

1. SATA

Serial ATA (SATA) označuje v informatice počítačovou sběrnici, která využívá datové rozhraní pro připojení velkokapacitních paměťových zařízení, jako jsou pevné a optické disky. V dnešní době je SATA řadičem vybavena většina stolních a přenosných počítačů.



Obr. – SATA disk, provedení 2,5'' pro notebooky

1.1. Charakteristika

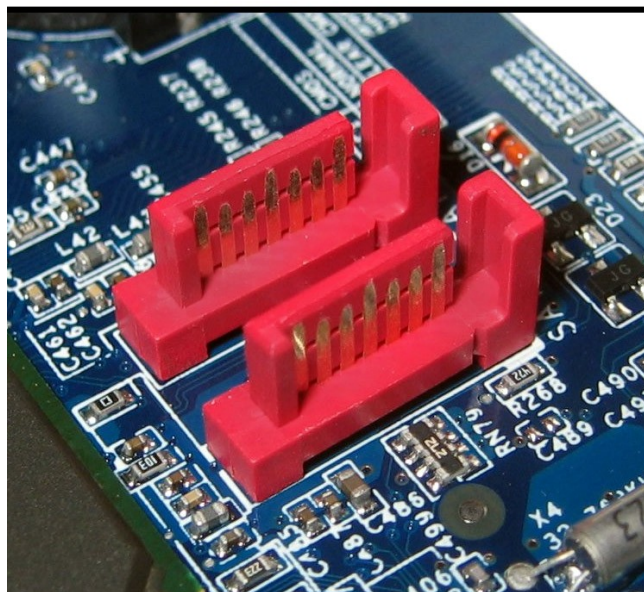
SATA zdědil po řadiči ATA modul PIO a DMA. Dosahuje vyšších rychlostí oproti řadiči ATA, protože přenos probíhá sériově na vysoké frekvenci (až 6000 MHz). Disky se připojují přímým a samostatným kabelem k řadiči a tím pádem se nemusejí rozlišovat na Master, Slave a Cable Select. Oproti sběrnici ATA podporuje navíc odpojování a připojování zařízení za chodu počítače (Hot Plug) a také technologii NCQ. Díky sériové komunikaci není jako u IDE (PATA) potřeba 40/80 žilový kabel, ale používá se kabel podstatně menších rozměrů.

Od roku 2009 nahradilo postupně rozhraní SATA zastaralé PATA ve všech prodávaných počítačích. Rozhraní PATA však stále přetrvává v průmyslových a vestavěných zařízeních, která jsou závislá na datových úložištích CompactFlash i přesto, že nový standard datových úložišť CFast bude založený právě na rozhraní SATA.

1.2. Charakteristika kabelu

kabel se 7 vodičů

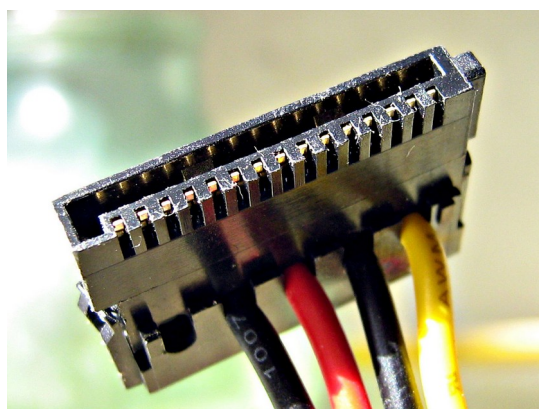
- 4 datové vodiče
 - z toho 2 stíněné svazky se 2 žilami (4 vodiče dohromady)
- 3 vodiče zem (GND) na kraji a mezi datovými
- obousměrný přenos (*full-duplex*)
- diferenční signalizace - malé úrovně napětí 250 mV
- délka kabelu do 1 m
- poskytuje vyšší výkon díky vestavěnému řadiči DMA



Obr. – První generace SATA portů

Datový SATA konektor

Vodič	Funkce
1.	Zem
2.	DATA A+
3.	DATA A-
4.	Zem
5.	DATA B+
6.	DATA B-
7.	Zem



Obr. – umístění signálů v SATA kabelu a napájecí kabel

1.3. SATA revize 1.0 (SATA 1.5 Gb/s)

Ke konci roku 2000 byla schválena specifikace nového standardu v podobě první generace rozhraní SATA, dnes známé jako SATA 1.5 Gbit/s, které komunikuje přenosovou rychlostí až 1,5 Gb/s (150 MB/s). Skutečná přenosová rychlost však díky režii činí 1,2 Gbit/s (~143 MB/s), což se příliš neodlišuje od maximální přenosové rychlosti PATA/133, ale SATA navíc nabízí funkci NCQ, která zlepšuje výkon v prostředí multitaskingu.

Od dubna 2009 dokáží mechanické pevné disky přenášet data rychlostí až 131 MB/s, což je ještě v rámci možností starší specifikace PATA/133. Nicméně výkonné flashové disky umožňovaly přenášet data mnohem vyšší rychlostí, a to až 201 MB/s, takže se standard SATA 1.5 Gbit/s stal pro tato zařízení nedostatečným.

1.4. SATA revize 2.0 (SATA 3 Gb/s)

Po několika letech, kdy se první SATA 1.5 Gbit/s postupně rozšířilo do pevných disků, optických mechanik a především do základních desek coby integrovaná součást, byla představena zpětně kompatibilní druhá revize s názvem SATA 3.0 Gbit/s, která nabízí zdvojnásobenou maximální propustnost ze 150 MB/s na 300 MB/s. Skutečná přenosová rychlost činí kvůli režii 286 MB/s, ale pro zjednodušení se hodnota zaokrouhluje nahoru. Mezi standardem SATA 1.5 Gbit/s a SATA 3 Gbit/s zůstala zachována zpětná kompatibilita, která byla vyřešena pomocí prepínacího jumperu a tímto se současně vyřešily problémy se staršími chipsety.

Po uvedení standardu SATA 3 Gbit/s se očekávalo, že se svou přenosovou rychlostí na nějakou dobu uspokojí požadavky mechanických pevných disků, které už tak sotva využily výkon SATA 1.5 Gbit/s. Nicméně vysokorychlostní flashové disky opět dosahovaly maximální přenosové rychlosti SATA 3 Gbit/s.

1.5. SATA revize 3.0 (SATA 6 Gb/s)

Podle původních plánů Serial ATA International Organization z roku 2000 měla být třetí revize sběrnice Serial ATA s označením SATA 6.0 Gb/s uvedena na trh již v srpnu 2007, nakonec se s ní ve větší míře setkáváme se zpožděním až v roce 2010. Přenosová rychlost standardu SATA 6 Gbit/s byla znovu zdvojnásobena – ze 300 MB/s na 600 MB/s. I ty nejrychlejší konvenční pevné disky sotva využily přenosovou rychlost původního standardu SATA 1.5 Gbit/s, ale disky solid-state drive (SSD) už byly limitovány rychlejším standardem SATA II 3 Gbit/s rychlostí 250 MB/s při čtení.

Nejnovější disky SSD, vybavené integrovanou vyrovnávací pamětí DRAM, již profitují z maximální přenosové rychlosti nejnovějšího standardu SATA 6 Gbit/s. První pevný disk SATA 6 Gbit/s uvedla na trh společnost Seagate (model Barracuda XT o velikosti 2 TB).

1.6. Přenosové módy SATA Generace

Generace SATA	Standard	Datová propustnost	Frekvence
1.	SATA 1,5 Gb/s	150 MB/s	1,5 GHz
2.	SATA 3 Gb/s	300 MB/s	3 GHz
3.	SATA 6 Gb/s	600 MB/s	6 GHz

1.7. Funkce Hot Plug

Technologie Hot Plug umožňuje odpojit či připojit daný disk i za běhu a v případě podpory i při spuštěném operačním systému. Pevný disk se tak svým způsobem chová stejně jako flashdisk. Všechna zařízení SATA podporují Hot Plug, nicméně skutečnou podporu Hot Plug umožňují pouze zařízení fungující v nativním režimu a ne v emulaci IDE, což vyžaduje mít v BIOSu nastaven režim AHCI (Advanced Host Controller Interface). Některé z prvních řadičů SATA a starší operační systémy jako například Windows XP přímo nepodporují režim AHCI.

1.8. Advanced Host Controller Interface

SATA řadič využívá jako standardní rozhraní AHCI (Advanced Host Controller Interface), které umožňuje využívat některé pokročilé funkce jako například SATA hotplug a Native Command Queuing (NCQ). Pokud není AHCI povoleno základní deskou nebo chipsetem (resp. nastavením v BIOSu), SATA řadič obvykle pracuje v módu „IDE emulace“, což neumožňuje využívat pokročilé funkce zařízení, protože ATA/IDE standard tyto funkce nepodporuje.

1.9. Native Command Queuing

NCQ má za úkol zvýšit výkon pevných disků, díky optimálnějšímu řazení dat, respektive pohybu hlaviček pevného disku. Rozdíl ve výkonu (NCQ musí podporovat i pevný disk) lze pozorovat především v náročnějších situacích, kdy je vyžadováno čtení či zápis od několika procesů současně a ve větším měřítku. S moderní technologií AHCI se o optimální a vylepšený chod NCQ řadičů stará operační systém, respektive ovladač. U moderních SSD disků se NCQ používá pro lepší rozložení a zpracování dat dle odezvy čipů. Tato technologie je nicméně nefunkční, pokud je AHCI mod vypnutý a daný pevný disk či SSD běží v IDE režimu.

2. eSATA (externí SATA)

Rozhraní eSATA se používá pro připojení vnějších datových zařízení, nabízí stejnou rychlost a podporu technologií jako SATA. Její výhodou je vyšší přenosová rychlost, než nabízí běžnější sběrnice USB, ovšem nemá od výrobců základních desek a externích datových médií takovou podporu, protože konektor neobsahuje vodiče s napájením.



Obr. – SATA konektor vlevo, eSATA konektor vpravo

Základní vlastnosti:

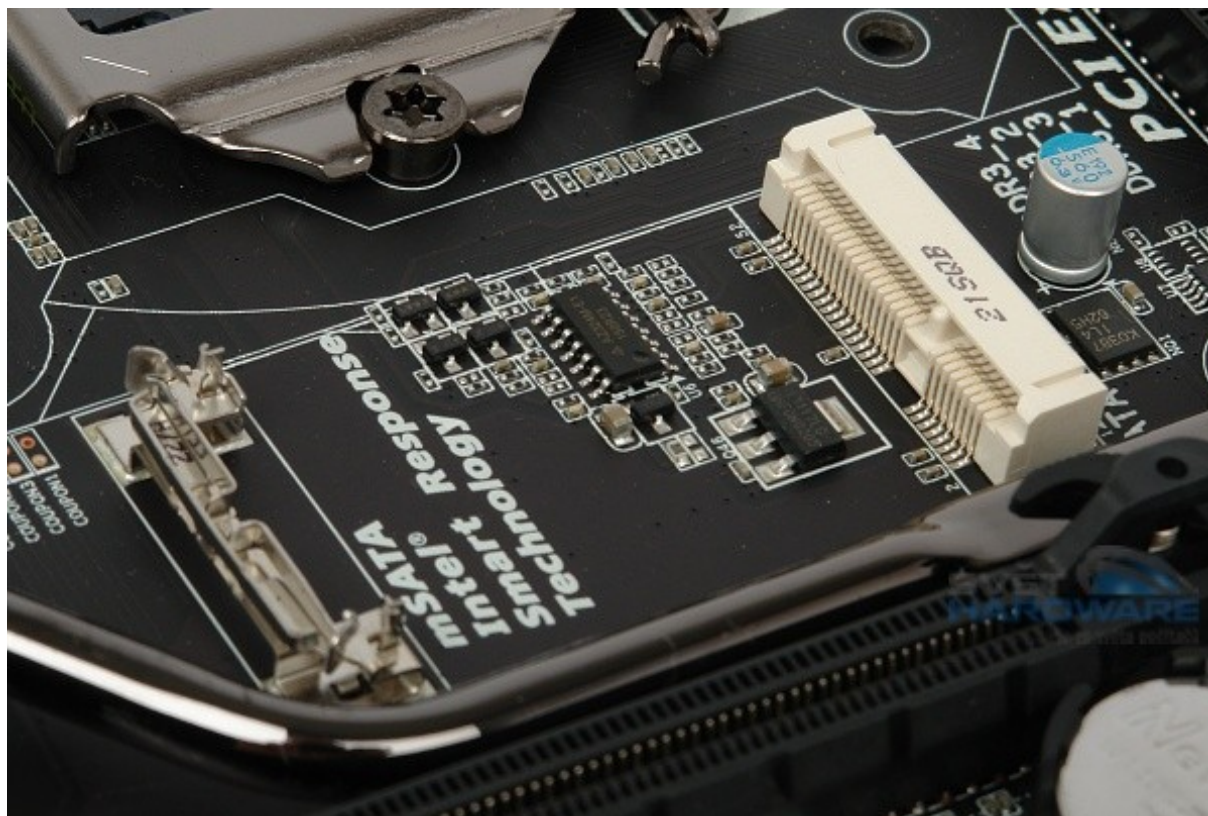
- o založeno bylo o něco později než klasická SATA, v roce 2004
- o konektory jsou robustní - pro časté odpojování
- o maximální délka kabelu je 2 metry
- o rychlost podle SATA řadiče v PC
- o procesor zatěžuje méně než například sběrnice USB

2.1. eSATAp (napájená eSATA)

eSATAp je eSATA s integrovaným napájením (označováno jako eSATA power nebo power over eSATA). eSATAp vzniklo díky notebookům, u kterých výrobci kombinují porty USB a eSATA, díky přítomnosti USB je v portu dostupné i napájení, takže při použití správného kabelu a zařízení s podporou eSATAp není potřeba dalšího napájení.

3. mSATA

Čím dál více základních (typicky notebookových) desek nabízí slot určený pro připojení SSD s názvem mSATA (mini-SATA). Toto rozhraní bylo definováno v roce 2009 organizací Serial ATA International Organization.



Obr. – mSATA - Do slotu mSATA na deskách lze osadit SSD i Mini PCI Express kartu s jinou funkcionalitou – např. Wi-Fi rozhraním

Konektor je podobný jako PCI Express Mini card, ale není elektricky kompatibilní – datové signály (TX±/RX± SATA, PETn0 PETp0 PERn0 PERp0 PCI Express) musí být připojeny na SATA řadič (místo PCIe řadiče).

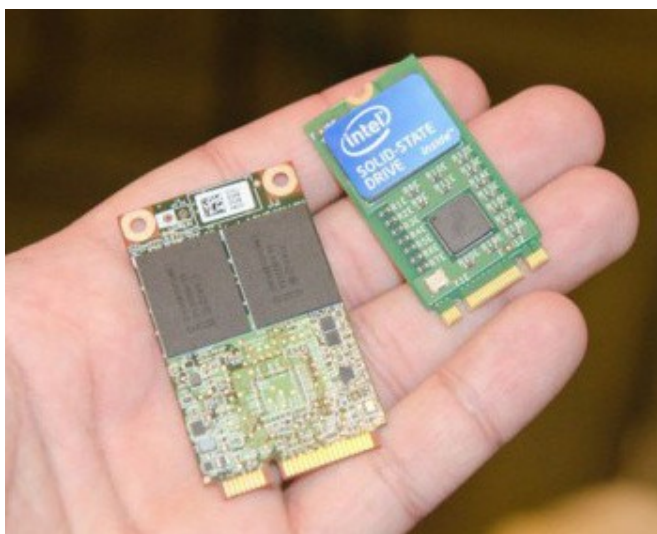


Obr. Srovnání velikostí mSATA (navrchu) a 2,5" SATA disku

Malý slot mSATA pro karty s délkou 51 mm má své široké uplatnění především v notebookech/ultrabookech, kde byla rozšířena funkcionality slotu Mini PCI Express o možnost osazení SSD. Díky tomu je možné provozovat jak klasický 2,5" disk, tak i SSD, přestože nejsou v notebooku dvě 2,5" šachty. Čím dál častěji jsou však k vidění i klasické základní desky vybavené tímto slotem.

4. M.2

Rozhraní M.2 (výslovnost M dot two), původně známé jako Next Generation Form Factor (NGFF), je novou specifikací pro interně montovatelné expanzní karty počítače. Nahrazuje mSATA standard, který používá fyzickou specifikaci PCI express mini card pro rozložení konektorů.



Obr. – porovnání velikostí M.2 (vpravo) a mSATA SSD disků

4.1. Vlastnosti M.2

Rozhraní M.2 je flexibilnější co do šířky i délky modulů či typů sběrnice a tím se stává i vhodnější pro SSD disky a další malá zařízení v ultraboocích či tabletech.

M.2 konektor umožňuje jeho připojení na tyto sběrnice:

- o Serial ATA 3.0
- o USB 3.0
- o PCI express 3.0 4x

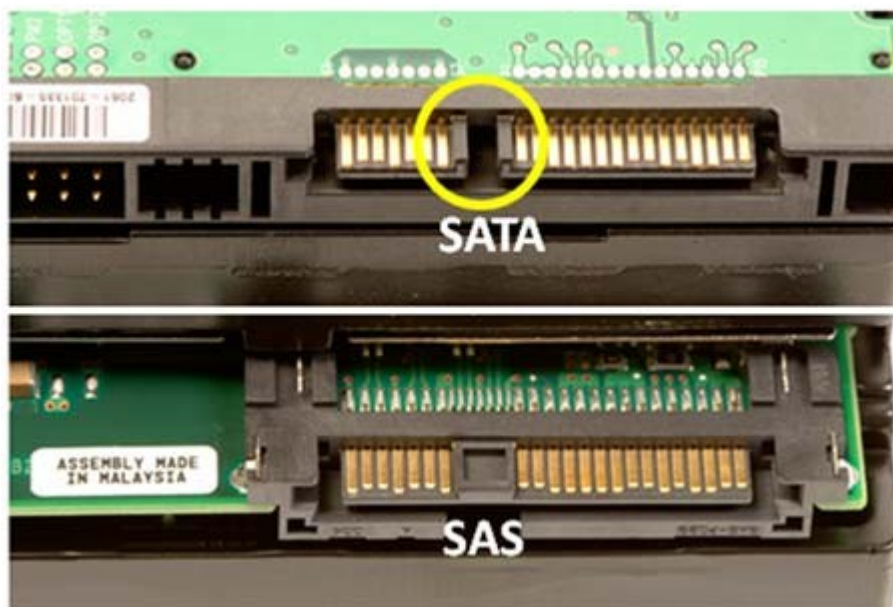
a záleží na výrobci, kterou variantu připojení M.2 konektoru zvolí. Díky této variabilitě se rozhraní M.2 využívá pro tyto moduly:

- o Wi-Fi
- o Bluetooth
- o satellite navigation (GPS)
- o near field communication (NFC)
- o digital radio
- o Wireless Gigabit Alliance (WiGig)
- o wireless WAN (WWAN)
- o solid-state drives (SSDs)

5. SAS

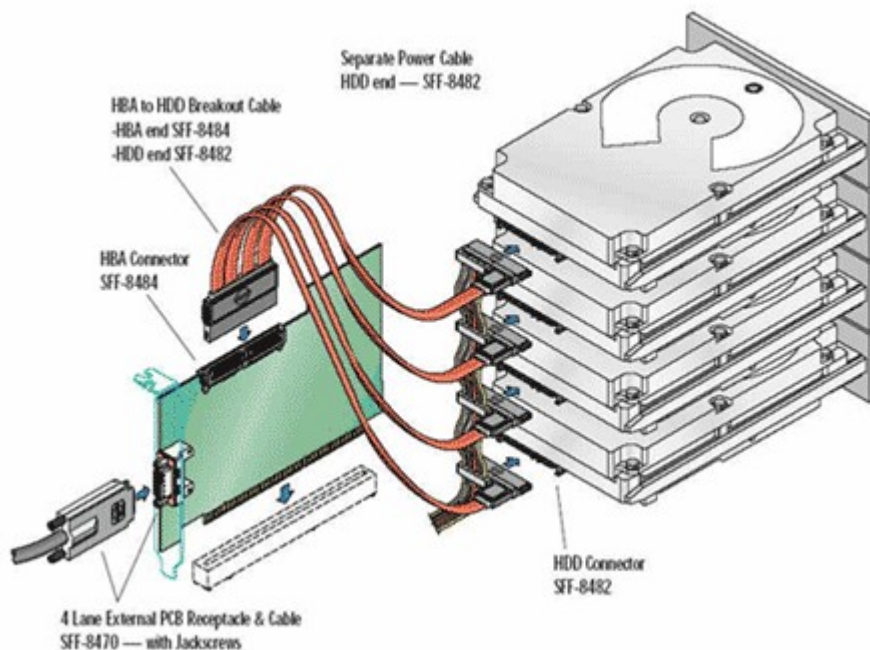
Rozhraní SAS (Serial Attached SCSI) je sériové rozhraní nahrazující dřívější paralelně zapojené SCSI rozhraní. Používá jak příkazy rozhraní SCSI, tak SATA. Rozhraní SAS je tedy kombinací vlastností SCSI a SATA rozhraní. SAS rozhraní nabízí komunikaci bod-bod, což znamená, že řadič je s každým zařízením propojen samostatným kabelem. Oproti paralelnímu SCSI rozhraní nabízí vyšší přenosovou rychlost, podporu technologie „hot swap“ (některé implementace paralelního SCSI ji také podporují) a vylepšenou schopnost proti selhání řadiče.

SAS řadiče obvykle podporují i SATA zařízení, SAS je tedy pro SATA (verze 2 a vyšší) zpětně kompatibilní. Opačné připojení však možné není, k řadiči SATA není možno připojit disk SAS. Disk SAS má konektor upravený zámkem tak, že jej není možné připojit ke konektoru SATA (opačnému připojení ovšem zámek nebrání).



Obr. - SATA vs. SAS

Na rozdíl od SATA rozhraní umožňuje SAS propojit jediný disk ke dvěma řadičům, což zvyšuje bezpečnost u serverů v případě selhání řadiče.



Obr. – sdružený SAS kabel

Také je možné použít čtyřnásobný kabel. Sdružený SAS kabel se používá například pro připojení čtyř disků k jedinému řadiči, aniž by bylo nutné použít čtyři samostatné kabely. Kabel také slouží k připojení řadiče a expandéru. Expandér se připojí jedním nebo několika (kvůli vyšší propustnosti) SAS kabely a na samotném expandéru inteligentní elektronika obslouží všechna připojená zařízení. Vhodné především pro vytváření tzv. diskových polí, které jsou tvořeny velkým počtem disků.

5.1. Součásti SAS sběrnice

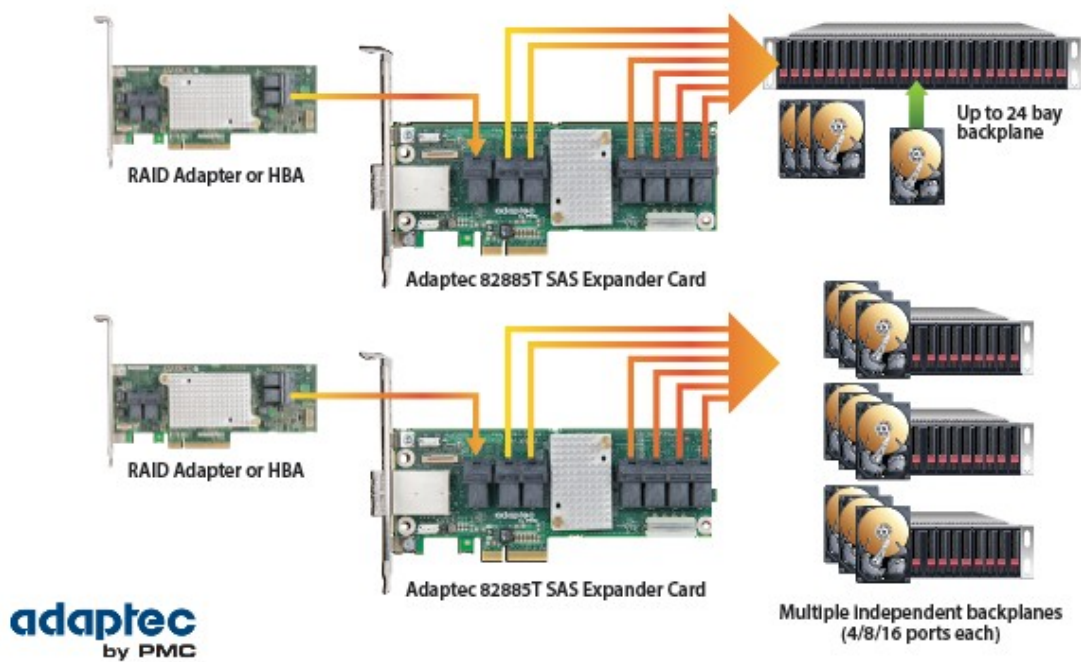
Typický SAS systém se skládá z následujících 4 částí:

- initiator (iniciátor): (Host bus adapter- HBA popř. řadič) – buď v podobě onboard zařízení nebo samostatné karty (typicky do PCIe portu)
- target (cíl): zařízení obsahující logické jednotky a cílové porty. Cílem může být disk nebo diskové pole
- service delivery subsystem (přenosový subsystém): část systému přenášející informace mezi iniciátorem a cílem. Typicky kabeláž pro přímé připojení disků, expandérů nebo polí
- Expanders (rozšiřovače): zařízení sloužící pro komunikaci a rozšiřující počet SAS zařízení



Obr. – HBA SAS - LSI MegaRAID SAS 9240-4i, 6Gb/s, SAS/SATA 4-port, RAID 0/1/5/10/50, PCI-E 2.0x

Figure 1: Adaptec® 12Gb/s SAS Expander Card with Internal Connectors to Passive Backplanes



Obr. – zapojení SAS expanderu

5.2. Verze SAS

SAS-1: 3.0 Gbit/s, představeno v roce 2004

SAS-2: 6.0 Gbit/s, dostupné od února 2009

SAS-3: 12.0 Gbit/s, dostupné od března 2013

SAS-4: 22.5 Gbit/s, na trh má být uvedeno v roce 2017

5.3. Identifikace zařízení a adresování

SAS doména je obdobou SCSI domény – skládá se ze skupiny komunikujících SAS zařízení. Každý port v SAS doméně má svůj SCSI port identifikátor, který je v rámci domény unikátní a nazývá se **World Wide Name**. Identifikátor je přidělen výrobcem (obdobu MAC adresy u Ethernetu).

Každé SAS zařízení má i své SCSI jméno, které je opět jednoznačné v rámci SAS domény. Častěji se ale používá port identifikátor, který určuje zařízení jednoznačně.

Pro porovnání – u původní paralelní SCSI sběrnice identifikátor SCSI ID identifikuje port i zařízení. U Fibre channel technologie se jako port identifikátor používá WWPN a jméno zařízení WWNN.

SAS zařízení jsou identifikována pomocí 64bitové hodnoty (NAA IEEE formát), obsahující identifikátor zařízení i portu.

5.4. Porovnání SAS vs. paralelní SCSI

- SAS pracuje P2P, původní SCSI paralelně v rámci jedné sběrnice
- SAS nepoužívá terminaci
- SAS dovoluje 65535 zařízení, SCSI 8/16 zařízení na kanál
- SAS dovoluje vysokorychlostní přenosy
- SAS dovoluje dual-port technologii – připojení disku k více řadičům současně
- SAS používá stejnou SCSI příkazovou množinu

5.5. Porovnání SAS vs. SATA

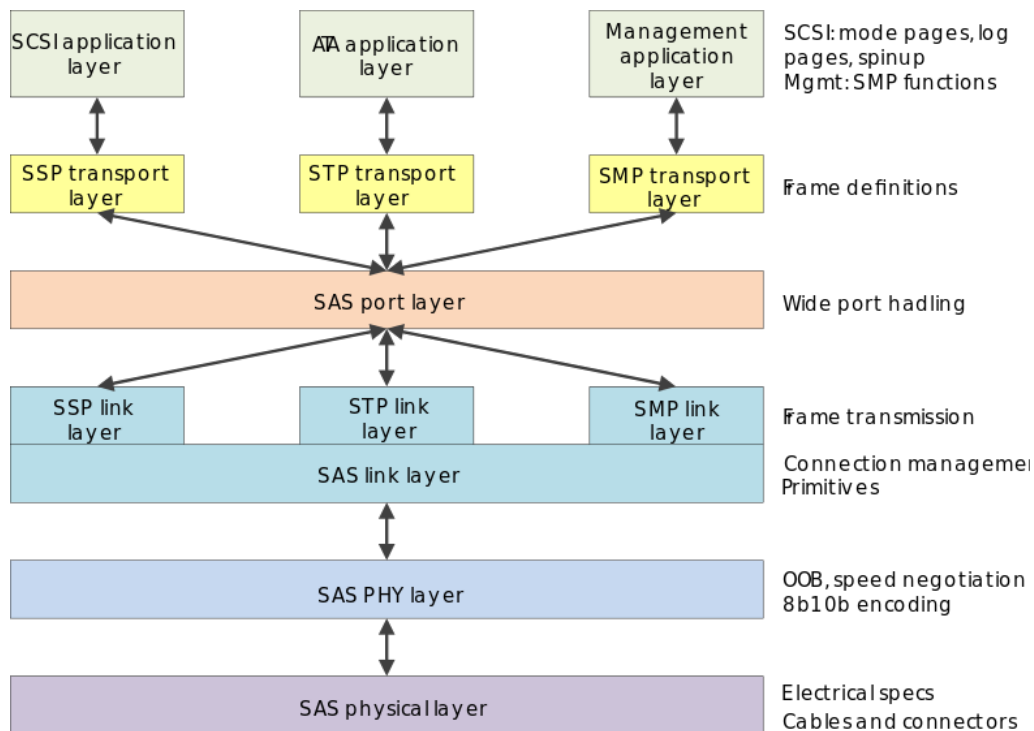
- SAS řadič dovoluje připojit SATA disk, obráceně nelze
- SAS protokol nabízí možnost více iniciátorů v SAS doméně, toto SATA neumí
- SAS disky využívají [tagged command queuing](#), SATA disky [native command queuing](#).
- SATA používá příkazovou sadu založenou na [parallel ATA](#) příkazovou sadě a rozšiřuje jí o native command queuing, hot-plugging a TRIM. SAS používá SCSI příkazovou sadu, která nabízí širší možnosti jako opravu chyb při přenosu, rezervaci a obnovu vadných bloků.
- SATA pro trh s desktopy, SAS serverová technologie pro kritické aplikace.
- SAS nabízí širší možnosti opravy chyb než SMART u SATA
- SAS používá vyšší signální napětí (800–1,600 mV pro vysílání, and 275–1,600 mV pro příjem dat) než SATA (400–600 mV vysílání a 325–600 mV pro příjem dat).

- Díky tomu SAS může využívat kabeláže až do délky 10 m (33 ft) zatímco SATA je limitována délkou 1 m (3.3 ft) nebo 2 m (6.6 ft) for [eSATA](#).
- SAS je [plně duplex](#), zatímco SATA je [poloduplex](#)ní. Transportní vrstva SAS může vysílat i přijímat data plnou rychlostí současně.

5.6. Architektura SAS

SAS architektura se skládá ze šesti vrstev:

- fyzická vrstva
 - o definuje elektrické a fyzické charakteristiky
 - o definuje signalizaci
 - o konektory (viz dále)
- PHY vrstva
 - o kódování dat 8b/10b (pro 3, 6, and 12 Gbit/s)
 - o 128b/150b kódování dat(22.5 Gbit/s) (2 bit header, 128 bit payload, 20 bit Reed-Solomon forward error correction)
 - o inicializaci linky, vyjednání rychlosti
 - o vyjednání schopností linky
- linková vrstva
 - o synchronizaci sběrnice
 - o kódování dat
 - o vytvoření/rušení spojení iniciátora a cíle či expanderu
 - o power management
- port vrstva
 - o kombinuje více PHY vrstev se stejnými adresami do více portů
- transportní vrstva – obsahuje tři protokoly
 - o Serial SCSI protocol (SSP) – pro SCSI zařízení
 - o Serial Tunneled protocol (STP) – pro SATA zařízení
 - o Serial Management Protocol (SMP): pro správu fabric SAS
- Aplikační vrstva





Obr. – architektura SAS

5.7. SAS Konektory

SAS konektory jsou zásadně menší než původní SCSI, velikostně srovnatelné se SATA:

Image	Codename	Other names	Ext./int.	Pins	No of devices	Comment
	SFF-8086	Internal mini-SAS, internal mSAS	Internal	26	4	This is a less common implementation of SFF-8087 than the 36-circuit version. The fewer positions is enabled by it not supporting sidebands.
	SFF-8087	Internal mini-SAS, internal mSAS, internal iSAS, internal iPass	Internal	36	4	Unshielded 36-circuit implementation of SFF-8086. Molex iPass reduced width internal 4× connector, 12 Gbit/s capability.

	SFF-8088	External mini-SAS, external mSAS, external iSAS, external iPass	External	26	4	Shielded 26-circuit implementation of SFF-8086. Molex iPass reduced width external 4× connector, 12 Gbit/s capability.
	SFF-8470	InfiniBand CX4 connector, Molex LaneLink	External	34	4	High-density external connector (also used as an internal connector).
	SFF-8482		Internal	29	1	This form factor is designed for compatibility with SATA. The socket is compatible with SATA drives; however, the SATA socket is not compatible with SFF-8482 (SAS) drives. The pictured connector is a drive-side connector.
	SFF-8484		Internal	32 (19)	4 (2)	High-density internal connector, 2 and 4 lane versions are defined by the SFF standard.
	SFF-8485					Defines SGPIO (extension of SFF 8484), a serial link protocol used usually for LED indicators.

	SFF-8643		Internal	36	4/8	Mini-SAS HD (introduced with SAS 12 Gbit/s)
	SFF-8644		External		4/8	Mini-SAS HD (introduced with SAS 12 Gbit/s)
	Sideband connector		Internal			Often seen on 1xSFF-8643 > 4xSATA cables. Connects the controller to the backplane or disk enclosure if exist. Connection is optional.
	SFF-8680		Internal		1 (2 ports)	SAS 12 Gbit/s backplane connector
	SFF-8639 / U.2 [14] (revision of the SFF- 8680)		Internal	68	1 (2 ports)	SAS 12 Gbit/s backplane connector

Zdroje:

<http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/xpolace1.htm>

<https://en.wikipedia.org/wiki/SCSI>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/SATA>

<http://www.svethardware.cz/recenze-msata-snadne-zrychleni-pocitace/35560>

https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Attached_SCSI