazy, které zadávají požadavky na

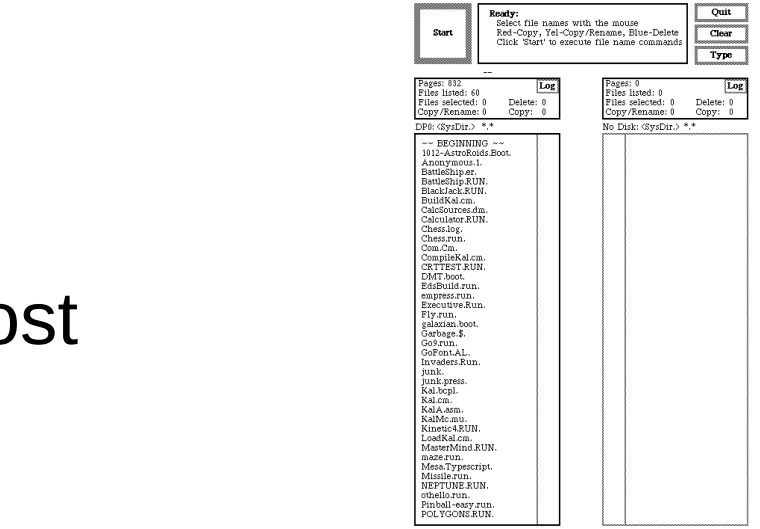
- správu a vytváření procesů
- ovládání I/O
- správu sekundárních pamětí
- správu hlavní paměti
- zpřístupňování souborů
- komunikaci mezi procesy
- práci v síti, ...

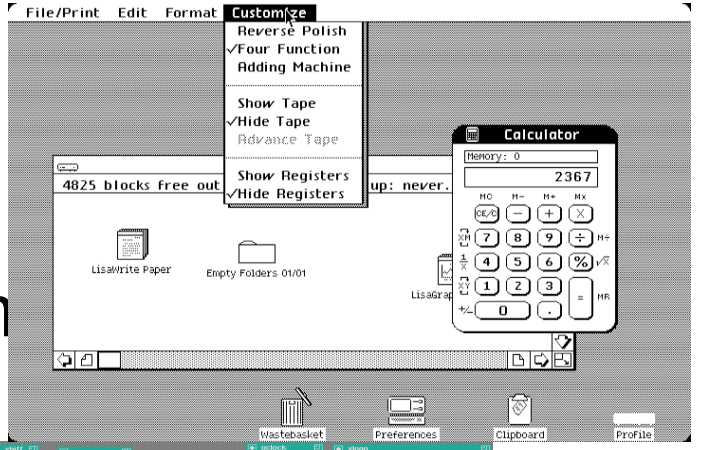
Program, který čte a interpretuje řídicí příkazy se označuje v různých OS různými názvy

- Command-line interpreter (CLI), shell, cmd.exe, sh, bash, …
- Většinou rozumí jazyku pro programování dávek (tzv. skriptů)
- Interpret příkazů lze chápat jako nadstavbu vlastního OS
  - systémový program (pracující v uživatelském režimu)

GUI

- První Xerox Alto (1973)
- Apple Lisa (1983)
- X window (1984) – MIT, možnost vzdáleného terminálu přes síť
- Windows 1.0 pro DOS (1985)
- Windows 3.1 (1992) podpora 32-bitových procesorů s ochranou paměti, vylepšená grafika
- Windows NT (1993) – preemptivn multitasking, předchůdce Windows XP (2001)





Systémové programy

Poskytují prostředí pro vývoj a provádění programů

Typická skladba

- Práce se soubory, editace, kopírování, katalogizace, ...
- Získávání, definování a údržba systémových informací
- Modifikace souborů
- Podpora prostředí pro různé programovací jazyky
- Sestavování programů
- Komunikace
- Anti-virové programy
- Šifrování a bezpečnost
- Aplikační programy z různých oblastí

Systémové programy jsou v rámci OS řešeny formou výpočetních procesů, ne jako služby OS

To je dnes vše.

Otázky?