



# Sustavi za praćenje i vođenje procesa

**Branko Jeren i Predrag Pale**

Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija

# USB

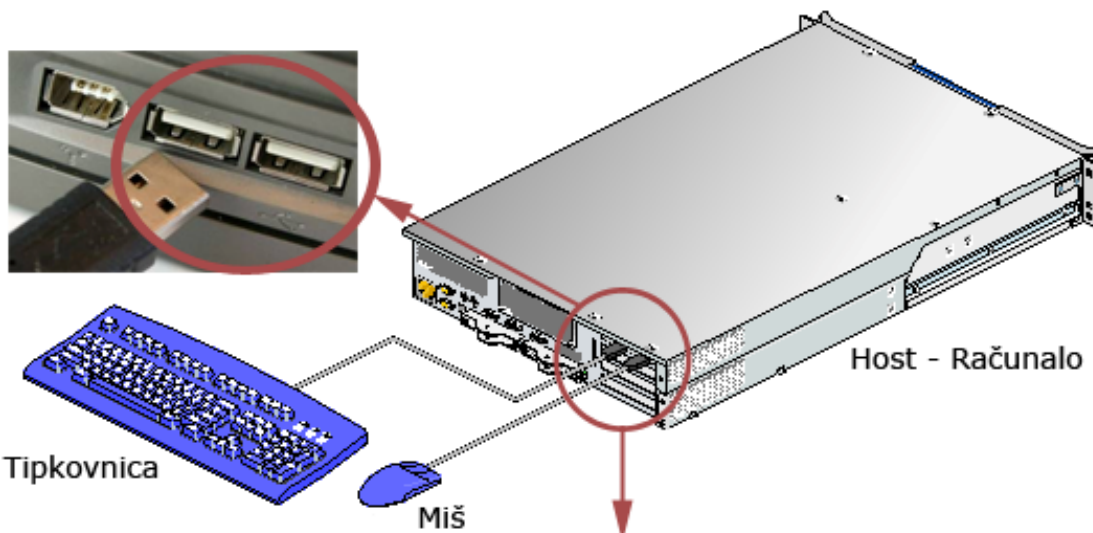


# USB

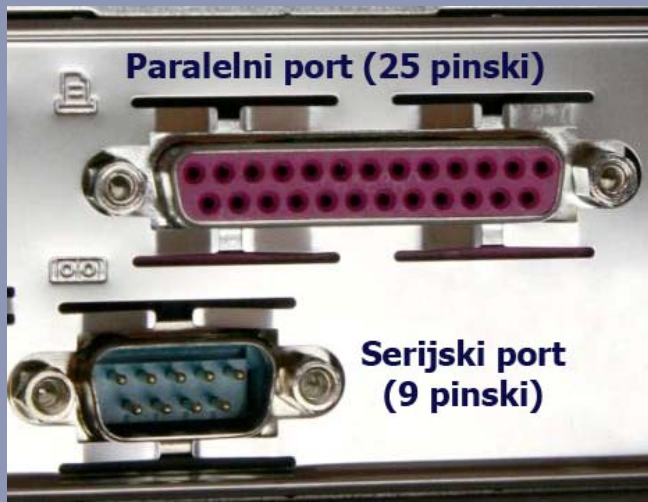
- *Universal Serial Bus*
- jedinstveni način spajanja vanjskih jedinica na osobno računalo
  - miš, tastatura, printer, skener, modem, digitalna kamera, joystick,...
- zamjena za serijska (RS-232) i paralelna (Centronics) sučelja koji imaju
  - puno više žica u kabelu
  - velike konektore
  - dosta manje brzine prijenosa
- smanjiti broj različitih kabela
- smanjiti broj i veličinu priključaka (*portova*) na računalo
- dinamičko spajanje i odspajanje vanjskih uređaja – na “živo” (*hot-swap*)
  - bez potrebe za resetiranjem računala (*Plug and Play*) i instalacijom potrebnih *driver-a*
    - instalacija se radi samo prvi put
      - po mogućnosti automatski



Portovi koji su se koristili za spajanje miša (**zeleni port**) i tipkovnice (**ljubičasti port**) prije USB-a



Današnji USB portovi ("A"-tipa) za spajanje miša i tipkovnice



# Standardi

- USB-IF (USB *Implementers Forum*) standardi ([www.USB.org](http://www.USB.org))
  - neprofitna organizacija za promoviranje USB-a, osnovana 1995. godine
  - Intel, Apple Computer, Hewlett-Packard, NEC, Microsoft i Agere Systems
  - USB 0.7 (0.8, 0.9, 0.99)
    - studeni 1994. do kolovoz 1995. godine
- USB 1.0
  - siječanj 1996. godine
  - Low-speed: 1.5 Mbps
  - Full-speed: 12Mbps
- USB 1.1
  - rujan 1998. godine
  - Low-speed i Full-speed
- USB 2.0
  - travanj 2000. godine
  - 40 puta veća brzina prijenosa: 480Mbps
  - dodatna širina pojasa veze za multimediju
- USB 3.0
  - rujan 2007. godine
  - SuperSpeed bus
  - brzine do 5 Gbps
  - ALI, uz dodatne dvije žice – USB 3.0 B connector

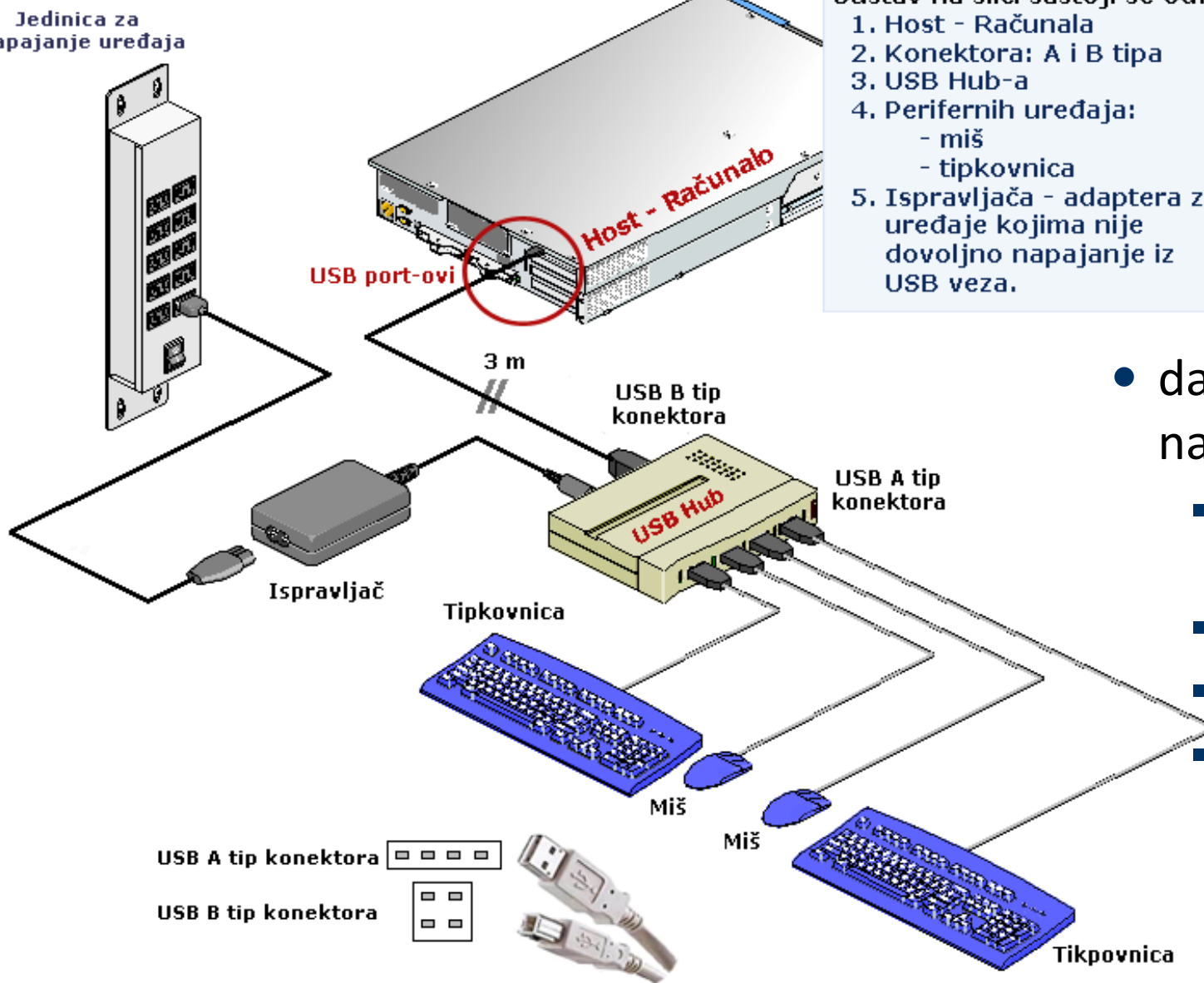


# USB arhitektura

- “Host” = USB kontroler
  - nalazi se na računalu
- “Device” = USB uređaj
  - priključuje se na računalo
- “Interconnect” = USB veza
  - komunikacijski put između računala i uređaja

Sustav na slici sastoji se od:

1. Host - Računala
2. Konektora: A i B tipa
3. USB Hub-a
4. Perifernih uređaja:
  - miš
  - tipkovnica
5. Ispravljača - adaptera za uređaje kojima nije dovoljno napajanje iz USB veza.



- danas korišten na:

- prijenosnim računalima
- mobitelima
- kamerama
- ...

- inicijalno namijenjen osobnim računalima

# Fizički sloj

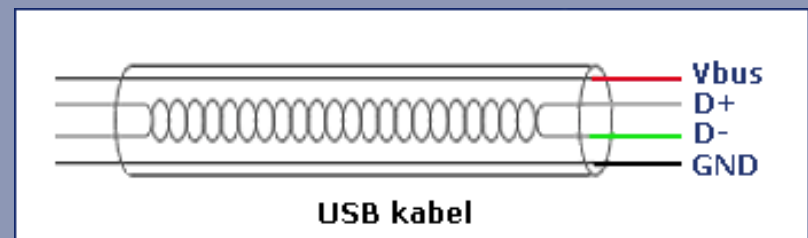
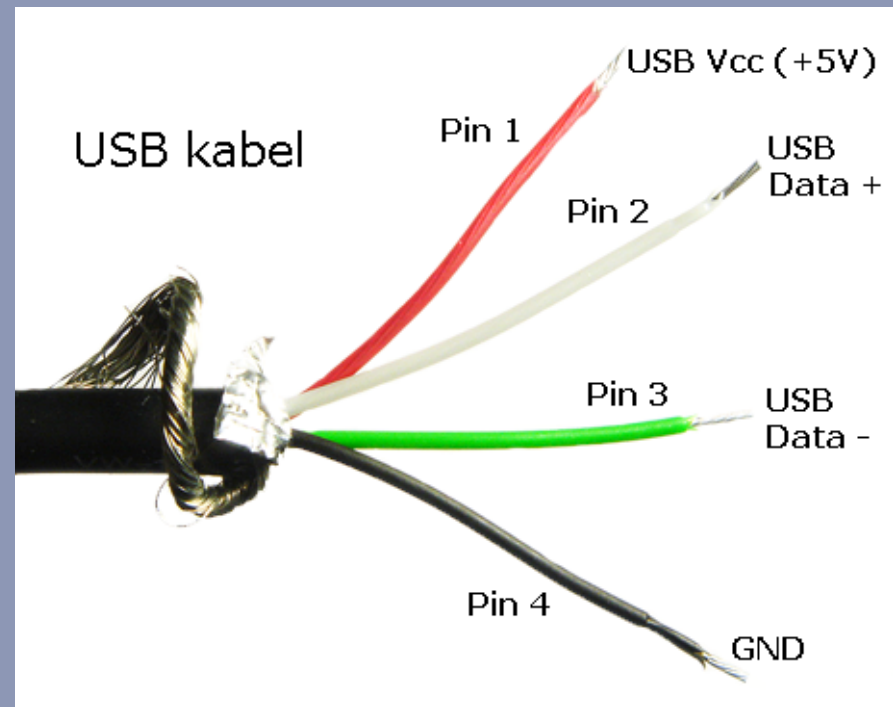
- USB kabel → USB sabirnica

- 4 linije

- dvije podatkovne D+ i D-
- napajanje (+5V)
- GND

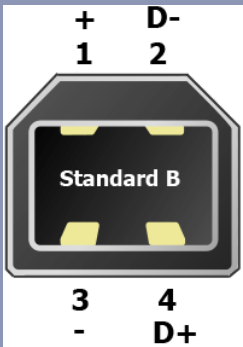
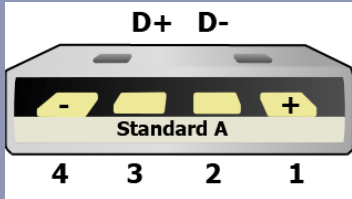
- diferencijalni prijenos podataka podatkovnim linijama D+ i D-

- upletene
- manji utjecaj EM smetnji
  - postoje i oklopljeni kabeli





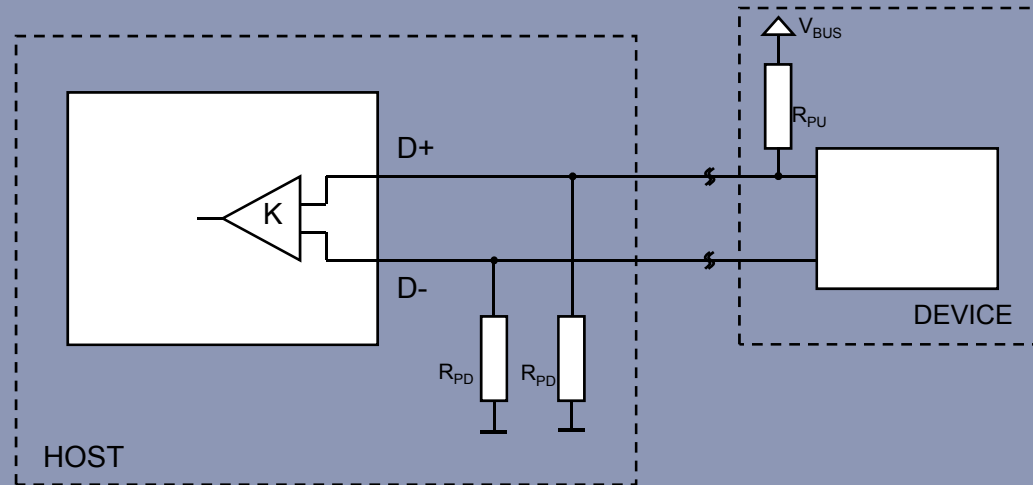
# Konektori



<p>Seriya A</p>	<p>Pin 1 Pin 4</p>	<p>Pin 1 Pin 4</p>
<p>Seriya B</p>	<p>Pin 1 Pin 2 Pin 3 Pin 4</p>	<p>Pin 1 Pin 2 Pin 3 Pin 4</p>
<p>Mini-USB Seriya A</p>	<p>Pin 1 Pin 5</p>	
<p>Mini-USB Seriya B</p>	<p>Pin 1 Pin 5</p>	<p>Pin 1 Pin 5</p>

# Fizički sloj

- DC signalizacija na sabirnici – 5 V

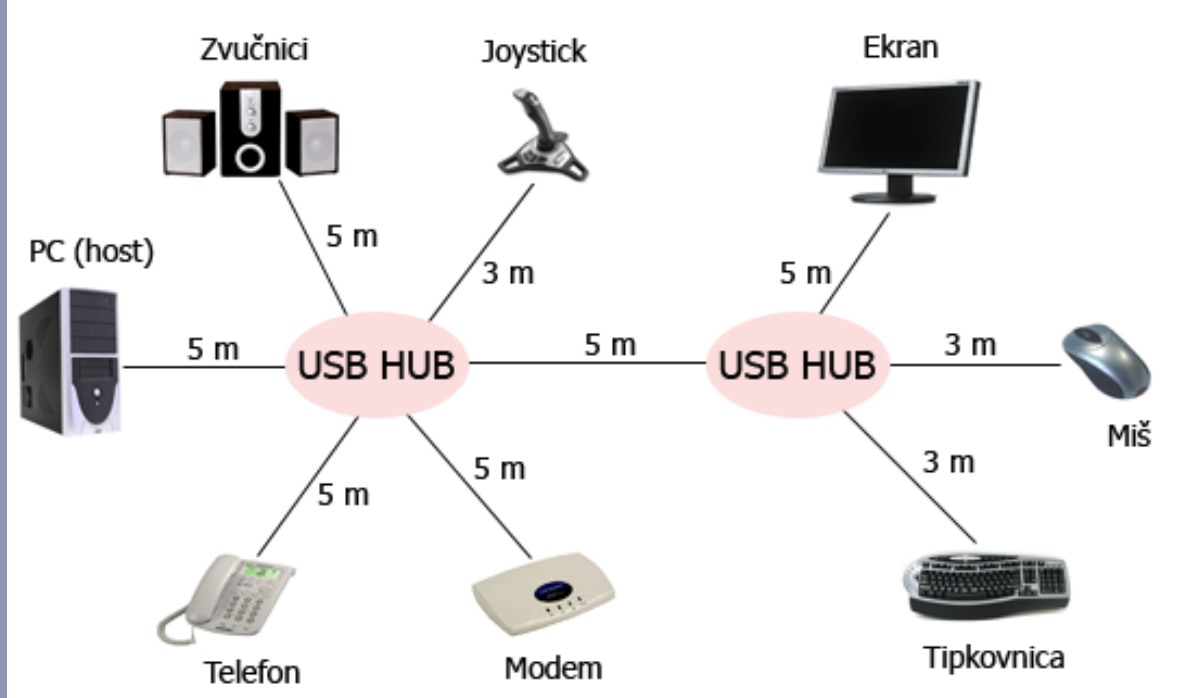


- diferencijalna “0” na sabirnici:  
 $(D-)-(D+) > 200\text{mV}$
- diferencijalna “1” na sabirnici:  
 $(D+)-(D-) > 200\text{mV}$

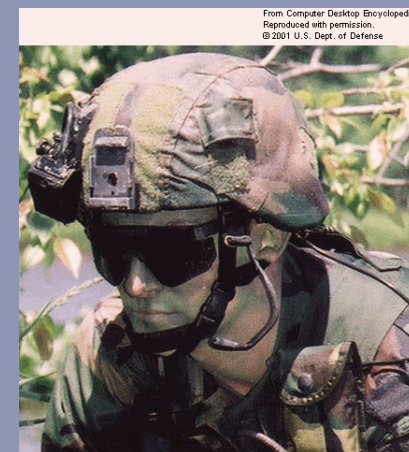
# Brzine i udaljenosti

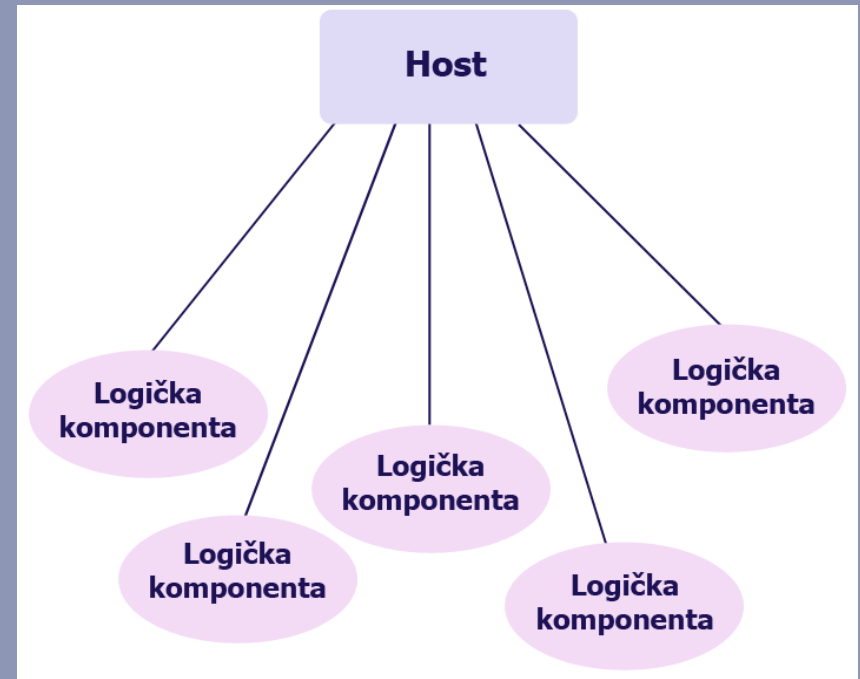
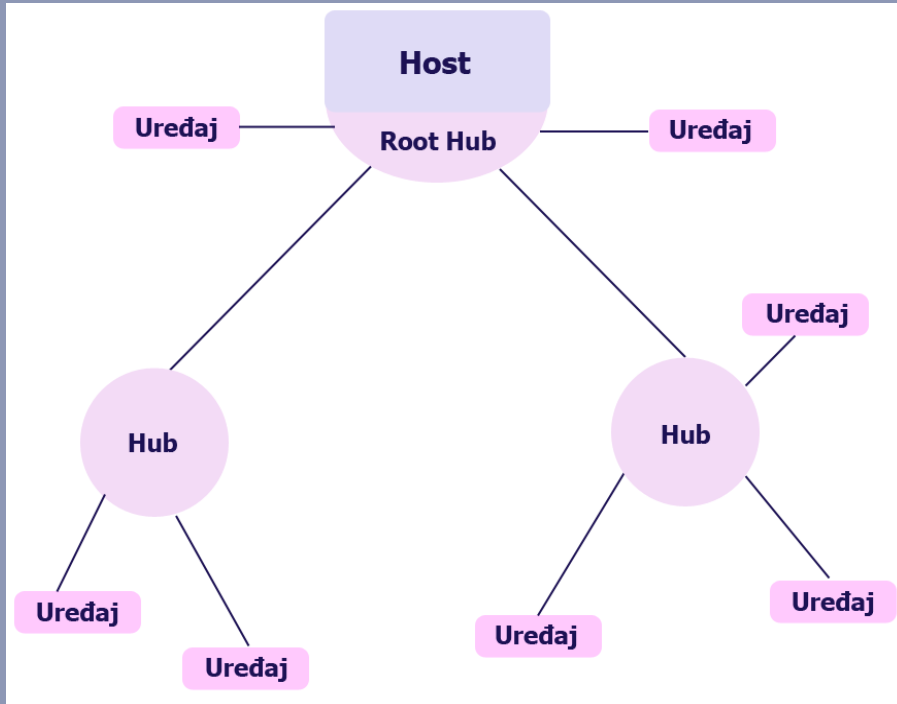
- definirane su brzine
  - *Low-speed* (1.5Mbps)
  - *Full-speed* (12 Mbps)
  - *High-speed* (480 Mbps)
  - uz dozvoljenu duljinu kabela od
    - 5 m za uređaje s većom brzinom rada (printer, skener, ...)
    - 3 m za uređaje s manjom brzinom rada (miš, tipkovnica, ...)
- kašnjenje signala
  - po metru kabela smije biti maksimalno 5.2 ns
- za povećanje udaljenosti u strukturu se dodaje HUB

# HUB



- služi za proširivanje strukture
  - pojačava signal
  - ima više izlaza
- HUB bez napajanja
  - kada uređaji koji se priključuju na njega imaju vlastito napajanje
  - ili ako troše jako malo ( $< 100 \text{ mA}$ )
    - miš, tipkovnica, joystick
- HUB s napajanjem
  - kada se spajaju uređaji koji nemaju vlastito napajanje
  - uređaji koji iz USB signalnih linija troše više od  $100 \text{ mA}$ 
    - printeri, skeneri, kamere





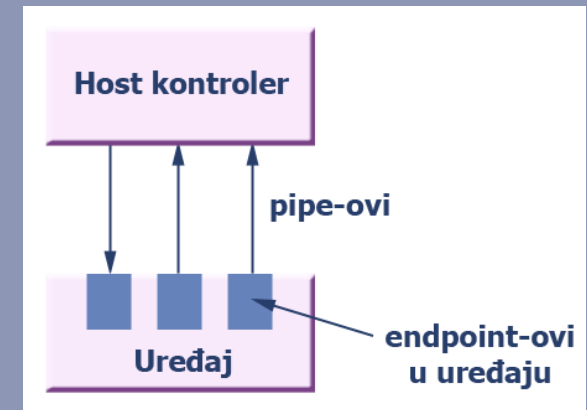
## FIZIČKA

- slojevita zvijezda
- na vrhu strukture root HUB s kontrolerom
  - na jedan kontroler do 127 USB uređaja

## LOGIČKA

- host 'vidi' uređaje
  - kao da su direktno spojeni na njega
    - ostaje 'svjestan' fizičke topologije
- ako se hub ukloni
  - svi uređaji spojeni preko njega nestaju iz perspektive logičke topologije

- *endpoint*
  - predstavlja kraj komunikacijskog toka između *host*-a i uređaja
  - svi USB uređaji imaju *endpoint 0*
    - za prijenos informacija kod konfiguracije tek priključenog USB uređaja
  - jednosmjerna komunikacija
- pipe
  - veza između USB uređaja i *endpoint*-a (software)
- prijenos podataka između memorijskog spremnika na *host*-u i *endpoint*-a na USB uređaju
- podaci se prenose kao paketi
- postoje 4 vrste prijenosa
  - Kontrolni (*Control transfer*)
  - Izokroni (*Isochronous transfer*)
  - Prekidni (*Interrupt transfer*)
  - Masovni (*Bulk transfer*)
- Enumeracija
  - proces dodjeljivanja 7-bitne adrese uređaju kod priključenja na *host*
- *Transfer Management*
  - zauzimanje određene širine pojasa prije prijenosa podataka
    - između *host*-a i uređaja
    - ovisi o vrsti prijenosa



# Vrste prijenosa

## Kontrolni prijenos

- prijenos bez gubitka informacija
  - kod konfiguracije novo priključenog USB uređaja
- koristi ga USB sistemski *software* na *host*-u
  - za pribavljanje, konfiguraciju i izdavanje nekih naredbi USB uređaju
- najčešći prijenos *endpoint*-om 0

## Izokroni prijenos

- zahtijeva garantiranu širinu pojasa tijekom prijenosa
- koristi se za prijenos paketa u stvarnom vremenu (*real-time*)
  - audio i video prijenos
    - npr. USB slušalice i mikroskop
  - ima CRC algoritam
  - nije moguće ponovno slanje u slučaju pogreške
- važnije za prijenos podataka “*on time*”

## Prekidni prijenos

- na ovaj način *host* provjerava ima li priključeni uređaj neke podatke za prenijeti
  - *host* radi “polling” (prozivanje) svakih [1,255] ms
- prijenos male količine podataka
  - npr. miš, joystick, tipkovnica

## Masovni prijenos

- za prijenos velike količine podataka
- prijenos bez gubitka informacija
  - CRC algoritam
  - moguće ponovno slanje u slučaju pogreške
- kada se garantira potpuni prijenos
  - npr. printeri, skeneri
- dozvoljava kašnjenje u prijenosu
  - uz uvjet da se svi podaci na kraju prenesu, bez greške



# Format paketa

- paket “putuje” sabirnicom na relaciji *host*<->*uređaj*
- format paketa sastoji se od 7 polja
  1. *SYNC Filed*
    - započinje svaki prijenos paketa
    - određena kombinacija bitova
      - 8-bitni za *Full-speed* uređaje (12 Mbps)
      - 32-bitni za *High-speed* uređaje (480 Mbps)
  2. *PID (Packet ID) Field*
    - 8-bitno
    - određuje vrstu paketa koji se šalje
  3. *Address Field = Address (ADDR) filed + Endpoint (ENDP) field*
    - ADDR
      - 7-bitno polje
      - adresa USB uređaja koji prima paket
    - ENDP
      - 4-bitno polje
      - adresa krajnje točke uređaja (*endpoint-a*)

SYNC	PID	ADDR	ENDP	Frame number	Data	CRC	EOP
------	-----	------	------	--------------	------	-----	-----

#### 4. *Frame Number Field*

- 11-bitno polje
- broj trenutnog okvira podatka

#### 5. *Data Field (Podatkovno polje)*

- “sirovi podaci”
- do 1023 byte-a

#### 6. *CRC (Cyclic Redundancy Check) Field*

- 100 % zaštita od 1-bitnih i 2-bitnih pogrešaka

#### 7. *End of Packet (EOP) Field*

- označava kraj paketa na sabirnici

SYNC	PID	ADDR	ENDP	Frame number	Data	CRC	EOP
------	-----	------	------	--------------	------	-----	-----

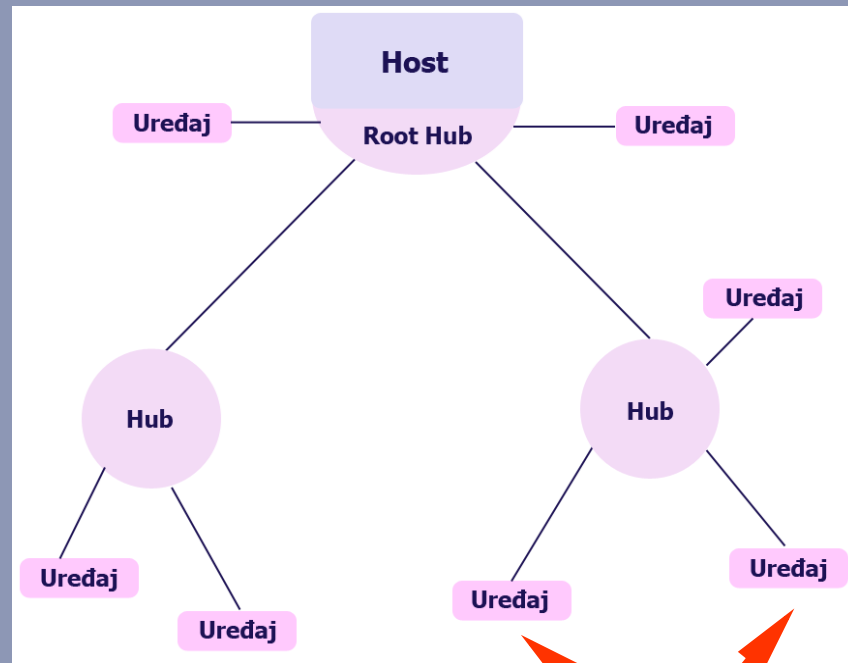
- format se mijenja ovisno o vrsti paketa
  - ovisno o 4 vrste prijenosa paketa

# USB On-The-Go

- dodatak specifikaciji USB 2.0
- omogućuje izravno povezivanje dva USB uređaja
  - do sada je razmjena išla pomoću posrednika – PC



- barem jedan uređaj je OTG kompatibilan
  - glumi *host*
  - spaja se s “bilo kojim” USB uređajem
    - za koji imamo *driver-e*
    - kojeg se može napajati preko USB veze u slučaju da nema vlastito napajanje



digitalni fotoaparatus <=> printer  
ispis fotografija direktno na printer



### Razmjena fotografije između digitalnih fotoaparata

### Povezivanje dva PC-a



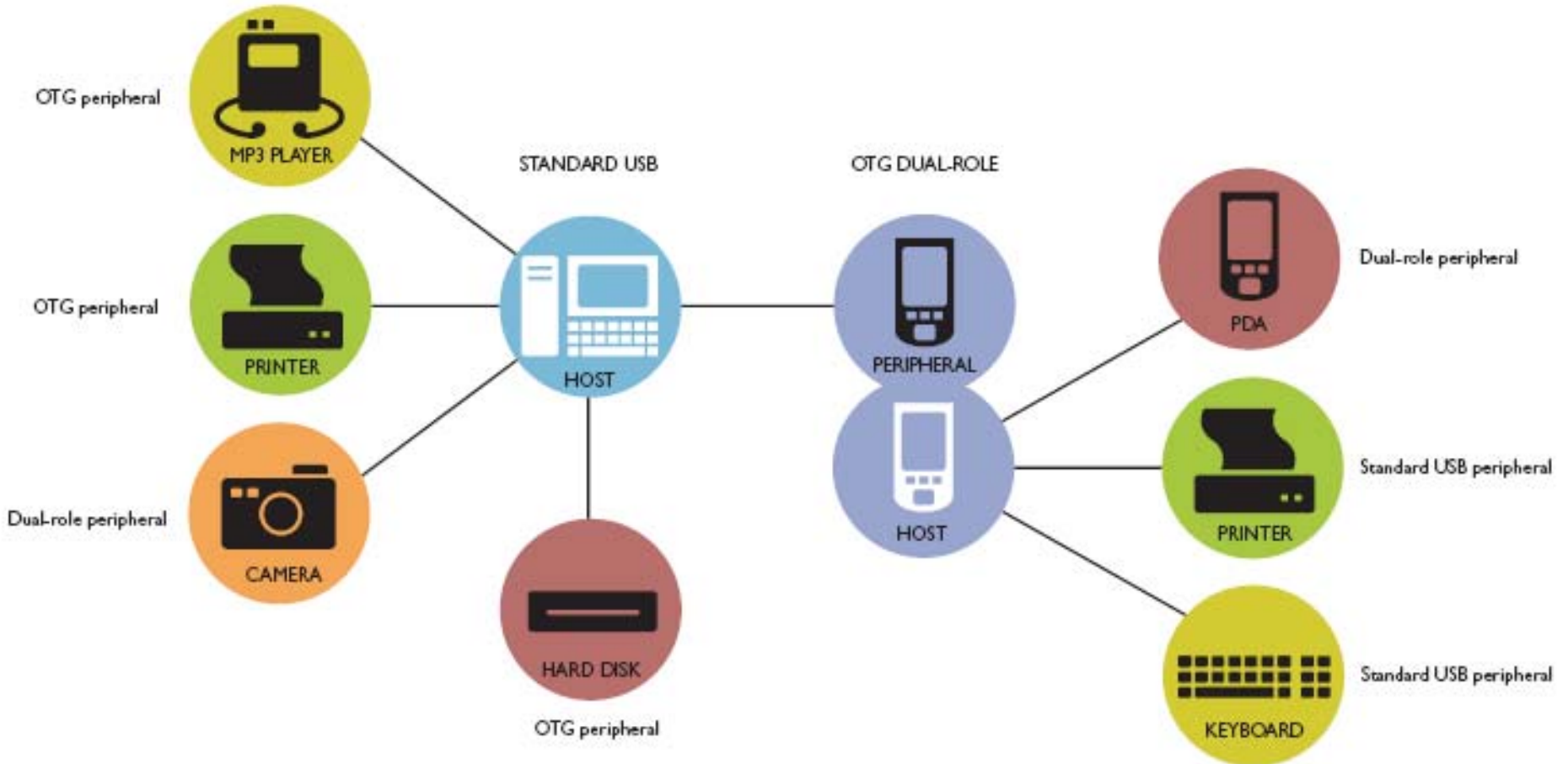
USB hard disk <-> USB logički analizator  
 Podaci s analizatora direktno na hard disk

# USB OTG – nova terminologija

- definira uređaje: A (*host*) i B (uređaj)
  - naziv preuzet iz konektora
- novi konektori
  - mini-A, mini-B i mini-AB
  - manje dimenzije
  - kod spajanja dva OTG uređaja dodatnim identifikacijskim (ID) pin-om 5 određuje se tko će predstavljati *host*, a tko uređaj
    - pin 5 se “ne proteže” kroz kabel, već se nalazi u konektorima na krajevima kabela
      - kod mini-A konektora spojen na GND (*host*)
      - kod mini-B konektora “u zraku” (uređaj)
- Dual-Role Device (DRD)
  - USB uređaj s dvostrukom funkcijom
  - može biti A-uređaj (*host, master*) i B-uređaj (uređaj)
  - mini-AB konektor
- Host Negotiation Protocol (HNP)
  - izmjena uloga *host*-a između dva OTG DRD uređaja



# USB OTG – dual role



# Sustavi za praćenje i vođenje procesa

[SPVP.zesoi.fer.hr](http://SPVP.zesoi.fer.hr)