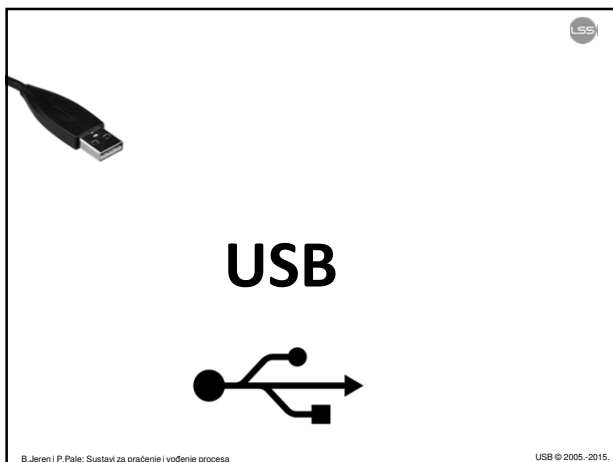



**Sustavi
za praćenje i vođenje procesa**

Branko Jeren i Predrag Pale

Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zavod za elektroničke sustave i obradbu signala



USB



B. Jeren i P. Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

Jeste li znali da USB sprave ... USB

... zapravo samo koriste napajanje?



B. Jeren i P. Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

Mnoštvo (velikih) konektora

Keyboard Mouse

Two Serial Ports

Analog Audio In and Out

Parallel Port

Game Port

S-video Out TV Out VGA

Paralelni port (25 pinski)

Serijski port (9 pinski)

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

USB - Universal Serial Bus

1994: Compaq, DEC, IBM, Intel, Microsoft, NEC, and Nortel

- jedinstveni način spajanja vanjskih jedinica na osobno računalo
 - miš, tipkovnica, printer, skener, modem, digitalna kamera, joystick,...
- zamjena za serijska (RS-232) i paralelna (Centronics) sučelja
 - puno manje žica u kabele
 - manji konektori
 - bitno veće 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

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

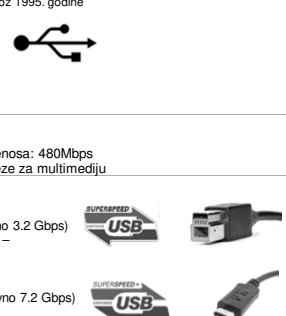
Sadržaj predavanja

- standardi
- arhitektura
- fizički sloj
 - kabel
 - konektori
 - električni signali
- topologije – hub
- protokol i vrste prijenosa
- format paketa
- zanimljivosti

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

Standardi

- USB-IF (USB Implementers Forum) standardi (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 kolovoza 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 (efektivno 3.2 Gbps)
 - ALI, uz dodatne dvije žice –
- **USB 3.1**
 - 2013.
 - SuperSpeed+
 - brzine do 10 Gbps (efektivno 7.2 Gbps)
 - kompatibilan s 3.0 i 2.0
 - Type C konektor – 24 žice



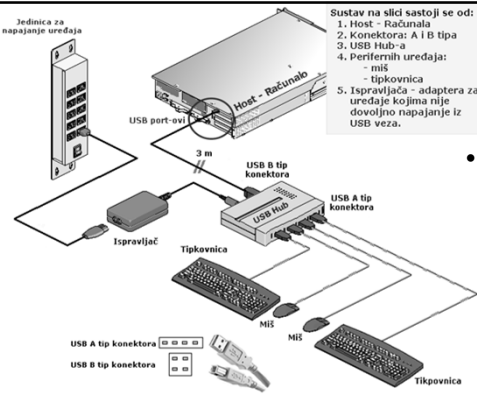
B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

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



B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.



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

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

Fizički sloj

- USB kabel → USB sabirnica
 - 4 linije
 - dvije podatkovne D+ i D-
 - napajanje (+5V)
 - **GND**
 - boje žica su definirane
- diferencijalni prijenos podataka podatkovnim linijama D+ i D-
 - upletene, 90 Ohm
 - manji utjecaj EM smetnji
 - postoje i oklopljeni kabeli

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

Konektori

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

Fizički sloj

- DC signalizacija na sabirnici: 5 V

Diferencijalna (D-) - (D+)	0	1
Low bandwidth	0 do 300 mV	2.8 do 3.6 V
High bandwidth	0 do 10 mV	360 do 440 mV

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

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, ...) i USB 3.0
- za **povećanje** udaljenosti u strukturu se dodaje **HUB**
- kašnjenje signala
 - po metru kabela smije biti maksimalno 5.2 ns
 - treba dodati kašnjenje svakog HUB-a
 - ukupno maksimalno 26 ns

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

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 mA)
 - miš, tipkovnica, joystick
- HUB s napajanjem
 - kada se spajaju uređaji koji
 - nemaju vlastito napajanje
 - te iz USB signalnih linija troše više od 100mA
 - printeri, skeneri, kamere

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

Napon, struja, snaga

- uređaji iz jednog USB priključka (hosta)
 - ne smiju trošiti više od 100 mA
 - osim ako se ne dogovore "digitalno"
- *USB Battery Charging Specification (Rev 1.1 2007)*
 - daje do 500 mA na 5V
 - do 1.5 A na 3.6
 - spušta napon kako struja raste
 - potpuno ugasi izvor
 - ako se pokuša povući previše struje
 - apsolutno ograničenje je 5 A
 - USB 2.0 A konektor fizički dozvoljava 1.5 A

Profile	+5 V	+12 V	+20 V
1	2.0 A, 10 W	N/A	N/A
2		1.5 A, 18 W	N/A
3		3.0 A, 36 W	N/A
4			3.0 A, 60 W
5		5.0 A, 60 W	5.0 A, 100 W

- USB Power Delivery (2012)

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

Topologija

FIZIČKA

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

LOGIČKA

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

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

Protokol

- **endpoint**
 - predstavlja kraj komunikacijskog toka između *host*-a i uređaja (port)
 - 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 je između memorijskog spremnika na host-u i endpoint-a na USB uređaju**
- podaci se prenose kao **paketi**
- postoje **4 vrste prijenosa**
 - Kontrolni, Izokroni, Prekidni, Masovni
- **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

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

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 mikrofoni
 - ima CRC algoritam
 - **nije moguće ponovno** slanje u slučaju pogreške
- važnije za prijenos podataka *"on time"*

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

Vrste prijenosa

LSS

Prekidni prijenos

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

Masovni prijenos

- za prijenos velike količine podataka
- prijenos bez gubitka informacija
 - CRC algoritam
 - moгуće 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

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa
USB © 2005.-2015.

Format paketa

LSS

- paket "putuje" sabirnicom na relaciji *host* <-> uređaj
- format paketa sastoji se od 7 polja
 - SYNC Field**
 - započinje svaki prijenos paketa
 - određena kombinacija bitova
 - 8-bitni za *Full-speed* uređaje (12 Mbps)
 - 32-bitni za *High-speed* uređaje (480 Mbps)
 - PID (Packet ID) Field**
 - 8-bitno
 - određuje vrstu paketa koji se šalje
 - Address Field = Address (ADDR) field + 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
------	-----	------	------	--------------	------	-----	-----

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa
USB © 2005.-2015.

LSS

- Frame Number Field**
 - 11-bitno polje
 - broj trenutnog okvira podatka
- Data Field (Podatkovno polje)**
 - "sirovi podaci"
 - do 1023 byte-a
- CRC (Cyclic Redundancy Check) Field**
 - 100 % zaštita od 1-bitnih i 2-bitnih pogrešaka
- 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

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa
USB © 2005.-2015.

USB On-The-Go

- dodatak specifikaciji USB 2.0
- omogućuje **izravno povezivanje** dva USB uređaja
 - do sada je razmjena bila moguća **isključivo preko posrednika** – hosta:
 - Host
 - Root Hub
 - Hub
 - Uređaj

digitalni fotoaparat <-> printer
ispis fotografija izravno na printer

- barem jedan uređaj mora biti 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

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

Razmjena fotografije između digitalnih fotoaparata

Povezivanje dva PC-a

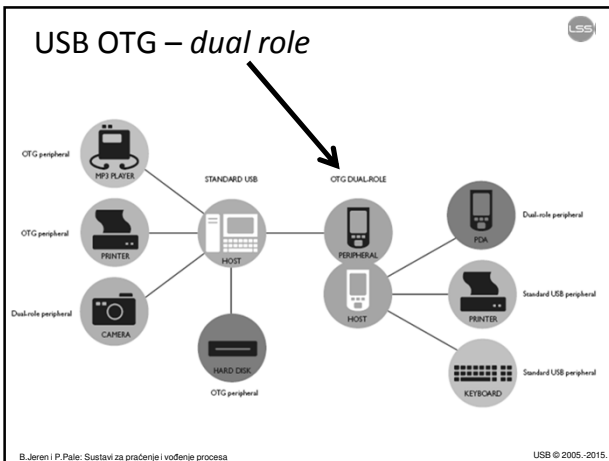
USB hard disk <-> USB logički analizator
Podaci s analizatora izravno na hard disk

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.

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
 - ima dodatni identifikacijski (ID) pin br. 5 koji određuje se tko će predstavljati *host*, a tko uređaj
 - pin 5 se "ne proteže" kroz kabel, već se nalazi u konektorima na krajevima kabla
 - 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)*
 - zamjena uloga *host*-a između dva OTG DRD uređaja

B.Jeren i P.Pale: Sustavi za praćenje i vođenje procesa USB © 2005.-2015.



Jeste li znali?

- windowsi pamte http://www.nirsoft.net/utills/usb_devices_view.html
 - sve USB uređaje koji su se priključili
 - tip, proizvođač, serijski broj, ...
 - kad su se **prvi put** priključili
 - kad su se **posljednji put** priključili
- USBDevview.exe – besplatan

Port_#0002.Hub_#0004	ADATA USB Flash Drive USB D...	Mass Storage	No
Port_#0002.Hub_#0004	UFD 2.0 Silicon-Power8G USB ...	Mass Storage	No
Port_#0002.Hub_#0004	MSI MS-551X USB Device	Mass Storage	No
Port_#0002.Hub_#0004	Verbatim STORE N GO USB De...	Mass Storage	No
Port_#0002.Hub_#0004	Generic USB Disk USB Device	Mass Storage	No
Port_#0002.Hub_#0004	USB Input Device	HID (Human Interface D...	No
Port_#0002.Hub_#0004	USB1102 Flash Disk USB Device	Mass Storage	No
Port_#0002.Hub_#0004	Arduino UNO	Communication	No
Port_#0003.Hub_#0003	USB Input Device	HID (Human Interface D...	No
Port_#0004.Hub_#0004	USB Input Device	HID (Human Interface D...	No
USB_RS/2 Optical Mo...	USB Input Device	HID (Human Interface D...	Yes

Sustavi za
praćenje i vođenje procesa

SPVP.zesoi.fer.hr
