

USB

USB (eng. Universal Serial Bus) je naziv za računalnu sabirnicu koja služi za serijski prijenos podataka između osobnog računala i perifernih uređaja. Zamijenio je ranije korištena serijska (RS-232) i paralelna (Centronics) sučelja koja su koristila puno više žica u kabelu, imala velike konektore i nudile bitno manje brzine prijenosa. U upotrebi se mogu naći inačice standarda USB 1.0, koju je uskoro zamijenio USB 1.1, te USB 2.0, a koje se razlikuju po brzini prijenosa.

USB je USB-IF-ov (USB Implementers Forum) standard. USB-IF je neprofitna organizacija za promoviranje USB-a koju je 1995. godine osnovala grupa kompanija: Intel, Apple Computer, Hewlett-Packard, NEC, Microsoft i Agree Systems.

Sastoji se od kontrolnog uređaja (host - računalo) i spojenih perifernih uređaja kojih na jednom host-u može biti do 127.

Propisuje kabel (4 žice: 2 voda za napajanje (GND, 5V) i 2 diferencijalna podatkovna voda), konektore, te signale na sabirnici (diferencijalna "1": +200mV, diferencijalna "0": -200mV). Definiše protokol za spajanje USB uređaja ("B" tip konektora) na računalo ("A" tip konektora) i protokol za razmjenu podataka. Ima centralizirani pristup mediju, odnosno definiše "Speak-when-spoken-to" komunikacijski protokol.

USB 2.0 podržava tri načina prijenosa: Low-speed (1.5 Mb/s), Full-speed (12 Mb/s) i High-speed (480 Mb/s) uz najveću dopuštenu duljinu kabela od 5 m zbog kašnjenja signala. Podaci se na sabirnici šalju u paketima i postoje četiri vrste prijenosa: izokroni (USB slušalice i mikrofoni,...), masovni (printer, skener,...), prekidni (miš, joystick, tipkovnica,...) i kontrolni (konfiguracija uređaja). Za povećanje duljine udaljenosti koristi se hub koji se spaja između host-a i krajnjeg uređaja. Najviše se smije spojiti 5 hub-ova u nizu.

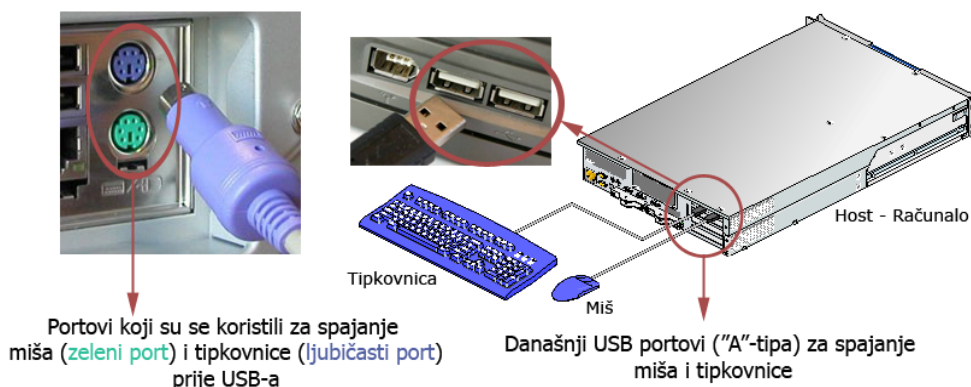
Uređaji se smiju odspajati za vrijeme rada USB-a (eng. hot-swapp). USB daje mogućnost isključivanja/uključivanja uređaja "na živo" bez potrebe za ponovnim pokretanjem računala (eng. Plug and Play instalacija).

Inicijalno je bio namijenjen osobnim računalima, ali danas se koristi i na prijenosnim računalima, PDA računalima, konzolama za video igre, mobitelima, kamerama, itd.

Što je USB?

USB je računalna sabirnica sa serijskim prijenosom podataka, a koristi se za povezivanje osobnog računala i perifernih uređaja.

USB je danas najrašireniji način spajanja računalnih periferija, odnosno PC komponenti (npr. miš, printer, skener, tipkovnica, modem, digitalna kamera, joystick, ...) na računalo. Većina tih komponenti spajanjem na USB rade puno brže i bolje nego što su to radile na starim priključcima.



SI.1. Primjer spajanja perifernih uređaja na USB

Prije USB-a za povezivanje uređaja na osobna računala koristila su se serijska (RS-232) i paralelna (Centronics) sučelja koja su koristila puno više žica u kabelu, imale velike konektore i nudile bitno manje brzine prijenosa:

- Printeri su se prije USB-a spajali na paralelni *port*. No, većina računala je dolazila samo s jednim paralelnim *port*-om, pa se javljao problem kada je trebalo priključiti više uređaja,
- Modemi su koristili serijski *port* kao i neki printeri i digitalni fotoaparati. No, većina računala ima najviše dva serijska porta, a najveća je brzina bila oko 100kb/s,
- Neki uređaji koji su trebali veću brzinu rada dolazili su sa svojom karticom koju je bilo potrebno staviti u 'utor' na matičnu ploču. Nažalost, broj 'utora' za kartice je ograničen, a instalacije nekih kartica su bile složene.



Svojstva

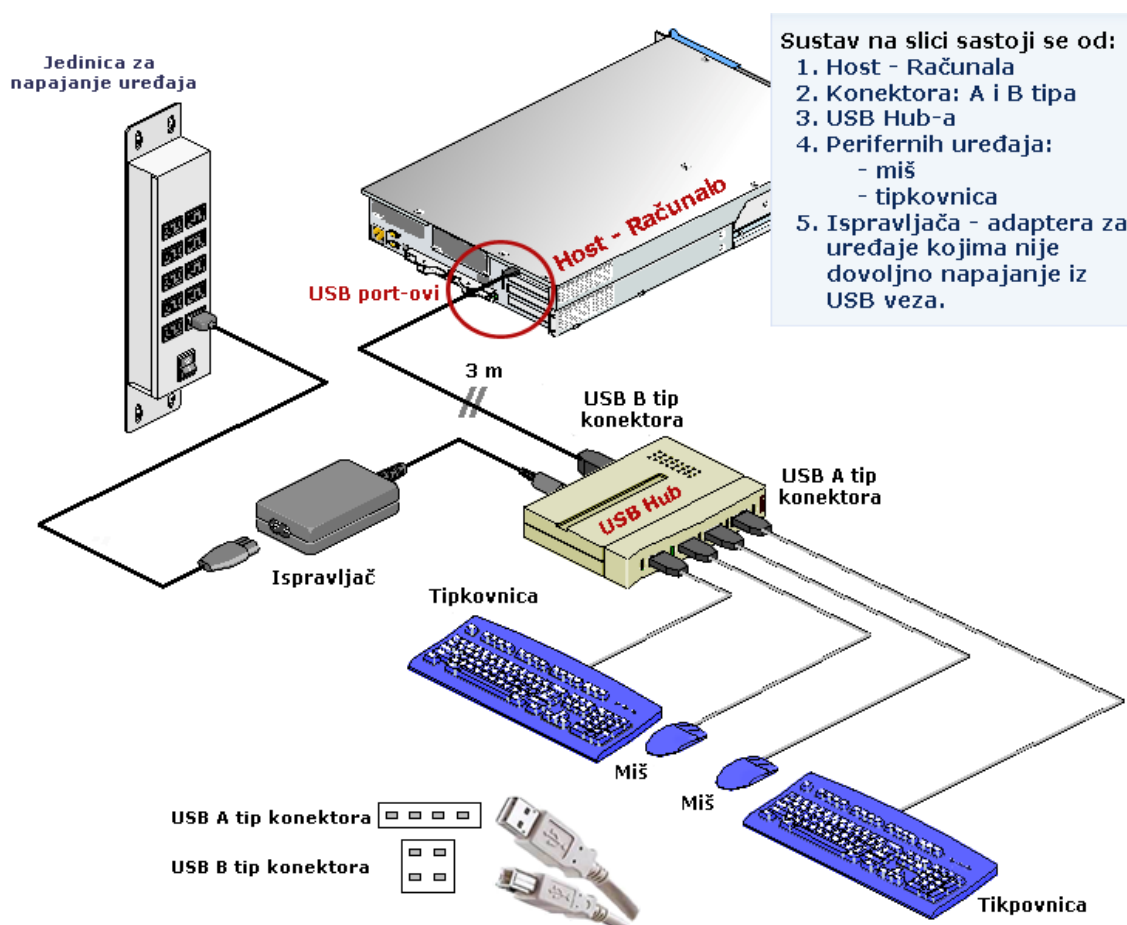
Kod USB-a brzine prijenosa su od nekoliko kbps do nekoliko Mbps. Električki detalji skriveni su od korisnika.

Za uređaje s brzinom prijenosa podataka od 10 kb/s – 100 kb/s (tipkovnica, miš, ...) karakteristično je jednostavno korištenje i instaliranje, te niska cijena (kabela, ...).

Kod uređaja s brzinom prijenosa od 500 kb/s – 10 Mb/s (kamera, ...) podaci se prenose u stvarnom vremenu (*real-time-u*), postoji garantirano kašnjenje i garantirana širina pojasa veze (eng. *bandwith*).

USB se sastoji od kontrolnog uređaja (*host* – računalo s USB sabirnicom) i spojenih perifernih uređaja. Podržava istovremeno priključivanje više uređaja. Nakon priključenja slijedi automatsko mapiranje *driver-a* na *host-u* i automatsko identificiranje uređaja. Uređaji se smiju odspajati za vrijeme rada USB-a (engl. *hot-swapp* uređaji). Također postoji mogućnost isključivanja/uključivanja uređaja "na

živo“ bez potrebe za ponovnim pokretanjem računala što se naziva *Plug and Play* instalacija.



SI.2. Spajanje perifernih uređaja s računalom preko USB-a

Standard

Prva inačica USB-IF (*Implementers Forum*) standarda, USB 0.7 pojavila se u studenom 1994. godine. No značajnija inačica standarda USB 1.0. pojavila se u siječnju 1996. godine s definiranim brzinama prijenosa: *Low-speed* (1.5 Mbps) i *Full-speed* (12 Mbps).

Standard USB 1.1. pojavio se u rujnu 1998. godine s definiranim brzinama prijenosa: *Low-speed* (1.5 Mbps) i *Full-speed* (12 Mbps).

Standard USB 2.0. pojavio se travnju 2000. godine. Predstavlja nadogradnju standarda USB 1.0 i 1.1. s 40 puta većom brzinom prijenosa – **High-speed** (480 Mbps). Pruža dodatnu širinu pojasa veze za multimediju i uređaje za pohranu podataka.

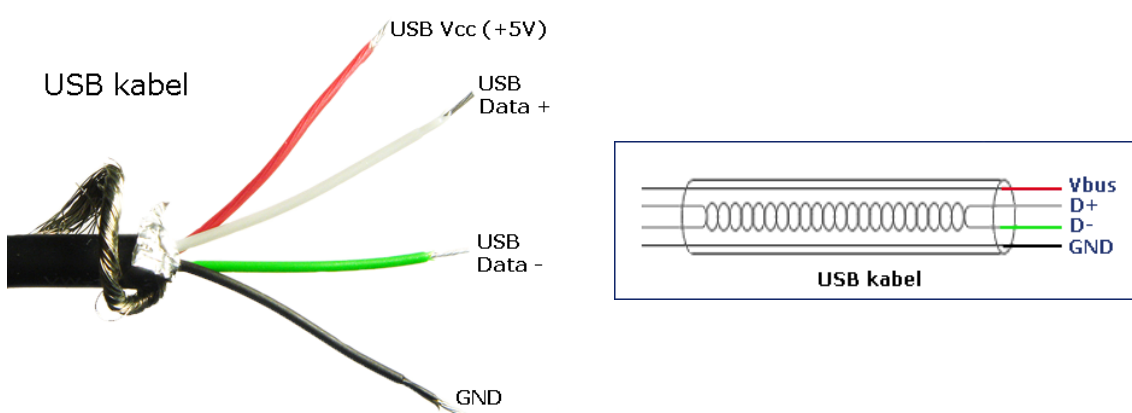
Fizički sloj

Kabel

USB kabel može biti dug do 5 m. Kabel je oklopljen i ima četiri žice

- napajanje +5V,
- dva diferencijalna podatkovna voda (parica za podatke): Data- i Data+,
- GND.

Kabli su terminirani unutar uređaja.



Brzina prijenosa podataka kabelom ovisi o uređaju koji se spaja na USB sabirnicu. Na sabirnici postoji DC signalizacija:

- za detekciju diferencijalne jedinice "1": $(D+) - (D-) > 200\text{mV}$
- za detekciju diferencijalne "0": $(D-) - (D+) > 200\text{mV}$

Kodiranje/dekodiranje podataka u prijenosu provedeno je NRZI kodiranjem:

- '1' je prikazana nepostojanjem promjene stanja napona
- '0' je prikazana promjenom naponske razine

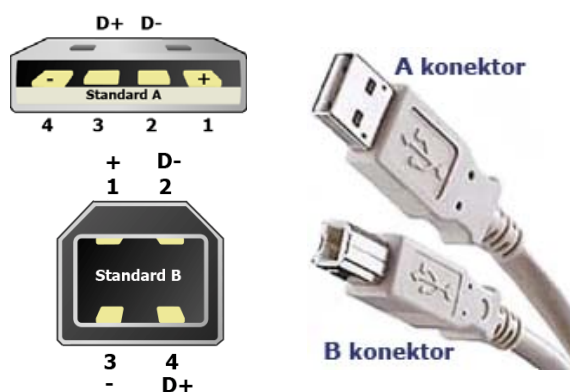
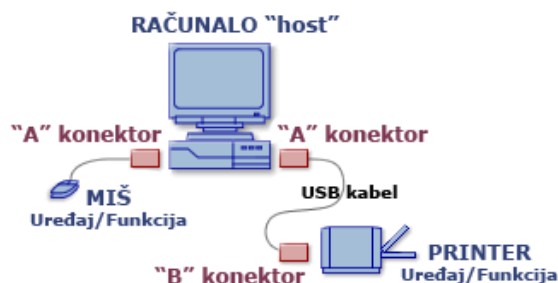
Prije NRZI kodiranja provodi se umetanje bitova (eng. *bit stuffing*) kako bi se osigurali potrebni prijelazi u samom signalu. To znači da se nakon 6 uzastopnih jedinica u toku podataka (eng. *data stream*) umeće nula što omogućuje promjenu u NRZI toku. Primatelj dobiva promjenu svakih sedam bitova čime se osigurava sinkronizacija podataka i takta.

Konektor

Konektori (SI.3) su dizajnirani da budu robusni. Izvorno su definirani USB konektori "A" i "B" tipa.

Kod "A" tipa, glava konektora je prema računalu (spaja se na *host – upstream oriented*).

Kod "B" tipa, glava konektora je prema USB uređaju (spaja se na periferni uređaj – *downstream oriented*).



SI.3. USB konektori

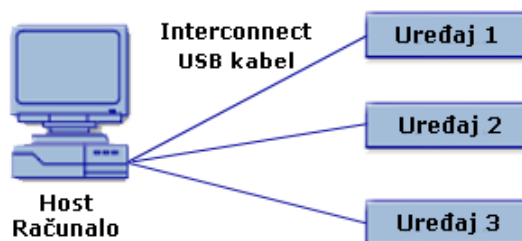
Kod manjih prijenosnih uređaja (digitalni aparati, *mp3 player*-i, mobiteli, *PDA*) koriste se i konektori "B" tipa kao Mini-B, Micro-B, Micro-A i Micro-AB.

Arhitektura

Osnovni dijelovi arhitekture

Arhitektura USB-a sastoji se od tri osnovne komponente (SI.4.):

- USB kontrolor (eng. *host*) koji se nalazi na računalu,
- USB veza (eng. *Interconnect*) što predstavlja komunikacijski put između računala i uređaja,
- USB uređaj (eng. *USB Physical Device*) koji se priključuje na računalo.



SI.4. USB Arhitektura

Brzina i udaljenost

Uređajima koji se spajaju na računalo, USB standard dopušta da se napajaju preko svojih USB veza što većinom koriste manji uređaji (miš, digitalni fotoapart,...). Uređaji koji zahtijevaju veće napajanje (printer, skeneri,...) imaju vlastiti izvor napajanja.

Definirane su brzine prijenosa podataka *Low-speed* (1.5 Mbps), *Full-speed* (12 Mbps) i *High-speed* (480 Mbps) uz dozvoljenu duljinu kabela od

- 5m za uređaje s većom brzinom rada (uređaji koji s USB signalnih linija "vuku" više od 100mA struje, kao npr. printeri, skeneri,...)
- 3m za uređaje s manjom brzinom rada (uređaji koji s USB signalnih linija "vuku" manje od 100 mA struje, kao npr. miš, tipkovnice,...)

Povećanje duljine kabela iznad dopuštene može smanjiti kvalitetu prijenosnog signala zbog kašnjenja signala. Prema USB 2.0 standardu maksimalno dopušteno kašnjenje signala je 5.2ns po jednom metru kabela.

Veze između *host*-a i perifernih uređaja mogu biti produžene na veće udaljenosti uz pomoć *hub*-ova. Maksimalan broj *hub*-ova koji se može spojiti u strukturu je 5. Teoretska udaljenost do koje se može spojiti neki uređaj preko *hub*-ova je 30m, ali u praksi to funkcionira do 25m.

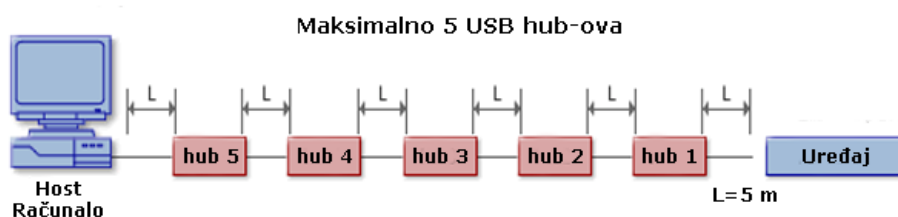
USB HUB

Hub služi za proširivanje strukture (SI.5), ima više izlaza, te može biti s napajanjem ili bez napajanja:

- HUB s napajanjem se koristi ako se spajaju uređaji koji traže veće napajanje od onog kojeg "crpe" iz svojih USB veza, a nemaju vlastito napajanje,
- HUB bez napajanja se koristi ako se spajaju uređaji koji imaju vlastito napajanje ili ako troše jako malo i dovoljno im je napajanje iz vlastitih USB veza.



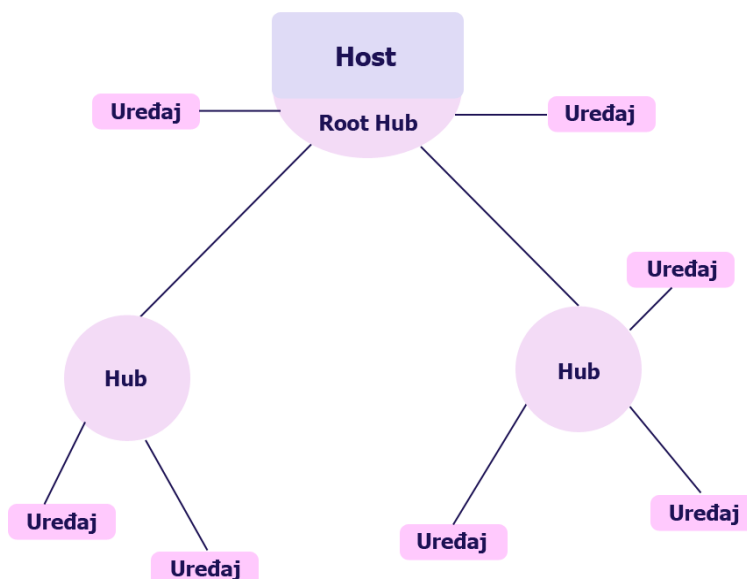
SI.5. Hub uređaj

SI.6. Spajanje *hub*-ova u lanac

USB topologija

Fizička topologija

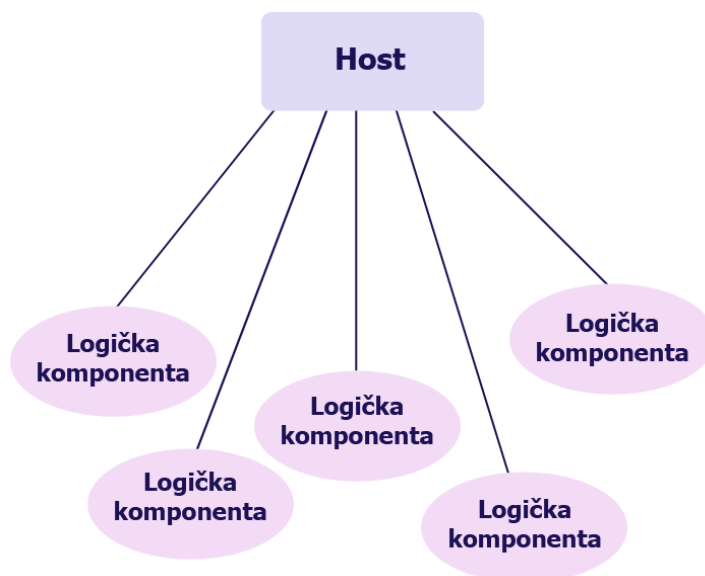
Predstavlja topologiju slojevite zvijezde (SI.7). Na vrhu strukture nalazi se glavni HUB uređaj (*root hub*) s kontrolorom (*host*). Na jedan kontrolor moguće je povezati do 127 USB uređaja (ne ubrajajući *hub*-ove).



SI.7. Fizička topologija USB-a

Logička topologija

Iako su komponente USB-a spojene zvjezdasto, *host* vidi uređaje kao da su direktno spojeni na njega (SI.8), no ostaje "svjestan" fizičke topologije kako bi odspajanje *hub*-ova bilo moguće. Nakon što se ukloni *hub*, svi uređaji spojeni na njega uklanjaju se iz *host*-ove perspektive logičke topologije.



SI.8. Logička topologija USB-a

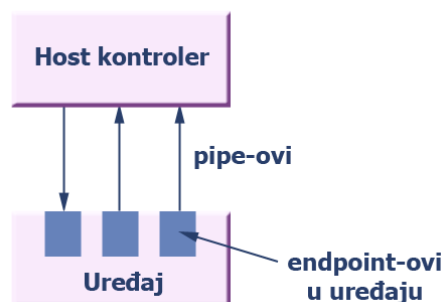
Protokol

Protokol određuje način na koji se podaci prenose fizičkim medijem, od *host*-a do uređaja i od uređaja do *host*-a.

Apstraktna razina protokola

Na apstraktnoj razini protokola USB uređaj je funkcija koja se treba izvršiti. Podaci se prenose između *software*-a na *host* kontroloru koji se nalazi na računalu, preko memorijskog spremnika i sve do određenog dijela funkcije koji se zove *endpoint*. Taj cijeli put kojim se prenose podaci zove se *pipe*.

Dakle, *endpoint* je jednoznačno određen dio USB uređaja (funkcije), koji predstavlja kraj komunikacijskog toka između *host*-a i uređaja.



Enumeracija

Enumeracija (eng. *enumeration process*) je proces dodjeljivanja adresa svim spojenim uređajima na *host* računalo. To je prvi proces koji se odvija nakon priključenja uređaja na računalo. Nakon što se na USB sabirnicu priključi novi uređaj on prima adresu 0. Tijekom enumeracije *host* šalje *Reset* signal uređaju i za vrijeme trajanja tog signala utvrđuju se osnovni podaci uređaja (brzina prijenosa, svrha, ...). Nakon *Reset* signala *host* šalje naredbe za konfiguraciju uređaja i dodjeljuje uređaju jednoznačnu 7-bitnu adresu (različitu od nule).

Transfer Management

Za prijenos paketa podataka između *host*-a i uređaja zauzima se određena širina pojasa (eng. *bandwith*). Proces dodjeljivanja pojasa različitim uređajima naziva se *Transfer management*. USB uređaj dijeli dostupnu širinu *bandwith*-a na pakete podataka (eng. *frame*-ovi). Bitovi svakog *byte*-a se na sabirnici šalju od *LSb*-a prema *MSb*-u.

Format paketa

Paketi "putuju" USB sabirnicom na relaciji *host* ↔ uređaj. Format paketa se mijenja ovisno o vrsti paketa koja se šalje. Općeniti format paketa prikazan je slijedećom tablicom.

SNYC	PID	ADDR	ENDP	Frame Number	Data	CRC	EOP
------	-----	------	------	--------------	------	-----	-----

SYNC polje

Svaki paket koji se prenosi USB sabirnicom započinje sinkronizacijskim SYNC poljem (određena kombinacija bitova: 8 bita za *Full/Low-speed* i 32 bita za *High-speed*). SYNC usklađuje nadolazeće pakete podataka s unutarnjim taktom. Posljednja dva bita SYNC polja pokazuju gdje započinje PID polje.

PID (Packet ID)

PID je 8-bitno polje koje se nastavlja na SYNC polje i određuje vrstu paketa koji se šalje.

Prva četiri bita određuju vrstu paketa, dok druga četiri bita su komplementarna vrijednost prva četiri (redundancija u zapisu) i koriste se kao bitovi za provjeru i detekciju pogreške.

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

U sljedećoj tablici prikazane su PID vrijednosti za sve vrste paketa koje se mogu prenositi USB sabirnicom.

Vrsta paketa	PID vrijednost	Identifikator paketa
<i>Token</i>	0001	OUT Token
	1001	IN Token
	0101	SOF Token
	1101	Setup Token
<i>Data</i>	0011	Data0
	1011	Data1
	0111	Data2
	1111	MData
<i>Handshake</i>	0010	ACK Handshake
	1010	NAK Handshake
	1110	STALL Handshake
	0110	NYET Handshake (No Response Yet)
<i>Special</i>	1100	PREamble
	1100	ERR
	1000	Split
	0100	Ping

Adresno polje

Adresno polje je treće polje po redu i sastoji se od dva polja: *Address field* (ADDR) i *Endpoint field* (ENDP).

7-bitno ADDR polje sadrži adresu uređaja koji prima paket. Polje podržava $2^7 - 1 = 127$ uređaja. Uređaji koje *host* još nije adresirao (enumeracija) moraju odgovoriti na pakete koji se šalju na adresu 0.

4-bitno ENDP polje sadrži adresu krajnje točke (*endpoint*) uređaja i dozvoljava $2^4 = 16$ internih krajnjih točaka po jednoj USB funkciji.

Frame Number Field je četvrto polje po redu i to je 11-bitno polje koje sadrži broj trenutačnog okvira podatka.

Data Field (Podatkovno polje) je peto polje koje sadrži 'sirove' podatke i može sadržavati do 1023 byte-ova.

CRC

CRC (cyclic redundancy check) Field je šesto polje koje služi za zaštitu svih polja osim PID-a. Daje 100 % zaštitu od 1-bitnih i 2-bitnih pogrešaka i radi se prije *bit stuffing*-a. CRC može biti različite duljine bita ovisno o vrsti paketa.

Vrste paketa

Token paket

Token paketom započinje svaki novi prijenos podataka. Sastoji se od PID polja, ADDR i END polja, te 5-bitnog *CRC* algoritma. *Token* indicira koji će tip prijenosa uslijediti. Sastoji se od tri tipa paketa: *In*, *Out*, *Setup*.

USB ima centralizirani pristup mediju za razliku od IEEE 802.3 Ethernet-a i IEEE 802.4 Token Bus-a, što znači da samo *host* može slati *Token* pakete.



Data Packet (podatkovni paket)

Podatkovni paket sadrži *Data Field* (podatkovno polje), PID polje s podacima koji se prenose i 16-bitni *CRC* algoritmom. Postoje četiri tipa podatkovnih paketa za USB 2.0 koji se identificiraju PID poljem unutar paketa: *Data0*, *Data1*, *Data2*, *MData*.

Maksimalna veličina paketa je 8 byte-a za *Low-speed*, 1023 byte-a za *Full-speed* i 1024 byte-a za *Hig-speed* sabirnicu.



Handshake Packet

To je paket koji služi za potvrdu uspješno obavljene komunikacije. Postoje tipovi paketa koji se sastoje samo od PID polja: *ACK*, *NAK*, *STALL*, *NYET*.



Start of Frame Packet (SOF)

SOF je paket koji šalje *host* svaku $1\text{ms} \pm 0.0005\text{ms}$ za *Full-speed* i svakih $125\text{us} \pm 0.0625\text{us}$ za *High-speed* sabirnicu.

Za *Low-speed* uređaj *host* šalje *Keep Alive Signal* svake milisekunde i na taj način uređaj ostaje "budan".

SOF paket sadrži *PID* polje, 11-bitni *Frame Number Field* i 5-bitno *CRC* polje. Također sadrži dva podatka: početak *frame*-a i broj *frame*-a.



Faze Protokola

Kao što je rečeno, USB prijenos podataka odvija se u paketima. Prijenos tih podataka sastoji se od 3 faze:

- **Token faza** – računalo postavlja *Token* kao indikator da će uslijediti prijenos podataka. Ovaj (*IN*) *Token* sadrži adresu uređaja koji je priključen na *host*, smjer podataka i određište na koje podaci trebaju stići. To određište zove se, kako je već prije navedeno, *endpoint*.
- **Data faza** – prenose se paketi podataka u smjeru koji određuje prije postavljeni *Token*.
- **Status (Handshake) faza** – šalje se *Handshake* paket koji nosi informaciju je li prijenos podataka bio uspješan ili neuspješan.

Ako je prijenos bio neuspješan, *host* čeka određeno vrijeme prije nego ponovo počne slati podatke.

Postoje četiri vrste prijenosa podataka:

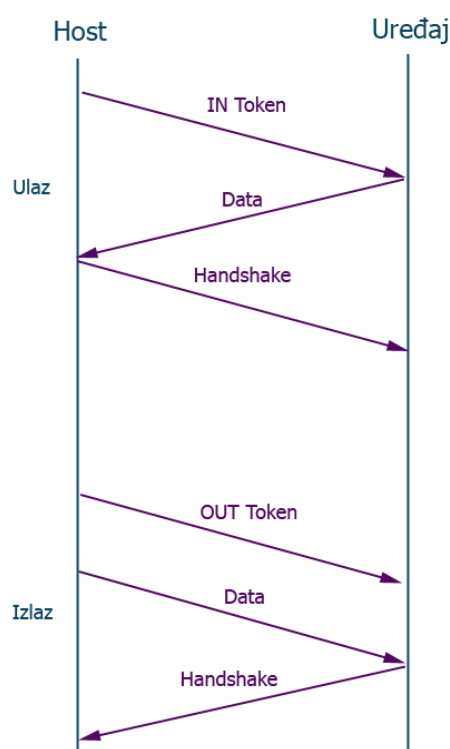
- **Izokroni prijenos** (eng. *Isochronous transfer*)

Podaci se prenose istom brzinom i istim redoslijedom kojim su primljeni. To je karakteristično za aplikacije koje zahtijevaju prijenos podataka u stvarnom vremenu (audio i video signali). Brzine prijenosa su *Full-speed* (12 Mbps) i *High-speed* (480 Mbps). Širina pojasa (*bandwidth*) je garantirana i stalna.

Ima *CRC* detekciju pogreški, ali ako se tijekom prijenosa uoči pogreška u toku podataka re-transmisija nije moguća.

Sadrži dvije faze: *Token* i *Data*. Računalo izdaje *Token* iza čega slijedi prijenos podataka.

- **Masovni prijenos** (eng. *Bulk transfer*)



Ovo je prijenos za velike količine podataka bez gubitka informacija (eng. *bursty* promet) i za aplikacije koje zahtijevaju prijenos podataka u različitim (neredovitim) vremenskim intervalima (printeri, skeneri, ...).

Ima *CRC* detekciju pogreški i pri prijenosu podataka u slučaju pogreške moguća je re-transmisija.

Brzine prijenosa su *Full-speed* (12 Mbps) i *High-speed* (480 Mbps).

Širina pojasa nije stalna. Koristi prijenos u tri faze: *Token*, *Data* i *Handshake*.

- Prekidni prijenos (eng. *Interrupt transfer*)

Ovo je prijenos za male količine podataka bez gubitka informacija i za aplikacije koje zahtijevaju redoviti prijenos podataka (tipkovnica, miš, joystick, monitor, ...).

Konfiguracija prijenosa definira vremenski interval u kojem će se slati/primati podaci.

Brzine prijenosa su *Low-speed* (1.5 Mbps), *Full-speed* (12 Mbps) i *High-speed* (480 Mbps).

Uspješnost prijenosa potvrđuje se *Handshake* paketima.

- Kontrolni prijenos (eng. *Control transfer*)

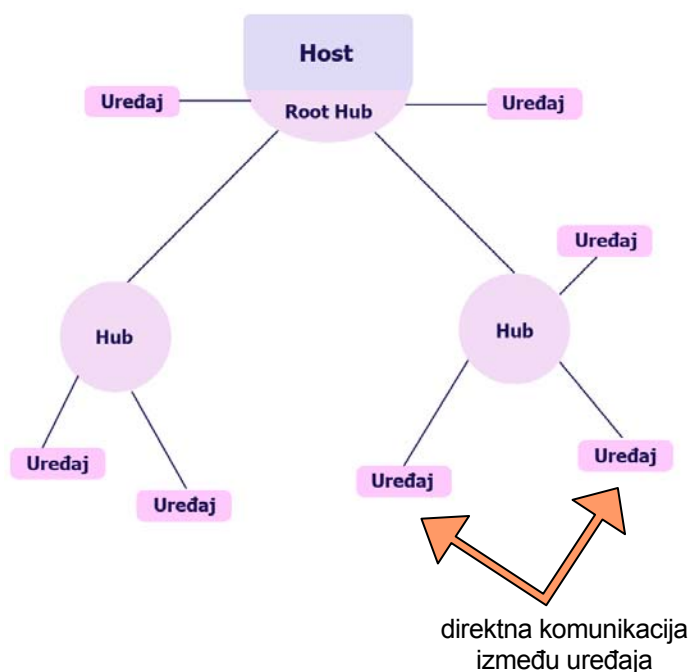
Ovo je prijenos bez gubitka informacija za kontrolne podatke za konfiguraciju priključenog uređaja.

Brzine prijenosa su *Low-speed* (1.5 Mbps), *Full-speed* (12 Mbps) i *High-speed* (480 Mbps).

Obavlja se minimalno u dvije faze: *Setup* i *Status*. Može sadržavati i *Data* fazu.

USB On-The-Go

USB *On-The-Go* (USB OTG) predstavlja dodatak USB 2.0 specifikaciji. Osnovna uloga mu je omogućavanje direktnog povezivanja dva USB uređaja (SI.9). Dosada takva razmjena podataka nije bila moguća već je to bilo potrebno obaviti preko posrednika – osobnog računala.



SI.9. Primjeri spajanja uređaja USB OTG-om

Kod USB OTG-a jedan od uređaja glumi *host-a*, dok je drugi sam uređaj. Nije potrebno da oba uređaja budu OTG kompatibilna za ostvarivanje komunikacije. Dovoljno je da je jedan od njih OTG kompatibilan, kako bi mogao glumiti *host-a*. S OTG uređajem može se spojiti USB uređaj:

- za koji postoje *driver-i* u OTG uređaju,

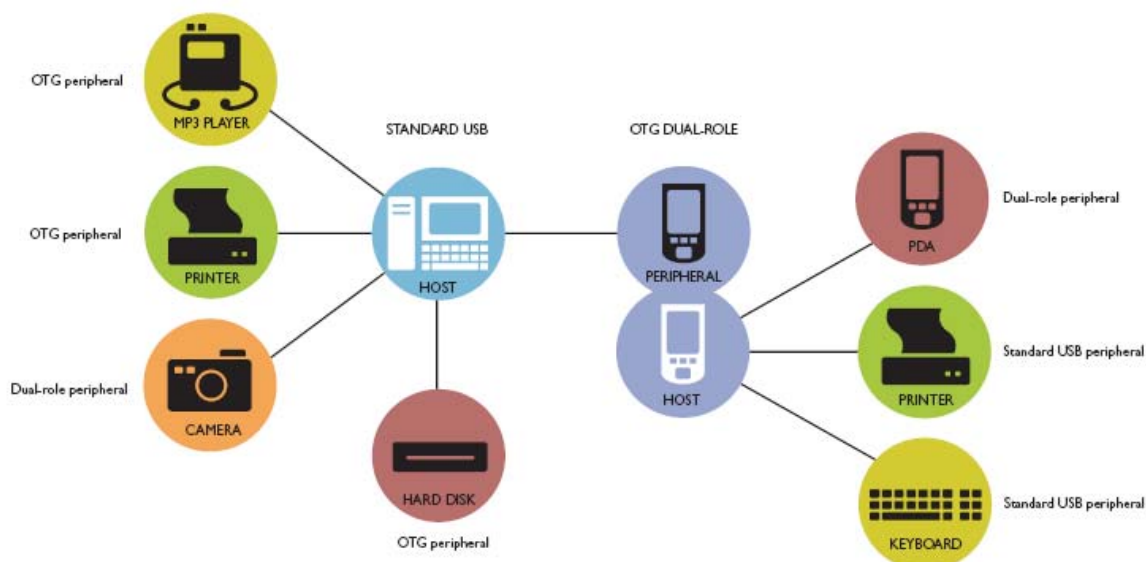
- koji se može napajati preko USB veze u slučaju da nema vlastito napajanje.

Novosti USB OTG tehnologije

USB OTG više ne koristi pojmove *host* i *uređaj*, već uvodi novu terminologiju, pa umjesto *host*-a koristi naziv "A-uređaj", a umjesto uređaja koristi naziv "B-uređaj". Ova nova terminologija proizašla je iz USB kabela (A i B tip konektora).

Dual-Role Device (DRD)

USB OTG DRD je novi USB uređaj s dvostrukom funkcijom. Takav uređaj može obavljati i ulogu "A-uređaja" (*host – matser*) i "B-uređaja" (uređaj). Na primjer dok je spojen na standardni "A-uređaj" (osobno računalo) obavlja ulogu "B-uređaja", a dok je primjerice spojen na standardni "B-uređaj" obavlja ulogu "A-uređaja" (*host*).



SI.10. OTG Dual-Role uređaj

Novi konektori

USB OTG definira novi mini-A i mini-AB konektor. Mini-B konektor već je definiran USB 2.0 specifikacijom.

OTG kabel na jednom kraju ima A konektor, a na drugom B konektor. Također postoji i mogućnost da kabel s jedne strane ima npr. mini-(A ili B) konektor, a s druge standardni (B ili A) konektor.

Novi konektori imaju dodatni 5. pin koji je ključan za OTG funkcionalnost. Radi se o identifikacijskom pinu (*ID pin*) koji se ne proteže kroz cijeli kabel, već se nalazi samo u konektorima na krajevima kabela. Mini-A konektor ima ID pin spojen na GND kabela, a kod mini-B konektora ID pin je "u zraku".

DRD uređaji imaju i novodefiniranu mini-AB utičnicu. To je univerzalna utičnica koja može primiti i mini-A i mini-B konektor. Kako DRD uređaji mogu mijenjati ulogu *host*->uređaj, nema smisla da imaju posebnu utičnicu za mini-A konektor i mini-B konektor. Kada se u AB utičnicu spoji mini konektor, ovisno o ID pinu određen je tip konektora, a time i tip uređaja (*host* ili uređaj).

Host Negotiation Protocol (HNP)

HNP je protokol za izmjenu uloge *host*-a između dva OTG DRD uređaja. Ovdje je nužno da su oba uređaja DRD uređaji. Kako *host* upravlja protokom podataka, ukoliko bi "B-uređaj" htio "A-uređaju" poslati/zatražiti neke podatke, on bi trebao poprimiti ulogu *host*-a u komunikaciji.

Pitanja

1. Što je to USB?
2. Koja poboljšanja u odnosu na RS-232 i paralelno sučelje donosi USB?
3. Koje brzine prijenosa postoje i na koju udaljenost se jamči prijenos?
4. Kakvi konektori su propisani?
5. Kakvi se sve danas konektori koriste?
6. Je li moguće spojiti uređaje na USB s kablom duljim od propisanog i kako?
7. Koji su osnovni dijelovi USB arhitekture?
8. Koja je razlika između fizičke i logičke USB topologije?
9. Što znači "Speak-when-spoken-to" komunikacijski protokol?
10. Što je to enumeracija?
11. Što je to *Transfer management*?
12. Kako se definira format paketa koji se šalje, preko kojih polja?
13. Koje sve vrste paketa postoje?
14. Koje su faze protokola tijekom prijenosa paketa podataka USB sabirnicom?
15. Koje sve vrste prijenosa podataka postoje?
16. Kolika je maksimalna duljina kabla?
17. Što se događa sa signalom koji se prenosi ako je duljina kabla veća od propisane?
18. Koliko žica ima kabel i koje su to?
19. O čemu ovisi brzina prijenosa podataka kablom?
20. Što je to NRZI kodiranje?
21. Što je to *bit stuffing* i čemu služi kod USB prijenosa?
22. Što je to USB *On-The-Go*?
23. Koje novosti donosi USB OTG tehnologija?

Pitanja za detaljnije proučavanja

1. Koje je današnje stanje standarda? Što je to USB 3.0?
2. Kako točno izgleda CRC algoritam? Koje inačice postoje?
3. Kako izgleda USB arhitektura po slojevima?
4. Što se točno događa kod *Transfer management-a*? Kakvi su procesi i tko sudjeluje u njima?
5. Što se točno događa sa signalima na sabirnici i kako teče prijenos podataka kod izokronog, masovnog, prekidnog i kontrolnog prijenosa?
6. Što je to USB *extender* i kakve su mu specifikacije?