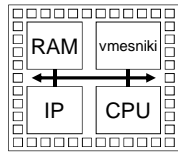


Andrej Trost

## Načrtovanje digitalnih el. sistemov

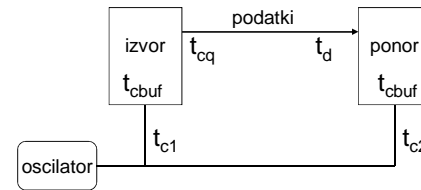
Komunikacijski vmesniki in vodila



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

## Sinhronizacija prenosa podatkov

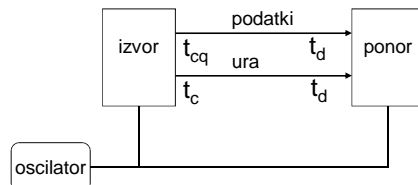
- Sistemska sinhronizacija



- Upoštevati moramo vse zakasnitve!
  - pri nizkih hitrostih prenosa nimamo težav

## Sinhronizacija pri izvoru podatkov

- Izvor pošilja podatke in uro
  - source synchronous / clock forwarded (SDRAM)

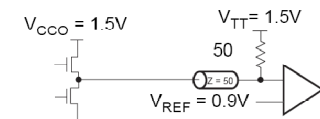


- dolžina linij za podatke in uro se mora ujemati
- v ponoru naredimo ponovno sinhronizacijo na sistemsko uro

## Prenosne linije

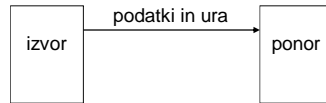
- Pri visokih frekvencah obravnavamo povezave kot prenosne linije (npr. mikrotrakasta linija)
- Tehnologija zahteva nižje napetosti in zaključitve linij na tiskanem vezju
  - DDR SDRAM (SSTL 2.5V ali 1.8V)
  - QDR SDRAM (HSTL 1.5V)

HSTL Class III



## Lastna sinhronizacija podatkov

- Podatkovni tok vsebuje podatke in uro
  - serijski prenos podatkov



- izvor dela paralelno/serijsko pretvorbo in kodiranje podatkov in ure
- ponor dela serijsko/paralelno pretvorbo in rekonstrukcijo ure s fazno sklenjeno zanko (PLL)

## Hitra paralelna vodila

- problem časovne usklajenosti
  - čim manjša razlika v dolžinah linij
- problem hkratnega preklapljanja signalov (SSO)
  - tokovna obremenitev
- problem elektromagnetnih motenj
- rešitve: vodilo PCI uporablja odbiti val
  - oddajnik odda signal s  $\frac{1}{2}$  amplitudo
  - na koncu linije se signal odbije in prispe do sprejemnikov s polno amplitudo

## Hitra serijska vodila

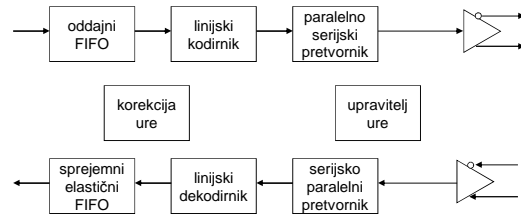
- problem organizacije podatkov
  - paketi in okvirji, markerji označujejo začetek podatkov oz. kontrolnih informacij
- problem sinhronizacije
  - s kodiranjem (npr. 8b/10b) odpravimo dolga zaporedja ničel ali enic
  - FIFO medpomnilniki v sprejemniku in oddajniku
- problem napak pri sprejetih bitih
  - CRC polinomi

## Prednosti serijskih vodil

- Večja pasovna širina (gigabitni prenos)
- Manj priključkov na integriranem vezju
  - povezave točka s točko
  - ni potrebna delitev vodila med več uporabniki
- Enostavna razširitev za različne protokole
  - PCI Express
  - Serial ATA
  - 1-10Gb Ethernet
  - FiberChannel

## Serijski pretvorniki

- serijski kodirnik in dekodirnik
  - npr. 1bit/1.5GHz na 20bitov/75MHz



- serijski signali se prenašajo diferencialno
- pretvornik dela z več fazami ure

## Linijski kodirnik

- odpravi dolga zaporedja ničel in enic
- uravnoteži povprečno število ničel in enic
- določa kontrolne kombinacije
  - sinhronizacijska ločila, poravnava kanalov...
- Npr. 8b/10b kodiranje

|          |            |            |
|----------|------------|------------|
| 8b       | 10b RD-    | 10b RD+    |
| 00000000 | 1001110100 | 0110001011 |

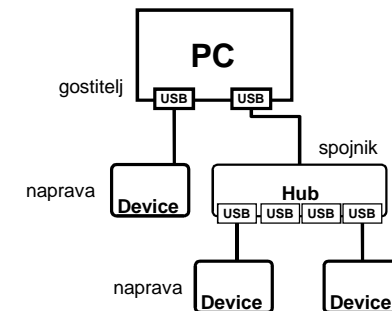
- dekodirnik išče ločila v zaporedju bitov in opravi inverzno kodiranje

## Vodilo USB

- krmilnik (hub) izvaja povpraševanje (polling)
- serijski prenos po paketih
  - NRZI kodiranje ('0' – sprememba nivoja, '1' – brez spremembe) in dodajanje '0' po zaporedju 6 enic
  - paketi se začnejo s SYNC kombinacijo in PID, na koncu paketa je CRC
- protokol določa vrste paketov in odziv naprav
  - standard USB definira protokolni sklad

## Osnove vodila USB

- Zvezdna topologija
  - Tiered star
- 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



## Način komunikacije

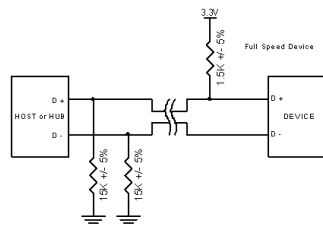
- Specifikacija določa protokolni sklad
  - protokol fizične povezave: NRZI z dodajanjem '0'
  - podatkovni paketi
  - prenosne cevi
- Naprave odgovarjajo na zahteve gostitelja
  - smer OUT je od gostitelja do naprave
  - smer IN je od naprave do gostitelja

## 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

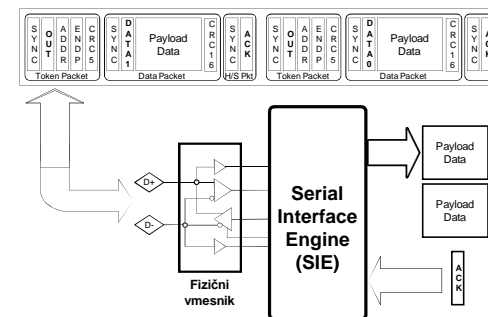
## Fizični vmesnik

- Diferencialni prenos
  - npr. diferencialna '1':  $D+ > 2.8V$ ,  $D- < 0.3V$
- Nekatera stanja določajo enojni nivoji
  - npr.  $D+$  in  $D- < 0.3$  je stanje SE0
- Naprave imajo pullup na
  - $D+$  (Full Speed) ali
  - $D-$  (Low Speed)
- Poraba naprav
  - nizka: do 100mA (0.5mA)
  - visoka: do 500mA (2.5mA)



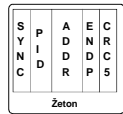
## Serijski vmesnik

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



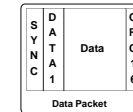
## Podatkovni prenos po paketih

- 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

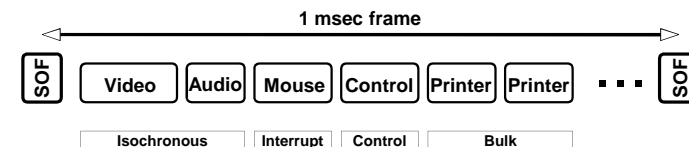


## Vrste prenosa podatkov

- 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

## 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

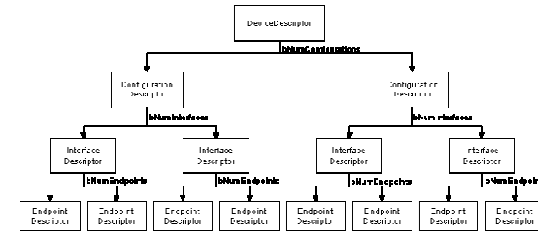


## Prenosne cevi

- 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

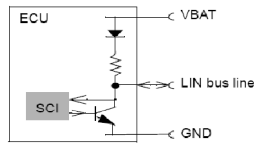
## OSI model LIN komunikacije

| Podatkovna povezava  |                              |
|--|------------------------------|
| LLC<br>filtriranje dostopa<br>sinhronizacija<br>validacija sporočil        | krmiljenje logične povezave  |
| MAC<br>uokvirjanje podatkov<br>detekcija napak<br>pretvorba v serijski tok | krmiljenje dostopa do medija |
| Fizični nivo   |                              |
| bitno učasenje<br>sinhronizacija bitov<br>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

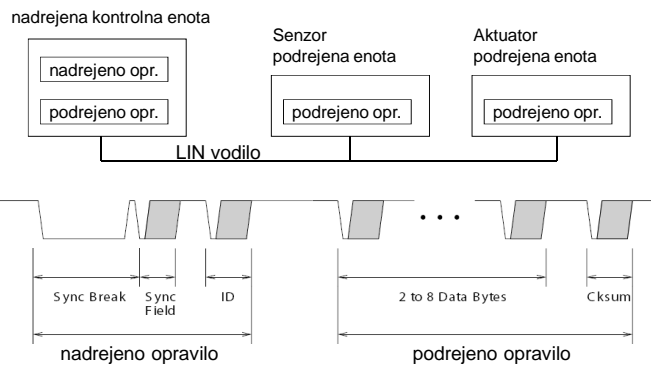


## Podatkovni nivo



- 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



## 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