

Sběrnice SCSI a její využití

Osnova přednášky

Zasazení sběrnice SCSI do architektury PC.

Úrovně řízení periferních zařízení (PZ), univerzální rozhraní.

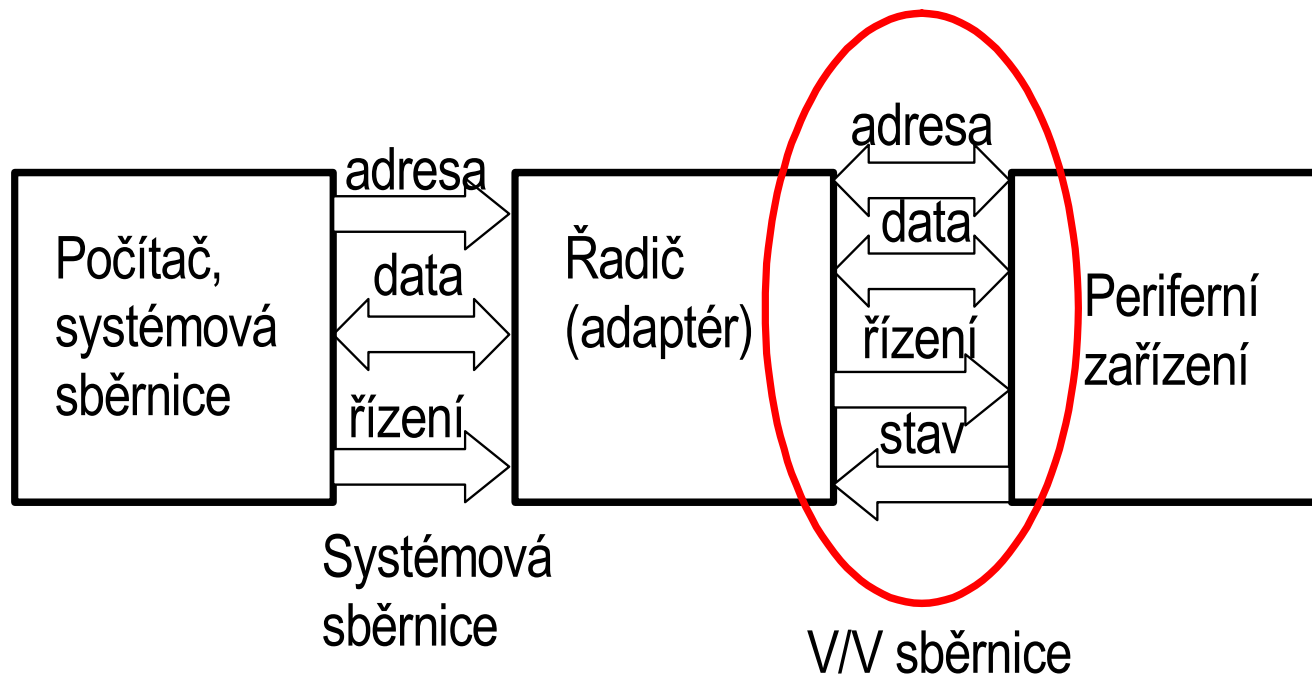
Charakteristika vývojových stupňů rozhraní SCSI.

Principy komunikace na sběrnici SCSI – fáze komunikace.

Signály sběrnice SCSI.

Zasazení sběrnice SCSI do architektury PC

Sběrnice SCSI je V/V rozhraním počítače



Úrovně řízení periferních zařízení personálního počítače

Rozhraní Centronics (tiskárna)

- Zřejmá logika řízení periferních operací (PO) – pomalé PZ dává stavem signálu BUSY najevo svou připravenost realizovat PO.
- Reakce počítače – generování signálu STROBE – realizace PO (přenos dat).
- Spolupráce mezi počítačem a tiskárnou: handshake (dotaz – odpověď).
- Další typy rozhraní Centronics – zařazení automatů do konstrukce řadiče – zrychlení komunikace (rozhraní EPP, ECP).

Rozhraní ST 506 - disk

- V rozhraní jsou signály, které jsou typické pro diskovou paměť.
- Z názvu lze rozpoznat jejich funkci.

- Neuniverzální rozhraní.

Rozhraní IDE

Komunikace mezi registry počítače a registry PZ.

Registry PZ (a jejich bity) mají přesně definovaný význam.

Registry PZ mají přidělené adresy z adresového prostoru počítače.

Realizace PO: vložení parametrů PO do registrů PZ, start PO, čekání na dokončení.

Uvědomění procesoru o skončení PO.

Toto vše se děje přes registry PZ.

Závěr: přes takové rozhraní můžeme připojit libovolné PZ, pokud:

- zařídíme v PZ (jeho řadiči) možnost adresace jeho registrů, tzn. vybavíme PZ (jeho řadič) obvody pro dekódování adres registrů.
- Na rozhraní IDE byla tak připojena např. CD ROM.

Rozhraní IDE je v tomto smyslu univerzální rozhraní.

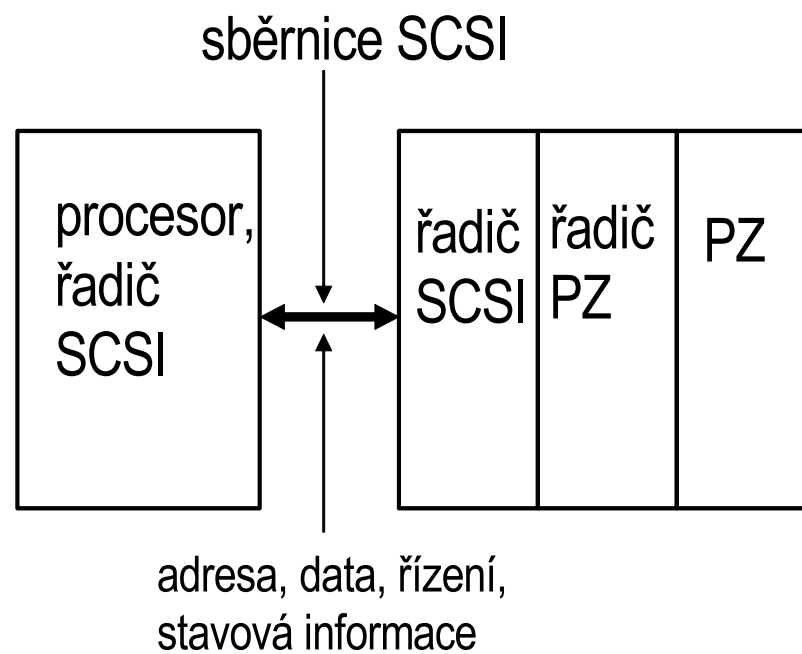
Na cestě k universalnosti rozhraní představuje rozhraní SCSI další důležitý stupeň.

Úvod

- Obecné povědomí - rozhraní SCSI je viděno jako rychlé rozhraní pevných disků především pro serverové stanice.
- Správná představa - **sběrnice pro připojení různých typů periferních zařízení** (jako jsou například pevné disky, pásková zařízení, tiskárny, skenery, CD-ROM mechaniky).
- Další možnosti - připojení (propojení) počítačů, notebooků, či k připojení počítačů k síti.
- Způsob realizace řadiče sběrnice:
 - zásuvnou kartou do ISA nebo PCI konektoru PC (řadič sběrnice SCSI nebo také **host adaptér**),
 - externí karta připojovaná přes paralelní rozhraní
- Současný stav: integrace co nejvíce částí na základní desku počítače, **integrovaný řadič SCSI**.

- Zásadní výhoda a důvod pro nasazování sběrnice SCSI: její nezávislost na připojovaném zařízení => je nutno zajistit, aby SCSI periferní zařízení (jeho řadič) vyhovovalo standardům SCSI => **nelze používat běžně rozšířená a dostupná periferní zařízení.**
- Speciální konstrukce zařízení SCSI.

Architektura počítače se sběrnici SCSI



Charakteristika vývojových stupňů rozhraní SCSI

- Zkratka SCSI, označovaná někdy podle výslovnosti jako "Skazi" - pochází z anglického názvu **Small Computer System Interface**.
- Začátek SCSI (rok 1979) - výrobce pevných disků firma Shugart začala pracovat na novém rozhraní.
- 2 cíle firmy Shugart:
 - Vyvinout takové rozhraní jednotky, které by podporovalo logické adresování bloků dat, na rozdíl od fyzického adresování cylindrů, hlav, sektorů.
 - Nové rozhraní mělo umožnit počítačovým firmám vyvíjet řadiče pevných disků, které by byly schopny samy rozpoznat vlastnosti připojených disků.
- Toto rozhraní bylo původně pojmenováno jako SASI (Shugart Associates Systems Interface).

Způsob adresace na sběrnici SCSI

- Adresace 1 z n, tzn. adresa se rozpozná podle "1" na patřičném bitu sběrnice.
 - Zařízení s číslem SCSI ID7, jeho adresa se projeví hodnotou "1" na DB(7) - tzn. na nejvyšším bitu sběrnice (nejvyšší priorita).
- 8 bitů - na sběrnici může být pouze 8 zařízení, z toho pouze 7 PZ (jedna adresa je vyhrazena řadiči SCSI v počítači - host adapter).
- Tento způsob adresace umožňuje realizovat ve sběrnici SCSI principy distribuovaného přidělování sběrnice.

SCSI-1

- Duben 1982 - začal vývoj SCSI.
- Červen 1986 - SCSI-1 se stává oficiálním **standardem**.
- Standard nebyl dokonalý - v definovaných příkazech bylo ponecháno příliš mnoho místa pro různou interpretaci výrobců => různý způsob implementace u různých výrobců => zařízení SCSI od různých výrobců nebyla kompatibilní.
- Příkazy - dělí se na **povinné** (mandatory), **volitelné** (optional) a **specifické podle výrobce** (vendor - specific)
- Už u SCSI-1 byla možnost, aby se PZ odpojilo od sběrnice - tzn. periferní operace se zahájila, PZ pak ji realizovalo autonomně.
- Musel existovat mechanismus nového připojení po skončení periferní operace (pozor – nejsme na systémové sběrnici, kde se to realizuje pomocí „žádosti o přerušení“).

- Způsob přenosu - asynchronní (tzn. dotaz - odpověď) - rychlost 1,5 MB/s, existovala i možnost synchronních přenosů - rychlost 5 MB/s (před zahájením přenosu musel být stanoven počet přenosů).
- Problematické připojování jiných zařízení kromě disků, nebyla vyráběna zařízení s rozhraním SCSI s dostatečnou úrovní kompatibility.
- Parita dat - volitelná vlastnost.

CCS

- Rok 1985 - byla vytvořena tzv. **Common Command Set** (společná množina příkazů) pro pevné disky.
- Týkal se nejenom příkazů, ale také **formátu chyb**.
- CCS bylo řešením mnoha, v tu dobu aktuálních požadavků kladených na diskové paměti.

SCSI-2

- Rok 1986 - začátek prací na SCSI 2 (dokonce před schválením SCSI-1).
- Synchronní přenosy - 10Mhz, 16-bitová šířka datové sběrnice, tzv. **Fast SCSI**.
- Zajištění kompatibility mezi zařízeními od různých výrobců.
- Dva typy kabelů: single-ended SCSI (kabel 6 m) a differential SCSI (kabel 25 m).
- Únor 1989 - započala formální schvalovací procedura pro SCSI-2.
- SCSI-2 byl schválen oficiálně v lednu 1994.
- V roce 1997 dosáhla SCSI-2 svého vrcholu s podporou ze strany výrobců počítačů a periferií.
- **Wide SCSI** - 32 bitů (možnost adresovat 32 zařízení), v době SCSI - 2 se 32 bitové rozhraní příliš neujalo.
- **FAST Wide SCSI** - 20/40 MB/s.

- **Řazení příkazů do fronty** - při provádění příkazu mohlo zařízení přijmout další příkazy a řadit je do fronty (takové situace se dříve řešily odmítnutím příkazu).
- Parita dat - povinně.
- Začaly se v komunikaci používat zprávy (messages).
- Příklad zprávy - *Identify* na začátku komunikace (vyjednání podmínek komunikace - např. zda má PZ právo se odpojit).

SCSI-3

- SCSI-3 je kompatibilní s SCSI-2 – **kompatibilita zdola.**
- SCSI-3 umožňuje přenosové rychlosti do 20 000 000 přenosů za sekundu a až 32 zařízení SCSI (32 bitů široká sběrnice SCSI).
- Důraz již není kladen na fyzické připojení přes paralelní rozhraní a jeho protokol, ale na typ připojených zařízení a na množinu jejich příkazů.

Název	Rychlost přenosu [MB/s]	Šířka toku dat [počet bitů]
Asynchronní SCSI	1,5	8
Synchronní SCSI	5	8
Fast SCSI	10	8
Wide-16 SCSI	10	16
Wide-32 SCSI	20	32
Fast Wide-16 SCSI	20	16
Fast Wide-32 SCSI	40	32
Fast 20 (Ultra SCSI)	20	8
Fast 40 (Ultra2 SCSI)	40	8
Wide Ultra SCSI	40	16
Wide Ultra2 SCSI	80	16

Současný stav: Ultra 640 SCSI: 640 MB/s, 16 bitů, délka většinou 12 m.

- Mnoho alternativ sběrnice SCSI – šířka sběrnice, synchronizace. 32 bitové přenosy se příliš neujaly.

- Důvody: nároky na konektor a na šířku kabelu (obtížná manipulace s kabelem).
- Výsledek: snaha o realizaci sériového SCSI.

Sériové SCSI

- Výhody: jednodušší kabel, větší délka kabelu (paralelní diferenciální kabel - 25 m, kilometry).
- Zajištění dat: slabikami **cyklické kontroly** na rozdíl od parity u paralelního přenosu.
- Princip cyklické kontroly:
 - Vysílání dat: z přenášených dat jsou generovány jednoznačným způsobem slabiky cyklické kontroly, pak se připojí za přenášená data.
 - Příjem dat: z přijímaných dat se na přijímací straně jednoznačným způsobem vygenerují slabiky cyklické kontroly, ty se zkontrolují pak s těmi slabikami cyklické kontroly, které jsou přijaty na konci dat.

Stav před 3 lety: 100 MB/s, předpokládalo se, že tato rychlost může být 2x až 4x vyšší, nyní: 3 – 4 GHz, 400 MB/s, délka kabelu až 3 km, 128 zařízení

Rysy rozhraní SCSI

- **SCSI je V/V podsystem nezávislý na zařízení** umožňující připojení velkého množství různých zařízení k počítačovému systému.
- **Nezávislý na zařízení** - při připojování podobných zařízení není potřeba přesná znalost vlastností daného zařízení.
- Každé zařízení SCSI sestává ze 3 částí:
 - části, která umí komunikovat na sběrnici SCSI (řadič sběrnice),
 - a na ni navazující části (řadič PZ), která umí komunikovat a řídit periferní zařízení, např. disk,
 - vlastního PZ.

- Intelligence zařízení je vložena do vlastního řadiče PZ, který je pro každé zařízení různý – každý řadič dostává příkazy, které mají pro všechna PZ stejnou podobu, různé řadiče je ale musí interpretovat různě.
- Provádění jednotné množiny příkazů posílaných přes sběrnici SCSI do PZ - je to věcí řadiče PZ.
- SCSI nabízí universální množinu příkazů pro dotazování o stavu zařízení a jeho nezbytných parametrech.
- => to umožňuje psát ovladače pro zařízení bez nutnosti znát specifické detaily o tomto zařízení – komunikace přes příkazy a stavovou informaci.

SCSI zařízení

- Na 8 bitové sběrnici může být adresováno až 8 zařízení, počet se zvyšuje s počtem bitů.

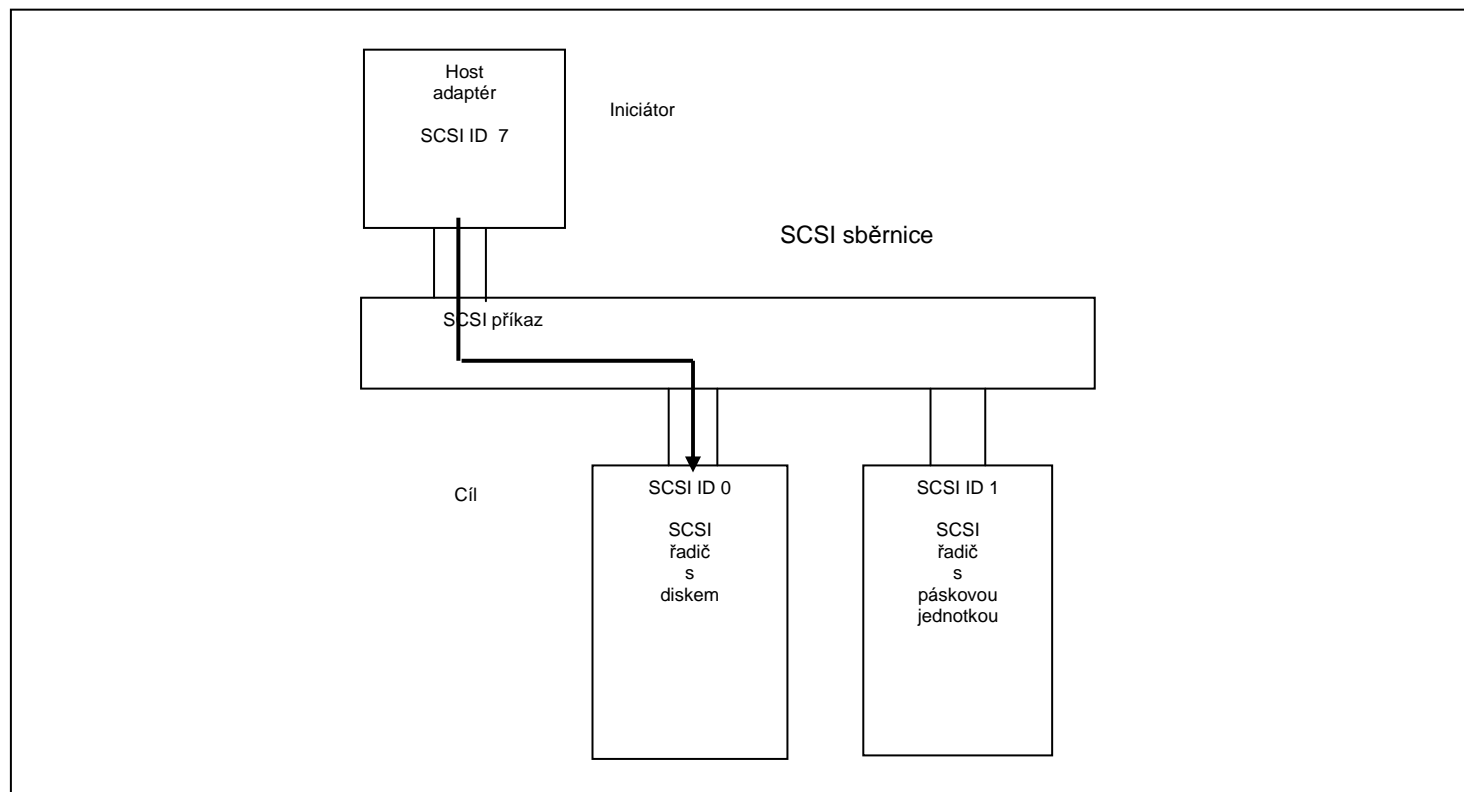
- Adresa zařízení připojeného na SCSI sběrnici je označována jako SCSI ID:
 - SCSI ID0 má nejmenší prioritu,
 - SCSI ID7 má nejvyšší prioritu.
- Pojem „**sběrnice obsazena**“: jestliže v kterémkoliv čase spolu komunikují dvě zařízení na sběrnici, pak je sběrnice obsazena => v této době nemohou být zasílány žádné další zprávy ostatním připojeným zařízením (nemůže probíhat žádná další komunikace) => každé zařízení musí čekat, dokud dvě právě komunikující zařízení nepřeruší spojení.
- Autonomní provádění příkazů => po dobu provádění příkazu je sběrnice uvolněna => může být využívána jinými dvěma zařízením.
- Skončení provádění příkazu => spojení mezi dvěma zařízením musí být znova ustaveno.
- Tato dvě zařízení mohou na sběrnici figurovat v roli buď jako "**iniciátor**" (Initiator) nebo jako "**cíl**" (Target).

Iniciátor-cíl a úloha

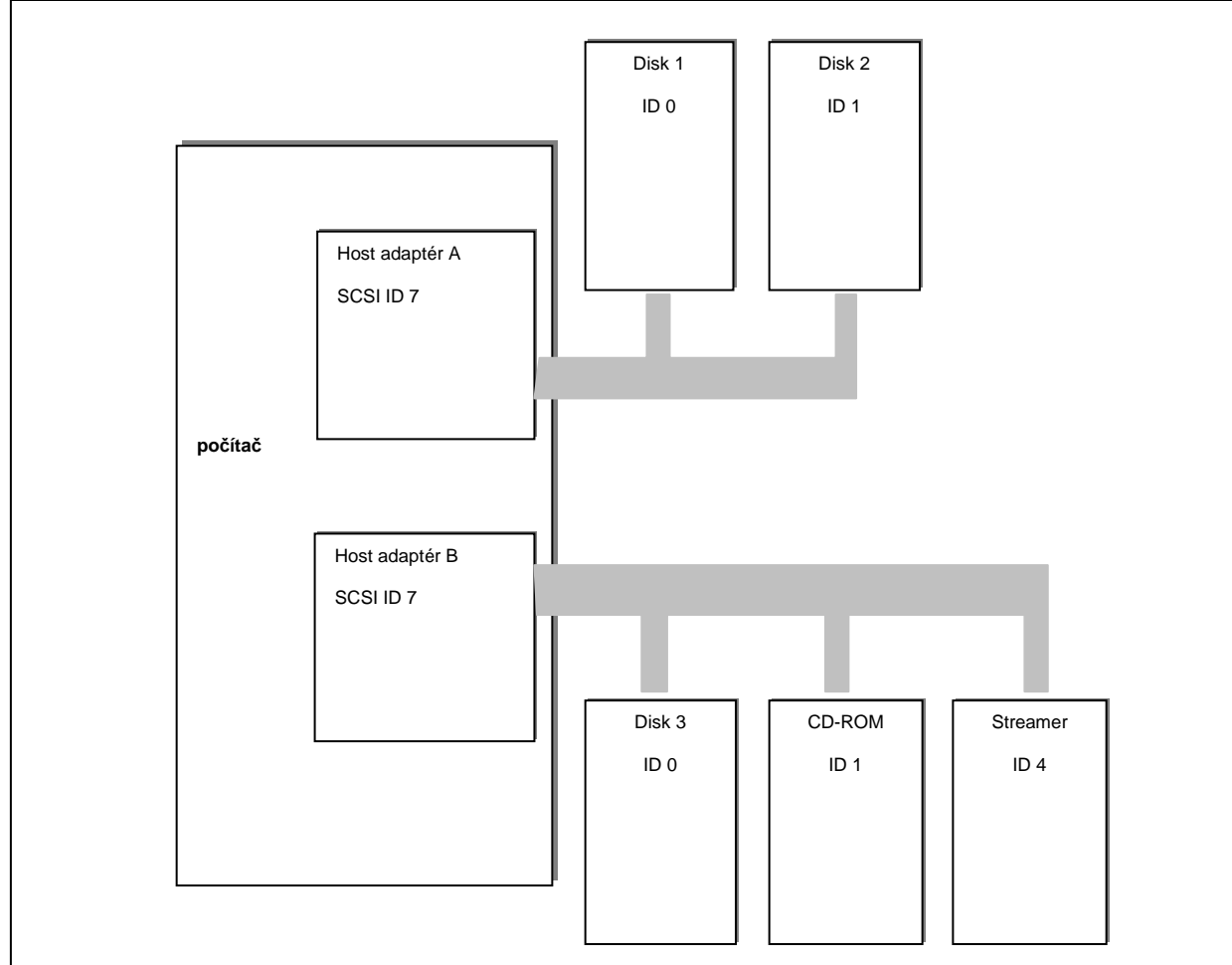
- Iniciátor je zařízení které spouští "úlohu" na SCSI sběrnici výběrem cíle a zasláním příkazu.
- Jakmile je příkaz přenesen, cíl přebírá kontrolu nad protokolem sběrnice.
- Typickým iniciátorem v počítači je "SCSI host adaptér".
- Cíl je zařízení, které provádí úlohu. Typickým cílem je pevný disk počítače.
- Zjednodušeně lze říci, že cíl má ID, akceptuje SCSI příkazy a předává je odpovídajícímu LUN ke zpracování.
- LUN reprezentuje fyzické periferní zařízení.
- Minimální účelná konfigurace musí obsahovat alespoň jednoho iniciátora a alespoň jeden cíl.
- Pro každou individuální V/V operaci musí být definováno, kdo bude iniciátorem a kdo cílem.

Host adaptér, SCSI řadič, LUN

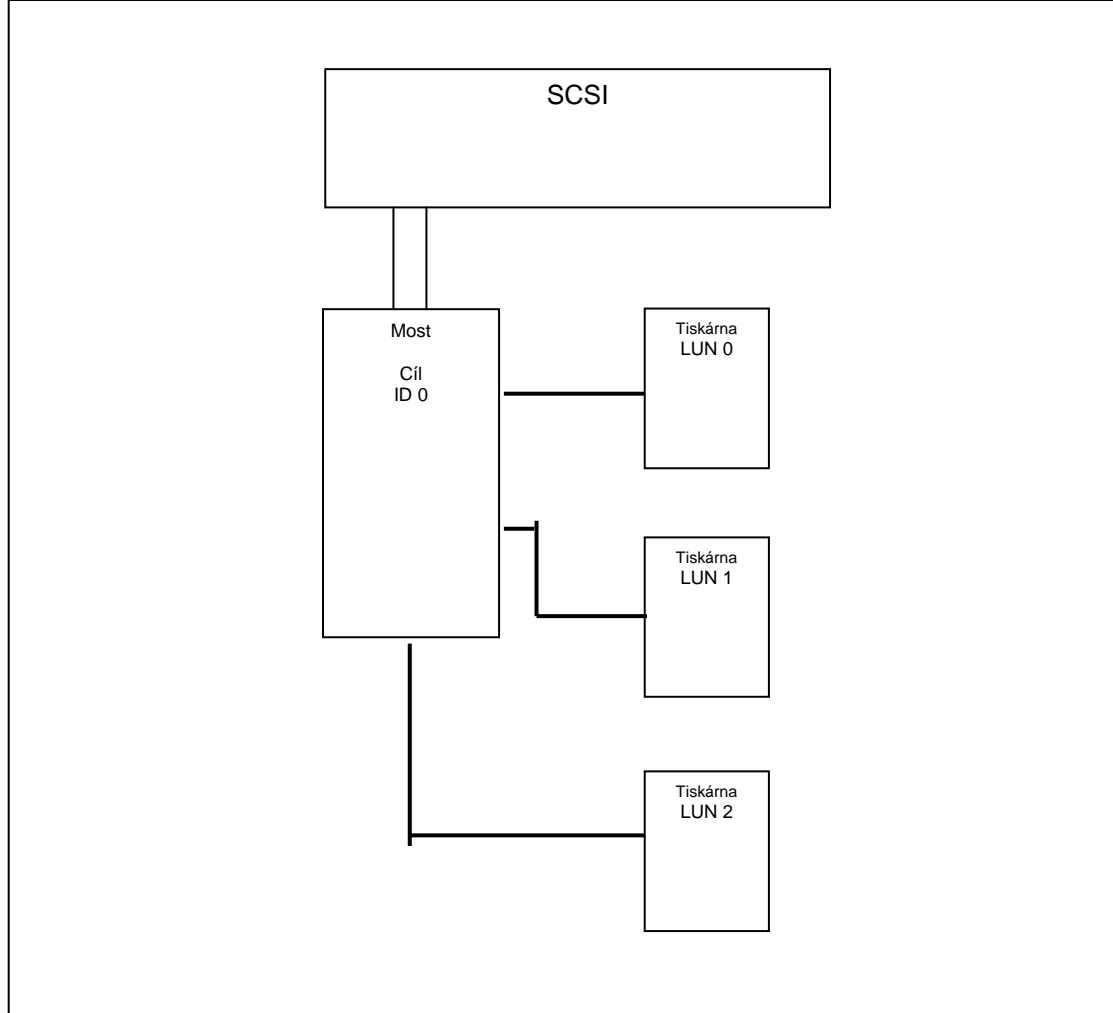
- Počítačový systém je připojen na SCSI sběrnici prostřednictvím "host adaptéru".
- Pro periferní zařízení hraje stejnou úlohu řadič.
- Oba dva, jak host adaptér, tak i řadič mohou být implementovány buď jako samostatné desky nebo přímo integrovány do zařízení nebo systému.
- Počítač může obsahovat několik host adaptéru. Ty jsou využívány pro připojení více jak jedné SCSI sběrnice k počítači.
- **Tyto SCSI sběrnice tvoří samostatné domény a tudíž tytéž ID mohou být použity na obou sběrnicích.**
- První SCSI řadič získává ID 0 a další přidávané potom vzrůstající čísla ID. První host adaptér získává ID 7.



Takových domén může být více, v každé doméně samostatné číslování.



V počítači je více host adaptérů, každý z nich vytváří samostatnou doménu.



Řadič typu most (bridge controller)

- Pokud je řadič implementován na samostatné desce a fyzická zařízení jsou k němu připojena pomocí vlastních rozhraní, je označován jako "řadič typu most".

LUN

- Předcházející obrázek - na most je připojena tiskárna Centronics.
- Standard SCSI umožňuje každému takto připojenému mostu přidělit na sběrnici až 8 logických jednotek LUN, každý LUN reprezentuje samostatné periferní zařízení.
- Řadič PZ, který je součástí mostu, potom ovládá několik specifických zařízení (rozhraní), jedno pro každé LUN.
- Každý SCSI cíl má alespoň jeden LUN.
- Většina obvyklých cílů obsahuje jediný LUN, může však kombinovat více jak jedno fyzické zařízení např. disková pole RAID.

Komunikace na rozhraní SCSI: fáze činnosti rozhraní SCSI

- Častý způsob organizace složitých komunikací – rozdělení komunikace do fází.
- Rozhraní SCSI se může nacházet v jedné z fází, typické pro konkrétní okamžik přenosu.
- Každá fáze pokrývá konkrétní činnost, která je pro děje na sběrnici typická a musí být nějakým mechanismem realizována v každé sběrnici.
- Při komunikaci přes sběrnici SCSI je vždy jedno zařízení "iniciátor" (initiator) druhé zařízení "cíl" (target).
- Takový stav nastane poté, co proběhnou úvodní fáze komunikace přes sběrnici.
- Při komunikaci na sběrnici se musí odehrát tyto činnosti:
 - Zařízení, které potřebuje sběrnici, musí **požádat o přidělení sběrnice** (arbitráž).

- Jakmile sběrnici získá, **musí stanovit, s kterým zařízením chce komunikovat** (vložením adresy tohoto zařízení na sběrnici). Toto zařízení se stane "cílem".
- **"Cíl" se pozná podle adresy a předepsaným způsobem odpoví.**
- "Iniciátor" odpoví a zahájí proces, jejímž výsledkem je **upřesnění režimu přenosu** (fáze Message Out) - určí se např. šířka přenosu dat, časování (rychlost přenosu) a podmínky (možnosti) odpojení zařízení (cíle) od sběrnice.
- "Iniciátor" **odešle do zařízení příkaz** (command).
- **Obecně: do tohoto bodu šlo o úvodní fázi komunikace.**
- Pokud se mají přenášet data, tak nastane fáze Data Out/Data In.
- Po skončení činnosti pošle zařízení do řadiče informaci o stavu (fáze Status) – **fáze ukončení.**

- Pokud je při fázi Status indikována chyba, pak je v informaci o chybě také indikováno, zda má zařízení k dispozici další informaci o chybě, tzv. *Sense Data*.
- Fáze Message In - ze zařízení se odešle zpráva, že provádění příkazu bylo skončeno a byl odeslán "Status".
- Přejít do fáze "Bus Free".

Závěr: principy řízení sběrnice SCSI jsou stanoveny tak, že umožňují připojení více zařízení na sběrnici, získání sběrnice, adresaci zařízení,

- Komunikace mezi zařízeními - klasický "dotaz - odpověď":
 - Když je jedno zařízení schopné přejít do další fáze, indikuje tuto připravenost druhému zařízení - přechod do další fáze.
 - Je to jiný typ komunikace "dotaz - odpověď" než na úrovni signálů, tedy je to na úrovni schopnosti přejít do další fáze.

- **Fáze "Bus Free"** (Volná sběrnice):
 - Na sběrnici se nic neodehrává.
 - Žádné signály nejsou aktivní.
 - Čeká se na zahájení "souboje" o sběrnici.
- **Fáze "Arbitration"** (Arbitráž):
 - "Iniciátor" usiluje o získání sběrnice, např. pro následný přenos dat.
 - Zařízení s nejvyšším SCSI ID má nejvyšší prioritu, tzn. pokud zařízení SCSI ID 7 začne usilovat o sběrnici, získá ji.
 - Postup: zařízení vloží na sběrnici svou adresu a nahodí signál **BSY**. Když zjistí, že na sběrnici není vystavena žádná další adresa (tzn. žádné zařízení nežádá o sběrnici), nastaví signál **SEL**.
 - Z toho vyplývá, že zařízení na sběrnici SCSI jsou vybavena mechanismem na to, aby dali najevo, že bojují o sběrnici (BSY) a že ji získali (SEL).

- **Fáze "Selection"** (Výběr)
 - Stav: "iniciátor" získal sběrnici a potřebuje na sběrnici vložit informaci o tom, s kterým zařízením ("cílem") chce komunikovat.
 - Zařízení, které vyhrálo arbitráž, musí spolu se svým číslem SCSI ID vložit na sběrnici také SCSI ID budoucího "cíle".
 - Jsou přitom nastaveny oba signály SEL a BSY.
 - Fáze se ukončí tím, že iniciátor shodí signál BSY.
- **Fáze "Reselection"** (Zpětný výběr)
 - Řeší se situace, kdy se zařízení při provádění příkazu odpojí od sběrnice (tzn. realizuje příkaz autonomně) a pak prováděné příkazu dokončí.
 - Obdoba fáze "selection - výběr" - rozdíl je v tom, že aktivní je "cíl".
 - Musí proběhnout "arbitration - arbitráž" a "selection - výběr".

-
- **Fáze "Message out"** (Vyslání zprávy)
 - Bližší specifikace podmínek periferní operace.
 - Např. součástí zprávy *Identify* je to, že "iniciátor" dal "cíli" právo odpojit se po dobu provádění příkazu.
 - Další informace ve zprávě: synchronní/asynchronní přenos.
- **Fáze "Command"** (Příkaz)
 - Stav: bylo ustaveno spojení, "cíl" se musí dozvědět, co má dělat (jakou činnost má realizovat).
 - Předem musí být počítačem sestaven *Command Descriptor Block*, což je souhrnná informace o tom, co má "cíl" na základě tohoto příkazu provést.
 - Na základě příkazu se provede jedna z dalších činností.
- **Fáze "Data In a Data Out"** (Vyslání dat nebo Příjem dat)
 - Stav: "cíl" přijal příkaz a provedl ho.

- Při provádění příkazu se "cíl" buď odpojil nebo spojení s "iniciátorem" zůstalo po dobu provádění příkazu zachováno.
 - Např. disk se může odpojit od sběrnice po dobu vystavení hlav, "iniciátor" může tak zahájit další operace na dalších zařízeních.
 - Asynchronní přenos: signály REQ/ACK.
 - Synchronní přenos: přenesení požadovaný počet slabik.
- **Fáze "Status" (Stav)**
 - Po skončení příkazu je nutno přenést do počítače informaci o stavu - jedna slabika (v terminologii sběrnice SCSI se hovoří o "status code").
 - Součástí této informace může být také informace o tom, že "cíl" nemůže zahájit požadovanou činnost požadovanou od "iniciátora", protože provádí jinou vyžádanou činnost.
 - V případě chybového stavu může následovat získání podrobnější informace o problému (sense data).

- **Fáze "Message In"** (Příjem zprávy)
 - "Cíl" např. pošle do počítače zprvu typu *Command Complete*, že ukončil činnost a odeslal do počítače stavovou slabiku.
 - Zpráva o tom, že při periferní operaci došlo k chybám.

Příkazy pro zařízení SCSI

- Command Descriptor Block (CDB)
 - Struktura, v níž je uložen příkaz a jeho parametry.
 - Tato struktura se přenesení do zařízení a podle něho se řídí provádění příkazu.
- Příkazy povinné
 - Test Unit Ready - zařízení na základě tohoto příkazu hlásí, zda je připraveno vykonávat příkazy.
 - Request Sense
 - Inquiry - zařízení pošle informaci o výrobci, typu a vlastnostech.
 - Send Diagnostics

- Volitelné příkazy
 - Copy
 - Receive Diagnostic Results
 - Compare
 - Copy and Verify
 - Write Buffer
 - Read Buffer
 - Change Definition
 - Log Select
 - Log Sense

Signály rozhraní SCSI a jejich popis

- **BSY (BUSY)**
 - Signál realizovaný jako montážní součin informující o obsazení sběrnice.

- **SEL (SELECT)**
 - Signál realizovaný jako montážní součin využívaný při selekci nebo reselekci zařízení.
- **C/D (COMMAND/DATA)**
 - Využívaný zařízením typu „cíl“ (target) indikující typ datového přenosu.
 - Jestliže je aktivní, pak je přenášena řídicí informace (příkazy nebo zprávy).
- **I/O (Input/Output)**
 - Využívaný zařízením typu „cíl“ (target) indikující směr přenosu dat vzhledem k iniciátorovi.
 - Jestliže je aktivní, pak iniciátor data přijímá (data přenášena směrem do iniciátora).

- **MSG (MESSAGE)**
 - Generovaný „iniciátorem“ během fáze MESSAGE.
- **REQ (REQUEST)/REQQ**
 - Generovaný „iniciátorem“, podílí se na komunikaci s „cílem“ (dotaz – odpověď).
- **ACK (ACKNOWLEDGE)/ACKQ**
 - Generovaný "cílem" během komunikace (dotaz - odpověď).
- **ATN (ATTENTION)**
 - Generovaný "iniciátorem", hlášení stavu ATTENTION.
- **RST (RESET)**
 - Nulování, realizován jako montážní součin.
- **DB(0) - DB(7) (DATA BUS)**

- 8 datových bitů.
- Jsou využívány také během rozhodovací fáze.
- **DB(P)**
 - Paritní bit, parita je lichá.
- **DB(8) - DB(31) (DATA BUS)**
 - Rozšíření datové sběrnice.
- **DB(P1) - DB(P3)**
 - Paritní bity.

Využití paritního bitu

- Parita – jediná možnost **detekce** chyby (**nikoliv opravy**).
- Pro každých 8 bitů jeden bit paritní.
- Používá se lichá parita – tzn. součet datových bitů s paritním bitem je lichý.

- Nevýhoda detekce chyby dat pomocí paritního bitu: **funguje pouze pro lichý počet** „vadných“ bitů – nefunguje např. pro dva porušené bity (chyba je tzv. **maskována**).
- Na straně příjemce (cíle) jsou pak taková data považována za správná a uloží se (např. na disk).

bit	7	6	5	4	3	2	1	0	P	
	1	1	0	1	0	0	0	0	0	parita v pořádku
1 chyba	1	1	0	0	0	0	0	0	0	chyba parity
2 chyby	1	1	1	0	0	0	0	0	0	parita v pořádku