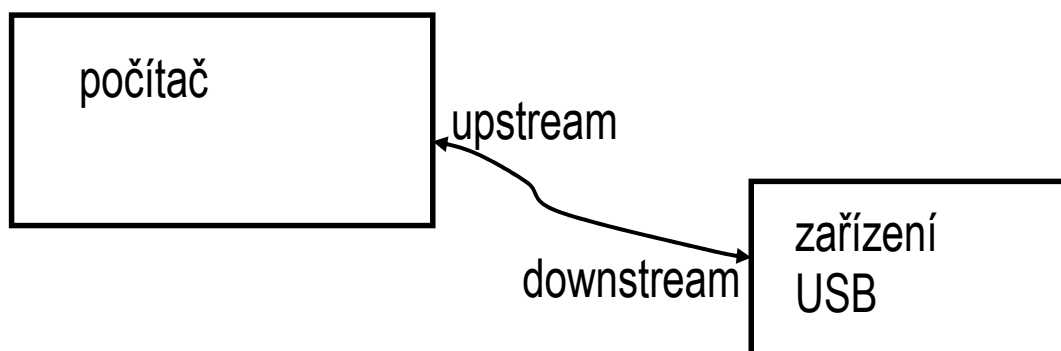


Universal Serial Bus (USB)

Terminologie

- V sestavách se zařízeními USB se používá architektura **master – slave**.
- Počítač je master.
- Oba konce kabelu nejsou kompatibilní – **downstream/upstream**.



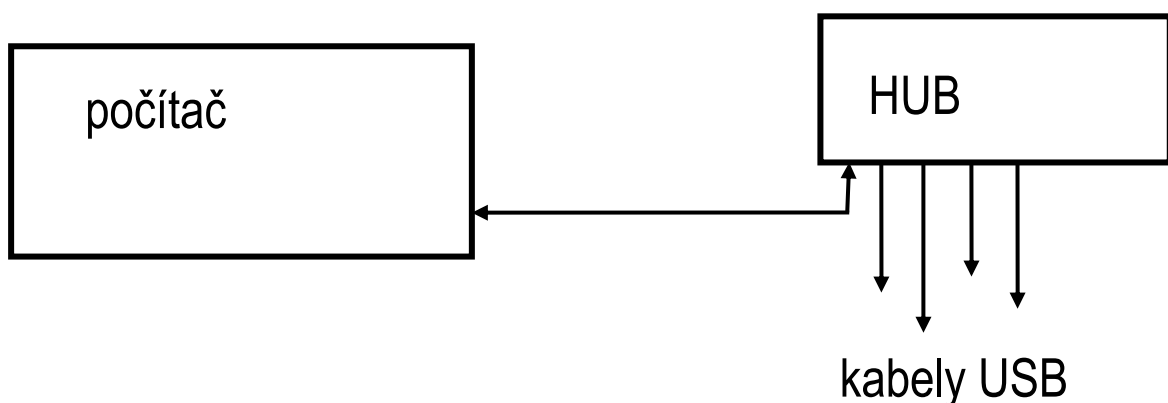
USB zařízení (Function nebo Device)

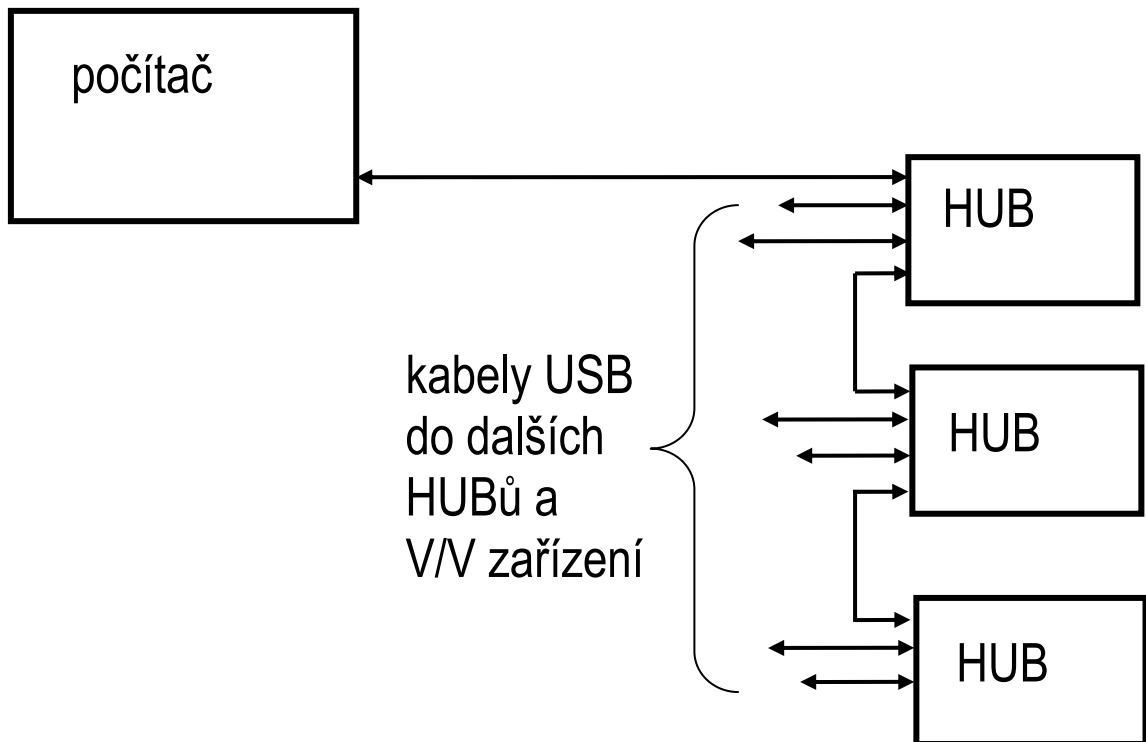
- Zařízení, která se k dané sběrnici připojují a poskytují tak systému (hostiteli) nějaké své prostředky.
- Anglická terminologie - **Device** je chápáno jako zařízení, které neposkytuje konkrétní služby, ale pouze **rozšiřuje služby sběrnice** (např. rozbočovače).

- **Function** - zařízení, které poskytuje nějaké konkrétní služby (např. myš, klávesnice, tiskárna).
- Všechna tato zařízení musí být schopna komunikovat po této sběrnici podle pravidel, která určuje norma (přenos dat, konfigurace apod.)

Rozbočovač (Hub)

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





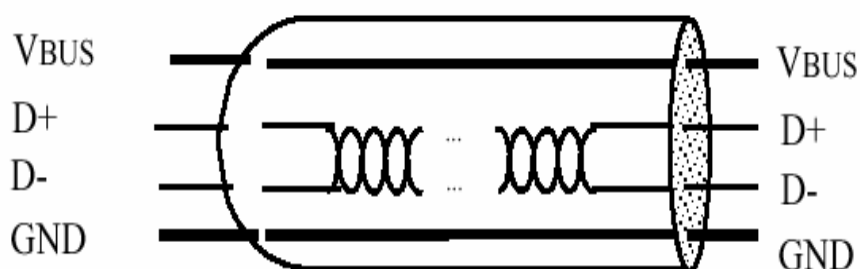
- Rozbočovač může mít speciální napájecí kabel (**self powered**) s externím zdrojem nebo je napájen přes kabel USB (**bus powered**).
- Pokud je bus powered, pak je schopen do každého podřízeného zařízení dodat 100 mA (100 mA potřebuje pro sebe, pro každý port 100 mA, celkem 500 mA) - omezení.
- Alternativa bus powered není proto příliš vhodná – může stačit pro hub, nemusí stačit pro periferní zařízení.
- Logická snaha o instalaci zařízení, která mají nízký odběr – méně jak 100 mA.

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.

Kabely

- Pro přenos dat a napájecího napětí se používá **4 vodičový kabel**.
- Proud, který můžeme ze sběrnice odebírat je omezen, rozlišujeme podle způsobu napájení dvě základní skupiny (viz výše)
- Data jsou přenášena po dvou vodičích.



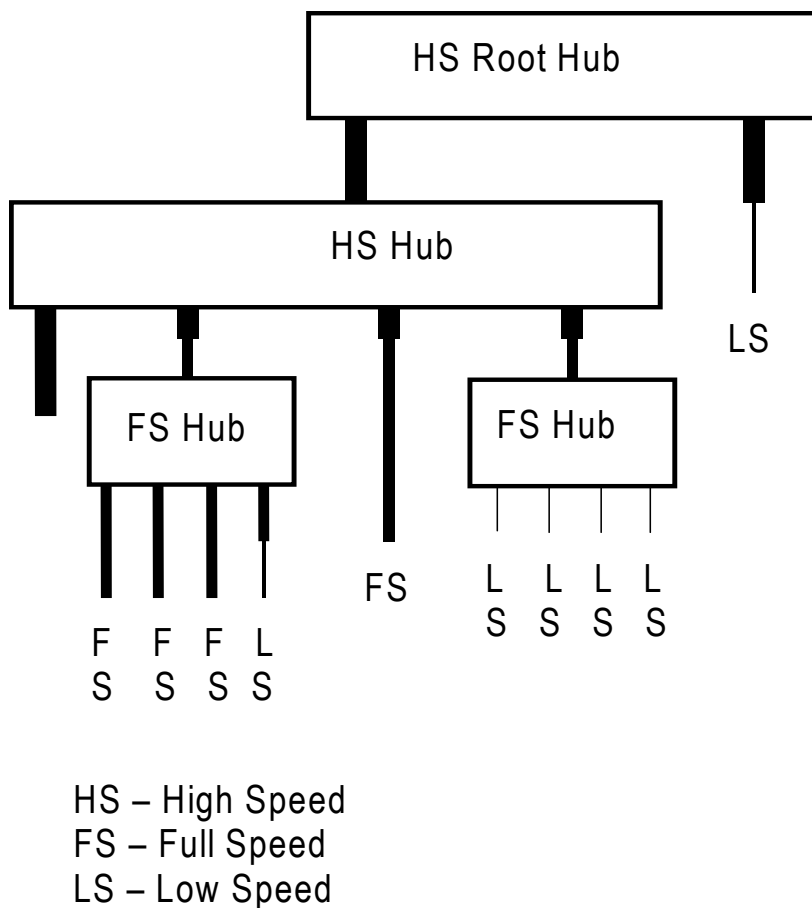
- Na kabelech existují celkem dva typy konektorů.
 - Konektory, kterými se připojuje zařízení směrem k hostiteli (**UpStream**).

- Druhý typ konektoru – strana zařízení (**downstream**).
- Typickým příkladem zařízení, které má pouze UpStream konektor, je myš.
- Maximální délka kabelu – 5 m.
- Rozbočovače (hub) mohou rozdělit kabel na 6 sekcí – maximální délka kabelu je 30 m.
- Pokud je potřeba kabel prodloužit, je potřeba použít prvek, který obnovuje elektrické vlastnosti (podle normy) – v terminologii sběrnice USB – prvek **repeater/extender**.
- Ochrana kabelu proti indukovaným přeslechům:
 - signál je diferenciální: +, - (dva vodiče)
 - vodiče mají plášť – anglický termín - *shielded*.
- Po kabelu jsou posílány *pakety*.

Přenosová rychlost

- Normou jsou definovány celkem 3 rychlosti přenosu dat.
 - 480 MB/s – HS - High speed (vysoká rychlost),
 - 12 MB/s – FS - Full speed (plná rychlost),
 - 1.5 MB/s – LS - Low speed (nízká rychlost)

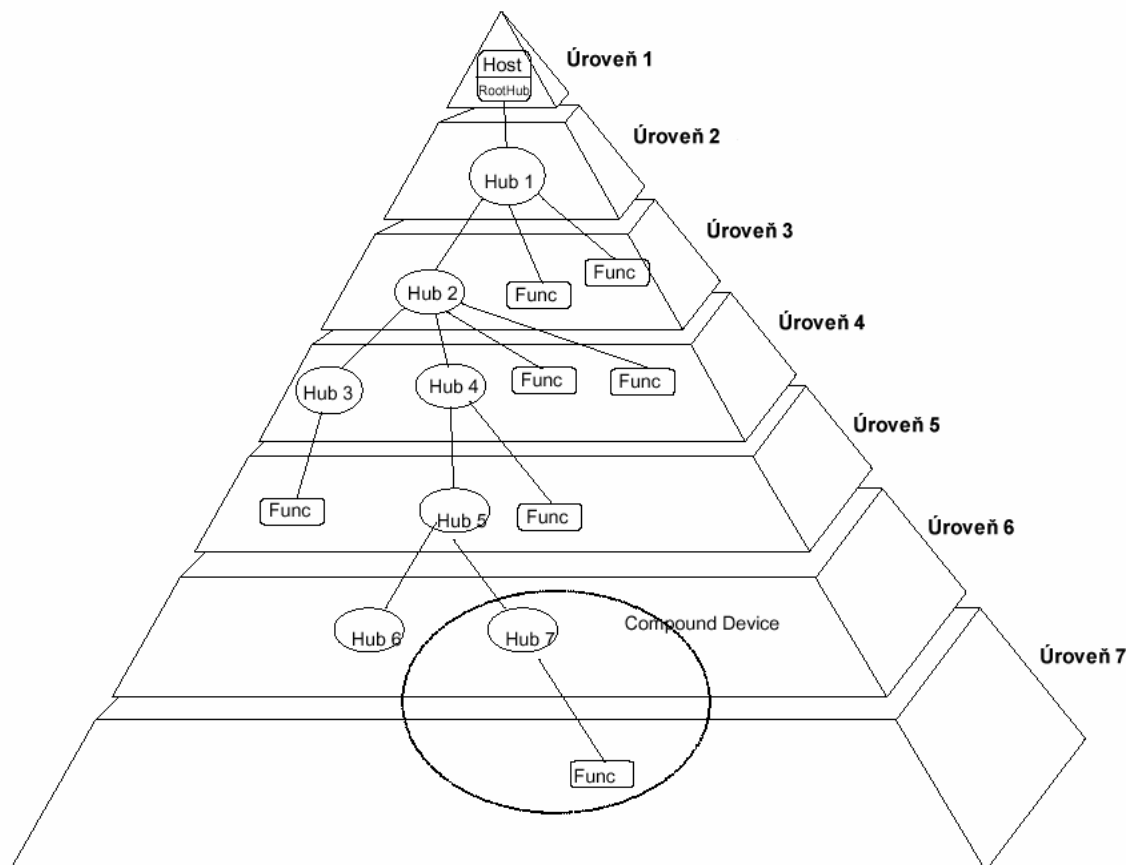
- Specifikace verze 1.1 podporovala pouze přenosy o rychlostech Full speed a Low speed.
- Nejnovější verze 2.0 podporuje přenosy o rychlosti až 480 Mb/s a je plně zpětně kompatibilní.
- Při připojení Low speed nebo Full speed zařízení k rozbočovači, který přenáší data na rychlosti 480Mb/s, komunikuje toto zařízení na této nízké rychlosti pouze s rozbočovačem.
- Samotný rozbočovač komunikuje s hostitelem na maximální možné rychlosti => zamezí se plýtváním přenosové kapacity v případě, že by bylo připojeno větší množství pomalých zařízení.
- Zařízení LS – zařízení pro komunikaci s obsluhou (myš, klávesnice)



PC host

- Základní konfigurace pracuje s jedním počítačem, existuje i možnost s více počítači propojenými přes USB kabel.
- **Inicializační software je pořád aktivní** → nové zařízení je možné do sestavy kdykoliv připojit i ze sestavy odpojit.
- **Class** – uspořádání jednotlivých zařízení do skupin podle jejich účelu (paměťová zařízení, komunikační zařízení, ...).

Topologie připojení



- Každý hostitelský počítač, ke kterému chceme připojit nějaké USB zařízení, **musí obsahovat USB hostitele**.
- 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.

Protokol sběrnice (Bus Protocol)

- Jde o dotazovací sběrnici.
- Veškeré datové přenosy jsou vždy inicializovány hostitelem.
- V naplánovaných intervalech posílá hostitel pakety (Token Packet), které obsahují typ operace, směr operace, adresu zařízení a číslo koncového bodu zařízení. (EndPoint).
- Jediné zařízení může obsahovat více koncových bodů.
- Každé zařízení připojené ke sběrnici tyto 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) kódování pro odhalení chyb během přenosu.
- Detekce připojení a odpojení zařízení, přidělování prostředků na systémové úrovni.
- Schopnost opakovat přenos několikrát, dříve než bude klientskému softwaru oznámena chyba během přenosu.

Připojení nebo odpojení zařízení

- Definice umožňuje zařízení 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 daném portu nedošlo ke změně stavu zařízení.

- Pokud zjistí nové zařízení, zapne tento port, 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.
- Všeobecně platí, že jednotlivé roury se navzájem neovlivňují a to i v případě, že dané

fyzické zařízení má více koncových bodů, a tedy i komunikačních rour.

- Existují celkem čtyři typy přenosů, u kterých je předem známo, v jakých případech budou použity.
- Rozlišují se tyto typy toků dat:
 - **Řídící (Control Transfers)** – Tento typ se používá při konfiguraci zařízení, zejména v okamžiku po připojení. Lze jim také nastavovat další vlastnosti zařízení, včetně řízení koncových bodů spolu s jednotlivými rourami.
 - **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. Využívá se zbývající maximální možná kapacita sběrnice.
 - **Přerušované (Interrupt Transfers)** – Data musí být přenesena do nějaké určité doby od vzniku požadavku a s minimální garantovanou rychlostí přenosu. Tento typ přenosu využívají téměř všechna 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.

Klasifikace a identifikace zařízení

- Zařízení jsou podle funkce tříděny do jednotlivých kategorií. (Class)
 - **Rozbočovače (Hub)**
 - **Rozhraní pro komunikaci (Human Interface)** – do této kategorie patří především myši, klávesnice, a další polohovací zařízení
 - **Tiskárny (Printer)**
 - **Zpracování obrazu (Imaging)** – typickým příkladem jsou skenery
 - **Ukládání dat (Mass Storage)** – zařízení pro ukládání relativně velkého množství dat (disky apod.)