

VISOKA ŠKOLA ELEKTROTEHIKE I RAČUNARSTVA STRUKOVNIH STUDIJA

Predavanje

# **O nekim standardima komunikacije**

**Milan Mijalković**

**Beograd, maja 2008.**

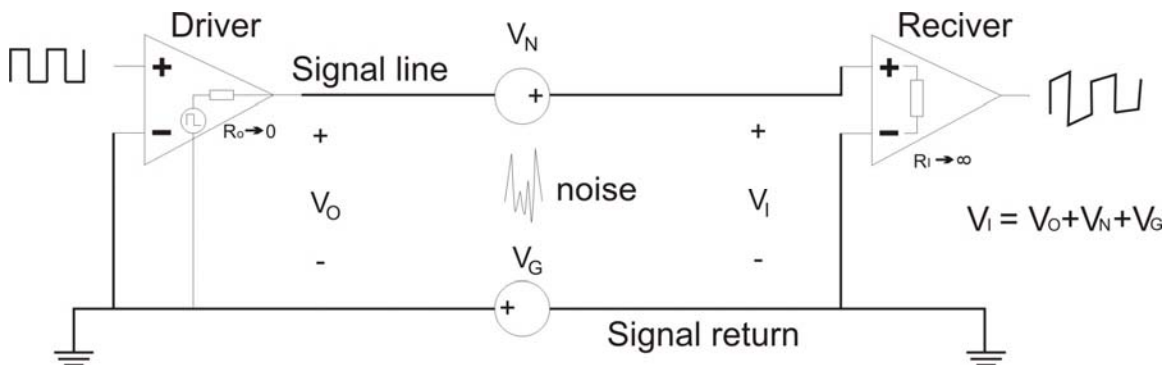
Predavanje unapredio korisnim dodacima Boris Milosavljević maja 2010.

## Fizički sloj prenosa podataka.

Pod fizičkim slojem podrazumeva se definicija električnih karakteristika samih signala i fizičkog medijuma preko koga se prenose (konektori, kablovi...). Pod električnim karakteristikama se podrazumevaju tipovi izvora signala (da li su naponski ili strujni), naponski nivoi signala, nivoi pragova odlučivanja, impedanse izvora i prijemnika i mnoge druge. Mnogi standardi prenosa dozvoljavaju korišćenje različitih fizičkih slojeva.

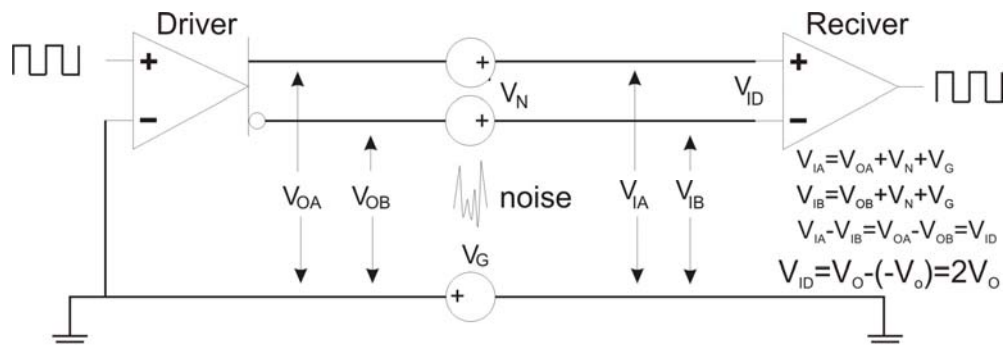
### 1.1 SIMETRIČNIA I NESIMETRIČNA VEZA

Nesimetrična veza se još naziva i „nebalansirana“ ili „*single-ended*“ i podrazumeva da se signal prenosi preko jednog voda (signalni vod), dok je drugi (povratni vod) zajednička masa uređaja koji komuniciraju. Jednostavnija je za primenu i jeftinija od balansirane, ali je mnogo osetljivija na šum, pa su maksimalne dužine kablova i maksimalne brzine komunikacije značajno manje u odnosu na istu tehniku prenosa korišćenjem simetrične veze. Tipični predstavnici su serijska RS-232 veza i paralelni PC port.



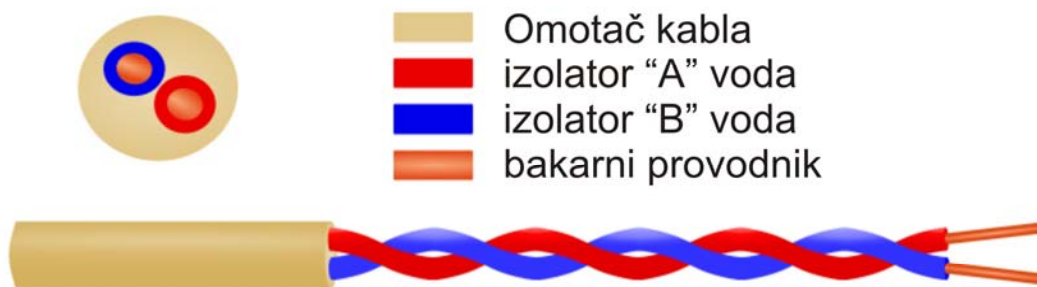
Na slici iznad je veza nebalansiranog tipa. Vod kojim se prenosi signal je označen sa „*Signal Line*“, a povratni vod (masa) sa „*Signal Return*“. Predajnik „*Driver*“ predaje koristan signal  $V_O$  dok prijemnik „*Receiver*“ dobija signal  $V_I$  koji se sastoji od korisnog signala, šuma nastalog na signalnom vodu  $V_N$  šuma nastalog na povratnom vodu  $V_G$ . Svi šumovi se direktno dodaju korisnom signalu.

Simetrična veza se naziva još i „balansirana“ ili „*differential*“, i podrazumeva da se signal prenosi preko dva voda, jednog koji prenosi originalni signal, i drugog, koji prenosi invertovan signal. Na prijemu se signali sa ova dva voda oduzimaju. Sistemi prenosa sa simetričnom vezom daleko manje su osetljivi na šumove, čime dozvoljavaju veće brzine prenosa i duže kablove u odnosu na sisteme sa nesimetričnom vezom. Tipični predstavnici među standardima za serijski prenos su RS-422 i RS-485, a među standardima za paralelni prenos podataka SCSI.



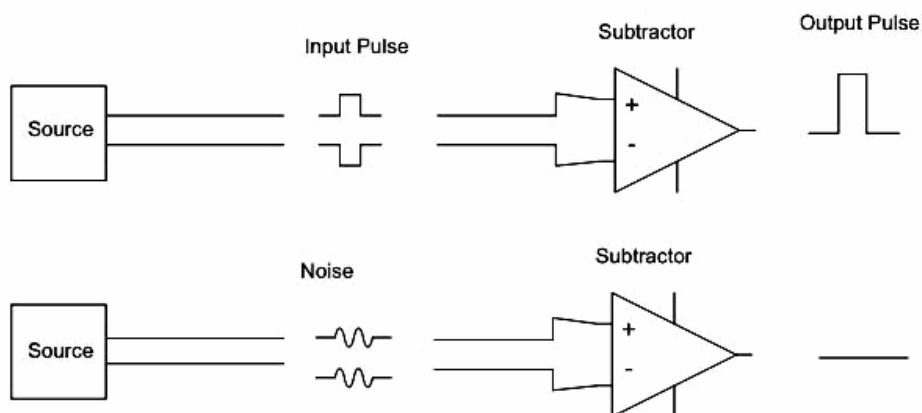
Na slici iznad je veza balansirano tipa. Sada postoje dva voda kojima se prenosi signal, i povratni vod (masa) označen sa „*Signal Return*“. Predajnik „*Driver*“ predaje koristan signal  $V_O$  tako što na vod A šalje signal  $V_{OA}=V_O$ , a na drugi vod B šalje signal  $V_{OB}$  koji je invertovani koristan signal, označen sa  $-V_O$ . Prijemnik „*Receiver*“ dobija signal  $V_{ID}$  koji je razlika signala na vodu A i na vodu B. Preciznije rečeno, prijemnik je jedinični diferencijalni pojačavač koji na izlazu daje signal jednak razlici signala na ulazu A i na ulazu B. Signal na ulazu A ( $V_{IA}$ ) i signal na ulazu B ( $V_{IB}$ ) su potencijal ovih ulaza prema masi. Šum nastao na signalnim vodovima  $V_N$  i šum nastao na povratnom vodu  $V_G$  se poništavaju zbog oduzimanja.

Poništavanje šumova je osnovni razlog što je moguće ostvariti daleko duže linije nego sa nebalansiranim prenosom. Kao vodovi se obično koriste dve upredene žice (upredena parica - *twisted pair*).



#### *Jednoparični neoklopljeni balansirani kabl*

Pojednostavljeno objašnjenje principa rada balansirano prenosa signala dato je na slici ispod. Ulazni digitalni signal označen sa „*Input Pulse*“ daje na izlazu „*Output Pulse*“ dvostruke amplitude dok šum (*Noise*), na izlazu daje nulu jer se pojavljuje na oba ulaza prijemnika koji radi kao oduzimač (*Subtractor*).



## 1.2 SIMPLEKS, DUPLEKS I POLU-DUPLEKS

Kada dva uređaja istovremeno razmenjuju podatke (npr. razgovor telefonom) kažemo da rade u dupleks režimu (potpuni dupleks, *full duplex*). Da bi bio ostvaren dupleks, neophodno je da postoje dva signalna voda (kod nebalansirane veze), jedan za prijem (prijem podataka poslatih iz B u A), i drugi za predaju (slanje iz A prema B). Kod balansirane veze potrebna su dva para signalnih vodova, a masa je u svakoj vezi neizbežno još jedan poseban vod.

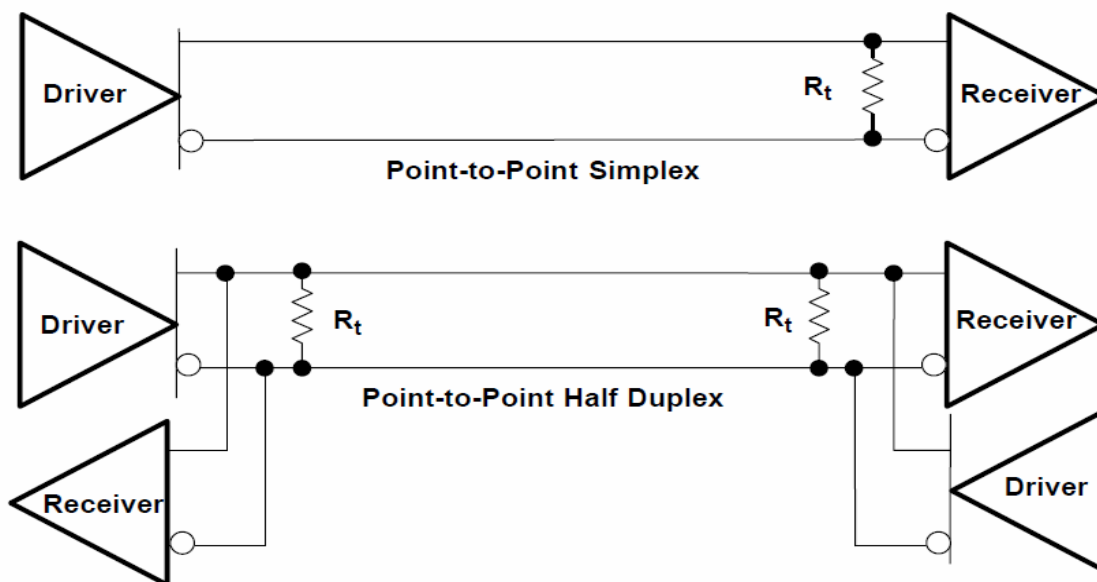
Ako jedan uređaj uvek šalje, a drugi uvek prima podatke, postoji veza samo u jednom smeru i naziva se simpleks (npr. radio i tv). Kada oba uređaja mogu da vrše i prijem i predaju, ali ne istovremeno, postoji polu-dupleks veza (*half-duplex*, *semiduplex*). Primer za polu-dupleks je voki-toki. Kod simpleksa i polu-dupleksa postoji samo jedan signalni vod za nebalansiranu, ili jedan par vodova u slučaju balansirane veze, i naravno masa kao poseban vod.

## 1.3 VEZA TAČKA-TAČKA I MAGISTRALA

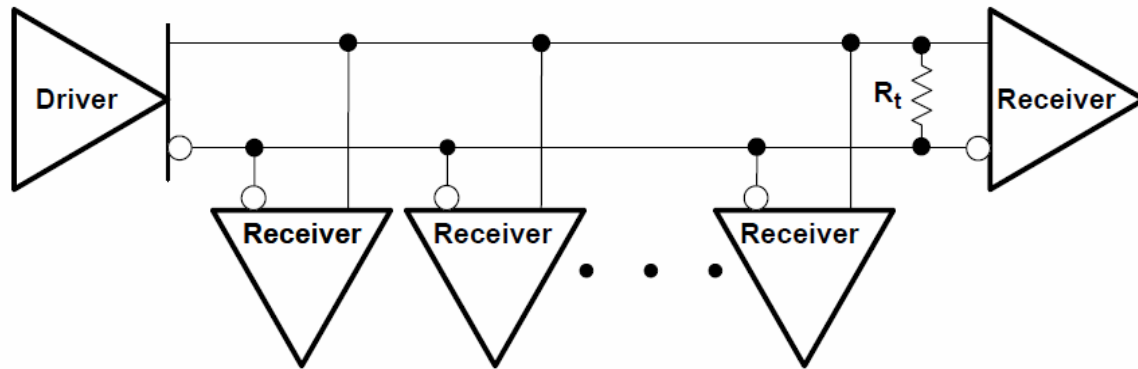
### 1.3.1 Veza od tačke do tačke

Veza od tačke do tačke (*point to point* ili *peer to peer*) je veza između dva uređaja. Neki komunikacioni standardi (na primer RS-232) podržavaju samo ovakav tip veze. I standard RS-422 definiše samo vezu tačka do tačke s tim da je moguće da jedan predajnik predaje podatke, a više prijemnika ih primaju (svi primaju iste podatke, bez standardom definisanaog načina adresiranja prijemnika). Takva veza se u engleskoj literaturi označava kao „*multidrop*“. Neki standardi, kao što je paralelni PC port, podržavaju samo ovakav tip veze, ali uz mogućnost da se za jedan predajnik poveže više prijemnika u takozvani lanac (*daisy-chain*).

Slika ispod ilutruje simpleks i poludupleks vezu od tačke do tačke simetričnog tipa. Kružić na izlazu predajnika (*Driver*) označava invertovanje tog signala, a kružić na ulazu prijemnika (*Receiver*), da se signal na tomvodu oduzima od signala na drugom ulazu.  $R_t$  je otpornik za „završavanje voda“ i njegova uloga je balansiranje impedansi i sprečavanje generisanja „povratnog talasa“ na visokim učestanostima. Razmatranja uloge  $R_t$  prevazilazi nivo ovog kursa a detaljnije objašnjenje moguće je naći na <http://focus.ti.com/lit/ug/slld009/slld009.pdf> (2.6 MB pdf).



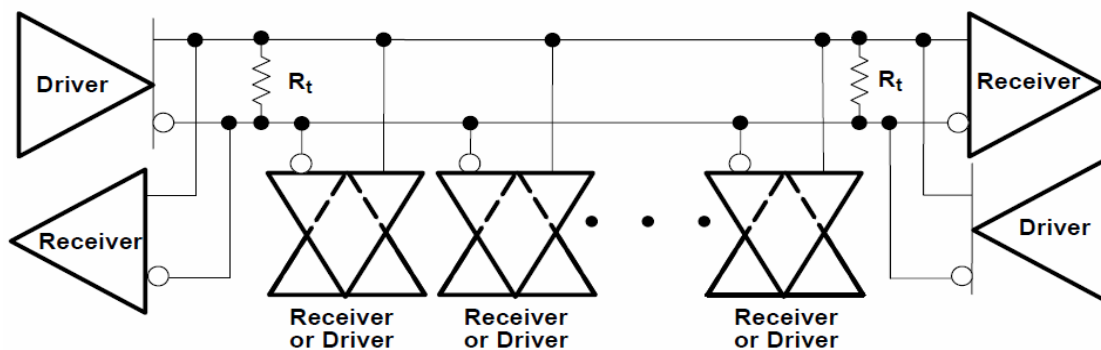
Simpleks veza simetričnog tipa sa jednim predajnikom a više prijemnika (*multidrop*) je ilustrovana na sledećoj slici. Oznake su iste kao na prethodnim.



### 1.3.2 Magistrala (*bus*)

Drugi način je da uređaji budu povezani pomoću magistrale (*bus*). Svi uređaji koji mogu da komuniciraju su vezani za istu magistralu. Uobičajeno je da jedan od njih kontroliše rad ostalih u smislu određivanja koji od uređaja će predavati a koji prihvataći podatke. Zavisno od standarda uređaj koji kontroliše se naziva „*master*“ ili „*host*“, a ostali su „*slaves*“ ili „*devices*“. U našem jeziku se koriste termini gospodar-rob, mada je mnogo češća upotreba originalnih izraza na engleskom. Gospodar može svoju ulogu preneti nekom od ostalih uređaja ukoliko su oni u stanju da igraju ulogu kontrolera na magistrali.

Sledeća slika ilustruje tipičnu polu-dupleks vezu pomoću magistrale. Svaki od uređaja koji komuniciraju može biti bilo predajnik (*Driver*) ili prijemnik (*Receiver*). Na ovoj slici nije naglašeno koji od uređaja kontroliše magistralu. Oznake na slici su iste kao u prethodnim paragrafima.



Tipični predstavnici komuniciranja preko magistrale među standardima za serijski prenos podataka su RS-485, Fire-Wire (IEEE 1394), I<sup>2</sup>C, CAN, a među standardima za paralelni prenos IEEE-488.

## 1.4 DIGITALNA STRUJNA PETLJA

Za prenos digitalnih signala u sredinama gde ima dosta šuma koriste se i strujne petlje. Na strani predajnika je izvor konstantne struje 20 mA, koji se uključuje kada treba da se prenese logička jedinica, a isključuje kada treba da se prenese logička nula. Na prijemnoj strani je strujni senzor koji detektuje da li ima struje ili ne. Kao strujni senzor se obično koristi otpornik relativno male otpornosti, u poređenju sa velikom izlaznom otpornošću strujnog generatora na predajnoj strani, tako da su prijemnik i predajnik povezani u strujnu petlju. Ovakav vid prenosa signala je daleko otporniji na šum u odnosu na predajnike sa naponskim

izvorom, jer šum koji bi se pojavio na prenosnom vodu mora da ima veliku energiju da bi toliko poremetio struju da se detektuje pogrešan nivo.

Ova tehnika je primenjena prvi put u teleprinterima ranih šezdesetih godina, a koristi se masovno i danas. Uspešno se primenjuje kao fizički sloj za modifikovani RS-232 standard u sredinama sa puno smetnji, naročito u prisustvu energetske komponente velike snage (snažni motori, energetske sistemi...). Maksimalna dužina kabla za pouzdanu komunikaciju brzini 19,2 kb/s je oko 600m, dok za manje brzine dužina kabla može da bude i značajno veća.

Ovu tehniku prenosa digitalnih signala ne treba mešati sa analognom strujnom petljom (4-20 mA) pomoću koje se prenosi analogni signal, pri čemu struja od 4 mA predstavlja 0%, a 20 mA predstavlja 100% analogne veličine koju treba preneti.

## 2. Serijski i paralelni prenos podataka

Digitalni podatak koji treba preneti sadrži više bita. Oni se mogu preneti paralelno, pomoću više vodova, za svaki bit po jedan, ili serijski, bit po bit, preko istog voda. Očigledno je da paralelni prenos zahteva više „žica“, dakle složeniji je, ali je u principu brži jer se ceo podatak prenosi odjednom. Serijski je jednostavniji ali sporiji. Međutim, danas su standardni za serijski prenos popularniji i njihovom se razvoju poklanjala mnogo veća pažnja poslednjih godina, tako da očigledni zaključci navedeni iznad danas nisu u potpunosti tačni. Mnogi standardni za serijski prenos uveliko prevazilaze standarde paralelnog prenosa i po brzini prenosa i po kompleksnosti.

### 2.1 PARALELNI PRENOS PODATAKA

Podaci se prenose preko većeg broja linija pri čemu svaka linija prenosi po jedan bit.

Danas se koriste osmobitni i šesnaestobitni (osam, odnosno šesnaest linija za prenos podataka i plus povratna linija – masa).

#### 2.1.1 Paralelni port na računarima tipa PC.

- Originalno projektovan za vezu računara sa štampačem.
- 17 aktivnih signala: 8 linija za podatke od računara ka štampaču. 5 upravljačkih signala od štampača ka računaru i 4 od računara ka štampaču.
- Može se koristiti kao izlazni osmobitni paralelni port (računar može samo da predaje podatke, ali ne i da ih prima).
- Može se koristiti i kao ulazni četvorobitni paralelni port, pri čemu se za smer ka računaru koriste linije namenjene upravljačkim signalima. Hardver na PC ostavlja mogućnost da se ovi upravljački signali iskoriste za primjem četiri bita podatka. Osmobitna komunikacija ka PC se tako ostvaruje iz dva prenosa po četiri bita.
- Obuhvaćen standardom Centronix 1284 sa puno podvarijanti i izmena <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/3466>.
- Originalni paralelni port je kasnije doraden tako što su linije preko kojih se prenosio podatak postale dvosmerne, a maksimalna brzina prenosa podataka značajno povećana (do 10 puta). Oblik konektora i raspored signala je ostao isti. Novi, prošireni paralelni port se pojavljuje u varijantama ECP (*Extended Capabilities Port* <http://www.beyondlogic.org/ecp/ecp.htm>) i EPP (*Enhanced Parallel Port* <http://www.lvr.com/parport.htm>)
- 25 polni ženski „SubD“ konektor na strani PC i 36 polni „Centronix- *champ*“ konektor na strani štampača.

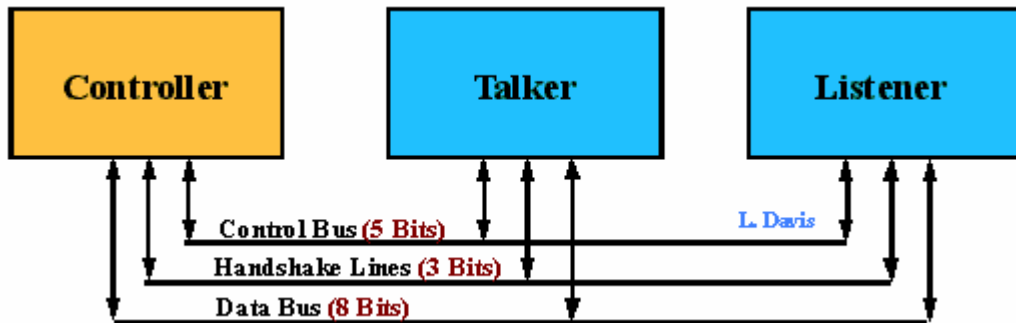
- U osnovi namenjen povezivanju od tačke do tačke, mada se u nekim varijantama može koristiti i za povezivanje do 8 uređaja u lanac (*daisy-chain*)
- Nebalansirani naponski signali logičkog nivoa 5V.
- Maksimalna dužina kabla zavisi od brzine i vrste kabla, a kreće se do 10m
- Maksimalna brzina standardnog paralelnog porta je 1 megabajt u sekundi, a po podacima proizvođača za ECP je 2,4 MBajta/s dok je za EPP 2 MB/s, (do 10 MB/s uz korišćenje DMA prenosa).
- Prednosti: vrlo jednostavno programiranje, relativno velika brzina prenosa. Nedostaci: veliki broj varijanti, nedostatak strogog jedinstvenog standarda, veliki konektor i kabl sa puno žica. Danas se sve manje koristi na PC, potiskuje ga serijska komunikacija, najviše USB



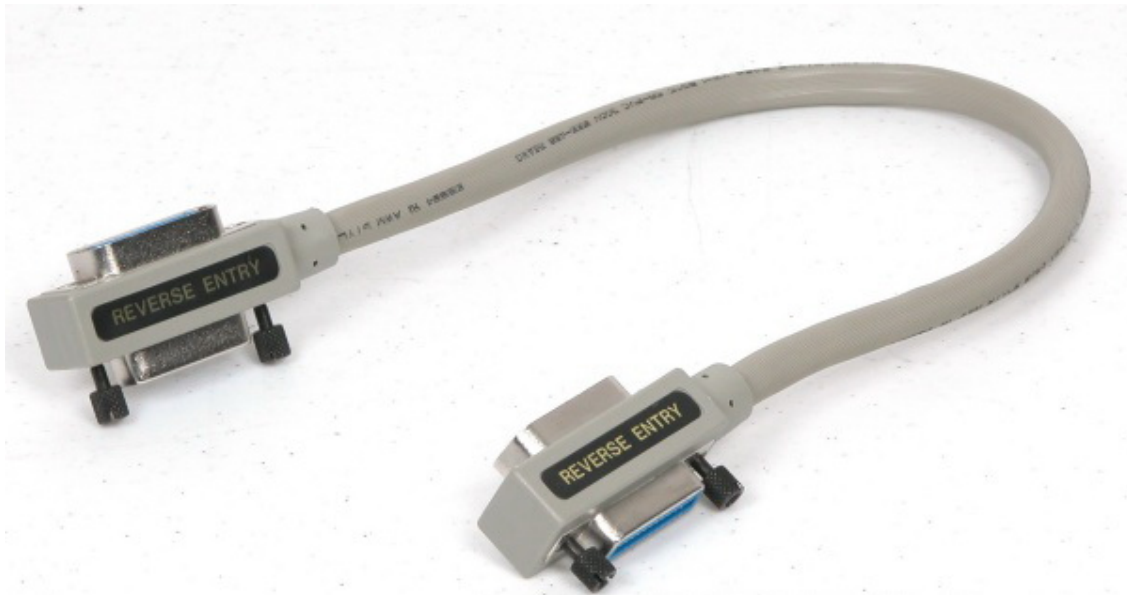
*Standardni kabl za poveivanje štampača na paralelni port (SUB-D 25p i Centronix)*

### **2.1.2 IEEE-488** (poznat i kao HPIB *Hewlett-Packard Interface Bus* ili GPIB *General Purpose Interface Bus*).

- Originalno projektovan od strane HP za vezu sa instrumentima
- Revolucionaran za vreme kada se pojavio, i jako puno korišćen sedamdesetih i osamdesetih godina. Većina složenijih mernih instrumenata kao i mnogi štampači, grafičke table i druge periferije su se mogli povezati na GPIB.
- Namenjen je povezivanju više uređaja (do 15) pomoću magistrale. Na magistrali se nalaze dve kategorije uređaja: kontroleri (*Controller*) i učesnici (*Device*). Učesnici mogu biti govornici (*Talker*) i slušaoci (*Listner*) kao na slici (slika je sa [http://www.interfacebus.com/Design\\_Connector\\_GPIB.html](http://www.interfacebus.com/Design_Connector_GPIB.html)). Uređaji u principu mogu da budu bilo kontroleri bilo govornici ili slušaoci, ali u jednom trenutku mogu da vrše samo jednu od te tri funkcije. Kontroler određuje koji uređaj je govornik (onaj koji predaje podatke), a koji uređaji su slušaoci (oni koji podatke primaju). Na magistrali može da bude samo jedan govornik dok slušaoca može da ima više. Kontroler može svoju funkciju kontrolera prepustiti nekom drugom uređaju.



- 8 dvosmernih linija za podatke i 8 upravljačkih linija i 8 linija vezanih za masu.
- Jedinstveni tip 24-polnih konektora koji mogu biti „prolazni“, u jedan konektor koji je već uključen u uređaj, može se uključiti još jedan, u njega sledeći i tako dalje.
- Nebalansirani naponski signali logičkog nivoa 5V.
- Maksimalna dužina kabla do 20m ukupno, s tim da dužina kabla između dva uređaja ne treba da prelazi 2m <http://www.ines.de/gpib-info.html>.
- Maksimalna brzina 1 MBajt/s. 2003. godine, National Instruments je proširio ovaj standard u IEEE-488.1 kod koga je maksimalna brzina 8 MBajta/s
- Prednosti: Jednostavno povezivanje više uređaja, jednostavno programiranje (HP je razvio čitav programski jezik za jednostavno čitanje, obradu i prikazivanje podataka sa mernih instrumenata povezanih na GPIB), relativno velika brzina prenosa. Nedostaci: Veliki konektor i debeli, kruti kablovi sa puno žica. Potiskuje ga serijska komunikacija kod jeftinijih instrumenata, mada se još uvek može naći na mnogim instrumentima naročito na onim skupljim gde se i dalje po pravilu nalazi kao jedan od mogućih načina povezivanja.
- Pored navedenih sajtova, opis, raspored signala, i veze ka sajtovima sa detaljnim podacima mogu se naći na vikipediji: <http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE-488>.



*Robustni GPIB kabl*

### 2.1.3 Skazi - SCSI (*Small Computer System Interface*)

Pod ovim imenom se danas podrazumeva čitav niz različitih standarda za povezivanje računara i različitih periferija. Originalna namera je bila da se napravi standard za magistralu koja bi omogućila povezivanje spoljašnjih uređaja (prvenstveno onih za masovno čuvanje podataka *masstorage*) na prenosne (male) računare, ali se danas ovaj standard može pronaći u mnogim, potpuno drugačijim primenama. Pored standarda vezanih za fizički sloj (oblici signala, naponski nivoi, konektori, kablovi...), standardom su definisani i protokoli za komunikaciju i komande koje se razmenjuju sa periferijom. Upravo je standardizovani set komandi i protokola ono što je jedinstveno za sve različite standarde koji se deklarišu kao SCSI.

SCSI služi za povezivanje više uređaja pomoću magistrale. Zavisno od varijante, maksimalni broj uređaja je 8 ili 16. Svi uređaji se dele na domaćine (host) i članove (devices). U svakom trenutku na magistrali mora da postoji bar jedan domaćin (može da ih bude i više). Domaćin je uglavnom računar, a članovi periferni uređaji. Nije uobičajeno da periferni uređaji (*SCSI targets*) komuniciraju međusobno bez učešća domaćina (*SCSI initiator*), mada takva mogućnost nije isključena standardom.

Iako je SCSI nastao kao standard za paralelni prenos podataka, najnovije varijante obuhvataju i serijske standarde prenosa koji se klasifikuju kao SCSI jer koriste isti standardni skup komandi i protokola. Tako je standardom iz februara 2008. uveden [\*Serial Attached SCSI\*](#) (SAS) za povezivanje diskova i drugih periferija sa maksimalnim protokom podataka od 300 MBajta/s, za koji se očekuje da u toku 2009. godine bude standardizovan na 6Gbita/s čime bi praktično prestala potreba za postojanjem klasične, paralelne SCSI veze.

SCSI u klasičnoj varijanti paralelnog prenosa postoji kao šesnaestobitni i osmобitni. Neki od standarda imaju definisane varijante i sa nesimetričnim i sa simetričnim signalima (kabl određuje koja će se varijanta primeniti). Podvarijante sa simetričnim prenosom se pojavljuju sa niskonaponskim LVD (*Low Voltage Differential*) sa naponima 2,5 do 3,3 volta i visokonaponskim simetričnim signalima HVD (*High Voltage Differential*) sa naponima signala 5 V. Očigledno, termin „visoki napon“ kada se radi o signalima treba shvatiti uslovno. Niži napon signala dozvoljava veću brzinu prenosa, viši napon obezbeđuje manju osetljivost na šumove i smetnje.

Sledeća tabela, koja je uz minimalne izmene preuzeta sa

<http://en.wikipedia.org/wiki/SCSI>, daje pregled karakteristika različitih varijanti SCSI standarda. Maksimalni protok je dat u megabajtima u sekundi i predstavlja stvarni, ostvarivi protok podataka. Maksimalna dužina kabla je data za varijantu kabla sa nesimetričnim signalima za vezu od tačke do tačke kao i za varijantu kabla sa simetričnim kablom sa niskonaponskim (LVD) i visokonaponskim signalima (HVD). Nesimetrična veza podrazumeva vezu od tačke do tačke za dva uređaja ili vezu u lanac (*daisy-chain*) ako se povezuje više uređaja. U tabelu su ubačene veze ka sajtovima na kojima su pojedini pojmovi objašnjeni.

Oznaka	Standard (godina)	Konektor	Širina (bita)	Takt	Protok (MB/s)*	Maksimum		
						Dužina		Broj uređaja
						nesimetr.	<a href="#">LVD</a> / <a href="#">HVD</a>	
SCSI-1 (Narrow SCSI)	SCSI-1 (1986)	IDC-50; Centronix C50	8	5 MHz	5 MB/s	6 m	25 m	8
Fast SCSI	SCSI-2 (1994)	IDC-50; Centronix C50	8	10 MHz	10 MB/s	1.5-3 m	25 m	8
Fast-Wide SCSI	SCSI-2; SCSI-3 SPI (1996)	2 x 50-pin (SCSI-2); 1 x 68-pin (SCSI-3)	16	10 MHz	20 MB/s	1.5-3 m	25 m	16
Ultra SCSI (Fast-20)	SCSI-3 SPI	IDC50	8	20 MHz	20 MB/s	1.5-3 m	25 m	8
Ultra Wide SCSI		68-pin	16	20 MHz	40 MB/s	1.5-3 m	25 m	16
Ultra2 SCSI (Fast-40)	SCSI-3 SPI-2	50-pin	8	40 MHz	40 MB/s	-	12/25 m	8
Ultra2 Wide SCSI		68-pin; 80-pin ( <a href="#">SCA</a> /SCA-2)	16	40 MHz	80 MB/s	-	12/25 m	16
Ultra3 SCSI (Ultra-160; Fast-80 wide)	SCSI-3 SPI-3	68-pin; 80-pin ( <a href="#">SCA</a> /SCA-2)	16	40 MHz <a href="#">DDR</a>	160 MB/s	-	12 m	16
Ultra320 SCSI (Ultra-4; Fast-160)	SCSI-3 SPI-4 (2002)	68-pin; 80-pin ( <a href="#">SCA</a> /SCA-2)	16	80 MHz <a href="#">DDR</a>	320 MB/s	-	12 m	16
Ultra-640 SCSI (Ultra-5)	SCSI-3 SPI-5 (2003)	68-pin; 80-pin	16	160 MHz <a href="#">DDR</a>	640 MB/s	-		16

SCSI sa serijskom vezom koji se posljednjih godina sve više razvija ima takode nekoliko varijanti koje su date u sledećoj tabeli:

Oznaka	Širina (bita)	Takt	Protok (MB/s)*	Dužina	Br. uređaja
<a href="#">SSA</a>	1	200 MHz	40 MB/s	25 m	96
SSA 40	1	400 MHz	80 MB/s	25 m	96
<a href="#">FC-AL</a> 1Gb	1	1GHz	100 MB/s	500 m / 3 km	127
FC-AL 2Gb	1	2GHz	200 MB/s	500 m / 3 km	127
FC-AL 4Gb	1	4GHz	400 MB/s	500 m / 3 km	127
<a href="#">SAS</a>	1	3GHz	300 MB/s	6 m	16,256
<a href="#">iSCSI</a>	zavisi od primene				

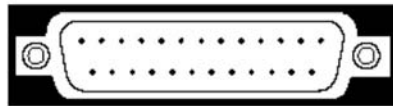
\* MB/s (MegaBajta u sekundi), *MBps* (MegaBytes per second )

Tabela je preuzeta sa <http://en.wikipedia.org/wiki/SCSI> . Maksimalni protok je dat u megabajtima u sekundi i predstavlja stvarni, ostvarivi protok podataka. Veze sa taktom 1 GHz i više su definisane za prenos optičkim vlaknom, a maksimalna dužina zavisi od tipa optičkog vlakna (500m je za [multi-mode](#) vlakna, 3 kilometara za [single-mode](#) vlakna).

Broj uređaja koji se može povezati po SAS standardu je 128 po jednom koncentratoru, s tim da se teorijski može povezati ukupno 127 koncentratora.

Detaljniji opis principa rada, dobro objašnjen, kao i najnoviji standard može se pronaći na <http://www.t10.org/> ili na <http://www.ba-stuttgart.de/~schulte/hme/ebuss12.htm>

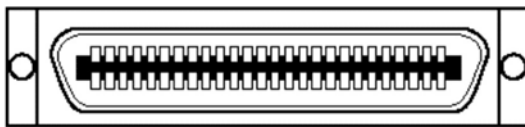
## SCSI konektori (prirodna veličina)



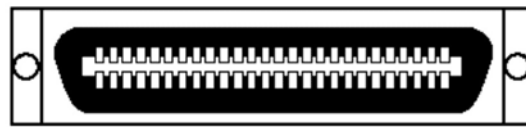
DB-25, Male External



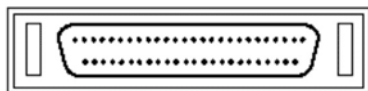
DB-25, Female External



Low-Density, 50-pin, Male External



Low-Density, 50-pin, Female External



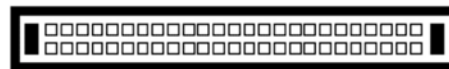
High-Density, 50-pin, Male External



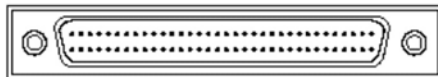
High-Density, 50-pin, Female External



Low-Density, 50-pin, Male Internal



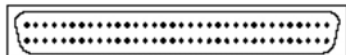
Low-Density, 50-pin, Female Internal



High-Density, 68-pin, Male External



High-Density, 68-pin, Female External



High-Density, 68-pin, Male Internal



High-Density, 68-pin, Female Internal

Adaptec Terminology	Alternative Terminology
Low-density 50-pin	Centronics 50-pin
High-density 50-pin	Micro DB50 or Mini DB50
High-density 68-pin	Micro DB68 or Mini DB68
Very high-density condensed 68-pin	Ultra Micro DB68

*SCSI standardi obuhvataju veliki broj različitih konektora*

## 2.1 ASINHRONI SERIJSKI PRENOS PODATAKA

Serijski prenos podrazumeva da se podaci prenose bit po bit. Da bi prijemnik mogao da detektuje trenutak kada „stiže“ koji bit, potrebna je informacija o taktu. Ta se informacija može preneti pomoću drugog voda i tada se radi o **sinhronom serijskom prenosu**. Dakle, za simpleks ili polu-dupleks (u jednom smeru) sinhroni serijski prenos potrebna su dva voda: jedan za **podatak** i drugi za **takt**. Normalno, potreban je i povratni vod (masa), a za dupleks vezu, još jedan vod za podatke.

S druge strane, moguće je izostaviti vod za takt uz dodavanje nekih informacija za sinhronizaciju podatku. Tada se radi o **asinhronom serijskom prenosu**.

### 2.1.1 RS-232 standard

RS-232C je standard za povezivanje DTE (*Data Terminal Equipment*) uređaja sa DCE (*Data Communication Equipment*) uređajima primenom asinhronne serijske veze relativno malih brzina. Računar spada u DTE uređaje, dok je tipičan primer DCE uređaja modem.

C-verzija usvojena 1969. godine. Kasnije je standard malo modifikovan i preimenovan u EIA 232, a od 1988 u TIA-232, da bi 1997. bio usvojen danas važeći standard TIA-232-F. Razlike u odnosu na RS-232C su uglavnom u specifikacijama vremenskih dijagrama i promeni standardom definisanih imena nekih signala ali suštinskih razlika nema.

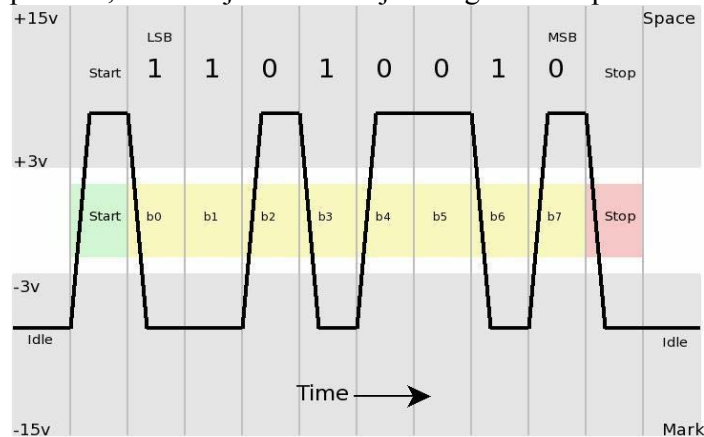
EIA je skraćenica za društvo pod nazivom *Electronic Industries Association*, koje se 1988 transformisalo u *Telecommunications Industry Association* (TIA).

- Asinhrona serijska veza bitske brzine do 115,2 Kbita/s (originalno, standard dozvoljava bitske brzine do 20Kbita/s). Bitske brzine koje se danas koriste su 9,6 Kb/s 19,2Kb/s, 33,6Kb/s, 56Kb/s, 115,2Kb/s ali i veće brzine, u vezama van standarda.
- Standard za vezu od tačke do tačke.
- Maksimalna dužina kabla puno zavisi od brzine. Po standardu, za brzinu 19,2Kb/s, dozvoljena je dužina kabla oko 15m (50ft).
- Nesimetrična veza sa naponskim signalima.
- Naponski signali maksimalnih nivoa  $-25V$  (logička jedinica - *mark*) i  $+25V$  (logička nula - *space*) iako standard dozvoljava nivoe  $\pm 25V$ , danas je uobičajeno koristiti  $\pm 12V$  i manje.
- Prijemnik mora da bude u stanju da sve signale na ulazu između  $-3V$  i  $-25V$  primi kao logičku jedinicu, a sve signala između  $+3V$  i  $+25V$  kao logičku nulu.
- Standard definiše izlaznu otpornost predajnika manju od  $50\Omega$  i ulaznu otpornost prijemnika između  $3k\Omega$  i  $7k\Omega$  uz ulaznu kapacitivnost manju od  $2,5nF$ .
- Podržana dupleks veza.
- Standard definiše oblik rama u koji se pakuje podatak koji se prenosi. Ram se sastoji od jednog start-bita i jednog stop-bita. U ram se pored podatka (5-8 bita) može ubaciti još i bit parnosti.



Slika iznad pokazuje izgled signala na linijama za prenos podataka sa dva logička nivoa. Logička jedinica se u literaturi označava sa *mark*, a logička nula *space*. Na slici su dva bajta koja se prenose neposredno jedan za drugim. Stanje kada se preko linije ne prenosi ništa se obično naziva "idle" i u tada je na vodu logička jedinica. Start bit je logička nula, a stop bit logička jedinica.

Slika ispod pokazuje realni signal na linijama za prenos podataka pri prenosu ASCII koda slova 'K' čiji je binarni zapis  $01001011_2$ . Kada se podaci ne prenose preko voda (*idle* stanje), na vodu je logička jedinica (negativan napon). Prenos bajta počinje skokom napona na liniji na pozitivan napon (start bit, koji je logička nula). Prvi bit koji se prenosi je LSB (bit najmanje pozicione vrednosti podatka) koji logička jedinica (negativni napon). Zatim slede ostali bit do MSB. Na kraju dolazi Stop-bit koji je logička jedinica (negativan napon). Po završetku prenosa podatka, vod ostaje u *idle* stanju – negativan napon.



Bit parnosti se dodaje ramu iza bita označenog sa b7 (MSB) a pre stop-bitom. Bit parnosti ubacuje predajnik kao logičku nulu ili logičku jedinicu tako da broj logičkih jedinica među devet bita (b0 do b7 plus bit parnosti) bude paran. Ako na prijemu broj logičkih jedinica računajući osam bita podatka i bit parnosti, nije paran, podatak je prenet neispravno. Ta greška se naziva greška parnosti PE (*parity error*). Zadatak prijemnika je da "raspakuje" podatak. Stop bit služi uglavnom za proveru valjanosti rama. Ako na mestu gde treba da bude stop bit prijemnik prepozna logičku nulu nešto sa prenosom nije u redu. Takva greška se naziva greška rama FE (*framing error*). Prijemnik može da detektuje još nekoliko grešaka. Treba pomenuti grešku prepumavanja OE (*overrun error*) koja nastaje ako računar ne preuzme prethodni bajt kada je naredni već stigao.

Prvobitna namena ovog standarda je bila veza računara (u početku teleprintera ili terminala) sa modemom. Modem je preko telefonske linije bio povezan sa drugim, udaljenim, modemom za koji je takođe povezan drugi računar. Vremenom je isti standard sve više korišćen i za direktnu vezu dva računara ili računara i neke druge periferije. Takva veza koja zaobilazi modem i povezuje dva DTE uređaja naziva se "*null-modem*" veza.

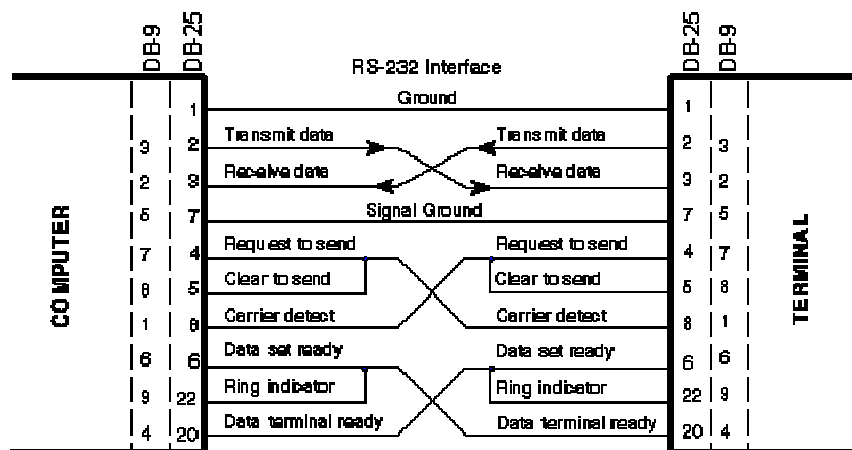
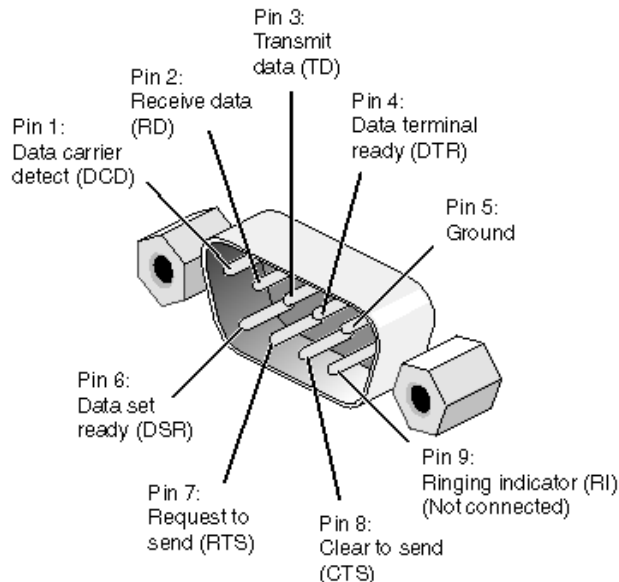


Figure 1. Direct-to-computer RS-232 Interface

Tabela ispod prikazuje raspored signala na danas korišćenom 9-polnom konektoru. Pored ovog konektora, standard definiše i 25-polni konektor (muški DB25) sa dodatnim signalima koji se danas izuzetno retko koristi. Raspored signala se razlikuje na DTE i DCE uređajima. Kompletni podaci, vezano za raspored i ulogu signala na 25-polnom konektoru ili na 9-polnom DCE konektoru se mogu naći u [RS-232 standardu](#).



Muški RS232 DB9	9-polni konektor na PC (DTE uređaj)		
Pin br.	Signal i smer signala		
1	Carrier Detect (CD)	DETEKTOVAN NOSILAC	Ulazni (ka PC)
2	<b>Received Data (RD)</b>	<b>PRIJEMNI SIGNAL</b>	Ulazni (ka PC)
3	<b>Transmitted Data (TD)</b>	<b>PREDAJNI SIGNAL</b>	Izlazni (od PC)
4	Data Terminal Ready (DTR)	PC UKLJUČEN	Izlazni (od PC)
5	<b>Signal Ground (SG)</b>	<b>MASA</b>	
6	Data Set Ready (DSR)	MODEM UKLJUČEN	Ulazni (ka PC)
7	Request To Send (RTS)	ŠALJI MI	Izlazni (od PC)
8	Clear To Send (CTS)	SLOBODNO SLANJE	Ulazni (ka PC)
9	Ring Indicator (RI)	MODEM ZVONI	Ulazni (ka PC)

NAPOMENE: U tekstu koji sledi, zbog jednostavnosti je pretpostavljeno da je PC povezan sa modemom iako sa druge strane veze uopšte ne mora da bude modem (i danas je sve ređe). Prevodi imena signala nisu zvanični i namenjeni su samo internoj upotrebi.

**Podebljani signali** su neophodni za prenos informacije. Standard podržava dupleks vezu pa pored povratnog voda **SG** (nožica 5) postoji još **RD** signal (nožica 2) koji je prijemni – (signal od nekog drugog uređaja ka PC) i **TD** signal (nožica 3) koji je predajni – (signal od PC ka nekom drugom uređaju). U uređajima koji danas koriste RS-232 pretežno se koriste samo ova tri signala. Uobičajene oznake, pored standardizovanih (RD i TD) su Rx i Tx ili RxD i TxD.

Ostali signali se mogu podeliti u dve grupe. Jedni su namenjeni „dogovoru” (*handshake*) PC i modema o tome da li su spremni za razmenu podataka, a drugi su informacija o statusu modema. Svi signali iz obe grupe su sa negativnom logikom. Logička nula (pozitivan napon) označava da je signal aktivan (*asserted*), a logička jedinica (negativan napon) označava da je signal neaktivan (*deasserted*)

Signale za dogovor (*handshake*) čine dva para signala. Jedan je DTR i DSR, a drugi CTS i RTS.

Signalom **DTR** računar obaveštava modem da je uključen (ovaj signal postaje aktivan čim se PC uključi). S druge strane, modem šalje računar informaciju da je uključen i u stanju da uspostavi komunikaciju, tako što signal **DSR** postavi na aktivni nivo (logička nula - pozitivan napon). Preciznije, za aktiviranje DSR signala potrebno je da bude ispiunjeno još nekoliko uslova, detalji se mogu pronaći u standardu.

DTR definiše računar. Pozitivan napon na DTR znači da je računar uključen.

DSR definiše modem. Pozitivan napon na DSR znači da je modem uključen i u stanju da komunicira sa drugim, udaljenim modemom preko telefonske linije.

PC postavlja **RTS** signal na aktivni nivo (logička nula - pozitivan napon) kada je spreman da nastavi da prima podatke od modema. Dakle računar nije zazuzet obradom i traži od modema podatke, tačnije, obaveštava ga da je slobodan. Signal sličan ovome koji šalje modem, naziva se **CTS** i kada modem aktivira CTS, to je obaveštenje PC da je modem spreman da prima nove podatke, odnosno da PC može slobodno da nastavi da ih šalje. Negativnim napon na CTS modem traži od računara da ovaj prekine sa slanjem podataka.

RTS definiše računar. Pozitivan napon na RTS znači da računar traži podatke od modema (spreman je da ih primi).

CTS definiše modem. Pozitivan napon na CTS znači da modem traži podatke od računara (modem obaveštava računar da računar može slobodno da nastavi sa slanjem podataka)

CD i RI su signali statusa modema. Kada modem aktivira **CI** signal (postavi logičku nulu – pozitivan napon) on time obaveštava PC da je uspostavio vezu preko telefonske linije sa drugim, udaljenim, modemom. Modem određuje i stanje **RI** signala. On aktivira RI signal (postavlja logičku nulu – pozitivan napon) kad želi da obavesti PC da telefon u modemu zvoni (to jest da drugi, udaljeni, modem traži uspostavu veze sa njim).

### **Podržane vrste ramova i njihove oznake**

Prijemnik mora da „zna” bitsku brzinu predajnika kao i oblik rama. Za oznaku vrste rama koriste se tri znaka. Prvi je broj bita podatka (5, 7 ili 8), drugi je oznaka kakav se bit parnosti koristi (N, E, O, M ili S), i treći je broj stop-bita (1, 2 ili 1.5). Što se tiče parnosti, standard dozvoljava da se bit parnosti ne koristi (označeno sa N), da se koristi „parna” parnost – broj logičkih jedinica paran (označeno sa E), zatim „neparna” parnost – broj logičkih jedinica neparan (označeno sa O), da na mestu bita parnosti uvek bude logička jedinica (označeno sa M) ili da na mestu bita parnosti uvek bude logička nula (označeno sa O). Na primer, danas najviše korišćen oblik rama sa 8 bita podatka, bez bita parnosti i sa jednim stop-bitom, bi nosio oznaku 8N1, dok bi ram 7E1 označavao ram sa sedmobitnim podatkom, bitom parne parnosti i jednim stop-bitom.

### **Hardver koji podržava RS-232**

Postoji hardver koji rešava probleme pakovanja rama na predaji, raspakivanja na prijemu, proveru parnosti, generisanja takta i mnogo toga drugog. Danas se takvi uređaji uglavnom nazivaju **UART** (*universal asynchronous receiver / transmitter*) mada ima i drugih naziva (ACIA, SPI, SCP). Ovaj sklop se povezuje jednostavno na magistralu računara, a sa softverske strane se ponaša kao niz registara za razmenu podataka, kontrolnih i statusnih informacija. Svakako najpopularniji UART je **16550A** čip kompanije National Semiconductor iz osamdesetih godina. Iako postoji puno novijih i savremenijih čipova, većina njih se trudi da zadrži kompatibilnost sa 16550, možda zbog toga što je UART u PC realizovan sa njim.

Skoro svi današnji mikrokontroleri na sebi imaju bar jedan UART, bilo samo sa TD i RD signalom (bez mogućnosti dogovora *handshake*), bilo sa kompletnim setom RS-232C signala.

UART čipovi, nažalost, realizuju serijsku komunikaciju ali na TTL logičkim nivoima (0V - logička nula, 5V - logička jedinica). Da bi se ostvarila komunikacija sa drugim uređajima koji poštuju RS232C standard, neophodno je konvertovati ove logičke nivoe na nivoe definisane RS232C standardom gde za pouzdanu komunikaciju logička nula treba da bude bar desetak volti, a logička jedinica minus desetak volti. Do pojave danas najpopularnijeg čipa za ovu konverziju nivoa ([MAX232](#)), taj zadatak je bio noćna mora za hardveraše jer je bilo nužno obezbediti dva nova naponska nivoa, +12V i -12V što je zahtevalo dva nova ispravljača, stabilizatora, izvod na transformatoru... samo za ovu namenu. MAX232, kompanije Maxim se napaja samo naponom logike 5V (danas postoji i za 3,3V) a u sebi ima oscilator, podizač napona i translator nivoa za . Ovo kolo zahteva samo četiri spoljašnja kondenzatora. Iako danas postoje mnogi drugi, savremeniji pa i jednostavniji translatori nivoa, MAX232 i MAX3232 (sa 3,3V napajanja) i njihovi klonovi su i dalje najzastupljeniji. Jasno je da se serijska komunikacija može ostvariti i na TTL nivoima i to se često radi kada se povezuju dva mikrokontrolera koji imaju UART. Na kraćim rastojanjima (do 1m), veza je pouzdana i na brzinama do 1Mb/s

**Veze prema nekim od sajtova koji se bave RS-232 standardom:**

[http://www.camiresearch.com/Data\\_Com\\_Basics/RS-232\\_standard.html](http://www.camiresearch.com/Data_Com_Basics/RS-232_standard.html)

<http://www.lammertbies.nl/comm/info/RS-232.html>

<http://en.wikipedia.org/wiki/RS-232>

### 2.1.2 RS-422 standard

Ovaj standard predstavlja prirodni nastavak RS-232 standarda. Princip pakovanja u ramove je preuzet od prethodnika. Jedino što je promenjeno je fizički nivo. Po [RS-422 standardu](#), veza se ostvaruje preko balansiranih vodova. Ovo omogućava dužine kablova do 1200m pri bitskim brzinama oko 100 Kb/s i maksimalnu bitsku brzinu od 10 Mb/s na rastojanjima do 12m. Pored toga, prenos podataka uz korišćenje ovog standarda je manje osetljiv na šumove i smetnje u prisustvu snažnih, energetske izvora smetnji.

Standard podržava vezu „jedan predajnik – više prijemnika“, pri čemu je broj prijemnika ograničen na maksimalno 10.

Naponi koji se koriste su između 2V i 10V (standard dozvoljava do 12V). Zbog balansiranih vodova, prijemnik mora da bude u stanju da razluči naponske nivoe od  $\pm 200\text{mV}$  na diferencijalnom ulazu (razlika napona na ulazima A i B (vidi 1.1)) u prisustvu zajeničkog napona do  $\pm 10\text{V}$  na oba ulaza.

Karakteristike RS-422 standarda:

- Asinhrona serijska veza bitske brzine do 10 Mbita/s
- Balansirana (simetrična) veza sa naponskim signalima. Signal se vodi upredenom paricom.
- Maksimalna dužina kabla do 1200m
- U osnovi standarda je veza od tačke do tačke i veza jednog predajnika sa maksimalno 10 prijemnika (*multidrop*)
- Standard definiše simpleks vezu ali se dodavanjem još jedne parice (dva voda) u drugom smeru može ostvariti puna dupleks veza.

Predajnici i prijemnici za RS-422 su lepo opisani u dokumentima:

<http://www.national.com/an/AN/AN-214.pdf> PDF 340KB

Principi rada i veze ka detaljnijim objašnjenjima mogu se pronaći na:

<http://focus.ti.com/lit/an/slla070c/slla070c.pdf> PDF 420KB

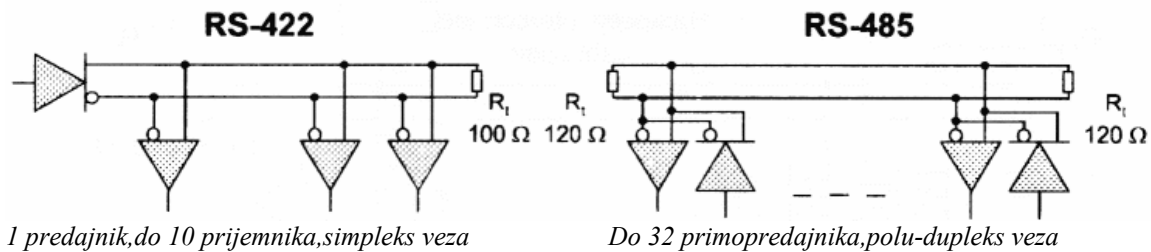
<http://www.lammertbies.nl/comm/info/RS-422.html>

<http://en.wikipedia.org/wiki/RS-422>

### 2.1.2 RS-485 standard

Ovaj standard predstavlja prirodni nastavak RS-422. Osnovna razlika je u tome što je 422 standard bio definisan za vezu od tačke do tačke i jedan predajnik- više prijemnika, dok je RS-485 magistrala na koju je vezano do 32 uređaja koji su ravnopravni i svaki može da bude bilo predajnik, bilo prijemnik.

Druga razlika, koja je posledica prve, je u tome što je standard RS-422 za simpleks vezu preko jedne upredene parice (dva voda) dok se po standardu RS-485 preko jedne upredene parice može ostvariti polu-dupleks veza.



Na slici ispod je poređenje RS-422 i RS-485 standarda. Specifikacije signala su vrlo slične, s tim da je u standardu RS-485 zahvaljujući promeni nekih specifikacija signala omogućeno povećanje bitske brzine sa 10 Mb/s (koliko je iznosila za RS-422 vezu) na 35 Mb/s za kablove do 12m.

Protokol višeg nivoa koji se uobičajeno koristi za RS-485 veze je **HDLC** (*High-Level Data Link Control*). Ovim protokolom se definiše način razmene podataka, adresiranja pojedinih uređaja, prenos kontrolnih informacija i drugo.

Lepo poređenje ovih standarda može se pronaći na: <http://hw-server.hu/docs/rs485.html>

Opis standarda RS-485: <http://www.lammertbries.nl/comm/info/RS-485.html>

<http://en.wikipedia.org/wiki/RS-485>

Komponente, predajnici (drivers) i prijemnici (receivers) za RS-232 i RS-485 proizvođača Maxim: <http://para.maxim-ic.com/results.mvp?fam=rs485>.

### 2.1.3 USB – (*Universal Serial Bus*)

Uz ETHERNET, danas svakako najzastupljeniji vid serijske komunikacije. Standard je počeo da se razvija 1994. sa idejom da zameni većinu postojećih priključaka za komunikaciju na računarima opšte namene. Prvi standard je usvojen januara 1996. kao USB1.0 da bi septembra 1998 bio neznatno dopunjen standardom USB1.1. Ovi standardi definišu samo dve brzine serijskog prenosa: mala brzina 1.5 Mbit/s - LS (*Low-Speed*) i puna brzina 12 Mbit/s - FS (*Full-Speed*). Zamisao je bila da mala brzina pokrije svu komunikaciju ka tastaturama, miševima, sporim periferijama, a da se puna brzina koristi za komunikaciju sa bržim štampačima, crtačima... Tada, USB nije imao za cilj komunikaciju sa najbržim periferijama kao što je prenos grafičkih podataka u realnom vremenu (*on-line*) ili video i audio oprema. Za vezu sa tako brzim periferijama bio je zamišljen standard IEEE 1394 koji se razvijao nekako paralelno sa USB.

Ogromna popularnost koju je stekao ovaj standard, ponajviše zahvaljujući dobroj koncepciji i jednostavnosti korišćenja (iako su i protokol i sam standard veoma kompleksni), aprila 2000. pojavljuje se USB2.0 koji uvodi još jednu brzinu komunikacije koja se naziva velika brzina HS (*High-Speed*) od čak 480 Mbit/s koji omogućuje potpunu kompatibilnost uređaja velike brzine sa uređajima pune brzine. Pojavom ovog standarda naglo je porasla ionako velika popularnost USB i pojavu niza dopuna sve do septembra 2007. Ciljna grupa komunikacija preko USB se proširila naročito na polju spoljašnjih masovnih memorija, hard diskova, DVD uređaja i fleš-memorija (u prodaji postoji USB fleš-memorija kapaciteta 240GBajta na privesku za ključeve).

Septembra 2007. je najavljen i demonstriran USB3.0 sa brzinom prenosa od 4.8 Gbita/s. Standard je objavljen krajem 2008. godine, a prvi uređaji su se pojavili početkom 2010. Intel i AMD planiraju punu implementaciju USB 3.0 standarda u svoje čipsete u 2011. dok se značajan udeo na tržištu ne očekuje pre 2013. godine.

Standard predviđa sumetrični asinhroni prenos preko upredene parice. Dužina kabla između pojedinih tačaka je ograničena na 5m. U komunikaciji uvek mora da postoji jedan domaćin (*host*) i do 128 uređaja-članova (*devices*). Izuzetak je jedino dvosmerni, takozvani [on-the-go](#) USB kod koga svaki uređaj ima delimične funkcije i domaćina i člana kako bi se mogli povezivati bez prisustva PC. Uloga domaćina je najčešće rezervisana za računar opšte namene i softver koji podržava protokol sa strane domaćina je neuporedivo složeniji u odnosu na stranu uređaja. Postoje jednostavni uređaji koji se nazivaju čvorovi (*hub*) koji imaju jednu vezu prema domaćinu, a više veza prema uređajima i služe za razgranavanje. Uređaji se mogu priključivati "naživo", bez isključenja napajanja, a domaćin prepoznaje svaki novo-priključeni uređaj uređaj i dodeljuje mu jedinstvenu adresu. Domaćin takođe prepoznaje kojom brzinom uređaj može da komunicira (LS, FS ili HS) i sa svakim komunicira najvećom ostvarivom brzinom. Ograničenje brzine može da bude samo u domaćinu, uređaju-članu ili čvoru između njih.

Komunikacija je polu-dupleks s tim da uvek postoji domaćin (obično PC) koji upravlja komunikacijom.

Signali su pakovani u standardom definisane pakete. Zavisno od klase uređaja i zahtevane brzine protoka informacije, postoji četiri vrste paketa (*handshake, token, data, pre"packets"*). Standard definiše veći broj klasa uređaja i zahteva od domaćina da svojim softverom prepozna i podrži svaku od ovih klasa. Do sada je standardima definisano 19 klasa (moguće ukupno 256) tako da korisnik na isti način priključuje i štampač USB-memoriju a domaćin prepoznaje klasu uređaja i sa njima komunicira na potpuno različit način.

Standardizovano je samo nekoliko dozvoljenih tipova konektora sa samo četiri kontakta. Dva kontakta su za signalne vodove i označeni su sa D+ i D-, a druga dva za napajanje i masu. Napajanje je +5V i iz njega se može povući do 500 mA.

Konektor malih dimenzija, samo četiri žice u kablju i postojanje linija preko kojih se priključeni uređaj može napajati iz domaćina su značajno doprineli popularnosti USB. Danas mnogi mikrokontroleri podržavaju USB sa strane uređaja-člana, ali je podrška sa strane domaćina neuporedivo ređa, što je razumljivo zbog kompleksnosti softvera koji domaćin mora da poseduje. Sa strane uređaja-članova postoje popularni [FTDI](#) čipovi za konverziju USB na RS-232 ili neki drugi standard. FTDI je samo jedan od mnoštva proizvođača koji danas proizvode čipove vezane za USB.

Čipove koji podržavaju stranu domaćina proizvodi, na primer, NXP, bivši Philips ([ISP 1160](#)) ili GHI koji u svom programu ima jednostavan čip (USBWIZ) koji se može dodati standardnom mikrokontroleru i obezbediti [USB host funkciju](#) ili samo podršku za [USB fleš](#)-memoriju.

Skoro se pojavio i čip kompanije FTDI pod nazivom [Vinculum](#) (veza prema PDF prezentaciji 511kb).

Svi ovi čipovi u sebi već sadrže veliku većinu neophodnih programa za podršku, jednostavni su za korišćenje i pristupačne cene.

Karakteristike ukratko:

- Asinhroni serijski prenos, sa balansiranim vodovima (diferencijalni signali).
- Tri standardizovane bitske brzine LS(1.5 Mbita/s), FS(12 Mbita/s), HS(480 Mbita/s).
- Standard USB2.0 podržava sve tri brzine, USB1.0 i USB1.1 samo LS i FS.
- Veza jedan domaćin (*host*) - više (do 127) uređaja-članova (*devices*).
- Domaćin dinamički dodeljuje adresu novo-priključenom uređaju.
- Polu-dupleks komunikacija, smer uvek kontroliše domaćin.
- Uređaji priključeni na istog domaćina, mogu podržavati različite brzine, sa svakim se komunicira maksimalnom brzinom, ako tu brzinu podržava domaćin i čvorovi između.
- Standardizovani oblici konektora, raspored priključaka čak i oznake na konektorima.
- Kabl sa samo četiri voda od kojih dva služe za napajanje uređaja iz domaćina (5V, do 500mA)

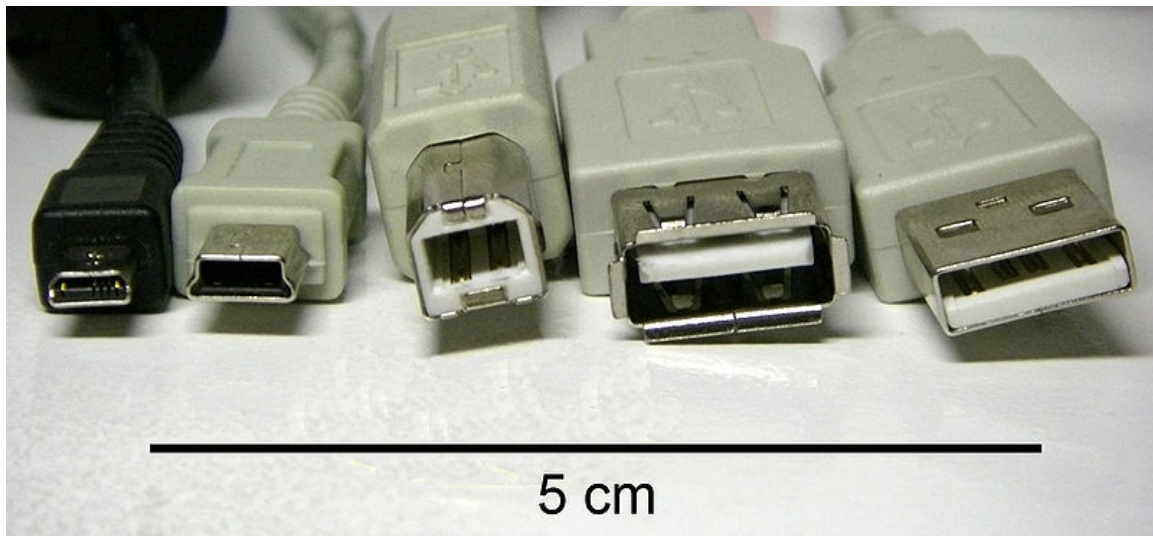
Korisne veze:

Ukratko objašnjen USB: <http://sss-mag.com/usb.html>

Zvanični sajt gde se mogu pronaći standardi: <http://www.usb.org>

Sajt sa puno veza ka standardima, forumima...

[http://www.interfacebus.com/Design\\_Connector\\_USB.html](http://www.interfacebus.com/Design_Connector_USB.html)



*S leva na desno: muški mikro, muški mini B tip, muški B tip, ženski A tip, muški A tip*

#### 2.1.4 IEEE 1394 – (FireWire, i.LINK)

Ovaj standard podržava asinhroni serijski prenos pomoću balansiranih signala. Zbog relativno velike brzine prenosa koristi se najviše za povezivanje video opreme i povezivanje računara u mrežu.

[IEEE 1394](#), se razvijao paralelno sa USB standardom, kao standard zadužen za brze periferije. Originalno je razvijen u kompaniji Apple pod nazivom FireWire da bi 1995 uz učešće još nekoliko velikih kompanija usvojen kao IEEE standard. Trenutno važeća verzija je IEEE1394c usvojena juna 2007. Naziv koji koristi kompanija Sony za svoju implementaciju ovog standarda je „i.LINK“ ili S100 i S400 (zavisno od brzine prenosa)

Originalni standard je podržavao 100, 200 i 400 Mbita/s i jedinstveni šestopolni konektor. Verzija 1394b iz 2002. godine uvodi brzinu 800 Mbita/s i 9-polni konektor kakav se koristi u Ethernet vezama. Dozvoljeni su i duži kablovi za manje brzine (100m kabla pri brzinama 100 Mbita/s). Ovaj standard podržava i komunikaciju bitske brzina 1,6 i 3.2 Gbita/s preko optičkog kabla. Verzije su poznate kao S1600 i S3200.

Važeći standard 1394c iz 2007. uvodi kompatibilnost sa osmopolnim [RJ45 konektorom](#) koji se koristi i za Ethernet (IEEE802.3) i korišćenje standardnog kabla [kategorije 5e](#) i sa tim kablom garantuje brzinu prenosa 800 Mbit/s. Kompatibilnost konektora i kablova omogućava da se ista utičnica na računaru koristiti i za povezivanje u mrežu preko Ethernet-a i preko IEEE 1394 standarda. Do sada se nisu pojavili čipovi koji bi ovu kompatibilnost iskoristili. Od 2009. se izrađuje novi IEEE 1394d standard koji bi uveo brzine do 6.4 Gbita/s preko optičkog vlakna i neke nove tipove konektora.

Dok je USB standard bio oslonjen na PC ili drugi računar opšte namene i zahtevao da jedna strana u komunikaciji bude mnogo „pametnija“, dotle je IEEE 1394 magistrala u pravom smislu te reči. Na nju se priključuju uređaji koji su svi ravnopravni. Postojanje PC uopšte nije nužno i ulogu domaćina može preuzeti bilo koji od uređaja povezanih na magistralu. Pored očiglednih prednosti ovakve koncepcije, nedostatak je što je složenost svake od periferija puno veća, a i sam protokol uspostavljanja komunikacije je puno komplikovaniji.

Pored povezivanja video opreme i povezivanja računara opšte namene u mrežu, ovaj standard se koristi još u avio-industriji, automobilizmu, u industriji za povezivanje mernih instrumenata i slično. Za ove posebne namene, standard ima posebne varijante i odgovarajuće nazive. Standard je jako sličan USB standardu uz nekoliko suštinskih razlika.

Sličnosti:

- Asinhroni serijski prenosu upredenom paricom pomoću balansiranih signala.
- Koriste se slični kablovi s tim da IEEE 1394 zahteva dve upredene parice koje za veće brzine treba da budu oklopljene. Dozvoljene maksimalne dužine kablova između pojedinih uređaja su slične (5m za USB, 4,5m za 1394).
- Standard definiše sadržaje paketa pomoću kojih se prenosi informacija. Tipovi paketa su takođe slični.
- Napajanje se prenosi preko kabla, samo što IEEE 1394 dozvoljava 1.5A struje (USB 0,5A).
- Dozvoljeno je uključivanje i isključivanje uređaja „naživo“ (bez isključivanja napajanja)

Razlike:

- Osnovna, suštinska razlika je u tome što kod IEEE 1394 svaki uređaj može biti bilo domaćin (host) bilo uređaj-član i svaki od uređaja u mreži može da preuzme ulogu domaćina. Dakle, PC nije neophodan kao domaćin.
  - USB dozvoljava priključivanje do 127 uređaja na domaćina, na IEEE 1394 magistrali može da ih bude najviše 64.
  - IEEE 1394 dozvoljava značajno bržu komunikaciju.
  - IEEE 1394 definiše i vezu u potpunom duplexu dok je USB ograničen na polu-duplex veze.
- Veze ka sajtovima sa jednostavnim objašnjenjem standarda:

[http://www.tomswiki.com/page/IEEE+1394+\(Firewire\)+High+Speed+Serial+Bus?t=anon](http://www.tomswiki.com/page/IEEE+1394+(Firewire)+High+Speed+Serial+Bus?t=anon)  
<http://computer.howstuffworks.com/question371.htm>  
[http://www.interfacebus.com/Design\\_Connector\\_Firewire.html](http://www.interfacebus.com/Design_Connector_Firewire.html)



### 2.1.5 ETHERNET

Pod ovim imenom se podrazumeva veliki broj različitih standarda koji definišu nekoliko slojeva komunikacije između računara. Standardi definišu počev od fizičkog sloja koji podrazumeva električne karakteristike signala, tipove kablova, konektora i slično, pa sve do najvišeg sloja protokola adresiranja i razmene informacija umreženih računara.

Fizički sloj je definisan standardom [IEEE 802.3](#) koji kroz mnoštvo varijanti definiše asinhronu serijsku komunikaciju bitskih brzina 10, 100 i 1000Mbit/s pa sve do verzije [802.3bb](#) koja se očekuje u toku 2011. a koja treba da uvede brzine do 40Gbit/s za žičane veze dužine do 1m.

Ovi standardi biće predmet detaljnog proučavanja u okviru drugih predmeta.

Korisne veze:

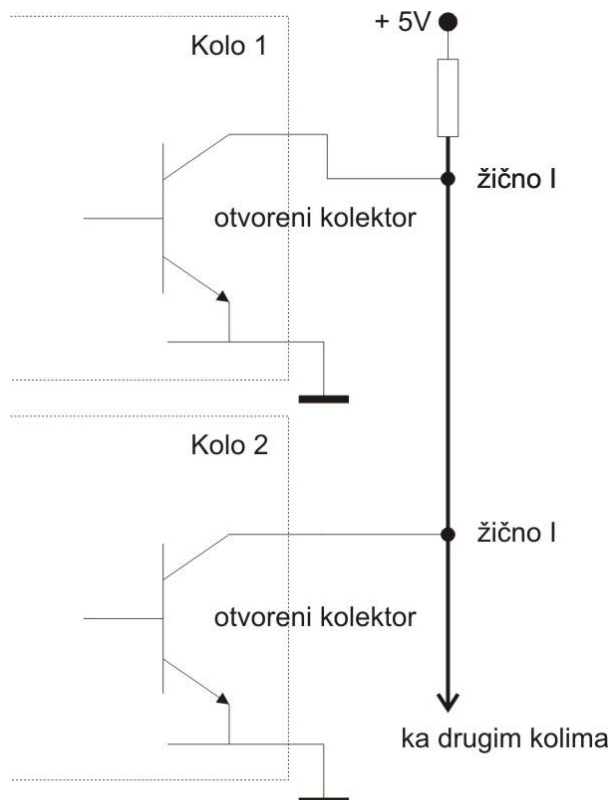
<http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/Ethernet.html>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet\\_over\\_twisted\\_pair](http://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet_over_twisted_pair)

### 2.1.6 Jednožična veza (1-wire)

Ovaj način komunikacije nije usvojen kao međunarodni standard ali se dosta koristi pa će biti ovde pomenut. On odstupa od dosad razmatranih standarda i po svojoj usko definisanoj primeni.

[1-wire](#) je zaštićeno ime kompanije Dallas koja ga je razvila za povezivanje svojih komponenta i periferija na mikrokontrolere. Tipičan primer su razni senzori (temperature, pritiska, vlažnosti, napona, struje), monitori baterija neke memorije, AD i DA konvertori i druge periferije. Često se koristi i za ključeve tako što se čip sa ovakvom vrstom komunikacije montira u mehaničko kućište oblika male dugmaste baterije koje ima masu kao jedan kontakt a vrh kao drugi, a nalazi se na vrhu nosača koji liči na mehanički ključ. Takav ključ se ubacuje u objekat koji treba da štiti, a elektronika povezana preko jednožične veze igra ulogu elektronskog ključa, takozvani [iButton](#).

Komunikacija je asinhrona serijska sa nesimetričnim (nebalansiranim) signalima i potrebna je samo jedna veza (normalno, i zajednička masa kao povratni vod) da bi se uređaji ovog tipa povezali za računar. Jedan glavni uređaj (*master*) kontroliše magistralu za koju je povezano više sporednih (*slave*) uređaja od kojih svako ima svoju jedinstvenu 64-bitnu adresu dodeljenu pri proizvodnji i nepromenljivu. Deo informacije u toj adresi čini i tip uređaja i zaštitni kôd (CRC).



Linija za prenos podataka je vezana otpornikom za +5V (*pullup*) a svi izlazi koji se na ovu liniju vezuju su sa otvorenim kolektorom. (*open collector*). U slučaju FET (ili MOSFET) izlaza ovakav izlaz se naziva otvoreni drejn (*open drain*). Princip rada je isti. Ako bilo koji od uređaja aktivira svoj izlazni tranzistor na liniji je nula volti. Uređaj pokušava da postavi +5V na liniju tako što blokira izlazni tranzistor, međutim ovaj nivo može biti „odvučen“ na nulu ako je bilo koji drugi postavio nulu na magistralu. Kada se na magistrali nalazi samo jedno kolo, blokiranje izlaznog tranzistora, ovezbeđuje visoki naponski nivo na magistrali, a kada je tranzistor provodan, na magistrali je niski naponski nivo. Međutim, kada su na magistrali dva kola čiji su izlazi sa otvorenim kolektorom, dovoljno je da jedno od kola otvori tranzistor, nezavisno od stanja drugog, na magistrali je niski naponski nivo. Na magistrali će biti visoki nivo samo ako oba kogička kola blokiraju tranzistore to jest, pokušaju da postave visoki nivo na magistrali. Ovo odgovara logičkoj I finkciji.

Trik sa otvorenim kolektorom koriste mnogi standardi za komunikaciju zato što dozvoljava da se više izlaza poveže na istu magistralu, a da pritom ne može da dođe do kratkog spoja. Pored toga, ovakva veza ostvaruje logičku I funkciju, taktovano žično-I (*wired AND*). Nula na izlazu je aktivna, što znači će svaki „pokušaj“ kola da postavi niski nivo na magistrali uspeti. S druge strane, pokušaj svakog kola da postavi visoki nivo na magistrali će uspeti samo ako u to vreme neko drugo kolo nije postavilo niski nivo.

Za razliku od ostalih ranije pomenutih standarda gde su logički nivoi kodovani naponskim nivoima (na primer, logička nola ja 0V, a logička jedinica +5V), kod jednožične komunikacije, logičke nule i jedinice su kodovane širinom impulsa. Kad nema komunikacije, magistrala je na visokom naponskom nivou. Uzani impuls ka 0V znači logičku jedinicu, a široki impuls logičku nulu. Brzina komunikacije je 15Kbita/s (standardna) ili velika 111Kb/s (*overdrive*). Pored toga, postoje različite komande periferiji koje se zadaju različitim širinama impulsa. Ovaj protokol je lepo ukratko opisan na sajtu:

[http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/an\\_pk/3989](http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/an_pk/3989)

### 2.1.7 CAN standard

CAN ([\*Controller Area Network\*](#)) je originalno razvio Boš (uz učešće Intel-a) za komunikaciju sopstvenih proizvoda u auto-industriji. Danas se masovno koristi u ovoj industriji ali i u mnogim drugim granama industrije. Mnogi mikrokontroleri na sebi imaju periferiju koja podržava CAN protokol. Standardom je definisan fizički sloj ali i protokoli za komunikaciju. CAN je asinhrona serijska komunikacija sa balansiranim signalima. Signali se prenose preko upredenih parica, a definisane su i oklopljene i neoklopljene varijante kabla. Uobičajeno se koristi mušku devetopolni D-konektor, ali su dozvoljeni i drugi tipovi konektora, ravni i okrugli izmrđu 5 i 10 kontakata kao i RJ45 konektor (kao za Ethernet). Maksimalna dužina kabla zavisi od učestanosti i iznosi 1,000m pri 40Kb/s i 40m pri 1Mb/s. Bitska brzina iznosi 10 Kbit/s do 1 Mbit/s. CAN je magistrala u pravom smislu te reči sa svim ravnopravnim učesnicima. Zahvaljujući vodovima sa otvorenim kolektorom uređaji vezani za magistralu mogu se "dogovoriti" i bez posebnog glavnog uređaja (*host*). Veza je polu-dupleks.

Interesantno rešenje je da su izlazi ka vodovima za prenos signala sa otvorenim kolektorom i *pullup* otpornikom na pozitivnom vodu odnosno *pulldown* otpornikom (prema masi) na invertovanom vodu. Zbog toga ovi vodovi imaju nazive "CAN\_L – *dominant low*" i "CAN\_H – *dominant high*". *Dominant low* označava da je niski naponski nivo dominantan kao što je to opisano u prethodnom poglavlju o jednožičnoj vezi, a *dominant high* da je visoki logički nivo dominantan što važi za PNP tranzistor i otpornik prema masi po potpuno istom principu.

Periferije tipa senzora i aktuatora se ne povezuju direktno na magistralu već preko CAN kontrolera. Puno proizvođača čipova danas masovno proizvodi čipove namenjene CAN magistrali, a gotovo da nema savremenog mikrokontrolera koji bar u nekom od članova familije nema ugrađen CAN kontroler.

Interesantna priča o primeni CAN magistrale:

[http://www.embedded.com/columns/murphyslaw/13000304?\\_requestid=34550](http://www.embedded.com/columns/murphyslaw/13000304?_requestid=34550)

O signalima u CAN standardu:

[http://www.interfacebus.com/Design\\_Connector\\_CAN.html](http://www.interfacebus.com/Design_Connector_CAN.html)

## 2.2 SINHRONI SERIJSKI PRENOS PODATAKA

Sinhroni serijski prenos podrazumeva da pored linije podataka (jedne za simpleks, dve za dupleks), postoji još jedna linija preko koje se prenosi takt. Postojanje signala takta olakšava posao prijemniku ali usložnjava hardver. Postoji puno standarda za ovakvu vrstu komunikacije i mnogi proizvođači čipova definišu sopstvene standarde. Postoji nekoliko oblasti gde se primenjuju standardi sinhronne serijske komunikacije. Najznačajnija oblast primene je komunikacija između mikroracunara i periferija. Mnoge periferije mogu značajno da smanje neophodan broj nožica ako se podaci razmenjuju serijski umesto preko megistrale. Na primer, serijski EEPROM kapaciteta 8 Mbita danas se standardno pakuje u osmopinsko kućište dok je za isti čip koji se vezuje na magistralu neophodno bar 40 nožica (komponenta je veća, zauzima mnogo više mesta na pločici i objektivno skuplja zbog većeg broja izvoda). Danas najpopularniji takvi standardi su I<sup>2</sup>C i SPI sa svojim mnogobrojnim varijantama.

Pored veze među čipovima, ovde će biti pomeut i PS/2 standard koji se danas koristi za vezu tastature i miša sa PC.

### 2.2.1 PS/2

PS/2 ([\*personal system/2\*](#)) je standard definisan od IBM 1987. godine, koji se još uvek (mada sve ređe) koristi za vezu tastature ili miša sa računarom opšte namene.

Standard je namenjen jednostavnom sinhronom serijskom prenosu podataka male brzine između računara i periferije. Danas se koristi samo za vezu miševa i tastatura sa PC i ponegde u jeftinim industrijskim primenama za vezu sličnih periferija sa računarima za

ugradnju. Danas se koristi šestopolni mini DIN konektor dok je ranije korišćen petopolni DIN.

Sinhroni prenos podrazumeva postojanje dva voda, jednog za takt i drugog za signale. Standard podržava polu-dupleks vezu između dve tačke. Jedna tačka je uvek računar, a druga periferija (tastatura ili miš). Takt uvek generiše periferija i on mora biti između 10 KHz i 16.4 KHz.

Obe linije su sa otvorenim kolektorima i obe moraju imati otpornik (*pullup*) prema +5V da bi komunikacija radila. Komunikacija je moguća u oba smera od računara ka periferiji ili od periferije ka računaru. S tim da računar ima prioritet (periferija mora prvo da proveriti da li računar hoće da šalje podatak pre nego što će započeti prenos).

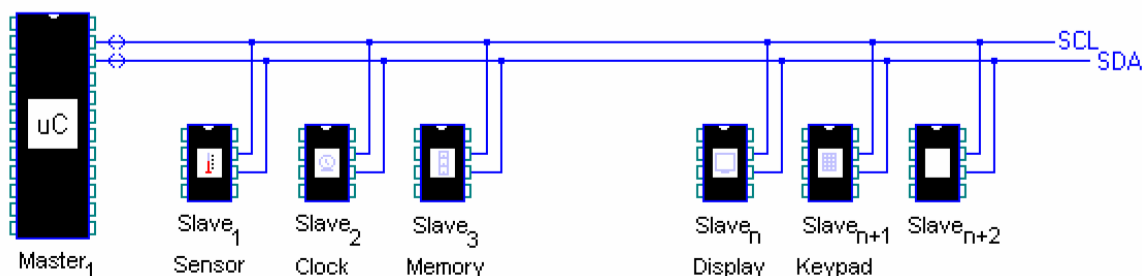
Sajt prema kome je data veza u prvom poglavlju do detalja opisuje sve što je potrebno za razumevanje i praktičnu realizaciju komunikacije po ovom protokolu. Postoje i veze sa te stranice ka stranicama koje definišu protokol za vezu tastature i miša do detalja potrebnih za praktičnu realizaciju.



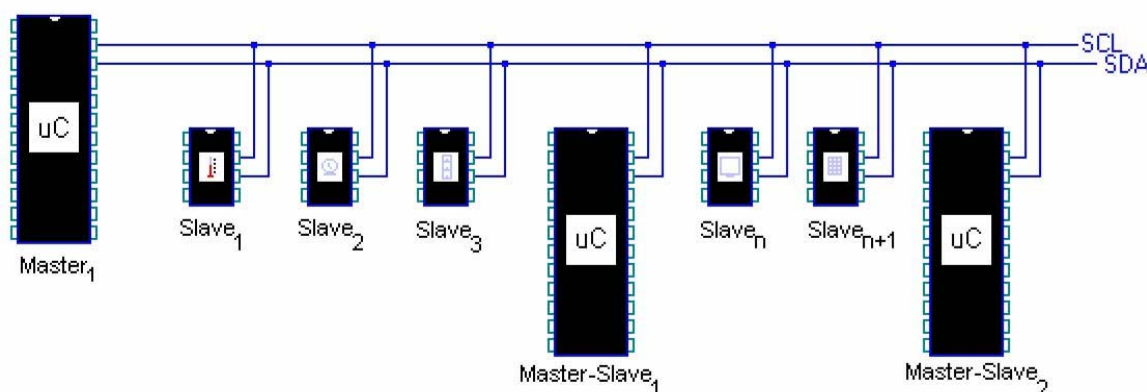
### 2.2.2 I<sup>2</sup>C (ili IIC *Inter Integrated circuit Communication*)

Standard je uveo Philips kao jeftinu i efikasnu zamenu za paralelno povezivanje mikrokontrolera sa periferijama. Namena je slična ranije opisanoj jednožičnoj vezi (*1-wire*).

I<sup>2</sup>C je magistrala pri čemu na magistrali mora d postojati bar jedan glavni (*master*) uređaj, onbično mikrokontroler, i više sporednih uređaja (*slaves*). Moguće je postojanje više glavnih uređaja a eventualni konflikt je rešen takozvanim procesom arbitraže, gde jedan od glavnih odustaje od komunikacije i čeka.



Glavni uređaj generiše takt i adresira sporedne. Svaki sporedni mora da ima jedinstvenu adresu. Protokolom je definisano polje adrese veličine 7 bita u paketu koji se prenosi. Šesnaest adresa je rezervisano, što znači da je moguće da postoji ukupno 112 učesnika na magistrali. Novija proširivanja standarda omogućavaju 10-bitnu adresu i preko 1000 učesnika na magistrali. Slike (sa <http://www.esacademy.com/faq/i2c/index.htm>) prikazuju vezu na I<sup>2</sup>C magistrali sa jednim glavnim uređajem (*master*) na magistrali (slika gore) i sa više glavnih uređaja (*master*) (slika dole).



Magistralu čine samo dva voda: vod takta, označen sa SCL i vod podataka SDA. Oba voda zahtevaju izlaze sa otvorenim kolektorom.

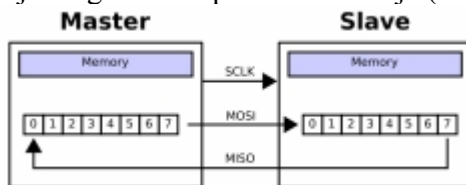
Osnovni standard je definisao tri brzine prenosa 10 Kbita/s-LM (*low-speed mode*), 100 Kbita/s-SM (*standard mode*) i 400 Kbita/s-FM (*fast mode*). Današnji standard verzija I<sup>2</sup>C 2.1 iz 2000. godine definiše i 1 Mbit/s-Fm+ i 3.4 Mbit/s-HS (*High Speed mode*) i desetobitnu adresu.

Preko I<sup>2</sup>C se povezuju AD, DA konvertori, memorije, senzori, displeju i mnoge druge periferije. Ogroman broj čipova podržava ovu komunikaciju.

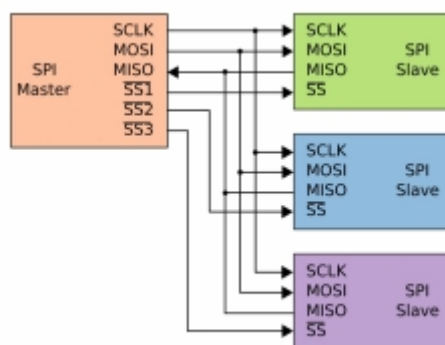
CBUS i SMBUS (*System Management BUS*) su na neki način varijante I<sup>2</sup>C standarda. CBUS ima malo različite specifikacije ali uz izvesna ograničenja, CBUS uređaji mogu da komuniciraju sa I<sup>2</sup>C uređajima. SMBUS definiše i sledeći nivo protokola, iznad fizičkog. Fizički sloj je u osnovi I<sup>2</sup>C. Ovakvih, izvedenih, malo modifikovanih standarda ima više.

### 2.2.3 SPI (Serial Peripheral Interface)

SPI je vrlo jednostavan način serijskog sinhronog prenosa podataka nastao u kompaniji Motorola, prvenstveno za spajanje mikrokontrolera sa periferijama (uloga je slična I<sup>2</sup>C standardu i jednožičnoj vezi). SPI se naziva još i četvorožična veza zbog četiri signala koji učestvuju u komunikaciji. SPI ostvaruje dvosmernu, dupleks vezu između jednoj glavnog uređaja (*master*) i jednog ili više sporednih uređaja (*slaves*).



Glavni, koji je, po pravilu, mikrokontroler, generiše takt (SCLK) koji je između 1MHz i 70MHz. I glavni i sporedni uređaji imaju u sebi osmobaritni (mada su dozvoljene i druge veličine) pomeračkiregistar koji su povezani na slici levo. Komunikacija počinje kada glavni računar aktivira signal *SS(slave select)*, to jest postavi logičku nulu na tu liniju (signal *SS* nije naznačen na slici). Komunikacija je uvek dvosmerna, jedan bajt ide od glavnog ka sporednom, drugi bajt istovremeno se prenosi od sporednog ka glavnom. Oba prenosa se obavljaju istovremeno čak i kad neki od njih nema smisla. Na primer, ako mikrokontroler šalje veći broj bajtova ka periferiji, a periferija nema podataka koje bi slala mikro-kontroleru, smer od periferije ka mikrokontroleru prenosi podatke koji nemaju smisla, ali se ipak prenose.



Signali koji učestvuju u komunikaciji su sledeći:

SCLK – Signal takta koji generiše glavni. Smer je od glavnog ka sporednom.

MOSI – *Master Output Slave Input*. Podatak od glavnom ka sporednim uređajima

MISO – *Master Input Slave Output*. Podatak od sporednog ka glavnom uređaju.

SS– *Slave Select*. Signal generiše glavni. Nula na ovom vođu otpočinje komunikaciju.

Veza sa više sporednih uređaja zahteva da glavni (*master*) obezbedi posebne *SS(slave select)* signale za svaki sporedni (*slave*). Ovakva veza zahteva i da sporedni uređaju na svom izlazu MISO imaju kolo sa stanjem visoke impedanse kako ne bi došlo do sukoba više izlaza koji su povezani za istu tačku.

Postoji mogućnost i povezivanja više sporednih uređaja u lanac (*daisy chain*) kada je izlaz glavnog vezan na ulaz prvog sporednog, njegov izlaz za ulaz drugog sporednog i tako dalje. Izlaz poslednjeg sporednog u lancu vezan je za ulaz glavnog.

Tehnike komunikacije označene sa SSI, SSP i MicroWire su izvedene iz SPI.

Korisne stranice:

[http://wopedia.mobi/en/Serial\\_Peripheral\\_Interface](http://wopedia.mobi/en/Serial_Peripheral_Interface)

Opis i poređenje sa I<sup>2</sup>C: <http://www.embedded.com/story/OEG20020124S0116>

Strana sa opisom SPI i vezama ka SPI-komponentama i proizvođačima čipova koji moogu da komuniciraju na ovaj način: <http://www.mct.net/faq/spi.html>

### 3. Tabelarni prikaz danas korišćenih tehnika komunikacije

Oznaka	Format	Broj uređaja (max.)	Max. dužina (m)	Bitska brzina (Mb/s)*	Primena
MIDI	serijski; strujna petlja	2 (ili više)	15	0.031500	muzički uređaji
RS-232	asihroni serijski	2	15 (300)	0.115200	modemi, miševi, periferije
Microwire	sinhroni serijski	8	3	2	mikrokontroleri
SPI	sinhroni serijski	8	3	2.1	mikrokontroleri
I <sup>2</sup> C	sinhroni serijski	40	5	3.4	mikrokontroleri
Paralelni port	paralelni	2 (8)	3 (10)	8	štampači, skeneri, periferije
IEEE-488	paralelni	15	18	8	elektronski instrumenti
RS-485	asihroni serijski	32 (256)	1200	10	prikupljanje podataka i kontrola elektronskih sistema
IrDA	asihroni serijski infracrveni	2	1.5	16	periferije hand-held PC
USB	asihroni serijski	127	5 (25)	1.5/12/480 (4,800)**	periferije
IEEE-1394 FireWire	serial	64	90	400/800/3,200 (6,400)***	video periferije
Ethernet	serial	1024	480	100,000	globalne mrežne komunikacije

\* Mb/s (Megabita u sekundi), Mbps (Megabits per second )

\*\* USB 3.0 specifikacija

\*\*\* FireWire 1394d Projekat