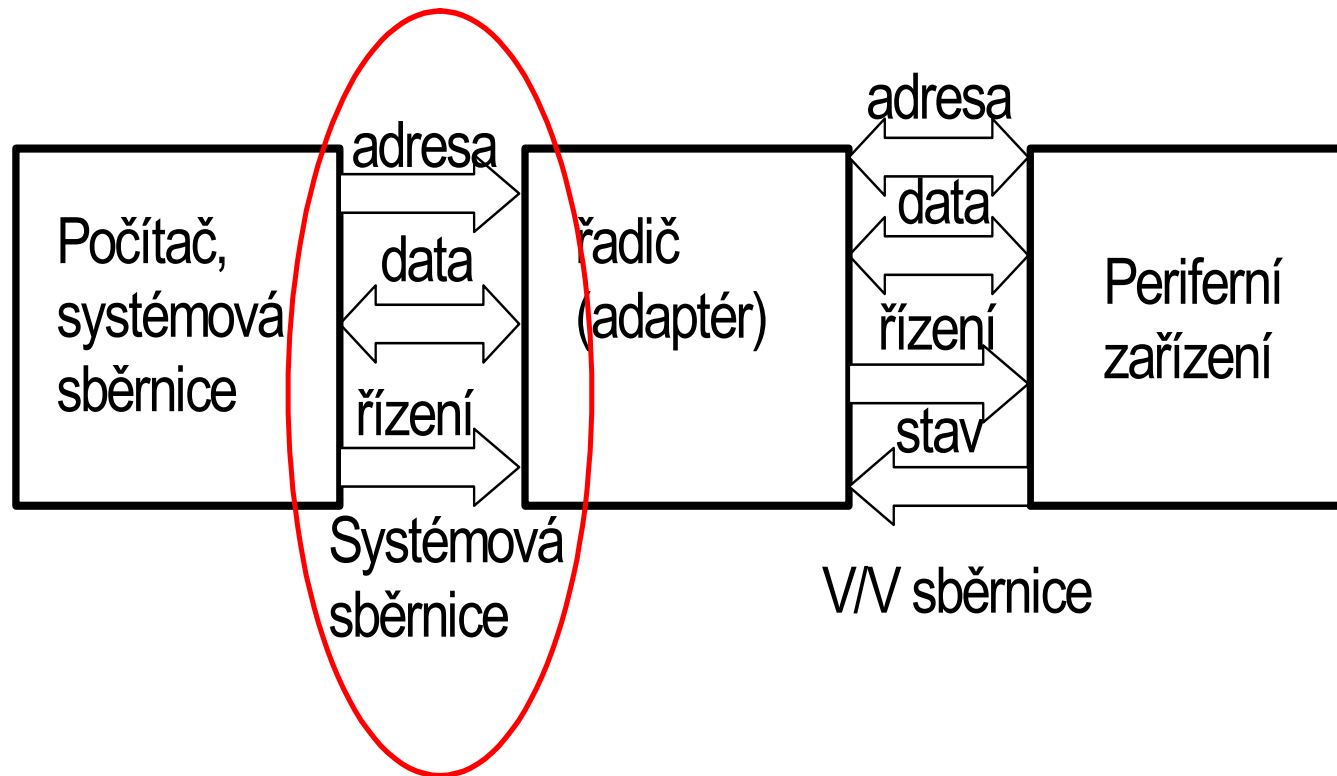


# KONSTRUKCE SBĚRNICE PCI

## Obsah přednášky

- Pozice systémové sběrnice ve výpočetním systému (opakování).
- Výčet funkcí systémové sběrnice.
- Výčet funkcí sběrnice PCI, rozdělení signálů.
- Role signálů sběrnice PCI.
- Závěr.

# Pozice systémové sběrnice ve výpočetním systému



## Funkce systémové sběrnice

- Systémová sběrnice je páteří počítače, její funkce jsou pro výpočetní systém důležité => existují sběrnice různé dokonalosti.
- Systémová sběrnice by měla pokrývat tyto funkce:
  - přenosy informace mezi prvky (registry, paměti) – přenosy dat a adres prvků,
  - přenos synchronizace a její případné využití při realizaci přenosů,
  - prostředky pro nulování logiky klientů sběrnice,
  - prostředky pro generování žádosti o přidělení sběrnice a poskytnutí sběrnice,
  - prostředky pro generování žádosti o přerušení,
  - prostředky pro testování počítače (nový pohled uplatněný poprvé u sběrnice PCI).

## Fyzická realizace systémové sběrnice

- Realizace v PC:  
Rozvod po systémové desce, je přivedena do konektoru systémové sběrnice, přes nějž komunikuje s dalšími komponentami (řadiči PZ) – PCI klienty.
- Náročnost rozvodů – omezení z hlediska rychlosti (paralelně vedené rozvody, konektor).

## Posuzování rychlosti (systémové) sběrnice

- **Uplatňují se dva aspekty:**
  - šířka sběrnice [B]
  - synchronizace sběrnice (počet přenosů za jednotku času)
- Dnes snaha o realizaci přenosů tak, aby se realizovalo více přenosů v průběhu jednoho cyklu.

## Parametry a současné trendy

- ISA, EISA, PCI (a její další alternativy) – systémové sběrnice, které našly uplatnění v personálních počítačích.
- **Důvody pro přechod na vyšší typ systémové sběrnice** – zvýšily se požadavky na rychlost sběrnice (v důsledku zvyšování rychlosti procesoru) a na její šířku (v důsledku rozšíření sběrnice procesoru).
- **Kompatibilita zdola** - přechod z ISA na PCI: nutnost zachovat možnost používat v počítačích s vyšším typem sběrnice i starší typy řadičů/adaptérů – Pentium se systémovou sběrnici PCI bylo vybavováno do nedávné doby konektorem ISA na systémové desce.
- Současný stav – disky IDE jsou připojitelné přes southbridge, který realizuje konverzi z PCI na ISA.

## Základní protokol sběrnice PCI

- PCI sběrnice je sběrnice typu **multimaster**, tzn.:
  - Přenosy mohou být iniciovány nejen procesorem, ale také **PCI klienty** (komponentami ve sběrnici PCI (řadiči PZ, nebo zařízením typu PCI most).
  - PCI klienti jsou vybaveni schopností **řídít přenosy přes sběrnici PCI**, tzn. :  
chovat se jako řadič sběrnice – **busmaster** - a generovat signály, jimiž je sběrnice řízena,  
Poznámka: ve sběrnici ISA to byly pouze dva prvky: **řadič sběrnice** – coby nástroj procesoru a **řadič DMA**.



## Základní princip komunikace přes sběrnici PCI

- Vztah mezi komponentami, které se na přenosu podílejí: **MASTER** (řídí přenos)/ **SLAVE** (podřízené zařízení).  
MASTER – iniciátor, SLAVE - Target
- Přenosy jsou realizovány zásadně jako tzv. Burst přenosy (blokové přenosy).
- Sestávají z **přenosu adresy** a následně **násobného přenosu dat**, výsledkem je omezení režie (jedna adresa – více dat) – výrazný trend.
- Přenosy do paměti nebo registrů podle zadané adresy (Memory Address Space, I/O Address Space).

## Systemová sběrnice – skupiny signálů

- Ve sběrnici budeme hledat/rozlišovat tyto skupiny signálů:
  - Adresa a data
  - Řízení rozhraní
  - Kontrola chyb přenosu
  - Řízení přenosu
  - Systemové signály
  - Obsluha přerušení
  - Správa napájení
  - Řízení kontroly
  - Řízení širší verze rozhraní
  - Prostředky pro diagnostiku počítače
- **Realita: různé verze/specifikace nabízejí postupně naplnění jednotlivých funkcí.**

## Základní signály

- **Při přenosech hrají klíčovou roli tyto 3 signály (bude zmínka dále):**

**FRAME#:** je generován **MASTERem** a indikuje začátek a konec transakce (časové vymezení operace na sběrnici).

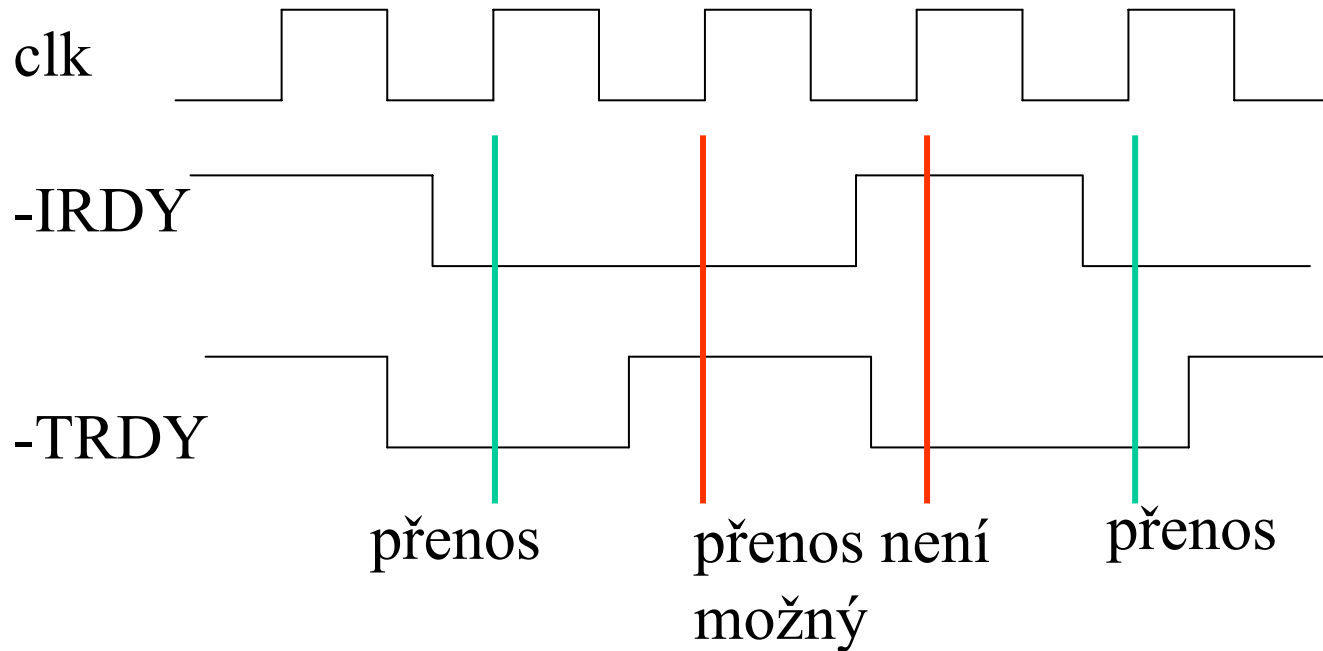
**IRDY#:** je generován iniciátorem (**MASTERem**), indikuje se, že iniciátor je připraven přenášet data,

**TRDY#:** je generován cílem, indikuje se jím, že iniciátor je připraven přenášet data.

- Signály **IRDY** a **TRDY** umožňují využívat ve sběrnici PCI techniku čekacích stavů takto:

pokud není některý z nich připraven, není aktuální hranou synchronizačního signálu realizován přenos.

## Základní časový diagram - přenosy



Podmínka realizace přenosu: IRDY, TRDY jsou aktivní, následná hrana clk.

Jeden ze signálů IRDY, TRDY není aktivní – **vložení čekacího stavu** do komunikace.

## Skupina signálů „Systémové signály“

### - funkce

- Do této skupiny signálů patří většinou **synchronizace a nulování**.
- Synchronizace: v počítači je zdroj synchronizačních pulsů, ten je využíván většinou k synchronizaci datových přenosů.
  - pro různé účely jsou ze základního kmitočtu získány dělením kmitočty jiné a ty různě využívány.
  - systémová sběrnice je vhodným prostředkem pro jejich rozvod.
- Nulování: musí být k dispozici možnost uvést „vše“ do výchozího stavu.
- Uvedení klienta sběrnice (řadič PZ) do výchozího stavu – po vzniku chyby, která není např. řešitelná pouze vynulováním registrů klienta.

## Systemové signály ve sběrnici PCI

- **CLK** - je vstupní signál všech komponent počítače, s nimiž se komunikuje přes sběrnici PCI.  
Specifikace 1.0: 1 – 16|MHz  
Specifikace 2.1 – 0 – 33|MHz
- Dnešní rozsah: 0 – 66 MHz
- PCI-X: podpora 100 a 133 MHz.
  
- **RST#** - asynchronní vstupní signál využívaný u všech členů sběrnice PCI k převedení konfiguračních registrů a budičů signálů PCI do výchozího stavu (= inicializace bitových hodnot).
- Přechod RST# na úroveň L:  
všechny výstupní asynchronní třístavové signály přejdou do stavu vysoké impedance,  
signály s otevřeným kolektorovým výstupem (SERR#) přejdou na vysokou úroveň.

## Skupina signálů „adresa a data“ - funkce

- Základní funkce systémové sběrnice jsou přenosy dat do adresovaných prvků – registrů a pamětí => sběrnice musí být pro tyto účely vybavena takto:
  - pro data jsou samostatné signály, totéž platí pro adresu,
  - pro oba typy informace existuje jedna sada signálů, ty jsou sdíleny.
- Druhý případ: musíme se zabývat otázkou, jak je na sběrnici rozlišen typ informace přítomné v daném okamžiku na sběrnici.
- Možnosti:
  - identifikační signál rozlišující typ informace,
  - rozlišení časové.
- Možnost přenosu přes sběrnici v obou směrech.
- Zajištění informace proti chybám (detekce/oprava)

## Adresa a data ve sběrnici PCI

### **AD[31:00]**

- AD[31:00] je obousměrná sběrnice opatřena třístavovými vstupy/výstupy pro multiplexní provoz - přepíná mezi datovými a adresovými přenosy (sdílená sběrnice).
- Přes tyto signály jsou přenášeny v časovém multiplexu **adresa a data**.
- Datová operace sestává z **adresové fáze** a **datové fáze**.
- Dvoufázový přenos: Nejprve se přenášejí v jedné až dvou (64 bitový přenos) subfázích adresy, následuje jedna nebo více subfází přenosu dat (burst).
- Datová fáze - přenos 4 slabik: AD[31:24] je MSB (most significant byte) a AD[07:00] LSB (least significant byte).
- Přenos dat probíhá po tu dobu, pokud jsou IRDY# nebo TRDY# aktivní, okamžik přenosu je vymezen synchronizačním pulsem.



## Další signály patřící k adresové a datové části

- Čtyřbitová sběrnice **C/BE[3:0]#**:  
posílá se příkaz (C) nebo specifikace platnosti slabily (BE – byte enable).
- **PAR** (parita)  
Lichá parita přes signály **AD[31:00]** a **C/BE[3:0]#** => možnost detekovat chyby přenášených adres a dat.
- Shrnutí role signálů „**adresa/data**“:  
Přenos adres a dat přes sběrnici, vymezení platnosti částí přenášené informace, zajištění této informace paritou.
- Důvody pro sdílení: šířka sběrnice a její obtížná fyzická realizace.

## Skupina signálů „Řízení rozhraní“ - funkce

- Musí být možnost deklarovat připravenost komunikujících zařízení – respektovat jejich různou rychlost.
- Vymezit začátek a konec transakce (jinak než např.přenosem dohodnutého počtu dat).
- Možnost „tvrdého“ ukončení transakce.
- Indikace „nepoužitelnosti“ nadřazeného systémového zařízení.

## Signály „Řízení rozhraní“ ve sběrnici PCI

- **FRAME#**  
Indikace začátku transakce - pokud je aktivní, transakce pokračuje.  
Přechod signálu do neaktivního stavu – ukončení transakce.
- **IRDY#**  
Indikace připravenosti iniciátora (master) ke komunikaci.
- **TRDY#**  
Indikace připravenosti cíle (vybraného zařízení) ke komunikaci.

## Signály „Řízení rozhraní“ ve sběrnici PCI - pokračování

- **STOP#**

Cíl žádá ukončení transakce (řešení kritických situací).

Kritické situace – měly by být definovány, pro konkrétní řadič PZ mohou mít jisté modifikace.

Pozn.: Iniciátor ukončuje komunikaci deaktivováním signálu **FRAME**.

- **LOCK#**

Zablokování PCI mostu pro následné další transakce.

Může být generován pouze PCI mostem, tento most pak nemůže být využíván jinými PCI klienty.

- **DEVSEL#**

Zařízení rozpoznalo, že adresa, která je na sběrnici, je jeho adresou (adresou jeho prvku) a odpovídá tímto signálem.

## Skupina signálů „Řízení přidělování sběrnice“ - funkce

- Signály, jimiž PCI klienti žádají o přidělení sběrnice a jsou o přidělení sběrnice informováni.
- Ve sběrnici musí takové signály být k dispozici vždy, kdy jednotlivá zařízení (PCI klienti) budou soupeřit o přidělení sběrnice.
- Ve sběrnici musí být komponenta, která signály o přidělení sběrnice přijímá a pak o přidělení sběrnice rozhoduje – následně pak vyšle signál o přidělení sběrnice.
- To je klasické schéma, které přesně odpovídá jednomu ze tří dříve uvedených principů.

## Skupina signálů „Řízení přidělování sběrnice“ ve sběrnici PCI

- **REQ#**  
PCI klient indikuje, že potřebuje sběrnici a tímto signálem o to žádá.  
O přidělení sběrnice rozhoduje severní most (northbridge) – někdy označován jako supermaster a na základě rozhodnutí vrací signál **GNT#**.
- **GNT#**  
Supermaster hlásí PCI klientovi, že mu byla sběrnice přidělena.
- Toto schéma odpovídá schématu „žádost – přiděleno“ – bylo zde zmiňováno.

## Skupina signálů „Chybová hlášení“ - funkce

- Sběrnice musí být vybavena prostředky na to, aby její klienti mohli sběrnici využít k hlášení o svém stavu.
- Měl by ve sběrnici existovat souhrnný signál o chybě/poruše, který mohou klienti využívat.
- Typy hlášení:  
Chyba v datových cestách vzniklá při přenosu přes sběrnici.  
Porucha zařízení (poruchy napájecích napětí, poruchy důležitých prvků).
- Je věcí konkrétního klienta (řadiče PZ), jak možnosti nabízené sběrnici, využije.
- Realizace signálu o chybě parity - samostatný vodič ve sběrnici?
- Je informace o chybě parity součástí nějakého adresovaného registru, jehož obsah se přenáší přes sběrnici.

## Skupina signálů „Chybová hlášení“ ve sběrnici PCI

- **PERR#** (Parity ERRor)

Tento signál je nastaven, pokud při přenosu dat dojde k chybě parity.

Je generován přijímací stranou dva hodinové cykly po přijetí dat, trvá jeden hodinový cyklus.

- **SERR#** (System ERRor)

Souhrnná informace o problémech na straně PCI klienta (chyba parity adresy, chyba parity dat, .....).

- Jeho předání je výsledkem příkazu **Special Cycle**.



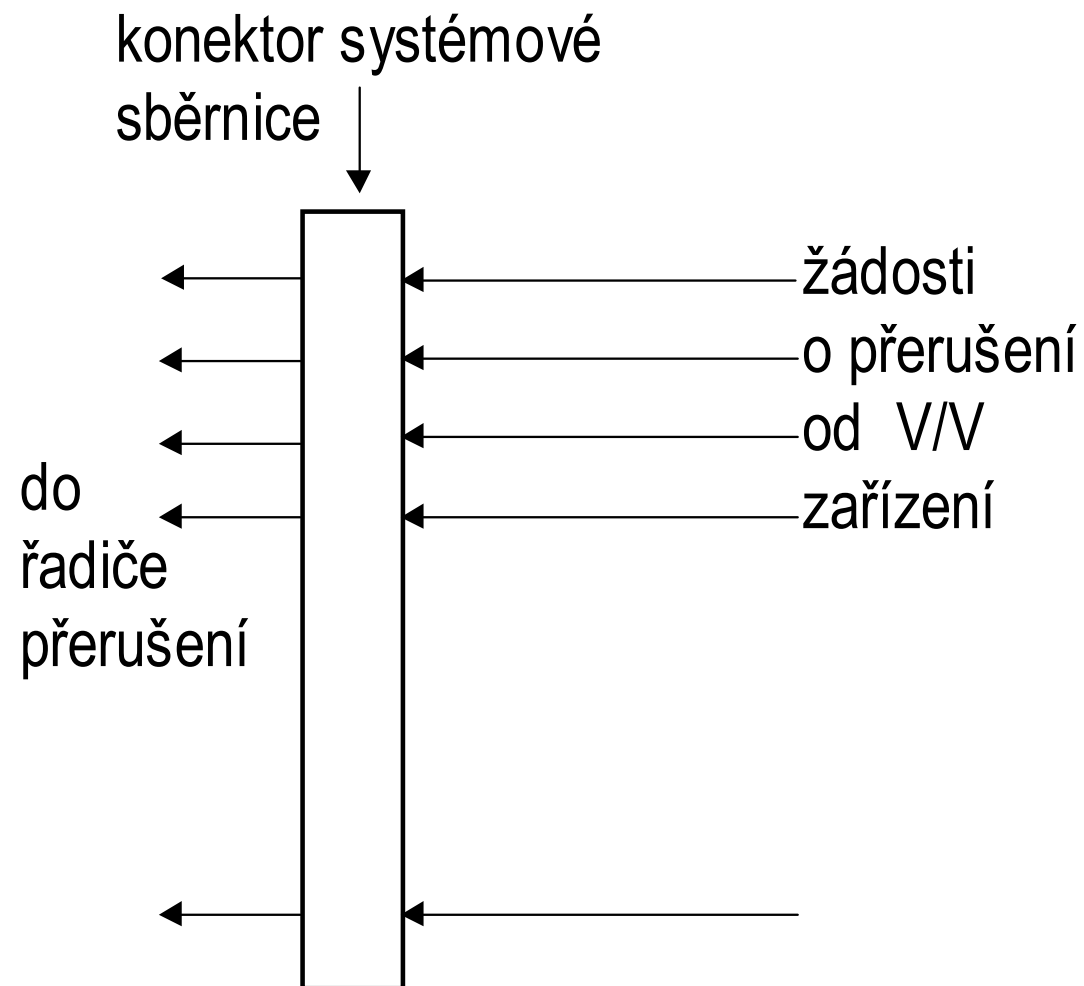
## Skupina signálů „Žádosti o přerušení“ - funkce

- Rozlišit, zda jde o přerušení spouštěná hranou/úrovní.
- Přerušení spouštěná hranou – sběrnice ISA.
  - Detekování žádosti o přerušení a její následná obsluha jsou spouštěny hranou žádosti o přerušení (nástupnou nebo sestupnou).
  - Generování žádosti o přerušení - přechod PZ ze stavu "provádění periferní operace" do stavu "periferní operace skončila".
  - Každá žádost o přerušení je vedena do počítače přes svůj vlastní a nesdílený kontakt v konektoru systémové sběrnice.
  - Každému přerušení je přidělen vlastní a jednoznačný vektor přerušení.

## Přerušeni spouštěná hranou - pokračování

- Každý vektor přerušeni identifikuje jednoznačně obslužnou rutinu přerušeni, která bude spuštěna => pro každé zařízení a s ním spojené přerušeni existuje jedna obslužná rutina.
  - Součástí obslužné rutiny přerušeni nemusí být procedura, která zjišťuje, které zařízení žádalo o přerušeni - identifikace je dána jednoznačně číslem přerušeni v systémové sběrnici.
  - Nevýhoda: počet připojitelných zařízení je omezený, je dán počtem signálů "žádost o přerušeni" v systémové sběrnici.

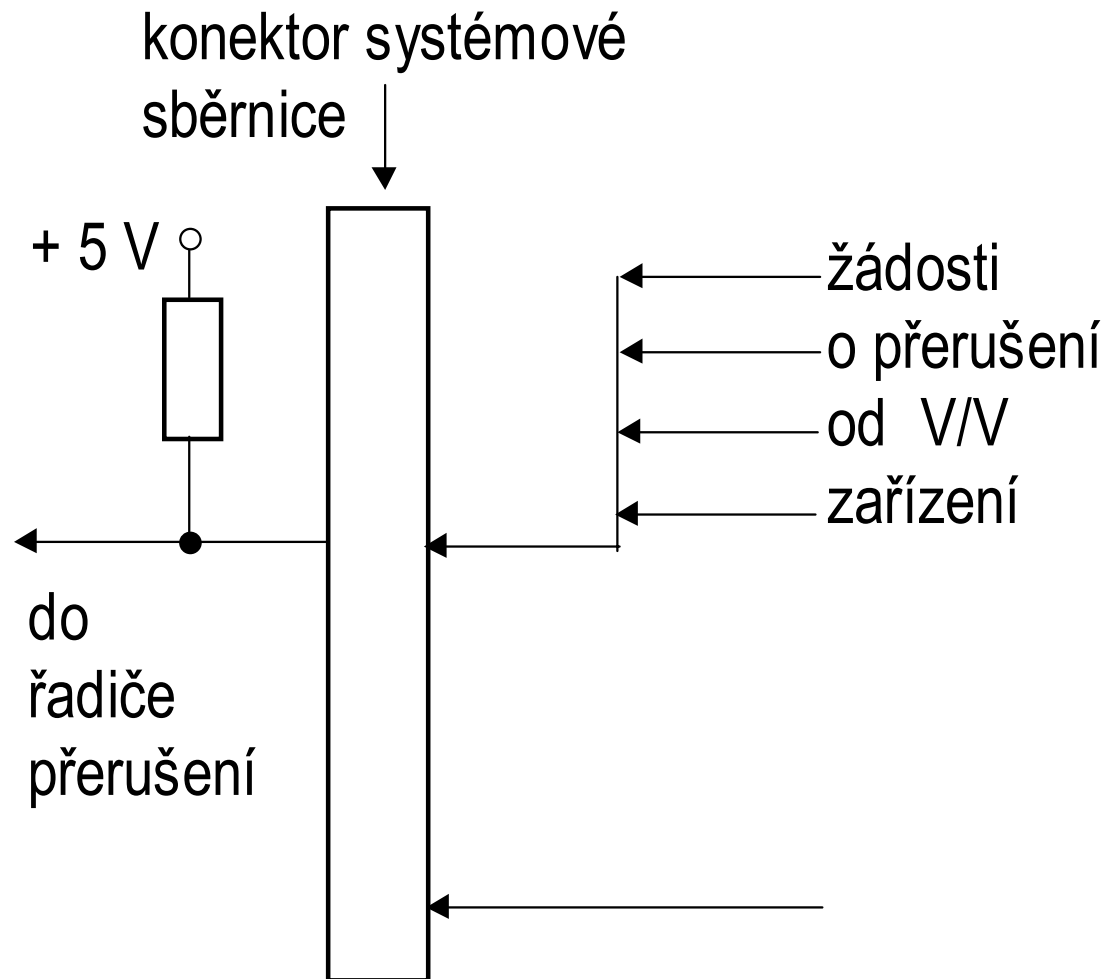
## Přerušení spouštěná hranou - pokračování



## Přerušeni spouštěná úroveň

- Více zařízení generuje žádost o přerušeni do jednoho signálu systémové sběrnice.
- Generování žádosti - signál na tomto vodiči jde do "0" (na nízkou úroveň).
- Ve všech zařízeních, která takto generují žádost o přerušeni, je tento signál realizován jako "výstup s otevřeným kolektorem".
- Společný vodič musí být buzen přes odpor definované hodnoty z +5V -zajištění klidové hodnoty.
- Takto "spojené" žádosti o přerušeni mají společný vektor přerušeni => obslužná rutina přerušeni musí nejprve zjistit, které ze zařízení žádalo o přerušeni, např. z informace o stavu.

## Přerušeni spouštěná úroveň - pokračování



## Skupina signálů „Žádosti o přerušeni“ ve sběrnici PCI

- **INTA#**  
Použitelné pro jednoduché zařízení (pouze jedno zařízení, jedno přerušeni).
- **INTB#**  
Použitelné pro multifunkční zařízení, tzn. takové, do něhož je integrováno více nezávislých funkcí, každá se svým vlastním konfiguračním prostorem.
- **INTC#**  
Použitelné pro multifunkční zařízení.
- **INTD#**  
Použitelné pro multifunkční zařízení.

## Signály rozšiřující sběrnici

- V situaci, kdy existují různé možnosti volby šířky přenášených dat, je nutné, aby se účastníci dohodli na tom, v jaké šířce se bude přenášet.
- Jiná možnost 64 bitové adresy: 32 bitová adresová sběrnice – přenosy adresy se odehrají ve dvou fázích (vyšší režie).

## Skupina signálů „Rozšíření sběrnice“ - funkce

- V situaci, kdy existují různé možnosti volby šířky přenášených dat, je nutné, aby se účastníci dohodli na tom, v jaké šířce se bude přenášet.
- Jiná možnost (rozšíření ze 32 bitové adresové sběrnice na 64 bitů: 32 bitová adresová sběrnice – přenosy adresy se odehrají ve dvou fázích (vyšší režie).



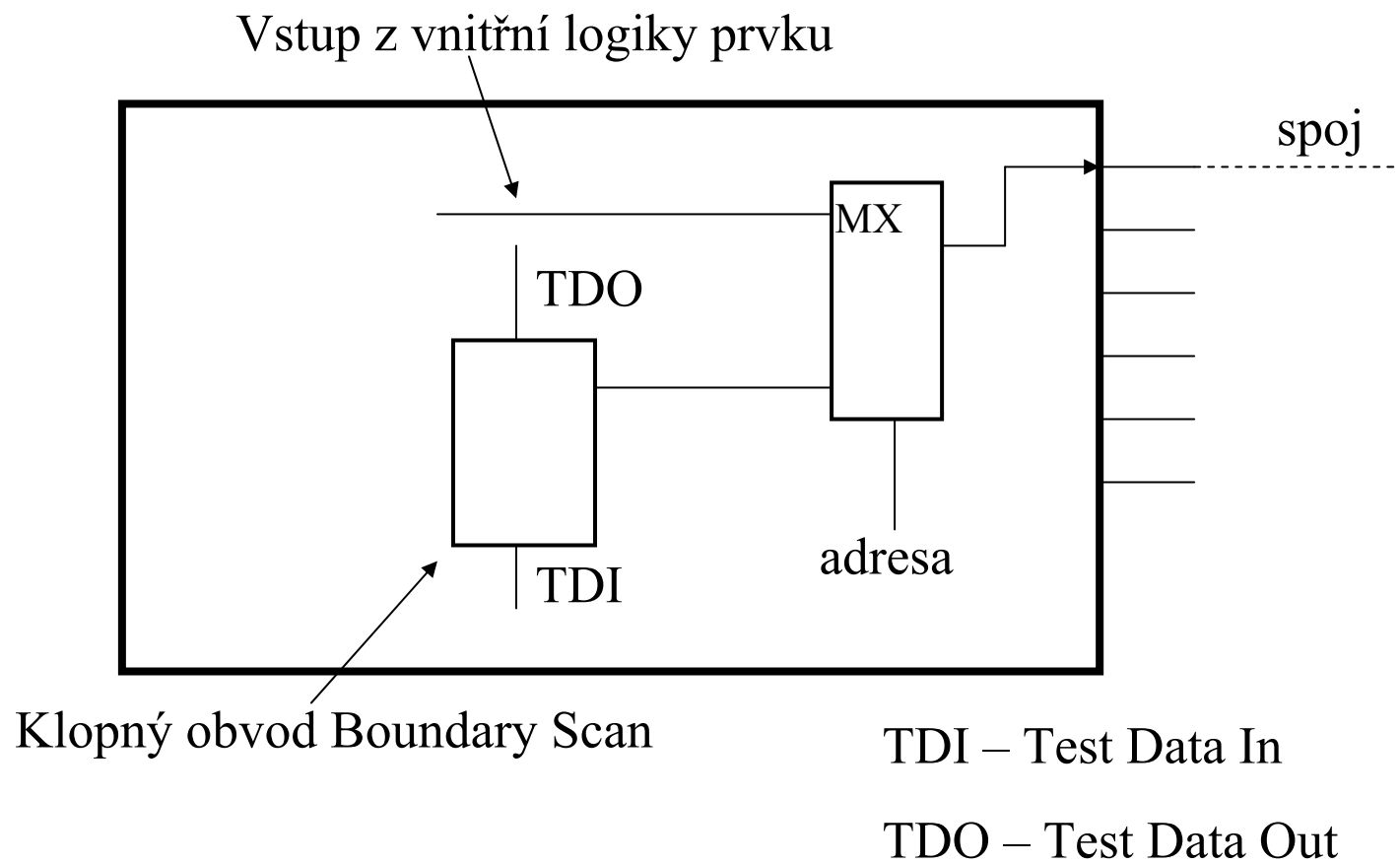
## Skupina signálů „Rozšíření sběrnice“ ve sběrnici PCI

- Důvody pro rozšíření: vyšší rychlost sběrnice
- **REQ64#** - požadavek na 64 bitový přenos generovaný iniciátorem.
- **ACK64#** - potvrzení generované cílem – možnost přenášet 64 bitů.
- **AD[63:32]** - dalších 32 bitů adresy a dat (delší konektor).
- **C/BE[7:4]** - platnost čtyř slabik sběrnice adresy a dat.
- **PAR64** - parita k bitům AD[63:32] a C/BE[7:4].

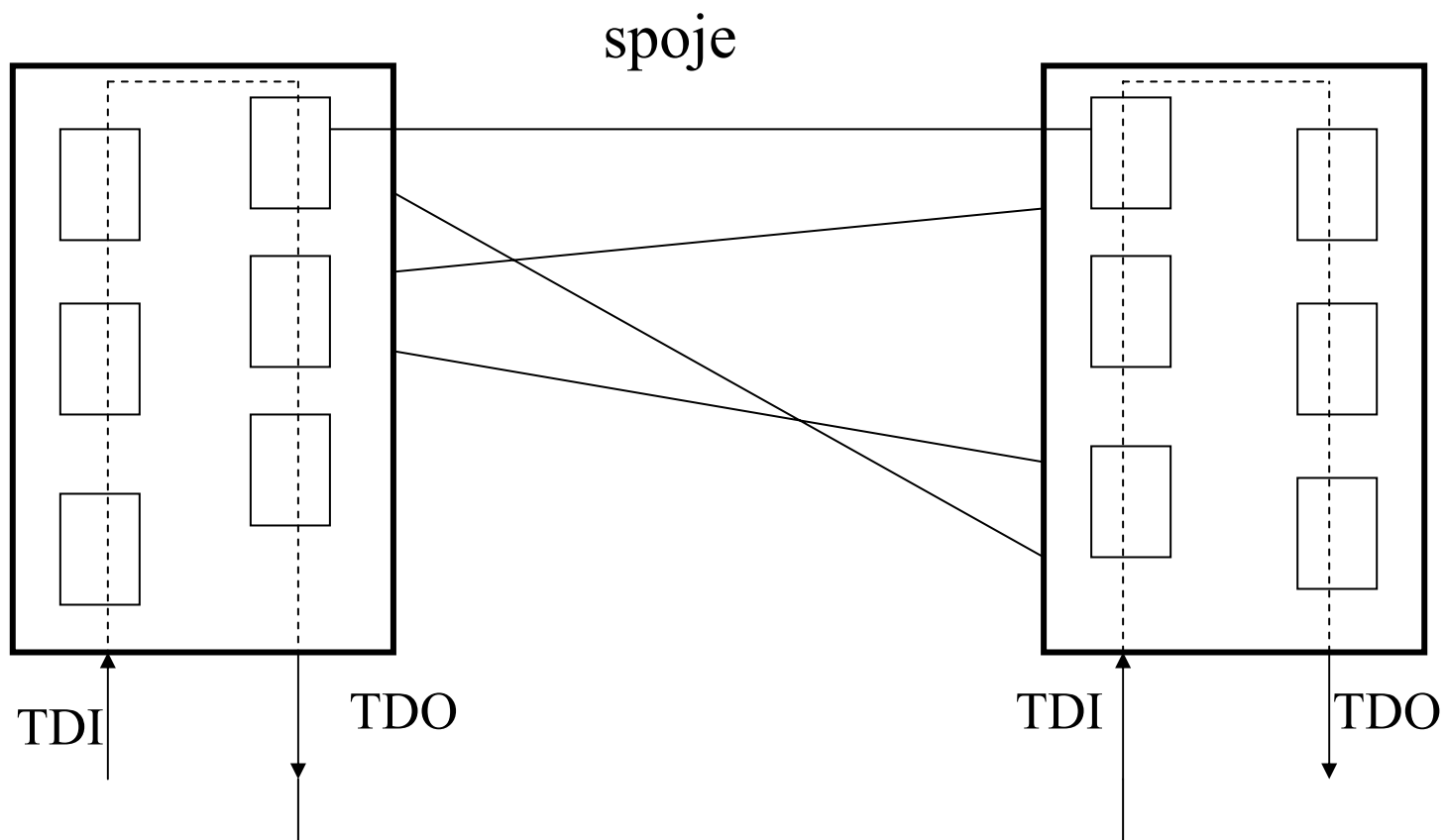
## Skupina signálů „Testování počítače“ - funkce

- Firma Intel začala své procesory (počínaje I80486) a podpůrné obvody vybavovat prostředky pro aplikaci metody Boundary Scan (podle JTAG).
- Boundary Scan – vybavení prvků zabudovaných do desky tak, aby bylo možné testovat spoje mezi prvky.
- Alternativa českého překladu – „test rozhraní“
- Nutnost řídit test centrálním prvkem umístěným na základní desce => **bylo nutné vybavit systémovou sběrnice prostředky pro aplikaci testu spojů.**

## Princip metody Boundary Scan



## Princip metody Boundary Scan - pokračování



## Princip metody Boundary Scan - pokračování

- Všechny paměťové prvky jsou v režimu „test“ propojeny do posuvného registru, o němž platí:
  - je možné do něj vložit libovolnou binární posloupnost – testovací vektor,
  - je možné jeho obsah (odezvu na testovací vektor) sériově přenést na výstup TDO.
- Každý prvek libovolné úrovně (integrované obvody, desky s logikou) je vybaven vstupy TDI a TDO => **musí tak být vybavena i systémová sběrnice, aby bylo možné s posuvným registrem manipulovat ze strany systémové desky (procesoru).**

## Skupina signálů „Testování počítače“ ve sběrnici PCI

- Volitelné (optional) vybavení.
- Pokud je součástí návrhu PCI klienta (řadiče PZ), pak musí splňovat normu **IEEE Standard 1149.1**.
- Pokud je PCI klient takto vybaven, pak se usnadní výrazným způsobem testování obvodů PCI klienta – především test spojů.
- Výsledek: PCI klient, s nímž procesor komunikuje přes sběrnici PCI, je testovatelný ze strany procesoru (spoje realizované desce PCI klienta) – aplikaci testu je možné ze strany procesoru řídit a test vyhodnocovat.

## Skupina signálů „Testování počítače“ ve sběrnici PCI

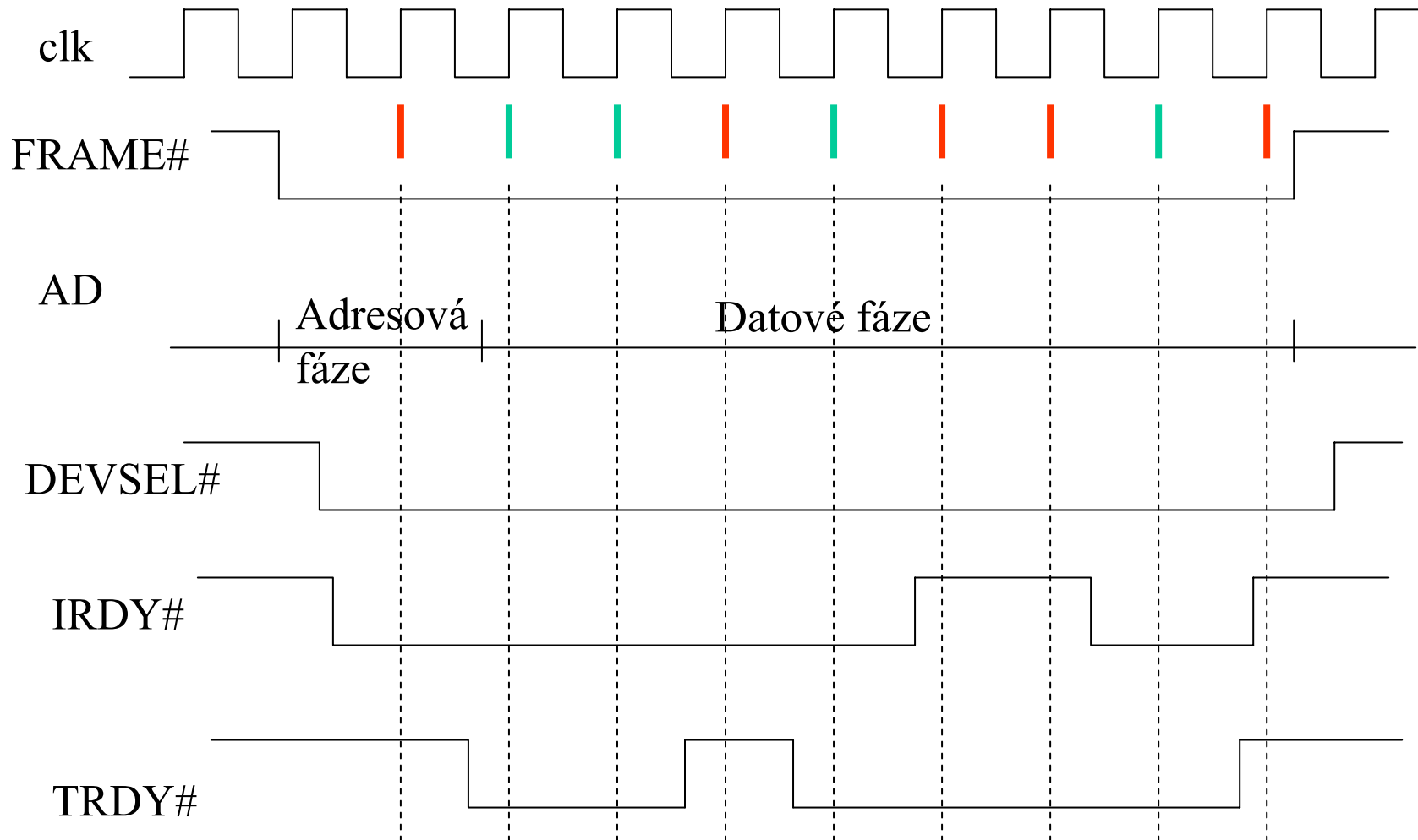
- **TCK** - Test Clock – synchronizace procesu vkládání diagnostických dat do registrů (přes vstup TDI) a čtení odezev (přes výstup TDO)
- **TDI** - Test Data In – vstup, přes nějž se vkládají obsahy registrů (testovací vektory pro test spojů) tvořících registr scan.
- **TDO** - Test Data Out – výstup, přes nějž se čtou odezvy na testovací vektory vložené do posuvného registru při aplikaci testu.
- **TMS** - Test Mode Select – řízení řadiče (automatu), který řídí aplikaci testu spojů (v terminologii Boundary Scan označovaný jako TAP controller).
- **TRST#** - Test Reset – asynchronní inicializace řadiče.
- **TAP** (Test Access Port): termín, který pokrývá všech 5 signálů tvořících rozhraní pro aplikaci testu přes Boundary Scan

## Skupina signálů „Testování počítače“ ve sběrnici PCI

- Shrnutí role signálů „JTAG/Boundary Scan“:
  - Při dnešní složitosti obvodů a úrovni jejich integrace je nutné jednotlivé komponenty vybavovat tak, aby bylo možné je testovat.
  - Obvody, které nebudou takto vybaveny, nemají dokonce dnes šanci na výrazný obchodní úspěch.
  - Systémová sběrnice musí poskytovat podporu pro diagnostické vybavení komponent ve sběrnici a musí nabízet její využití.
- **Závěr: sběrnice PCI je první systémovou sběrnicí, která je takto vybavena a umožňuje aplikovat test spojů PCI klientů.**



# Základní rámec komunikace přes sběrnici PCI



## Komentář k časovému diagramu

- Operace na sběrnici PCI sestávají ze dvou fází: **adresové** a **datové**.
- Adresová fáze: iniciátor vystaví na sběrnici adresu prvku, do něhož hodlá zapisovat data. Je to adresa např. registru.
- Jeden z cílů rozpozná, že na sběrnici je vystavena adresa některého z jeho vnitřních prvků a odpoví signálem DEVSEL.
- Pokud jsou oba účastníci schopni komunikovat, indikují to signály IRDY, TRDY. Stavem těchto signálů je podmíněna realizace přenosů synchronizačními pulsy clk.
- Během datové fáze se realizují násobné přenosy dat, takže se sníží režie.