

Andrej Trost

## Načrtovanje digitalnih el. sistemov

Komunikacijski vmesniki  
USB in LIN

<http://lniv.fe.uni-lj.si/ndes.html>

---

---

---

---

---

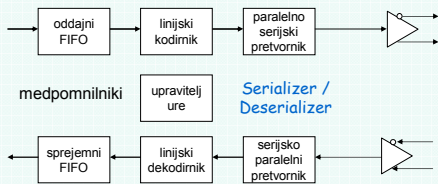
---

---

---

## Serijski vmesniki

- Splošna shema serijskih vmesnikov



---

---

---

---



---

---

---

---

## Osnove vodila USB

- Povezava**
  - 4-žilni kabel: 5V, masa, D+, D-
  - dve vrsti konektorjev: A  in  B
- Gostitelj (host), spojniki (hub) in naprave (device)**
  - do 126 naprav z različnimi naslovi na vmesniku
- Bitne hitrosti**
  - USB 1.1 *Low Speed*, 1.5 Mbit/s
  - USB 1.1 *Full Speed*, 12 Mbit/s
  - USB 2.0 *High Speed*, 480 Mbit/s

---

---

---

---

---

---

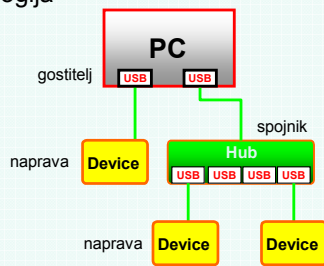
---

---



## Topologija povezave

- Zvezdna topologija
  - Tiered star




---

---

---

---

---

---

---

---



## Način komunikacije

- Specifikacija določa protokolni sklad
  - protokol fizične povezave: NRZI z dodajanjem '0'
  - podatkovni paketi
  - prenosne cevi
- Naprave odgovarjajo na zahteve gostitelja
  - smer OUT je od gostitelja do naprave
  - smer IN je od naprave do gostitelja

---

---

---

---

---

---

---

---



## Izvor / ponor podatkov

- Izvor ali ponor podatkov se imenuje končna točka (*Endpoint*), ki ima svoj naslov
- Naprave imajo več končnih točk
  - obvezna je kontrolna točka z naslovom 0, ki je dvosmerna
  - ostale končne točke so enosmerne (IN ali OUT)
- Končne točke so medpomnilniki FIFO
  - USB naprave se razlikujejo po številu končnih točk in velikosti medpomnilnikov

---

---

---

---

---

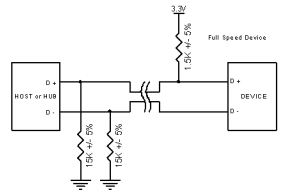
---

---

---

## Fizični vmesnik

- Diferencialni prenos
  - npr. diferencialna '1':  $D+ > 2.8V$ ,  $D- < 0.3V$
- Nekatera stanja določajo enojni nivoji
  - npr.  $D+$  in  $D- < 0.3$  je stanje SEO
- Naprave imajo pullup na
  - $D+$  (Full Speed) ali
  - $D-$  (Low Speed)
- Poraba naprav
  - nizka: do 100mA (0.5mA)
  - visoka: do 500mA (2.5mA)




---

---

---

---

---

---

---

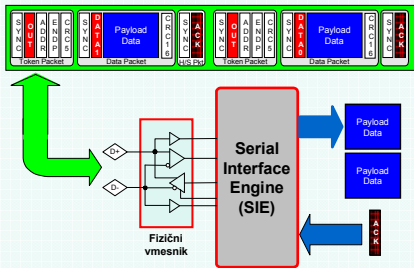
---

---

---

## Serijski vmesnik

- Serijski vmesnik SIE krmili vodilo in pretvarja med podatkovnimi besedami in serijskimi paketi




---

---

---

---

---

---

---

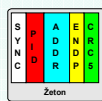
---

---

---

## Podatkovni prenos po paketih

- USB pozna 3 vrste paketov
  - žeton (token)
  - podatkovni paketi
  - statusni paket
- Prenos podatkov sproži gostitelj, tako da pošlje žeton, ki vsebuje:
  - SYNC: sinhr. kombinacijo
  - PID: IN, OUT, SOF ali Setup
  - ADDR: naslov (7 bit)
  - ENDP: končna točka (4 bit)
  - CRC5: 5 bitna koda




---

---

---

---

---

---

---

---

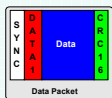
---

---



## Podatkovni in usklajevalni paket

- Podatkovni paket vsebuje
  - SYNC in PID
  - podatke (do 1024 bitov)
  - CRC (16 bitni)
- Usklajevalni paket vsebuje poročilo o uspešnosti prenosa
  - SYNC
  - PID: ACK, NAK, STALL




---

---

---

---

---

---

---

---



## Vrste prenosa podatkov

- Kontrolni
  - preštevanje in nastavitve naprav
- Prekinitveni
  - povpraševanje ob določenem času
- Izohroni
  - dogovorjena pasovna širina (npr. audio/video), vendar brez korekcije napak
- Masovni (**bulk**)
  - za velike podatkovne pakete, nedoločen čas prenosa z zagotovljeno korekcijo napak

---

---

---

---

---

---

---

---



## Korekcija napak

- Kontrolni, prekinitveni in masovni prenos imajo vgrajeno korekcijo napak
- Usklajevalni paket
  - uspešen prenos: ACK
  - napaka: ni odziva po preteku dol. časa
  - naprava ni pripravljena: NAK
- Izohroni prenos nima korekcije napak

---

---

---

---

---

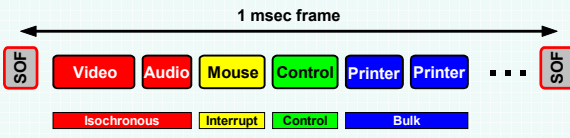
---

---

---

## Časovni okvirji

- Prenos poteka v 1ms okvirjih
  - krmilnik odda SOF žeton vsako 1ms, oz. 125us (High-speed)
  - pri 12Mb/s imamo 1500 bytov/ms
- Izohroni in prekinitveni prenos imata zagotovljeno pasovno širino v okvirju
- masovni prenos uporablja preostalo pasovno širino




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Prenosne cevi

- Prog. oprema prenaša podatke preko cevi, ki so logične povezave med gostiteljem in ENDP
- Parametri cevi:
  - pasovna širina
  - vrsta in smer prenosa
  - velikost paketov in medpomnilnikov
- Vrste cevi:
  - sporočilna cev: kontrolni prenos podatkov
  - tokovna cev: ostali načini prenosa

---

---

---

---

---

---

---

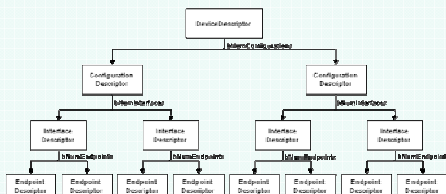
---

---

---

## USB deskriptorji

- Deskriptorji opisujejo lastnosti USB naprave
- Ob priklopu naprave gostitelj izvede preštevanje
  - branje deskriptorjev, dodelitev naslova,
  - nastavitve konfiguracije in omogočanje naprave




---

---

---

---

---


---

---

---

---

---

**Načrtovanje komunikac. vmesnika** 

- **LIN (Local Interconnect Network)**
  - enostaven serijski protokol
  - razvit za avtomobilsko industrijo
- V primerjavi s **CAN** počasnejši in enostavnejši
  - uporaben za monitoring senzorjev
  - cenena izvedba vmesnika z nadrejeno (*master*) in več podrejenimi (*slave*) enotami
  - ne vsebuje robustnega odpravljanja napak
    - ni uporaben za varnostno kritične aplikacije

---

---

---


---

---

---

---

---

**OSI model LIN komunikacije** 

<b>Podatkovna povezava</b> <b>LLC</b> filtriranje dostopa sinhronizacija validacija sporočil <b>MAC</b> uokvirjanje podatkov detekcija napak pretvorba v serijski tok	krmiljenje logične povezave  krmiljenje dostopa do medija
<b>Fizični nivo</b> bitno učasenje sinhronizacija bitov linijski oddajnik in sprejemnik	

---

---

---


---

---

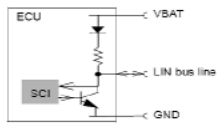
---

---

---

**Fizični nivo** 

- Komunikacija z eno signalno povezavo
  - priključitev do 16 enot
- Povezano-IN vodilo
  - dominantna logična 0 in pasivna logična 1
- Krmilna enota (**ECU**) vsebuje **SCI UART**
  - hitrosti prenosa so 20kbit/s




---

---

---

---

---

---

---

---

## Podatkovni nivo

- Ena nadrejena in več podrejenih enot
- Oddajanje sporočil več prejemnikom s časovno sinhronizacijo
  - nadrejeno opravilo skrbi za sinhronizacijo
  - garantirana zakasnitev prenosa
- Sporočila: do 8 podatkovnih bytov
  - podrejena opravila izmenjujejo podatke
  - kontrolna vsota za detekcijo napak

---

---

---

---

---

---

---

---

## Protokol prenosa podatkov

nadrejena kontrolna enota  
 nadrejeno opr.  
 podrejeno opr.

Senzor podrejena enota  
 podrejeno opr.

Aktuator podrejena enota  
 podrejeno opr.

LIN vodilo

---

---

---

---

---

---

---

---

## Podrobnosti prenosa podatkov

- Sinhronizacija
  - min. 13 bitov logična 0, ki mu sledi 1 bit premora
  - sledi start bit (logična 0) in kombinacija 55<sub>16</sub>

- Prenos v serijski obliki 8N1
  - start bit (logična 0), 8 podatkov in stop bit (log. 1)

---

---

---

---

---

---

---

---



## ID in kontrolna vsota



- ID določa funkcijo in ne specifično enoto
  - 6 bitna vrednost + 2 paritetna bita (P0, P1)
  - 4 ID kombinacije so rezervirane, ID4 in ID5 pa lahko določata št. podatkovnih besed (2, 4 ali 8)
  - $P0 = ID0 \text{ xor } ID1 \text{ xor } ID2 \text{ xor } ID4$
  - $P1 = \text{not } (ID1 \text{ xor } ID3 \text{ xor } ID4 \text{ xor } ID5)$
- Okvir se konča s kontrolno vsoto
  - invertirana vsota podatkovnih besed po modulu 256
  - uporabimo operator seštevanja s prenosom, rezultate porežemo na 8 bitov in nazadnje invertiramo

---

---

---

---

---

---

---

---



## Preverjanje napak



- Nadrejena kontrolna enota preverja
  - bitna napake pri prenosu
  - ID paritetne napake
  - ni odziva podrejene enote
    - max. dolžina okvirja je 91 bitov pri 2 podatkovnih besedah
  - napaka v kontrolni vsoti
- Nadrejena enota signalizira napake
  - specifikacija ne predpisuje, kakšen naj bo odziv

---

---

---

---

---

---

---

---