

Hardware pro multimedia

Interní a externí sběrnice a rozhraní PC

(interní - historické PC, ISA, PCI, AGP, SCSI, ATA, vývoj k sériovým
PCIe, SATA, SAS, externí – USB, DVI, HDMI, DisplayPort)

Zdeněk Horčík, listopad 2015

Interní sběrnice PC

- PC, XT - odpovídá sběrnici CPU i8088, 4,77 MHz, 8 bitů
- ISA – Industry Standard Architecture, odpovídá sběrnici CPU i80286, 6 MHz, až 8 MHz, 16 bitů, zavedeno s PC/AT
- MCA – Micro Channel Architecture, IBM PS/2 systém, licence – nerozšířila se, 16/32 bitů, 8,33 MHz = 33 MB/s

- EISA – Extended Industry Standard Architecture, „open“ odpověď konkurentů na MCA, nelicencovaná, kompatibilní s AT díky konstrukci konektoru. 32 bitů, 8,33 MHz = 33 MB/s
- VLB – VESA Local Bus, (Video Electronics Standard Association), rozšíření ISA o sběrnici CPU – 25, 33, 40, 50 MHz, 32 bitů = 132 MB/s pro 33 MHz, problematická

- PCI - Peripheral Component Interconnect, 32 bitů, 33 MHz = 132 MB/s, není přímo svázaná s CPU
- AGP – Accelerated Graphics Port, 1x, 2x, 4x, 8x

PC, XT

- 1981, IBM PC, později XT
- 8 datových bitů, 4,77 MHz
- 20 adresových bitů
- řídicí sběrnice
- „krátký“ 2x31 pinů černý konektor, přímo sběrnice CPU

ISA

- 1984, IBM PC/AT (Advanced Technology), CPU i80286 taktovaný 6 MHz, až 25 MHz
- 16 datových bitů, 6-10 MHz
- 24 adresových bitů
- řídicí sběrnice
- „dlouhý“ 2x31+2x18 pinů černý konektor, přímo sběrnice CPU, v prodloužení dodatečné bity a s předstihem vyšší adresové bity z PC sběrnice

MCA

- 1987, IBM PS/2, CPU i80286/386SX a vyšší
- taktovaná na 10 MHz, asynchronní i synchronní
- 16 datových bitů pro 286/386SX, jinak 32 bitů, až 33 MB/s
- 24 nebo 32 adresových bitů
- řídicí sběrnice, vysoký počet přerušení
- zvláštní typ konektoru

EISA

- 1988, CPU i80386, servery, velké datové toky
- 32 datových bitů, 8,33 MHz
- 32 adresových bitů
- „ISA kompatibilní“ konektor, kontakty ve 2 hloubkách, ISA karty jen v první řadě
- až 33 MB/s jako MCA
- synchronní, častěji asynchronní

VLB

- 1992, CPU i80486SX/DX/DX2, odpověď na potřebu velkých datových toků, přímo sběrnice CPU přes oddělovače
- rozšíření, „přívazek“ na ISA – doplněk konektoru
- 32 datových bitů, 25-50 MHz - synchronní
- velké problémy s kompatibilitou a stabilitou

PCI

- 1991-93, CPU i80486 a novější až dosud, velké datové toky
- 32 datových bitů, 33 MHz
- 132 MB/s
- „bílý konektor“ 84 pinů
- bus master
- Plug and Play
- na dlouhou dobu vyřešila problém sběrnic

Rozšíření PCI

- všechny PCI karty sdílejí kapacitu jedné sběrnice – problém s grafickými kartami, později SCSI, Gb Ethernet... - servery
- více segmentů PCI, tj. víc šířek pásma
- PCI-X - 64 bitů, 66, 100, 133 MHz a víc
- 528, 800 nebo 1064 MB/s, výhled 8 GB/s
- rozšíření PCI, kompatibilní oběma směry
- CardBus - PCI pro PC Card (PCMCIA)

AGP

- není sběrnice, ale jednoúčelové rozhraní
- připojení grafických karet, odlehčí PCI
- přímo k severnímu mostu
- varianty x1, x2, x4, x8
- propustnost cca 250 MB/s – 2 GB/s
- dlouhou dobu stačilo, ale nemělo už kam pokračovat – velké nároky na data u 3D

Co dál?

- Paralelní sběrnice jsou u konce možností!
- Problémy s časováním při rostoucí frekvenci, nestíhá se handshaking
- Nutnost přejít od asymetrického SE (Single Ended) k symetrickému LVD (Low Voltage Differential) – rychlost přeběhu...
- Problémy s rušením, odrazy

Řešení?

- Udělat to od základu jinak
- Přejít na sériové sběrnice, kde není třeba handshaking a kde se nevyžaduje pevný okamžik příchodu signálu
- Kontrola CRC, příp. opakování přenosu
- Přenos s taktem v řádu jednotek GHz

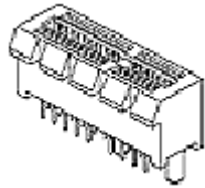
PCI-e

- PCI-express, NENÍ paralelní sběrnice, ale sériová
- varianty x1, x2, x4, x8, x16, (x32) znamenají N sériových linek přenášejících data současně
- PCI kompatibilní softwarový model
- Point to Point – není sdílení pásma
- cca 200 MB/s pro x1 v každém směru

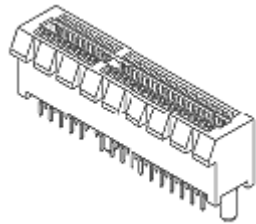
PCI-e

- hardwarově 2 nízkoúrovňové diferenciální páry pro příjem a vysílání, 8/10 bitů kódování, skryté hodiny
- každá linka PCI-e 1.0 dosahuje v každém směru rychlosti 2,5 Gb/s – lze využít oba směry současně
- očekávaný vývoj do 10 Gb/s až 32 Gb/s (v4.0) na 1 linku, kódování 128/130 bitů
- v současnosti pro x16 40 Gb/s = 3,2 GB/s

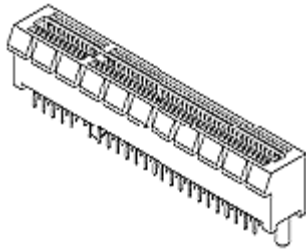
Varianty PCI-e



- PCI-e x1

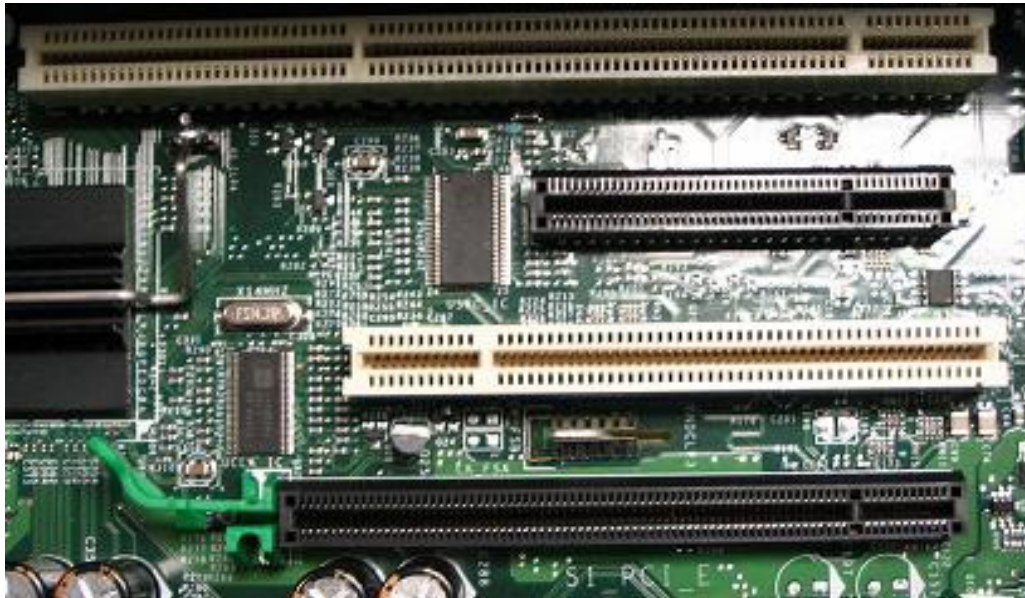


- PCI-e x4



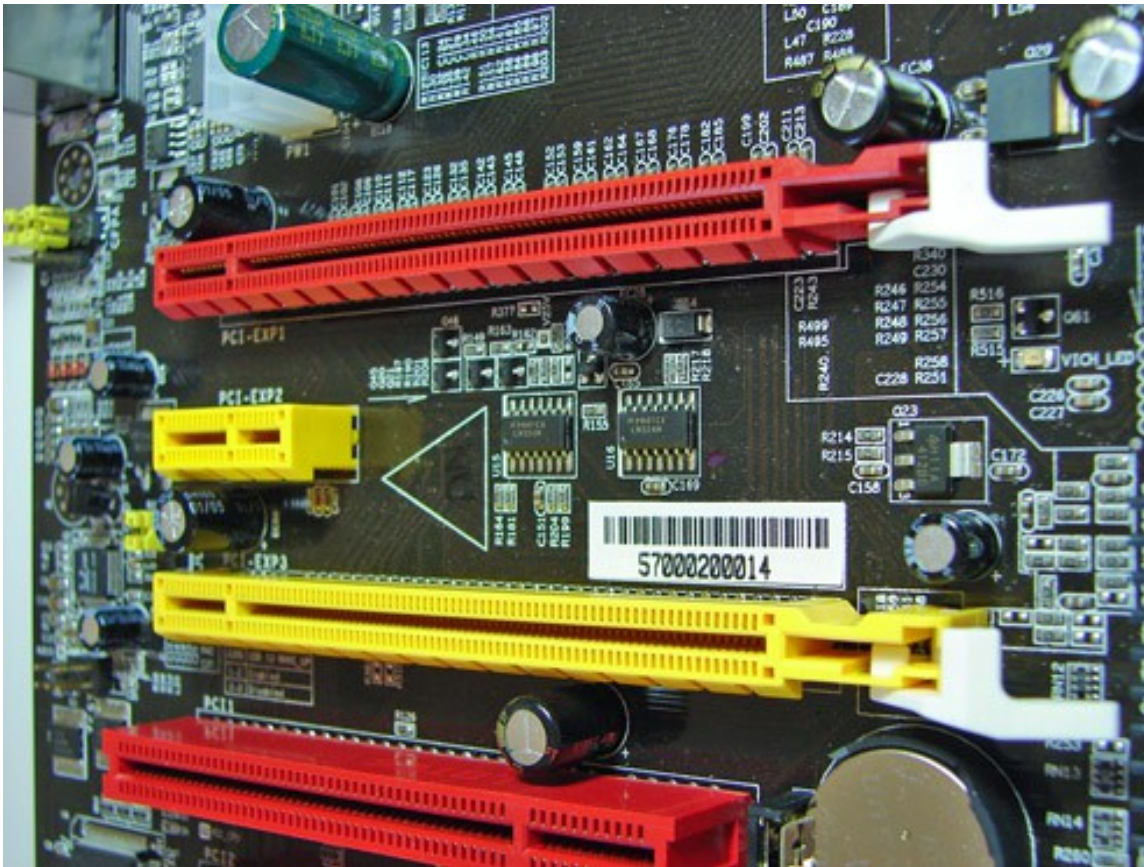
- PCI-e x8

PCI, PCI-e konektory



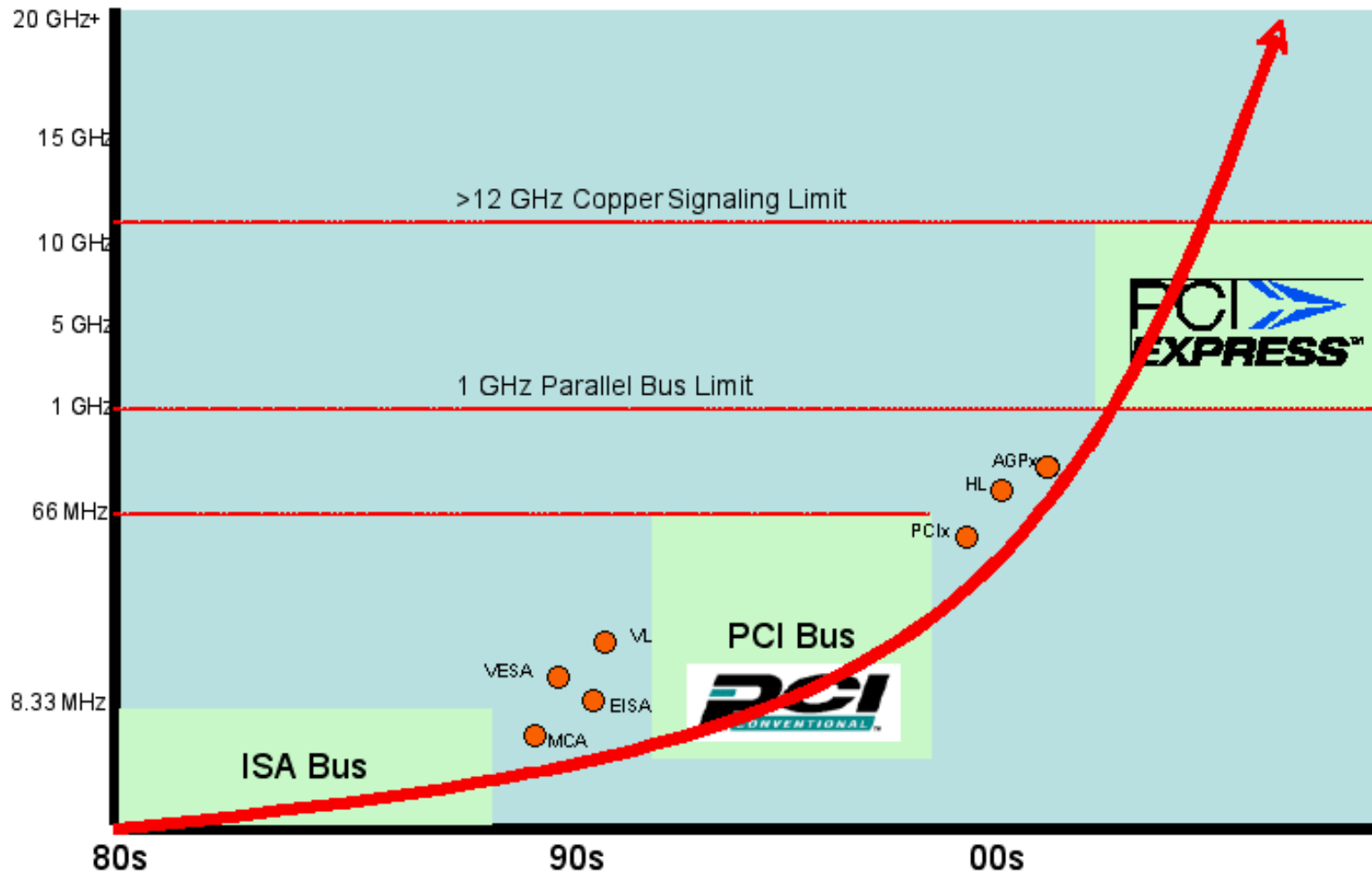
- PCI-X
- PCI-e x8
- PCI
- PCI-e x16

PCI, PCI-e konektory



- PCI-e x16
- PCI-e x1
- PCI-e x16 (x4)
- PCI

Perspektivy vývoje



Sběrnice pro paralelní rozhraní

- Historická - ST506 pro MFM disky..., FDD
- ATA v mnoha variantách
- SCSI v mnoha variantách
- Vnější – LPT (tisk), GP-IB (měření)

- Současný vývoj

ATA

- ATA – AT Attachment, éra PC/AT
- Podmnožina oddělovači posílené ISA sběrnice
- Historický název IDE – Integrated Device Electronics ve smyslu integrování ST506 řadiče do elektroniky disku, formálně nesprávný
- 40-žilový plochý kabel

ATA

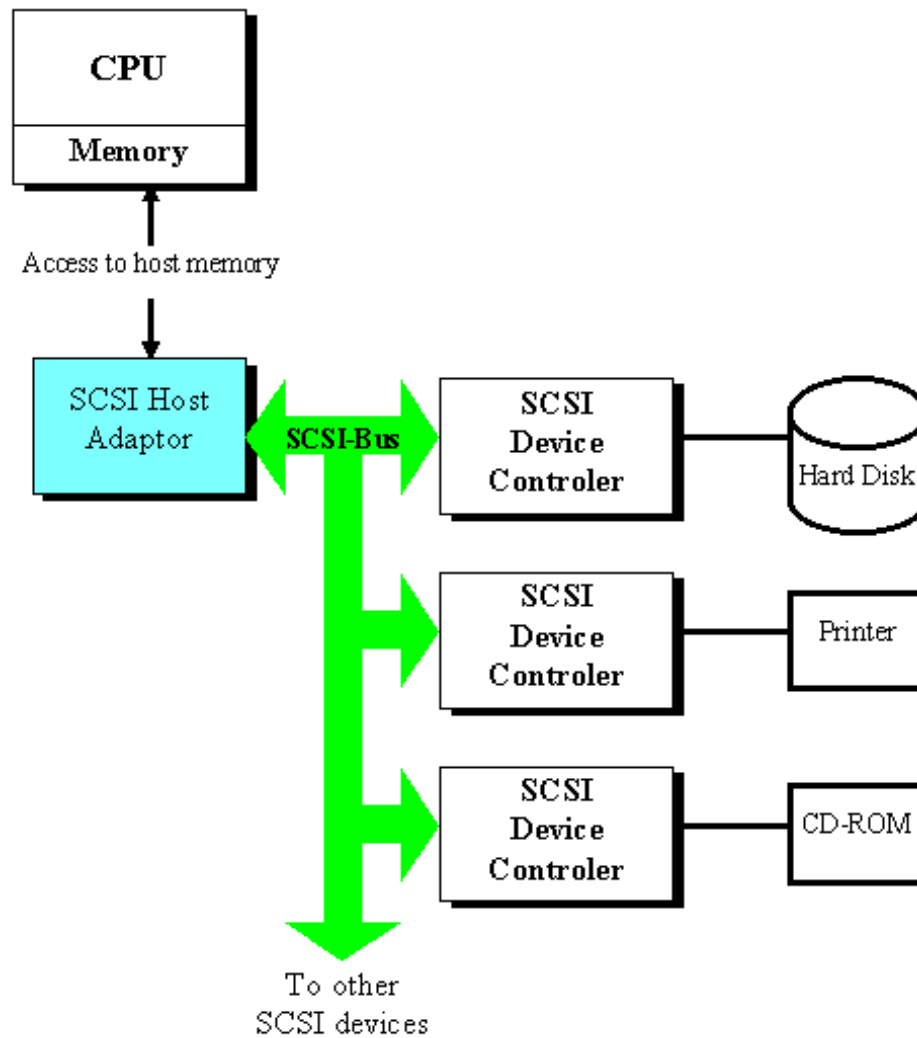
- ATA-1, 2, -3, ..., -7 – varianty dle rychlosti a funkcí, vyvinuto 1986, norma 1994
- ATA-1, též IDE, cca 3 MB/s max. rychlost, kabel 40 pinů, master/slave
- ATA-2, 3, rychlejší PIO a DMA režimy, S.M.A.R.T. – Self Monitoring, Analysis and Reporting Technology
- ATA-4 – Ultra DMA 33, špičkově 33 MB/s

- Podpora ATAPI (ATA Packet Interface) pro připojení CD-ROMů, páskových mechanik apod.
- Vyšší rychlost přenosu umožněna kabelem s 80 žilami – stínění
- ATA-5, UDMA/66, rychlejší, CSEL (Cable Select) vedle Master/Slave
- ATA-6, UDMA/100
- ATA-7, UDMA/133

SCSI

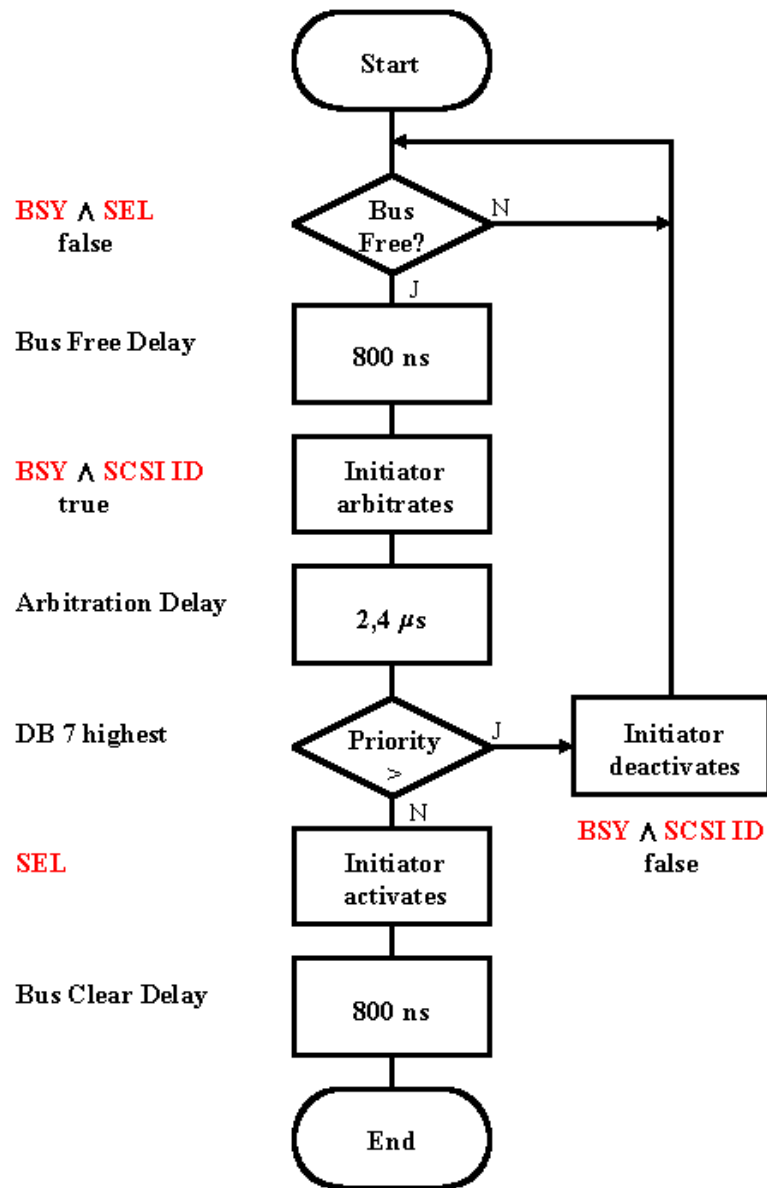
- SCSI [skazi], Small Computer System Interface, 1986, sběrnice pro propojení až 8 nebo 16 zařízení, jedním z nich je řadič
- 8 bitů, 5 MHz – 5 MB/s, SE, terminátory
- Handshaking, komunikaci řídí příjemce, adresování – každé zařízení má nastavenou adresu. Signál Control/Data řídí význam datových signálů.

SCSI



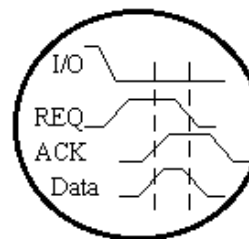
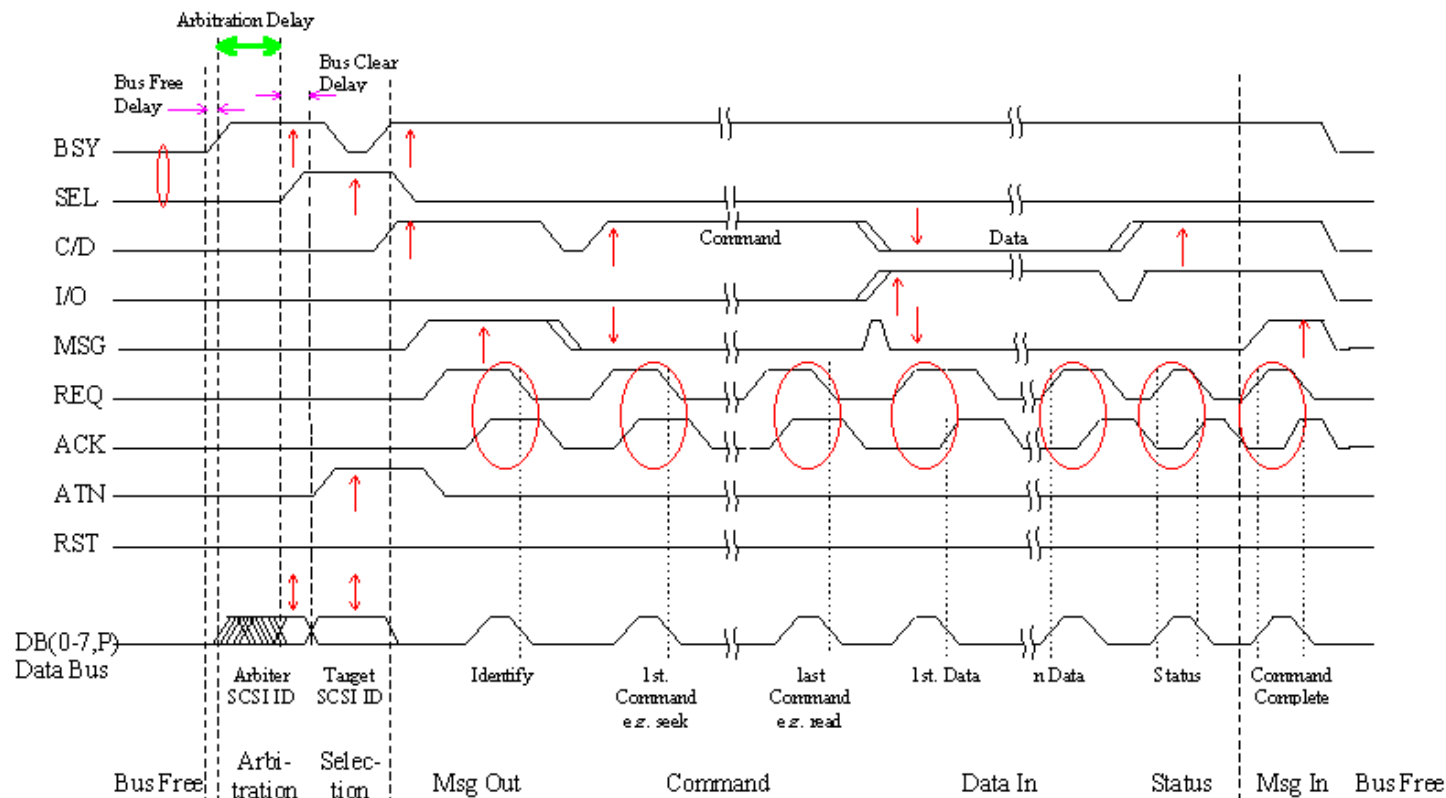
SCSI

- 18 signálových vodičů, zbytek GND, 9x řídicí, 9x data (8 bitů + parita)
- /BSY(BUSY) Montážní OR, indikuje užívání sběrnice
- SEL(SELECT) Signál použitý iniciátorem k výběru příjemce nebo naopak
- C/D (CONTROL/DATA) Signál řízený příjemcem, typ informace na datových linkách, H=control.
- I/O (INPUT/OUTPUT) Signál řízený příjemcem, směr přenosu dat. H=směr k iniciátorovi.
- MSG (MESSAGE) Signál řízený příjemcem, indikuje fázi Message.
- REQ (REQUEST) Signál řízený příjemcem, A signal driven by a target to request a REQ/ACK data transfer handshake.
- ACK (ACKNOWLEDGE) Signál řízený iniciátorem, potvrzuje přenos.
- ATN (ATTENTION) Signál řízený iniciátorem, indikuje připravenost k přenosu
- RST (RESET) Montážní OR, L resetuje všechna zařízení na sběrnici.
- DB (7-0,P) (DATA BUS) 8 datových bitů (DB), plus paritní signál.



- SCSI arbitrace
- Postup pro převzetí kontroly nad sběrnici.
- Zařízení vyčká na Bus Free, nastaví Busy a vlastní ID (datový bit), kontrola, zda totéž nechce zařízení s vyšší prioritou, potom lze vybrat příjemce

Fáze SCSI sběrnice



Data Out

SCSI-2, Fast, Wide

- SCSI-2 – 1994 – fronty příkazů, nové příkazy, ale hlavně:
- Wide – 16 datových bitů
- Fast – takt 10 MHz
- obě vlastnosti ze užívat odděleně, potom Fast SCSI-2 nabízí rychlost 10 MB/s, Fast Wide 20 MB/s
- Aktivní zakončení, delší sběrnice, HVD

SCSI-3, Ultra2, 3, LVD...

- SCSI-3 - 1995, zvýšení taktu, Ultra2 na 40 MHz, Ultra3=Ultra160 na 2x40 MHz (40 MHz, jsou využity obě hrany signálu), rychlost je potom 80 nebo 160 MB/s
- Elektricky vyloučení HVD (High Voltage Dif.), od Ultra3 pouze LVD
- Ultra320 – 320 MB/s, 16 bitů

SCSI – Ultra320

- Lze kombinovat 8 a 16-bitová zařízení, nutné zakončení, nejlépe aktivní, char. impedance 110 Ohmů
- Konektory 25 (nebezpečí!), 50, 68, 80 pinů
- Kabely s kroucenými páry
- Snaha o optickou variantu – Fibre Channel, SCSI příkazy, sériový přenos optickým vláknem

Co dál?

- Paralelní rozhraní jsou u konce možností!
- Problémy s časováním při rostoucí frekvenci, nestíhá se handshaking
- Nutnost přejít od asymetrického SE (Single Ended) k symetrickému LVD (Low Voltage Differential) rozhraní – rychlost přeběhu...
- Problémy s rušením, odrazy

Řešení?

- Udělat to od základu jinak
- Přejít na sériová rozhraní, kde není třeba handshaking a kde se nevyžaduje pevný okamžik příchodu signálu
- Kontrola CRC, příp. opakování přenosu
- Přenos s taktem v řádu jednotek GHz

SATA 1.0

- Nástupce ATA (ATA-7, tj. UATA/133), přejmenovaného s nástupem SATA na PATA
- 1,5 Gb/s, špičková přenosová rychlost 1,2 Gb/s = 150 MB/s (kódování 8/10)
- Přenos prostřednictvím 2 diferenciálních párů, každý pro jeden směr
- Nové konektory

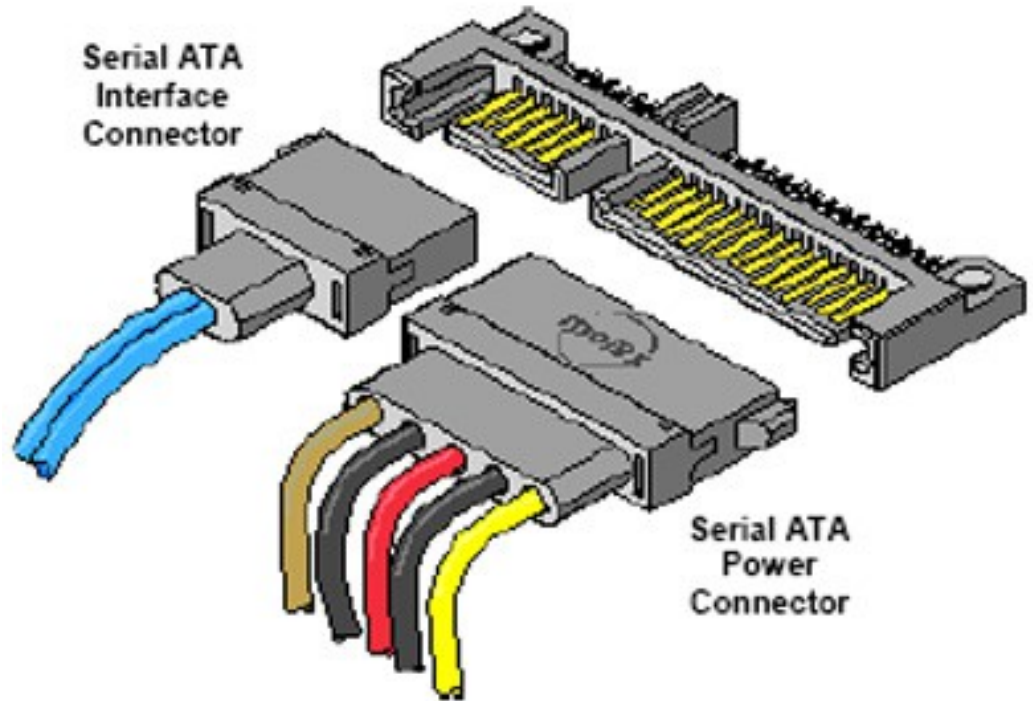
SATA 2.0, 3.0

- SATA 2.0, 3 Gb/s, 300 MB/s
- SATA 3.0, 6 Gb/s, 600 MB/s, stíněné kabely
- Zavádí NCQ - Native Command Queuing – fronta příkazů s možností přeskupení pořadí jako u SCSI
- Zpětná kompatibilita se SATA 1.0

SATA 3.1, 3.2

- SATA 3.1 zavádí mSATA = SATA rozhraní na konektoru PCI Express Mini Card, lepší power management, příkaz TRIM pro SSD
- SATA 3.2, 16 Gb/s, 1969 MB/s, zavádí rozhraní M.2 – menší a výkonnější nástupce mSATA, zahrnuje i USB 3.0

SATA konektory – data, napájení



SAS

- SAS – Serial Attached SCSI
- SCSI protokol přenášen přes sériové rozhraní, nízkonapěťové diferenciální páry podobně jako u SATA

	Serial ATA 1.0	Serial Attached SCSI
Spread spectrum clocking	Yes	Not required for native Serial Attached SCSI peripherals; supported for SATA compatibility
Signal rate	1.5 Gbps	1.5 Gbps & 3.0 Gbps
Tx voltage	400-600 mV	800-1600 mV
Rx voltage	325-600 mV	275-1600 mV
Nominal differential impedance	100	100
Bit Error Rate on the bus	10^{-12}	10^{-12}
Dual Porting	No	Yes

Table 2 – Comparison of Serial Attached SCSI and Serial ATA 1.0 Physical Interfaces

Kompatibilita SATA - SAS

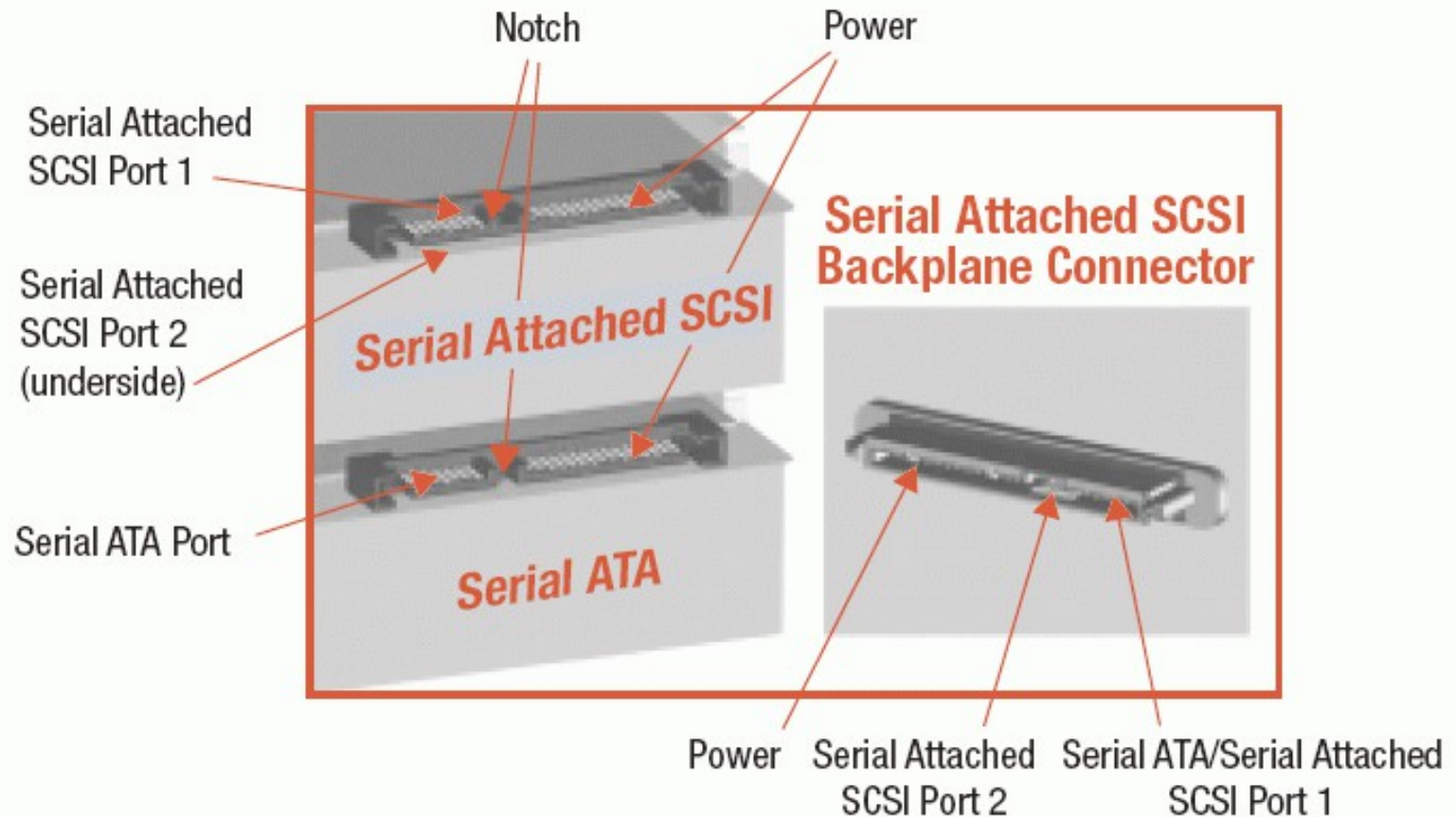


Figure 3 – Serial Attached SCSI and Serial ATA Connector Compatibility

USB

- Universal Serial Bus
- Sériová sběrnice s Plug and Play pro univerzální využití
- 3 generace dle rychlosti, mnoho typů konektorů
- 4 vodiče – kroucený pár DATA+ DATA-, napájení +5 V, GND
- Asymetrická architektura, jeden host, a více downstream USB portů, až 127 periférií (včetně hubů) ve stromové topologii

USB

- Sběrnice s jedním zařízením typu Host (master), od kterého pocházejí všechny aktivity
- Přenos dat se uskutečňuje v rámcích (frame) o délce 1 ms, v nich se libovolně kombinuje komunikace různých zařízení, i s různou rychlostí
- Data se vysílají v krátkých paketech (8 B) a v delších paketech (256 bajtů)
- Master může požadovat data od zařízení
- Žádné zařízení nemůže vysílat data samo od sebe

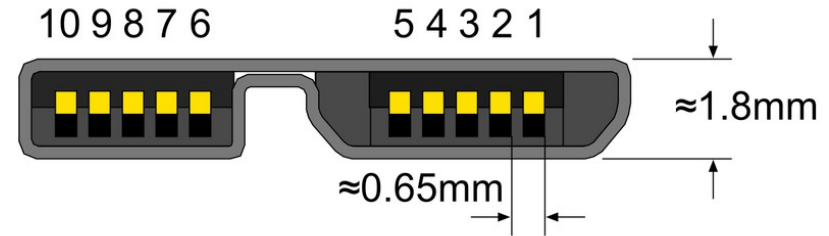
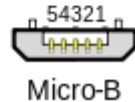
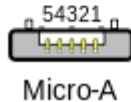
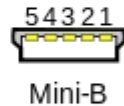
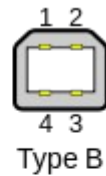
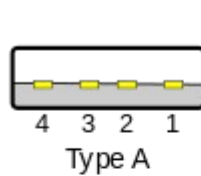
USB 1.1, 2.0, 3.0, 3.1

- USB 1.1 (a historická 1.0) - Low-Speed zařízení 1,5 Mb/s a Full-Speed 12 Mb/s
- USB 2.0 - Hi-Speed 480 Mbit/s, kompatibilní s USB 1.1
- USB 3.0, v r. 2015 přejmenováno na USB 3.1 Gen1 - Superspeed USB, 5 Gb/s, kódování 8/10, tj. přenos 4 Gb/s, přidává další 2 signálové páry, full duplex, nové konektory, zpětně kompatibilní zahrnutím pův. USB 2.0 rozhraní
- USB 3.1 Gen2 – Superspeed+ USB, 10 Gb/s, kódování 128/132 bitů, srovnatelné s rozhraním Thunderbolt

Napájení přes USB

- Napájení přes USB 1.0 a 2.0 – 5 V, 100 mA (jednotková zátěž), zařízení může požádat o další 4 jednotky, tj. celkem 500 mA.
- USB 3.0 150 mA*6 jednotek, tj. celkem až 900 mA
- Zvláštní módy pro nabíjení, Battery Charging, 5 V/1,5 A, Sleep-and-charge, standard pro nabíjení mobilů - konektor micro USB
- Power Delivery – 12 V až 20 V/3 A až 5 A

USB 1.1, 2.0, 3.0



Micro-B USB 3.0 plug

1. Power (VBUS)
2. USB 2.0 differential pair (D-)
3. USB 2.0 differential pair (D+)
4. USB OTG ID for identifying lines
5. GND
6. USB 3.0 signal transmission line (-)
7. USB 3.0 signal transmission line (+)
8. GND
9. USB 3.0 signal receiving line (-)
10. USB 3.0 signal receiving line (+)

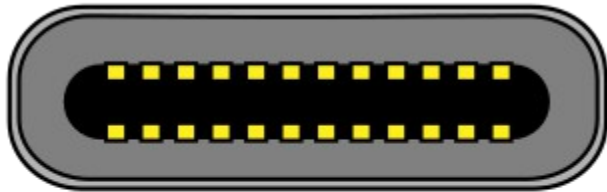
USB 1.0 – 2.0

1. Power (VBUS)
2. Differential pair (D-)
3. Differential pair (D+)
4. GND

USB C

- Nový reverzibilní konektor 24 pinů, definice obsahuje 4 páry napájení Vbus/GND, 4 páry Superspeed, 2 páry (z toho pouze 1 osazený) USB 2.0, konfigurační a sideband propojení
- Nemusí mít vše zapojeno a použito – nemusí umět USB 3.1 a Power delivery
- USB 2.0 jen v jedné poloze!

USB C

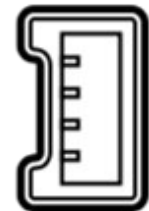
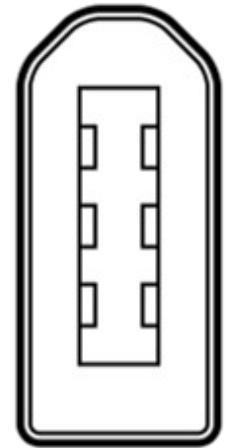


Type-C



IEEE1394, FireWire, i.Link

- Isochronní sériová sběrnice, může pracovat i asynchronně
- Max. přenosové rychlosti dle verze do 400, 800, 1600 Mb/s
- Stromová nebo zřetězená topologie, 63 zařízení – peer to peer komunikace, více hostů
- Připojení videokamer a datových úložišť (místo SCSI), profi audiosystémy, trvalý datový tok

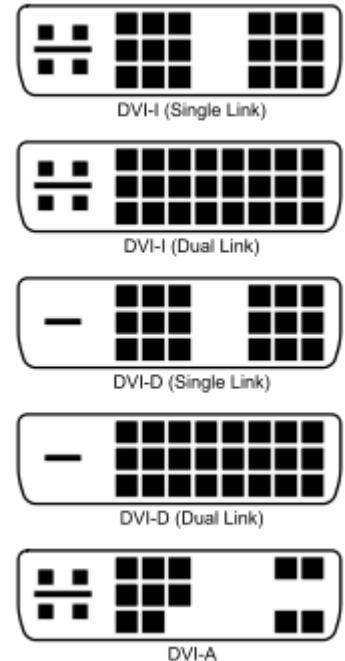


Rozhraní pro displej

- Historicky – číslicové výstupy na TTL úrovních, MGA, CGA, Hercules, EGA
- VGA, SVGA a pokračovatelé - analogové výstupy 3 barev na „VGA konektoru“ – HD-15
- Soudobé číslicové výstupy – DVI-D, DVI-I, HDMI, DisplayPort, Thunderbolt – sériový přenos obrazové informace po diferenciálních párech, další funkce

DVI

- DVI - Digital Visual Interface
- V plné verzi DVI-I obsahuje 2 datové linky, analogový „SVGA“ (WUXGA) výstup a DDC
- Omezené varianty DVI-I Single Link DVI-D jen digitální výstupy, DVI-A jen analogový výstup na DVI konektoru
- Přenos v sériovém formátu PanelLink, kódování Transition Minimized Differential Signaling (TMDS), bitrate jednoho linku (3 barvy – 24 bitů) 3.96 Gbit/s, stačí pro rozlišení 2,75 megapixelů – např. 1,920 × 1,200 při obnovovací frekvenci 60 Hz



DVI

- Dual link - při potřebě většího rozlišení, nebo větší barevné hloubce než 24 bitů
- Dvojnásobný počet TMDS párů, rozlišení až 2560×1600 při 60 Hz
- DDC, DDC2 - Display Data Channel
-komunikace mezi monitorem a grafickou kartou, 128-256 bitů dat, DDC pomalá sériová linka, DDC2 I²C, i při vypnutém monitoru

DVI-I

- Pin 1,2 TMDS data 2-/+
- Pin 3 TMDS data 2/4 shield
- Pin 4,5 TMDS data 4-/+
- Pin 6,7 DDC clock, DDC data
- Pin 8 Analog vertical sync
- Pin 9,10 TMDS data 1-/+
- Pin 11 TMDS data 1/3 shield
- Pin 12,13 TMDS data 3-/+
- Pin 14,15 +5 V, Ground

- Pin 16 Hot plug detect
- Pin 17,18 TMDS data 0-/+
- Pin 19 TMDS data 0/5 shield
- Pin 20,21 TMDS data 5-/+
- Pin 22 TMDS clock shield
- Pin 23,24 TMDS clock+/-

- C1,C2,C3 Analog red, green, blue
- C4 Analog horizontal sync
- C5 Analog ground Return for R, G, and B signals

Digital red-/+ (link 1)

Digital green-/+ (link 2)

Digital green-/+ (link 1)

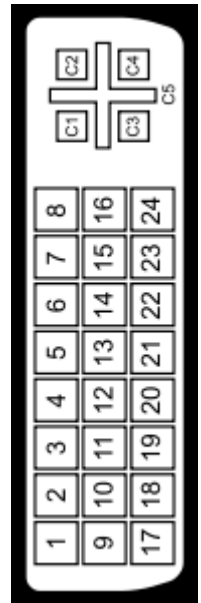
Digital blue-/+ (link 2)

Power for monitor when in standby

Digital blue-/+ (link 1) and digital sync

Digital red-/+ (link 2)

Digital clock+/- (links 1 and 2)

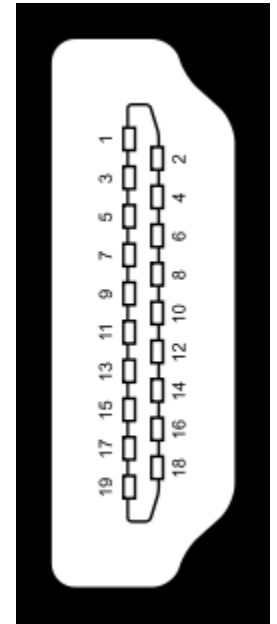


HDMI

- High-Definition Multi-media Interface
- HDMI je zpětně kompatibilní s rozhraním DVI
- Konektor má 19 (typ A), nebo 29 (typ B) pinů, to odpovídá Single Link DVI, nebo Dual Link DVI, cca 4 – 8 Gb/s
- Mezi videosnímky je navíc proti DVI přenášen audiosignál, cca 36 Mb/s
- Ochrana DRM (Digital rights management) HDCP (High-bandwidth Digital Content Protection)
- Licenční poplatky za výrobu
- Řada verzí 1.0 – 1.4, 2.0 – rychlost, funkce

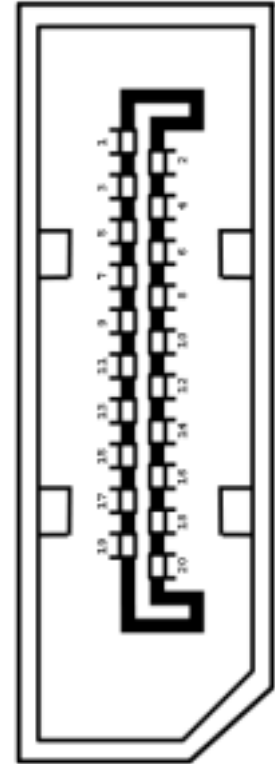
HDMI

- 1,3 TMDS Data2+/-
- 2 TMDS Data2 Shield
- 4,6 TMDS Data1+/-
- 5 TMDS Data1 Shield
- 7,9 TMDS Data0+/-
- 8 TMDS Data0 Shield
- 10,12 TMDS Clock+/-
- 11 TMDS Clock Shield
- 13 CEC (Consumer Electronics Control)
- 14 Reserved (N.C. on device)
- 15,16 DDC clock, DDC data
- 17 DDC/CEC Ground
- 18 +5 V Power (max 50 mA)
- 19 Hot Plug Detect



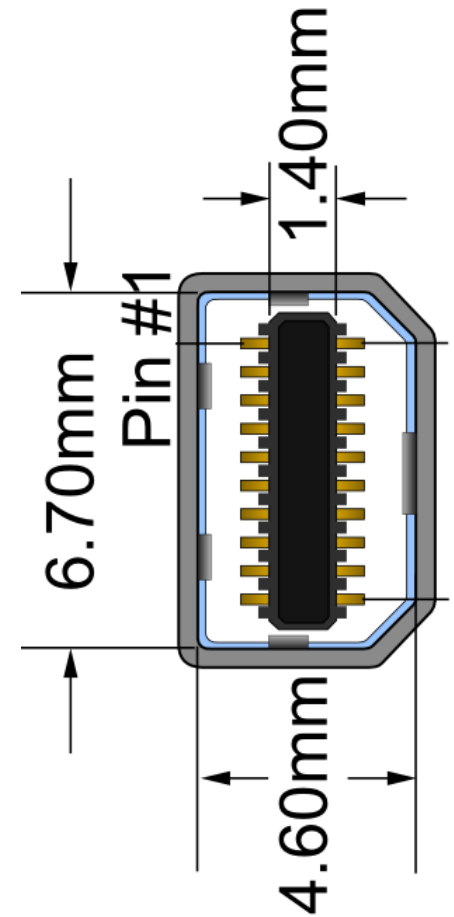
DisplayPort

- Založen na přenosu datových paketů
- Navržen jako náhrada DVI a VGA v počítačové technice, nemá konkurovat HDMI ve spotřební elektronice
- Bitrate 1.296, 2.16, nebo 4.32 Gbit/s na každý datový pár, 1, 2, nebo 4 páry
- Omezeně kompatibilní s DVI a HDMI
- Prosazován výrobci počítačů
- Může obsahovat ochranu DPCP (DisplayPort Content Protection)
- Bez licenčních poplatků



Thunderbolt

- Vize – „to move media faster“
- Kombinuje rychlý přenos dat a HD video
- Založen na multiplexování a následném demultiplexování PCI-Express a DisplayPortu do sériového rozhraní
- Zpětně kompatibilní s existujícími displeji s DisplayPortem, konektor jako Mini DisplayPort
- Až 4 cesty s přenosovou rychlostí až 5,4 Gbit/s
- Vyvinut ve spolupráci Intel a Apple
- Od počátku vývoje plánována i optická fyzická vrstva - Intel Silicon Photonics



MIDI

- Musical Instruments Digital Interface -Digitální rozhraní hudební elektroniky
- MIDI je sériový jednosměrný komunikační protokol
- Původně komunikace mezi klávesovými hudebními nástroji, později i jiné nástroje
- Sestává z fyzického propojení a ze způsobu kódování a přenosu informací v systému (komunikační protokol) - upravené počítačové rozhraní RS-232 – proudová smyčka 5 mA, rychlost 31250 Baudů (1 MHz/32)
- Přednosti: jednoduchosti, všeobecná rozšířenost

MIDI

- Konektor standardní „pětikolík“
- Novější zařízení - osmikolíkový konektor MINI-DIN
- Připojení k počítači přes Game port (Canon 15 pinů) s převodníkem proudové smyčky a budičem výstupu
- Nová zařízení připojena přes USB
- MIDI protokol - poměrně jednoduchý programovací jazyk, lineární, bez možnosti skoků, jen částečně definovaný normou, volnost pro tvorbu nových příkazů, často vizualizační nástroje pro programování
- Komunikace založena na jedno nebo vícebytových zprávách – stavový byte, datové

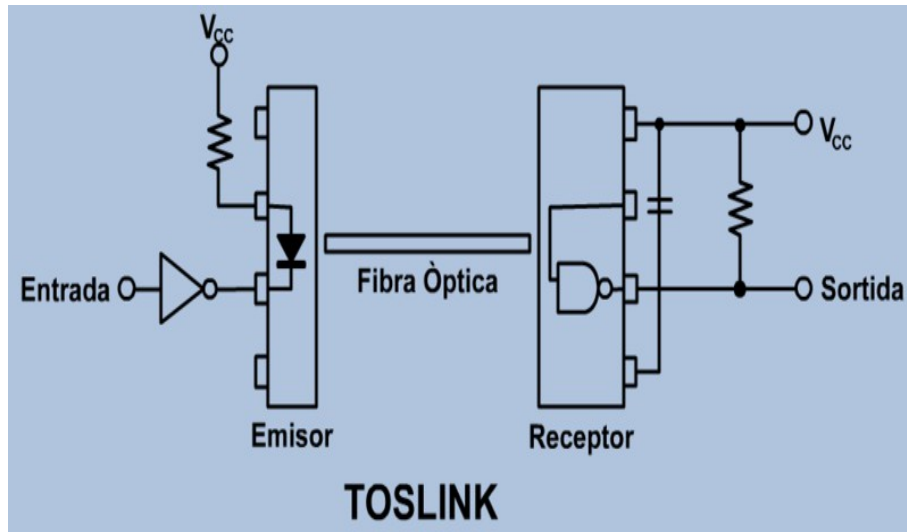
S/PDIF, AES3

- Sony/Philips Digital Interconnect Format
- AES3, neboli AES/EBU (Audio Engineering Society/European Broadcasting Union) – profesionální varianta k S/PDIF užívanému ve spotřební elektronice
- Standard pro přenos digitálně kódovaného zvukového signálu v audiotechnice
- Oba standardy se liší elektricky, částečně i formátem přenášených dat, lze je navzájem převádět
- Kmitočet přenosu (data rate) se liší podle přenášeného signálu, není pevně definován.
- Obvykle přenáší 20bitová data, CD (44,1 kHz), nebo DAT (48 kHz) vzorkovací frekvence

S/PDIF, AES3

- S/PDIF – asymetrické připojení, koaxiální kabel s RCA konektory 75Ω , buzení $0,5 V_{\text{řř}}$, nebo plastové optické vlákno („Toslink“, červené světlo) – necitlivé na el. rušení a zemní smyčky, obě varianty vzdálenost do cca 10 m
- AES3 – symetrické připojení s oddělovacími transformátory, stíněná kroucená dvojlinka 110Ω , buzení $2-7 V_{\text{řř}}$, do 100 m, nebo asymetrické koaxiální propojení 75Ω , buzení $1-1,2 V_{\text{řř}}$, vzdálenost do cca 1000 m

S/PDIF, AES3



Literatura

- www.intel.com
- Wikipedia.org (mj. zdroj obrázků konektorů)
- Možnosti přenosu MIDI protokolu přes standardní rozhraní PC, Krejčí, R., diplomová práce FEL ČVUT, Praha 2007
- http://www.rane.com/pdf/ranenotes/Interfacin_g_AES3_&_SPDIF.pdf
[online, 15.10.2012]
- <http://www.epanorama.net/documents/audio/spdif.html>
[online, 15.10.2012]