

Charakteristika sběrnice USB (Universal Serial Bus)

1. Osnova přednášky

- Důvody pro zavedení USB.
- Charakteristické rysy USB.
- Protokoly USB.
- Typy paketů.
- Rozhraní USB OTG.

Důvody pro zavedení USB

- Klasický způsob připojování periferních zařízení PZ – adaptér (řadič) PZ v konektoru systémové sběrnice.

Nevýhoda: narůstající počet PZ (situace v PC) – potřeba existence dalších konektorů v systémové desce – **problém !**

Vkládání každého dalšího adaptéru – vypnutí zařízení, otevření počítače, nakonfigurování řadiče, vložení řadiče do počítače, uzavření počítače, zapnutí, start počítače.

Částečné řešení – karty plug-and-play (automatická konfigurace).

Konfigurace zařízení:

Přidělení adresy novému zařízení, vložení této adresy do konfiguračních registrů (bez účasti uživatele), přidělení adresového prostoru.

Výsledek: potřeba zavedení jednoduchého rozhraní, nenáročného z hlediska uživatele, snadná realizace připojení nového zařízení.

Co se dosáhlo zavedením USB

- Snadné připojení (instalace) nového zařízení - není nutnost manuální konfigurace – konektory přístupné z vnějšku počítače.
- Přes **stejný typ kabelu** se připojují různé typy zařízení (myš, klávesnice, vnější disk, paměti flash, síťové adaptéry, tiskárny, rozbočovače....
- Zařízení jsou napájena z kabelu (do jisté úrovně příkonu).
- K počítači je možné připojit až 127 zařízení.

- Podpora zařízení pracujících v reálném čase (zpracování zvuku, telefon).
- Možnost instalace zařízení za běhu počítače.
- Po instalaci nového zařízení není nutno znova zavádět operační systém.
- Připojení přes USB je levné.
- Podpora přenosu násobných dat a řídicích informací.
- Lze sdružovat více logických zařízení do jednoho fyzického zařízení => na zařízení, které umí komunikovat přes USB, je možné napojit několik periferních zařízení.
- Nízká zátěž sběrnice samotným komunikačním protokolem (nenáročný komunikační protokol).
- Možnost přenášet data v rychlostech řádu několika kb/s až po stovky Mb/s (USB 2.0).

- Přenos synchronních i asynchronních dat přes stejné médium.
- Možnost pracovat souběžně s více zařízeními připojenými ke sběrnici - podmíněno schopností PZ provádět periferní operace autonomně.

Klasifikace zařízení USB

- podle rychlosti připojovaného zařízení
- podle funkce připojovaného zařízení

Verze USB zařízení podle rychlosti připojovaného zařízení

- Kriterium – rychlost zařízení a k tomu potřebná rychlost USB.
- Verze 1.0 – rychlost 1,5 Mb/s (klávesnice, myš) – **Low Speed (LS)**
- Verze 1.1 – rychlost 12 Mb/s (tiskárny, digitální kamery) – **Full Speed (FS)**
- Verze 2.0 - rychlost 480 Mb/s – **High Speed (HS)**
- Verze 3.0 – 4,8 Gb/s (10 x vyšší rychlost) – **Super Speed**

Verze USB zařízení podle funkce USB Hostitel (USB Host)

- Alternativa 1: v celém USB systému se vyskytuje pouze jeden **hostitel**.
- Alternativa 2: více USB hostitelů => v tomto případě se jedná o dvě nezávislé USB sběrnice (obdoba s SCSI).
- Přes tuto komponentu přistupuje operační systém k jednotlivým zařízením připojeným k této sběrnici.

USB zařízení (Function nebo Device)

- Zařízení, která se k dané sběrnici připojují a poskytují tak systému (hostiteli) nějaké své prostředky.
- Anglická terminologie - **Device** je chápáno jako zařízení, které neposkytuje konkrétní služby, ale pouze **rozšiřuje služby sběrnice** (např. rozbočovače).
- **Function** - zařízení, které **poskytuje nějaké konkrétní služby** (např. myš, klávesnice, tiskárna).
- **Všetchna tato zařízení musí být schopna komunikovat po sběrnici USB podle pravidel, která určuje norma (přenos dat, konfigurace apod.)**

Rozbočovač (Hub)

- Vytvoří rozšiřující porty.
- Připojuje se jako běžné zařízení, čímž obsadí jeden port, ale zároveň vytvoří několik dalších.
- Všechny takto vytvořené **porty jsou plnohodnotné** bez jakýchkoli omezení.

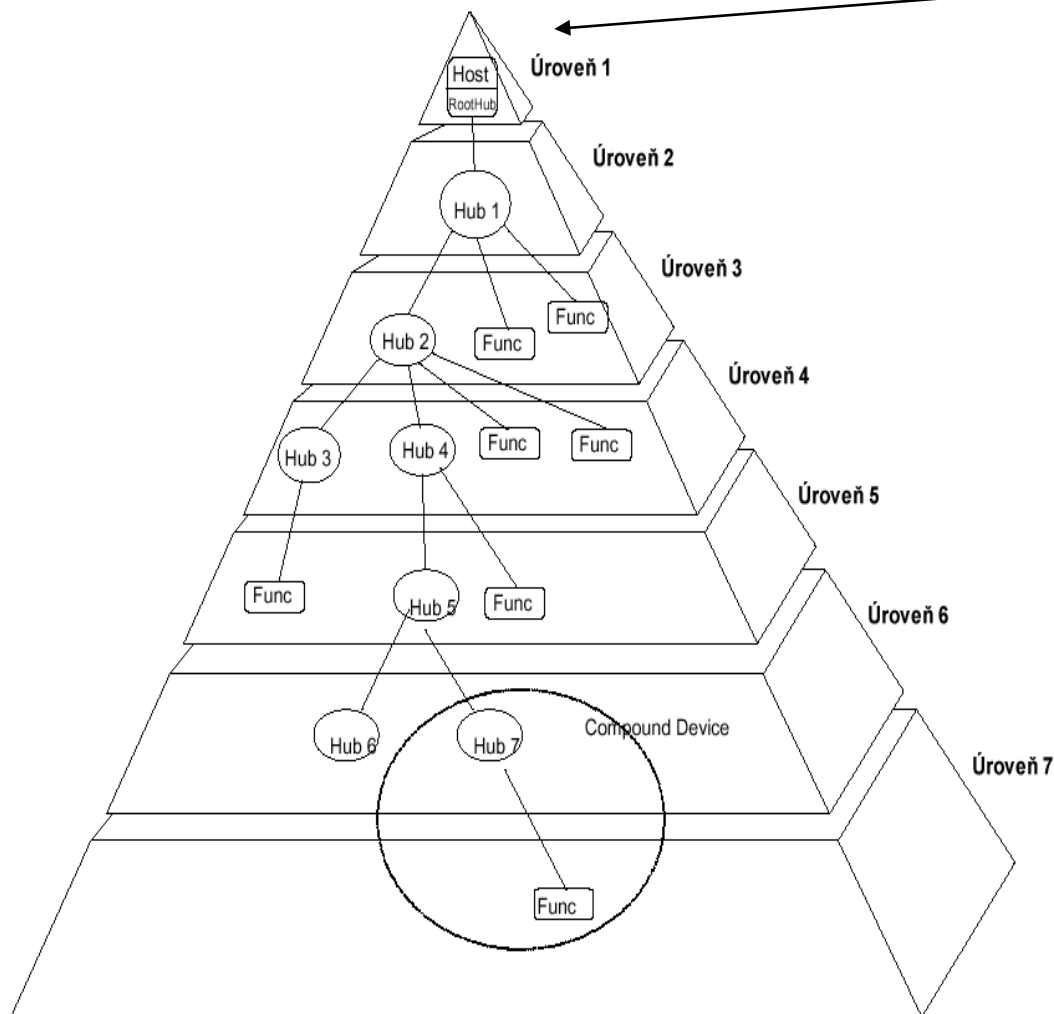
Kombinované zařízení (Compound device)

- Zařízení, která v sobě sdružují rozbočovač a jedno nebo více dalších zařízení.
- Typickým příkladem může být kombinace tiskárny, skeneru a faxu v jednom zařízení.

- Celý tento systém je připojen pomocí jediného USB kabelu, ale logicky je lze chápat i jako jednotlivá zařízení.

Topologie připojení

Kořenový rozbočovač
Root Hub



Na každé úrovni pak další rozbočovače.

Celý systém je pak možné vidět jako množinu **rour (pipe)** začínající v kořenovém rozbočovači a končící v zařízení.

Pod pojmem roura je také rozuměno **propojení mezi zařízením a jeho ovladačem** na straně počítače.

Veškerá komunikace se odehrává přes kořenový rozbočovač, **komunikace mezi zařízeními není možná.**

Zásady:

- Každý hostitelský počítač, ke kterému chceme připojit nějaké USB zařízení, **musí obsahovat USB hostitele (řadič USB)**.
- Přípojným místem USB hostitele je **kořenový rozbočovač (RootHub)**.
- Ke každému rozbočovači můžeme připojit konkrétní zařízení (Function) nebo další rozbočovač (Device). Připojováním dalších rozbočovačů získáme další přípojná místa (USB Porty).
- **Funkční zařízení se může nacházet maximálně v 7. úrovni. Rozbočovač a kombinované zařízení může být zařízení maximálně v 6. úrovni.**

Zařízení připojovaná přes USB

- Široká škála zařízení z hlediska rychlosti – klávesnice, myš, zařízení pro přenos zvuku, přenos obrazu, dat do tiskárny, dat na disky.

- Připojení klávesnice

Klávesnice je pomalé zařízení, slabika dat se musí přenést vždy, když je stisknuta klávesnice.

Stisknutí klávesnice se děje zcela nezávisle od činnosti počítače (není synchronizováno) – data generována klávesnicí jsou asynchronní.

Rychlost generování dat klávesnicí je nízká.

Příklady zařízení, která jsou **pomalá a asynchronní**: klávesnice, myš, joystick.

- Připojení zdroje zvuku (mikrofon)

Výstup mikrofonu – analogový signál.

Tento signál je nutno převést na číslicovou formu, přenést přes USB do počítače, pak uložit do paměti.

Analogový signál je vzorkován, tato hodnota se převede na číslicový signál (počet bitů – vliv na přesnost).

Poslech zvuku - převod číslicového signálu zpět na analogovou hodnotu.

Charakter činnosti: v pravidelných intervalech (perioda vzorkování) se posílají synchronní (digitalizovaná) data.

Takový tok dat je označován jako isochronní.

Periody snímání analogového signálu – vysoké požadavky na přesnost (jinak nekvalitní rekonstrukce zpět do analogového signálu).

Jisté (chvilkové) nepřesnosti se mohou vyskytnout – výsledek krátkodobá deformace zvuku - nevadí.

- Připojení diskové paměti

V přenosech mohou být prodlevy, vysoké požadavky na rychlost a spolehlivost dat.

Odlišné požadavky oproti předcházejícímu příkladu.

Připojení nového zařízení k USB

- **Požadavek: připojování zařízení bez potřeby je vypínat.**
- Kořenový rozbočovač rozpozná připojení nového zařízení – tento fakt přeruší činnost operačního systému (opakovaně testuje, zda bylo připojeno nějaké zařízení).
- Operační systém rozpozná, o jaké zařízení jde a jakou šířku pásma bude potřebovat.
- Operační systém přidělí tomuto nově připojenému zařízení jednoznačnou adresu (1 – 127).
- Tuto adresu a další informaci operační systém vloží do konfiguračních registrů připojeného zařízení.
- Mnohá zařízení obsahují zabudované rozbočovače – možnost připojit další zařízení (např. monitor).

Principy Plug-and-Play

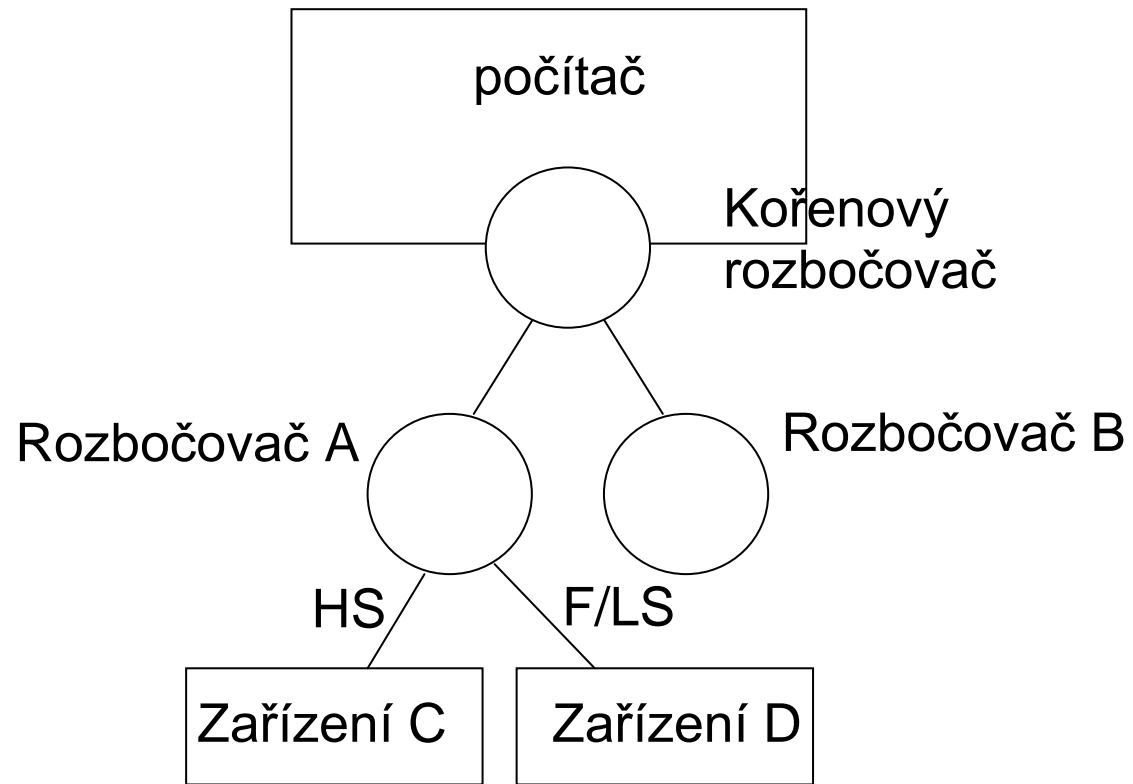
- Možnost připojení nového zařízení, aniž se počítač musí vypnout.
- Rozpoznání tohoto zařízení počítačem.
- Nakonfigurování zařízení.
- Start činnosti ovladače rozpoznaného zařízení.

Typy paketů

- Pakety řídicí (token packets).
- Pakety datové (data packets).

Flexibilita USB

- Možnost připojování různých typů zařízení s různými vlastnostmi.
- Velký rozsah velikosti paketů používaných ke komunikaci.
- Velký rozsah rychlosti datových přenosů.
- Podpora pro detekci chyb v samotném protokolu a následné zotavení.
- Automatické připojování, odpojování a rozpoznávání zařízení.



- Komentář k obrázku:

Stromová architektura – je možné připojit velké množství zařízení – omezení počtem adres.

Podobná stromová architektura je nerealizovatelná paralelním spojem.

Může se pracovat na různých rychlostech a s delšími spoji.

Komunikace je založena na principu „polling“.

- Principy „polling“ uplatněné v USB:

Veškerá komunikace se odehrává na základě výzvy od počítače, tzn. zařízení může poslat zprávu do počítače pouze tehdy, pokud je k tomu vyzváno (dotazovací sběrnice).

Důsledek: při přenosech směrem do počítače nedochází ke konfliktům.

Toto platí pro zařízení, která pracují na rychlostech LS (Low Speed) nebo FS (Full Speed).

- Změna v souvislosti se zařízeními HS (High Speed) – verze 2.0.:

Snaha o to, aby rychlost zařízení HS byla využita v prodlevách činnosti zařízení LS nebo FS (prodlevy vzniklé pomalejší činností těchto zařízení).

Komunikace se zařízením D (LS) – i krátká zpráva může trvat desítky mikrosekund, po celou dobu komunikace je zařízení C zablokováno.

Výsledek: spoj z rozbočovače A do počítače je využíván neefektivně pro zařízení C, které je schopné komunikovat na vyšší rychlosti.

- Řešení:

Mezi rozbočovačem A a počítačem se budou data přenášet zásadně rychlostí HS, mezi rozbočovačem A a zařízením D pak rychlostí LS.

Data pro zařízení D se uloží do rozbočovače A (rychlostí HS), pak budou přenášena do zařízení D (rychlostí LS).

Vznikají prodlevy (po dobu přenosu mezi rozbočovačem A a zařízením D), ty se využijí na realizaci přenosů dat mezi počítačem a zařízením C.

Výsledek: lepší využití přenosové rychlosti spoje mezi počítačem a rozbočovačem A.

Norma USB: mezi rozbočovači se data přenášejí zásadně rychlostí HS, byť koncovým zařízením je zařízení LS (potřeba vyrovnávací paměti).

Adresování zařízení na sběrnici USB.

- Kořenový rozbočovač komunikuje s procesorem přes systémovou sběrnici.
- Kořenový rozbočovač komunikuje dále se všemi zařízeními.
- Každé zařízení na sběrnici USB má jednoznačnou 7 bitovou adresu. Tato adresa je lokální ve stromu USB a nemá žádný vztah k adrese, s níž se pracuje na sběrnici počítače.
- Po zapnutí zařízení USB nebo jeho připojení na USB má toto zařízení adresu 0.
- Rozbočovač nejbližší k nově připojenému zařízení rozpozná, že bylo připojeno nové zařízení, tuto informaci rozbočovač uchová (autonomní chování rozbočovače a k němu připojených zařízení).

- Počítač se periodicky dotazuje jednotlivých rozbočovačů na jejich stav. Takto rozpozná, zda bylo přidáno další zařízení (žádá přenos stavové informace do počítače, v ní se to rozpozná).
- Takto se počítač dozví o nových zařízeních (o jejich připojení i odpojení).
- Činnost počítače, když se dozví o nově připojeném zařízení:
zařízení vynuluje,
zjistí si ze zařízení informaci o zařízení,
nakonfiguruje zařízení (např. přidělí zařízení jednoznačnou adresu).

Po provedení těchto činností je zařízení připojeno.

- Odpojení zařízení – počítač vymaže zařízení ze svých tabulek.
- Pokud je odpojen rozbočovač, jsou odpojena všechna zařízení, která jsou přes tento rozbočovač připojena.
- Typy přenášené informace: stav, řízení, data.
- Adresace vnitřních prvků zařízení (registrů), do nichž se informace zapisuje/z nichž se čte:
Vnitřní prvky – endpoints (koncové body).
Adresace – 4 bity.
Každá adresa – dvojice koncových bodů (jeden pro vstup, jeden pro výstup) – každé zařízení může obsahovat 16 vstupních a 16 výstupních koncových bodů.
- **Roura** je obousměrná → realizuje spojení vždy pro dvojici vstupních/výstupních bodů.

- Počet rour a koncových bodů souvisí se složitostí zařízení.

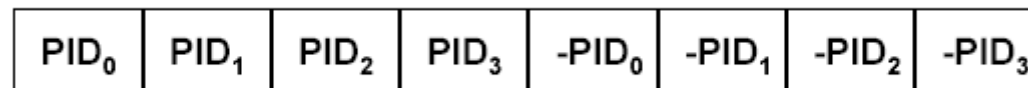
Protokoly sběrnice USB

- Informace přenášená přes USB je organizována do paketů, paket sestává z jedné či více slabik.
- Mnoho řídicích operací – mnoho typů paketů.
- Typy informace přenášené přes USB sběrnici: **řízení a data**.
- Řídicí pakety: adresování zařízení (před zahájením datového přenosu), potvrzení příjmu dat (bezchybného), indikace chyby.
- Datové pakety: nesou data v obou směrech.

- Struktura paketu:

Identifikátor paketu (packet identifier - PID).

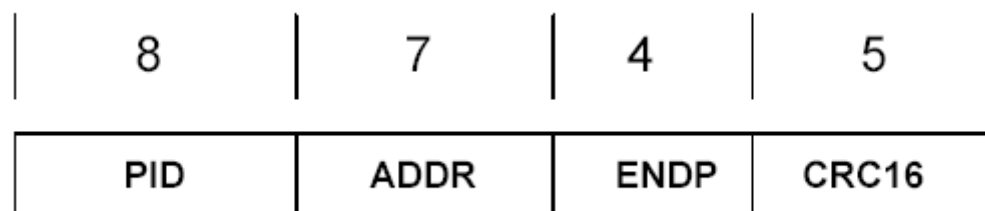
PID obsahuje 4 bity, jsou vysílány 2x (přímá hodnota, pak negovaná) – možnost kontroly správného příjmu PID.



4 bity PID – 16 typů paketů.

Řídicí pakety – některé sestávají pouze ze slabiky PID.

Řídicí pakety pro řízení operací přenosu dat – token pakety.



ADDR – adresa zařízení

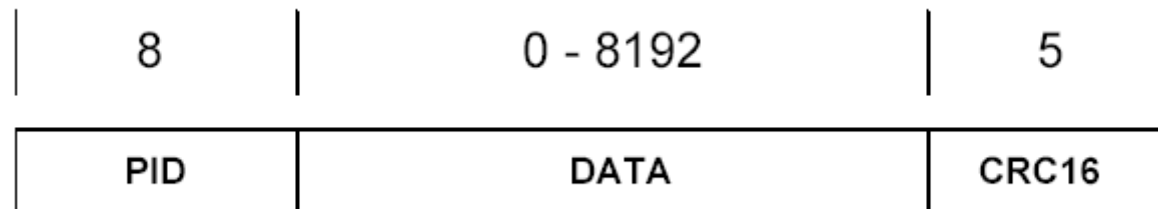
ENDP – koncový bod (registr)

CRC – Cyclic Redundancy Check (cyklická kontrola), počítá se z polí ADDR a ENDP.

Využití CRC: vysílací strana - z obou polí se vytváří kontrolní informace CRC, pak se odešle příjemací straně.

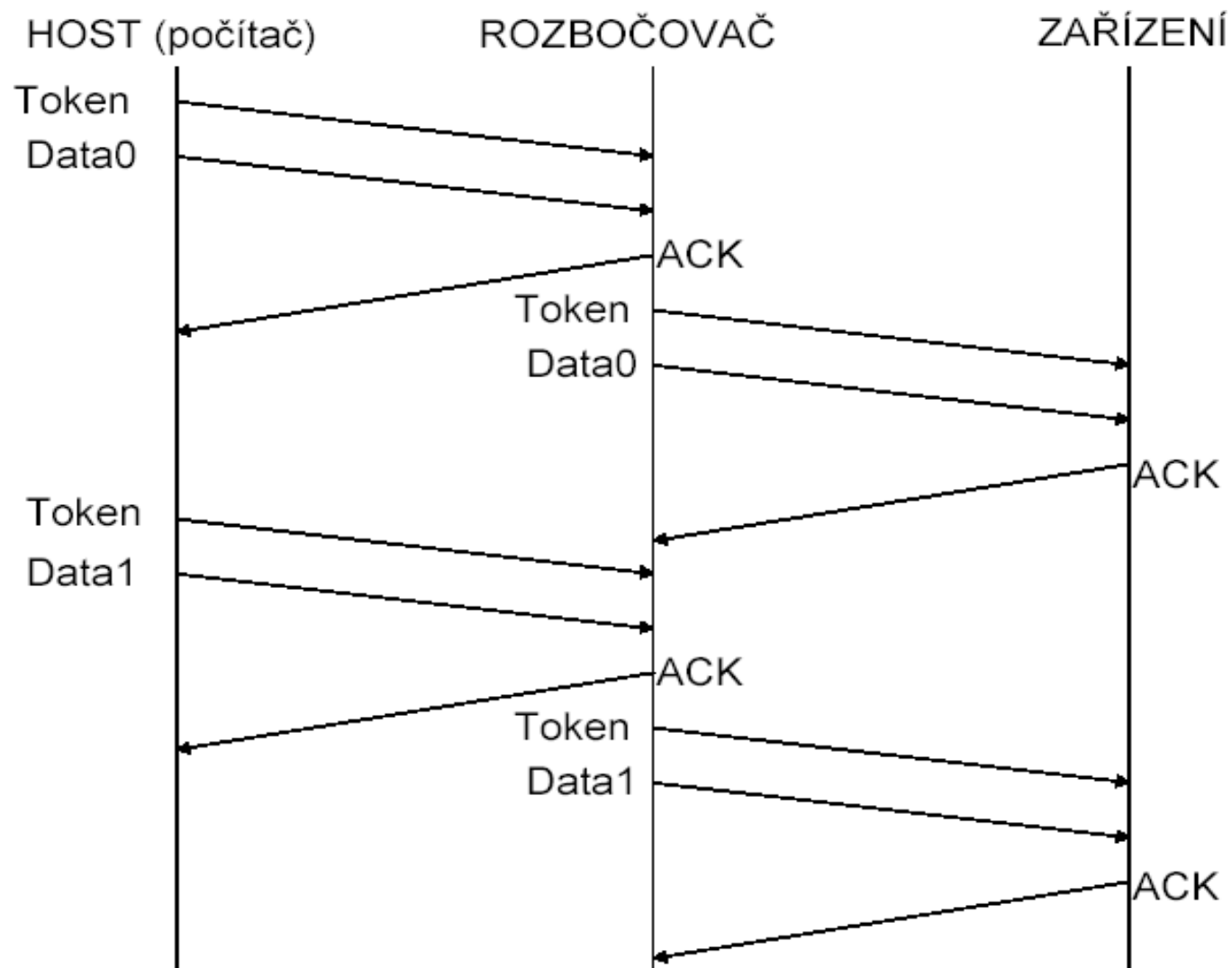
přijímací strana - přijímá data a zároveň průběžně počítá CRC, pak srovná vypočtenou CRC s přijatou CRC.

Datové pakety:



Datový paket nenesení adresu zařízení ani koncového bodu. Není to třeba, protože komunikace byla již ustavena.

Průběh komunikace počítač - rozbočovač - zařízení



Posloupnost činností (výstupní operace – OUT):

1. Počítač (Root Hub) pošle do patřičného rozbočovače řídicí paket (token) typu OUT.
2. Za ním vyšle datový paket Data0.
3. Rozbočovač ověří, že přenos proběhl bez chyb (kontrolou CRC) a odpoví do počítače paketem ACK.
4. Rozbočovač pošle paket „token“ (řízení) a data do zařízení, která jsou na něj napojena.
5. Všechna zařízení dostanou „token“, data přijme pouze to zařízení, které rozpozná svou adresu.
6. Zařízení ověří, že nevznikla chyba a pošle do rozbočovače paket ACK.

Poznámka:

Uvědomme si, že spoj počítač – rozbočovač je po dobu přenosu dat z rozbočovače do zařízení volný a může být využit pro přenos dat pro jiné zařízení – rychlostí HS, pokud to spoj počítač – rozbočovač umí.

Posloupnost činností (vstupní operace – IN):

- Počítač (Root Hub) pošle do příslušného rozbočovače paket token typu IN.
- Pro zařízení je to výzva, aby poslalo data.
- Zařízení pošle data a za nimi řídicí paket ACK.
- Pokud data nemá, tak pošle řídicí paket NACK.

Řešení situace, kdy se prokládají rychlosti LS/FS s rychlostí HS

- Před paketem IN/OUT se posílá speciální paket, jímž se zahajuje tzv. „split-traffic mode“.

Kontrola ztráty paketu

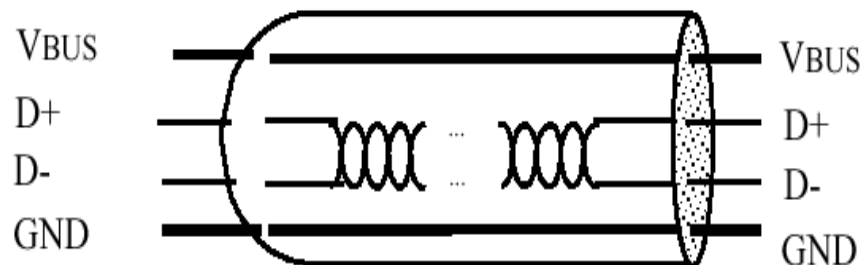
- Pakety jsou číslovány – je to číslo v PID.
- Po paketu 0 musí přijít paket 1 – pokud ne, je to chyba.
- Kontrola ztráty paketu spočívá v kontrole správné posloupnosti paketů (paket identifier). Pokud není dodržena, znamená to ztrátu paketu.

Isochronní přenosy

- Jsou potřebné v situacích jako je např. přenos zvuku po vzorkování a převedení na číslicovou formu.
- Taková zařízení potřebují pravidelnou synchronizaci (v podobě paketu řízení), jímž se stanoví okamžik vzorkování.
- Řešení v USB: přenosy jsou rozděleny na rámce (frame) stejné délky 1 ms.
- Každou 1 ms je generován paket SOF (Start of Frame).
- Tolerují se náhodné chyby - nepoužívá se paket ACK – když se paket ztratí, nevzniká problém – dojde ke zkreslení zvuku.

Kabely

- V USB 2.0 se pro přenos dat a napájecího napětí používal 4 vodičový kabel.
- Proud, který můžeme ze sběrnice odebírat je omezen, rozlišujeme podle způsobu napájení dvě základní skupiny:
 - Zařízení napájená pouze ze sběrnice (Bus-Powered).
 - Zařízení, která mají svůj vlastní zdroj (Self-Powered).
- Napájení přes kabel – možné pouze do jisté úrovně zátěže.
 - Data jsou přenášena po dvou kroucených vodičích.



- Dva způsoby přenosu signálu:
Rychlost LS nebo FS: napěťová úroveň +5V přenášená přes jeden z datových signálů.
Datový signál HS: diferenciální signál.
- Na kabelech existují celkem dva typy konektorů.
 - Konektory, kterými se připojuje zařízení směrem k hostiteli (UpStream).
 - Další typ se používá tam, kde USB kabel není pevně připojen v zařízení, ale kabel je odpojitelný.
- Typickým příkladem zařízení, které má pouze UpStream konektor, je myš.

Shrnutí důležitých poznatků o USB

- Jde o dotazovací sběrnici (v USB nejsou prostředky pro generování žádosti o přerušeni ani žádosti o DMA, ta je až na úrovni zařízení připojeného do systémové sběrnice).
- Veškeré datové přenosy jsou vždy inicializovány hostitelem.
- Jedno zařízení může obsahovat více koncových bodů (registrů).
- Každé zařízení připojené ke sběrnici pakety dekóduje a zjišťuje, zda jsou určeny pro něj.
- Podle typu a směru operace může následovat přenos dat.
- Pokud nemá zařízení žádná data na přenos, sdělí to hostiteli a datový přenos není v daný okamžik zahájen.
- Přenosový kanál pro komunikaci s daným koncovým bodem daného zařízení se nazývá **roura** (pipe).

- Každé zařízení obsahuje po připojení ke sběrnici minimálně jednu rouru pro zprávy (Default Control Pipe).
- Pomocí této roury se provádí konfigurace zařízení a přenos všech informací o stavu zařízení.

Prostředky pro detekci chyb a změn

- CRC (Cyclic Redundancy Check) – cyklická kontrola.
- Detekce připojení a odpojení zařízení, přidělování prostředků na systémové úrovni.
- Schopnost opakovat přenos několikrát, dříve než bude klientskému softwaru oznámena chyba během přenosu.
- Kontrola správné posloupnosti paketů.

Připojení nebo odpojení zařízení

- Zařízení je možné připojit nebo odpojit v jakýkoliv okamžik => systém a příslušné klientské programy musí být schopny ošetřit všechny možné situace, které mohou nastat.
- Hostitel zjišťuje, zda na konkrétním rozbočovači nedošlo ke změně stavu zařízení.
- Pokud zjistí nové zařízení, provede inicializaci zařízení, vytvoří rouru ke konfiguračnímu koncovému bodu a informuje hostitelský systém o novém zařízení, které bylo připojeno.
- Takto se musí dotazovat všech rozbočovačů, které jsou ke sběrnici připojeny.
- Pokud dojde k odpojení zařízení a jednalo-li se o funkční zařízení, jsou uvolněny prostředky, které byly použity, a sdělí se hostitelskému systému, že zařízení bylo odebráno.

- Pokud je odpojen celý rozbočovač, ke kterému byla připojena jiná zařízení, musí hostitel uvolnit všechny prostředky všech odebraných zařízení a oznámit systému všechna odebraná zařízení.

Typy datových toků

- Veškerá komunikace a přenosy dat s daným zařízením probíhají pomocí rour.
- Každá roura je logicky svázána s jedním koncovým bodem.
- Každá roura může být použita pro jednosměrnou nebo obousměrnou komunikaci.
- Rozlišují se tyto typy toků dat:
 - **Řídicí (Control Transfers)** – Tento typ se používá při konfiguraci zařízení, zejména v okamžiku po připojení. Lze jím také nastavovat další vlastnosti zařízení.

- **Nárazové (Bulk Transfers)** – Požadavky na přenos dat přicházejí nepravidelně a většinou se jedná o velké množství dat. Typickým příkladem je přenos dat do tiskárny. Nejedná se o časově kritické operace.
- **Přerušované (Interrupt Transfers)** – Data musí být přenesena do nějaké určité doby od vzniku požadavku a s minimální garantovanou rychlostí přenosu. Tento typ přenosu využívají polohovací zařízení.
- **Izochronní (Isochronous Transfers)** – Používá se pro přenos souvislých dat, která jsou generována v reálném čase, musí být v reálném čase přenesena a také zpracována. Při použití tohoto typu přenosu se vyhradí část přenosové kapacity. Typickým příkladem je přenos hlasu, kdy se data nemohou nijak urychlit ani zpozdít. Při tomto typu přenosu se chyby neopravují.

Informace o zařizení

- Každé zařizení si nese své identifikační údaje a nastavení, které jsou použity při prohledávání sběrnice (Bus Enumeration), zjišťování nových zařizení a jejich následné konfiguraci. Tyto identifikační údaje jsou rozděleny do tří skupin.
 - **Povinné (Standard)** – Do této kategorie patří identifikace výrobce, třída, do které zařizení patří, možnosti úspory energie, informace o zařizení, konfiguraci a počtu koncových bodů.
 - **Volitelné (Class)** – Bližší specifikace zařizení pro konkrétní třídu, do které patří.

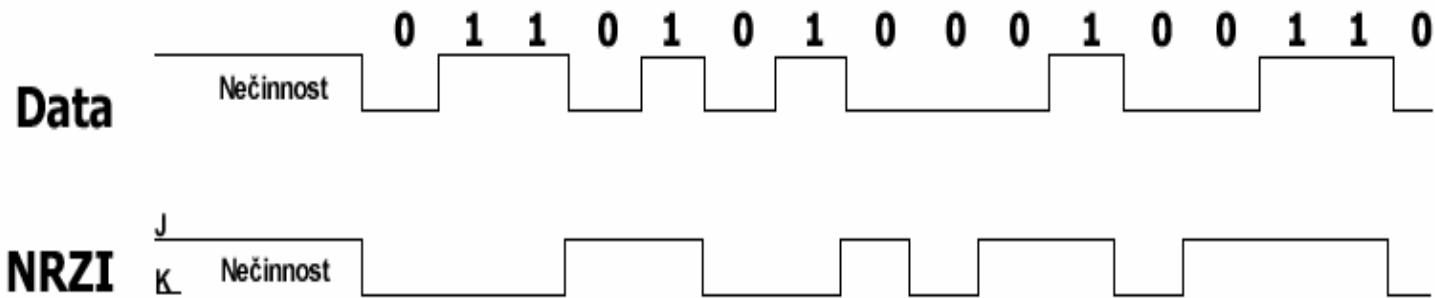
- **Informace o výrobci (USB Vendor)** – Zde může uložit výrobce jakékoli informace, formát dat nepodléhá konkrétnímu standardu.
- Každé zařízení je na sběrnici jednoznačně identifikovatelné pomocí čísla, které získá při počáteční konfiguraci.

Topologie

- Všechny přenosy jsou inicializovány ze strany hostitele.
- Jako jediný také udržuje kompletní informaci o fyzické topologii.
- Všechna zařízení se musí požadavkům hostitele podřídít.
- Každý rozbočovač se snaží komunikovat s nadřazeným rozbočovačem na maximální možné rychlosti.

- Každá aplikace komunikuje pouze se svým zařízením a o ostatních komunikacích nemá žádné informace, ačkoli kapacita sběrnice je sdílena.
- Nemůže tedy dojít k ovlivňování mezi jednotlivými programy a zařízeními.

Technika NRZI



Princip NRZI :

pokud je „0“, změň signál na signál opačný
pokud je „1“, nedělej nic

Data jsou vysílána sériově. Pokud však nedojde po delší dobu ke změně signálu, mohlo by dojít k rozsynchronizování hodin (synchronizačních pulsů) vysílače a přijímače.

To by se mohlo stát v případě, kdy by se vysílaly za sebou samé „1“, protože ty nemění výstupní signál. Používá se **metoda vkládání** (bit stuffing). Pokud je za sebou vysláno šest „1“, je automaticky vložena „0“, která se na straně přijímače následně odstraní.

USB OTG (On-the-Go)

- USB se stává standardem pro připojování periferií k PC a přenosným počítačům.
- Tlak na to, aby tyto periferie mohly spolu komunikovat přímo, tzn. bez PC (např. přenos dat mezi kamerou a diskem).
- USB OTG řeší problém realizace mobilního propojení periferních zařízení.

Komunikační protokoly

- USB OTG zavádí dva nové protokoly: SRP (Session Request Protocol) a HNP (Host Negotiation Protocol).
- Protokol SRP – obě komunikující zařízení mohou řídit druhé zařízení – rozdíl proti klasickému USB, kde tuto možnost měl pouze počítač.

- Protokol HNP – obě zařízení si mohou vyměnit roli master/slave.

Má to smysl v situacích, kdy po spojení obou zařízení se zjistí, že zařízení, které má pracovat jako master, není této činnosti schopno – nefunguje komunikace.

V opačném směru nemusí být problém.

- **Poznámka:** ve sběrnici USB existuje ještě protokol ADP (Attach Detection Protocol) – detekce připojení zařízení při absenci napájecího napětí na sběrnici USB.

Princip: periodické měření kapacity na USB portu.

Změna kapacity - rozpoznání, zda bylo připojeno další zařízení (OTG, Embedded host nebo USB zařízení). Následně zařízení A začne pro druhé zařízení dodávat napájení a zajistí připojení.

Zařízení B iniciuje provedení protokolu SRP.

Role zařízení

- Jsou dvě (podle toho, zda zařízení zajišťuje napájení):
Zařízení OTG A – zajišťuje napájení, zařízení OTG B je napájeným zařízením.
Implicitní nastavení – zařízení A je master a zařízení B je zařízení typu slave.
Toto nastavení je možné změnit s využitím protokolu HNP.

Základní princip a vlastnosti USB 3.0:

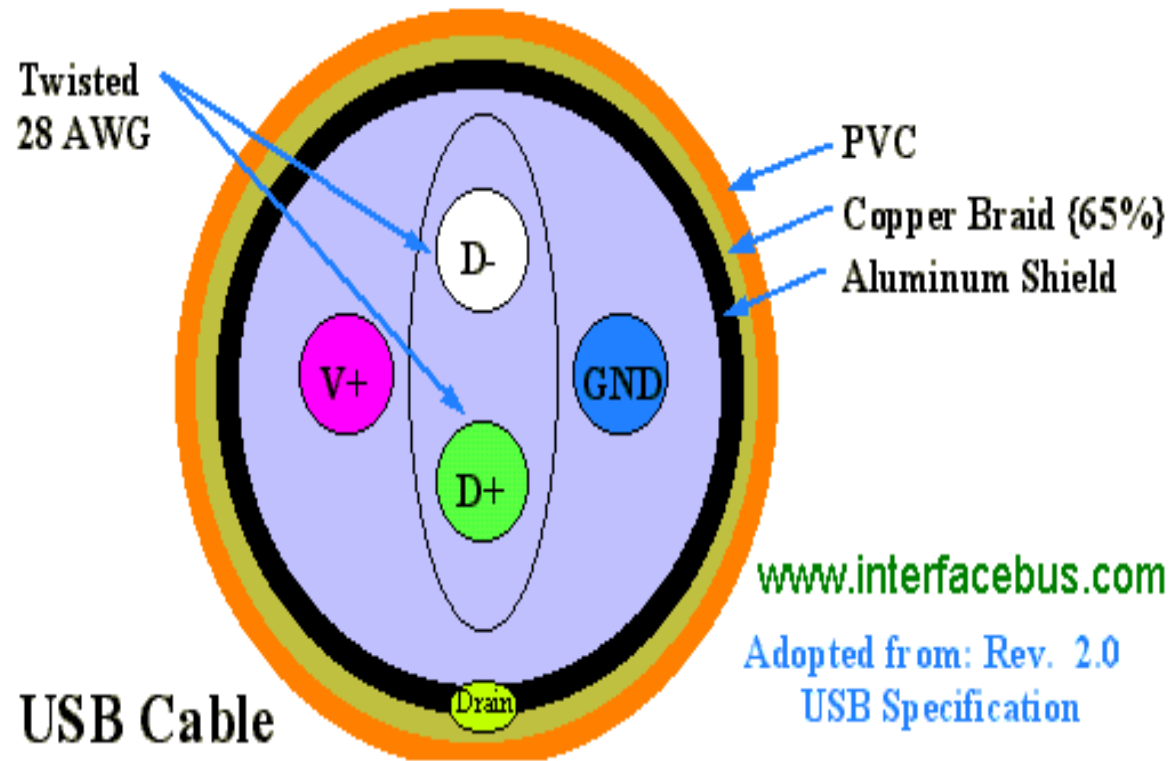
- Větší počet vodičů v kabelu → mezi řadičem a připojeným zařízením je možné komunikovat pomocí většího počtu rour.
- Podstatné: je to komunikační prostředek a jedno zařízení může mít i více než jednu aktivní rouru.
- Dva typy rour: stream a message, tedy datový tok a zprávy.
- Mnoho rour vznikne, když dochází ke konfiguraci zařízení systémovým software, nicméně jedna roura pro přenos zpráv existuje vždy a vznikne tehdy, když se zařízení připojí a slouží k jeho ovládní.
- Roury podporují všechny čtyři typy datových přenosů definovaných pro USB 2.0 a jejich základní elementy nebyly změněny.

- Zpětná kompatibilita s verzí 2.0, takže existující zařízení pro USB budou fungovat i s novými deskami s USB 3.0, jen s nimi je možné dosáhnout rychlosti typické pro USB 2.0.
- Energetické nároky USB 3.0 dosahují zhruba třetiny nároků staršího standardu - díky nové práci s přenášenými daty jen v okamžicích, kdy jsou skutečně potřeba a při nevyužití je možné přepínat zařízení do stavu snížené spotřeby.

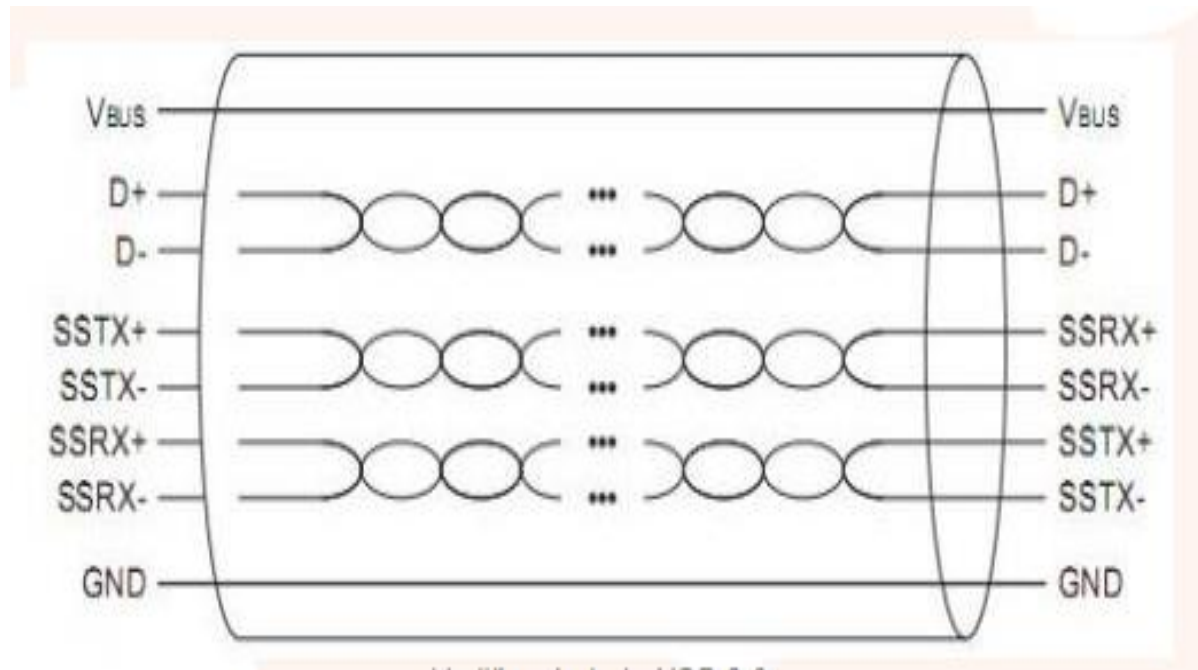
Významný je také nárůst rychlosti, který je až desetinásobný oproti USB 2.0, kde byl maximální limit 480 Mbit/s. USB 3.0 by se mělo poradit až s rychlostmi kolem 4,8 Gbit/s.

Nyní již přenosová rychlost 10 Gbit/s (*Superspeed+*).

Kabel USB 2.0

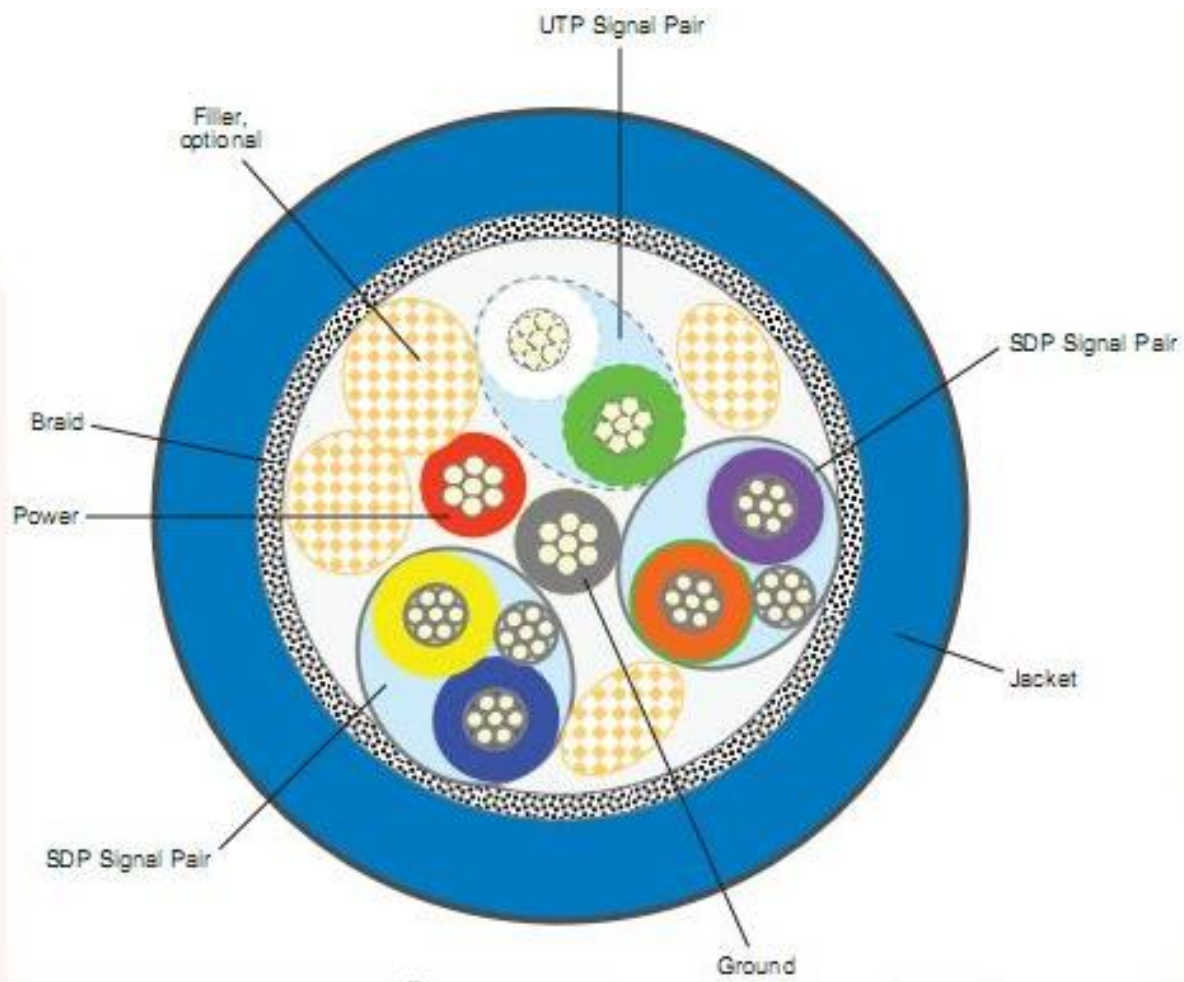


Kabel USB 3.0



Vyšší typ kabelu – více vodičů.

Kabel USB 3.0



Řez kabelem pro USB 3.0