

OPASKA!

- Ovi materijali namijenjeni su isključivo studenticama/studentima koji su upisali predmet “Računala i procesi” na FER-u u šk. g. 2002/2003.
- Za svako drugo korištenje potrebna je pismena suglasnost autora!
- Materijali služe kao pomoć u praćenju predavanja, a ne kao njihova zamjena te se ne mogu tumačiti izvan konteksta predavanja!

M. Žagar, 2002-10-01

(c) M. Žagar, RASIP, FER

ጠቅናላ ማህበረሰብ



የጠቅናላ ማህበረሰብ ድርጅት የሥራ ስልጠና
የጠቅናላ ማህበረሰብ ድርጅት የሥራ ስልጠና
የጠቅናላ ማህበረሰብ ድርጅት የሥራ ስልጠና
(ፊደል)

የጠቅናላ ማህበረሰብ

ድርጅት

የሥራ ስልጠና

Mario Žagar



Sveučilište u Zagrebu

Fakultet elektrotehnike i računarstva
(FER)

Računala I Procesi

10. Universal Serial Bus - USB

Sadržaj

- Ciljevi arhitekture
- Osnovne karakteristike USB sabirnice
- Pregled arhitekture
- Model toka podataka
- Mehanička svojstva
- Električna svojstva
- Usporedba s drugim sučeljima



Ciljevi arhitekture

☞ Ciljevi arhitekture

- Sabirnica za povezivanje PC komponenti;
- Jednostavna za uporabu;
- Niska cijena;
- Relativno velika brzina prijenosa, do **12Mb/s**;
- Potpuna podrška za *real-time* prijenos audio i kompresiranih video zapisa;
- Razvoj jednostvanog sučelja koje se može brzo i jednostavno integrirati u novi uređaj.



Što je USB?

- Skraćenica od Universal Serial Bus;
- Brzine prijenosa do 12Mb/s;
- Serijska sabirnica – četiri žice po kabeu, diferencijalni vodovi + dva voda za napajanje;
- Prvenstvena namjena – povezivanje PC komponenata;
- Zvijezdasta struktura mreže, do 127 fizičkih komponenata na mreži;
- podržana od Windows98 -



USB - načini rada

- ☞ sinkroni (u ritmu)
- ☞ asinkroni (inicijator ne treba čekati na završetak aktivnosti, uređaj se javi kad je gotov)
 - prijenos će biti kompletan ali se ne zna kad će završiti
- ☞ izosinkroni
 - definirana propusnost ali prijenos može imati gubitke (audio, video)



Osnovna svojstva USB sabirnice (1)

☞ Ciljane primjene

- Sporiji uređaji (*interactive devices*) poput tipkovnica, miševa, PC periferija za igre, VR podršku i slično;
 - ◆ Potrebne brzine prijenosa 10-100kb/s;
 - ◆ Važno: niska cijena, jednostavnost održavanja i korištenja, istovremena podrška više uređaja, uključivanje/isključivanje “na živo”.
- Prijenos audio i video zapisa, u stvarnom vremenu
 - ◆ Potrebne brzine 500kb/s do 10Mb/s;
 - ◆ Važno još i: garantirano kašnjenje (*real-time* zahtjev), garantirani *bandwidth*.

Osnovna svojstva USB sabirnice (2)

- ☞ Jednostavnost uporabe za konačnog korisnika
 - jednostavan model kabliranja;
 - svi električni detalji skriveni od korisnika (*npr. terminatori sabirnice*);
 - Automatska identifikacija uređaja, automatsko mapiranje *driver*-a na matičnom računalu i samopodešavanje;
 - Dinamičko priključivanje uređaja i rekonfiguracija.



Osnovna svojstva USB sabirnice (3)

- ☞ Širok raspon mogućeg opterećenja sabirnice
 - Predviđeno za brzine prijenosa od nekoliko kb/s do nekoliko Mb/s;
 - Istovremeni rad više uređaja na sabirnici;
 - Prijenos više paralelnih nizova (*stream*) podataka između uređaja;
 - Podrška za višefunkcijske uređaje (jedan fizički uređaj, više USB klijenata – *compound devices*).

Osnovna svojstva USB sabirnice (4)

☞ **Fleksibilnost**

- Razne veličine paketa na sabirnici;
- Razne brzine prijenosa;
- Kontrola toka i spremnika unutar protokola.

☞ **Niska cijena**

- Niska cijena implementacije, USB optimiran za jednostavnu integraciju u periferije i matične uređaje;
- Niska cijena konektora i kabela (nema posebnih zahtjeva).



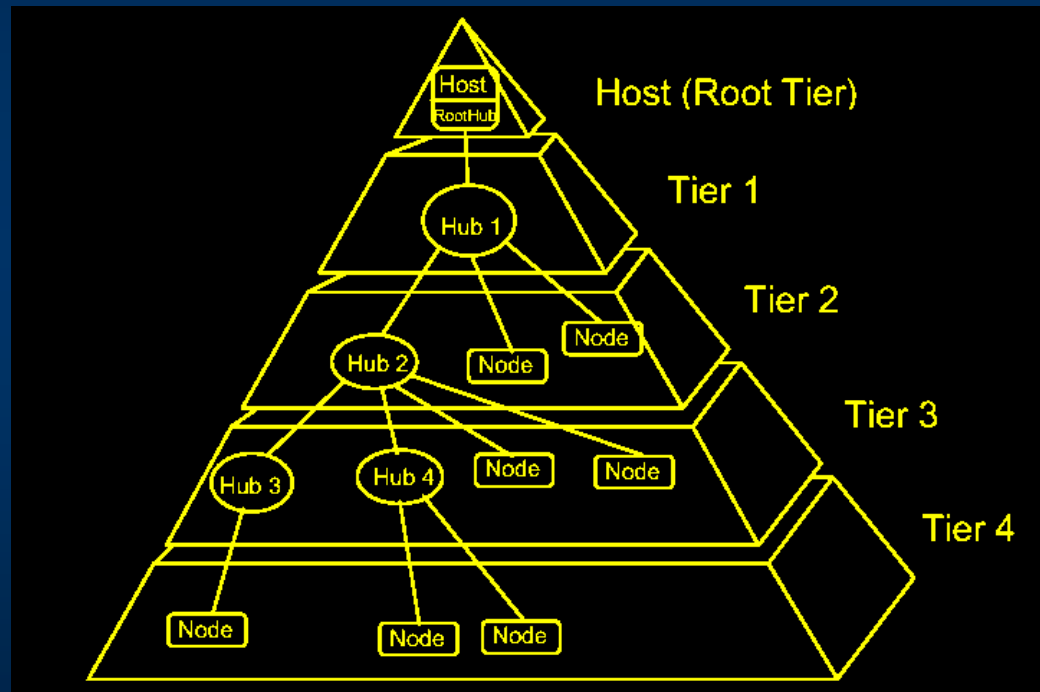
Pregled USB arhitekture

- ☞ Tri osnovna područja arhitekture
 - USB komunikacijski mehanizmi (*USB interconnect*);
 - ◆ Topologija sabirnice
 - ◆ Komunikacija između implementacijskih razina
 - ◆ Model prijenosa podataka
 - USB uređaji;
 - USB matični uređaj (*USB host*).



Pregled USB arhitekture

Topologija sabirnice



Pregled USB arhitekture

Topologija sabirnice

☞ Struktura mreže

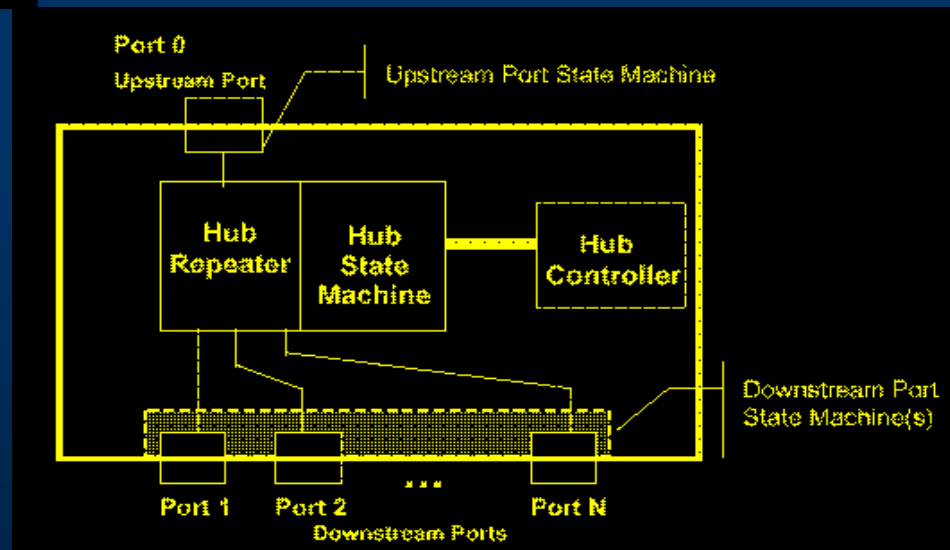
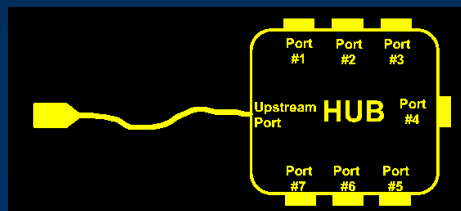
- Višeslojna zvjezdasta struktura – *tiered star topology*;
- Na vrhu svake zvijezde je *HUB* uređaj;
- Na vrhu strukture je glavni *HUB* uređaj s pripadnim kontrolerom (*root HUB+host*);
- Kompletna struktura može imati do 127 *USB* uređaja po kontroleru (ne računajući *HUB*-ove).

☞ *HUB* uređaj

- Proširivanje strukture;
- Svaki vod spaja samo dvije točke – *npr. kontroler na jedan uređaj*;
- Više izlaza raspoloživo na *HUB*-u;
- Neki uređaji preuzimaju ulogu *HUB*-a – *npr. Scanner ima ulaz za kontroler (PC) i izlaz za proširivanje arhitekture.*

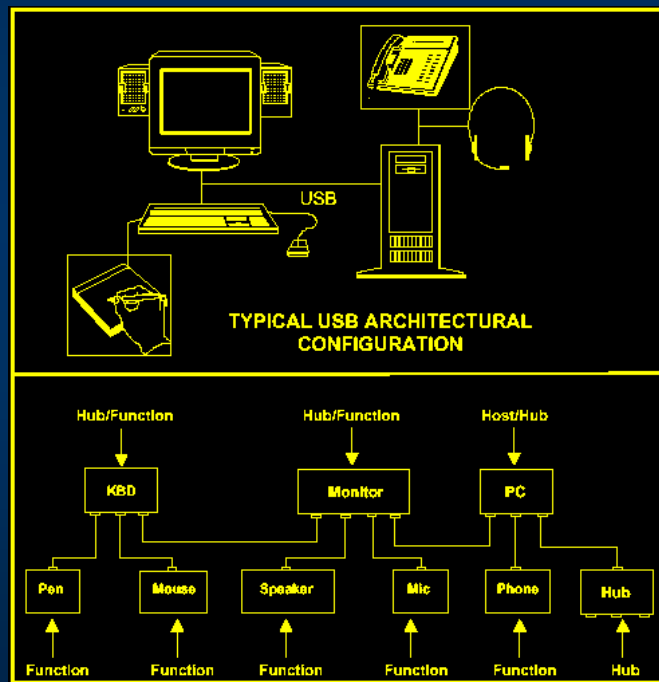
Pregled USB arhitekture

Topologija sabirnice– USB HUB



Pregled USB arhitekture

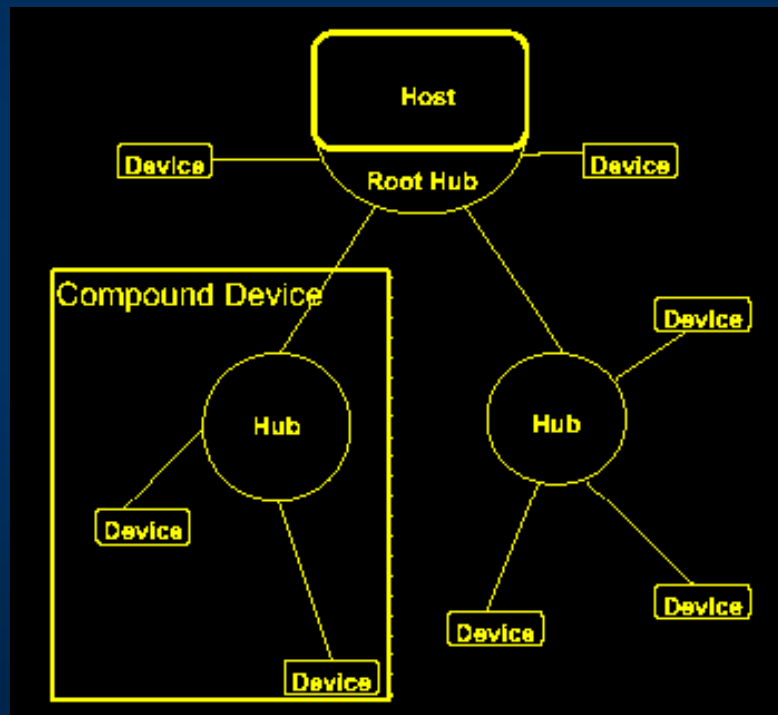
Topologija sabirnice



- shematski prikaz spajanje uređaja na USB sabirnicu;
- nema posebnih *HUB* uređaja – svaki *USB* uređaj djelomično implementira ovu funkciju.

Pregled USB arhitekture

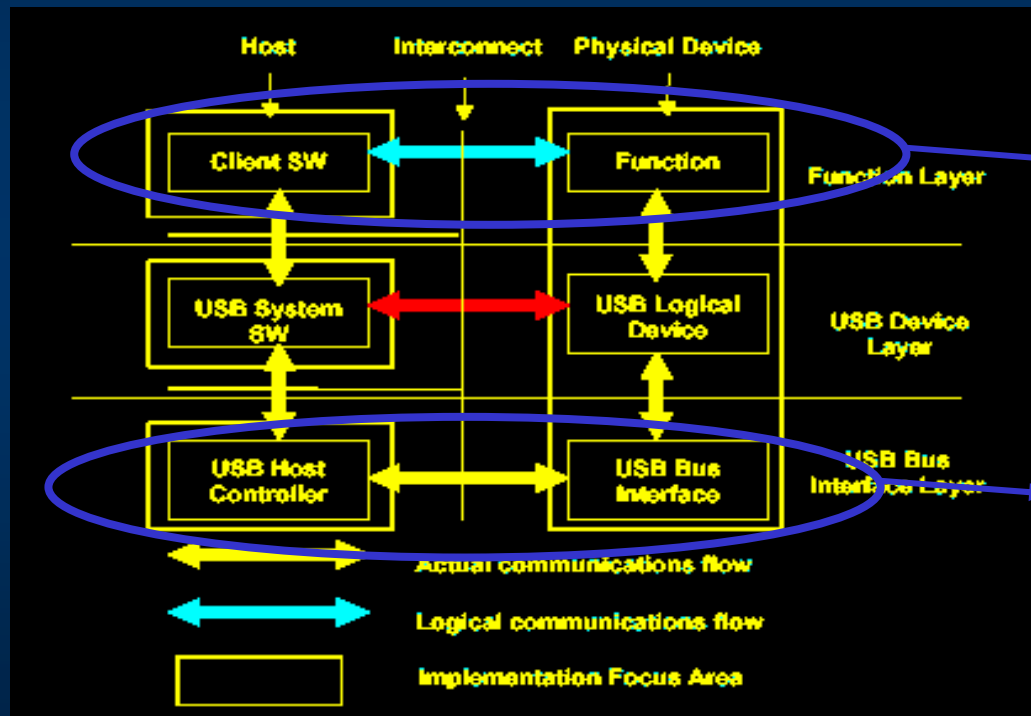
Topologija sabirnice



- Pojam *compound device* se odnosi na fizičke *USB* uređaje koji sadrže više *logičkih USB* uređaja;
- Prednost je pojednostavljeno kabliranje – problem proširivanja sabirnice je riješen interno, u samom *fizičkom* uređaju.

Pregled USB arhitekture

USB implementacijska područja



Ciljna razina komunikacije

Fizička razina komunikacije

Pregled USB arhitekture

Mehaničke karakteristike

- ☞ Četiri tipa priključnica
 - Razlikuju se za *USB host* i *USB uređaje*
 - Jednostavnost uporabe – nemogućnost zamjene utičnica
 - Jednostavne i jeftine priključnice



Pregled USB arhitekture

Mehaničke karakteristike

Series "A" Connectors

Uvijek se koristi prema hostu (*upstream oriented*)

"Muška" priključnica
tipa A (na kabele
prema hostu)



"Ženska" priključnica
tipa A (na hostu)



Series "B" Connectors

Uvijek se koristi prema USB uređaju (*downstream oriented*)

"Muška" priključnica
tipa B (na kabele prema
USB uređaju)

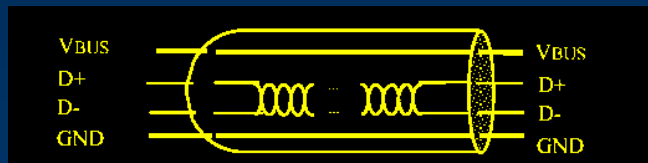


"Ženska" priključnica
tipa B (na USB uređaju)



Pregled USB arhitekture

Fizička razina prijenosa



Oklopljeni kabeli s četiri voda

- Dva voda napajanje (Vbus+GND)
 - ◆ Napajanje nominalno 5V na izvoru -- 500-1000[mA];
- Parica za podatke – diferencijalni vodovi.

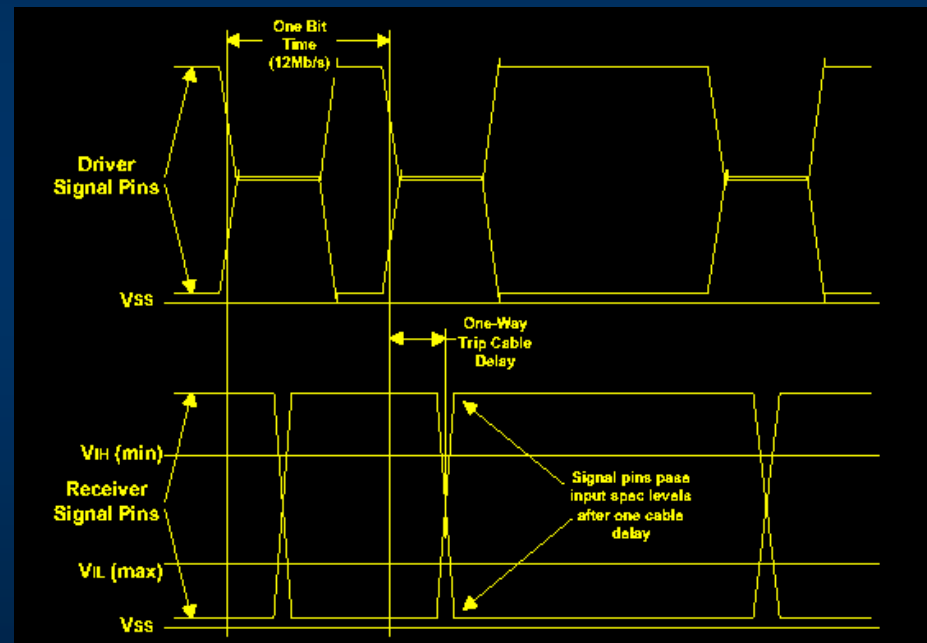
Kvaliteta kabela ovisi o ciljnoj brzini – dvije std. vrijednosti:

- Do 12 Mb/s
- Do 1.5 Mb/s.

- ☞ Ciljna brzina ovisi o uređaju (npr. tipkovnice rade do 1.5Mb/s) – USB komponente automatski raspoznaju brzine prijenosa pojedinih uređaja;
- ☞ Kabeli terminirani **isključivo** unutar uređaja;
- ☞ Takt se prenosi kodiran zajedno s podacima po sabirnici
 - NRZI shema kodiranja
 - + bit stuffing.
- ☞ Logička jedinica na sabirnici
 - $(D+) - (D-) > 200[mV]$
- ☞ Logička nula na sabirnici
 - $(D-) - (D+) > 200[mV]$

Pregled USB arhitekture

Fizička razina prijenosa



Pregled USB arhitekture

Razina protokola

- ☞ Određuje način na koji se podaci prenose fizičkim medijem;
- ☞ Informacije se prenose u paketima
 - Svaki paket ima SYNC polje (određena kombinacija bitova);
 - Tijelo paketa – razne vrste paketa
 - ◆ *Token* paket;
 - ◆ Paket s podacima;
 - ◆ Paket za “rukovanje” (*handshake*).
 - Paket se sastoji od bit polja različite namjene;
 - Polja bitova sadržana u pojedinom paketu, ovise o njegovoj vrsti.



Pregled USB arhitekture

Razina protokola

- ☞ Metode kodiranja (*NRZI + bit stuffing*) nisu prikazane u donjim grafičkim prikazima radi jasnoće prikaza;
- ☞ **1.) PID POLJE**
 - Određuje vrstu paketa (*token, data, handshake*)



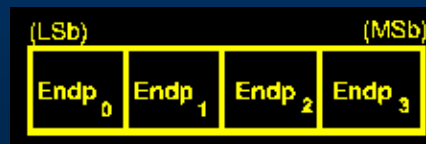
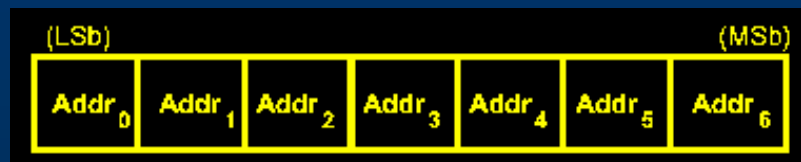
Figure 8-1. PID Format

Pregled USB arhitekture

Razina protokola

2.) ADRESNO POLJE

- Sadrži adresu funkcije i adresu krajnje točke (*function address + end-point address*).
- Jedna USB funkcija (*uređaj*) može imati do 16 internih krajnjih točaka;



Pregled USB arhitekture

Razina protokola

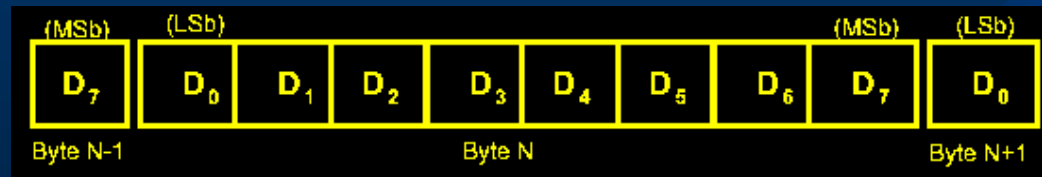
☞ 3.) BROJ PAKETA

- Identifikator koji se stalno povećava generiranjem novih paketa, koji ga sadrže;

☞ 4.) POLJE S PODACIMA

☞ 5.) CRC POLJE

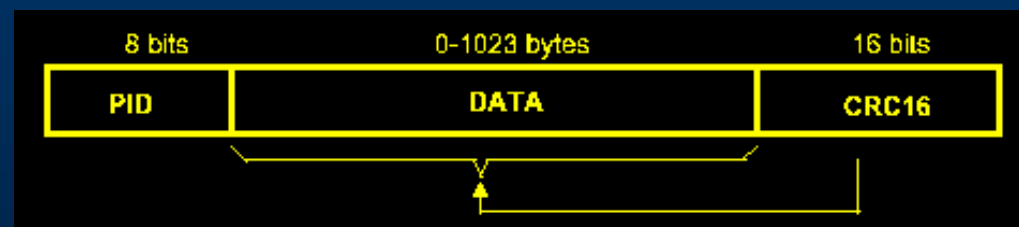
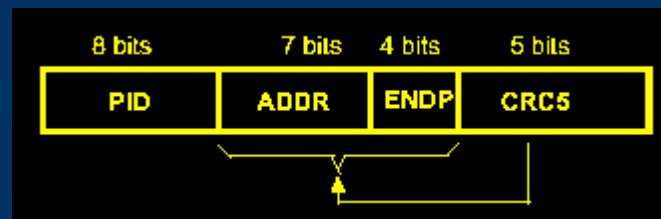
- Računa se za sve dijelove paketa osim PID-a



Pregled USB arhitekture

Razina protokola

☞ Primjeri paketa: *token paket i paket s podacima*



USB - CRC

Token CRCs

5-bitni CRC za tokene (ADDR i ENDP polja od IN, SETUP, OUTSOF)

Polinom: $G(X) = X^5 + X^2 + 1$

Binarni oblik je 100101B.

Ako je sve u redu, ostatak je 01100B.

Data CRCs

16-bitni CRC za data field i data packet.

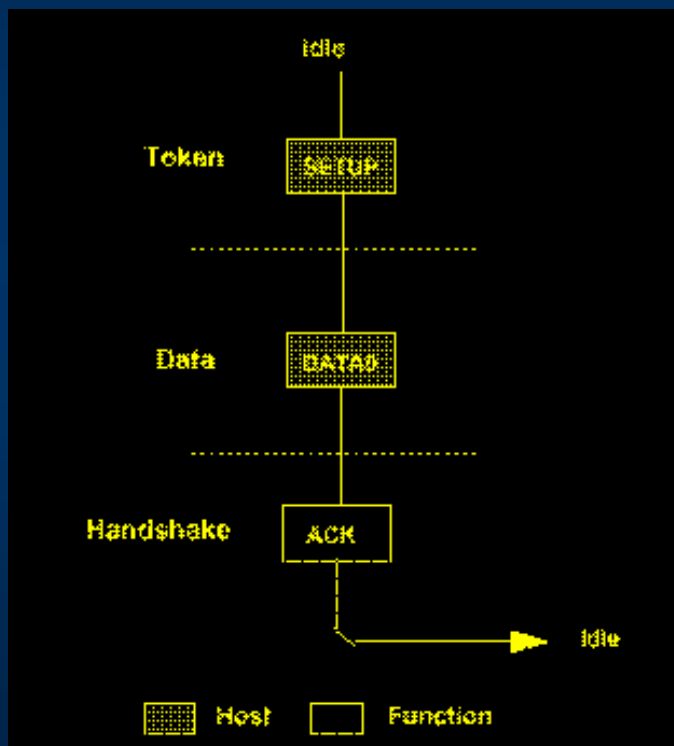
Polinom: $G(X) = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$

Binarni oblik polinoma je 1100000000000101B.

Ako je sve u redu, ostatak je 10000000000001101B.

Pregled USB arhitekture

Razina protokola



☞ Tipična transakcija se sastoji od niza paketa koji se prenose između matičnog USB uređaja i USB funkcija

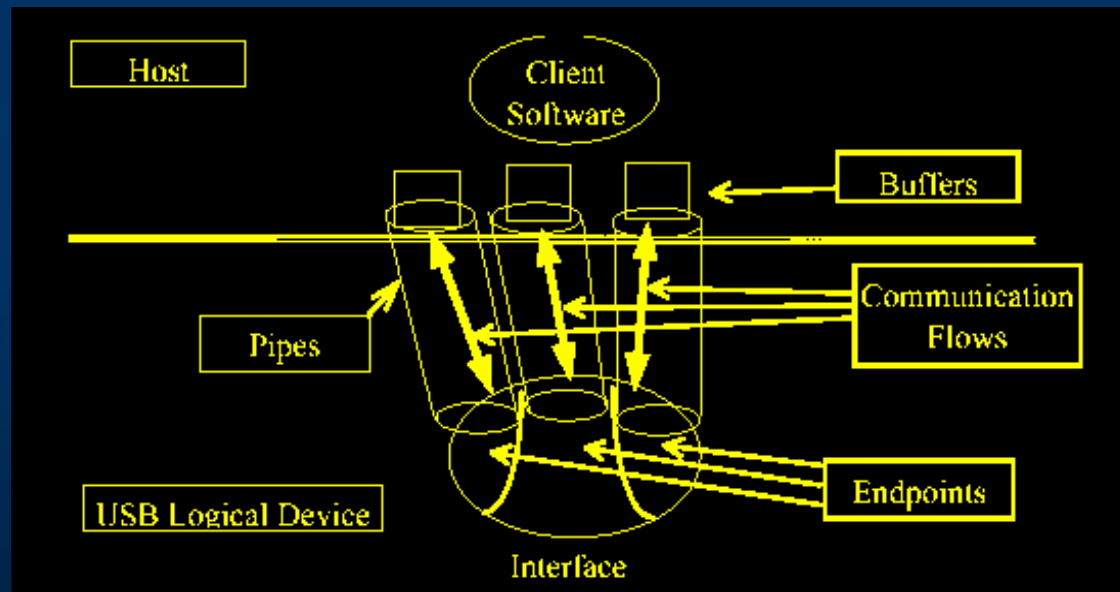
☞ Osnovne faze:

- *Setup phase*;
 - ◆ Token paket određenog tipa;
- *Data phase*;
 - ◆ Paket s podacima;
- *Acknowledge phase*;
 - ◆ Token paket određenog tipa.

Pregled USB arhitekture

USB tokovi podataka

Mogućnost otvaranja više virtualnih tokova podataka između parova *USB* uređaja – *implementirani na logičkoj razini*



Pregled USB arhitekture

Robustnost

☞ *Interface layer:*

- Diferencijalni prijenosni vodovi + oklop;
- CRC zaštita podataka + odgovarajući način kodiranja.

☞ *Device+function layer:*

- Autodetekcija isključenih ili pokvarenih točaka komunikacije;
- Ponavljanje paketa u slučaju grješke;
- Implementacija nizova (*pipes*) za osiguranje neovisne komunikacije između raznih funkcija.



Prednosti USB-a?

- ☞ Ekonomičnost – relativno niska cijena implementacije, velika brzina prijenosa;
- ☞ Visok stupanj standardiziranosti
 - USB sučelja za razne platforme
 - Jednostavna integracija u razne uređaje
- ☞ Jednostavnost uporabe
 - Kabliranje, uključivanje/isključivanje na živo...
 - Samopodešavanje *driver*-a pri promjeni fizičke konfiguracije;

<http://www.usb.org/>

Usporedba popularnih sučelja

Naziv	Tip	max. br. uređ.	max. udaljenost (m)	max. brzina (bit/s)	korištenje
USB	serijski (asink.)	127	5 (do 32)	1,5M, 12M (480M-V.2.0)	miš, tipk., disk, modem, kamera
RS-232	serijski (asink.)	2	10-30	29k (115k)	modem, miš, instr.
RS-485	serijski (asink.)	32	1300	10M	upravlj., prikuplj. podataka
IrDa Data	serijski (asink.) infracrveni	2	2	115k	pisači, prijenosna rač.
Microwire	serijski (sink.)	8	3	2M	mikrokontroleri
SPI	serijski (sink.)	8	3	2,1M	mikrokontroleri
I ² C	serijski (sink.)	40	6	400k	mikrokontroleri
FireWire (IEEE-1394)	serijski	64	5	400M	video
GPB (IEEE-488)	paralelni	15	20	8M	instrumentacija
Ethernet	serijski	1024	500-800	10M/100M/1G	umrežena računala
MIDI	ser. (str. petlja)	2	20	31,5k	muzika, kontrola
Parallel Printer Port	paralelni	2	3-10	8M	pisači, scaneri