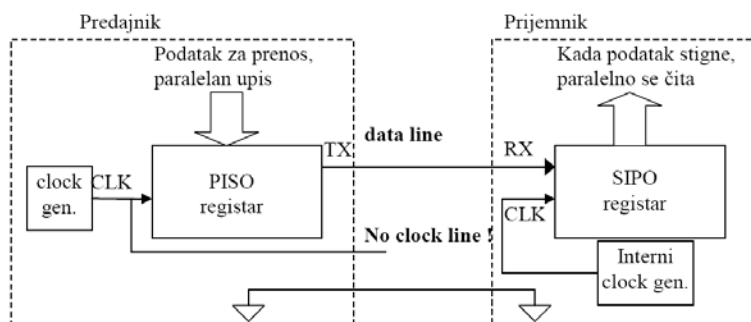


## 8. Asinhrona serijska komunikacija

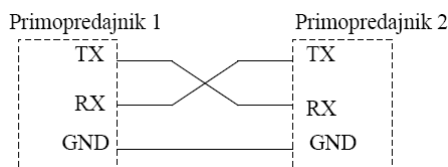
Usled ozbiljnih problema sa šumom na liniji, komplikacija pri razvođenju velike količine žica, kao i problema pri sinhronizaciji prijemnika i predajnika paralelni prenos podataka na velike udaljenosti praktično se ne koristi. Samim tim, došlo je do razvoja velikog broja komunikacionih protokola koji obezbenuju serijski prenos podataka, prenos kod koga se svi bitovi podaka prenose kroz istu žicu, ali u različitim vremenskim trenucima, jedan po jedan bit, u vidu vremenske sekvence. Serijski komunikacioni protokol predstavlja precizno definisane procedure i sekvence bita, karaktera i upravljačkih kodova korišćene za prenos podataka preko komunikacione linije. Zahtevno tržište komunikacija izmenu industrijskih uređaja, kao i veliki broj proizvođača su glavni uzrok velikog broja različitih industrijskih komunikacionih mreža koje se danas koriste.

U ovom delu će biti obrađeni osnovni **asinhroni serijski protokoli**. Protokol se smatra asinhronim ako predajnik ne prosleđuje *clock* signal prijemniku, već samo podatke koji se menjaju u vremenu. Na primer, predajnik preko svog **PISO** registra (*Parallel In Serial Out*) šalje podatke ka **SIPO** (*Serial In Parallel Out*) registru u okviru prijemnika.



Slika 1. Princip asinhronne serijske veze.

Kod asinhronne serijske veze postoje samo linije za podatke, ne postoji clock linija i samim tim mora postojati neki drugi vid sinhronizacije između prijemnika i predajnika. Potpuna asinhrona serijska veza dva uređaja (full duplex) koji mogu i da primaju i da šalju podatke zahteva tri linije, slika 2.



Slika 2. Full duplex asinhrona serijska veza.

Prvi standardni protokol za serijski prenos podataka (*serial interface*) je RS232. Električne, fizičke i funkcionalne karakteristike ovog interfejsa su standardizovane od strane Asocijacije elektro industrije EIA. RS232 protokol je osmišljen za relativno sporu konekciju jednog data terminala (PC) sa jednom relativno bliskom opremom za komunikaciju (modem). Ovo je bilo više nego dovoljno dok su svi PC bili povezani samo sa relativno bliskim modemom i ni sa jednom drugom opremom. Zatim se javila potreba za raznim drugim vidovima konekcije koje obuhvataju više primopredajnika na raznim udaljenostima. Time dolaze do izražaja i nedostaci RS232 protokola: malo rastojanje na kome se podaci mogu razmenjivati (do 15 m), relativno mala brzina prenosa (do 20 kb/s) i mogućnost povezivanja samo jednog predajnika i prijemnika. Zato je za prenos podataka na većim rastojanjima (do 1200m) i za veće brzine (do 10 Mb/s) ustanovljen EIA RS422. Ova poboljšanja su ostvarena zahvaljujući upotrebi po dve linije za prijem i predaju podataka t.j. primenom diferencijalnog prenosa. Diferencijalni prenos je omogućio i veću imunost na smetnje, budući da se eventualni šum reflektuje na oba kabla tako da ne utiče na razliku njihovih naponskih nivoa. Novost koju je RS422 uveo je i mogućnost komunikacije jednog predajnika i deset prijemnika.

Ipak, najznačajniji interfejs za industrijske primene u ovoj grupi je svakako RS485, čija je najvažnija razlika u odnosu na RS422 interfejs mogućnost komuniciranja 32 predajnika i 32 prijemnika (tzv. *Multi-drop*). Postavljanje više predajnika na istu liniju je ostvarena uvođenjem trostatičkih predajnika, t.j. uvođenjem novog stanja nazvanog stanje visoke impedance. Po RS485 standardu, aktivan predajnik preuzima liniju i postavlja je u zavisnosti od poruke u stanje 0 ili 1. Ostali, neaktivni predajnici se postavljaju u stanje visoke impedance i ne

smetaju pri pomenutom prenosu. RS485 protokoli uvode i razne načine provere aktivnosti na magistrali, čime se izbegava kolizija ukoliko je više predajnika poželetelo da pošalje podatke u isto vreme. Karakteristike RS485 po pitanju maksimalne daljine i brzina prenosa, te osetljivosti na smetnje su ostale iste u odnosu na RS422. Serijski protokoli u ovom poglavlju su osnova serijskih protokola višeg nivoa, ali oni sami i dalje ne odgovaraju u potpunosti radu u industrijskom okruženju. RS232 i RS485 se dalje mogu nadograditi uvođenjem galvanske izolacije, uvećanjem robusnosti u odnosu na šum, rešenjem povezivanja više komunikacionih čvorova paralelno na istu liniju, usaglašavanjem protokola za razmenu informacija, uvećanjem brzine prenosa i uvođenjem hardverskih automata za korekciju greške, etc.

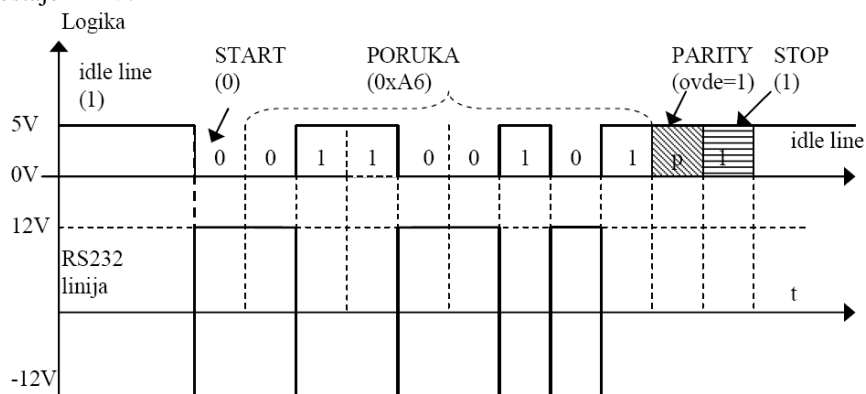
## 8.1 RS232 protokol

RS232 standard potpuno definiše jednu vrstu asinhronu serijske komunikacije. Standard prvo definiše tip, strukturu i moguće brzine prenosa serijske poruke bitova. Zatim, pošto je u pitanju asinhrona komunikacije i poruka može krenuti u bilo kom vremenskom trenutku, definisani su i načini detekcije starta i kraja poruke, kao i sinhronizovano čitanje poslate poruke od strane prijemnika. Standard takođe definiše fizički nivo prenosa poruke. Definisani su naponski nivoi na liniji u toku prenosa poruke kao i hardver potreban za predaju i prijem poruke po RS232 standardu, čemu moraju da se pridržavaju svi RS232 primopredajnici.

### RS232 bit niz (bit stream)

Po RS232 standardu informacija se šalje u vidu niza bitova na fizičkoj liniji veze. Ovi bitovi informacije su grupisana u vidu digitalnih reči. RS232 standard dozvoljava promenjivu dužinu reči, od 5 do 8 bita. Ovo je broj bita koji nose informaciju u jednoj RS232 poruci ili paketu. Veoma je bitno da se prijemnik i predajnik podeše tako da imaju jednak broj informacionih bita. U suprotnom dolazi do greške u prenosu poruke. Za potpun prenos standard definiše dodatne bitove za sinhronizaciju i detekciju greške. Prisustvom ovih dodatnih sinhronizacionih bitova u poruci gubi se na vremenu i smanjuje se propusni opseg. Pogrešno sinhronizovani prijemnik čita poruku u pogrešno vreme i dolazi do greške. Tada je potrebno ponovo uspostaviti sinhronizaciju i dolazi do dodatnog gubljenja vremena. Asinhroni prenos se i dalje najviše koristi jer je jeftiniji (nema clock liniju) i otporniji je na šum, ali za veoma brze prenose i dalje se koristi sinhrona komunikacija. Standard takođe definiše predefinisane frekvenciju prenosa, broj bita poslatih u sekundi, koja se naziva **baud rate**. Kada predajnik prepozna start bit, on računa trenutke u kojima će se pojaviti ostali biti poruke. Za taj račun koristi se unapred definisan baud rate, koji u prijemniku i predajniku mora biti isto podešen, inače dolazi do greške. RS232 standard dozvoljava samo dva fizička stanja na liniji za prenos. Prvi naponski nivo je od -12V do -3V na liniji koji predstavlja ON stanje ili broj 1 ili marker. Drugi naponski nivo je od +3V do +12V na liniji koji predstavlja OFF ili broj 0 ili prazno mesto. Stanje između -3V i +3V je nedefinisano stanje. Kada nema transfera poruke, linija je na -12V što predstavlja stanje logičke 1 ili binarni broj 1. Za razliku od neaktivnih -12V, prvi bit u poruci je START bit i uvek je naponskog nivoa +12V, time signalizira početka poruke.

Napomena: mikroprocesori koji šalju ili primaju signale rade sa 5V napajanjem i sposobni su da generišu naponske nivoe 0V (logička 0 ili broj 0) i 5V (logička 1 ili broj 1). RS232 prijemni i predajni driveri menjaju nivo i invertuju logiku ovih signala tako da logička 1 na RS232 liniji postaje -12V, dok logička 0 na RS232 liniji postaje +12V.



Slika 3. Logički i naponski nivoi tipičnog RS232 paketa bitova. Prikazani paket prenosi 8 bitova (jedan 8 bitni karakter, 0xA6), kao primer je uzet bit parnosti 1, korišćen je samo jedan STOP bit.

### Start bit

Služi da prijemnik detektuje start, koji može početi u bilo kom momentu. START bit ima logički nivo 0, koji se razlikuje od logičke 1 tokom neaktivne linije i njime uvek počinje RS232 poruka. Na RS232 liniji to je +12V koji se lako može razlikovati u odnosu na neaktivnih -12V.

### Data bitovi

Idu redom nakon START bita. Bit 1 dovodi do -12V, bit 0 do +12V na RS232 liniji. Bit najmanjeg značaja (LSB – the least significant bit) je uvek prvi za slanje.

### Parity bit

Bit parnosti služi za eventualnu detekciju greške i može se uključiti u RS232 poruku nakon zadnjeg MSB bita poruke, a pre STOP bita. Ovaj bit postavlja predajnik tako što unapred proveri broj jedinica u poruci. Primiteljne bitove prebrojava i prijemnik i vrši poređenje svog rezultata parnosti sa primiteljenim bitom parnosti. Bit parnosti se postavlja na 1 ako je broj jedinica u informacionog delu poruke (bez START i STOP) paran, i na 0 ako je broj jedinica neparan. Ovo važi ako je RS232 veza u *even parity* modu koji zahteva da ukupan broj jedinica u poruci (bez STOP) bude neparan. Za slučaj *odd parity* logika je obrnuta. Za pravilan rad veze neophodno je da i prijemnik i predajnik imaju podešen isti tip parnosti. Ovo nije savršen način za detekciju greške pošto prijemnik dobija isti bit parnosti u slučaju parnog broja grešaka na prijemu. Korišćenje bita parnosti je uobičajeno nedovoljna provera tačnosti prenosa, pogotovo u šumom zagaženoj sredini. Zato se često koriste razne CRC i LRC metode kojima se proverava tačnost celokupne RS232 poruke, koji se računaju i porede nakon što su svi RS232 paketi primitljeni. Drugi način je primena protokola visokog nivoa, koji u sebi ima ugrađene mehanizme za detekciju greške u poruci.

### Stop bits

STOP bit zatvara okvir poruke. U slučaju da je prijemnik pogrešio u sinhronizaciji STOP bit daje novu šansu za resinhronizaciju. Ako prijemnik detektuje logičku 0 na mestu STOP bita, (do ovog mesta je došao korišćenjem unapred definisane *baud rate*) on uočava grešku i prekida prijem poruke. Ovo se zove *framing error* ili greška okvira. Ovim se ispostavilo da bitovi informacije nisu unutar definisanog okvira, t.j. okruženi START i STOP bitovi, koji se moraju pojaviti u preko *baud rate* jasno definisanom vremenskom okviru. Resinhronizacija se radi tako što prijemnik opet prati okvir poruke, i očekuje START i STOP bit u jasno definisanom razmaku. Time je prijemnik sposoban i da prepozna *baud rate* pristigle poruke i da se nakon određenog vremena sinhronizuje na tu novu brzinu transfera. Procedure za *baud rate* sinhronizaciju dva primopredajnika uvek izbegavaju slanje svih 0 u informacionom delu paketa jer prijemnik može da ih pomeša sa STOP bitom.

Po RS232 standardu, STOP bit može trajati duže od jednog bita. Postavljanjem trajanja STOP bita na neku veću vrednost definiše se minimalno vreme u toku koga linija mora biti u neaktivnom „idle“ stanju. Ovaj deo standarda je podrška sporim uređajima. Dužina STOP bita može biti 1, 1.5 ili 2 bita.

### Half i Full duplex RS232 komunikacija

RS232 standard ima posebne linije za prijem i predaju tako da dva primopredajnika mogu istovremeno da šalju i primaju podatke. Nije važno ni ko je prvi ni kada počeo, dve linije su potpuno nezavisne. Ukoliko se to programski i ostvari onda dobijamo *full duplex* vezu. U ovoj varijanti veze oba primopredajnika su jednakog značaja. Neki primopredajnici i/ili linijski driveri ne mogu istovremeno da primaju i šalju podatke. U tom slučaju se projektuje *half duplex* veza. Ovo znači da je komunikacija dvosmerna ali nije potpuna dvosmerna jer se odgovor šalje tek nakon prijema pitanja. U ovim sistemima uglavnom postoji jedan gazda na liniji (*master*) koji započinje komunikaciju i čeka odgovor od svoga podređenog (*slave*).

### RS232 fizički nivo

Prvobitna verzija RS232 standarda dozvoljava brzine prenosa do 20kb/s i uvodi limite naponskih signala koji su odgovarali opremi u to vreme. Sada su te granice malo pomerene i nove verzije standarda dozvoljavaju veće brzine prenosa i veće promene naponskih nivoa.

### RS232 Naponi

Logička jedinica je definisana sa negativnim naponom -12V, dok je logička nula definisana sa pozitivnim naponom +12V. Limiti su prikazani u tabeli na slici 4.

Logički nivo	Limiti za predajnik (V)	Prijemnikova mogućnosti (V)
Space state (0)	+5 ... +15	+3 ... +25
Mark state (1)	-5 ... -15	-3 ... -25
Undefined	-	-3 ... +3

Slika 4. Naponski limiti za RS232.

Na osnovu tabele vidi se da pojedini uređaji mogu dati i -9V, ili -5V za stanje logičke 1, bitno je da je napon u okvirima definisanim standardom. Naravno, na mali nivo napona lako utiče šum tako da su  $\pm 12V$  i dalje optimalni naponski nivoi koji sa jedne strane daju robusnu komunikaciju otpornu na šum, dok sa druge strane nisu blizu maksimalnim vrednostima na prijemnoj strani.

### Maksimalna dužina kabla

RS232 standard ima jasan odgovor na ovo pitanje, dužina kabla je ne veća od 15.24 metara (50 feet) ili kapacitivnost kabla ne sme biti veća od 2500 pF. Manja kapacitivnost kabla dozvoljava i duže daljine. Ovo važi za baud rate od 20kb/s, dozvoljena dužina kabla se značajno uvećava kada se smanji brzina prenosa, kao što je prikazano na slici 5.

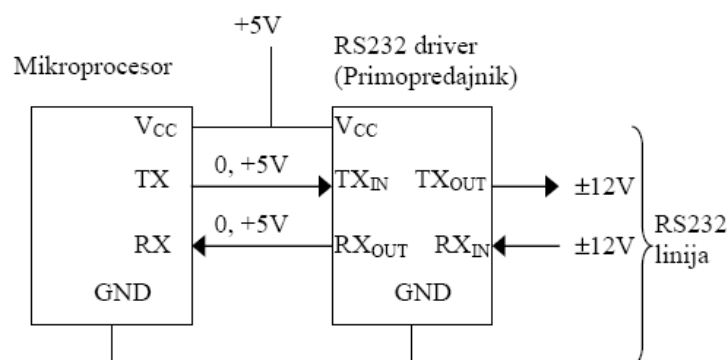
Baud rate	Max dužina kabla (metri)
19200	15
9600	152
4800	304
2400	914

Slika 5. Dužina kabla za RS232.

### Šema povezivanja RS232 prijemnika i predajnika

RS232 driver (primopredajnik) vrši prilagođenje signala od/ka mikroprocesoru.

- Predajni deo drivera (TX<sub>OUT</sub> izlaz ka liniji i TX<sub>IN</sub> ulaz od mikroprocesora) konvertuje napon od 5V dobijen od strane mikroprocesora u -12V, dok napon 0V konvertuje u +12V.
- Prijemni deo drivera (RX<sub>IN</sub> ulaz sa linije i TX<sub>OUY</sub> izlaz ka mikroprocesoru) konvertuje napon od -12V na liniji u 5V i šalje mikroprocesoru, dok napon +12V konvertuje u 0V.
- Standardni RS232 driver galvanski ne izoluje masu sa linije i masu mikroprocesora<sup>1</sup>.

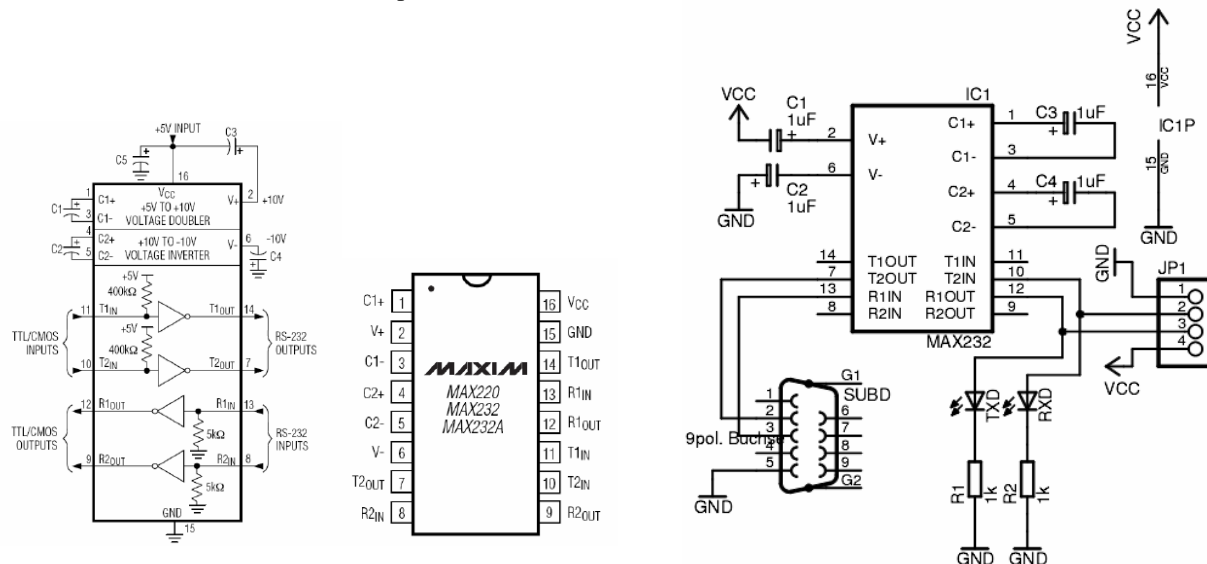


Slika 6. Šematski prikaz RS232 primopredajnika.

<sup>1</sup> Povezane mase dva RS232 primopredajnika izazivaju velike glavobolje u istraživačkim laboratorijama. Problem je u masi sonde osciloskopa koja je spojena u samom osciloskopu kako sa kućištem tako i sa uzemljenjem. Ukoliko se ta ista masa postavi na fazu mreže tokom na primer merenja napona dolazi do kratkog spoja. Ovo se rešava galvanskim odvojanjem osciloskopa od mreže, ili barem korišćenjem utičnice koja nema uzemljenje. Sve je to lepo dok se ne počnu isčitavati rezultati u PC računaru preko serijske veze. Korisnik ni ne zna da je preko serijskog kabla ponovo spojio i masu, i kućište i masu sonde osciloskopa sa uzemljenjem PC računara i rezultat toga je opet par hiljada dolara vredan bum.

Od RS232 kola zahteva se još:

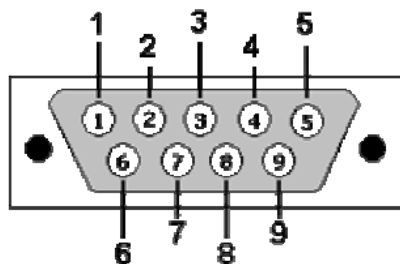
- Spoljno bipolarno napajanje od  $\pm 12V$  bi imalo izuzetan uticaj na cenu i nije dopustivo. RS232 driver mora biti sposoban da napajan samo sa 5V načini napone  $+12V$ . Ovo rešava interni *voltage doubler* i spoljni bostrep kondenzatori.
- RS232 mora dati dovoljno struje da bi propustio signal kroz liniju.
- RS232 mora dati naponske signale definisane standardom i mora biti sposoban da primi signale sa linije u prilično širokom naponskom opsegu  $\pm 25V$ . Jedan tipičan RS232 driver je dvostruki receiver/transmitter MAXIM 232, prikazan na slici 7.



Slika 7. a) MAXIM 232 funkcionalni blok dijagram i pinout. b) Primena MAX232 kola u povezivanju RS232 linije (preko standardnog 9-pinskog konektora) sa mikroprocesorom (preko JP1). Napajanje MAX232 se vrši preko 5V dobijenih od mikroprocesora.

## RS232 konektori za PC

RS232 konektor za PC računare je originalno načinjen sa 25 pinova (DB25). Razlog za to je bio mogućnost povezivanja dva serijska kanala na isti konektor. U praksi se pokazalo da se uobičajeno povezuje samo jedan serijski kanal tako da je 9-pinski konektor za serijski vezu postao standard i DB25 se neće razmatrati. DB9 je prikazan na slici 8. Prijemni pin (RX) se nalazi na pinu 2 DB9 konektora, predajni pin (TX) se nalazi na pinu 3 DB9 konektora, a signalna masa se nalazi na pinu broj 5 DB9 konektora. Uzemljenje je povezano na kućište konektora i spoljni omotač. Ovi pinovi su dovoljni za prostu asinhronu komunikaciju dva uređaja koja se oslanjaju samo na programsku sinhronizaciju. Ostali pinovi DB9 služe za hardverski handshake (rukovanje-sinhronizaciju) za rad sa modemom.



1	Data carrier detect (CD)
2	Receive data (Rx)
3	Transmit data (Tx)
4	Data terminal ready (DTR)
5	Signal ground
6	Data set ready (DSR)
7	Request to send (RTS)
8	Clear to send (CTS)
9	Ring indicator (RI)

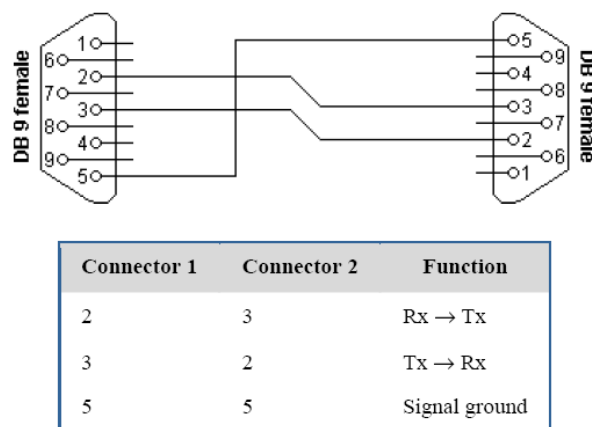
Slika 8. Izgled DB9 serijskog konektora za PC računar, Detaljni nazivi svih pinova.

## Povezivanje dva PC računara preko serijske veze

Najlakše je povezati dva PC računara preko serijskog kabla. Najprostija konekcija je prosto ukrštanje prijema i predaje. Ovo bi bilo dovoljno po RS232 standardu, koji je asinhrona komunikacija i ostvaruje hadshake (rukovanje) između predaje i prijema preko START i STOP bita. Ali, PC proizvođači su stvar zakomplikovali dodatnim *hardware handshake*-om koji pojedini programi koriste i ne rade dok se on ne ostvari. Dakle, u zavisnosti od korišćenog programa dodatna povezivanja koja ostvaruje hardverski handshake mogu biti neophodna. Postoje razne vrste rukovanja, ali uglavnom se koriste dve verzije: 1) povratni hardverski handshake za svaki PC , 2) kompletni hardverski handshake između dva sistema.

## Povezivanje dva serijska porta bez hardverskog *handshake-a*

Najprostija serijska veza se ostvaruje konektorom u kome su povezane samo tri linije dva serijska konektora. Povezane su signalne mase (5-5) i ukršteni prijem i predaja (2-3) i (3-2). Sinhronizacija između predajnika i prijemnika vrši se preko START i STOP bita, kako je i predviđeno asinhronim serijskim RS232 protokolom.

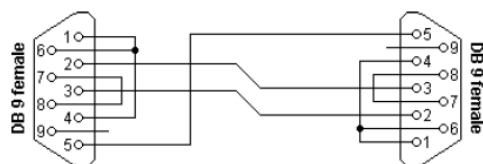


Slika 9. Serijska veza dva PC računara bez dodatnog hardverskog *handshake-a*.

Da bi veza uspeła, drugi računar mora biti spreman jer podatak će uvek biti poslan bez obzira na stanje prijemnika. Ako je prijemnik spreman, koristiće START bit da prepozna dolazak podatka i veza će se uspešno ostvariti.

## Povezivanje dva serijska porta sa loop back hardverskim hadshake-om

Ovom vezom se i dalje koristi asinhroni tip sinhronizacije preko START i STOP bita. Hardverski handshake se i dalje ne koristi, on je samo zavarani lokalnim vezama na portovima. Povratni handshake (*loop back*) se uglavnom realizuje da bi se zavarali PC driveri serijskog porta koji očekuju hardverski handshake pre nego što nastave prenos. Čim driver serijskog porta dobije podatak za slanje on postavlja i zahtev za slanje (**Request to Send-RTS**) koje se usled lokalne povezanosti vraća nazad i odmah tumači kao (**Clear to Send-CTS**). Ovaj signal driver tumači kao dozvolu za slanje od strane modema. Takođe, čim postavi signal da je spreman za slanje (**Data Terminal Ready**) usled lokalne sprege dobija lažnu potvrdu od modema da je sve u redu (**Data Carrier Detect i Data Set Ready**). Zatim pristupa slanju podatka koji odlazi na port Tx, povezan sa Rx drugog računara. Da bi i ova veza uspeła, drugi računar opet mora biti spreman jer lokalna veza je premostila svaki handshake i podatak će uvek biti poslan bez obzira na stanje prijemnika. Ako je prijemnik spreman, koristiće START bit da prepozna dolazak podatka i veza će se uspešno ostvariti.

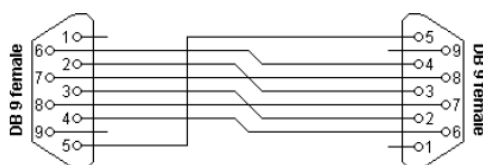


Connector 1	Connector 2	Function
2	3	Rx ← Tx
3	2	Tx → Rx
5	5	Signal ground
1 + 4 + 6	-	DTR → CD + DSR
-	1 + 4 + 6	DTR → CD + DSR
7 + 8	-	RTS → CTS
-	7 + 8	RTS → CTS

Slika 10. Serijska veza dva PC računara od kojih svaki ima svoj lokalni look back hardverski handshake.

### Povezivanje dva serijska porta sa punim hardverskim *handshake-om*

Ovom vezom koriste se dva stepena sinhronizacije prijemnika i predajnika. Na primer, ukoliko predajnik nije spreman neće aktivirati CTR i podatak neće biti poslat. Ukoliko je sve u redu, prijemnik će očekivati podatak i na njega će se sinhronizacije preko START i STOP bita. Na slici 11 može se videti veza dva PC računara sa potpunim hardverskim *handshake-om*.



Connector 1	Connector 2	Function
2	3	Rx ← Tx
3	2	Tx → Rx
4	6	DTR → DSR
5	5	Signal ground
6	4	DSR ← DTR
7	8	RTS → CT
8	7	CTS ← RTS

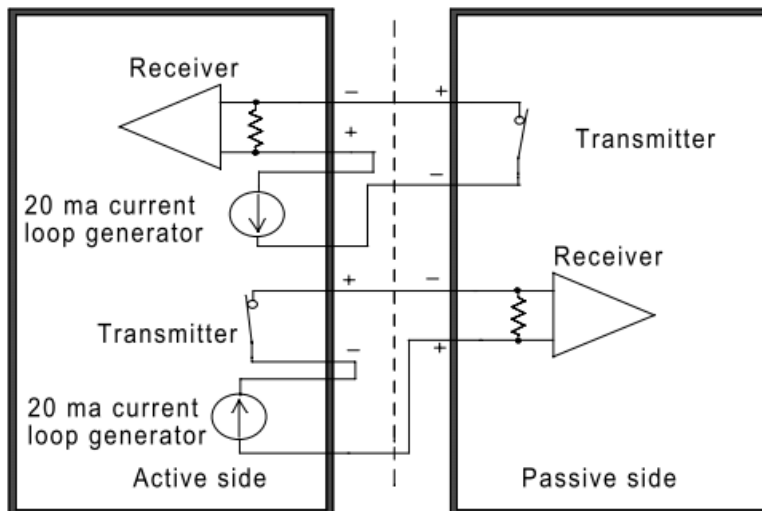
Slika 11. Serijska veza dva PC računara sa potpunim hardverskim *handshake-om*.

## 8.2 Primena strujne petlje

Primena strujne petlje je počela već početkom 60tih godina u vojnim teleprinterima. Tada se koristila strujna petlja od 60 mA za komunikaciju na velike daljine. Kasnije počinje da se primenjuju interfejsi sa 20mA-skom strujnom petljom. Ona je postala popularna zato što je omogućavala jeftin prenos na velike daljine sa malim šumom. Ova strujna petlja je pogodna za razdaljine do 2000 stopa sa brzinom prenosa od 19.2kbauda sa pažljivim dizajnom interfejsa. Može se koristiti i na većim razdaljinama sa brzinom prenosa od 300 bauda. Popularnost strujne petlje opada pojavljivanjem RS485 i RS422 početkom 80tih godina.

### Full-dupleks 20mA kolo

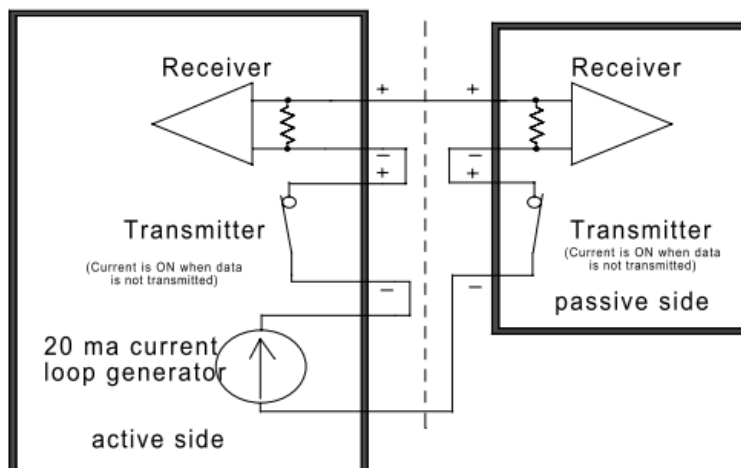
Na slici 12 prikazano je full-duplex kolo koje koristi 20mA strujnu petlju. Ovim kolom omogućena je dvosmerna komunikacija. Da bi ovo funkcionisalo potrebno je imati dva strujna generatora. Jedan strujni izvor se nalazi u jednom strujnom interfejsu a drugi u drugom. Na primer originalni IBM PC serijski adapter je imao ovakvu strujnu petlju koja koristi samo jedan generator.



Slika 12. Full-duplex interfejs sa 20mA-skom strujnom petljom.

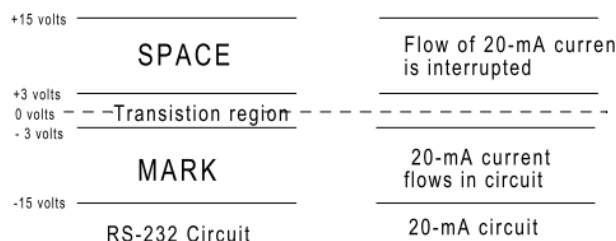
### Simpleks 20mA kolo

Na slici 13 prikazano 20mA kolo u simpleks varijanti. Osnovni elementi ovog kola su strujni izvor, strujni prekidač i strujni detektor. Predajnik predstavlja strujni prekidač, a prijemnik predstavlja strujni detektor. Interfejs u kojem se nalazi strujni izvor se naziva *aktivna* jedinica, a svi ostali se nazivaju *pasivnim* jedinicama.



Slika 13. Simpleks interfejs sa 20mA-skom strujnom petljom.

Na slici 13 prikazan je dijagram nivoa RS232 interfejsa i kako se odnose na prisustvo, odnosno odsustvo struje u strujnoj petlji. Ukoliko nema prenosa podataka, u strujnoj petlji teče struja. U simpleks varijanti prijemnici i predajnici povezani su serijskom vezom i dok god jedan predajnik šalje podatke, svi prijemnici primaju te podatke.



Slika 14. Poređenje nivoa signala u RS232 kolu i u kolu strujne petlje.

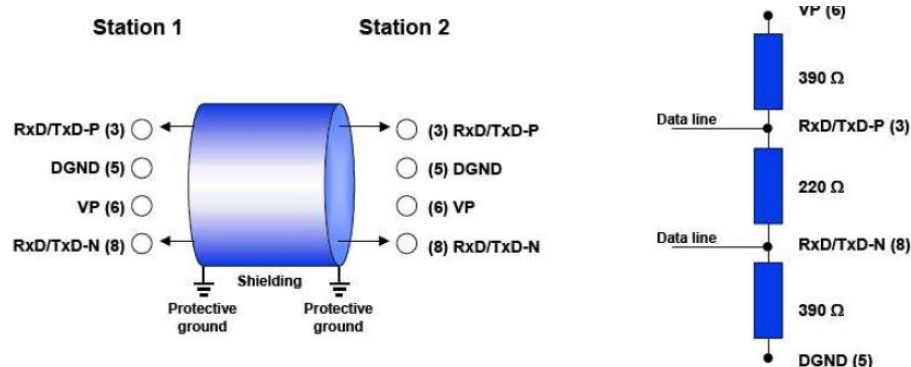


## 8.3 RS485 protokol

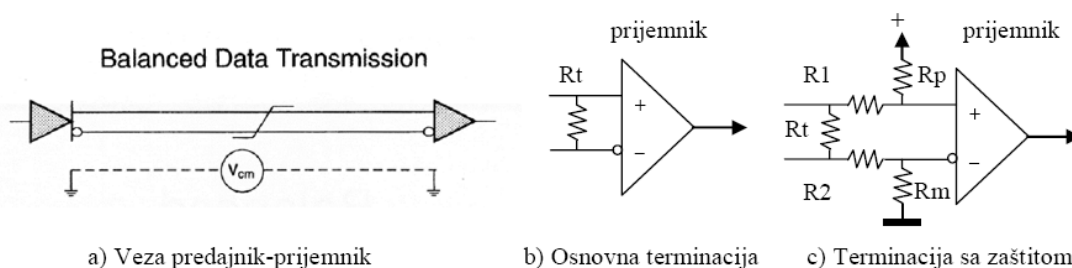
RS232 i RS485 su najrasprostranjeniji serijski metodi. RS232 je jedan od najboljih protokola a koristi se i danas jer je primenjen na skoro svim kompjuterima i uređajima. Ali, u nekim situacija RS232 nije odgovarajući. RS232 je osmišljen za konekciju jednog data terminala (PC) sa jednom opremom za komunikaciju (modem) uz maksimalnu moguću brzinu prenosa od 20 kb/s i maksimalnom dužinom kabla 15 metara. RS232 nije odgovarajući protokol ako povezujemo dva udaljena PC računara bez modema, vezujemo više PC na mrežu, komuniciramo sa senzorima i opremom koji su veoma udaljeni ili želimo da razmenimo više podataka (ostvarimo veću brzina prenosa). RS485 standard je definisan od strane EIA da bi se dobio odgovor na sve ove nove kombinacije povezivanja. Time RS485 postaje najšire korišćen serijski protokol u sistemima za akviziciju i prenos podataka, za kontrolne aplikacije koje rade u realnom vremenu i za opštu komunikaciju između više udaljenih čvorova.

### Prenos podataka primenom RS – 485 protokola

RS 485 je polu-dupleks, asihrona veza. Podaci mogu da se prenose u oba smera, ali ne u isto vreme. RS485 prenos podataka vrši se preko dve oklopljene upletene parice (Rx/D/TxD-P i Rx/D/TxD-N), prikazani na slici 15a. Moguće su brzine prenosa od 9.6 kbit/s do 2 Mbit/s. Dozvoljena dužina kabla između dva repetitora je od 100 do 1200 m, zavisno od korišćene brzine prenosa. Svi uređaji su spojeni u zajedničku sabirnu strukturu, a po segmentu je dozvoljeno paralelno povezati maksimalno do 32 uređaja. Na početku i kraju linije mora postojati terminator linije (slika 15b). Oba terminatora imaju sopstveno napajanje koje osigurava prenos bez greške. Podaci se prenose kao niz bita kao na slici 3, s tim da RS485 koriste različite fizičke nivoe (slika 17).

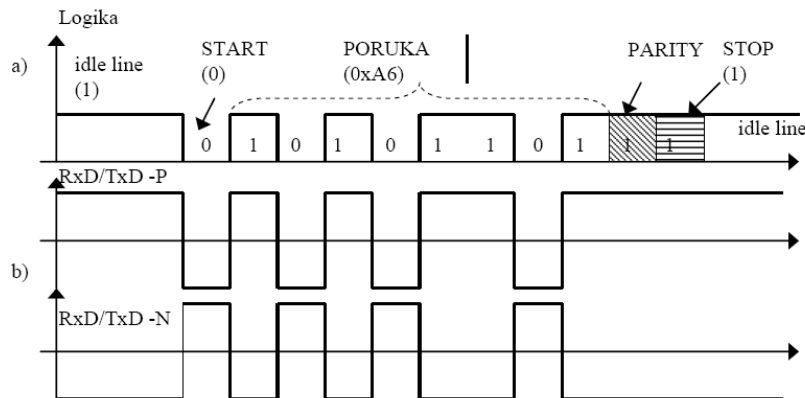


Slika 15. a) Povezivanje uređaja na RS 485 liniju b) RS 485 terminator linije



Slika 16. a) veza predajnika i prijemnika ukrštenom paricom, b) osnovna terminacija, c) terminacija sa zaštitom.

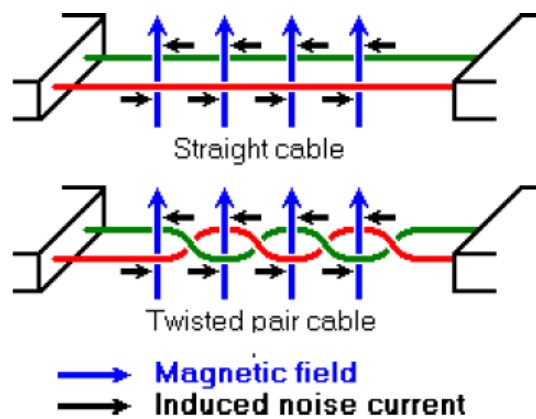
Za dobar prenos obavezna je pravilna terminacija voda na prijemnoj strani. Otpornost terminatora zavisi od karakteristične impedanse voda, a tipična vrednost terminacionog otpornika iznosi oko 100 Oma. Terminacioni otpornik se postavlja što bliže priključcima prijemnika, između obe fizičke linije. Na slici 16 prikazana je i varijanta sa zaštitom od kratkog spoja i otvorene veze. U oba ova slučaja, na prijemniku je jasno definisan ulazni napon veći od napona ulaznog histerezisa, za razliku od varijante pod b), kada ulazni napon nije definisan i podložan je uticaju smetnji.



Slika 17. RS485 prenos  
 a) Primer logičke sekvence b) Odgovarajući naponski nivoi RxD/TxD -P i RxD/TxD -N linije

### Veća udaljenost i brzina prenosa RS485 prenosa

Jedan od najvećih prednosti RS485 protokola u odnosu na RS232 je otpornost na smetnje na prenosnim linijama. RS232 prijemnik poredi signal postavljen na liniju za podatke od strane predajnika sa zajedničkom signalnom masom. Nejednaki naponski nivo signalne mase na dve strane kabla, ili šum pokupljen na liniji, lako dovode do greške u prijemu. Zato je i trigger nivo podešen relativno nisko  $\pm 3V$ . RS485 ne poznaje signalnu masu kao referencu. Razlika od nekoliko volti između signalnih masa na prijemu i predaji ne predstavlja problem za RS485. RS485 signali plivaju relativno u odnosu na Sig+ i Sig- liniju. RS485 prijemnik poredi razliku napona između ove dve linije i donosi odluku. Ovim je isključen uticaj petlji u signalnoj masi, koje su najznačajni izvor greške u komunikaciji. Najbolji rezultati se ujedno postižu ako se linije Sig+ i Sig- međusobno upredu, kao što je prikazano na slici 18. Ovim se uticaj spoljnih magnetnih polja i indukovane smetnje dovode na minimalni nivo.



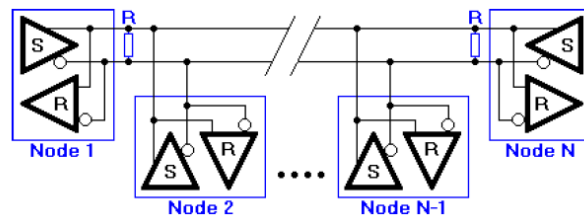
Slika 18. Ilustracija uvećane otpornosti na šum prepletanjem Sig+ i Sig- linija.

Ukoliko su linije postavljene paralelno, indukovana struja usled stranog magnetnog polja teče uvek u istom smeru i formira se petlja u kojoj se efekat akumulira. Kada su linije isprepletene u kablu, smer struje šuma se menja u zavisnosti od dela kabla čime se efekat poništava i rezultujući nivo šuma smanjuje za red veličine. Oklopljavanje kabla je pokušaj da se spoljno magnetno polje zadrži izvan kabla, prepletanje žica daje dodatni imunitet i mnogo je bolji način za borbu protiv šuma. Najbolja je kombinacija ove dve metode primenjena u STP (shielded twisted pair) i FTP (foiled twisted pair) mrežnim kablovima. Sa svim ovim dodacima i primenom diferencijalnih signala, RS485 komunikacija se uspešno ostvaruje i na 1200 metara udaljenosti. Primena diferencijalnih signala takođe omogućuje mnogo veće brzine prenosa koje u slučaju RS485 dostižu i do 35 Mb/s (udaljenost 12m).

### Mrežna topologija RS485 veze

Mrežna topologija je jedan od najvažnijih razloga za uspeh RS485 i njegovu široku primenu u merno-akvizicionim i kontrolnim aplikacijama. RS485 mrežnom topologijom dozvoljava povezivanje više

primopredajnika na istu mrežu. Slika 19 prikazuje N primopredajnika povezanih u *multipoint RS485 mrežu*. Da bi se postigle velike brzine terminalni otpornici su neophodni na obe strane mreže da bi se eliminisala refleksija signala.



Slika 19. Mrežna topologija RS485 veze

*Napomena:* Postaviti  $R=120$  ohma, otpornike na oba kraja mreže. RS485 mreža mora uvek da se projektuje kao mreža sa više povezanih tačaka (**multiple drops**) ka jednoj liniji i sa dva otpornika na oba kraja linije. Topologija zvezda, u kojoj se refleksija signala ne može suzbiti umanjuje kvalitet veze i stoga se ne preporučuje.

Ako se koriste prijemnici sa ulaznom otpornošću od 12k oma moguće je povezati do 32 primopredajnika na istu mrežu. Postoje i RS485 primopredajnici veće ulazne impedanse kojom se ovaj broj uvećava do 256. Postoje i RS485 pojačavači (*repeaters*) koji spajaju dve mreže i omogućuju ukupan broj povezanih primopredajnika i do 1000 i to na udaljenosti i nekoliko kilometara. Mrežna topologija predviđa samo jednu liniju za prenos. Time je jasno da RS485 može biti samo *half duplex* veza kojom se ne može obezbediti istovremeni prijem i predaja. Samo jedan podatak može biti prisutan na liniji. Ono što je dobro je da nije bitno ni ko šalje taj podatak, ni ko ga prima, sve kombinacije su dozvoljene. Ono što jeste bitno, software višeg nivoa koji koristi RS485 protokol kao bazični nivo (*low level protocol*) za komunikaciju mora da obezbedi dodatne funkcije kao što je provera aktivnosti linije pre slanja (izbegavanje kolizije), adresu prijemnika unutar poslanog paketa kojem se šalje podatak, mogućnost *broadcast* poruke, itd. Po definiciji, svi RS485 predajnici su u stanju visoke impedanse i na liniji nema signala. U većini protokola višeg nivoa (*high level protocols*), jedan od primopredajnika se definiše kao gazda linije (*master*) koji počinje komunikaciju slanje poruka tipa pitanja (*query*) i komande (*command*) preko RS485 mreže. Svi primopredajnici primaju ovu poruku i u zavisnosti od informaciju unutar te poruke i adrese prijemnika jedan od čvorova odgovara masteru. Primenom komunikacije preko mastera se maksimalno iskorišćava propusni opseg linije i izbegava kolizija. Ipak, mogućnosti komunikacije su donekle ograničene jer svaka poruka mora biti inicirana od strane master-a. Postoje i protokoli višeg nivoa bez *master* primopredajnika (čvora) u kome svaki čvor može da počne komunikaciju. To je uglavnom urađeno u ethernet mrežama. Iako su ovim kombinacije za razmenu informacija umnogome uvećane, sada se javlja i mogućnost kolizije (dva predajnika počnu da šalju u isto vreme) koja se mora detektovati, jedan mora da odustane a drugi mora poruku ponoviti. Teorija kaže da se sada koristi samo 37% posto propusnog opsega.

RS485 low level linijski driveri (primopredajnici) se automatski prebacuju u stanje visoke impedanse kada je poruka koju su slali poslata (u toku nekoliko mikro sekundi).

### Primena RS485 komunikacije

RS485 je najviše korišćen protokol u raznim merno-akvizicionim i kontrolnim aplikacijama. Treba razumeti da je RS485 samo *low level* deo protokola čiji primopredajnici i mreža obezbeđuje fizički nivo za prenos poruke i postavljanje niza bitova na liniju. Ovo je samo donji nivo, koji se dalje nadograđuje *high level* protokolima kao što su *Modbus*, *PPI*, *MPI* i *Profibus*.

### Kako uređaji komuniciraju na RS485 liniji

Da bi uređaji uspešno komunicirali na RS485 linije neophodan je dodatni deo protokola za prenos, uobičajeno nazvan *high level* protokol.

1. Po definiciji svih protokola baziranih na RS485 vezi svi primopredajnici počinju rad u stanju visoke impedanse. Time je linija slobodna za početak prenosa.
2. Nadalje, većina *high level* protokola definiše samo jedan primopredajnik kao *master* i samo on može da započne prenos slanjem upitnika (*query*) ili neke komande.

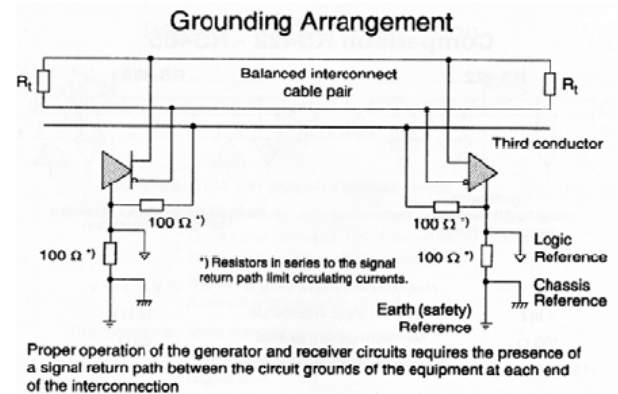
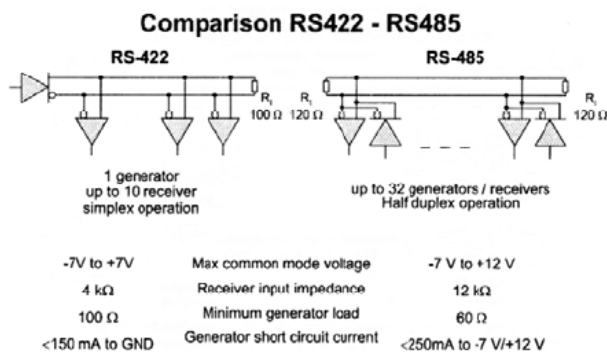
3. Svi ostali primopredajnici (*slave*) slušaju poruku na liniji. U zavisnosti od poruke i adrese u njoj, javlja se samo prozvani slave i odgovara masteru.

4. Moguća je i broadcast poruka, koja važi za sve (na primer master reset svih uređaja) ali na nju se ne odgovara.

Postoje tipovi high level protokola koji se zasnivaju na RS485 protokolu i koji dozvoljavaju više master-a na jednoj liniji veze. To je slično Ethernet vezi, ali tada high level protokol mora da prepozna koliziju na liniji, po potrebi odmah ponovi slanje ili ponovi slanje posle nekog vremena. Ovakav tip protokola usled brojnih kolizija u praksi koristi samo 37% propusnog opsega veze.

## 8.4 RS422 protokol

Komunikacija tipa RS422 je namenjena za komunikaciju između dve tačke, odnosno između jednog predajnika i jednog prijemnika, ali je moguće postojanje i više od jednog prijemnika. Za komunikaciju u oba smera mora se koristiti dve parice, po jedna za svaki smer. Za razliku od RS422, komunikacija tipa RS485 koristi jednu paricu za dvosmernu poluduplexnu komunikaciju. Pošto ovde jednu paricu koristi više predajnika, definiše se Master (glavni) predajnik, koji inicira komunikaciju prozivanjem pojedinih prijemnika pomoću različitih adresa, nakon čega prozvani uređaj preuzima komunikaciju i šalje potrebne informacije nazad do glavnog uređaja. Kako uvek postoji mogućnost da se u nekom trenutku više predajnika priključe na liniju, definiše se pojam kolizije na liniji, kao i metode za utvrđivanje i otklanjanje ove pojave. Osnovne razlike između RS422 i RS485 prikazane su na slici 16.



Slika 20. Razlike između RS422 i RS485 i način povezivanja linije i mase

### Uporedne karakteristike RS232, RS422 i RS485

	RS232	RS422	RS485
Differential	no	Yes	yes
Max number of drivers	1	1	32
Max number of receivers	1	10	32
Modes of operation	half duplex full duplex	half duplex	half duplex
Network topology	point-to-point	multidrop	multipoint
Max distance	15 m	1200 m	1200 m
Max speed at 12 m	20 kbs	10 Mbs	35 Mbs
Max speed at 1200 m	(1 kbs)	100 kbs	100 kbs
Receiver input resistance	3.7 kΩ	4 kΩ	12 kΩ
Driver load impedance	3.7 kΩ	100 Ω	54 Ω
Receiver input sensitivity	±3 V	±200 mV	±200 mV
Receiver input range	±15 V	±10 V	-7..12 V
Max driver output voltage	±25 V	±6 V	-7..12 V
Min driver output voltage (load)	±5 V	±2.0 V	±1.5 V

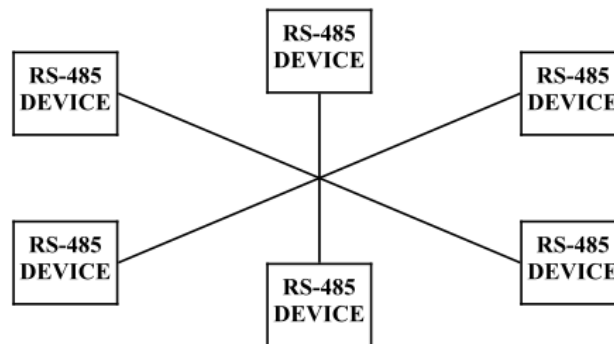
Slika 21. Uporedne karakteristike RS232, RS422 i RS485.

Jasno je da su na diferencijalnom prenosu bazirani RS422 i RS485 superiorniji u odnosu na RS232 po pitanju brzine prenosa i dužine linije. Takođe se može uočiti da je brzina porasta signala na izlazu predajnika (slew rate) limitirana za RS232 da bi se izbegla refleksija signala na kablju. U slučaju RS422 i RS485 slew rate nije limitiran, a da bi se izbegla refleksija neophodan je terminacioni otpornik. Iako su maksimalne vrednosti napona slične, trigger signal nivo je mnogo manji za RS422 i RS485 (200mV). Time je moguće ostaviti brže promene nivoa signala i samim tim brže prenose. Ovako nizak trigger nivo je moguć zbog diferencijalnog transfera i eliminisanog problema petlje mase. Sa druge strane, jedini protokol koji i dalje podržava potpuni dupleks je RS232. U slučaju RS422 posedujemo više prijemnika, a u slučaju RS485 i više mogućih predajnika, i svi dele istu liniju. Time je jasno da potpun dupleks nije moguć jer bi doveo do kolizije na liniji. U slučaju RS232 postoje odvojene linije za prijem i predaju i sa dobro napisanim protokolom nema potrebe za zahtev za prenos i čekanje na odobrenje zahteva, sve u cilju provere aktivnosti linije i izbegavanja kolizije. Kod svih RS485 baziranih potokola ovo se mora predvideti i time se ipak malo gubi na vremenu i propusnom opsegu.

## **8.5 Multipoint povezivanje u zvezdu i krug (ring)**

### **Multipoint povezivanje u zvezdu**

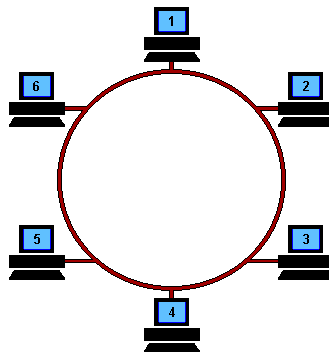
Multipoint povezivanje u zvezdu je verovatno najgori način povezivanja koji se može naći. Ne može se reći da ova konfiguracija neće raditi, ali potrebno je mnogo truda da bi se naterala da radi. Povezivanje u zvezdu je mreža gde su više uređaja povezana u jednu tačku. Zbog toga bi moralo da svaki od uređaja ima terminaciju. Akumulirano terminaciono opterećenje će veoma brzo dovesti mrežu u neželjeno stanje i stoga se ne može očekivati pouzdani prenos podataka. Povezivanje mreže u zvezdu je moguće samo ako postoji nekoliko čvorova ili ukoliko je dužina kablova mreže dovoljno mala da terminacija nije potrebna.



*Slika 21. Multipoint povezivanje u zvezdu.*

### **Multipoint povezivanje u krug (token ring).**

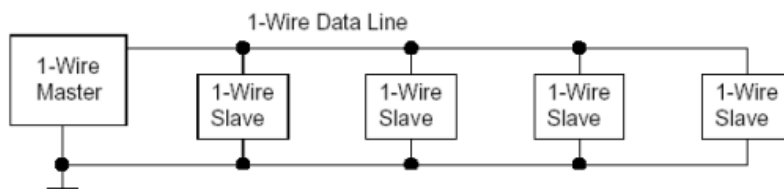
Kod ovakvog povezivanja moguće je ostvariti komunicaciju bez mastera tako što će svaki uređaj slati podatak sledećem dok god ne primi uređaj na koji se podatak odnosi. Pošto ne mogu svi da šalju podatak u isto vreme, pravo slanja ima samo onaj uređaj koji ima „novčić“. Inače svaki uređaj u mreži ima svoju adresu. Na početku je potrebno inicijalizovati sistem. Posle nekog vremena određuje se jedan uređaj kojem se dodeljuje „novčić“. Svaki od uređaja ima svoju jedinstvenu adresu. Prilikom inicijalizacije sistema jedan uređaj se zaduži da ima „novčić“. Onaj uređaj koji ima novčić može da prosledi podatak. On šalje podatak svom sledbeniku. Ukoliko nema šta da pošalje on mu predaje „novčić“. Slika 21 prikazuje izgled token ring topologije.



*Slika 21. Izgled token ring topologije.*

## 8.6 Dallas 1-Wire serijska komunikacija

1-Wire serijska komunikacija je originalno poznata kao MicroLAN™, definisana od strane kompanije Dallas Semiconductor je komunikacioni sistem između električnih uređaja. On sadrži tri osnovna elementa: 1-Wire interfejs nazvan bus master, slave uređaji i električna veza između master i slave uređaja.



Slika 22. Izgled 1-Wire mreže sa jednim bus masterom i četiri slejva.

1-Wire komunikacija je slična starom telefonskom sistemu. U takvom sistemu jedna osoba poziva drugu. Osoba koja zove, tj. osoba koja inicira poziv je u stvari 1-Wire bus master. Signal mora prvo da se rutira kroz prekidače u centrali odakle se rutira do određene linije. Ovo se može uraditi korišćenjem MicroLan habova u slučaju 1-Wire sistema. Svi članovi linije primaju signal dolaznog poziva. Broj poziva, ili adresa, kaže koja osoba, tj. slave uređaj, treba da se javi. Kao i u telefonskoj konverzaciji, jedna osoba priča dok druga sluša, bus master govori slejvu šta želi od njega. Zahteva informaciju ili mu govori šta da radi.

1-Wire sistem komunicira digitalno preko kabla koji je obično upredena parica. Mreža je definisana kao open drain, ožičeno i kolo, master-slejev multi drop arhitektura koja koristi pull-up otpornike na nominalnih 5V koji su ujedno napajanje mastera. Master uređaj inicira i kontroliše sve aktivnosti na mrežnom bus-u. Bus master se ponaša kao protokol i tajming interfejs između PC-ja ili mikrokontrolera i 1-Wire mreže. Ovo su uređaji koji mogu da šalju i primaju podatke na jednoj data liniji. Podaci se mogu slati samo kao polu duplex. Prenos podataka je bit po bit, gde se najmanje značajni bit prenosi prvi. Sinhronizacija se obavlja pomoću 1-Wire protokola. Ovo omogućava kontrolu magistrale i samo master može da inicira komunikaciju.

1-Wire logički nivoi su grubo kompatibilni sa konvencionalnim CMOS/TTL logičkim nivoima, sa približno 0,8V za logičku „0“ i minimum 2,2V za logičku „1“. Oblast između ova dva napona je nedefinisana.

U stanju mirovanja magistrala se nalazi na logičkoj jedinici. To znači da je prisutan pull-up otpornik. Zbog toga svi uređaji moraju biti u stanju da spuste magistralu na nulu i to je moguće samo ako kola poseduju open drain ili open collector interfejs. Signali u 1-wire komunikaciji su podeljeni u vremenske slotove (time slots) od po 60 $\mu$ s. Jedan bit podatka se prenosi u jednom vremenskom slotu. Slejv uređaji mogu imati vremensku bazu, po kojoj određuju prijem podataka, koja se značajno razlikuje od nominalne vremenske baz. Doduše ovo zahteva da master ima jako precizan tajming, kako bi omogućio ispravnu komunikaciju sa slejv uređajima sa drugačijom vremenskom bazom.

Master inicira svaku komunikaciju na magistrali tako što povlači magistralu na logičku nulu i na taj način vrši sinhronizaciju tajming logike svih uređaja. Postoje ukupno pet osnovnih komandi za komunikaciju na 1-wire magistrali i to su: „write 1“, „write 0“, „read“, „reset“ i „presence“.

Ukoliko master želi da obavi „write 1“ operaciju, onda on postavlja magistralu na nisku vrednost i periodu od 1 do 15  $\mu$ s. Za operaciju „write 0“, master povlači magistralu na nisku vrednost u periodu od 60  $\mu$ s do maksimalnih 120  $\mu$ s. Da bi master aktivirao „read“ signal potrebno je da postavi magistralu na nisku vrednost u periodu od 1 do 15  $\mu$ s. Slejv uređaj odgovara tako što drži magistralu na niskoj vrednosti za logičku nulu, ili jednostavno oslobađa liniju ukoliko ukoliko želi da pošalje logičku „1“. Magistrala treba da bude semplovana 15 $\mu$ s posle spuštanja na nisku vrednost. Pošto se „write 1“ i „read“ signali definišu na isti način, slejv sam određuje koja je komanda u pitanju.



Slika 23. Izgled „reset“ i „presence“ signala.

„Reset“ i „presence“ signal prikazan je na slici 23. Važno je istaći da je vremenska skala drugačija od predhodnih signala. Master povlači magistralu na nisku vrednost za vremenski period od 8 vremenskih slotova, ili za 480 $\mu$ s. Ovaj vremenski period inicira „reset“ signal. Slejv bi onda trebao da povuče magistralu na nisku vrednost u periodu od 60 $\mu$ s posle „reset“ signala. Ta niska vrednost takođe treba da traje 60 $\mu$ s. Ovaj odziv se



naziva „presence” signal. Ukoliko nema „presence“ signala na magistrali, master mora zaključiti da nema slejv uređaja na magistrali.

## **8.7 Serijska komunikacija u industriji. CAN, BitBus, ModBus, MultiBus**

CAN, BitBus, ModBus i MultiBus predstavljaju protokole za serijsku komunikaciju u industriji. Njihova struktura je slojevita i uglavnom nije bitan koji se fizički sloj koristi. Razvijeni su za industrijsku upotrebu zbog velike pouzdanosti.

### **CAN**

CAN je skraćenica od Controller Area Network i predstavlja serijski protokol koji efikasno podržava distribuiranu kontrolu u realnom vremenu sa visokim stepenom sigurnosti. Pogodan je za korišćenje u sporim i brzim mrežama. CAN protokol je podeljen različite nivoe:

- Objekt nivo
- Transfer nivo
- Fizički nivo

Objektni nivo i transfer nivo obuhvataju sve servise i funkcije nivoa podataka određen od strane ISO/OSI modela. Polje rada object nivoa je:

- Pronalaženje poruka koje treba da se šalju,
- Odlučivanje koje se primnjene poruke koriste iz transfer nivoa,
- Obezbeđivanje interfejsa do aplikacionog nivoa

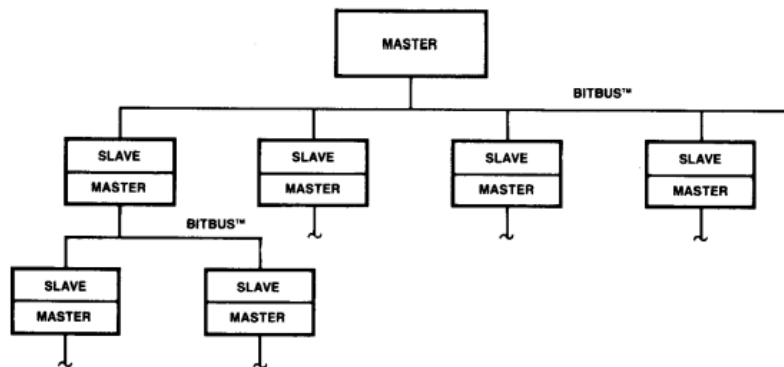
Uloga transfer nivoa je uglavnom transfer protokol, tj. kontrola frejmova, odlučivanje, provera grešaka i signaliziranje grešaka. U transfer nivou se odlučuje da li je magistrala slobodna ili ne.

Fizički nivo predstavlja fizičko povezivanje sa ostalim čvorovima mreže. On mora biti isti za svaki čvor, stim da postoji sloboda u izboru načina povezivanja.

### **BitBus**

BitBus povezivanje je projektovano tako da obezbedi veoma brzu serijsku kontrolnu magistralu za hijerarhijske sisteme. U BitBus protokolu dozvoljeno je maksimalno 250 uređaja i svaki uređaj mora imati svoju adresu. Celom mrežom upravlja jedan master uređaj koji generiše sve zahteve i prima odgovore od slejv uređaja. Slejv ne može da emituje poruku ukoliko nije to traženo od njega. Čim master pošalje poruku, slejv vraća odgovor. Specijalne male poruke se razmenjuju dok se čeka odgovor. Moguće je slanje više zahteva slejvu iako nije poslat odgovor na prvu poruku. Obično slejv može podržati 8 neodgovorenih poruka.

Hijerarhijski model BitBus-a može sadržati nekoliko nivoa, kao što pokazuje slika 24. Ova hijerarhijska struktura sa više nivoa može biti jako korisna, pogotovo gde su BitBus veze različite brzine. Ovakva konfiguracija zahteva više BitBus sistema.



Slika 24. Višeslojna hijerarhijska struktura BitBus-a.

### **ModBus**

ModBus je nastao krajem sedamdesetih godina. Bazirana je na master/klijent arhitekturi. Komunikacija između ModBus čvorova je preko poruka. Interfejs fizičkog sloja može biti bilo koji. Originalni interfejs je bio RS232, ali kasnije je najčešće korišćen RS485 pošto podržava velće razdaljine, veće brzine i mogućnost multi-drop mreže. On je jednostavan protokol tako da ga ne moraju koristiti samo mikrokontroleri i PLC uređaji, već ga mogu koristiti i inteligentni senzori. Pored serijske komunikacije, ModBus se može koristiti u bežičnim

komunikacijama i TCP/IP mrežama. Takođe uređaj može komunicirati sa nekoliko ModBus čvorova odjedanput, čak iako su povezani drugačijim fizičkim interfejsom.

Svaka ModBus poruka ima istu strukturu i sastoji se od četiri osnovna elementa i to su:

- adresa prijemnika,
- kod koji određuje tip poruke,
- podaci,
- LRC ili CRC provera grešaka.

### **MultiBus**

MultiBus je jedan od najvažnijih elemenata kompjuterskog sistema. To je protokol koji obezbeđuje interfejs za sve hardverske komponente. On sadrži sve neophodne signale kako bi različite sistemske komponente komunicirale jedna sa drugom. Veoma je bitan jer je omogućavao da različite kompanije prave kompatibilne uređaje.

MultiBus je asinroni bus koji se prilagođava uređajima sa različitim brzinama prenosa održavajući maksimalnu propusnu moć. Posедуje 20 adresnih linija tako da može da adresira do 1Mb MultiBus memorije ili I/O linija, s tim da većina MultiBus I/O uređaja dekoduju samo prvih 64kB adresnog prostora. Takođe MultiBus podržava multi-master konfiguraciju koja omogućava da se deli magistrala sa više procesora i drugih DMA uređaja.

## **8.8 LITERATURA**

- **mr Milan Nikolić, mr Kalman Babković** : Uputstvo za laboratorijske vežbe iz predmeta digitalni mikrokontroleri

[http://www.elektronika.ftn.uns.ac.rs/images/file/3godina/dmk/Digitalni\\_Mikrokontroleri.pdf](http://www.elektronika.ftn.uns.ac.rs/images/file/3godina/dmk/Digitalni_Mikrokontroleri.pdf)

- **mr Darko Marčetić** : Industrijski sistemi i protokoli – asinhroni serijski prenos podataka

[http://www.keep.ftn.uns.ac.rs/predmeti/ee2\\_3g\\_indsys\\_protokoli/ISIP%20skripta%20-%20Asinhroni%20prenos%20RS232%20i%20RS485.pdf](http://www.keep.ftn.uns.ac.rs/predmeti/ee2_3g_indsys_protokoli/ISIP%20skripta%20-%20Asinhroni%20prenos%20RS232%20i%20RS485.pdf)

-**Maxim IC** internet prezentacija 1-Wire serijske komunikacije

<http://www.maxim-ic.com/products/1-wire/flash/overview/index.cfm>

-**B&B Electronic**: Current loop application note

<http://www.bb-elec.com/bb-elec/literature/tech/curentlp.pdf>

-**Integrity Instruments Incorporated**

<http://www.rs-485.com/download/485%20network%20topology.pdf>

-**Atmel**: Dallas 1-Wire

[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2579.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2579.pdf)

-**Springbok Digitronics**: 1-Wire design guide v1.0

<http://www.1wire.org/Files/Articles/1-Wire-Design%20Guide%20v1.0.pdf>

-**Intel**: The BitBus Interconnect Serial Control Bus Specification

[http://www.hoeben.com/bitbus.info/BITBUS\\_Interconnect\\_Specification.pdf](http://www.hoeben.com/bitbus.info/BITBUS_Interconnect_Specification.pdf)

-**Bosch**: CAN Specification

[http://www.gaw.ru/data/Interface/CAN\\_BUS.PDF](http://www.gaw.ru/data/Interface/CAN_BUS.PDF)

-**Trexon Inc.**: ModBus Protocol

[http://irtfweb.ifa.hawaii.edu/~smokey2/software/about/sixnet/modbus/modbus\\_protocol.pdf](http://irtfweb.ifa.hawaii.edu/~smokey2/software/about/sixnet/modbus/modbus_protocol.pdf)

-**MultyBus**

<http://www.iwavesystems.com/IPs/iW-ASCCX-DS-01-R1.0.pdf>