

Komunikační rozhraní



Břetislav Bakala

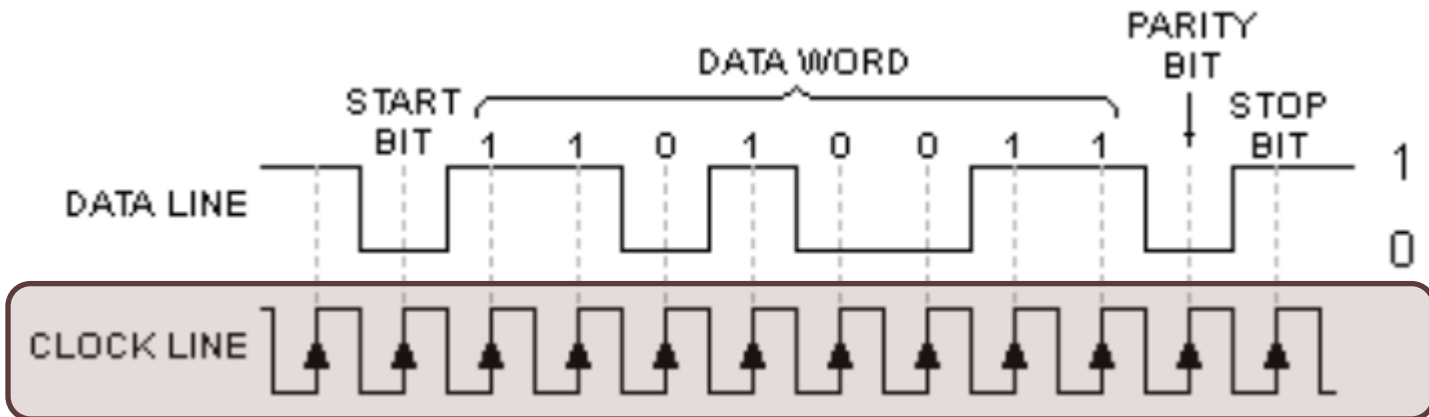
Asynchronní a synchronní přenos

- Asynchronní přenos má na obou stranách vlastní generátor hodinových impulsů nastavený na stejnou hodnotu rychlosti. Hodinový signál se nepřenáší.
- Synchronní přenos má jen jeden generátor hodinových impulsů (na straně Device communication equipment – DCE) a signál je přenášen na druhou stranu, kde je detekován.

Varianty asynchronního rozhraní

- Komunikační port (COM) pracuje podle standardů s úrovněmi signálů:
RS232C +/- 3-15V
RS232B +/- 5-25V
- Universal asynchronous receiver-transmitter (**UART**) většinou používá úroveň signálu 5V nebo 3,3V
- **Fullduplex** – komunikace oběma směry najednou
- **Halfduplex** – komunikace pouze jedním směrem najednou
- **Hardwarové řízení toku** – signály CTS, RTS, DTR, DSR
- **Nulový modem** – křížení vysílacího a přijímacího páru

Formát seriového přenosu



start bit, **data** 8 nebo 7 bitů, **parita**, **stop** bit 1 až 2

Universal Serial Bus - USB

- **Seriový paketový přenos** vysokou rychlostí (10 Gbit/s, USB 3.1)
- **pyramidovitá tiered topologická struktura**, hostitel řídí přenos
- **vrcholek hostitel** - řídí podřízená zařízení, možnost sdružovat více logických zařízení
- jeden spoj od hostitele se může **větvit v rozbočovači** – hub
- na jednoho hostitele USB je možno připojit až **127 zařízení**
- Každé zařízení USB má interní číslo dodavatele **Vendor ID** -VID, které je oficiálně udělováno
- možnost připojování **Plug & Play** za běhu počítače, **zajištění napájení**

Specifikace USB

- První specifikace USB byla navržena v roce 1995, rozšíření díky Apple iMac 1998
- USB 1.1 - **Low-Speed** 1,5 Mb/s / **Full-Speed** 12 Mb/s – 4 vodiče
- USB 2.0 - **Hi-Speed** 480 Mbit/s – zpětná kompatibilita – 4 vodiče
- USB 3.0 – **Superspeed** 5Gb/s – 4+4 vodiče (USB 3.1 - Gen1, konektor A)
- USB-C Gen1 - USB 3.1 Gen1 SuperSpeed 5Gb/s s konektorem C
- USB-C Gen2 - USB-C 3.1 Gen2 **SuperSpeed+** 10 Gbit/s s konektorem



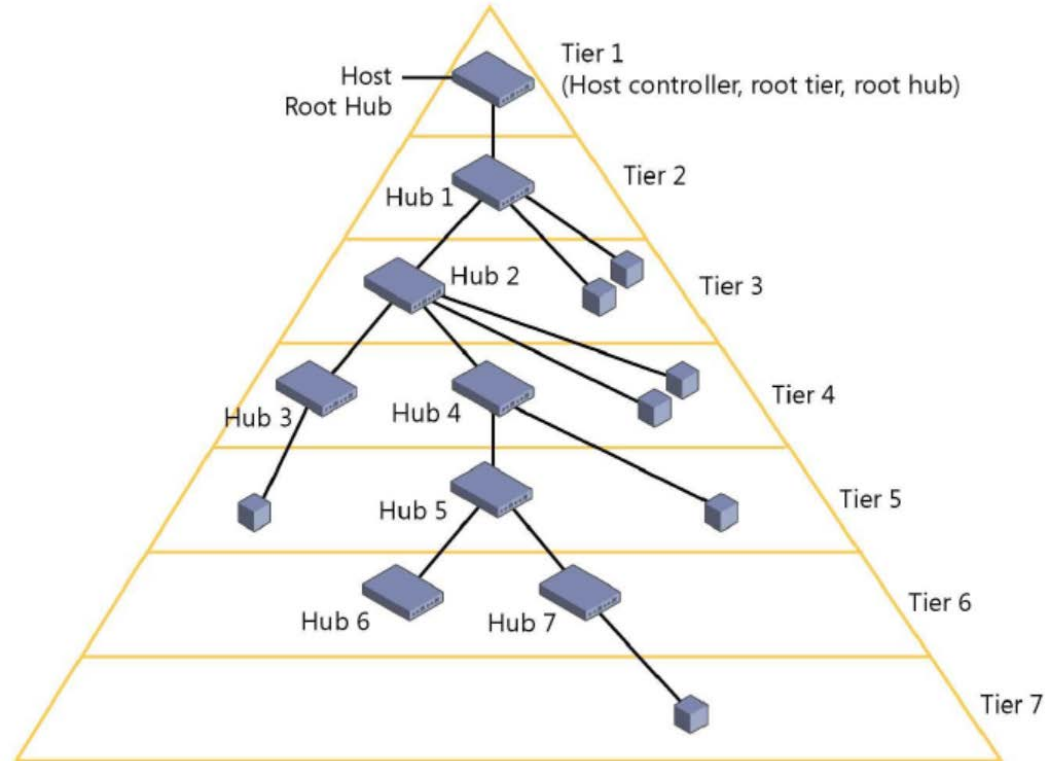
USB zařízení

Zařízení, která se k dané sběrnici připojují a poskytují tak systému (hostiteli) nějaké své prostředky.

- **Device** je chápáno jako zařízení, které neposkytuje konkrétní služby, ale pouze rozšiřuje služby sběrnice (např. **rozbočovače**).
- **Function** je chápáno jako zařízení, které poskytuje nějaké **konkrétní služby** (např. myš, klávesnice, tiskárna).

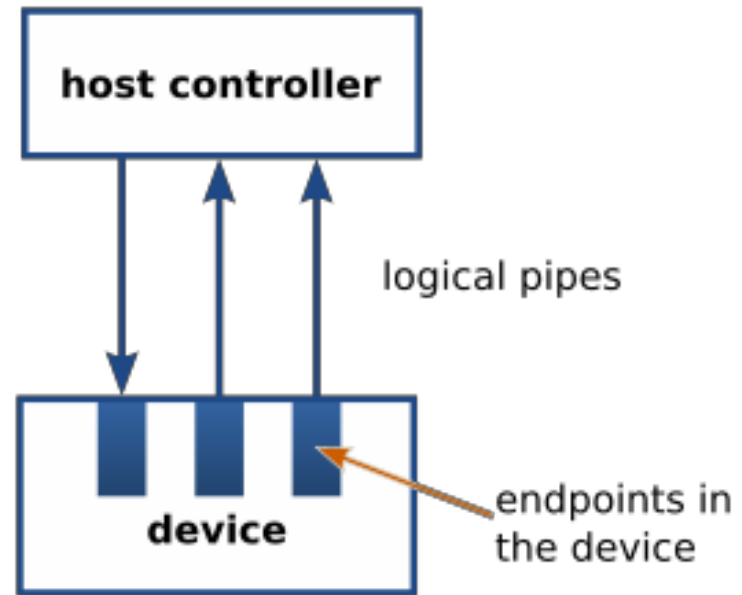
USB topologie, rozbočovač

- Root Hub - kořenový rozbočovač v hostitelském řadiči
- Veškerá komunikace s koncovými zařízeními se odehrává přes něj
- přímá komunikace mezi zařízeními není možná
- Kombinované zařízení (Compound Device)



USB pipe

- Logické propojení hostitele koncového bodu - endpointu
- Zařízení může mít až 32 endpointů (16 IN, 16 OUT), každý endpoint má přiřazeno unikátní číslo v procesu inicializace (4 bity)
- Roury je možné otevírat a zavírat.



Dva typy USB rour

- **Message pipe** = je obousměrná roura pro kontrolní (řídící) přenosy (konfigurace zařízení).
- **Stream pipe** = je jednosměrná roura pro přenos dat:
 - **Izochronní** (isochronous) – garantovaná přenosová rychlost ale možná ztráta dat (audio, video zařízení).
 - **Přerušovaný přenos** (interrupt) – garantované rychlé odpovědi na asynchronní události (klávesnice, myš).
 - **Nárazový přenos** (bulk) – velké datové přenosy s maximální možnou šířkou přenosu, bez garance rychlé odpovědi ale bez ztráty dat (přenosy dat z disků).

USB pipe

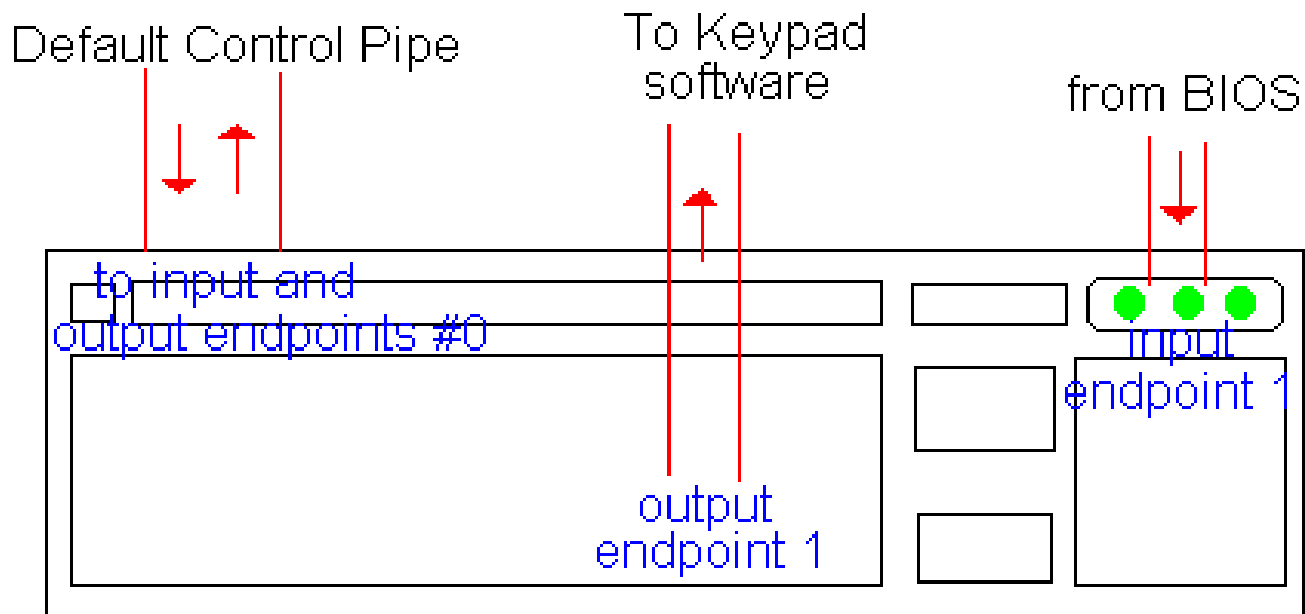


Figure 2 : Simple keyboard model illustrating endpoints and pipes

Fáze připojení USB zařízení I.

- Hub informuje hostitele (host) o tom, že bylo připojeno nové zařízení
- Hostitel se dotáže hubu, na který port bylo zařízení připojeno
- Hostitel vydá příkaz tento port zapnout a provést vynulování (reset) sběrnice
- Hub generuje signál (reset) o délce 10 ms a uvolní pro zařízení napájecí proud 100 mA
- USB hostitel povolí dotyčný port a komunikuje s daným USB zařízením prostřednictvím řídicí roury na defaultní adrese 0.

Fáze připojení USB zařízení II.

- Hostitel si přečte **první bajty** deskriptoru zařízení určující **délku datových paketů**
- **Hostitel přiřadí zařízení USB jeho adresu** na sběrnici a zjistí, zda jde o hub nebo koncové zařízení a jakou šířku pásma bude potřebovat.
- Následně **vytvoří řídicí rouru** pro toto USB za řízení a nasměruje ji na přiřazenou adresu a endpoint číslo 0. Komunikace probíhá mezi ***device address, endpoint number***
- **Hostitel přiřadí zařízení napájecí proud podle deskriptoru** zařízení a **vyhledá příslušný ovladač** v hostitelském software
- Adresa koncového zařízení je lokální ve stromu USB a nemá žádný vztah k adrese, s níž se pracuje na systémové sběrnici počítače.

Informace o zařízení USB

Identifikační údaje jsou rozděleny do tří skupin:

Povinné (Standard) – identifikace výrobce, třída, do které zařízení patří, možnosti úspory energie, informace o zařízení, konfigurace a počet koncových bodů.

Volitelné (Class) – bližší specifikace zařízení pro konkrétní třídu, do které patří.

Informace o výrobci (USB Vendor) – zde může uložit výrobce jakékoli informace, formát dat nepodléhá konkrétnímu standardu.

Odpojení zařízení USB

- Zařízení je možné **připojit nebo odpojit v jakýkoliv okamžik** - systém a příslušné klientské programy musí být schopny ošetřit všechny možné situace, které mohou nastat.
- **Po odpojení USB hostitel vymaže zařízení ze svých tabulek a uvolní prostředky**, které byly použity.
- Pokud je **odpojen rozbočovač**, jsou **odpojena všechna zařízení**, která jsou přes tento rozbočovač připojena.

PID, struktura paketu token

- Identifikátor paketu – (packet identifier - PID), 16 typů paketů. 4 bity vysílány 2x (přímá hodnota, pak negovaná) – možnost kontroly správného příjmu PID.

PID ₀	PID ₁	PID ₂	PID ₃	-PID ₀	-PID ₁	-PID ₂	-PID ₃
------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

- Řídicí pakety (token pakety) - adresování zařízení (před zahájením datového přenosu), potvrzení příjmu dat (bezchybného), indikace chyby.

8	7	4	5
PID	ADDR	ENDP	CRC16

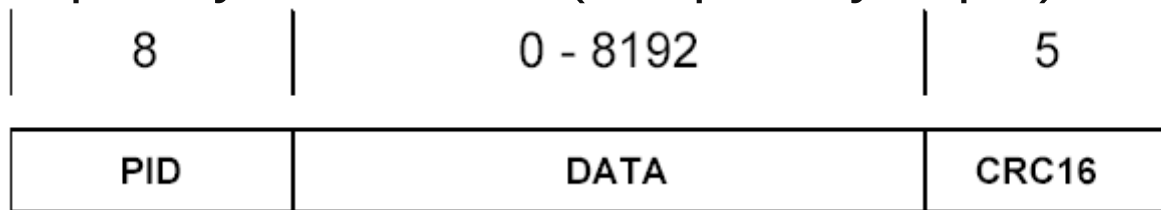
PID

USB PID bytes

Type	PID value (<i>msb</i> -first)	Transmitted byte (<i>lsb</i> -first)	Name	Description
Reserved	0000	0000 1111		
Token	1000	0001 1110	SPLIT	High-bandwidth (USB 2.0) split transaction
	0100	0010 1101	PING	Check if endpoint can accept data (USB 2.0)
Special	1100	0011 1100	PRE	Low-bandwidth USB preamble
			ERR	Split transaction error (USB 2.0)
Handshake	0010	0100 1011	ACK	Data packet accepted
	1010	0101 1010	NAK	Data packet not accepted; please retransmit
	0110	0110 1001	NYET	Data not ready yet (USB 2.0)
	1110	0111 1000	STALL	Transfer impossible; do error recovery
Token	0001	1000 0111	OUT	Address for host-to-device transfer
	1001	1001 0110	IN	Address for device-to-host transfer
	0101	1010 0101	SOF	Start of frame marker (sent each ms)
	1101	1011 0100	SETUP	Address for host-to-device control transfer
Data	0011	1100 0011	DATA0	Even-numbered data packet
	1011	1101 0010	DATA1	Odd-numbered data packet
	0111	1110 0001	DATA2	Data packet for high-bandwidth isochronous transfer (USB 2.0)
	1111	1111 0000	MDATA	Data packet for high-bandwidth isochronous transfer (USB 2.0)

Datový paket

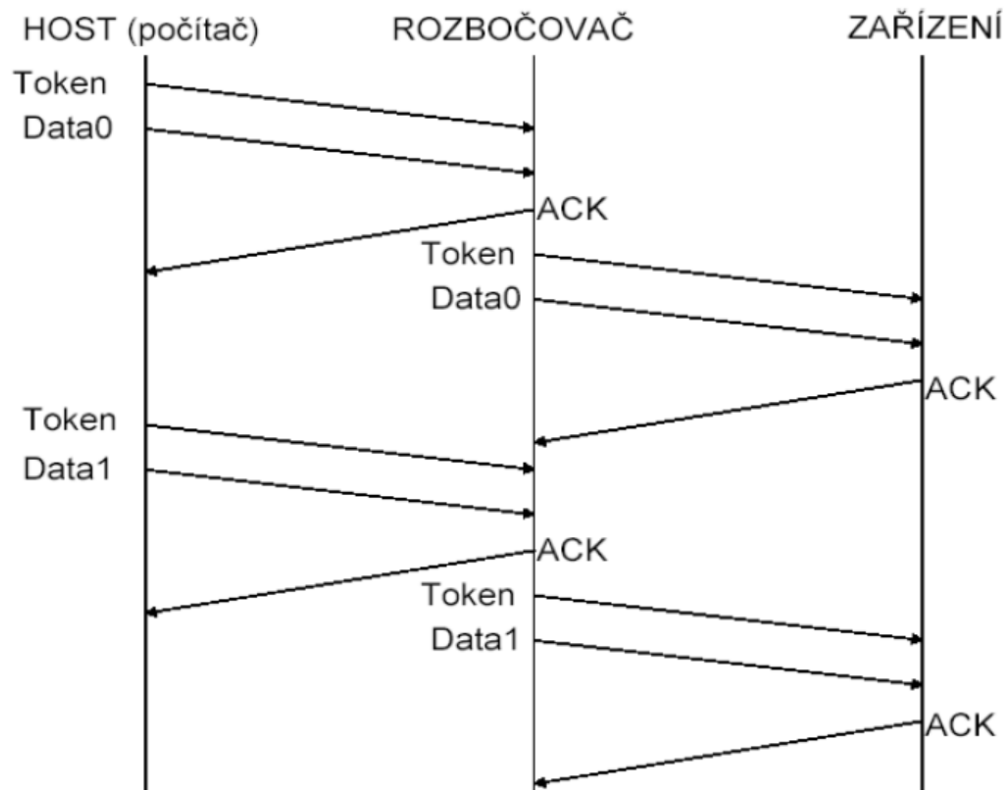
- Datové pakety nesou data (vstupní i výstupní).



- Datový paket nenese adresu zařízení ani koncového bodu. Není to třeba, protože komunikace byla již ustavena.
- 3 typy PID – 0, 1 a 2 (pakety jsou číslovány 0, 1, 2).

Source	Destination	Protocol	Lengt	Info
host	3.1.2	USBMS	58	SCSI: Write(10) LUN: 0x00 (LBA: 0x045b2eb0, Len: 8)
host	3.1.2	USBMS	4123	SCSI: Data Out LUN: 0x00 (Write(10) Request Data)
3.1.1	host	USBMS	40	SCSI: Response LUN: 0x00 (Write(10)) (Good)

Průběh komunikace OUT



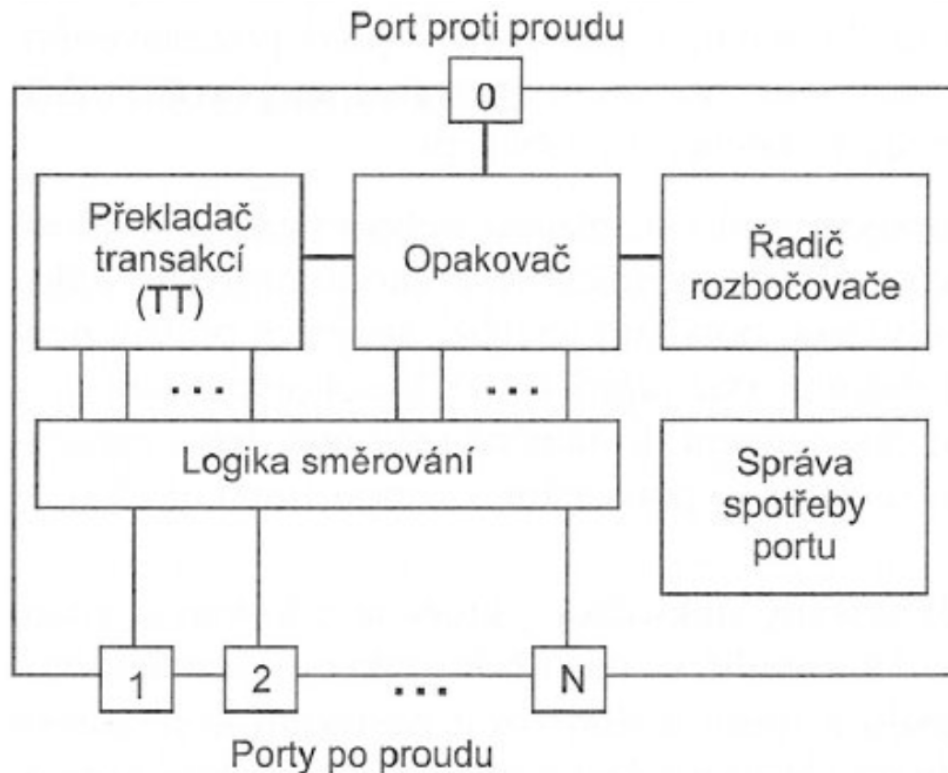
Průběh komunikace IN

- Počítač pošle do rozbočovače paket token typu IN.
- Pro zařízení je to výzva, aby poslal data.
- Zařízení pošle data a za nimi token ACK.
- Pokud data nemá, tak pošle token NACK

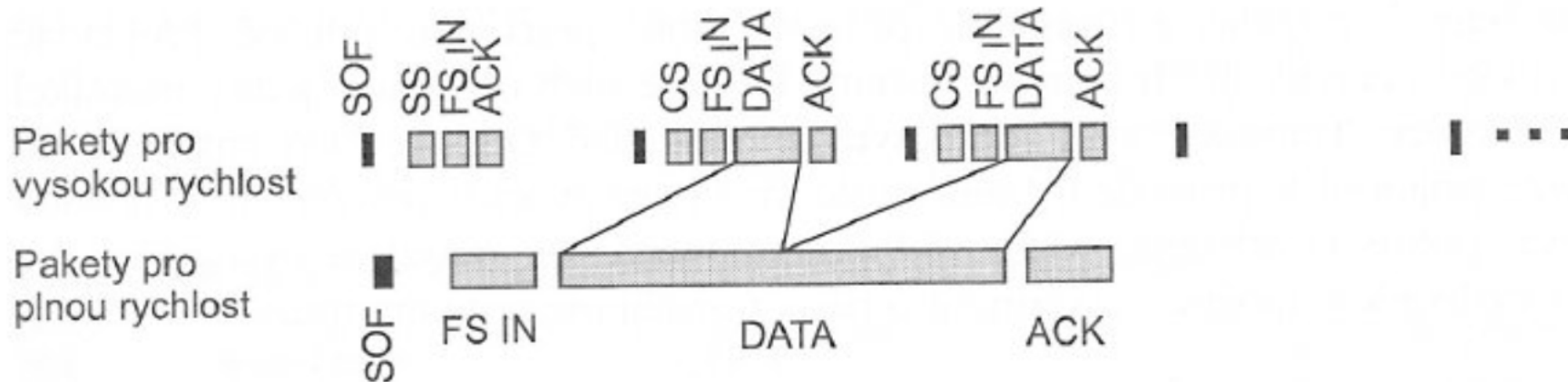
```
host 3.1.2 USBMS 58 SCSI: Read(10) LUN: 0x00 (LBA: 0x00002c08, Len: 8)
3.1.1 host USBMS 4123 SCSI: Data In LUN: 0x00 (Read(10) Response Data)
3.1.1 host USBMS 40 SCSI: Response LUN: 0x00 (Read(10)) (Good)
```

Komunikace USB 2.0

Překladač transakcí
překládá pakety high speed
do společného rámce s
pakety full speed



Komunikace USB 2.0



SOF - Start of frame

SS – Start split

CS – Complete split

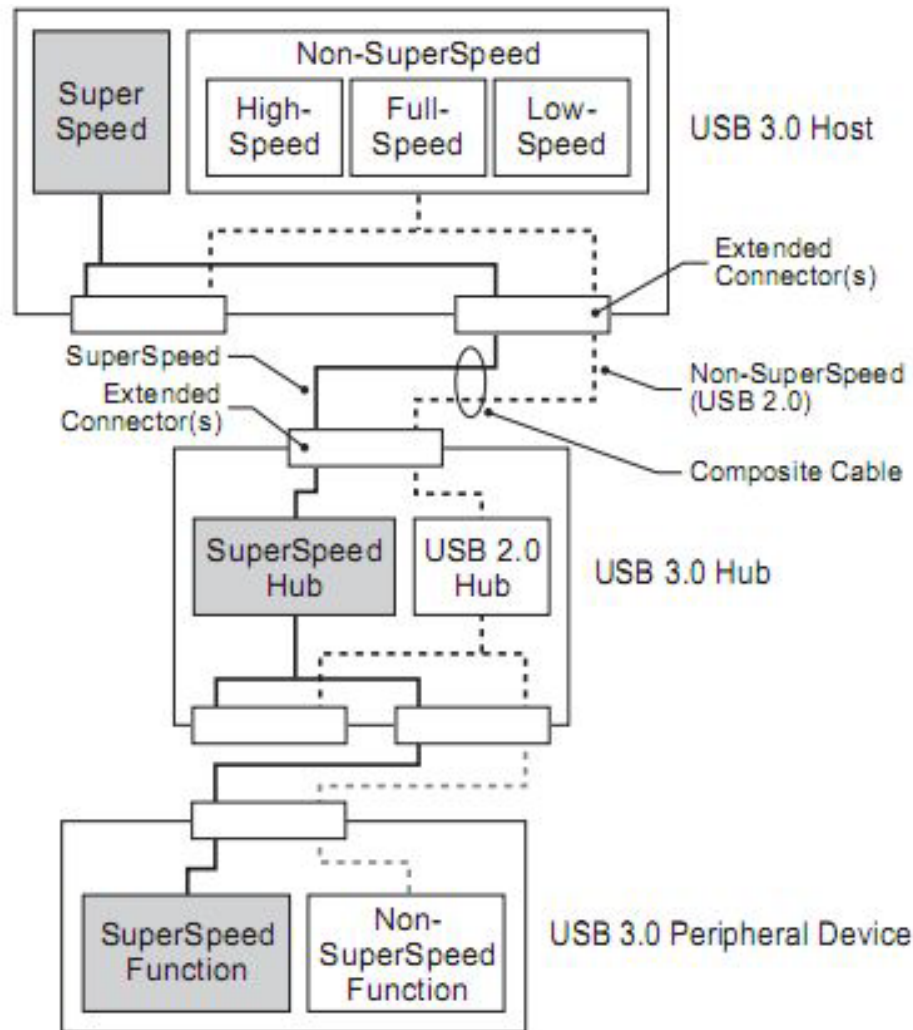
FS IN – Frame split information

Funkce pro řízení komunikace

- Posílat startovací pakety SOF (Start of Frame)
- Posílat pakety SETUP, IN a OUT
- Plánovat přenosy v 1 ms USB rámci
- Poskytovat resetovací signál USB reset
- Poskytovat řízení napájení (USB power management)

USB 3.0

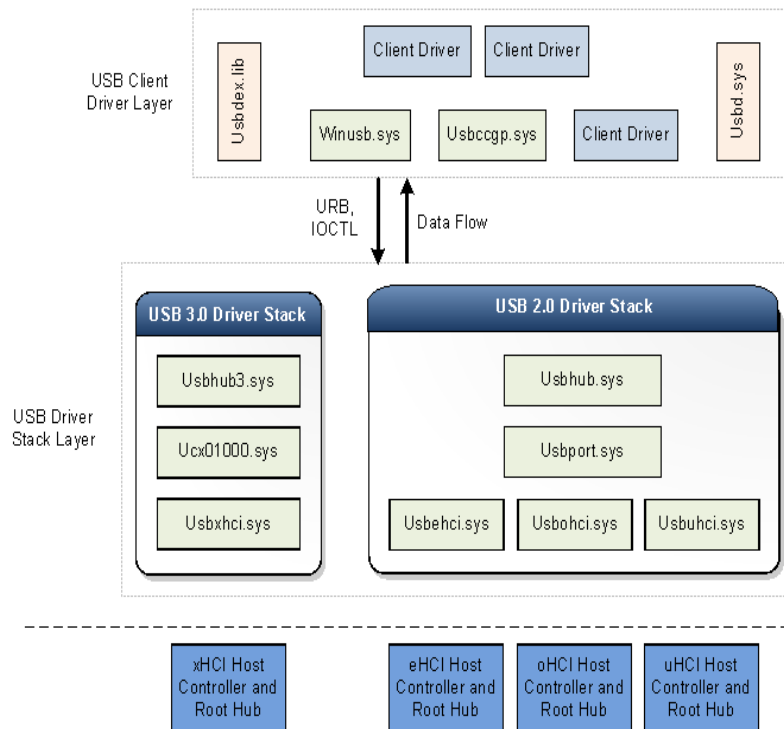
Zařízení pro komunikaci Super-Speed jsou fyzicky i logicky odděleny od komunikace High-Speed, Full-Speed



USB 3.0 Driver Stack

Samostatné řadiče USB pro
USB 2.0 a USB 3.0

Kernel Mode



USB On-the-Go

- USB OTG řeší problém realizace propojení dvou periferních zařízení, řadič obou zařízení podporuje Dual-Role Device - DRD

USB OTG zavádí dva nové protokoly:

- Session Request Protocol - SRP – obě komunikující zařízení mohou řídit druhé zařízení – rozdíl proti klasickému USB, kde tuto možnost měl pouze počítač v roli host.
- Host Negotiation Protocol - HNP – obě zařízení si mohou vyměnit roli master/slave.

USB On-the-Go konektor

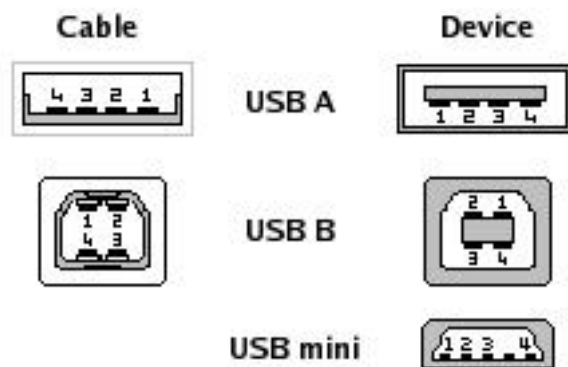
- USB On-The-Go (OTG) (5 pinů)
- Všechna zařízení OTG mají jen jednu Micro-AB zásuvku.
- Zástrčky se rozlišují podle přidaného ID pinu a podle toho, kam se připojí, se rozlišuje A zařízení (hostitel) a B zařízení (periferie).



Napájení zařízení

- USB umožňuje napájení koncového zařízení
- USB 1.0 - 2.0 limit maximálního výkonu 2,5 w (max 500 mA)
- USB 3.0 limit maximálního výkonu 4,5 w (max 900 mA)
- USB 3.1 limit výkonu do 100 w





Pin	Signal	Color	Description
1	VCC		+5V
2	D-		Data -
3	D+		Data +
4	GND		Ground

USB 3.1

- USB
- Zdvojnásobuje rychlost oproti verzi 3.0 na 10Gbps
- Zvyšuje možnost využitelného příkonu ze 4,5 w na 100w
- Je zpětně kompatibilní
- USB typu C
 - Konektor není zpětně kompatibilní
 - Je konstruován na přenos vysokých rychlostí a příkonů
 - Podpora protokolů HDMI, DisplayPort a další
 - Oboustranný

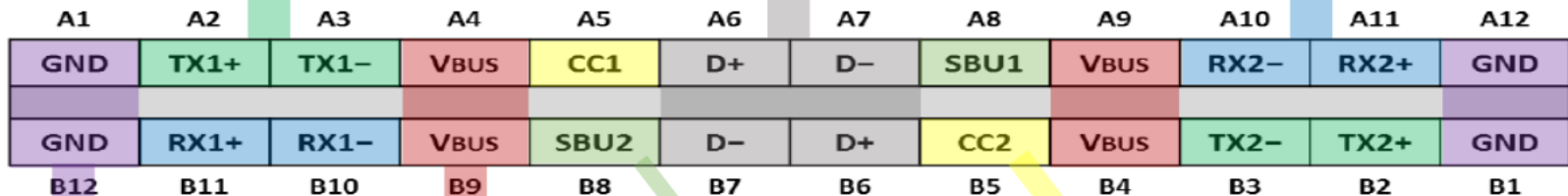


USB C

High Speed Data Path (TX for USB, or for DP Alt Mode)

USB 2.0 Interface

High Speed Data Path (RX for USB, or TX for DP Alt Mode)



Cable Ground

Cable Bus Power

For Sideband Use
(not used for USB)
DP Aux for Alt Mode

Plug Configuration Detection

- One becomes V_{CONN} , for cable or adaptor power
- CC is used for USB-PD communication



A



B



Micro B



Micro



Mini



Lightning



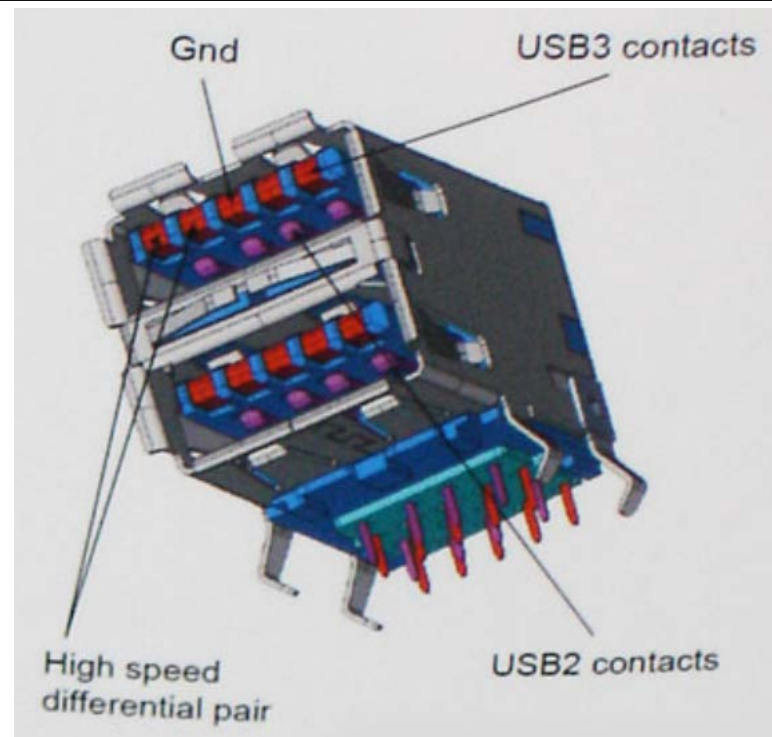
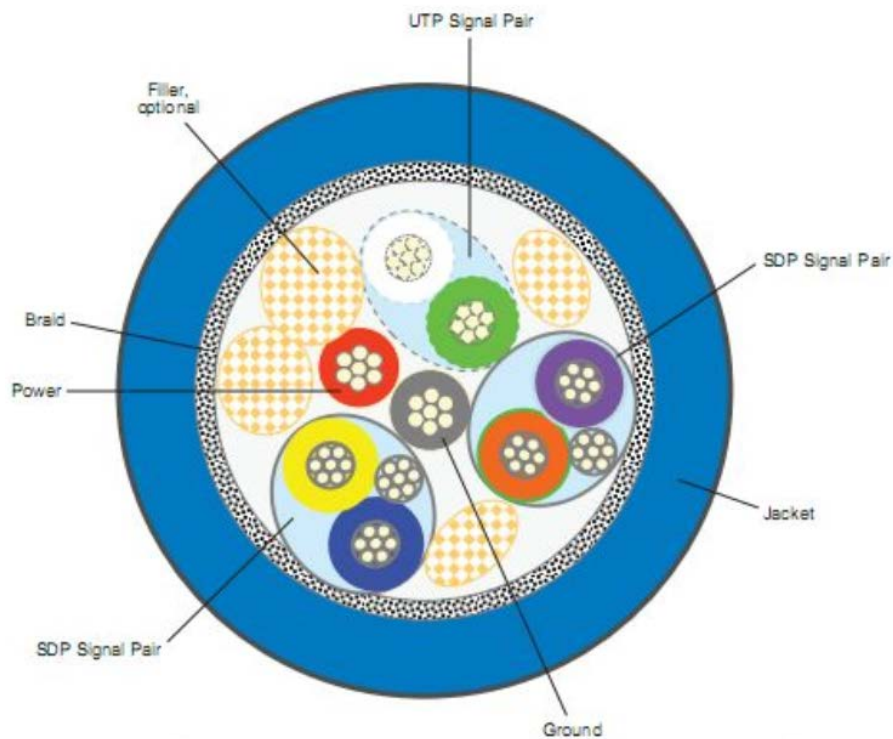
C

Lightning

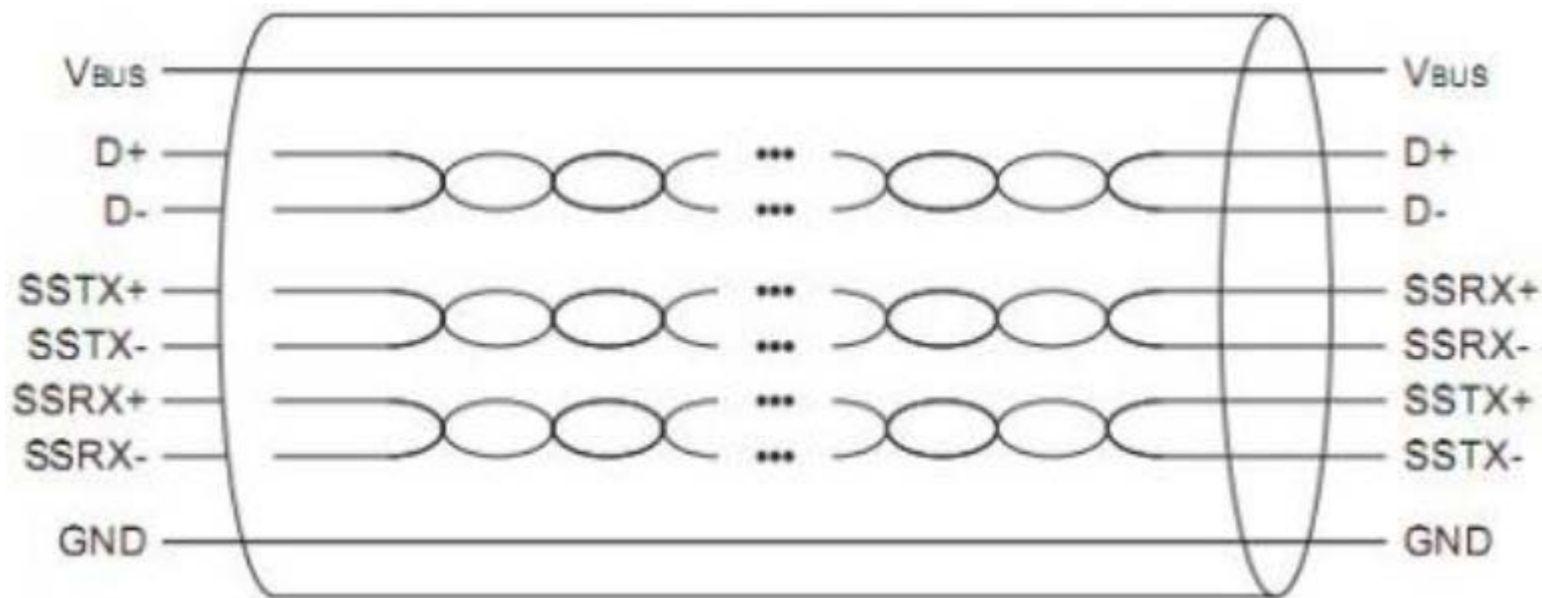
- ❑ Vyvinut společností Apple
- ❑ Nasazení na jeho mobilních zařízeních
- ❑ Použití od roku 2012
- ❑ Pro převod na starší rozhraní lze využít redukci
- ❑ 8 pinový vodič
- ❑ Nahrazuje svého 30 pinového předchůdce, který byl Applem využíván.
Umožňuje poskytování napájení zařízení a komunikaci s dalším zařízením



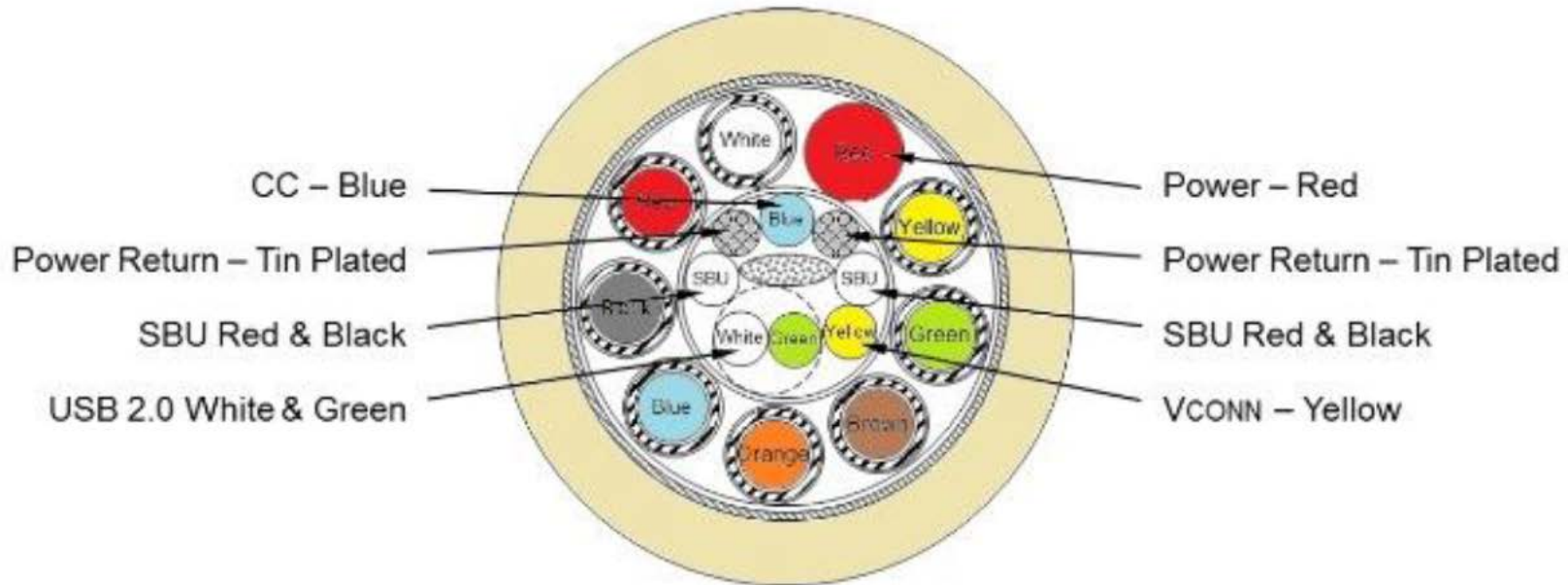
Kabel USB 3.0, konektor typu A



Signály USB 3.0



Kabel USB Type-C



OD = 4.8mm

Coax are SS pairs – specific pairs not defined in cable