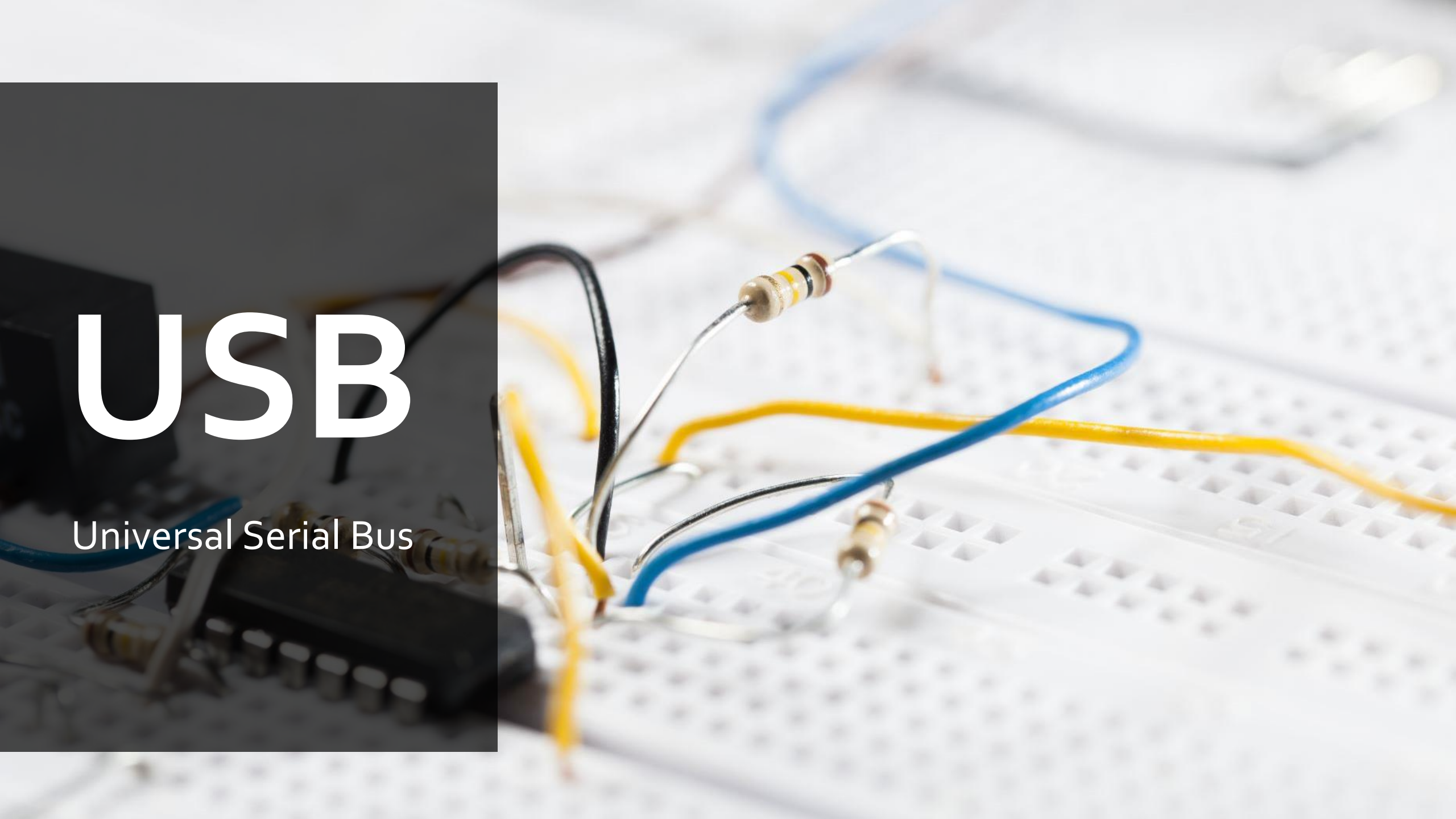


USB

Universal Serial Bus





Základné parametre

Sériové rozhranie (šírka 1b)

Rýchlosť 1.5, 12, 480, 5000, 10000, 20000 Mbps

Max. vzdialenosť zariadení: 5m (USB 2.0), 3m (3.0)

Možnosť napájania z konektora

Max. počet zariadení: 127 (max. 5 úrovní hubov)

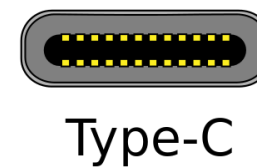
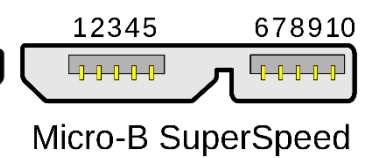
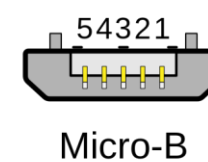
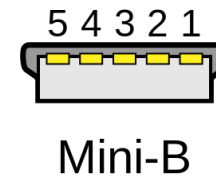
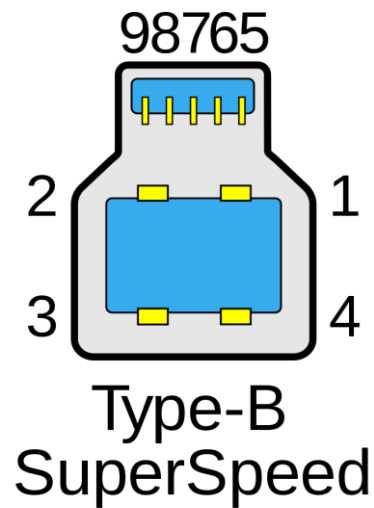
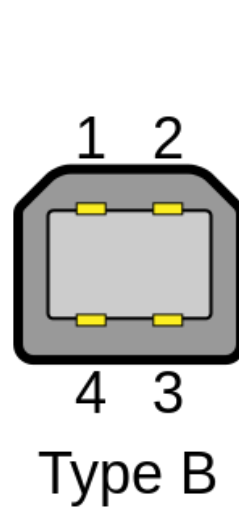
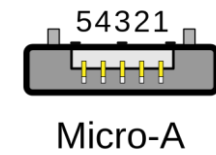
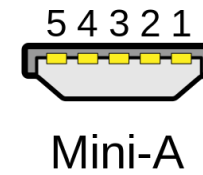
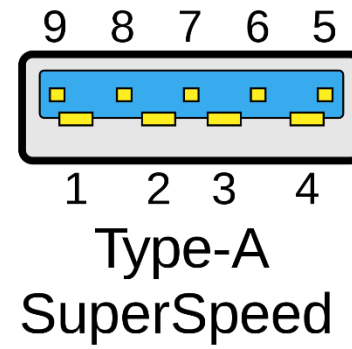
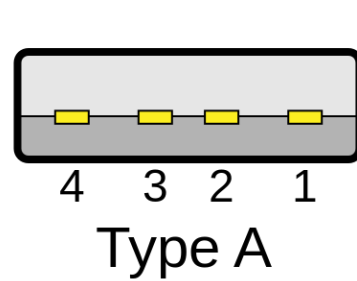
Podpora plug&play: áno

Podpora hotplugging: áno

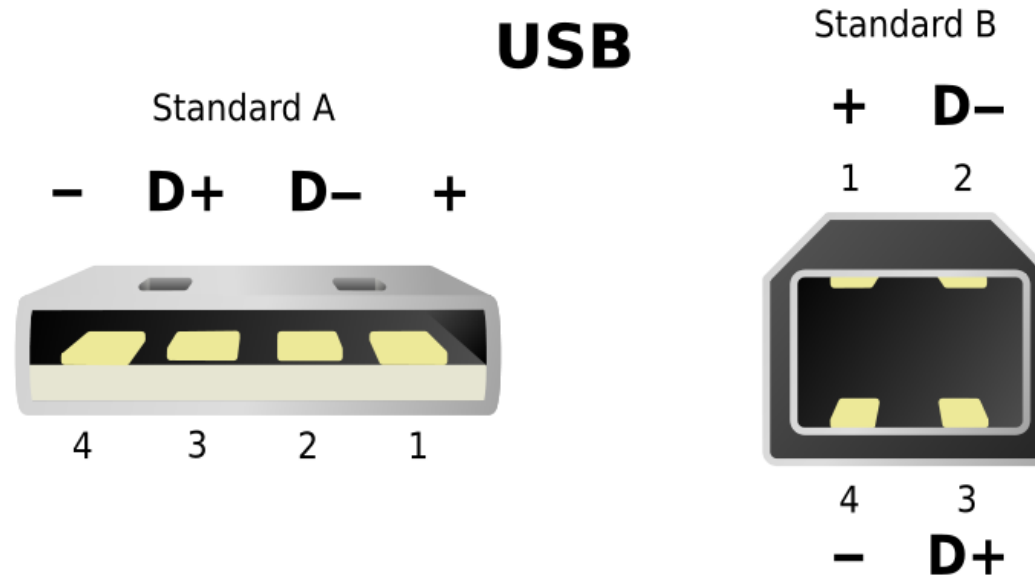
Externá: áno

Zdieľané pásmo – viac zariadení = nižšia rýchlosť

Konektory

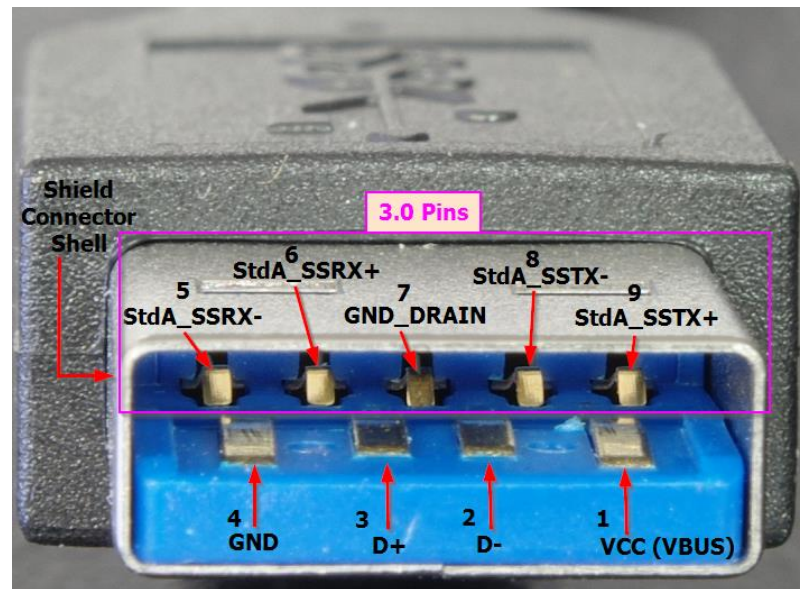


Vývody konektora USB2.0



Číslo vývodu	Význam	Farba
1	+5 V	červená
2	Data -	biela
3	Data +	zelená
4	GND	čierna

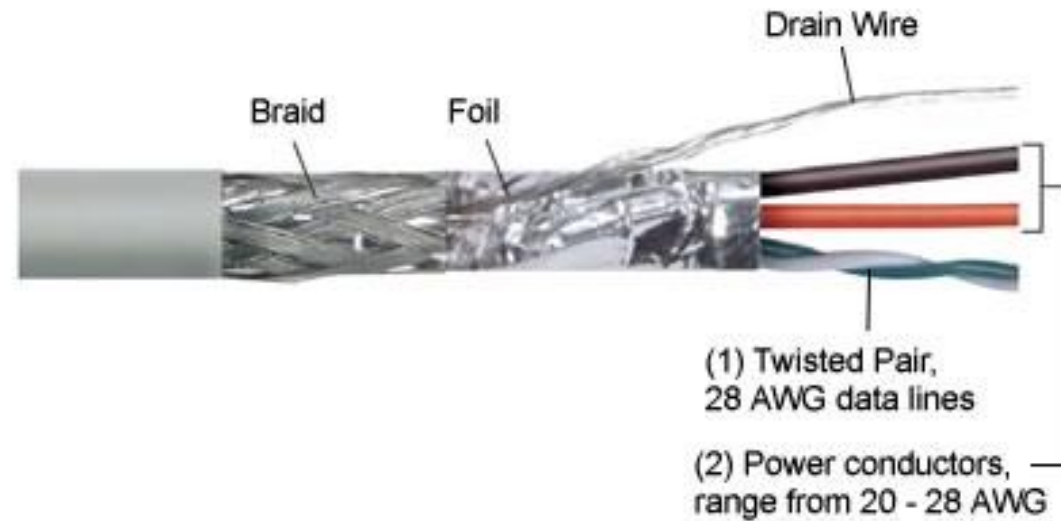
Vývody konektora USB3.0



Pin	Význam	Farba
1	+5 V	červená
2	Data -	biela
3	Data +	zelená
4	GND POW	čierna
5	SS RX-	modrá
6	SS RX+	žltá
7	GND Drain	sivá
8	SS TX-	fialová
9	SS TX+	oranžová

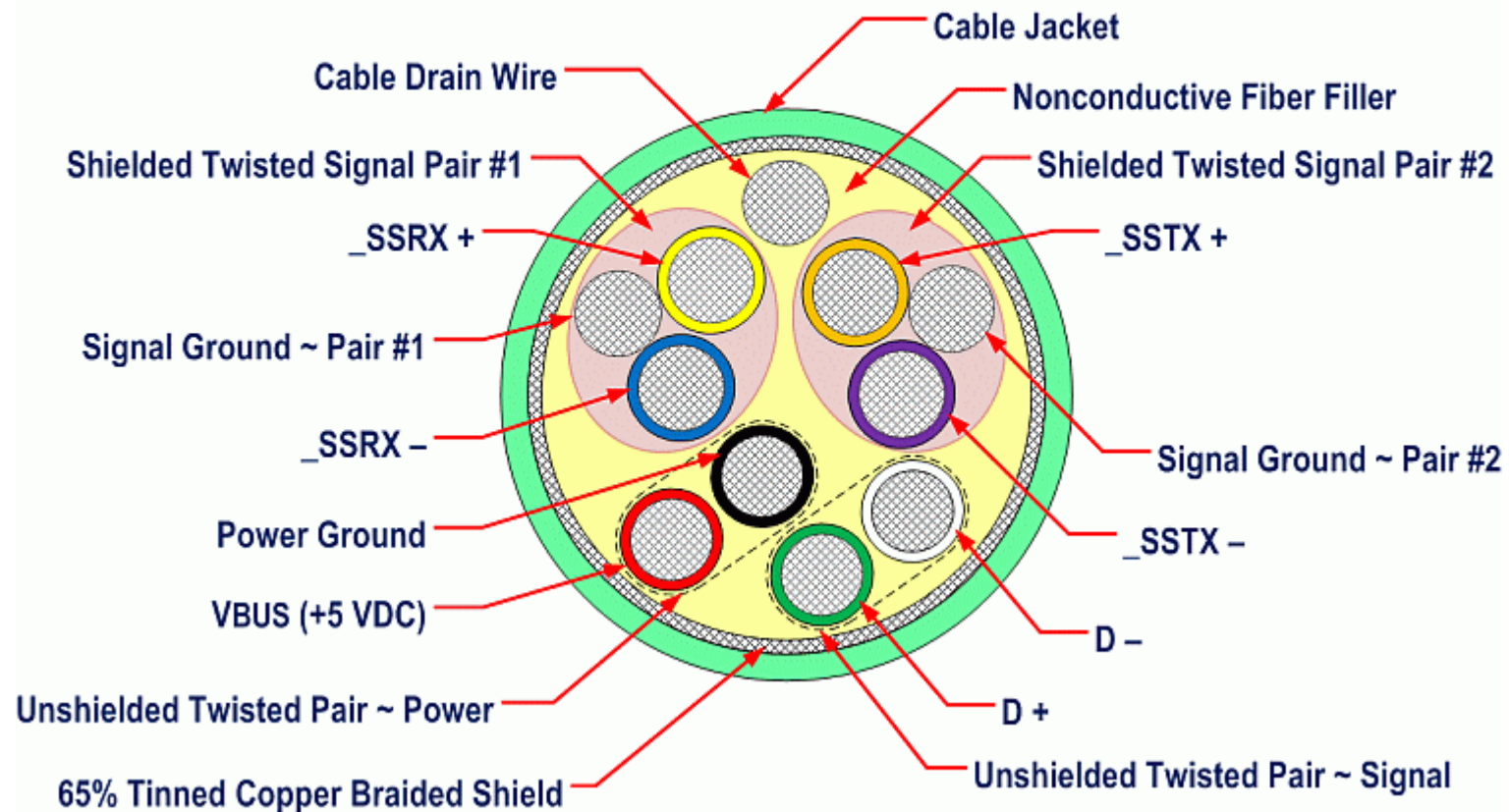
Kábel USB2.0

- Tienený alebo netienený (pre low-speed, a super-speed max. dĺžka 3 metre)
- Dáta sú prenášané krútenou dvojlinkou, napájanie je realizované priamymi káblami (rovnaký pinout na začiatku aj na konci)
- Tienenie je uzemnené len na strane počítača a nikdy nie na strane koncového zariadenia



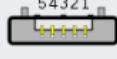

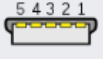
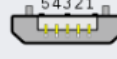

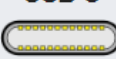


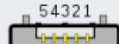


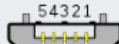




Kábel USB_{3.0}

USB 3.0 Shielded Cable



Možné kombinácie konektorov na káblí

Plugs, each end	USB A  Type-A	USB Mini-A  Mini-A	USB Micro-A  Micro-A	USB B  Type-B	USB Mini-B  Mini-B	USB Micro-B  Micro-B	USB 3.0 Micro-B  Micro-B SuperSpeed	USB C 
USB A  Type-A	Non-standard	Non-standard	Non-standard	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
USB Mini-A  Mini-A	Non-standard	No	No	Deprecated	Deprecated	Non-standard	No	No
USB Micro-A  Micro-A	Non-standard	No	No	Non-standard	Non-standard	Yes	No	No
USB B  Type-B	Yes	Deprecated	Non-standard	No	No	No	No	Yes
USB Mini-B  Mini-B	Yes	Deprecated	Non-standard	No	Non-standard	No	No	Yes
USB Micro-B  Micro-B	Yes	Non-standard	Yes	No	No	No	No	Yes
USB 3.0 Micro-B  Micro-B SuperSpeed	Yes	No	No	No	No	No	No	Yes
USB C 	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Typy USB zariadení

- **USB host** – môžeme si ho predstaviť ako radič, cez ktorý OS komunikuje so zariadeniami na zbernici
- **USB koncové zariadenie** – zariadenia pripojené na zbernicu, ktoré poskytujú svoje prostriedky a pripojenie sa tu končí a ďalej nepokračuje
- **USB rozbočovač (hub)** – obsadí jeden USB port ale vytvára ďalšie plnohodnotné porty bez obmedzení (4 alebo 8), môže byť aktívny (s napájaním) alebo pasívny (bez napájania)
- **Kombinované zariadenie** – plní funkciu rozbočovača ale aj koncového zariadenia (napr. niektoré klávesnice a tlačiarne)

Verzie USB

- **USB 1.0**
 - Vznik štandardu v roku 1996
 - Definuje rýchlosti **1.5 Mbps (Low Speed)** a **12 Mbps (Full Speed)**
 - Len point-to-point spojenie (žiadne huby)
- **USB 1.1**
 - Vznikla v roku 1998, na jej základe boli predávané prvé USB zariadenia
 - Odstraňuje množstvo limitácií USB1.0, **rýchlosti sa nemenia**
- **USB 2.0**
 - Vznikla v roku 2000
 - Priniesla mini a mikro konektory
 - Podpora USB OTG a nabíjania cez USB (do 5A)
 - Rýchlosť sa zvýšila na **480 Mbps (High Speed)**



Verzie USB

- **USB 3.0**

- Vznik v roku 2008
- Rozšíril sa počet vodičov zo 4 na 9
- **Prenosová rýchlosť 5Gbps (Super Speed)**
- **Modré konektory pre identifikáciu**
- Prvýkrát full-duplex prenos
- Napájanie zariadení do 900 mA



- **USB 3.1**

- Vznik v roku 2013
- **Prvá generácia mala rýchlosť 5Gbps**
- **Druhá generácia zvýšila rýchlosť na 10Gbps (SS+)**
- Prenosová rýchlosť klesla z 20% na 3%
- **Podporované z konektory USB-A a USB-C**



Verzie USB

- **USB3.2**

- Vznik v roku 2017
- **Zvyšuje sa rýchlosť na 20Gpbs, používa už len USB-C**
- Zaviedlo sa nové 🤖 označovanie
 - USB 3.0 je po novom USB 3.2 Gen 1x1
 - USB 3.1 je po novom USB 3.2 Gen 2x1
 - USB 3.2 je po novom USB 3.2 Gen 2x2



- **USB4 (aka USB 4 Gen 2x2, resp. USB 4 Gen 3x2)**

- Vznik v roku 2019
- Prenos dát odvodený od Thunderbolt protokolu, s ktorým je kompatibilný
- Umožňuje prenášať aj DisplayPort dáta
- Podporuje prenosy rýchlosťou 20 alebo 40Gbps

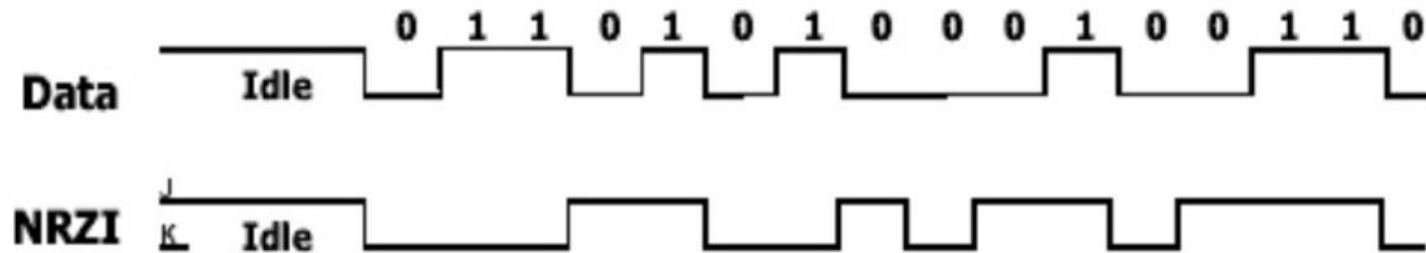


Ako USB zistuje rýchlosť?

- Zariadenia môžu byť pripojené za chodu, je potrebné ich rozpoznať a dohodnúť (určiť) rýchlosť pre komunikáciu
- Low speed zariadenie má pull-up rezistor na vodiči D-, high speed zariadenie má pull-up rezistor na vodiči D+
- Pri vyšších rýchlostiach funguje zisťovanie najvyššej rýchlosti tak, že sa USB host pokúsi vyslať niečo najvyššou rýchlosťou koncovému zariadeniu, ak zariadenie neodošle odpoveď, host zníži rýchlosť a takto to skúša až kým sa nedohodnú na komunikačnej rýchlosti

Prenos dát

- Neprenáša sa hodinový signál, **zbernica synchronizovaná dátami**
- Kódovanie NRZI-S (log. 0 sa kóduje ako zmena signálu, log. 1 sa kóduje ako nemenný signál)



- V rýchlostiach low-, high- a fullspeed sa na udržanie synchronizácie používa bit stuffing (vloženie nuly po šiestich jednotkách), **superspeed používa 8b/10 kódovanie a superspeed+ používa 128b/132b kódovanie**
- **Dátové vodiče prenášajú vzájomne negovaný signál** (zníženie vplyvu rušení) – diferenciálny prenos

Napájanie

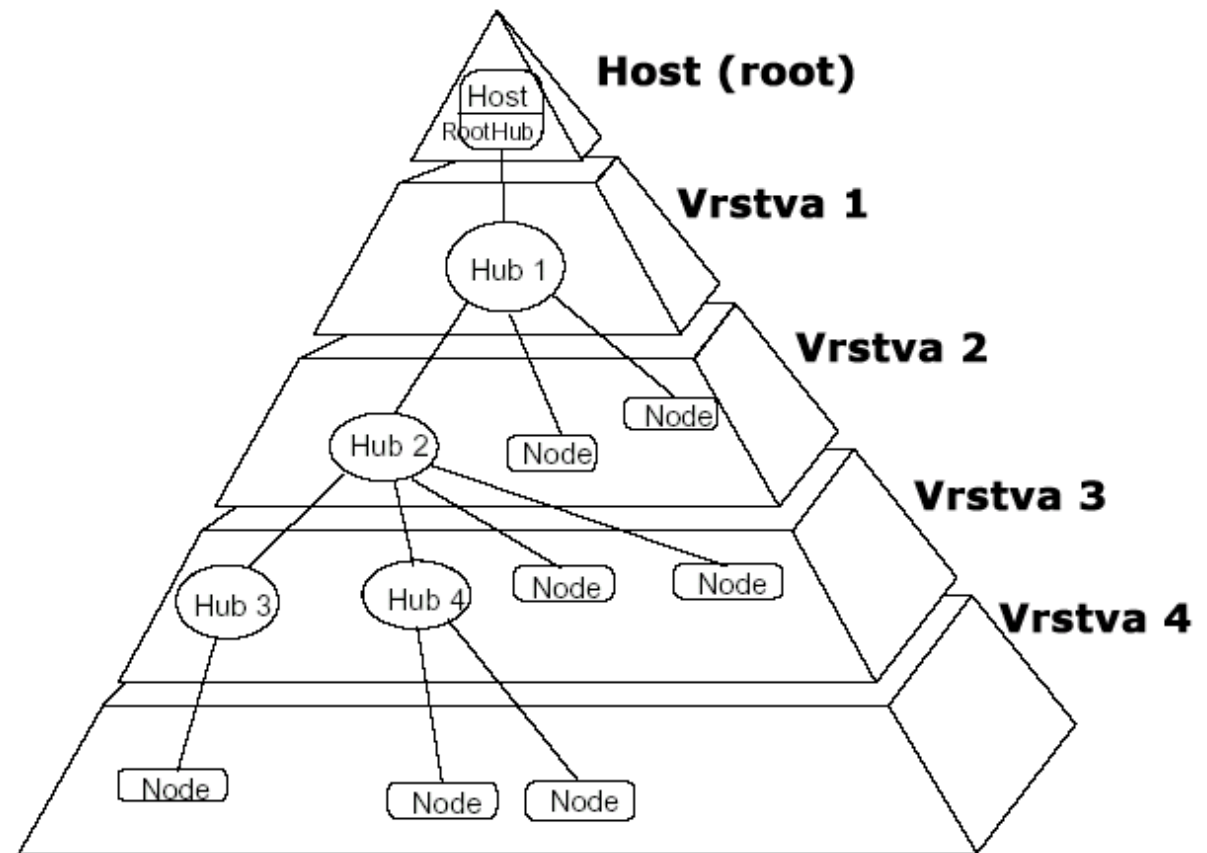
- Hub dodáva napätie cca 5V (4.75 – 5.25 V)
- Pri zariadeniach **do verzie USB2.0 vrátane** môže každé koncové zariadenie požiadať o 1-5 jednotiek (units) prúdu, ktoré potrebuje na svoje napájanie, pričom každá jednotka má 100mA (spolu teda **500mA**)
- Pri zariadeniach **od verzie USB3.0** môže každé koncové zariadenie požiadať o 1-6 jednotiek (units) prúdu, ktoré potrebuje na svoje napájanie, pričom každá jednotka má 150mA (spolu teda **900mA**)
- Hub napájaný po zbernici je schopný dodávať koncovým zariadeniam max. jednu prúdovú jednotku (100/150mA) na port

Prehľad USB napájacích štandardov

USB power standards

Specification	Current	Voltage	Power (max)
Low-power device	100 mA	5 V	0.50 W
Low-power SuperSpeed (USB 3.0) device	150 mA	5 V	0.75 W
High-power device	500 mA ^[a]	5 V	2.5 W
High-power SuperSpeed (USB 3.0) device	900 mA ^[b]	5 V	4.5 W
Multi-lane SuperSpeed (USB 3.2 Gen x2) device	1.5 A ^[c]	5 V	7.5 W
Battery Charging (BC) 1.1	1.5 A	5 V	7.5 W
Battery Charging (BC) 1.2	5 A	5 V	25 W
USB-C	1.5 A	5 V	7.5 W
	3 A	5 V	15 W
Power Delivery 1.0 Micro-USB	3 A	20 V	60 W
Power Delivery 1.0 Type-A/B	5 A	20 V	100 W
Power Delivery 2.0/3.0 Type-C ^[d]	5 A	20 V	100 W
<p>a. ^ Up to 5 unit loads; with non-SuperSpeed devices, one unit load is 100 mA.</p> <p>b. ^ Up to 6 unit loads; with SuperSpeed devices, one unit load is 150 mA.</p> <p>c. ^ Up to 6 unit loads; with multi-lane devices, one unit load is 250 mA.</p> <p>d. ^ Requires active Power Delivery 5-A cable.</p>			

Architektúra



- max. 7 vrstiev (2.0) resp. 5 vrstiev (3.0), max. 127 zariadení
- zariadenia komunikujú len pomocou rootu a nesmú komunikovať medzi sebou priamo

USB prenosy

- Riadiaci (Control)
 - Tento typ sa používa pre konfiguráciu zariadení najmä hneď po pripojení
 - Zariadenia si ním vymieňajú riadiace správy ako pripoj, odpoj, prideliť adresu, udaj stav a podobne
- S prerušením (Interrupt)
 - Používaný v zariadeniach, ktoré chcú trvale prenášať málo dát, ale potrebujú rýchlo zrealizovateľné prenosy (myš, klávesnica).
 - Dáta musia byť prenesené do nejakej doby od vzniku požiadavky a s minimálnou garantovanou rýchlosťou prenosu.
 - Prenosy sú len jednosmerné
 - Obsahuje detekciu chýb prenosu

USB prenosy

- Izochrónne prenosy (Isochronous)
 - Používa sa pre prenos súvislých dát, ktoré sú generované v reálnom čase, musia byť v reálnom čase prenesené a tiež spracované
 - Pri použití tohoto typu prenosu sa vyhradí časť prenosovej kapacity len pre tento prenos.
 - Typickým príkladom je prenos hlasu alebo videa, kedy sa dáta nemôžu nijako urýchliť ani omeškať.
 - Pri tomto type prenosu sa chyby detegujú, ale neopravujú.
- Hromadný (Bulk)
 - Požiadavky na prenos dát prichádzajú nepravidelne a väčšinou sa jedná o veľké množstvá dát.
 - Nejedná sa o časovo kritické operácie – majú nízku prioritu.
 - Využíva sa ostávajúca maximálna možná kapacita zbernice
 - Vhodné pre zariadenia ako skener, tlačiareň, USB flash
 - Chybné dáta sa detegujú a znova odošlú príjemcovi

Ako prebieha pripojenie USB zariadenia

- Koreňový rozbočovač (root) rozpozná pripojenie nového zariadenia – tento fakt preruší činnosť OS (opakovane sa testuje, či bolo pripojené nejaké zariadenie).
- Ak sa počítač dozvie o novom zariadení vykoná toto:
 - resetuje zariadenia
 - opýta sa zariadenia na jeho údaje
 - nakonfiguruje zariadenie
 - prideli zariadeniu jednoznačnú adresu (1-127)
 - tieto údaje uloží do tabuľky zariadení
- Po vykonaní týchto činností je zariadenie pripojené.
- Odpojenie zariadenia – počítač vymaže údaje o zariadení zo svojich konfiguračných tabuliek.



- Pri prepojení dvoch USB zariadení bez pomoci počítača musíme zabezpečiť, aby aspoň jedno zo zariadení plnilo funkciu USB hosta
- Technológia USB OTG zavádza štandardy pre takúto komunikáciu
- Rieši tento problém jednak z hľadiska napájania (jedno zariadenie zabezpečuje napájanie pre druhé) aj z hľadiska prenosu (jedno zariadenie je master-riadi komunikáciu a druhé je slave)
- Takáto technológia umožňuje napríklad pripojiť k smartfónu myš, klávesnicu alebo USB kľúč, netreba si ju však mýliť s reverzným nabíjaním

Sleep and charge ports

- Sleep and charge je označenie pre porty na počítačoch a zariadeniach, ktoré umožňujú napájať USB zariadenia aj v prípade, že je počítač vypnutý resp. uspatý
- Štandardne sú pri uspatom/vypnutom počítači USB porty odpojené
- USB napájanie je väčšinou realizované z pripojeného zdroja, väčšina laptopov vypne napájanie pri poklese ich vlastnej batérie pod stanovenú hodnotu



Špeciálne využitie USB-C

- Audio Adapter Accesory Mode
 - Umožňuje cez jack redukciu pripojiť k USB-C konektoru analógové slúchadlá s mikrofónom (nemýliť si s digitálnymi slúchadlami, ktoré sa pripájajú priamo cez USB-C)
- Alternate Mode
 - Umožňuje využiť konektor USB-C pre prenos dát iných štandardov
 - DisplayPort (na oboch koncoch USB-C alebo na jednom DP)
 - MHL (pripojenie doku)
 - HDMI (na jednom konci USB-C, na druhom HDMI)
 - ThunderBolt

