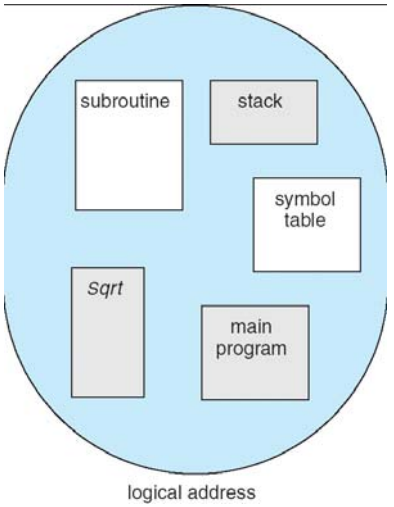
PB153
Operační systémy a jejich rozhraní

Správa paměti

Principy, základy

- Pro běh procesu je nutné, aby program, který je vykonáván byl umístěn v operační paměti (hlavní paměti)
- Z programu se stává proces (aktivní entita schopná spuštění na CPU) provedením celé řady kroků
  - naplnění tabulek, umístění do operační paměti
  - vázání adres instrukcí a dat na adresy operační paměti

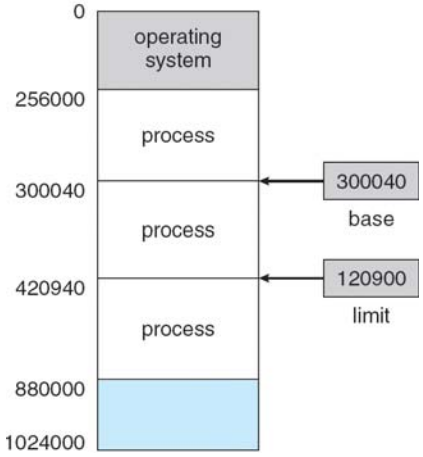
Správa paměti



- Program je složen z částí se vzájemně odlišnými vlastnostmi
  - moduly s instrukcemi jsou označovány „jen ke spuštění“ (execute-only).
  - datové moduly jsou buďto „read-only“ nebo „read/write“
  - některé moduly jsou „soukromé“ (private), jiné jsou veřejné „public“
- Více procesů může sdílet společnou část paměti, aniž by se tím porušovala ochrana paměti
  - neboť sdílení jedné datové struktury je lepší řešení než udržování konzistence násobných kopií vlastněných jednotlivými procesy

Vázání adres – možnosti

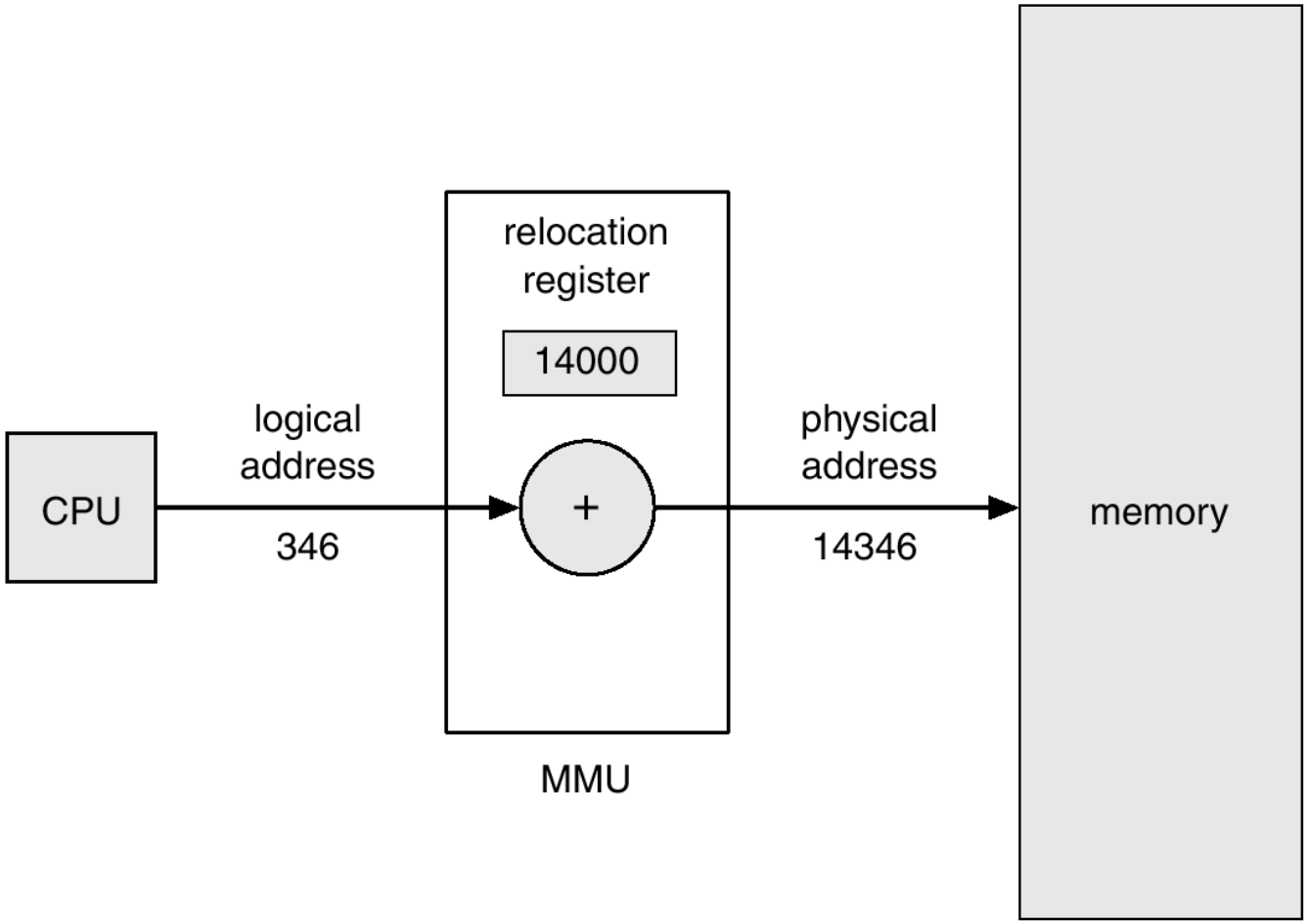
- Při kompilaci
  - umístění v paměti je známé a priori
  - lze generovat absolutní kód
  - při změně umístění se musí program znovu přeložit
- Při zavádění
  - umístění v paměti není známé v době kompilace
  - generuje se přemístitelný kód (relocatable code).
- Za běhu
  - jestliže proces může měnit svoji polohu během provádění, vázání se zpožďuje na dobu běhu
  - musí být dostupná hardwarová podpora
    - bázové registry, mezní registry, …



Memory-Management Unit

- Hardwarový modul převádějící logické adresy na fyzické adresy
- Uživatelský program pracuje s logickými adresami, uživatelský program nevidí fyzické adresy
- Připočítává se obsah „relokačního registru“ k adresám generovaným uživatelským procesem v okamžiku, kdy je předávána jako ukazatel do operační paměti

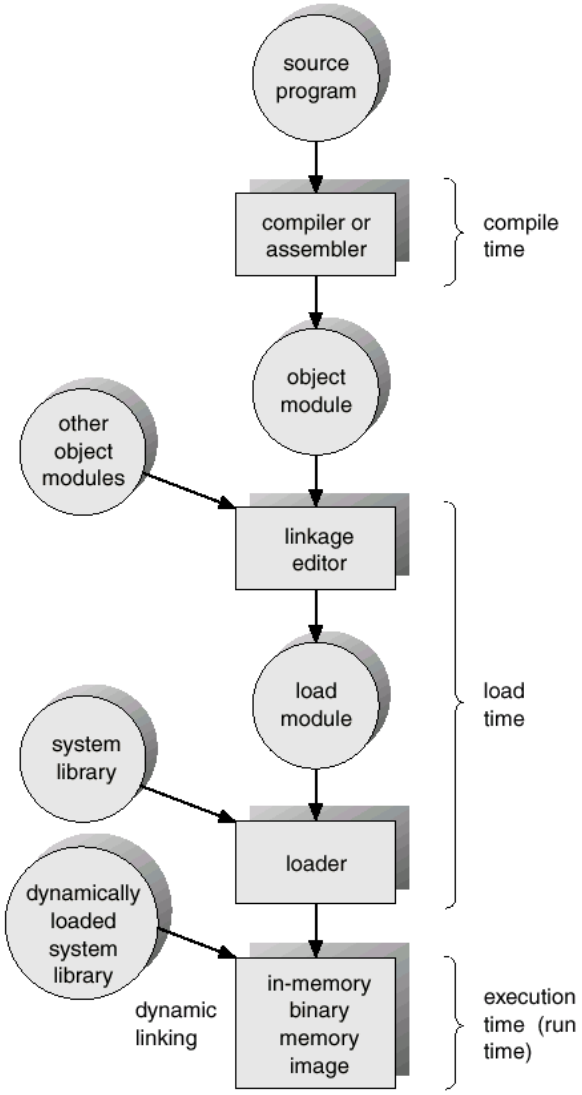
Relokační registr



Adresový prostor

- Logický adresový prostor (LAP), fyzický adresový prostor (FAP)
  - LAP – (logická adresa, virtuální adresa) dána adresou ve strojovém jazyku, generuje CPU
  - FAP – (fyzická) adresa akceptovaná operační pamětí
- Logické a fyzické adresové prostory se shodují v době kompilace a v době zavádění
- Logické a fyzické adresové prostory mohou být rozdílné při vázání v době běhu

Proces vytváření programu



Dynamické zavádění

- Dynamic loading
- Programový kód se nezavádí dokud není zavolán (spuštěn)
- Dosahuje se lepšího využití paměti
  - nepoužívané části kódu se nikdy nezavádí
- Užitečná technika v případech, kdy se musí velkými programovými moduly řešit zřídka se vyskytující alternativy
- Program nevyžaduje žádnou speciální podporu od operačního systému

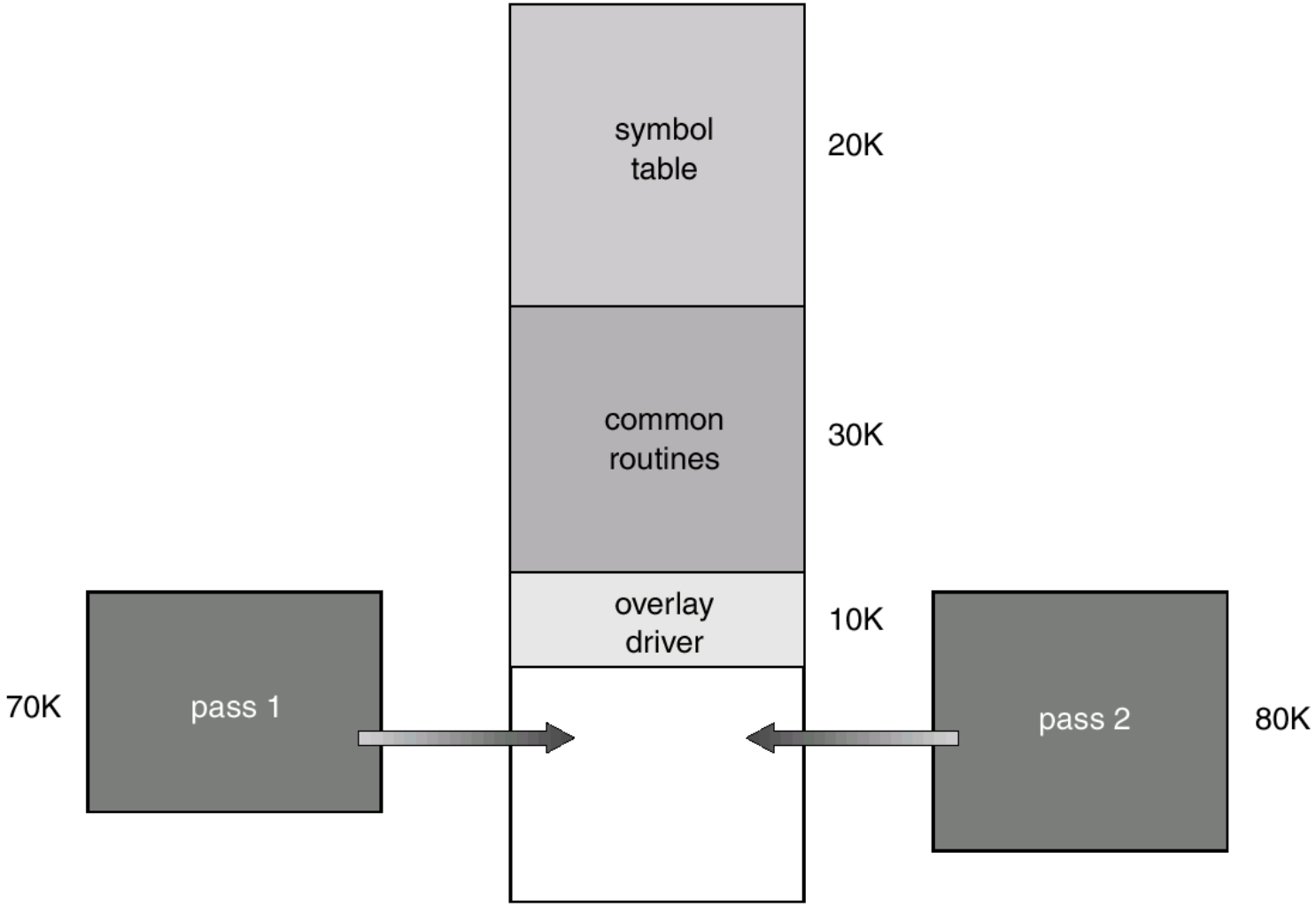
Dynamické vázání

- Dynamic linking
- Vázání je odkládáno na dobu běhu
- Pro umístění příslušných knihovních programů rezidentních v operační paměti se používá kód malého rozsahu – tzv. stub
- Při zavolání stub nahradí sám sebe adresou skutečné funkce a předá jí řízení
- OS musí kontrolovat, zda funkce je mapována do paměti procesu
- Je to technika vhodná zvláště pro knihovní funkce

Překryvy, Overlays

- V operační paměti se uchovávají pouze ty instrukce a data, která jsou potřeba po celou dobu běhu
- Technika, která je nutná v případech, kdy je přidělený prostor paměti menší než je souhrn potřeb procesu
- Vyvolávání překryvů je implementované programátorem, od OS se nepožaduje žádná speciální podpora
- Návrh překryvové struktury ze strany programátora je značně složitý

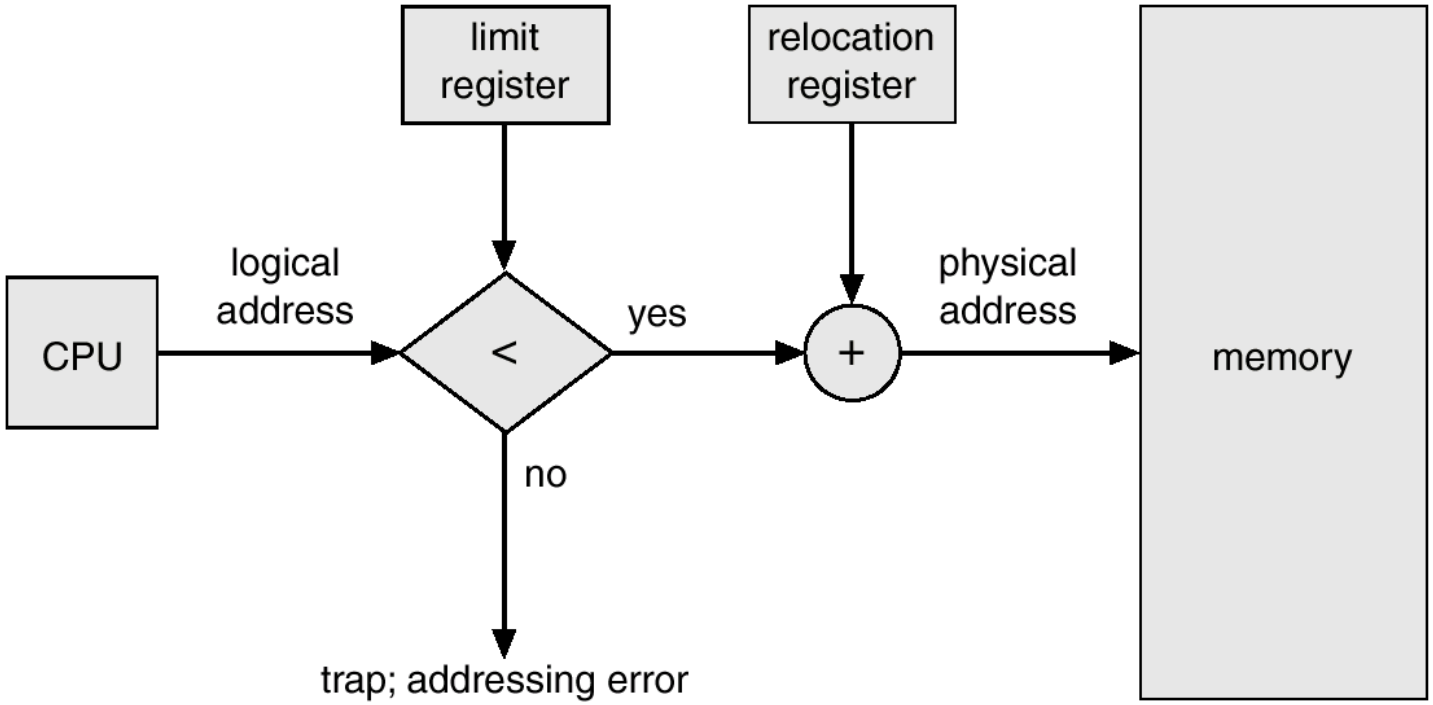
Overlay: příklad



Souvislé oblasti

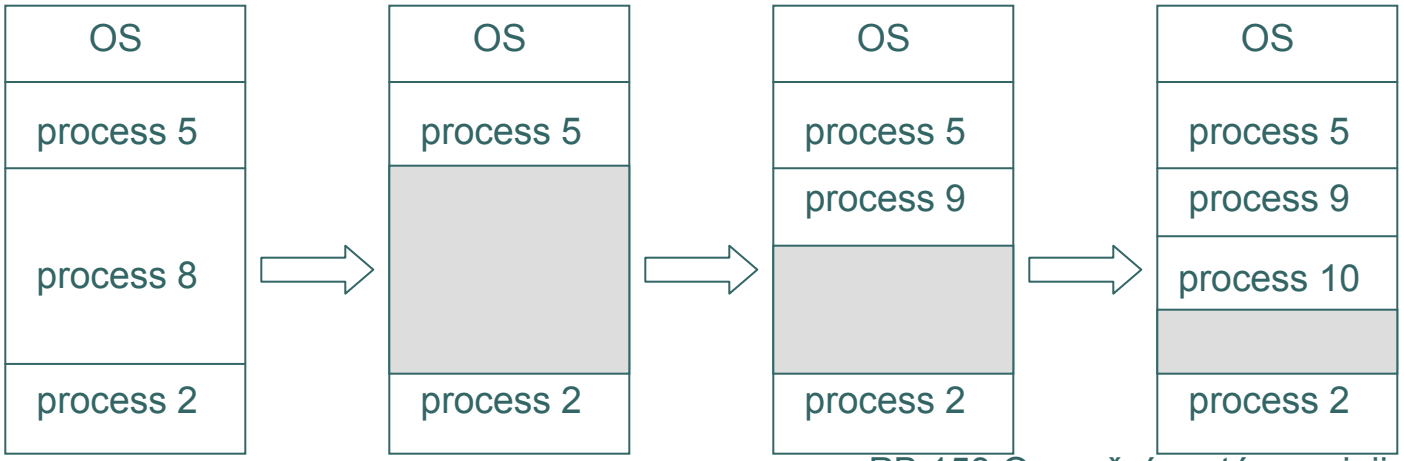
- Operační paměť se dělí do dvou sekcí
  - rezidentní OS, obvykle na počátku FAP s tabulkou ovladačů přerušení
  - uživatelské procesy
- Přidělování jedné souvislé části paměti
  - pro ochranu procesů uživatelů mezi sebou a OS lze použít schéma s relokačním registrem
  - relokační registr: hodnota nejmenší fyzické adresy paměti procesu
  - mezní registr: rozpětí logických adres, logická adresa musí být menší nebo rovna meznímu registru

HW podpora


limit
register
relocation
register
logical
address
CPU
<
yes
+
physical
address
memory
no
trap; addressing error

Souvislé oblasti

- Přidělování několika částí paměti
  - *díra* – blok dostupné paměti
    - Bloky jsou roztroušeny po FAP
  - evidenci o přidělených a volných sekcí udržuje OS



Přidělování paměti

- Kterou oblast délky n přidělit, když volná paměť je rozmístěna ve více souvislých nesousedních sekcích?
  - First-fit:
    - přiděluje se první dostatečně dlouhá volná oblast resp. její počátek
  - Best-fit:
    - přiděluje se nejmenší dostatečně dlouhá volná oblast resp. její počátek
    - generují se velmi malé (nejmenší) možné volné díry
  - Worst-fit:
    - přiděluje se největší dostatečně dlouhá volná oblast resp. její počátek
    - generují se největší možné volné díry
- Z hlediska rychlosti a kvality využití paměti jsou First-fit a Best-fit jsou lepší techniky než technika Worst-fit

Problém fragmentace

- Vnější fragmentace
  - souhrn volné paměti je dostatečný, ale ne v dostatečné souvislé oblasti
- vnitřní fragmentace
  - přidělená oblast paměti je větší než požadovaná velikost, tj. část přidělené paměti je nevyužitá
- Snižování vnější fragmentace setřásáním
  - přesouvají se obsahy paměti s cílem vytvořit (jeden) velký volný blok
  - použitelné jen když je možná dynamická relokace (viz MMU)
  - provádí se v době běhu
  - problém I/O
    - s vyrovnávacími paměťmi plněnými z periférií autonomně nelze hýbat – umisťují se proto do prostoru OS

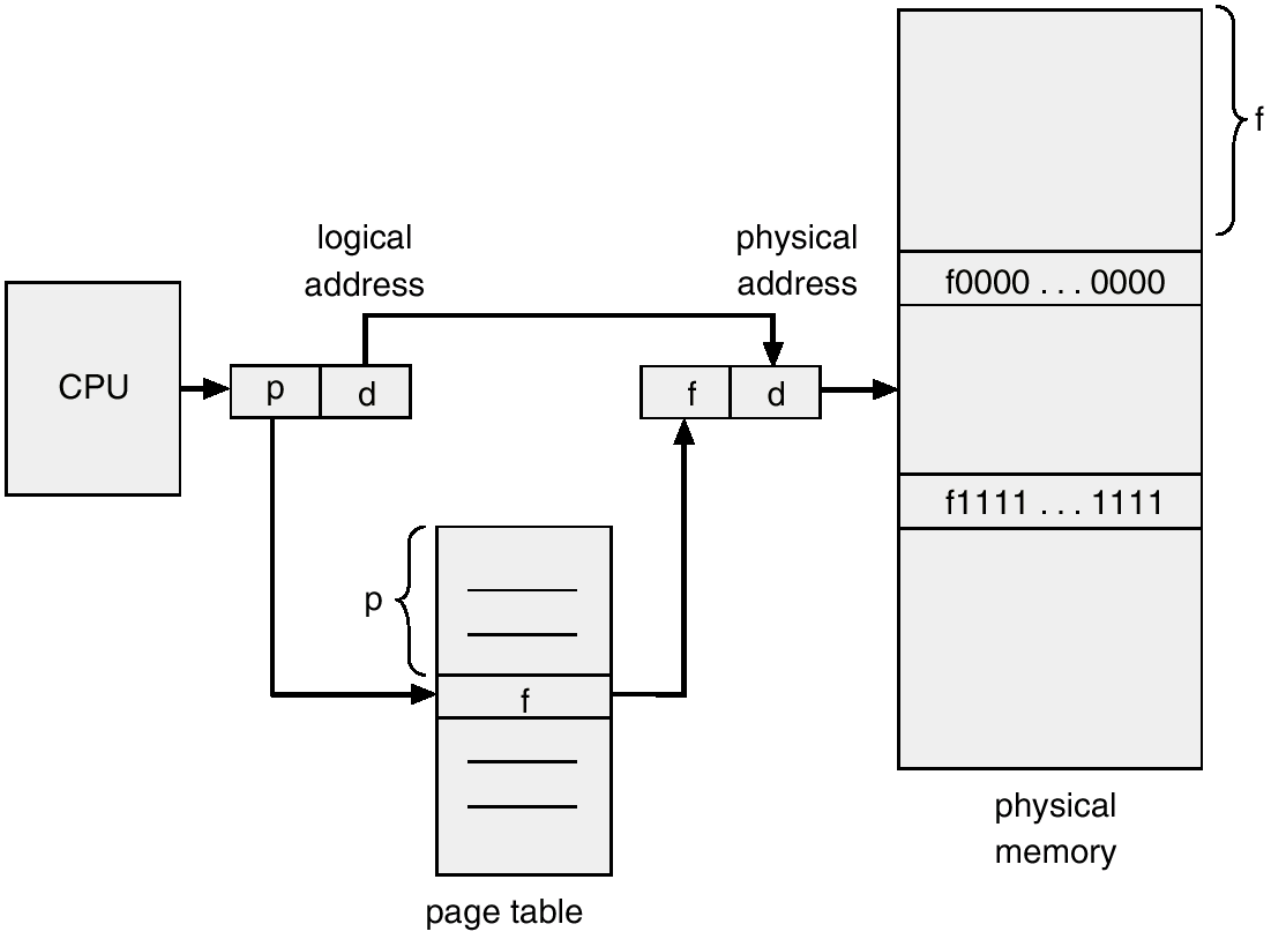
Stránkování

- LAP procesu nemusí být jedinou souvislou sekcí FAP, LAP se zobrazuje do (po částech volných) sekcí FAP
- FAP se dělí na sekce zvané rámce (frames)
  - pevná délka, délka v násobcích mocnin 2 (obvykle mezi 512 až 8192 bajty)
- LAP se dělí na sekce zvané stránky (pages)
  - pevná délka, shodná s délkou rámců
- Udržujeme seznam volných rámců
- Program délky *n* stránek se umístí (zavede) do **n** rámců
- Překlad logická adresa → fyzická adresa − pomocí překladové tabulky nastavované OS a interpretované MMU
- Vzniká vnitřní fragmentace, neboť paměť je procesu přidělována v násobcích velikosti rámce

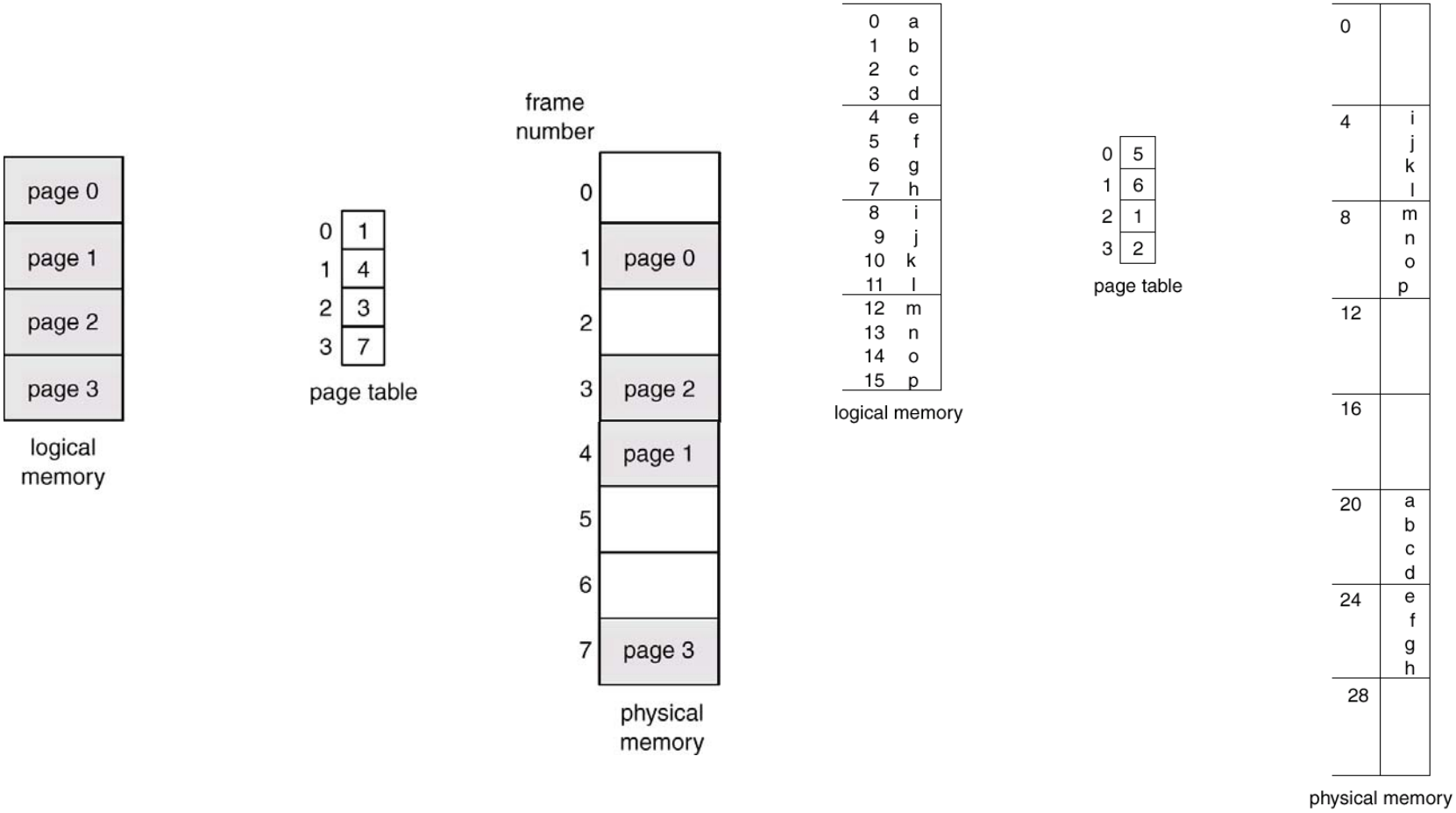
Dynamický překlad adres

- Logická adresa (generovaná CPU) se dělí
  - číslo stránky, p
    - index do tabulky stránek
    - index bázové adresy rámce přiděleného stránce, které patří logická adresa
  - offset ve stránce, d
    - přičítáme k začátku stránky/rámce

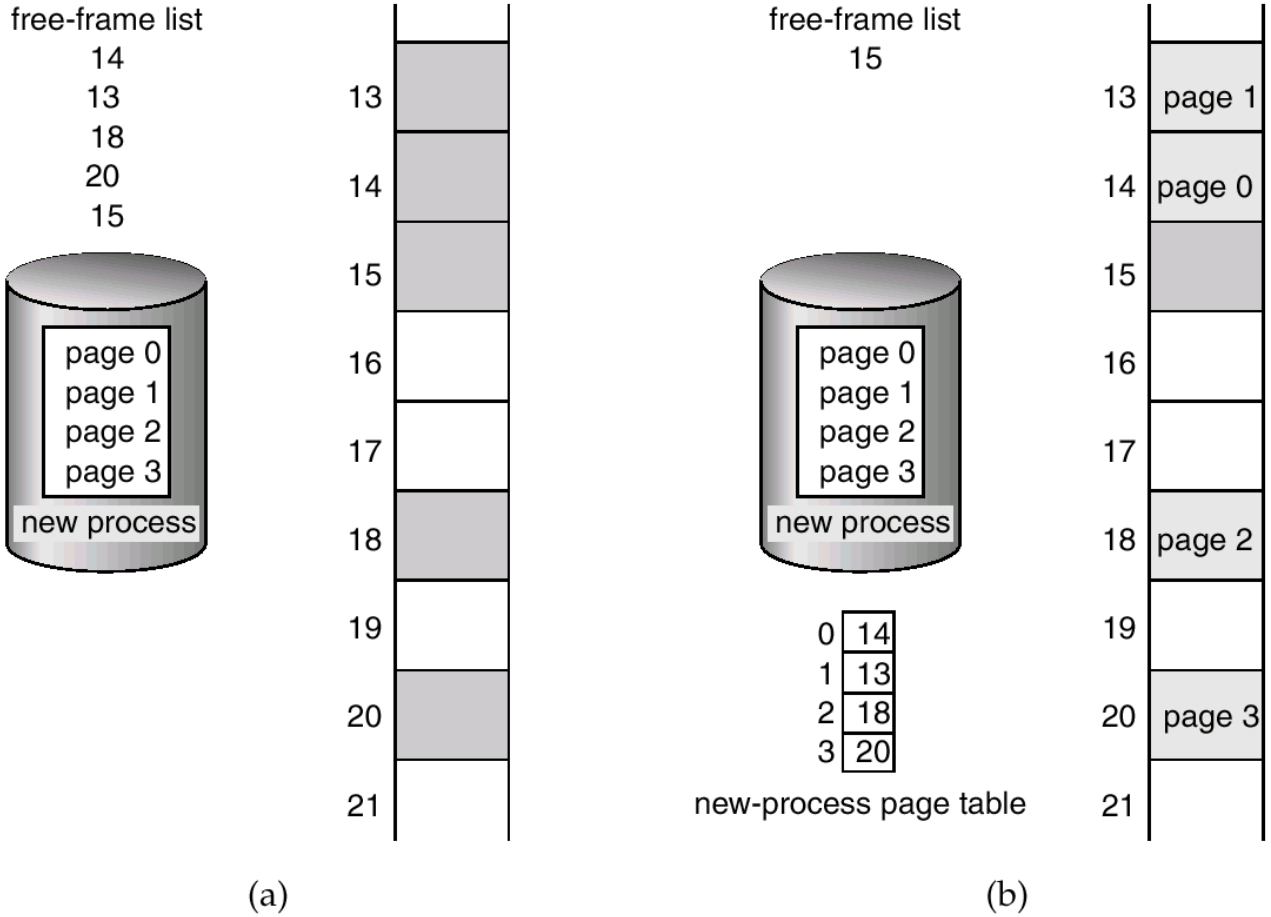
Příklad stránkování



Příklad stránkování (2)



Příklad stránkování (3)

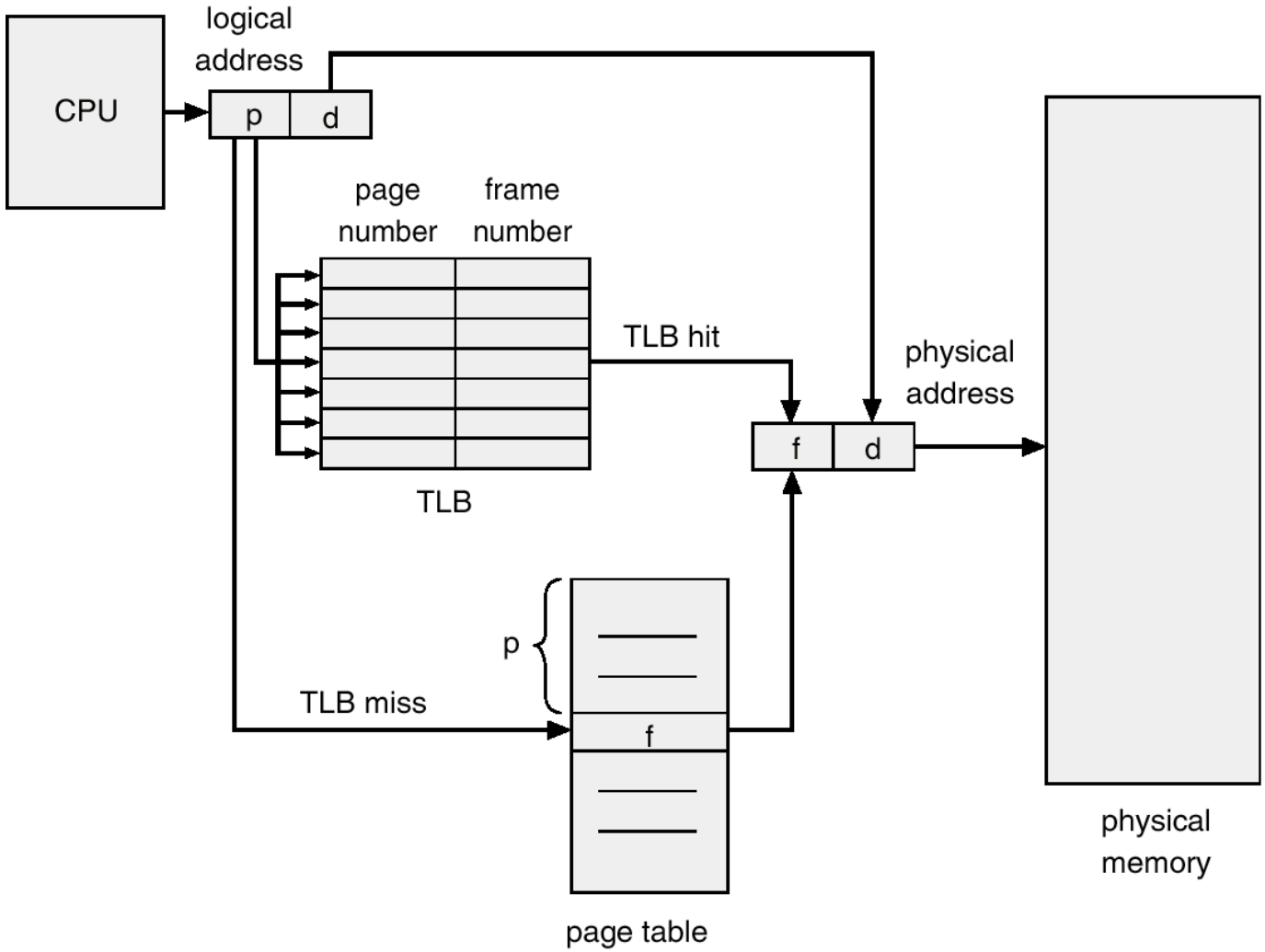


Tabulka stránek

- Je uložena v operační paměti
- Její počátek a konec je odkazován registrem

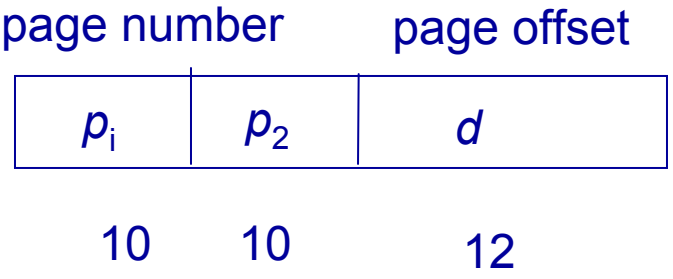
  Page-table base register (PTBR), Page-table length register (PTLR)
- Zpřístupnění údaje / instrukce v operační paměti vyžaduje dva přístupy do operační paměti
  - jednou do tabulky stránek
  - jednou pro údaj/instrukci
- Problém zhoršení efektivnosti dvojím přístupem lze řešit speciální rychlou hardwarovou cache pamětí
  - asociativní paměť
  - translation look-aside buffers (TLBs)

Stránkování s TLB

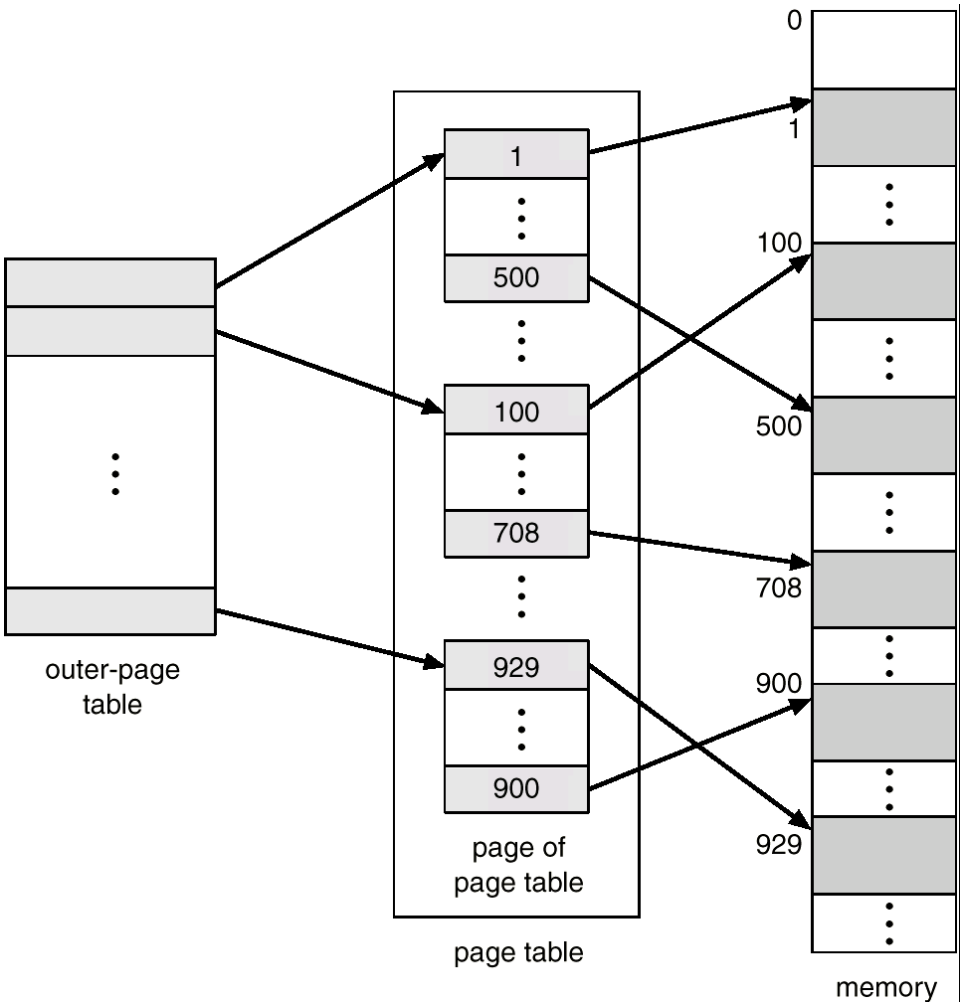


Dvouúrovňová tabulka stránek

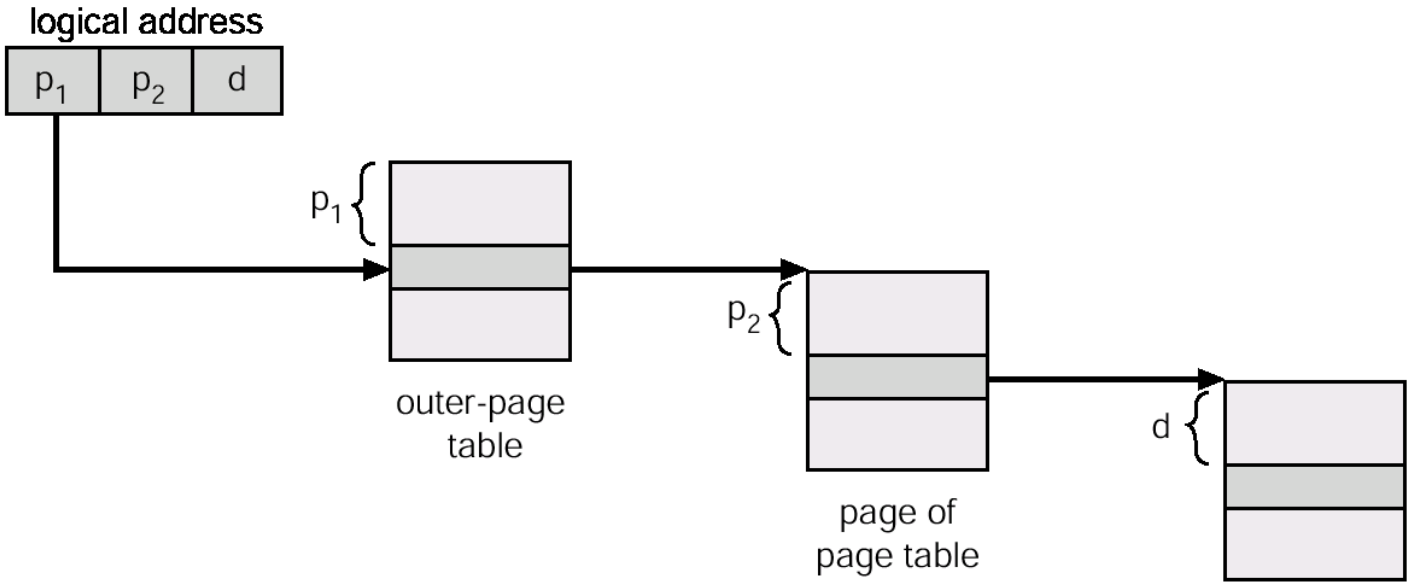
- 32-bitový procesor s 4KB stránkou
- PT (tabulka stránek) je stránkovaná
- Logická adresa
  - číslo stránky: 20 bitů
  - adresa ve stránce: 12 bitů
- Číslo stránky se dále dělí
  - číslo stránky 10-bitů
  - adresa v tabulce stránek 10-bitů



Dvouúrovňová tabulka stránek



Tvorba adresy

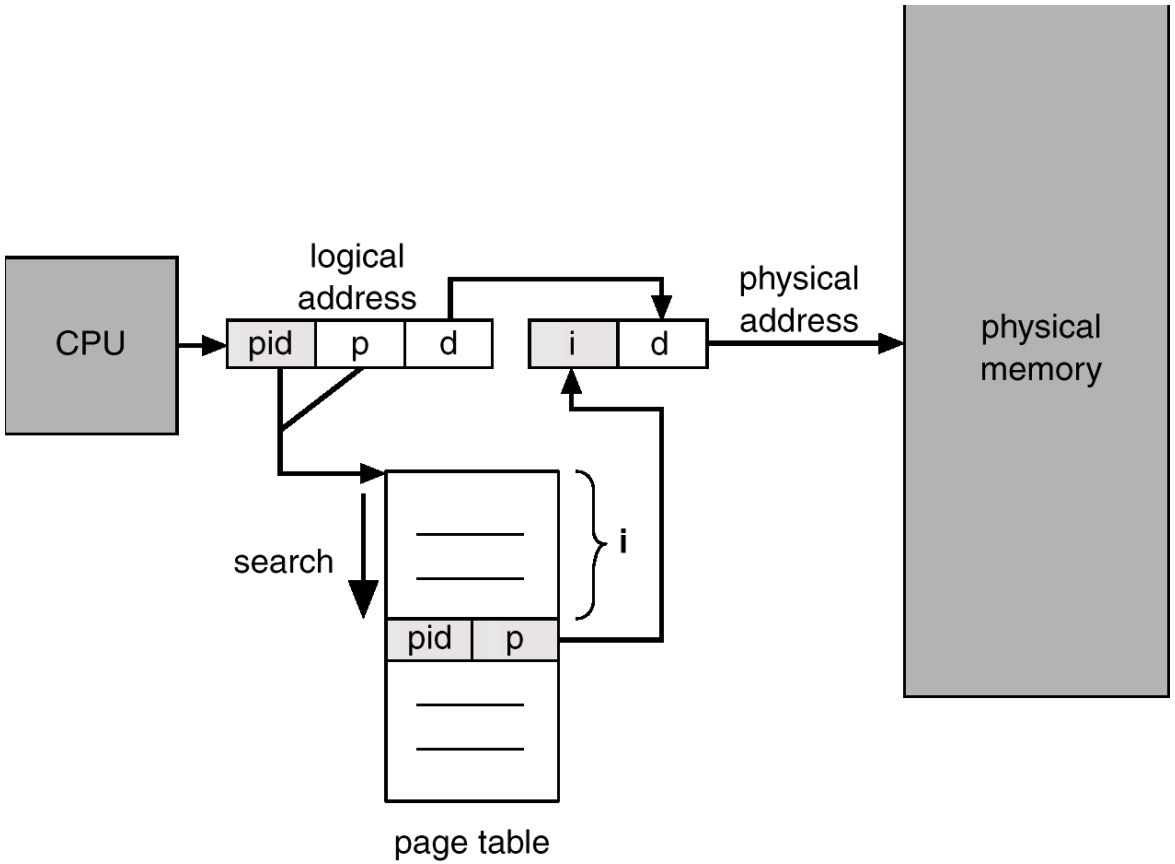


Invertovaná tabulka stránek

- 1 položka v PT pro každý rámec paměti
- Obsahuje
  - logickou (virtuální) adresu stránky uchovávané v odpovídajícím rámci
  - informaci o procesu, který stránku vlastní
- Snižuje se velikost paměti potřebné pro uchovávání PT
- Zvyšuje se doba přístupu do PT, indexový přístup je nahrazen prohledáváním
  - lze zvýšit efektivnost využitím hašování
    - perfektní hašování – 1 přístup k PT
    - jinak několik přístupů k PT

Invertovaná tabulka: příklad

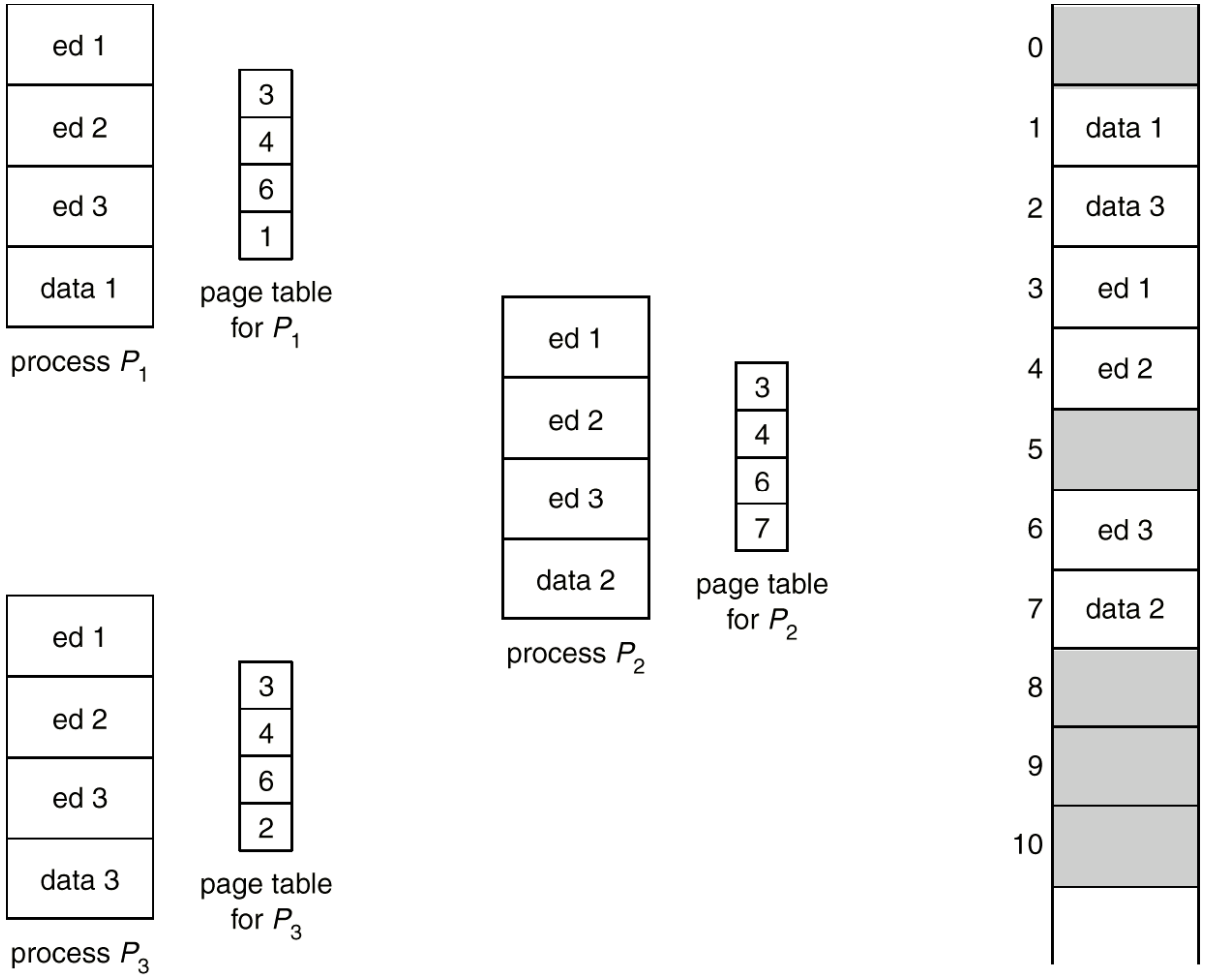
- Např. AS400 (IBM), UltraSPARC, PowerPC



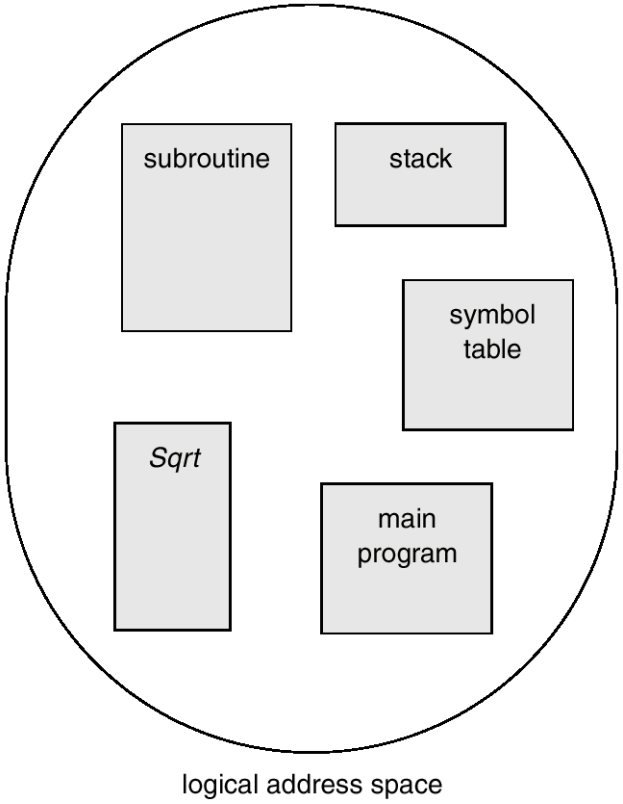
Sdílení stránek

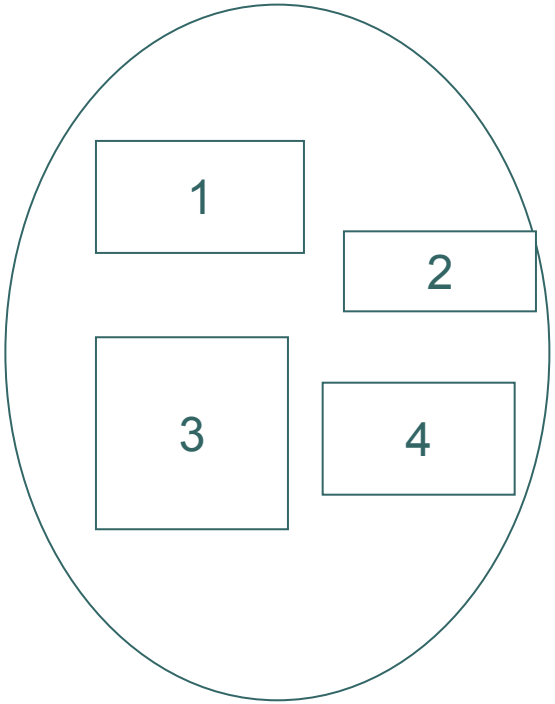
- Sdílený kód je umístěn v paměti pouze jednou
  - kód je reentrantní a „read-only“
  - musí se nacházet na stejné logické adrese ve všech procesech
- Privátní data
  - každý proces udržuje svoji privátní kopii dat (a nesdíleného kódu)

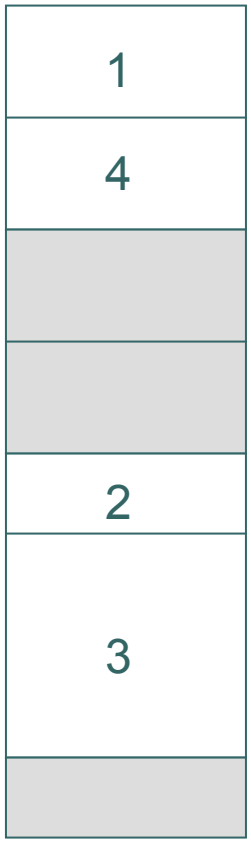
Sdílení stránek: příklad



Segmentování



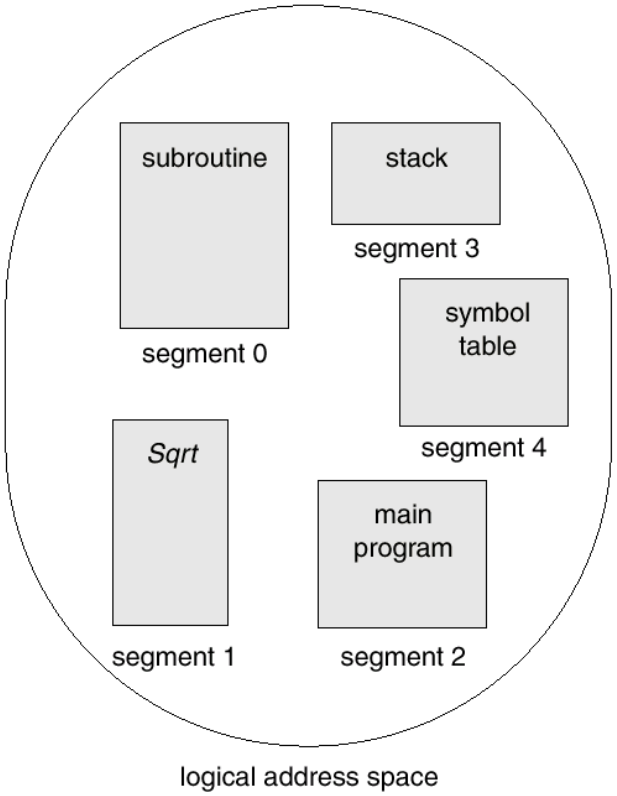




Segmentování

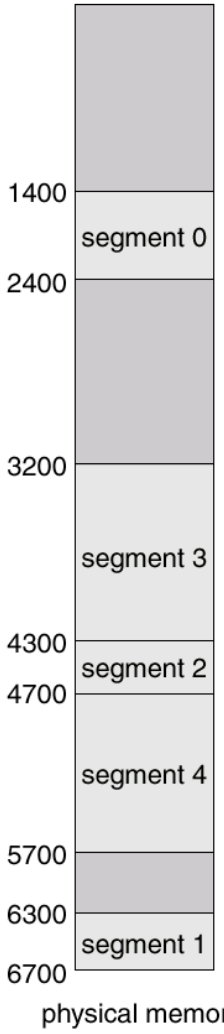
- Logická adresa je dvojice (segment s, offset d)
- *Tabulka segmentů, Segment table*, ST
  - *base* – počáteční adresa umístění segmentu ve FAP
  - *limit* – délka segmentu
- *Segment-table base register (STBR)*
  - odkaz na umístění ST v paměti
- *Segment-table length register (STLR)*
  - počet segmentů, s je legální když *s* < STLR
- Relokace – dynamická, pomocí ST

Příklad segmentace

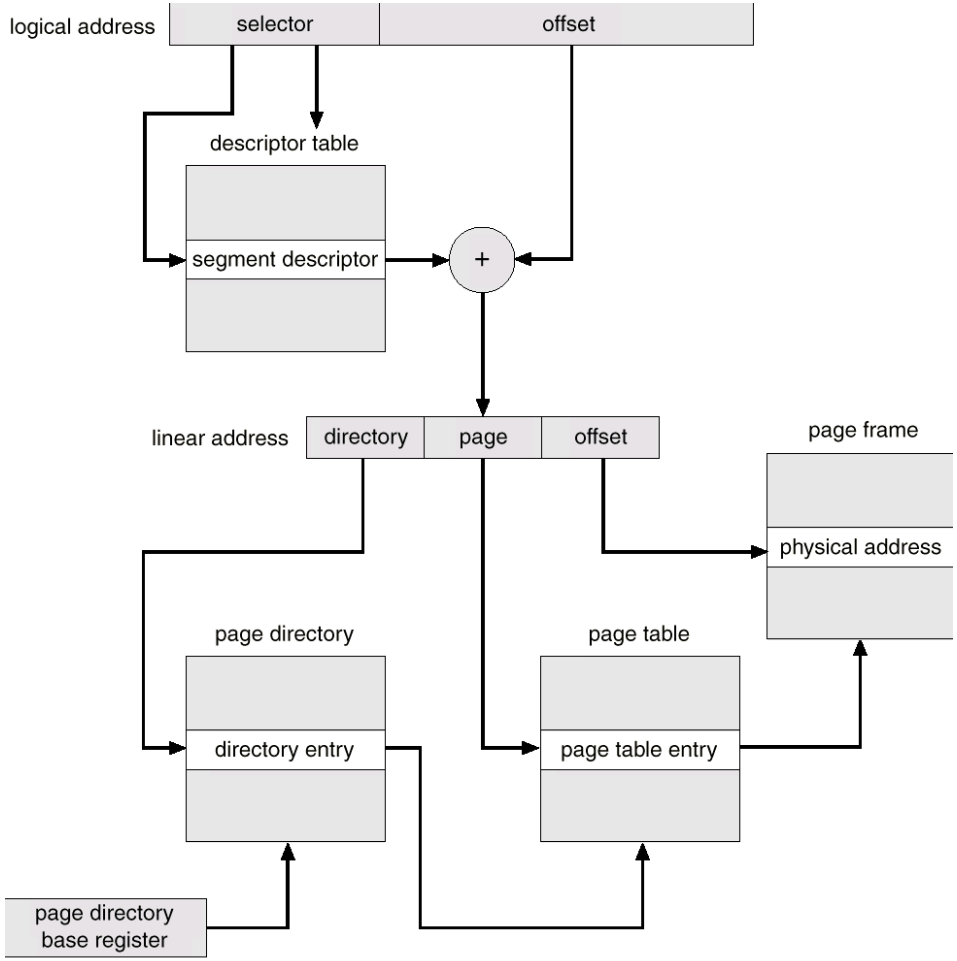


	limit	base
0	1000	1400
1	400	6300
2	400	4300
3	1100	3200
4	1000	4700

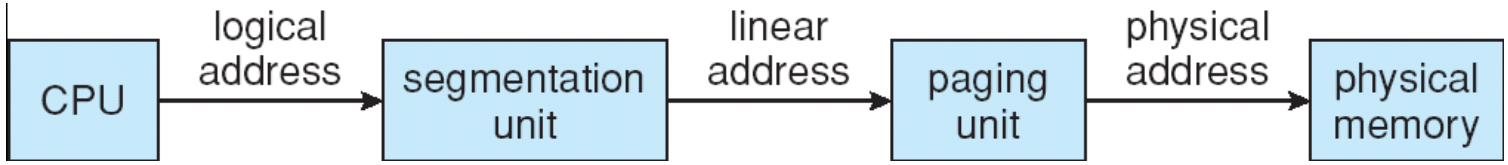
segment table

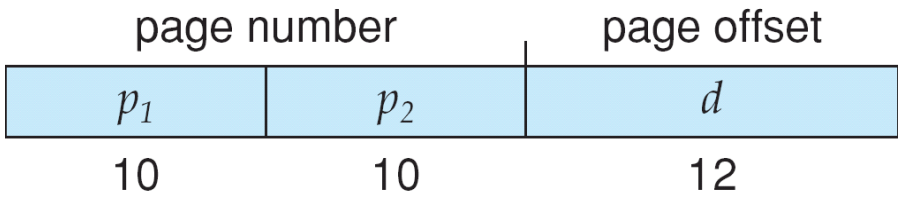


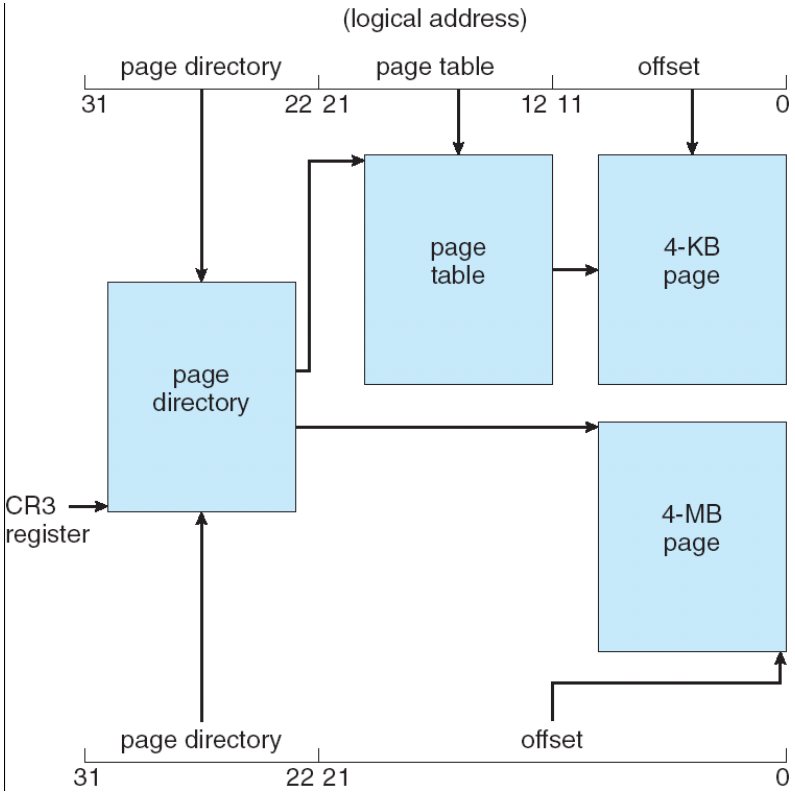
Stránkování a segmentování (Intel 386)



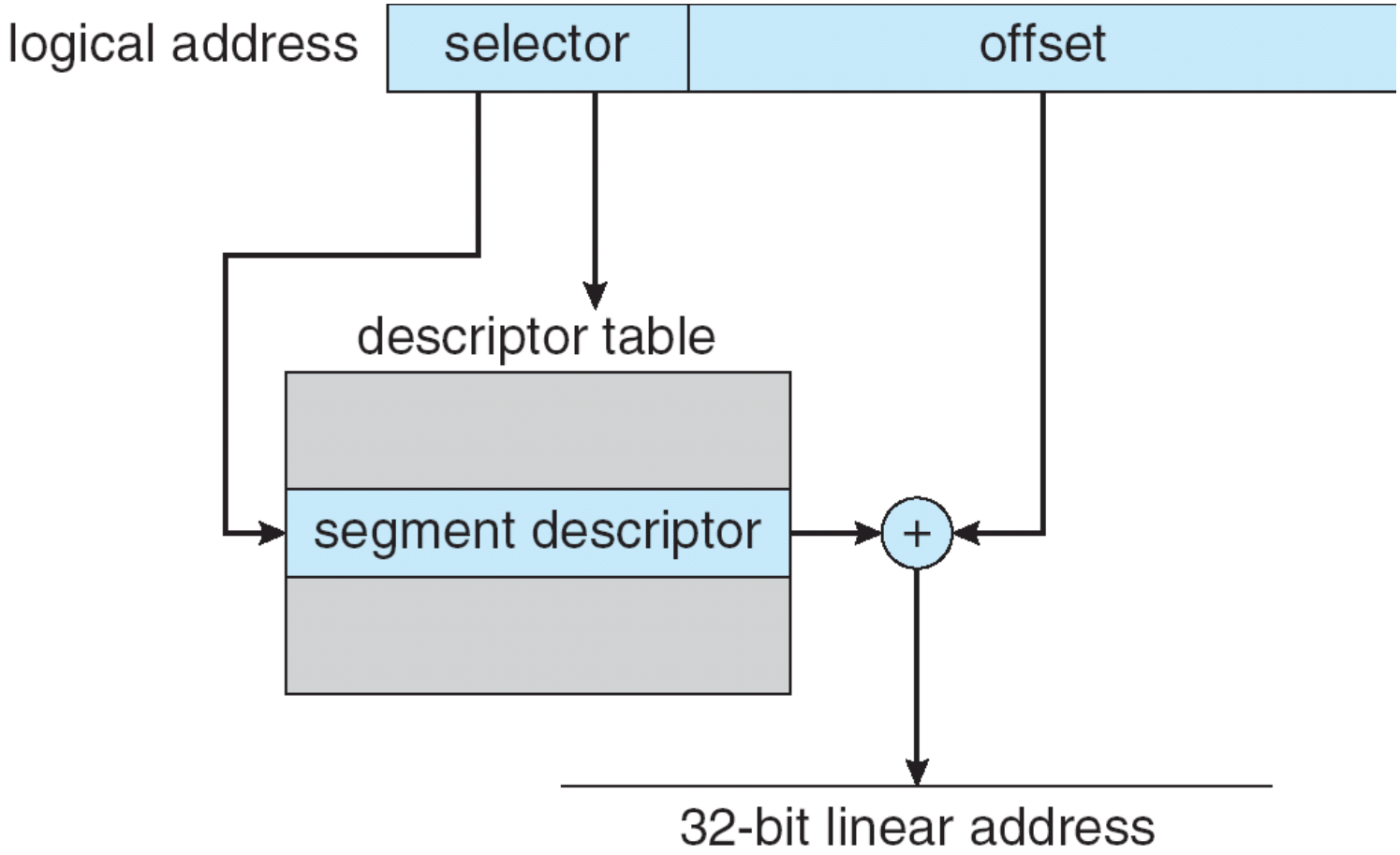
Příklad: Intel Pentium







Příklad: Intel Pentium



Příklad: Linux