

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 paměti:

12/11/2014

1

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)

12/11/2014

2

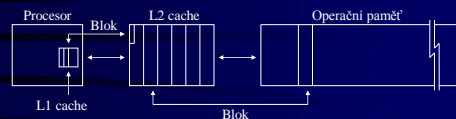
Cache paměti (3)

- osázena na:
 - základní desce: 80386 – Pentium (MMX)
 - v pouzdře procesoru: Pentium Pro – Pentium III
 - na čipu procesoru: Pentium III, Pentium 4, Pentium D, Core 2 Duo, Core 2 Quad, Pentium Dual Core, Core i5, Core i7, Core i3
- **L1 (interní, primární) cache:**
 - slouží k vyrovnání rychlosti velmi výkonných procesorů a pomalejších L2 cache paměti
 - 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

12/11/2014

3

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**

12/11/2014

4

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 ⇒ bývají organizovány jako tzv. **asociativní paměti**

12/11/2014

5

Cache paměti (6)

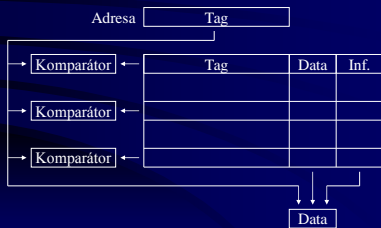
- Asociativní paměti jsou tvořeny tabulkou (tabulkami), která obsahuje:
 - **tagy:** klíče, podle kterých se v asociativní paměti vyhledává
 - uchovávané informace: data a instrukce
 - další informace nutné k zajištění správné funkce paměti, např. informace:
 - o platnosti (neplatnosti) uložených dat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

12/11/2014

6

Cache paměti (7)

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

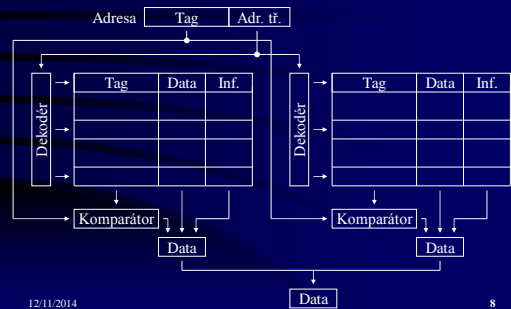


12/11/2014

7

Cache paměti (8)

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

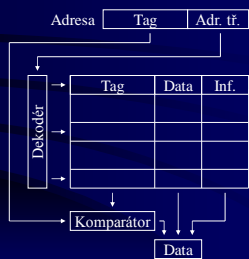


12/11/2014

8

Cache paměti (9)

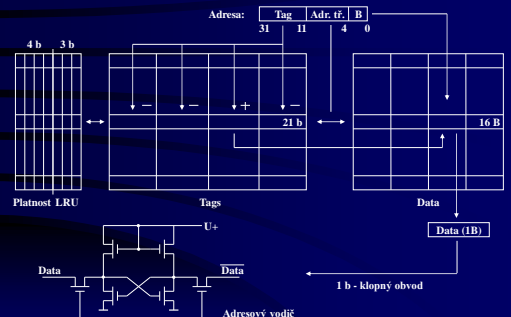
- přímo mapované (1-cestně asociativní):



12/11/2014

9

Cache paměti (10)



12/11/2014

10

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

12/11/2014

11

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, L2 a L3 cache paměti je možné se setkat i se specializovanými cache paměťmi umístěnými mezi operační paměť a některé pomalejší zařízení (pevný disk apod.)

12/11/2014

12

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

12/11/2014

13

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

12/11/2014

14

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

12/11/2014

15

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 výrobci grafických karet
 - Příklad: VL bus

12/11/2014

16

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

12/11/2014

17

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 možností procesoru Intel 8088
- Napětíové 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

12/11/2014

18

Sběrnice PC bus (2)

- Pro přenos adresy je na sběrnici PC bus vymezeno 20 vodičů (odpovídá 20bitové adresové 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

12/11/2014

19

Sběrnice PC bus (3)

- Základní deska se sběrnici PC bus:



12/11/2014

20

Sběrnice PC bus (4)

- Rozšiřující karta pro sběrnici PC bus:



12/11/2014

21

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

12/11/2014

22

Sběrnice ISA (2)

- Kompatibilitu 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

12/11/2014

23

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

12/11/2014

24

Sběrnice ISA (4)

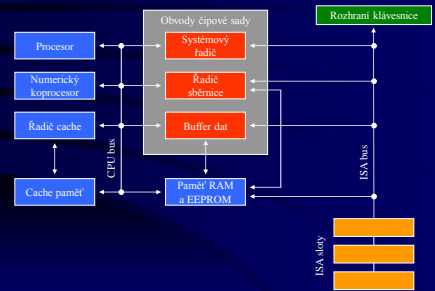
- Jestliže procesor pracuje s vyšší frekvencí než 8 MHz, pak sběrnice ISA pracuje se zlomkem jeho frekvence
- Používána téměř u všech počítačů s procesory 80286, 80386 a u starších počítačů s procesorem 80486
- Z důvodů zpětné kompatibility byla sběrnice ISA integrována (společně s jiným typem sběrnice)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

12/11/2014

25

Sběrnice ISA (5)

- Systém se sběrnici ISA:



12/11/2014

26

Sběrnice ISA (6)

- Základní deska se sběrnici ISA:

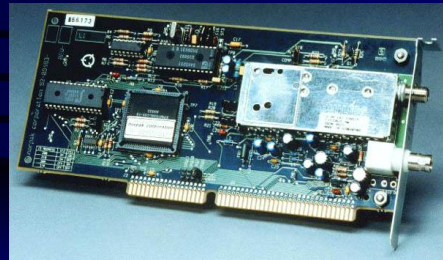


12/11/2014

27

Sběrnice ISA (7)

- Rozšiřující karta pro sběrnici ISA:



12/11/2014

28

Sběrnice MCA (1)

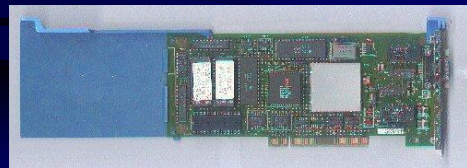
- MCA (MicroChannel Architecture) byla vyvinuta firmou IBM pro počítače řady PS/2
- Není zpětně kompatibilní se sběrnici ISA
- Dovoluje běh s maximální frekvencí 10 MHz
- Šířka přenosu dat je 16, resp. 32 bitů
- Podporuje práci i v tzv. **proudovém režimu**, ve kterém dokáže současně přenášet 64 bitů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

12/11/2014

29

Sběrnice MCA (2)

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



12/11/2014

30

Sběrnice EISA (1)

- **EISA** (Extended Industry Standard Architecture) byla vyrobena 9 firmami jako odpověď na sběrnici MCA
- Kompatibilní se sběrnici 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)

12/11/2014

31

Sběrnice EISA (2)

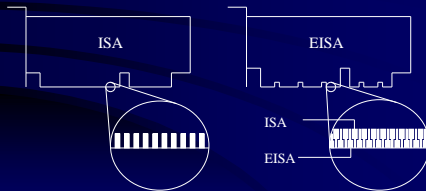
- Slot sběrnice EISA má stejnou velikost jako slot ISA a obsahuje stejné vývody (62 + 36)
- Kromě těchto vývodů má ještě 59 nových vývodů umístěných mezi starými vývody sběrnice ISA
- Nové vývody zůstanou v případě zasunutí karty pro ISA sběrnici nezapojeny
- Sběrnice EISA byla používána zejména u počítačů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

12/11/2014

32

Sběrnice EISA (3)

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

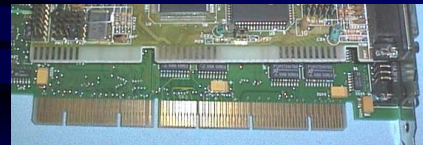


12/11/2014

33

Sběrnice EISA (4)

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



12/11/2014

34

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 přídavné sloty
- Teoretická mez VL busu je 50 MHz
- Prakticky je možné, aby pracovala s frekvencí 33 MHz (při třech osazených kartách)

12/11/2014

35

Sběrnice VL bus (2)

- VL bus je zpětně kompatibilní se sběrnici 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 přenáší jen data
 - burst režim lze tedy použít pouze tehdy, když se čte (zapisuje) do bezprostředně za sebou následujících paměťových míst

12/11/2014

36

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 sběrnici ISA, protože při své práci využívá některých jejích signálů

12/11/2014

37

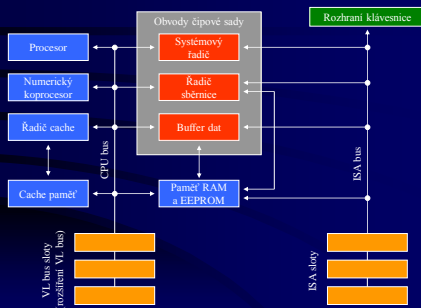
Sběrnice VL bus (4)

- 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 sběrnici VL bus:

12/11/2014

38

Sběrnice VL bus (5)



12/11/2014

39

Sběrnice VL bus (6)

- Základní deska se sběrnici VL bus:



12/11/2014

40

Sběrnice VL bus (7)

- Rozšiřující karta pro sběrnici VL bus:



12/11/2014

41

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. mezisběrníkový můstek (CPU – PCI bridge), jehož prostřednictvím je připojena k systémové sběrnici

12/11/2014

42

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

12/11/2014

43

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

12/11/2014

44

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.:

12/11/2014

45

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

12/11/2014

46

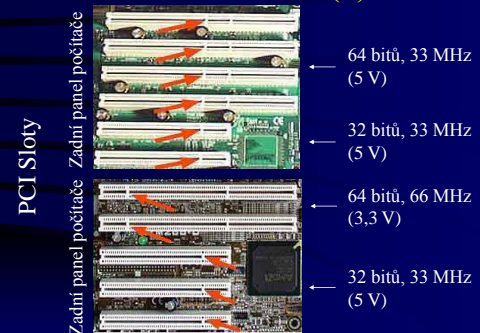
Sběrnice PCI (6)

- Pro dodržení zpětné kompatibility jsou (byly) počítače se sběrnici PCI osazovány i sběrnici 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

12/11/2014

47

Sběrnice PCI (7)

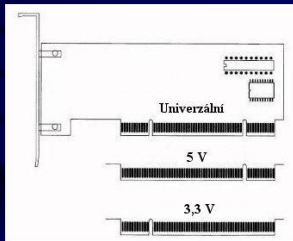


12/11/2014

48

Sběrnice PCI (8)

- Konektory karet pro sběrnici PCI:
 - 32bitové:

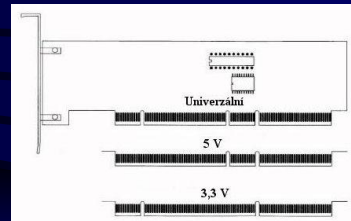


12/11/2014

49

Sběrnice PCI (9)

- 64bitové:

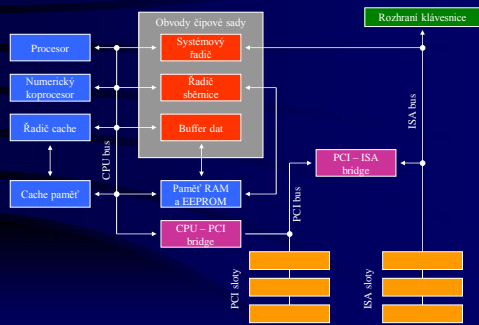


12/11/2014

50

Sběrnice PCI (10)

System se sběrnici PCI:

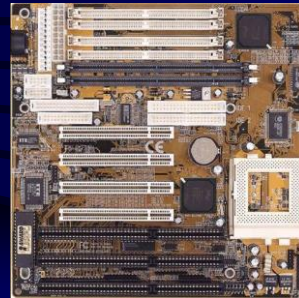


12/11/2014

51

Sběrnice PCI (11)

- Základní deska se sběrnici PCI a ISA:

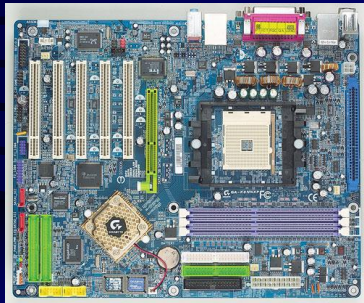


12/11/2014

52

Sběrnice PCI (12)

- Základní deska se sběrnici PCI:



12/11/2014

53

Sběrnice PCI (13)

- Rozšiřující karta pro sběrnici PCI:

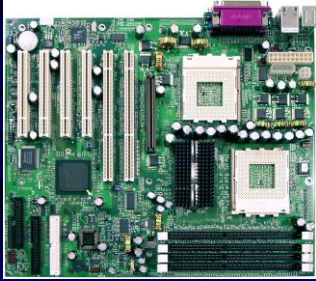


12/11/2014

54

Sběrnice PCI (14)

- Základní deska s 64bitovou sběrnici PCI:



12/11/2014

55

Sběrnice PCI-X (1)

- Sběrnice **PCI-X** vychází z původního návrhu sběrnice PCI \Rightarrow používá stejnou architekturu a je zpětně kompatibilní se sběrnici 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:

12/11/2014

56

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

12/11/2014

57

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**

12/11/2014

58

Sběrnice PCI Express (1)

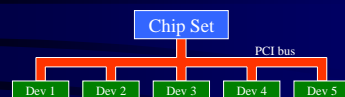
- **PCI Express (PCIe, PCI-E)** je nové označení technologie původně známé jako **3GIO**
- Specifikace PCIe byla dokončena v roce 2002
- Jedná se novou architekturu pro budování rozšiřující sběrnice
- Dosud používané rozšiřující sběrnice (PC bus – PCI-X) jsou (byly) budovány jako systémy se sdílenou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

12/11/2014

59

Sběrnice PCI Express (2)

- Systém se sdílenou sběrnici (PCI bus):



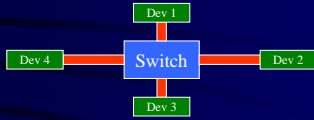
- PCIe používá tzv. **point-to-point** topologii
- Tato topologie nahrazuje sdílenou sběrnici **sdíleným přepínačem (switch)**, který je integrován na úrovni obvodů čipové sady a zabezpečuje vzájemnou komunikaci

12/11/2014

60

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

12/11/2014

61

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

12/11/2014

62

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**

12/11/2014

63

Sběrnice PCI Express (6)

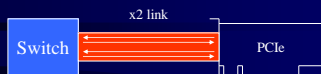
- Každá cesta (**lane**) umožňuje v jednom okamžiku sériově přenášet data oběma směry (pracuje v režimu **full duplex**)
- Podle počtu cest, které tvoří jeden link se potom rozlišují jednotlivé typy linků (**x1 link**, **x2 link**, **x4 link**, **x8 link**, **x16 link** a **x32 link**)



12/11/2014

64

Sběrnice PCI Express (7)



- Při komunikaci prostřednictvím sběrnice PCIe se používá kódování **8b/10b**:
 - každých 8 bitů je zakódováno pomocí 10bitového vzorku
 - zaručuje, že nedojde ke ztrátě synchronizace mezi vysílačem a přijímačem
 - má účinnost 80%

12/11/2014

65

Sběrnice PCI Express (8)

- Jedna cesta je schopna v jednom směru přenášet data rychlostí:

Ver.	Frekvence [GHz]	Přenosová rychlost			
		GT/s	Gb/s 8b/10b	Gb/s nezákod.	MB/s nezákod.
1.x	2,5	2,5	2,5	2	250
2.0	5	5	5	4	500

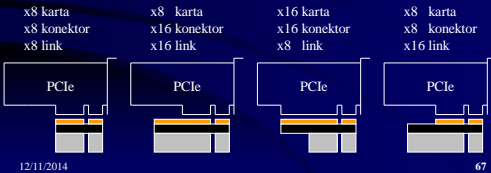
- Při startu počítače se sběrnici PCIe se jednotlivá zařízení „dohodnou“ se switchem na počtu cest, který budou používat

12/11/2014

66

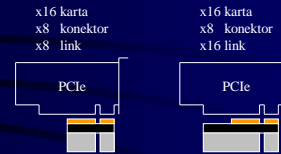
Sběrnice PCI Express (9)

- 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):



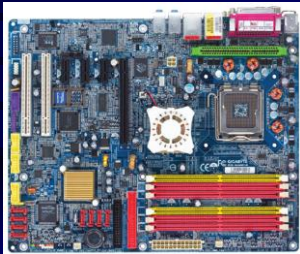
Sběrnice PCI Express (10)

- Nelze použít např.:



Sběrnice PCI Express (11)

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



Sběrnice PCI Express (12)

- Karta pro sběrnici PCIe x16:

