

Cache paměti (1)

- Cache paměť:
 - rychlá vyrovnávací paměť mezi rychlým zařízením (např. procesor) a pomalejším zařízením (např. operační paměť)
 - vyrobena z obvodů SRAM s přístupovou dobou 1 - 20 ns
- V dnešních počítačích se běžně používají dva, popř. tři druhy cache pamětí:

Cache paměti (2)

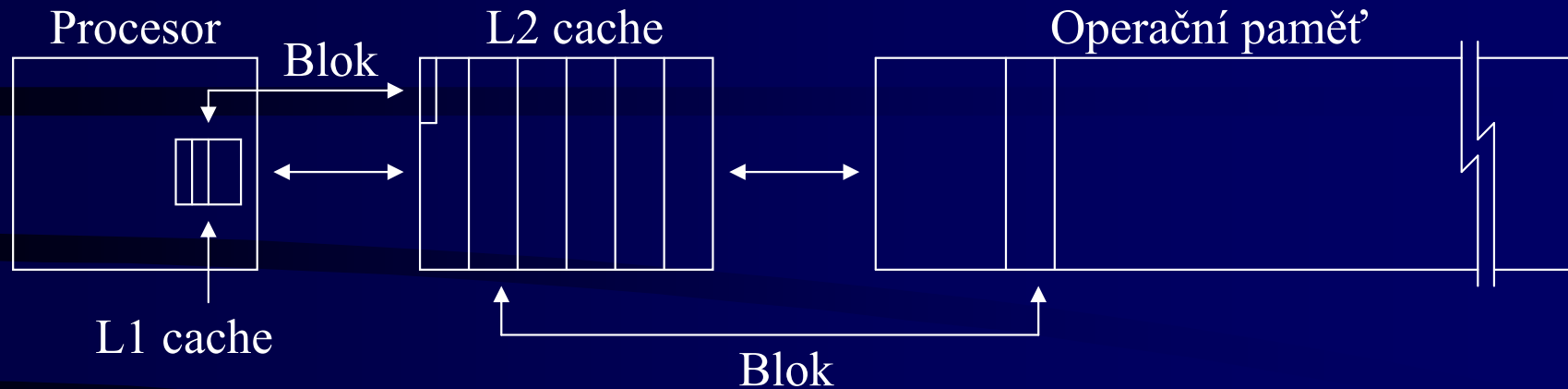
– L2 (externí, sekundární) cache:

- umístěna mezi pomalejší operační paměť a rychlým procesorem
- slouží jako vyrovnávací paměť u počítačů s výkonným procesorem, které by byly bez ní operační paměti velmi zpomalovány
- první L2 cache paměti se objevují u počítačů s procesorem 80386 (o kapacitě 32 kB, 64 kB)
- s výkonnějšími procesory se postupně zvyšuje i kapacita (128 kB, 256 kB, 512 kB, 1024 kB a více)
- řízena řadičem cache paměti (součást čipové sady, popř. čipu procesoru)

Cache paměti (3)

- osazena na:
 - základní desce: 80386 - Pentium (MMX)
 - v pouzdře procesoru: Pentium Pro - Pentium III
 - na čipu procesoru: Pentium III, Pentium 4, Pentium D
- L1 (interní, primární) cache:
 - slouží k vyrovnání rychlosti velmi výkonných procesorů a pomalejších L2 cache pamětí
 - integrována přímo na čipu procesoru
 - poprvé se objevuje u procesoru 80486 (s kapacitou 8 kB)
 - řízena řadičem L1 cache paměti, který je integrován na čipu procesoru

Cache paměti (4)



- Práce cache paměti vychází ze skutečnosti, že program má tendenci se při své práci určitou dobu zdržovat na určitém místě paměti, a to jak při zpracování instrukcí, tak při načítání (zapisování) dat z (do) paměti - tzv. **princip lokality**

Cache paměti (5)

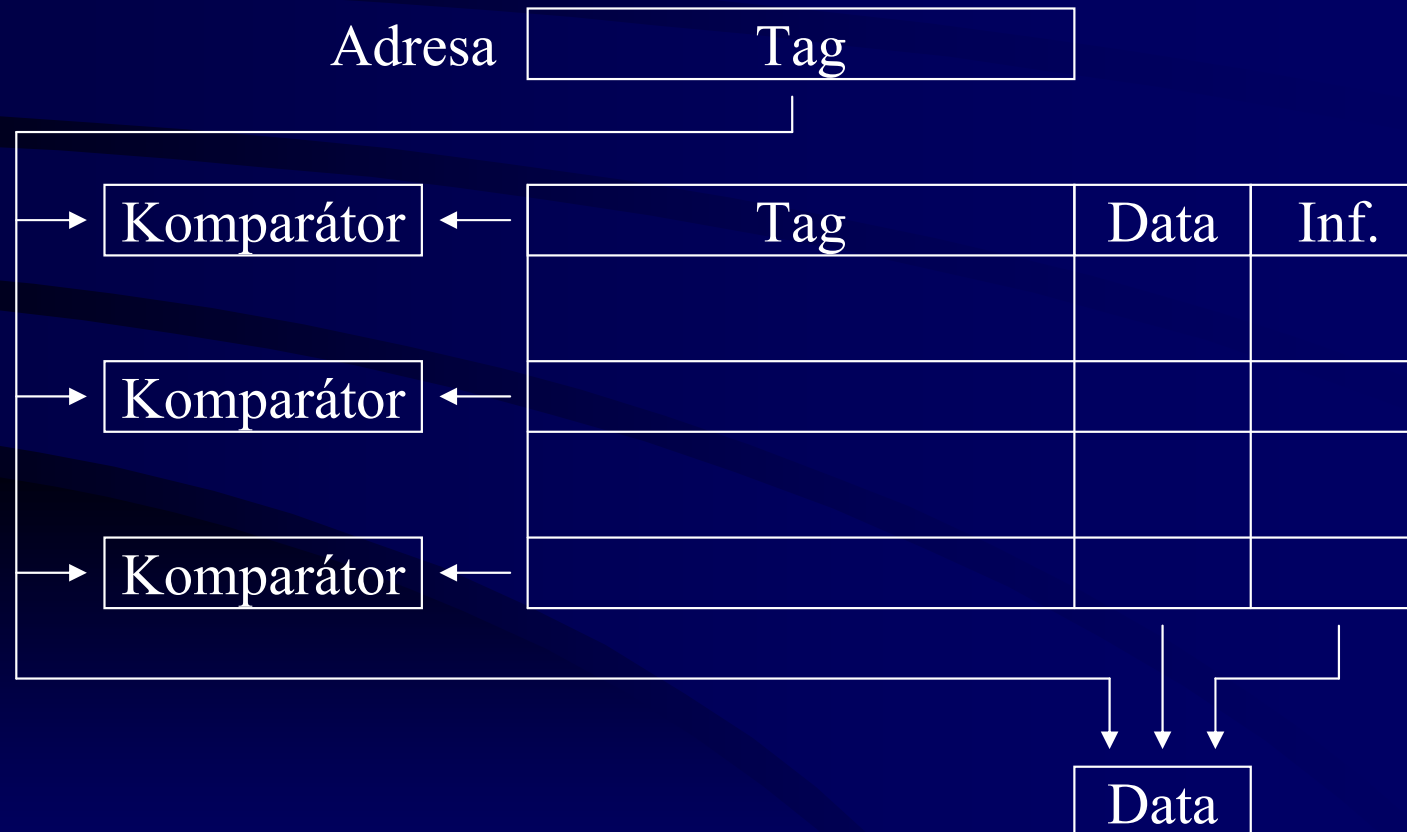
- Pokud dojde k zaplnění cache paměti a je potřeba zavést další blok, je nutné, aby některý z bloků cache paměť opustil
- Nejčastěji se k tomuto používá **LRU** (Least Recently Used) algoritmu, tj. algoritmu, který vyřadí nejdéle nepoužívaný blok
- Cache paměť neuchovává souvislý adresový prostor \Rightarrow bývají organizovány jako tzv. **asociativní paměti**

Cache paměti (6)

- Asociativní paměti jsou tvořeny tabulkou (tabulkami), která obsahuje:
 - **tagy**: klíče, podle kterých se v asociativní paměti vyhledává
 - uchovávané informace: data a instrukce
 - další informace nutné k zajištění správné funkce paměti, např. informace:
 - o platnosti (neplatnosti) uložených dat
 - pro realizaci LRU algoritmu
 - protokolu **MESI** (Modified Exclusive Shared Invalid)

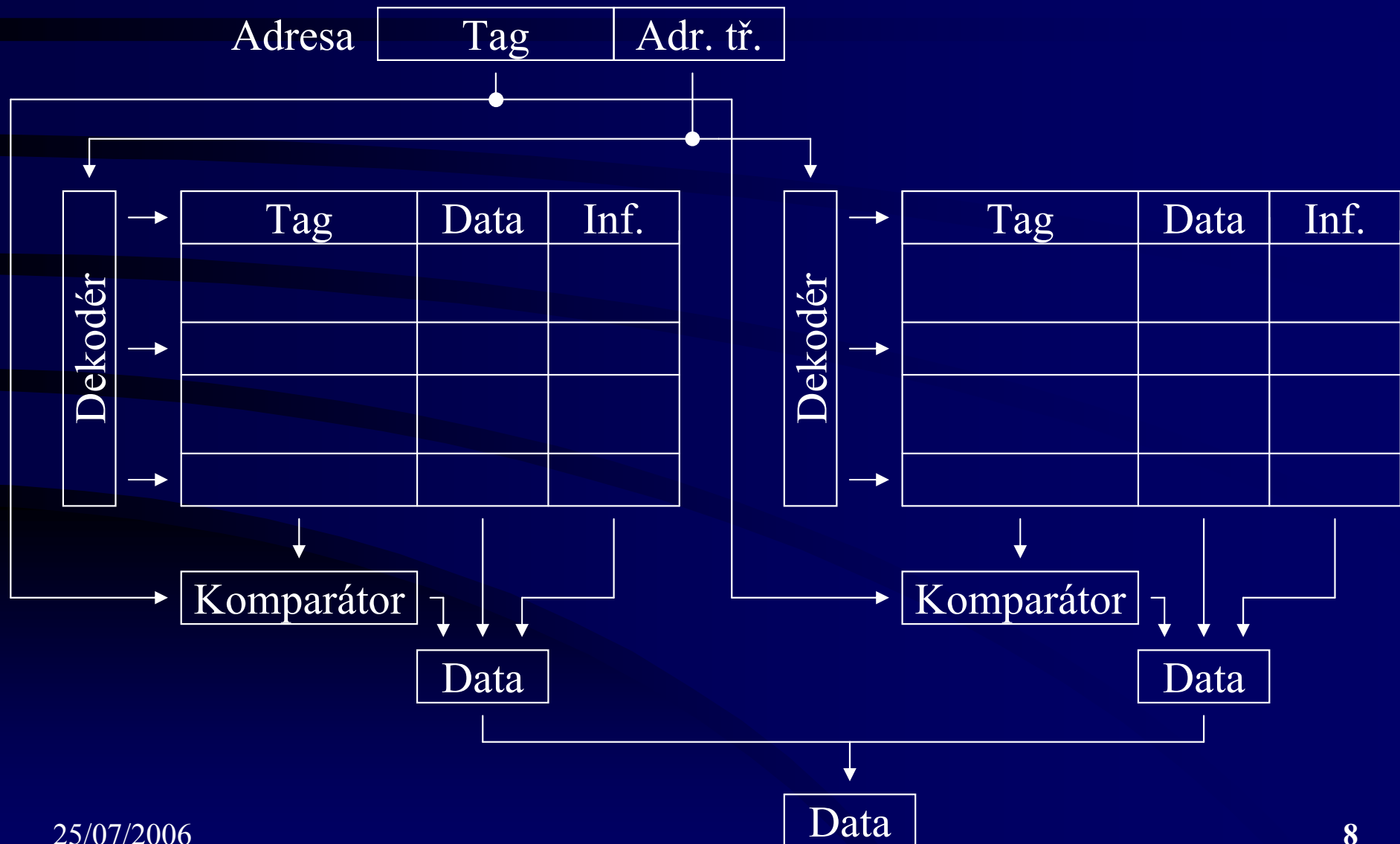
Cache paměti (7)

- Rozdělení cache pamětí podle stupně asociativity:
 - plně asociativní:



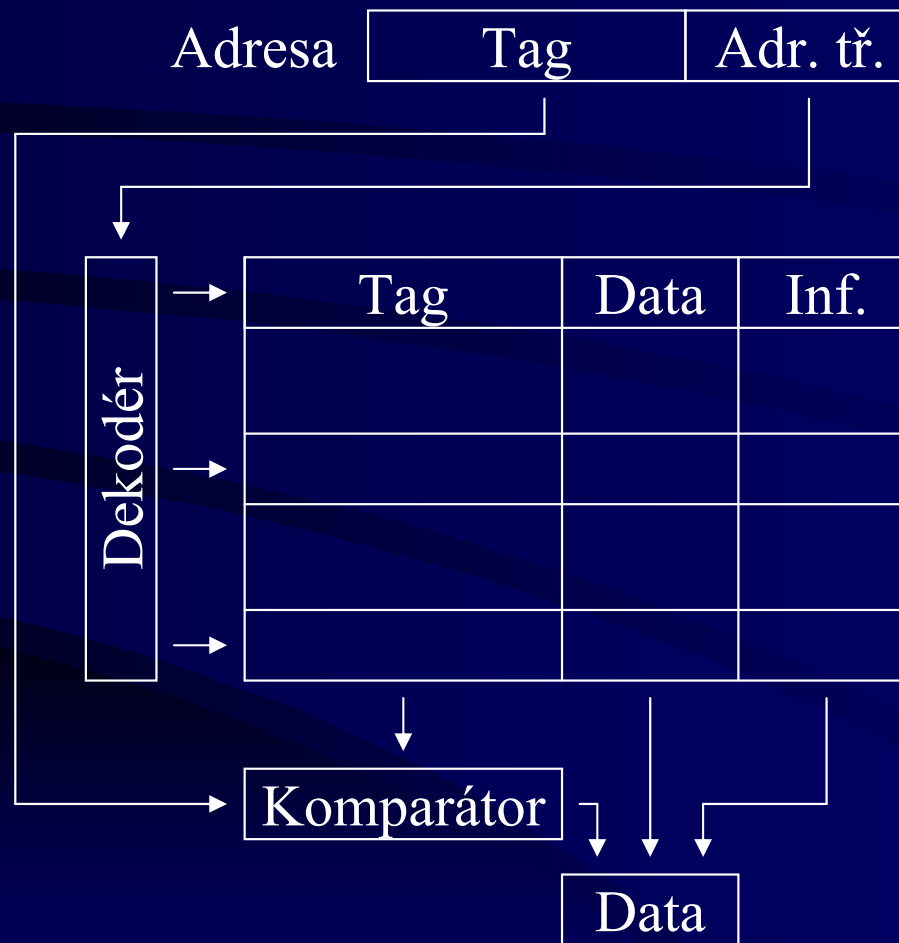
Cache paměti (8)

– **n-cestně asociativní** (2-cestně asociativní):

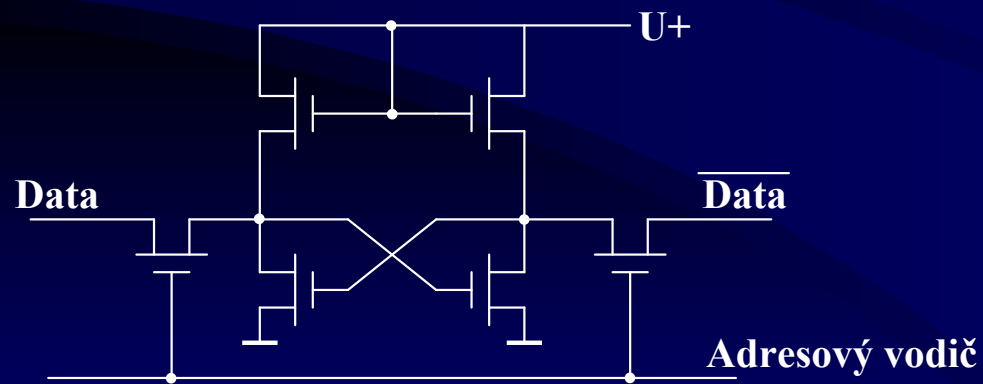
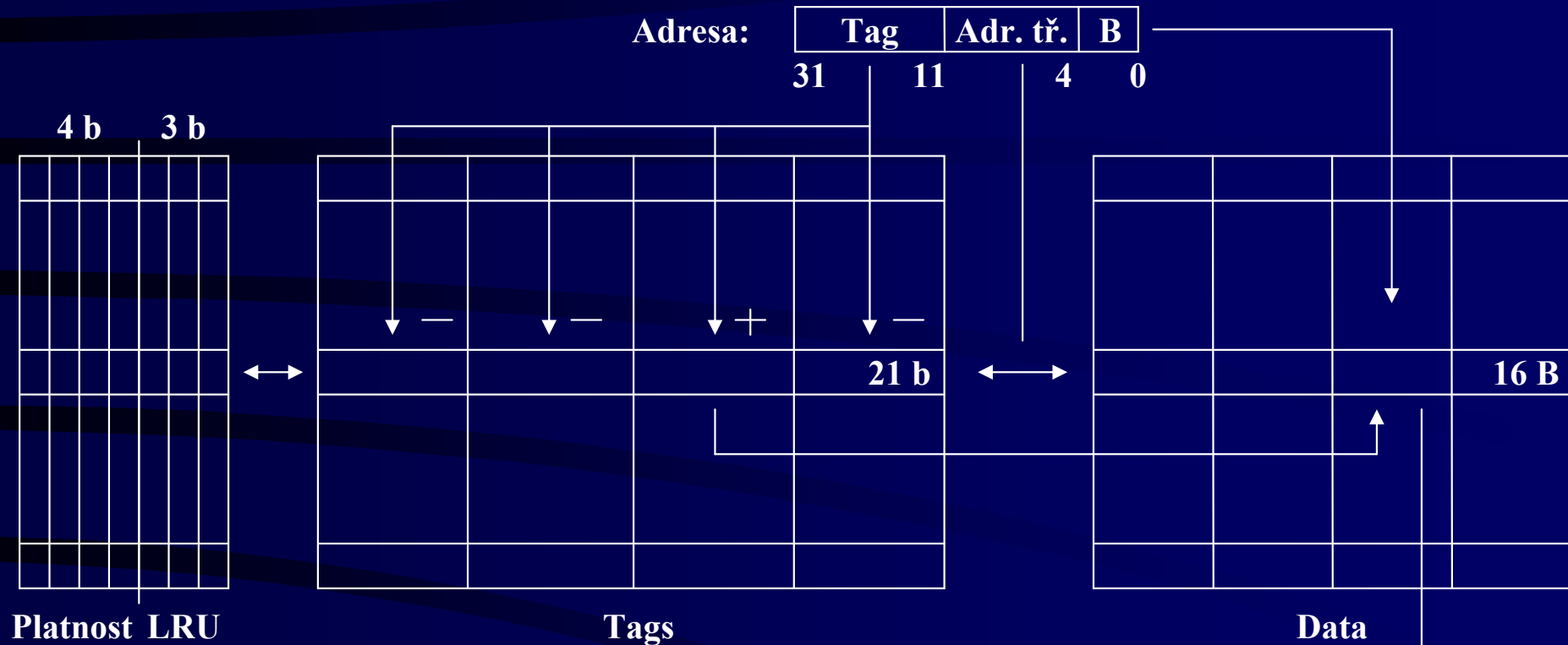


Cache paměti (9)

– přímo mapované (1-cestně asociativní):



Cache paměti (10)



1 b - klopny obvod

Cache paměti (11)

- Podle způsobu práce při zapisování dat lze cache paměti ještě rozdělit do dvou skupin:
 - **write-through:**
 - v případě zápisu procesoru do cache paměti dochází okamžitě i k zápisu do operační paměti
 - procesor tak obsluhuje jen zápis a o další osud dat se stará cache paměť
 - **write-back:**
 - data jsou zapisována do operační paměti až ve chvíli, kdy je to třeba, a nikoliv okamžitě při jejich změně

Cache paměti (12)

- k zápisu dat do operační paměti tedy dochází např. v okamžiku, kdy je cache paměť zcela zaplněna a je třeba do ní umístit nová data
- tento způsob práce cache paměti vykazuje oproti předešlému způsobu vyšší výkon
- Kromě L1 a L2 cache pamětí je možné se setkat i se specializovanými cache pamětmi umístěnými mezi operační paměť a některé pomalejší zařízení (pevný disk apod.)

Rozšiřující sběrnice (1)

- **Sběrnice:**
 - soustava vodičů, která umožňuje přenos signálů mezi jednotlivými částmi počítače
 - pomocí těchto vodičů mezi sebou jednotlivé části počítače komunikují a přenášejí data
- **Rozšiřující sběrnice (sběrnice):**
 - sběrnice počítačů umožňující jejich snadné rozšiřování o další zařízení, např.:
 - zvukové karty
 - síťové karty
 - řadiče disků

Rozšiřující sběrnice (2)

- standard, dohoda o tom, jak vyrobit zařízení (rozšiřující karty), která mohou pracovat ve standardním počítači
- obsahuje konektory (tzv. **sloty**), pomocí nichž lze připojit rozšiřující karty
- Typy sběrnic:
 - **synchronní sběrnice:**
 - sběrnice pracující synchronně s procesorem počítače
 - platnost údajů na sběrnici jednoznačně určuje hodinový signál
 - tímto způsobem dnes pracuje většina sběrnic

Rozšiřující sběrnice (3)

– multimaster sběrnice:

- dovoluje tzv. **busmastering**
- sběrnice, která může být řízena několika zařízeními, nejen procesorem
- je možné, aby některé ze zařízení, které je ke sběrnici připojené (např. řadič pevného disku), na určitou dobu převzalo její řízení
- po dobu, kdy takto řídí celou sběrnici, může toto zařízení rychleji a efektivněji provést své operace (např. přenos velkého objemu dat z pevného disku) a potom opět řízení vrátit procesoru

Rozšiřující sběrnice (4)

– lokální sběrnice:

- spočívá ve vytvoření technické podpory toho, že se náročné operace s daty realizují rychlou systémovou sběrnici
- systémová sběrnice se prodlouží a umožní se tak přístup na ni i ze zásuvných modulů (rozšiřujících karet) dalších zařízení
- původně propagované zejména výrobcí grafických karet
- Příklad: VL bus

Parametry sběrnic

- **Šířka přenosu:**
 - počet bitů, které lze zároveň po sběrnici přenést
 - jednotka: bit
- **Frekvence:**
 - Maximální frekvence, se kterou může sběrnice pracovat
 - jednotka: Hz
- **Rychlost (propustnost):**
 - počet bytů přenesených za jednotku času
 - jednotka: B/s

Sběrnice PC bus (1)

- Navržena a vyrobena firmou IBM pro první počítače IBM PC a IBM PC/XT založené na procesoru Intel 8088 (Intel 8086)
- Konstruována tak, aby využívala možnosti procesoru Intel 8088
- Napěťové úrovně všech signálů odpovídají logice TTL
- Poskytuje 62 linek (vodičů), z nichž 8 slouží pro přenos dat \Rightarrow šířka přenosu dat sběrnice PC bus je 8 bitů

Sběrnice PC bus (2)

- Pro přenos adresy je na sběrnici PC bus vy-
mezeno 20 vodičů (odpovídá 20bitové adre-
sové sběrnici procesoru Intel 8088, resp.
Intel 8086)
- Jedná se o synchronní sběrnici pracující
s maximální frekvencí 8 MHz
- Jednotlivé sloty jsou zapojeny paralelně, tzn.
jsou si navzájem ekvivalentní \Rightarrow nezáleží na
tom, do kterého slotu je daná karta osazena

Sběrnice PC bus (3)

- Základní deska se sběrnicí PC bus:



Sběrnice PC bus (4)

- Rozšiřující karta pro sběrnici PC bus:



Sběrnice ISA (1)

- **ISA** (Industry Standard Architecture)
- Dříve označována také jako AT bus
- Navržena tak, aby plně odpovídala možnostem procesoru 80286
- Dodržuje plnou zpětnou kompatibilitu s předšlou sběrnici PC bus
- Rozšiřující karty určené pro PC bus lze používat i v počítačích se sběrnici ISA

Sběrnice ISA (2)

- Kompatibility je dosaženo rozšířením staré 62vodičové sběrnice o dalších 36 vodičů
- Odpovídající slot se rozšířil o další konektor umístěný v jedné řadě hned za starším (8bitovým) slotem pro PC bus
- Takto vznikl nový 16bitový slot, který je umístěn na sběrnici ISA
- Sběrnice ISA má:
 - šířku přenosu 16 bitů, tj. během jedné operace je možné přenášet nejvýše 16bitovou informaci

Sběrnice ISA (3)

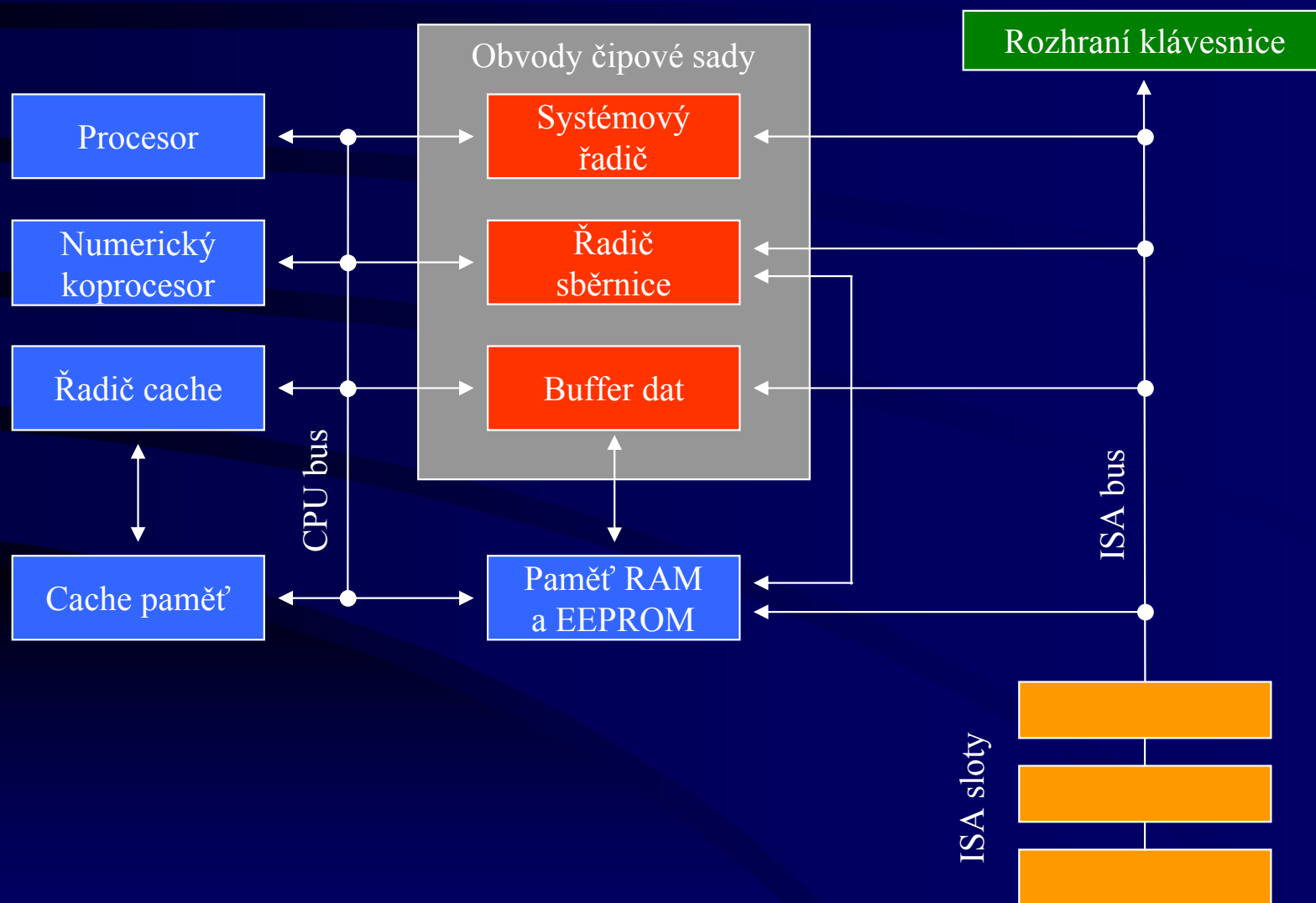
- pro přenos adresy vymezeno 24 vodičů odpovídajících 24bitové adresové sběrnici procesoru 80286
- Sběrnice ISA pracuje podobně jako PC bus s maximální frekvencí 8 MHz (synchronně s procesorem)
- Protože sběrnice ISA i PC bus jsou velmi náchylné na šum, není možné dále zvyšovat jejich frekvenci

Sběrnice ISA (4)

- Jestliže procesor pracuje s vyšší frekvencí než 8 MHz, pak sběrnice ISA pracuje se zlomkem jeho frekvence
- Používána téměř u všech počítačů s procesory 80286, 80386 a u starších počítačů s procesorem 80486
- Z důvodů zpětné kompatibility byla sběrnice ISA integrována (společně s jiným typem sběrnice) i na základní desky počítačů s procesory 80486 - Pentium II, Celeron

Sběrnice ISA (5)

- Systém se sběrnicí ISA:



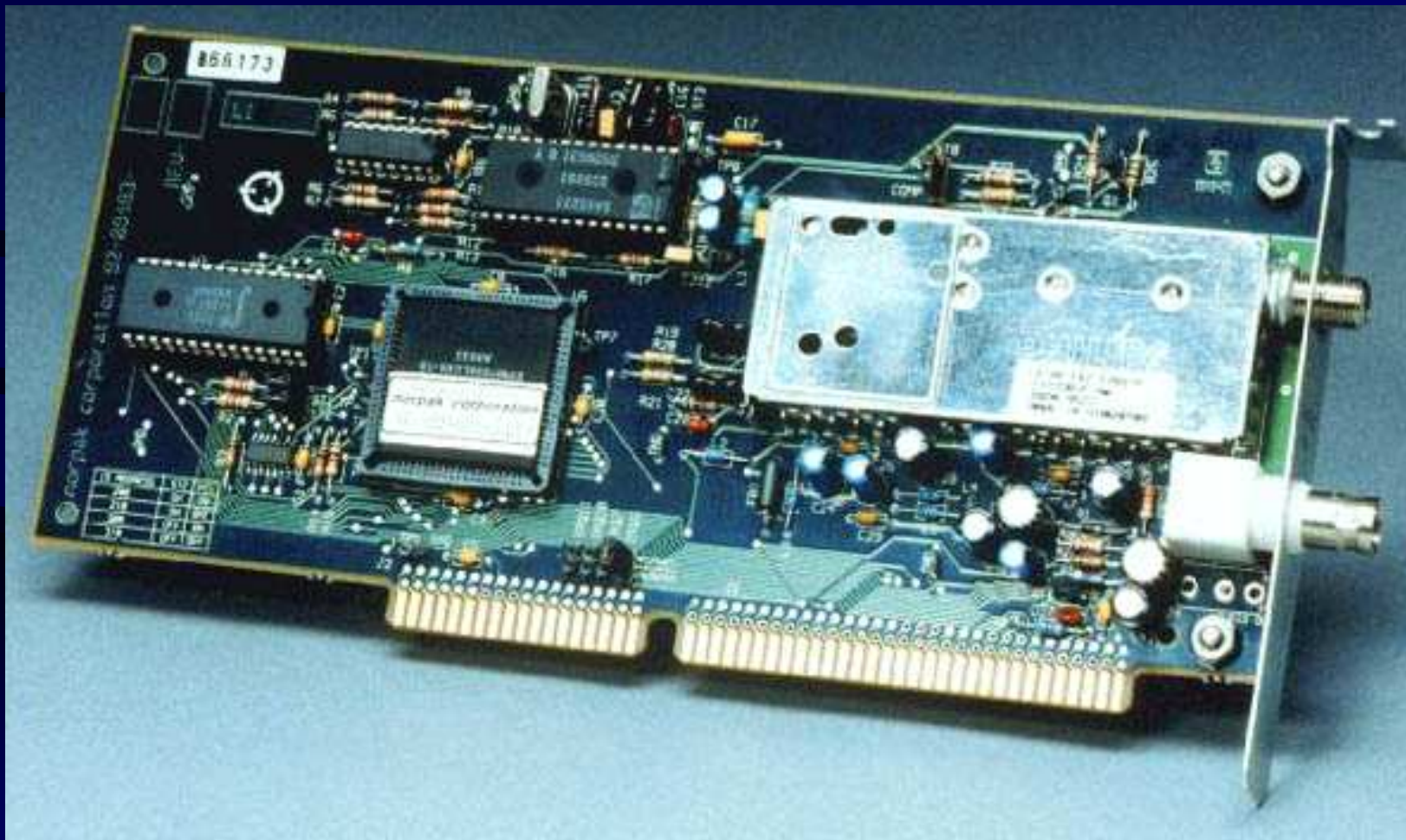
Sběrnice ISA (6)

- Základní deska se sběrnicí ISA:



Sběrnice ISA (7)

- Rozšiřující karta pro sběrnici ISA:

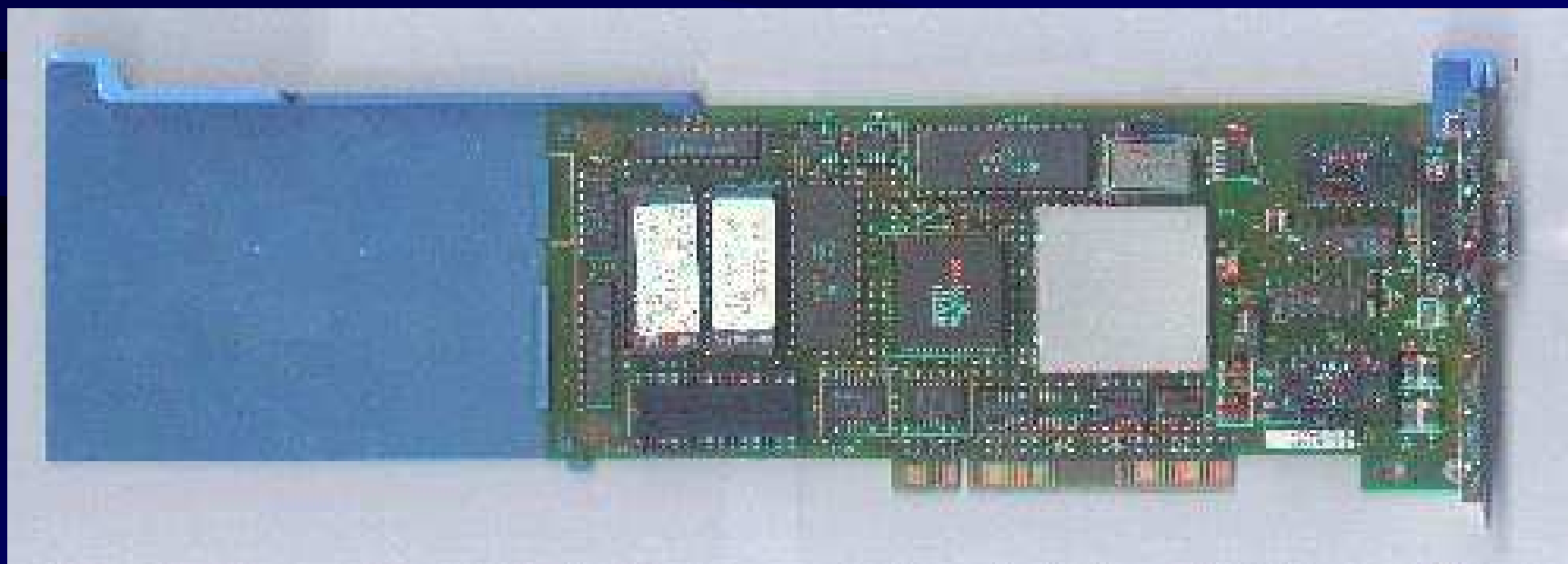


Sběrnice MCA (1)

- **MCA** (MicroChannel Architecture) byla vyvinuta firmou IBM pro počítače řady PS/2
- Není zpětně kompatibilní se sběrnicí ISA
- Dovoluje běh s maximální frekvencí 10 MHz
- Šířka přenosu dat je 16, resp. 32 bitů
- Podporuje práci i v tzv. **proudovém režimu**, ve kterém dokáže současně přenášet 64 bitů
- Šířka adresové části je 24 bitů (pro 80286), resp. 32 bitů (pro 80386 a 80486)

Sběrnice MCA (2)

- Umožňuje **busmastering**, tj. sdílené řízení sběrnice
- Nezaznamenala většího rozšíření
- Rozšiřující karta pro sběrnici MCA:



Sběrnice EISA (1)

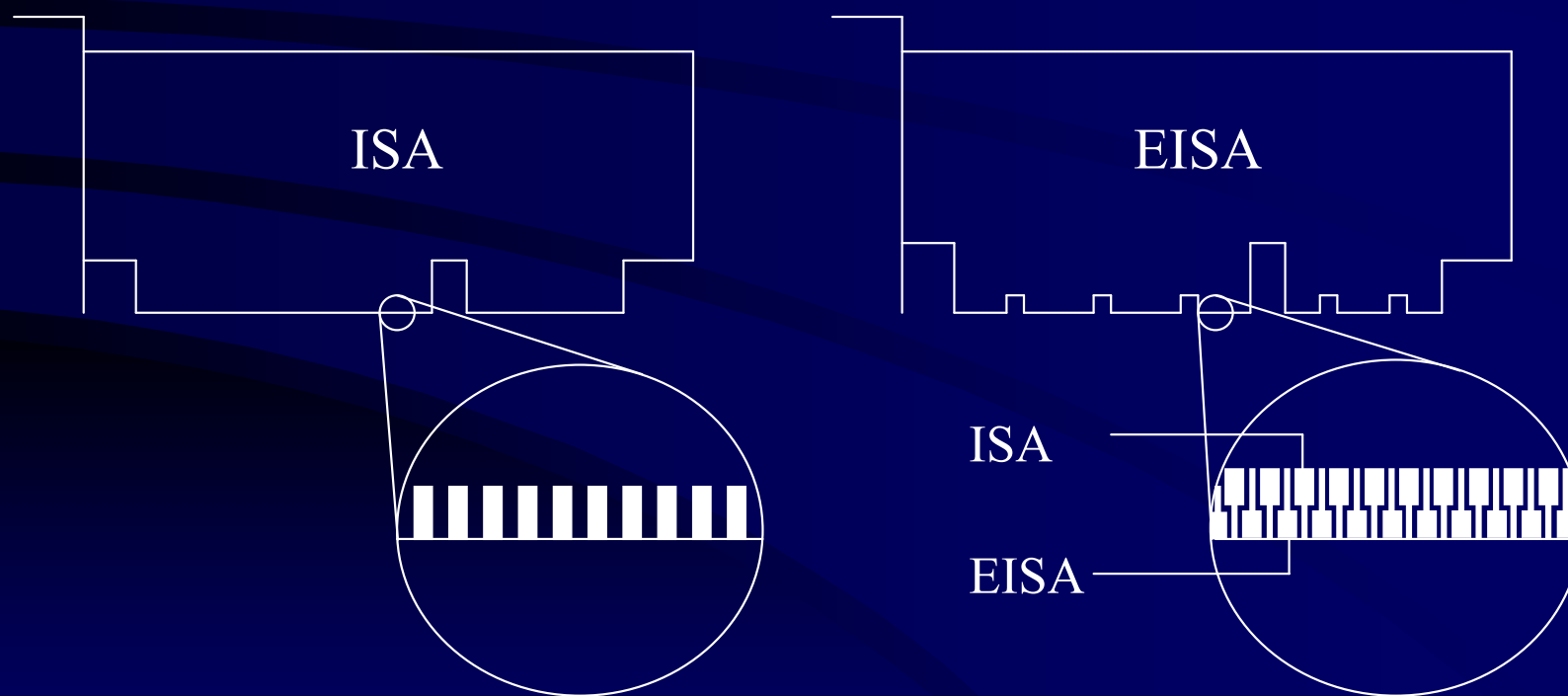
- **EISA** (Extended Industry Standard Architecture) byla vyrobena 9 firmami jako odpověď na sběrnici MCA
- Kompatibilní se sběrnicí ISA
- Základní vlastnosti sběrnice EISA:
 - šířka přenosu dat je 32 bitů
 - šířka adresy je 32 bitů
 - dovoluje programové nastavování rozšiřujících karet
 - frekvence 8 MHz (z důvodů kompatibility s ISA)

Sběrnice EISA (2)

- Slot sběrnice EISA má stejnou velikost jako slot ISA a obsahuje stejné vývody (62 + 36)
- Kromě těchto vývodů má ještě 59 nových vývodů umístěných mezi starými vývody sběrnice ISA
- Nové vývody zůstanou v případě zasunutí karty pro ISA sběrnici nezapojeny
- Sběrnice EISA byla používána zejména u počítačů s procesory 80386 a 80486, na které byla kladena větší zátěž (např. síťové servery)

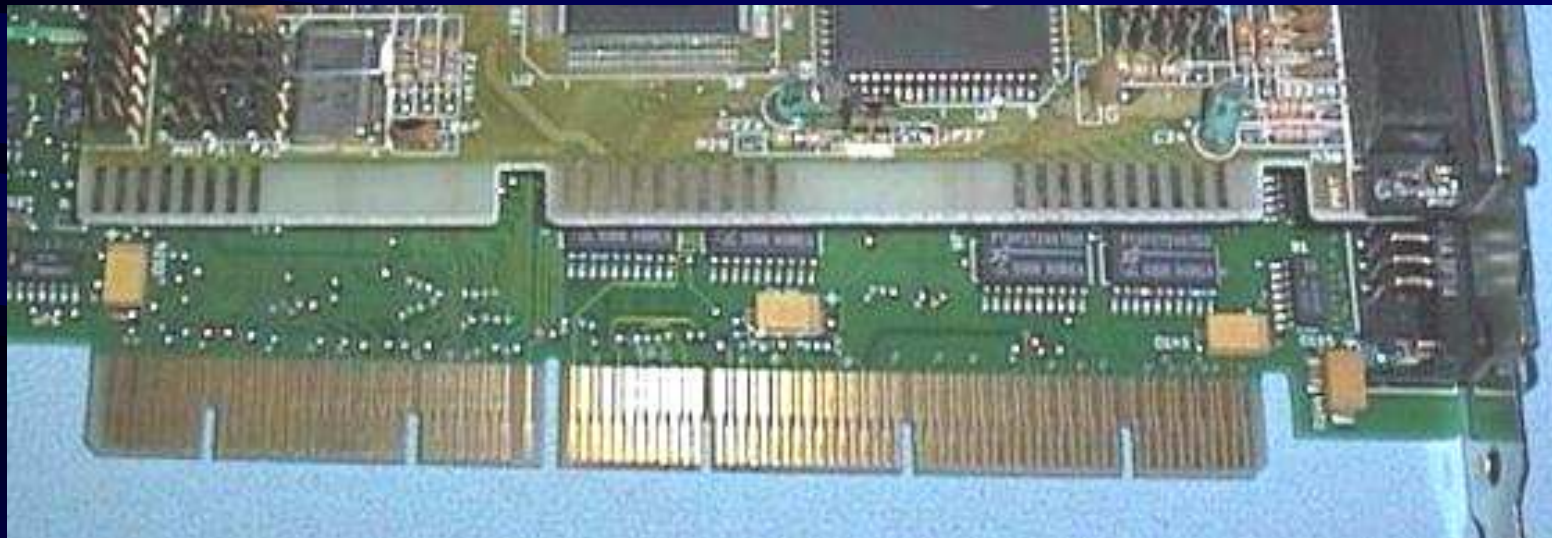
Sběrnice EISA (3)

- Vzhledem k příchodu modernějších typů sběrnic se sběrnice EISA dnes již nepoužívá
- Rozmístění vývodů sběrnice ISA a EISA



Sběrnice EISA (4)

- Rozšiřující karta pro sběrnici ISA (nahore) a EISA (dole):



Sběrnice VL bus (1)

- **VL bus** (VESA Local Bus) byla navržena v roce 1992 konsorciem VESA (Video Electronic Standards Association)
- Jedná se o lokální sběrnici
- Šířka přenosu dat i adresy je 32 bitů
- Podporuje maximálně 3 přídatné sloty
- Teoretická mez VL busu je 50 MHz
- Prakticky je možné, aby pracovala s frekvencí 33 MHz (při třech osazených kartách)

Sběrnice VL bus (2)

- VL bus je zpětně kompatibilní se sběrnicí ISA
- Nejvyššího výkonu dosahuje v tzv. **burst (souvislém) režimu**:
 - redukuje počet přenášených položek (např. adres)
 - adresa se v burst režimu vysílá pouze v prvním ze 4 bezprostředně následujících sběrniceových cyklů a v následujících třech se přenášejí jen data
 - burst režim lze tedy použít pouze tehdy, když se čte (zapisuje) do bezprostředně za sebou následujících paměťových míst

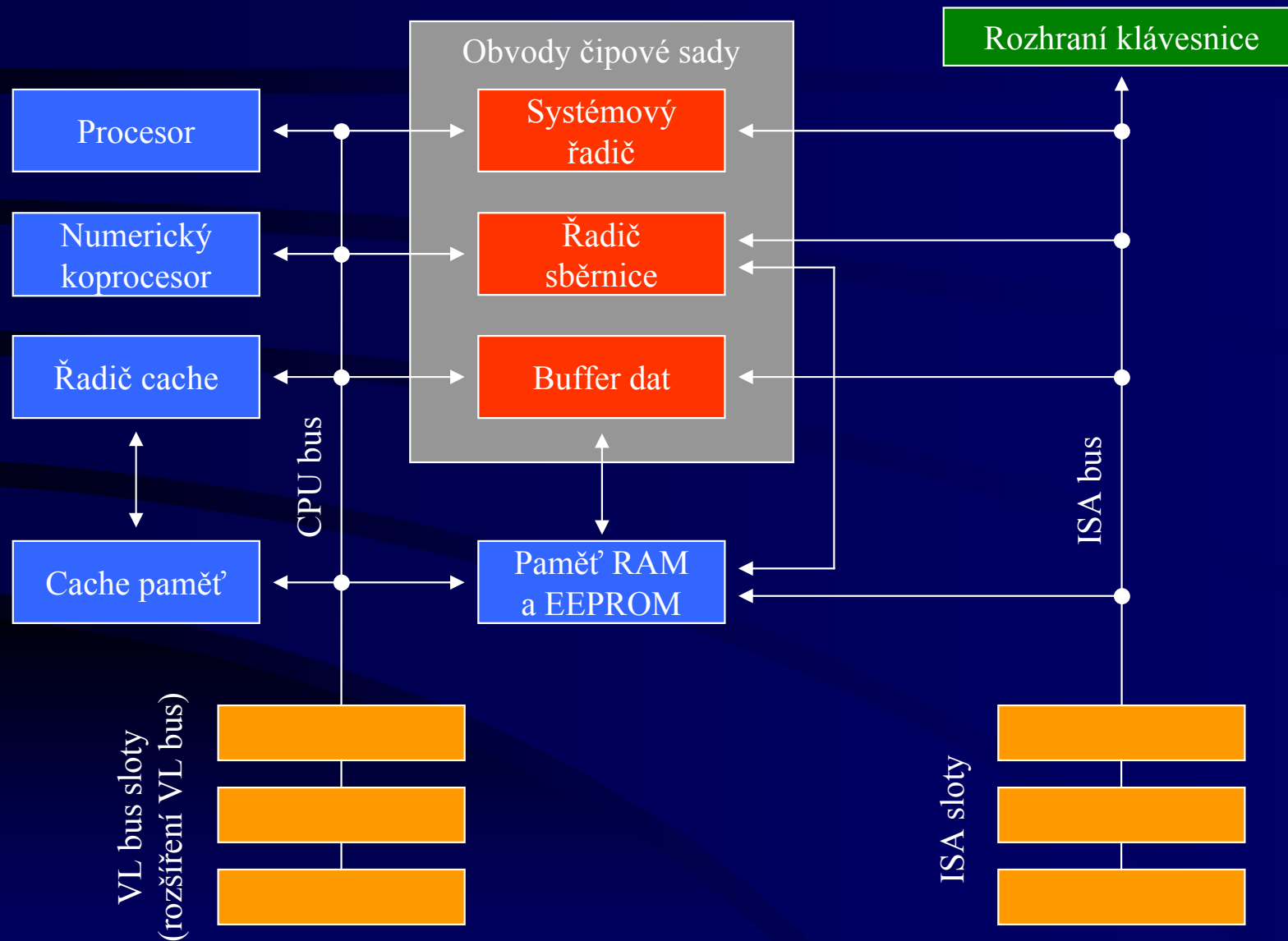
Sběrnice VL bus (3)

- Nevýhodou sběrnice VL bus je její silná procesorová závislost způsobená přímým zapojením slotů VL busu na systémovou sběrnici
- Tato závislost nedovoluje prakticky použít VL bus v jiném počítači, než je počítač s procesorem Intel nebo kompatibilním
- Sběrnice VL bus je vyráběna na základní desce vždy spolu se sběrnicí ISA, protože při své práci využívá některých jejích signálů

Sběrnice VL bus (4)

- Konektor VL busu se nachází v jedné řadě za 16bitovým konektorem ISA a má 2×58 vývodů
- Sběrnice VL bus byla používána zejména u počítačů s procesorem 80486 a u prvních počítačů s procesorem Pentium
- Systém se sběrnicí VL bus:

Sběrnice VL bus (5)



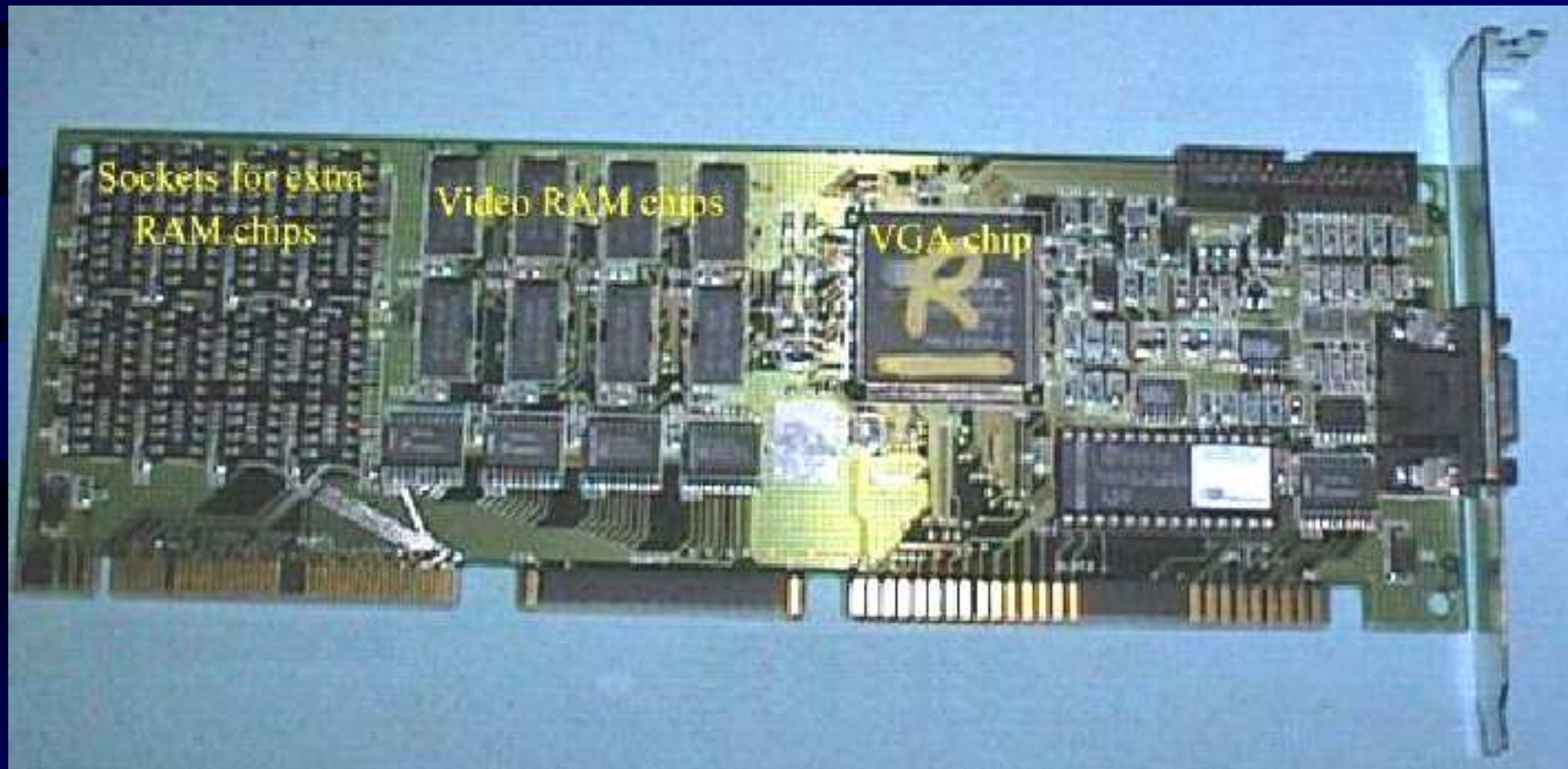
Sběrnice VL bus (6)

- Základní deska se sběrnicí VL bus:



Sběrnice VL bus (7)

- Rozšiřující karta pro sběrnici VL bus:



Sběrnice PCI (1)

- **PCI** (Peripheral Component Interconnect) je sběrnice, která byla navržena a vyrobena firmou Intel v roce 1992
- Původně byla určena pro počítače s procesory Intel Pentium
- Nejedná se již o „klasickou“ lokální sběrnici
- Využívá tzv. **mezisběrnicový můstek** (**CPU - PCI bridge**), jehož prostřednictvím je připojena k systémové sběrnici

Sběrnice PCI (2)

- Toto řešení přináší následující výhody:
 - možnost použití sběrnice PCI i v jiných počítačích než jsou PC (např. Macintosh, DEC)
 - můstek dovoluje provádět přizpůsobování napěťových úrovní
- Sběrnice PCI je **časově multiplexována**, tj. adresa i data jsou přenášena po stejných vodičích (nejprve adresa, potom data)
- Šířka přenosu dat i adresy je standardně 32 bitů

Sběrnice PCI (3)

- Existuje i 64bitová verze PCI, která se používá zejména pro řadiče diskových polí (RAID) a síťové karty pro Gigabit Ethernet
- Příklad: Přenos 128 B (souvislý blok dat)

	32-bit PCI bus	64-bit PCI bus
32-bit address	Adresa: 1 takt Data : 32 taktů	Adresa: 1 takt Data : 16 taktů
64-bit address	Adresa: 2 takty Data : 32 taktů	Adresa: 1 takt Data : 16 taktů

Sběrnice PCI (4)

- Maximální frekvence, se kterou může tato sběrnice standardně pracovat:
 - **33 MHz**: maximální propustnost sběrnice:
 - 132 MB/s: pro šířku přenosu dat 32 bitů
 - 264 MB/s: pro šířku přenosu dat 64 bitů
 - **66 MHz**: maximální propustnost sběrnice:
 - 264 MB/s: pro šířku přenosu dat 32 bitů
 - 528 MB/s: pro šířku přenosu dat 64 bitů
- Sběrnice PCI 66 MHz a 33 MHz jsou vzájemně kompatibilní, tj.:

Sběrnice PCI (5)

- lze použít 33 MHz kartu na sběrnici s frekvencí 66 MHz
- lze použít 66 MHz kartu na sběrnici s frekvencí 33 MHz
- v obou případech však bude sběrnice (i karta) pracovat s frekvencí 33 MHz
- Sběrnice PCI je nezávislá na sběrnici ISA, tzn. že nevyužívá žádných jejích signálů
- PCI sběrnice tedy může být integrována na základní desce bez sběrnice ISA

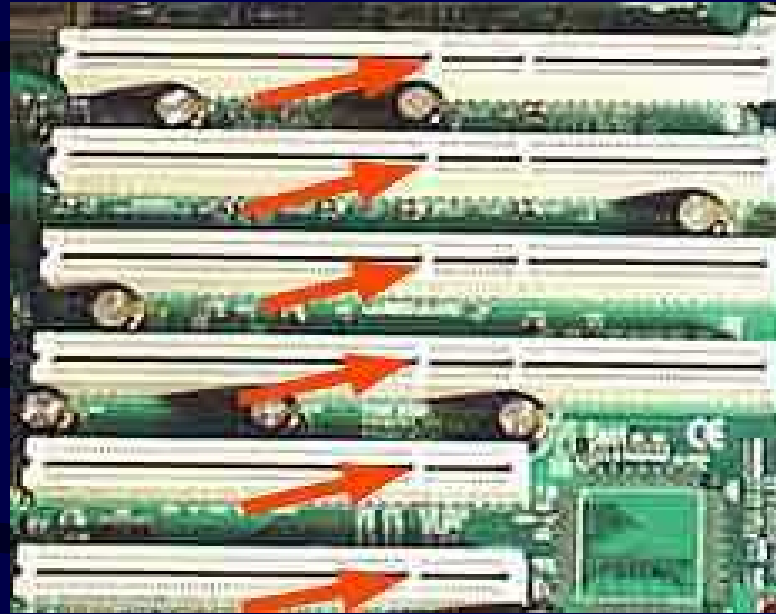
Sběrnice PCI (6)

- Pro dodržení zpětné kompatibility jsou (byly) počítače se sběrnicí PCI osazovány i sběrnicí ISA, popř. EISA
- PCI umožňuje **busmastering**
- Podporuje standard **Plug & Play**, který dovoluje automatickou konfiguraci rozšiřujících karet (bez zásahu uživatele)
- Sběrnice PCI je používána u novějších počítačů s procesorem 80486 a u počítačů s procesory Pentium a vyššími

Sběrnice PCI (7)

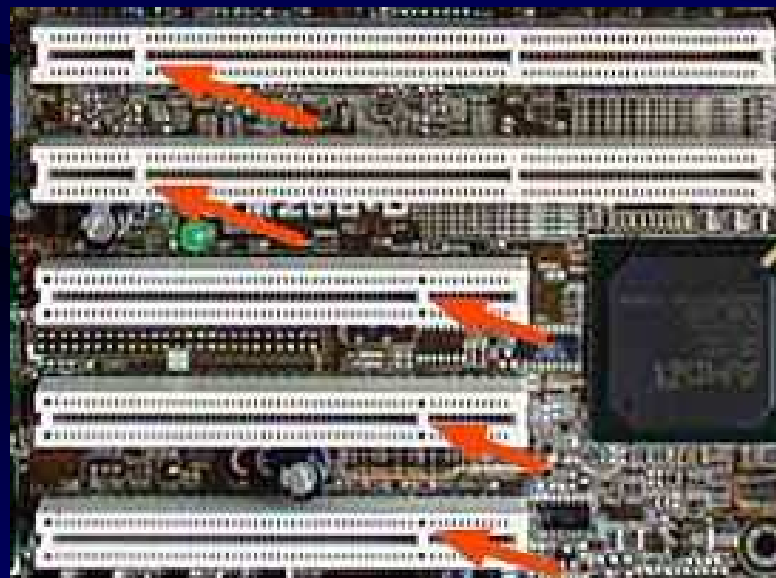
PCI Sloty

Zadní panel počítače Zadní panel počítače



← 64 bitů, 33 MHz
(5 V)

← 32 bitů, 33 MHz
(5 V)

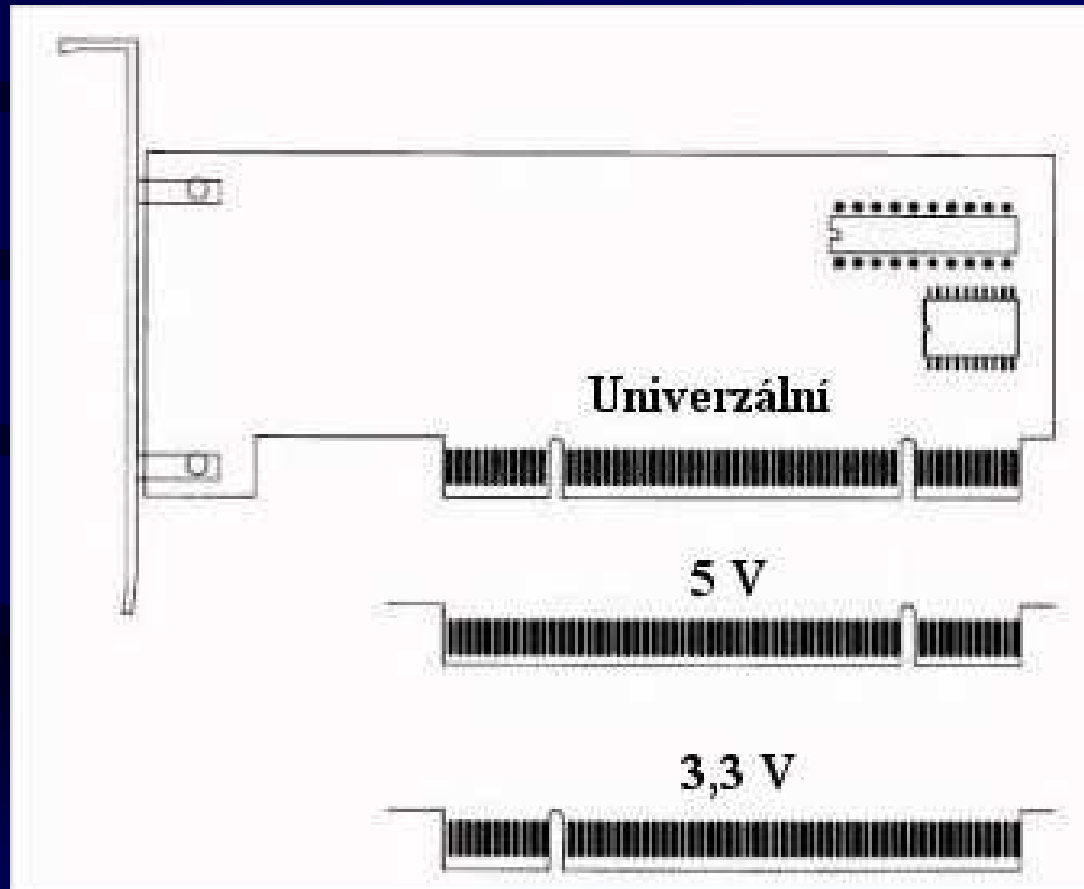


← 64 bitů, 66 MHz
(3,3 V)

← 32 bitů, 33 MHz
(5 V)

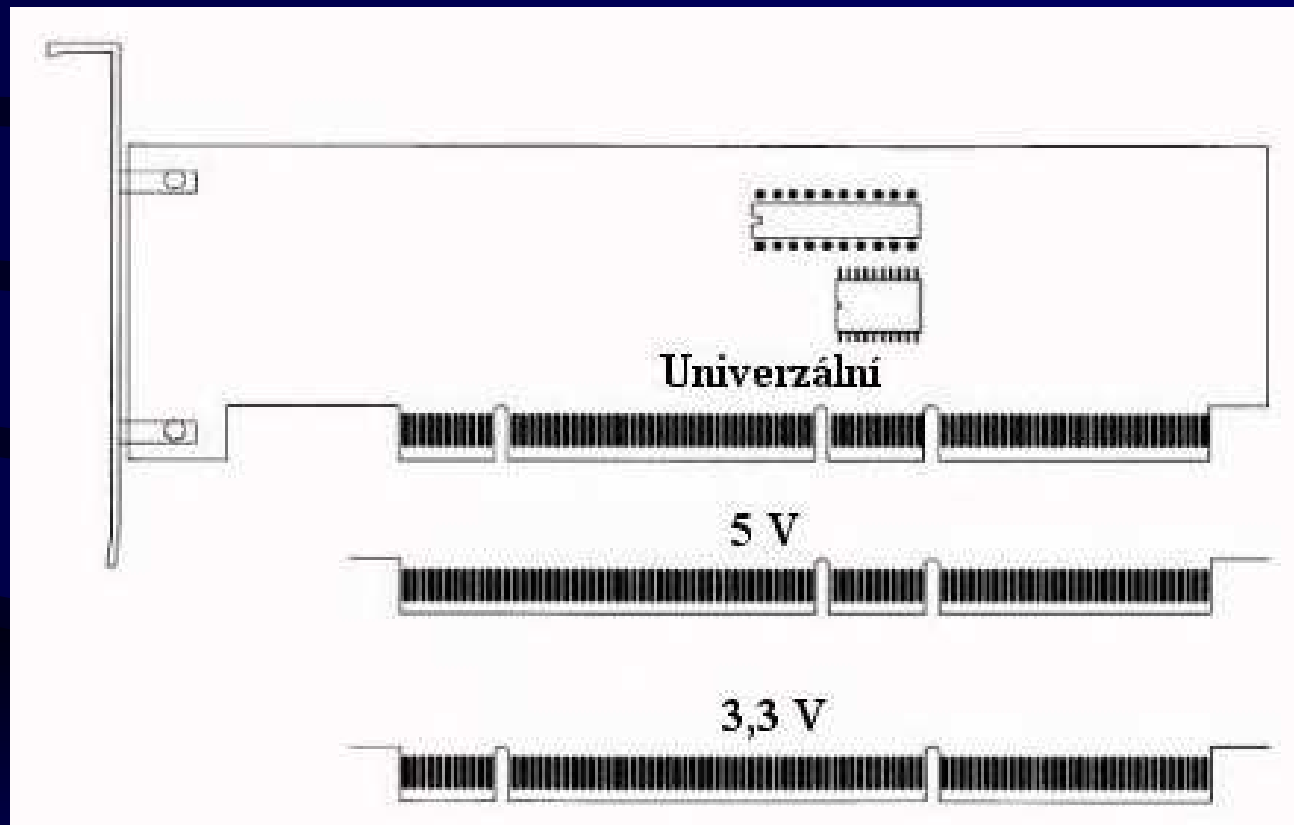
Sběrnice PCI (8)

- Konektory karet pro sběrnici PCI:
 - 32bitové:



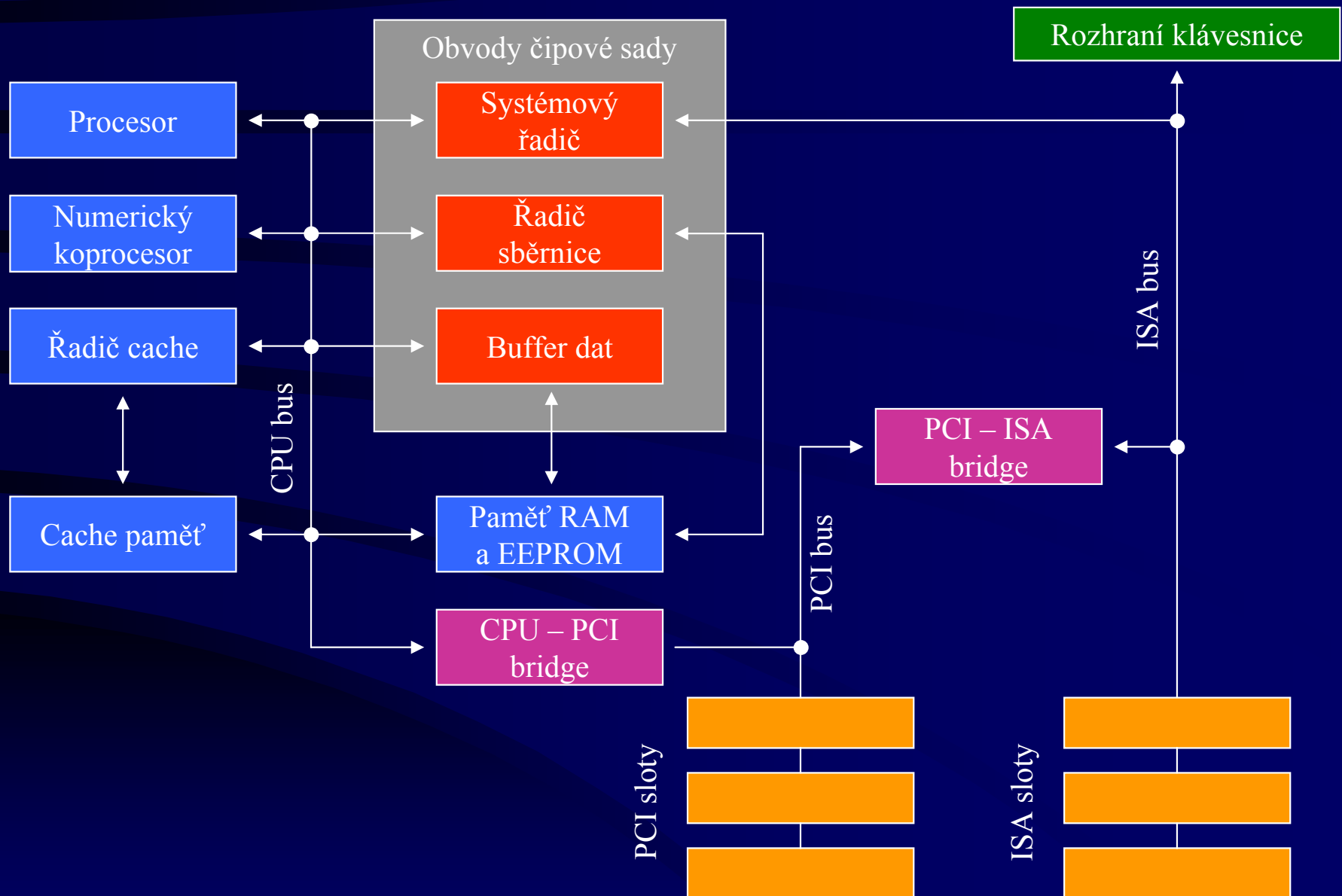
Sběrnice PCI (9)

– 64bitové:



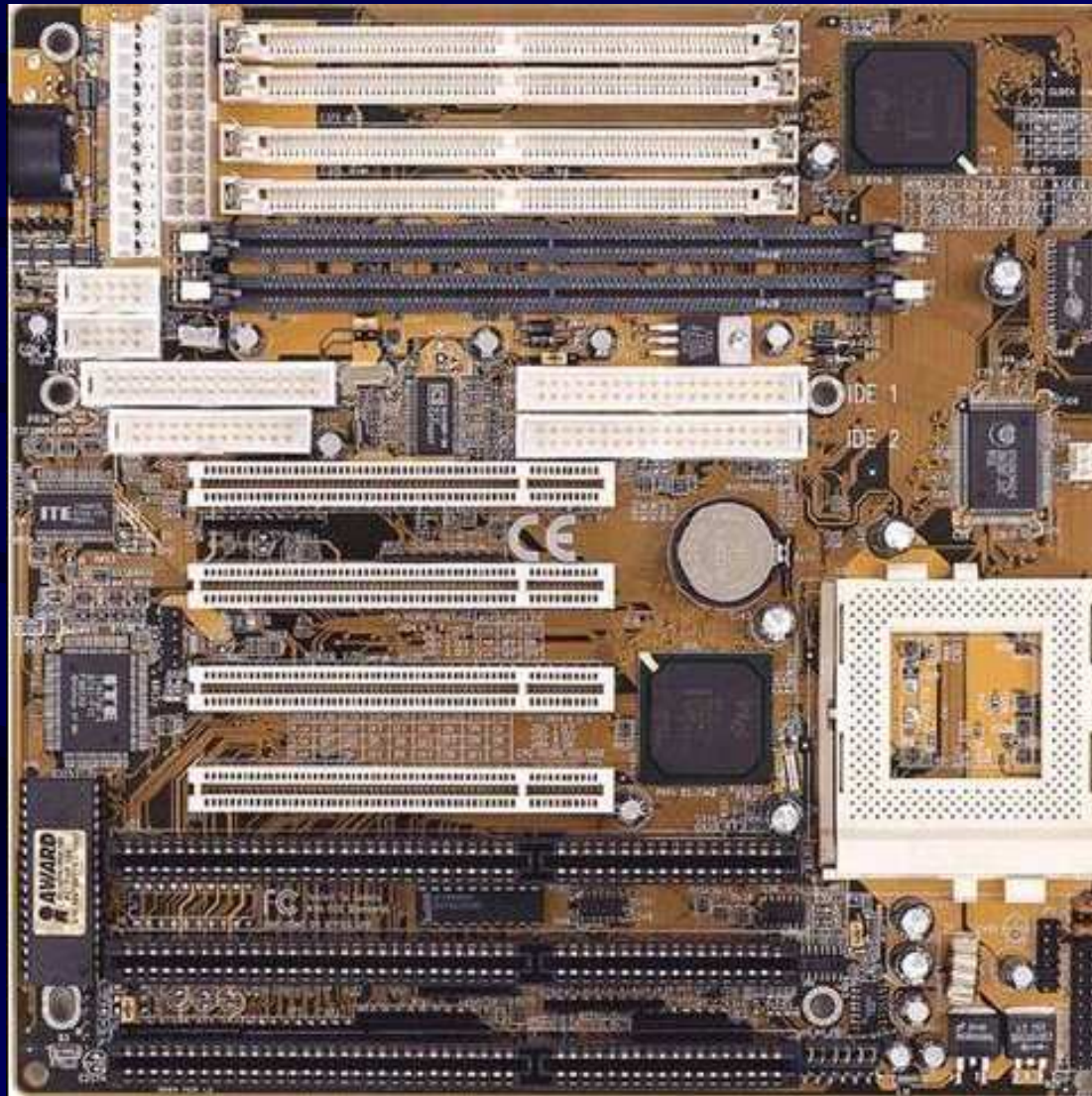
Sběrnice PCI (10)

System se sběrnici PCI:



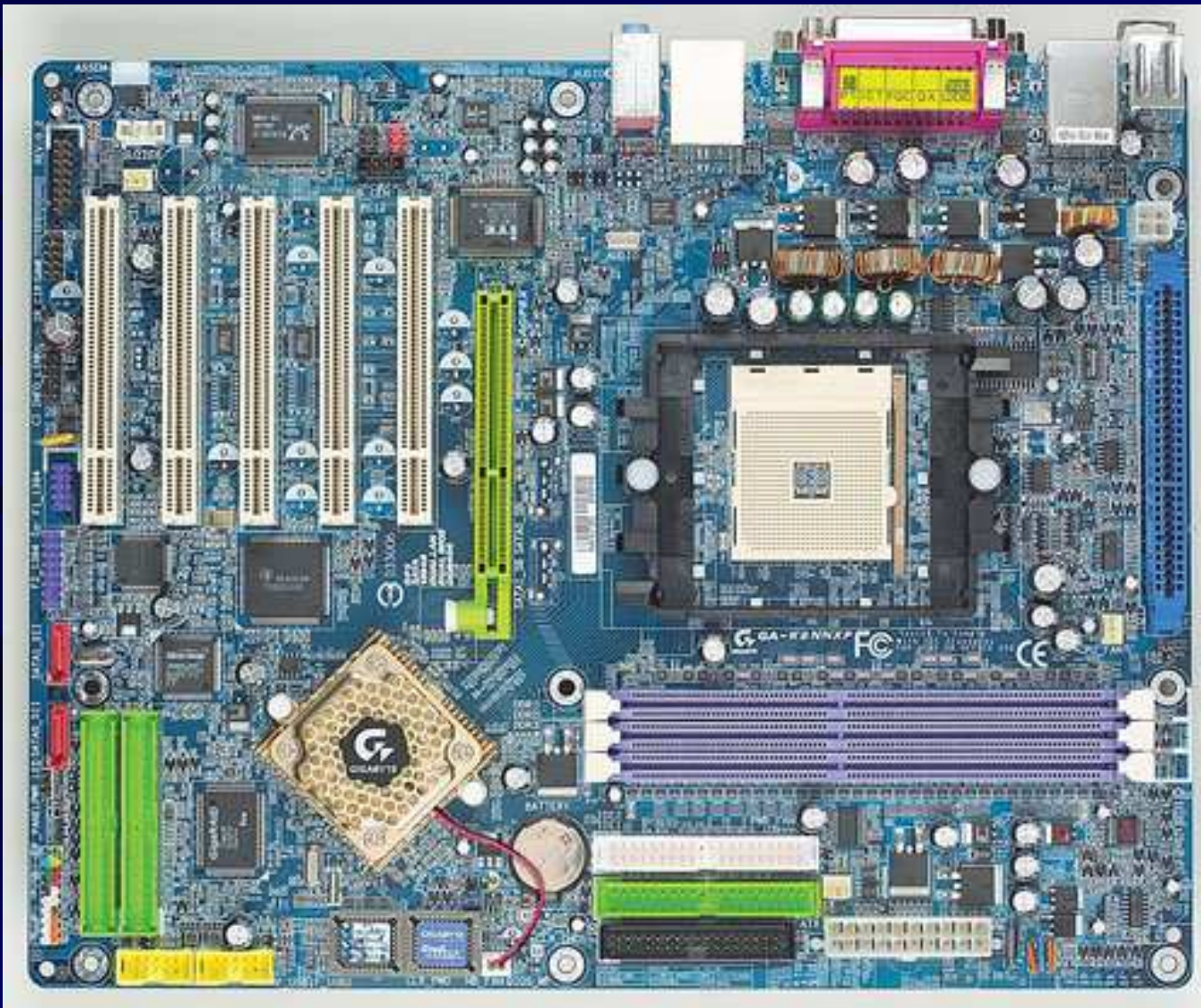
Sběrnice PCI (11)

- Základní deska se sběrnici PCI a ISA:



Sběrnice PCI (12)

- Základní deska se sběrnicí PCI:



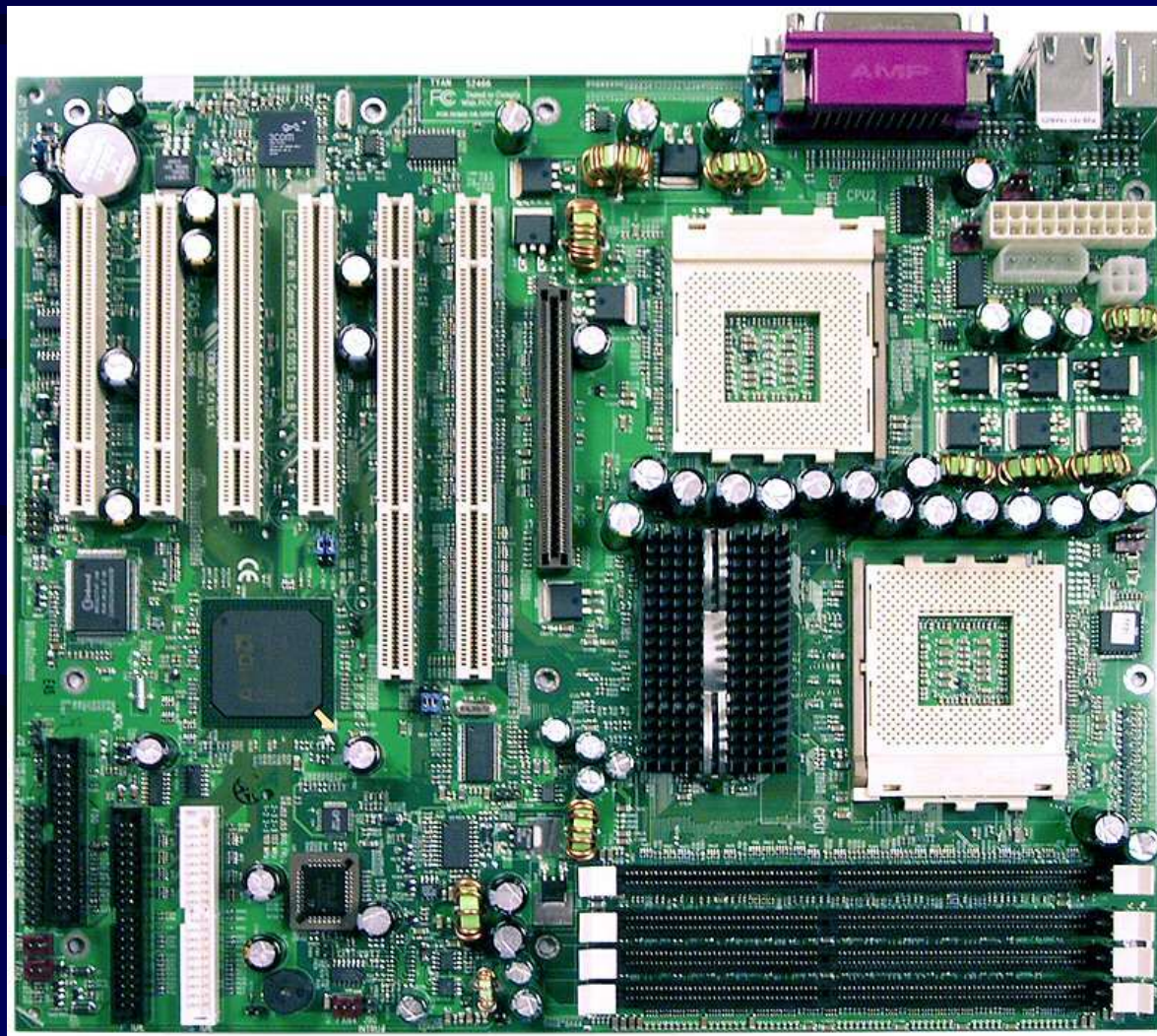
Sběrnice PCI (13)

- Rozšiřující karta pro sběrnici PCI:



Sběrnice PCI (14)

- Základní deska s 64bitovou sběrnicí PCI:



Sběrnice PCI-X (1)

- Sběrnice **PCI-X** vychází z původního návrhu sběrnice PCI \Rightarrow používá stejnou architekturu a je zpětně kompatibilní se sběrnicí PCI
- Používá stejný konektor jako PCI (64 bitů, 66 MHz, 3,3 V)
- Šířka přenosu dat je 64 bitů (32 bitů, 16 bitů)
- Zavádí nový komunikační protokol, který dovoluje efektivnější přenos dat
- V současné době existuje ve čtyřech různých verzích:

Sběrnice PCI-X (2)

– PCI-X 66:

- pracuje s frekvencí 66 MHz

– PCI-X 133:

- pracuje s frekvencí 133 MHz

– PCI-X 266:

- pracuje s frekvencí 133 MHz
- během jednoho taktu umožňuje uskutečnit dva datové přenosy
- poskytuje maximální přenosovou rychlost 2,1 GB/s

– PCI-X 533:

- pracuje s frekvencí 133 MHz

Sběrnice PCI-X (3)

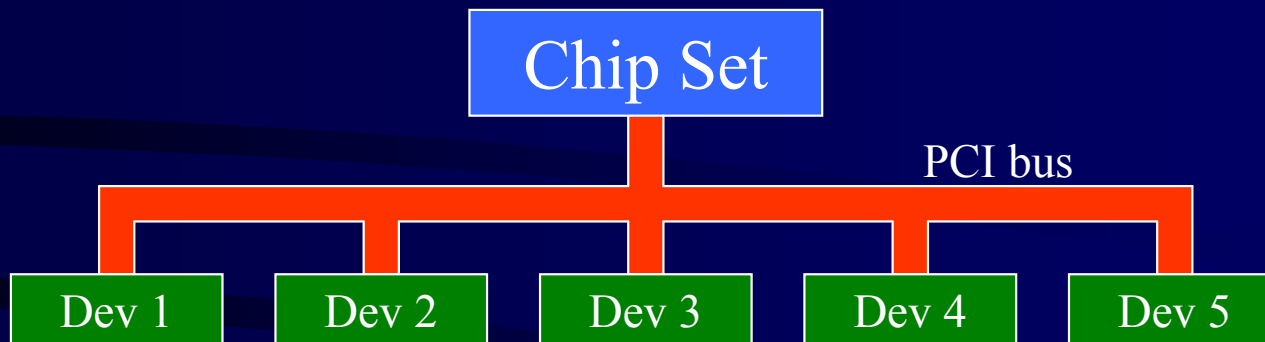
- během jednoho taktu umožňuje uskutečnit čtyři datové přenosy
- poskytuje maximální přenosovou rychlost 4,2 GB/s
- Ve vývoji je i verze **PCI-X 1066**

Sběrnice PCI Express (1)

- **PCI Express (PCIe)** je nové označení technologie původně známé jako **3GIO**
- Specifikace PCIe byla dokončena v roce 2002
- Jedná se novou architekturu pro budování rozšiřující sběrnice
- Dosud používané rozšiřující sběrnice (PC bus – PCI-X) jsou (byly) budovány jako systémy se sdílenou sběrnicí

Sběrnice PCI Express (2)

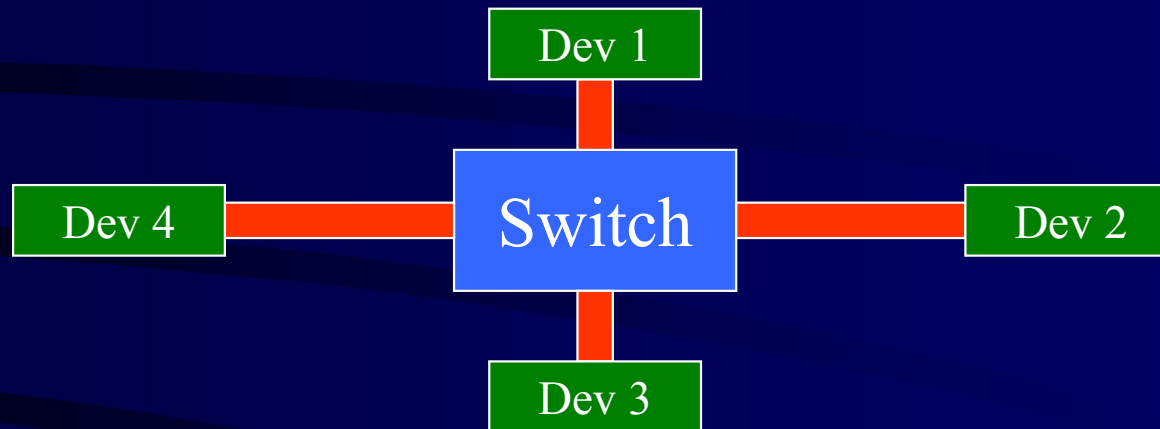
- Systém se sdílenou sběrnicí (PCI bus):



- PCIe používá tzv. **point-to-point** topologii
- Tato topologie nahrazuje sdílenou sběrnici **sdíleným přepínačem (switch)**, který je integrován na úrovni obvodů čipové sady a zabezpečuje vzájemnou komunikaci

Sběrnice PCI Express (3)

- Systém se sdíleným přepínačem (PCIe)



- Jednotlivá zařízení nemusí sdílet jednu sběrnici, ale každé z nich má výhradní a přímý přístup k přepínači

Sběrnice PCI Express (4)

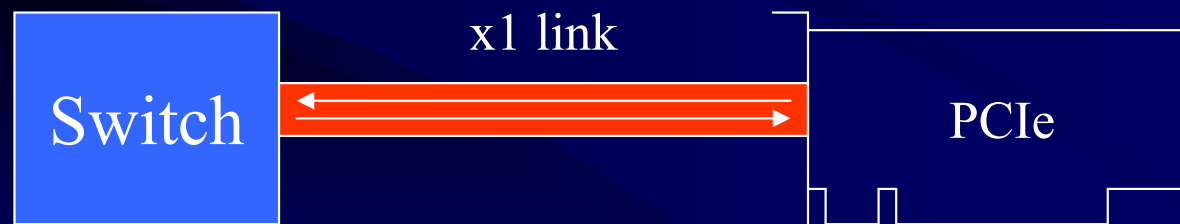
- Přepínač provádí směrování komunikačních paketů mezi jednotlivými zařízeními
- Výhodou topologie využívající komunikaci pomocí přepínání je:
 - centralizace řízení provozu celé sběrnice do jednoho obvodu (switch)
 - zařízení nemusí používat obvody, pomocí nichž je realizováno rozhodování, které zařízení bude momentálně komunikovat

Sběrnice PCI Express (5)

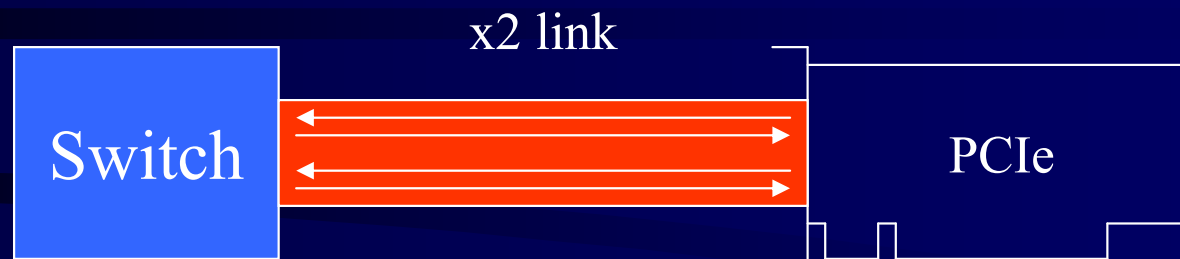
- dovoluje implementaci **QoS** (Quality of Service):
 - switch může upřednostňovat některé pakety (např. pakety pro přehrávání videa v reálném čase) před jinými pakety, které nejsou časově kritické
- Každé zařízení má svou vyhrazenou sběrnici, která je v terminologii PCIe označována jako **link**
- Každý link je tvořen jednou nebo více cestami označovanými jako **lanes**

Sběrnice PCI Express (6)

- Každá cesta (**lane**) umožňuje v jednom okamžiku sériově přenášet data oběma směry (pracuje v režimu **full duplex**)
- Podle počtu cest, které tvoří jeden link se potom rozlišují jednotlivé typy linků (**x1 link**, **x2 link**, **x4 link**, **x8 link**, **x16 link** a **x32 link**)



Sběrnice PCI Express (7)

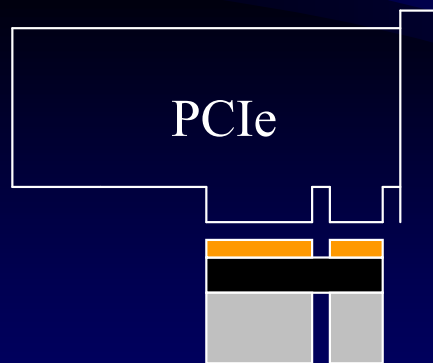


- Jedna cesta je schopna přenášet data rychlostí 2,5 Gb/s (v každém směru), tzn., že pro x2 link je maximální přenosová rychlost 5 Gb/s
- Při startu počítače se sběrnicí PCIe se jednotlivá zařízení „dohodnou“ se switchem na počtu cest, který budou používat

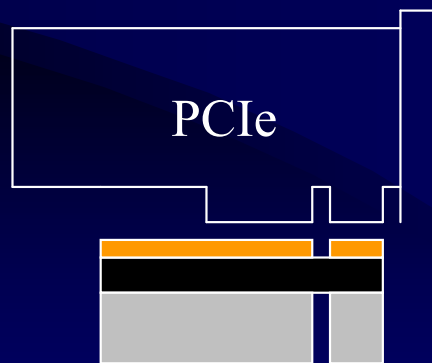
Sběrnice PCI Express (8)

- Výsledný počet cest je dán:
 - maximální šířkou linku (počtem jeho cest)
 - šířkou konektoru, do něhož je zařízení zapojeno
 - počtem cest, které je schopno zařízení používat
- Povoleny jsou následující varianty (x8 a x16):

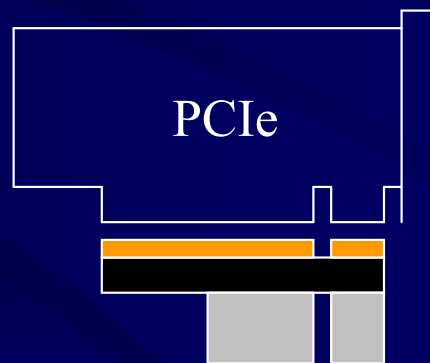
x8 karta
x8 konektor
x8 link



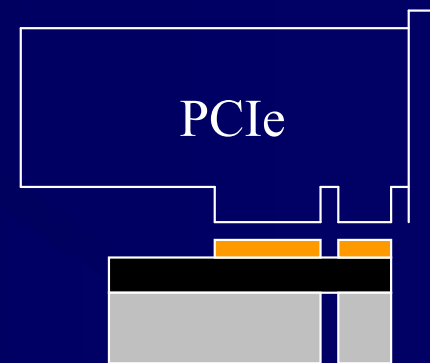
x8 karta
x16 konektor
x16 link



x16 karta
x16 konektor
x8 link



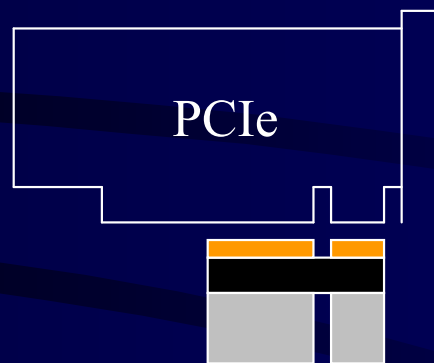
x8 karta
x8 konektor
x16 link



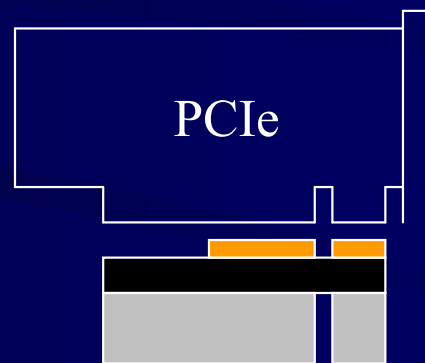
Sběrnice PCI Express (9)

- Nelze použít např.:

x16 karta
x8 konektor
x8 link

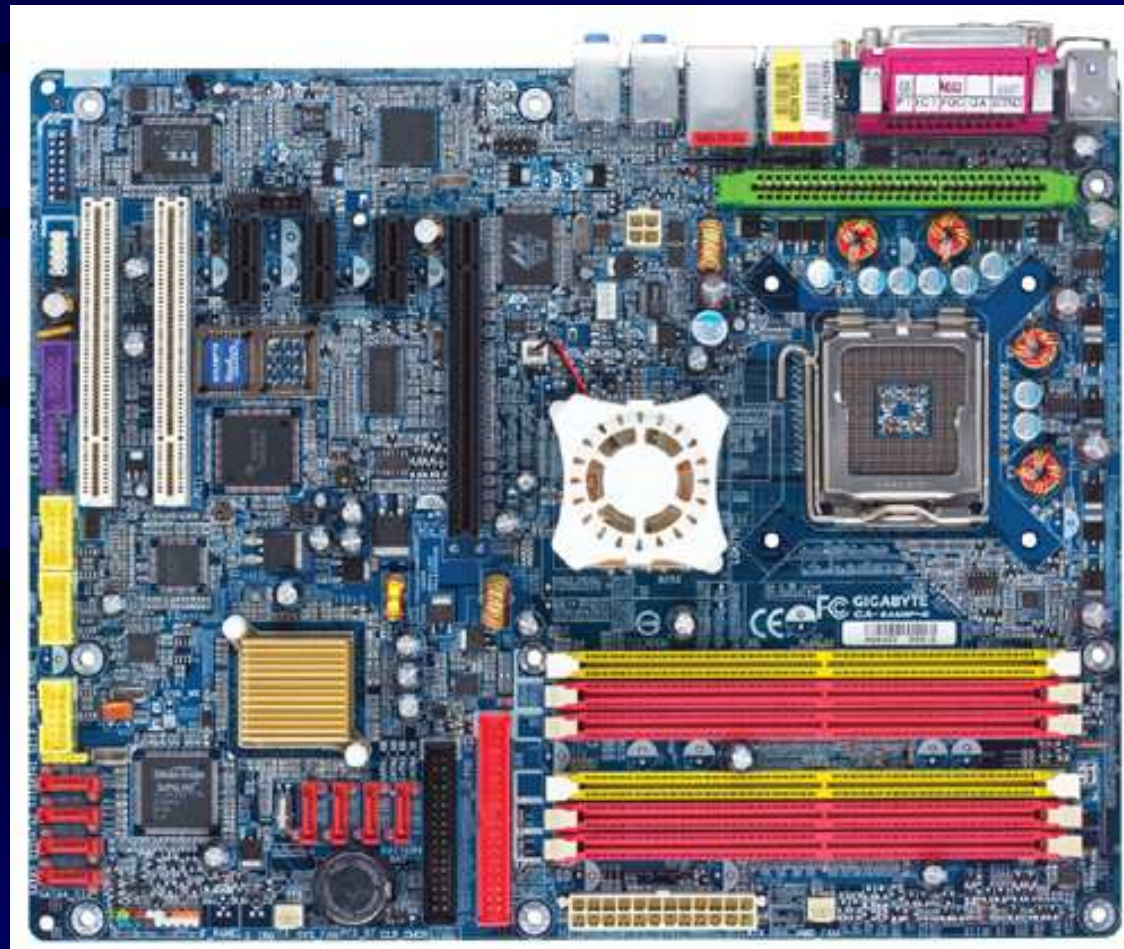


x16 karta
x8 konektor
x16 link



Sběrnice PCI Express (10)

- Základní deska se sběrnicí PCIe (1x PCIe – x16 link a 3x PCIe – x1 link):



Sběrnice PCI Express (11)

- Karta pro sběrnici PCIe x16:

