

Industrijski sistemi i protokoli

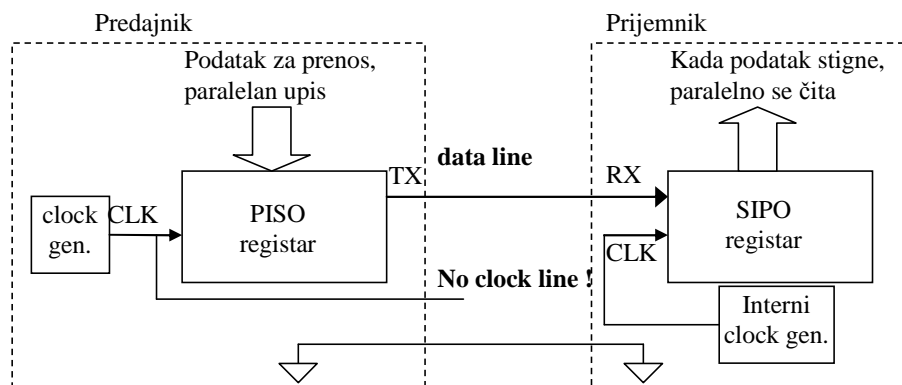
- Asinhroni serijski prenos podataka -

1	Uvod u asinhronne serijske protokole.....	2
2	RS232 protokol.....	3
2.1.	Definicije RS232 protokola.....	3
2.1.1.	RS232 bit niz (bit stream).....	3
2.1.2.	Half i Full duplex RS232 komunikacija	5
2.1.3.	RS232 fizički nivo	5
2.2.	Šema povezivanja RS232 prijemnika i predajnika	6
2.3.	Primena RS232 komunikacije	7
2.3.1.	RS232 konektori za PC.....	7
3	RS485 protokol.....	10
3.1.	Uvod u RS485	10
3.2.	Prenos podataka primenom RS – 485 protokola	10
3.2.1.	Veća udaljenost i brzina prenosa RS485 prenosa	11
3.2.2.	Uporedne karakteristike RS232, RS422 i RS85	11
3.3.	Mrežna topologija RS485 veze	12
3.4.	Šema povezivanja RS485 prijemnika i predajnika	13
3.5.	Primena RS485 komunikacije	13
3.6.	Kako uređaji komuniciraju na RS485 liniji.	14

1 Uvod u asinhronu serijske protokole

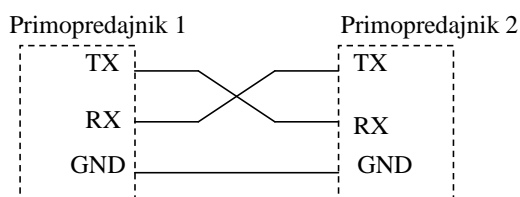
Usled ozbiljnih problema sa šumom na liniji, komplikacija pri razvođenju velike količine žica, kao i problema pri sinhronizaciji prijemnika i predajnika paralelni prenos podataka na velike udaljenosti se praktično ne koristi. Samim tim, došlo je do razvoja velikog broja komunikacionih protokola koji obezbeđuju serijski prenos podataka, prenos kod koga se svi bitovi podataka 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 između 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 presleđuje *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 asinhronu serijske veze.

Kod asinhronu serijske veze postaje 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 liniji, 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 poževelo 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.

2 RS232 protokol

2.1. Definicije RS232 protokola

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.

2.1.1. RS232 bit niz (*bit stream*)

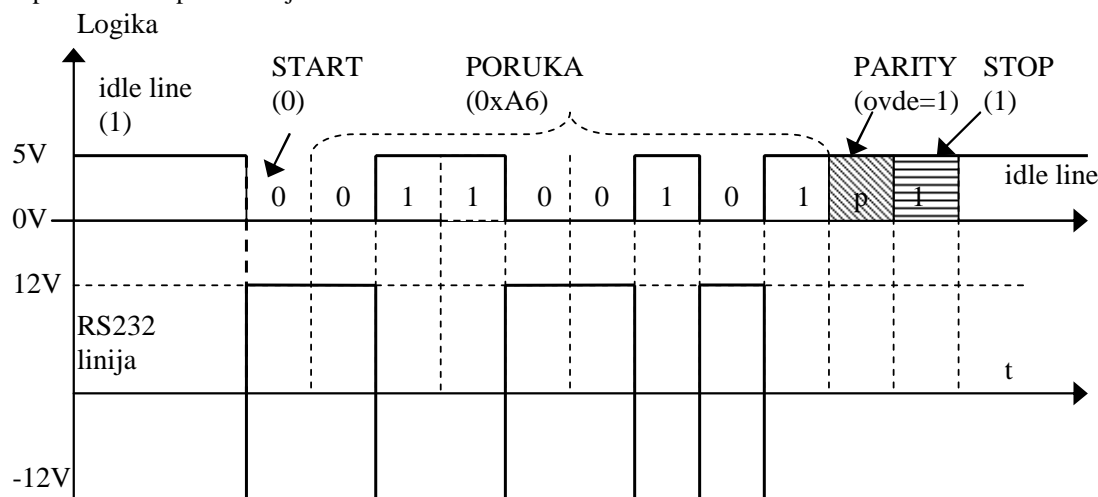
Po RS232 standardu informacija se šalje u vidu niza bitova na fizičkoj liniji veze. Ovi bitovi informacije su grupisana u vidu digitalnih reči. RS232 standard dozvoljava promenjivu dužinu reči, od 5 and 8 bitova. Ovo je broj bitova koji nose informaciju u jednoj RS232 poruci ili paketu. Vazno je da se i prijemnik i predajnik podese na jednaki broj bitova koji nose informaciju, inače dolazi do lošeg prenosa poruke. Za potpun prenos standard definiše dodatne bitove za sinhronizaciju i detekciju greške. Prisustvom ovih dodatnih sinhronizacionih bitova u poruci se gubi na vremenu i smanjuje se propusni opseg. Nadalje, pogrešno sinhronizovani prijemnik može u pogrešno vreme početi čitati poruku i dolazi do greške. Tada je potrebno ponovo uspostaviti sinhronizaciju i dodatno se gubi na vremenu. Asinhroni prenos se i dalje najviše koristi jer je jeftiniji (nema clock liniju) i otporniji je na šum, ali za veoma brze prenose se i dalje 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 u kojim sledećim trenucima stižu ostali bitovi poruke. Za taj račun se koristi unapred definisana baud rate, koja u prijemniku i predajniku mora biti isto podešena, inače dolazi do greške.

RS232 standard dozvoljava samo dva fizička stanja na liniji za prenos. Prvi naponski nivo je -12V na liniji koji predstavlja ON stanje ili broj 1 ili marker. Drugi naponski nivo je +12V na liniji koji predstavlja OFF ili broj 0 ili prazno mesto. 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.

Tipična RS232 prikazana je na slici 3.



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. Taj bit se često naziva i ATTENTION bit (pažnja!). 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 ugraditi u RS232 poruku, nakon zadnjeg MSB bita poruke a pre STOP bita. Ovaj bit postavlja predajnik tako što unapred proveri broj jedinica u poruci. Primitelne bitove prebrojava i prijemnik i vrši poređenje svog rezultata parnosti sa primitelnim bitom parnosti. Bit parnosti se postavlja na 1 ako je broj jedinica u informacionom 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 poredi nakon što su svi RS232 paketi primiteljeni. 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*, 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 imati više bitski dužina. Ako je STOP bit duži od ostalih, to ustvari definiše minimalno vreme u toku koga linija mora biti u idle state, t.j. neaktivna. Ovaj deo standarda je podrška sporim uređajima. Obično se STOP bit postavlja trajanja 1, 1.5 or 2 bita.

2.1.2. 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**).

2.1.3. 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 sledećoj tabeli

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

Na osnovu tabele se vidi 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

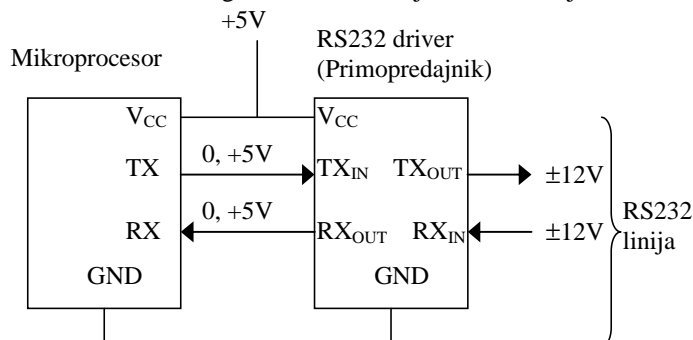
RS232 standard ima jasan odgovor na ovo pitanje, dužina kabla je ne veća od 15.24 metara (50 feet) ili kapacitansa kabla ne sme biti veća od 2500 pF. Manja kapacitivnost kabla dozvoljava i duže daljine. Ovo važi za baud rate od 20kb/s, dozvoljena dužina kabla se umnogome uvećava kada se smanji brzina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

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

2.2. Šema povezivanja RS232 prijemnika i predajnika

RS232 driver (primopredajnik) vrši prilagođenje signala od/ka mikroprocesora zahtevima RS232 linije.

- Predajni deo drivera (TX_{OUT} izlaz ka liniji i TX_{IN} ulaz od mikroprocesora) napon od 5V dobijen od strane mikroprocesora konvertuje u -12V, dok napon 0V konvertuje u +12V.
- Prijemni deo drivera (RX_{IN} ulaz sa linije i TX_{OUT} izlaz ka mikroprocesoru) napon od -12V na liniji konvertuje u 5V i šalje mikroprocesoru, dok napon +12V konvertuje u 0V.
- Standardni RS232 driver galvanski ne izoluje masu sa linije i masu mikroprocesora*.

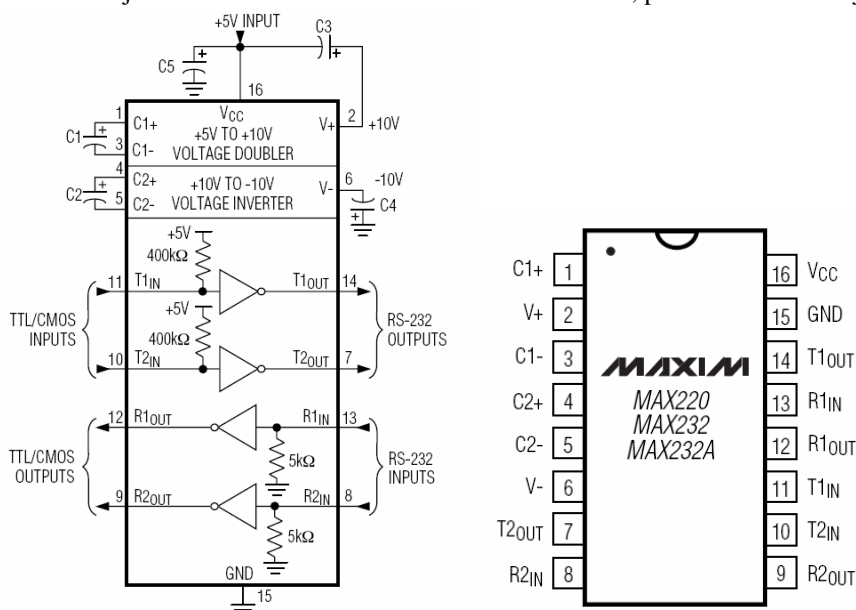


Slika 4. Šematski prikaz RS232 primopredajnika.

Šta se sve još zahteva od RS232 driver kola.

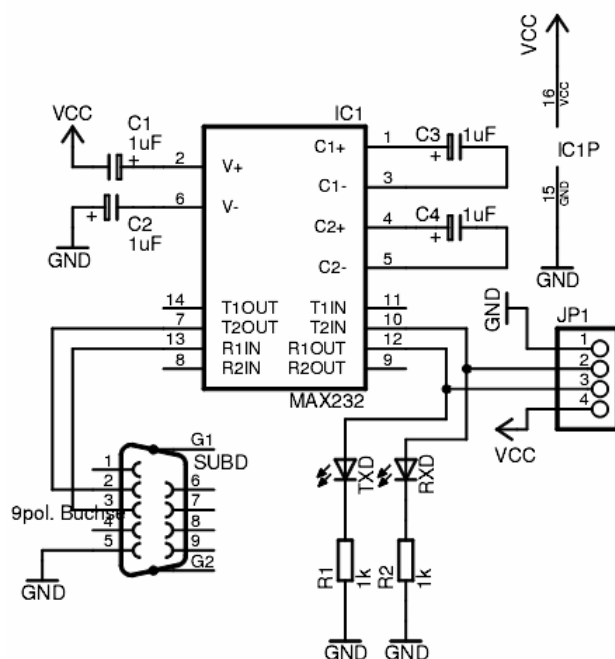
- Spoljno bipolarno napajanje od $\pm 12V$ bi imalo izuzetan uticaj na cenu i nije dopustivo. RS232 driver mora biti sposoban da napajan samo sa 5V načini napone $\pm 12V$. Ovo rešava interni *voltage doubler* i spoljni bostrep kondenzatori.
- RS232 mora dati dovoljno struje da bi propustio signal kroz 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 sledećoj slici.



Slika 5. MAXIM 232 funkcionalni blok dijagram i pinout.

* 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.



Slika 6. 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.

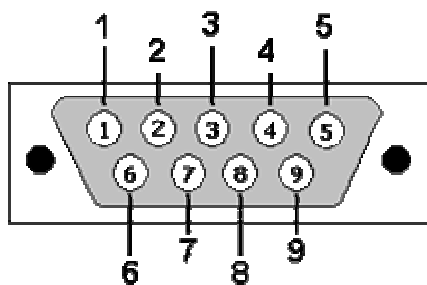
2.3. Primena RS232 komunikacije

RS232 komunikacija se i danas dosta primenjuje, pogotovo za relativno kratka rastojanja.

- Programiranje PLC i mikroprocesora preko PC računara
- Parametrizacija uređaja
- Rad sa modemom

2.3.1. 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 sledećoj slici. Pin 2 DB9 prijemni pin (RX), da je pin 3 DB9 predajni pin (TX) da je signalna masa DB9 na pinu broj 5. Uzemljenje je povezano na kućište konektora i spoljni omotač. Ovi pinovi su dovoljni za prostu asinhronu komunikaciju dva uređaja koja se oslanja 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) |

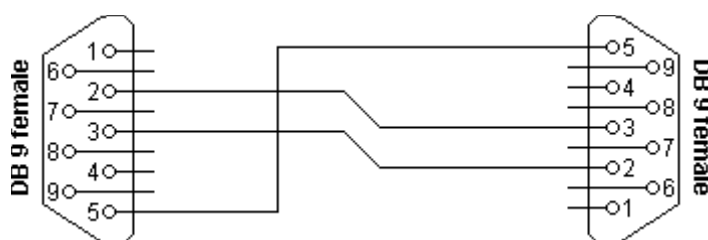
Slika 6. Izgled DB9 serijskog konektori za PC računare, Detaljni nazivi svih pinova.

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 bitova. 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 hardware handshake za svaki PC, 2) kompletnim hardware handshake između dva sistema.

Povezivanje dva serijska porta bez hardware hadshake

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 se vrši preko START i STOP bitova, kako je i predviđeno asinhronim serijskim RS232 protokolom.



Connector 1	Connector 2	Function
2	3	Rx → Tx
3	2	Tx → Rx
5	5	Signal ground

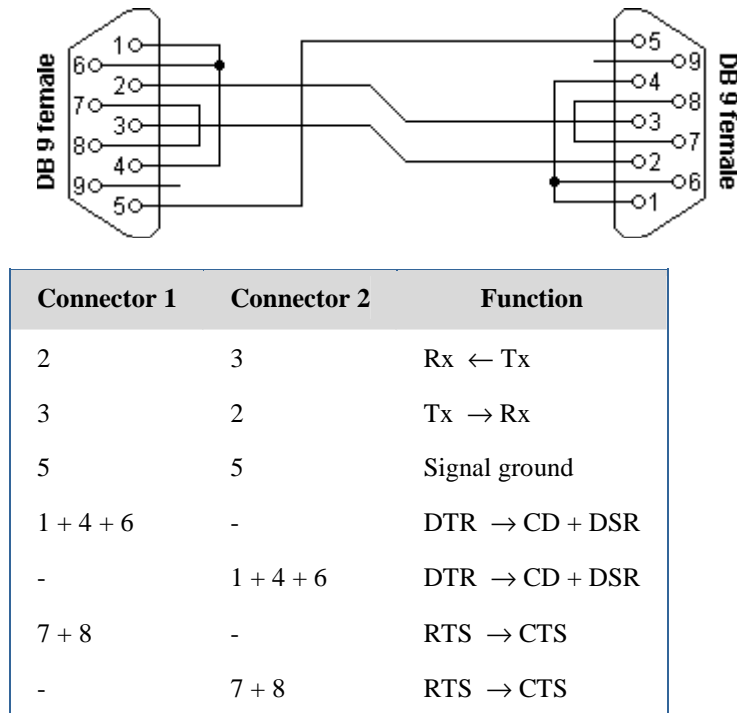
Slika 8. Serijska veza dva PC računara bez dodatnog hardware handshake.

Da bi veza uspela, 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 hardware hadshake

Ovom vezom se i dalje koristi asinhroni tip sinhronizacije preko START i STOP bitova. Hardware handshake se i dalje ne koristi, on je samo zavarano 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.

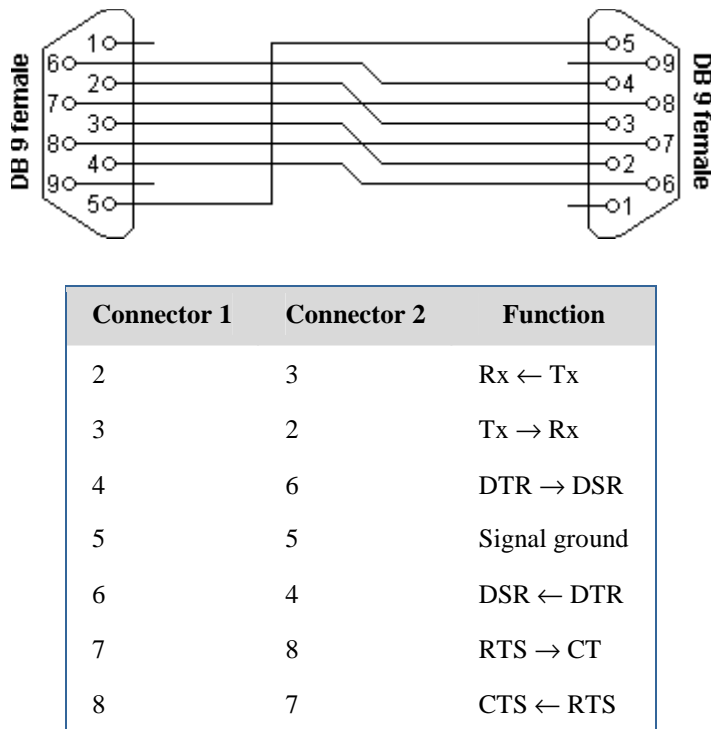
Da bi i ova veza uspela, drugi računar opet mora biti spreman jer lokalna veza je premostila svaki handshake i podatak će uvek biti poslan bez obzira na stanje prijemnika. Ako je prijemnik spreman, koristiće START bit da prepozna dolazak podatka i veza će se uspešno ostvariti.



Slika 9. Serijska veza dva PC računara od kojih svaki ima svoj lokalni look back hardware handshake.

Povezivanje dva serijska porta sa punim hardware handshake

Ovom vezom se koriste 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 bitova.



Slika 10. Serijska veza dva PC računara sa potpunim hardware handshake.

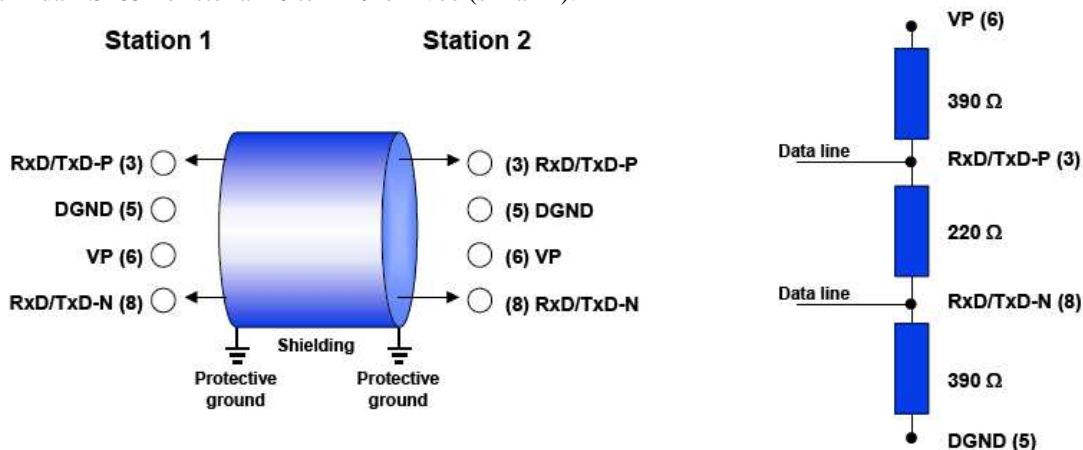
3 RS485 protokol

3.1. Uvod u RS485

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 brzinu 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.

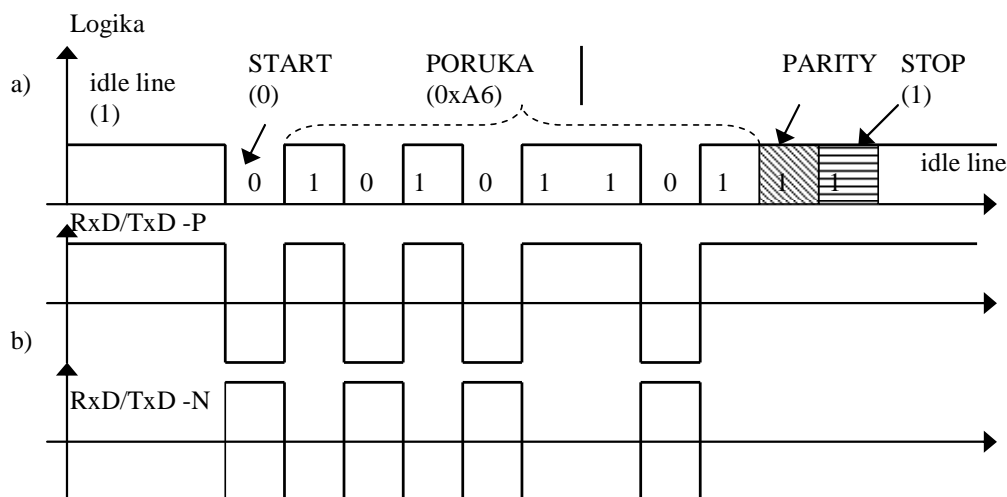
3.2. Prenos podataka primenom RS – 485 protokola

RS 485 je polu-dupleks, asinhrona veza. Podaci mogu da se prenose u oba smera, ali ne u isto vreme. RS485 prenos podataka se vrši preko dve oklopljene upletene parice (RxD/TxD-P i RxD/TxD-N), prikazani na slici 11a. 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 11b). Oba terminatora imaju sopstveno napajanje koje osigurava prenos bez greške. Podaci se prenose kao niz bitova kao na slici 3, s tim da RS485 koriste različite fizičke nivoe (slika 12).



Sl. 11. a) Povezivanje uređaja na RS 485 liniju

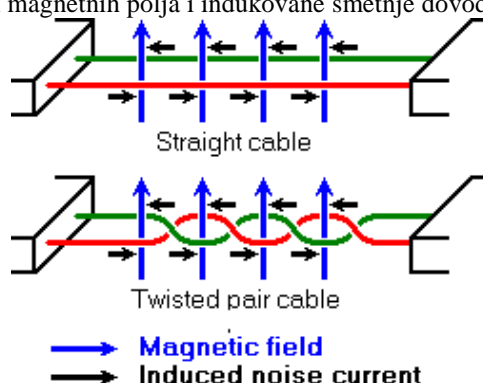
b) RS 485 terminator linije



Sl. 3. RS485 prenos a) Primer logičke sekvence b) Odgovarajući naponski nivoui RxD/TxD -P i RxD/TxD -N linije

3.2.1. 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 uvežu, kao što je prikazano na sledećoj slici. Ovim se uticaj spoljnih magnetnih polja i indukovane smetnje dovode na minimalni nivo.



Slika 12. 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, plus naravno primena diferencijalnih signala, RS485 komunikacije 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)

3.2.2. Uporedne karakteristike RS232, RS422 i RS485

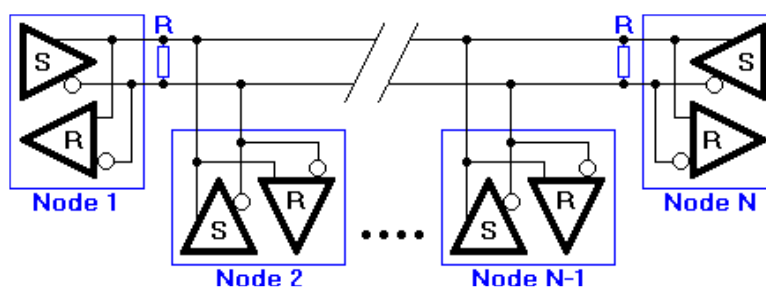
	RS232	RS422	RS485
Differential	no	Yes	yes
Max number of drivers	1	1	32
Max number of receivers	1	10	32
Modes of operation	half duplex full duplex	half duplex	half duplex
Network topology	point-to-point	multidrop	multipoint
Max distance	15 m	1200 m	1200 m
Max speed at 12 m	20 kbs	10 Mbs	35 Mbs
Max speed at 1200 m	(1 kbs)	100 kbs	100 kbs
Receiver input resistance	3..7 k Ω	4 k Ω	12 k Ω
Driver load impedance	3..7 k Ω	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

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 se ovo mora predvideti i time se ipak malo gubi na vremenu i propusnom opsegu.

3.3. 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 isto mrežu.



Slika 13. Mrežna topologija RS485 veze

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

Postaviti $R=120\ \Omega$ 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 obakraja linije. Zvezda topologija, u kojoj se refleksija signala ne može suzbiti i koja umanjuje kvalitet veze se ne preporučuje.

Ako se koriste prijemnici sa $12\ k\Omega$ ulaznom otpornosti moguće je povezati do 32 primopredajnika na istu mrežu. Postoje i RS485 primopredajnici veće ulazne impedance 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 poslatog paketa kojem se šalje podatak, mogućnost **broadcast** poruke, itd.

Po definiciji, svi RS485 predajnici su u stanju visoke impedance 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 da biti inicirana u **master** kontroleru.

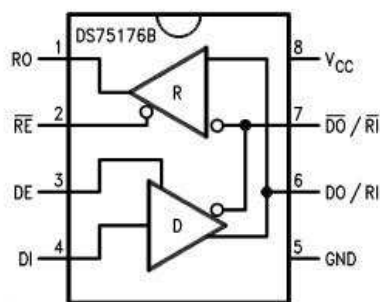
Postoje i protokoli višeg nivoa bez **master** primopredajnika (čvora) u kome svaki čvor može da počne komunikaciju. To je uglavnom urađeno u **ethernet** mrežama. Iako su ovim kombinacije za

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.

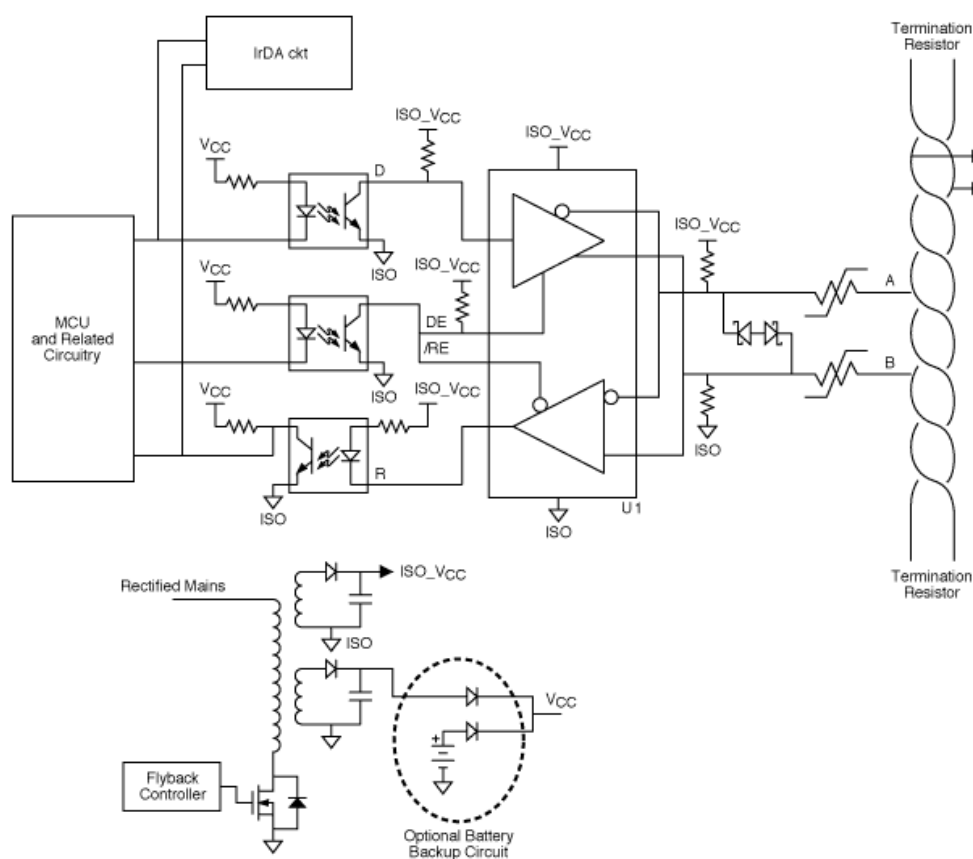
RS485 low level linijski driveri (primopredajnici) se automatski prebacuju u stanje visoke impedance kada je poruka koju su slali poslata (u toku nekoliko mikro sekundi).

3.4. Šema povezivanja RS485 prijemnika i predajnika

RS485 primopredajnik (**Transceiver**) uobičajeno poseduje samo 8 pinova. Četiri za vezu sa mikroprocesorom ili PLC koji prima ili šalje podatke, dva za napajanje i dva za vezu sa RS485 linijom.



Slika 14. Tipičan RS485 primopredajnik - 14DS75176B (cena 1.6\$).



Slika 15. Šema izolovanog primopredajnika za vezu sa 485 linijom .

3.5. 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*.

3.6. 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 impedance. Time je linija slobodna za početak prenosa.

2a. Nadalje, većina high level protokola definiše samo jedan od primopredajnika 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.

2b. 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 ili za kasnije odgodi novo slanje. Ovakav tip protokola usled brojnih kolizija u praksi koristi samo 37% propusnog opsega veze.