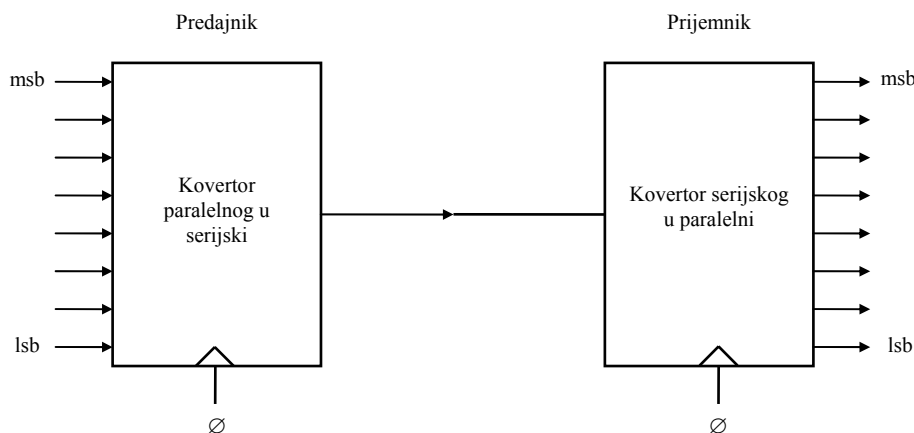


7. PRENOS PODATAKA

Prenos podataka predstavlja prenos kodirane informacije. Obično se prenos podataka odnosi na *serijski prenos* podataka. No, nezavisno od toga što se u većini slučajeva implicitno podrazumeva, prenos podataka se može ostvariti kao:

- **paralelni** - kada se prenos većeg broja bitova podataka vrši istovremeno (tipično se ovakav prenos ostvaruje preko systemske magistrale ili neke druge magistrale za proširenje, tj. preko većeg broja vodova);
- **serijski** - prenos podataka se vrši bit po bit preko jedinstvenog voda ili komunikacionog kanala (tipičan primer je komunikaciona linija).

Osnovne karakteristike oba načina prenosa su sledeće. Paralelni prenos je brži od serijskog, ali je znatno skuplji, jer zahteva veći broj veza (vodova ili kanala za prenos). Serijski prenos je pouzdaniji, jer se prekid u prenosu uvek može lako ustanoviti. Kod serijskog prenosa skup pravila za razmenu podataka između dva uređaja (protokoli) je bolje definisan (postoje međunarodni standardi i norme za prenos), a kod paralelnog prenosa, zbog različitog obima kod prenosa paralelnih podataka, to nije slučaj. Imajući sve ovo u vidu, paralelni prenos podataka se više preferira kod prenosa podataka na kraća rastojanja (do nekoliko metara, tj. više "interno" u okviru računarskog okruženja kao što je interfejs računar i štampač), a serijski prenos za prenos podataka na veća rastojanja (prenos podataka između dva računara koji mogu biti udaljeni i na hiljade kilometara).

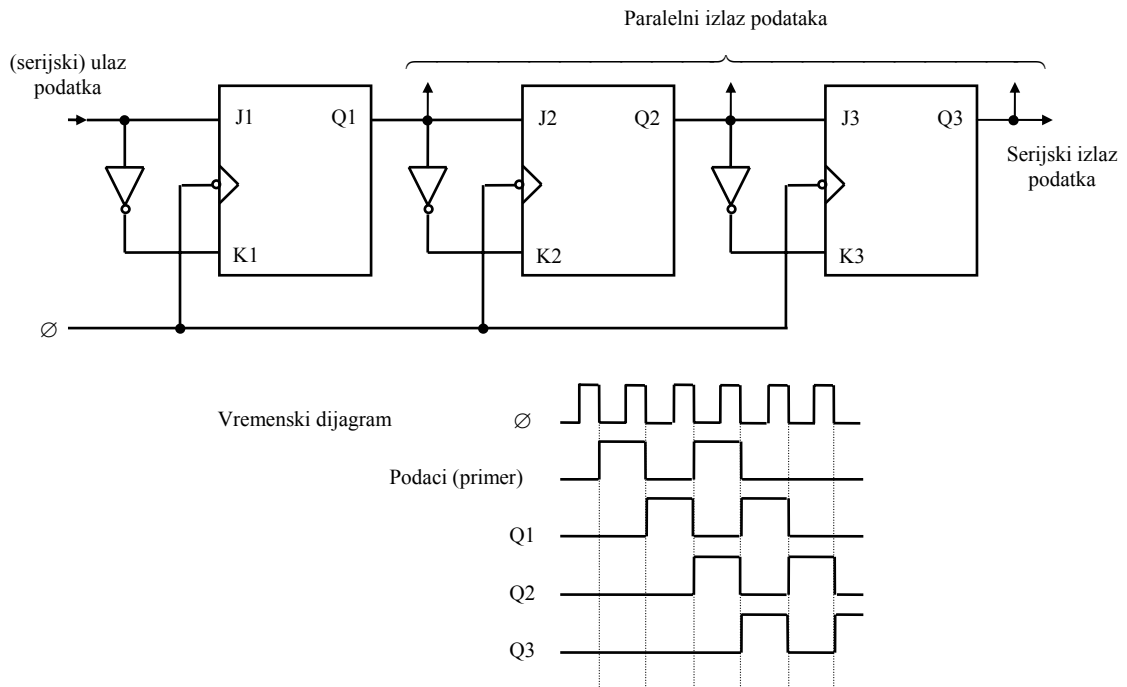


Sl. 7.1. Aplikacija koja koristi paralelno→serijsku i serijsko→paralelnu konverziju.

Kako se komunikacije u okviru računarskog/mikroračunarskog sistema ostvaruju preko systemske magistrale u paralelnoj formi, evidentno je da je potrebna paralelno↔serijska konverzija, kada se vrši sprega sistema koji sa jedne strane obavljaju paralelni, a sa druge strane serijski prenos podataka.

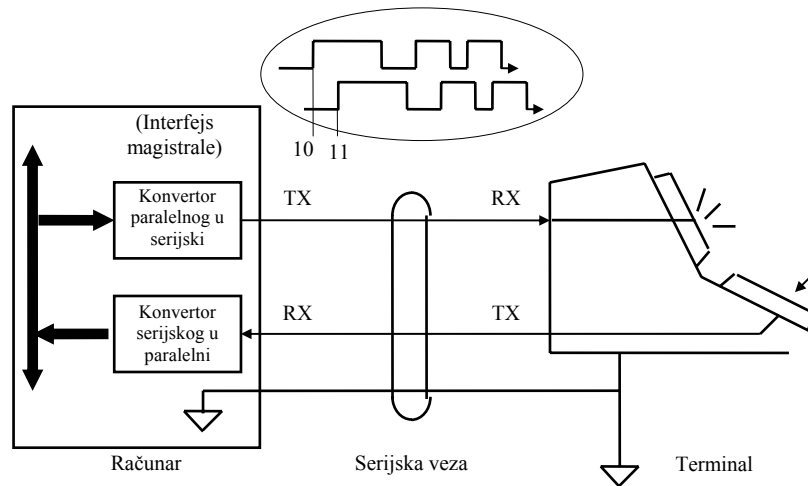
Na slici 7.1 prikazana je jedna aplikacija koja koristi obe konverzije, paralelno→serijsku i serijsko→paralelnu, da bi ostvarila prenos n -tobitnih paralelnih podataka od predajnika do prijemnika preko serijske komunikacione veze.

Pomerački registri (slika 7.2), koriste se kao sklopovi za konverziju podataka iz paralelnog u serijski oblik i obratno.



Sl. 7.2. Primena pomeračkih registara za konverziju paralelnih podataka u serijske i obrnuto.

Sinhronizacija rada predajnika i prijemnika je kritična i predstavlja jedan od osnovnih problema kod rada ovakvih sistema; potrebno je na neki način izdvojiti na prijemnom kraju takt, ali takođe i odrediti kraj poruke. O ovom problemu sa više detalja govorićemo nešto kasnije. Na slici 7.3 prikazan je jedna tipična serijska U/I aplikacija.



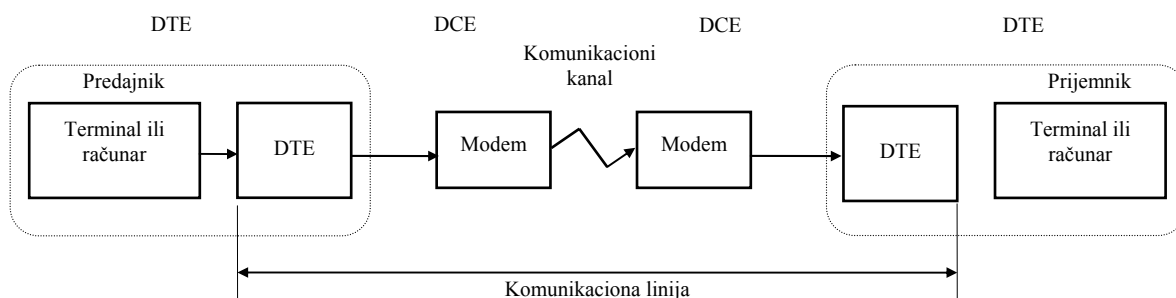
Sl. 7.3. Serijski prenos podataka.

U ovom slučaju postoji komunikaciona veza za prenos podataka između terminala i mikror računara. Podatak se konvertuje iz paralelnog u serijski oblik na magistralnom interfejsu i prenosi bit po bit duž linije. Ako se prenos podataka vrši na relativno kratka rastojanja preko posebnih linija (kao što je prikazano na slici 7.3), tada se prenos podataka može ostvariti direktno u digitalnoj formi. Postoje različiti standardi za definiciju logičkih nivoa i signala koji se koriste za digitalni prenos podataka kao što su RS-232 i drugi (standarde ćemo izučavati detaljnije).

Digitalni signali imaju veoma brze usponske i opadajuće ivice, ali takođe nivo signala može biti 1 ili 0 tokom veoma dugog vremenskog perioda. Ovo ukazuje da se za prenos koristi veoma širok frekventni spektar, počev od jednosmerne komponente (DC) do harmonika bitske brzine impulsa koji se prenese. Telefonske linije kao medijum po kome se vrši prenos podataka ne mogu prenositi DC nivoe ili vrlo visoke frekvencije. Zbog toga, ako je potrebno da se podaci prenose preko telefonskih linija neophodno je da se vrši konverzija digitalnih signala u analogni oblik koji se može prenositi u relativno uskom opsegu. Podsystemi koji obavljaju ovu funkciju se zovu *modemi*. Modem predstavlja skraćeni izraz za par modulator-demodulator.

Jedan od osnovnih zadataka kod prenosa podataka sa jednog mesta na drugo, ogleda se u tome da prijemnik mora znati kako da vrši interpretaciju podataka i otkriva moguće greške u prenosu. Ovu funkciju moguće je ostvariti komunikacionim protokolom. Tehnike za prenos podataka o kojima ćemo govoriti u daljem tekstu odnoseće se na povezivanje između dva uređaja tipa tačka ka tački (*point to point*). Kompleksnije šeme su računarske mreže koje obezbeđuju da veći broj računara komunicira između sebe. Osnovni principi rada, kao i komunikacioni protokoli, su kod ovih sistema znatno složeniji i o njima nećemo govoriti.

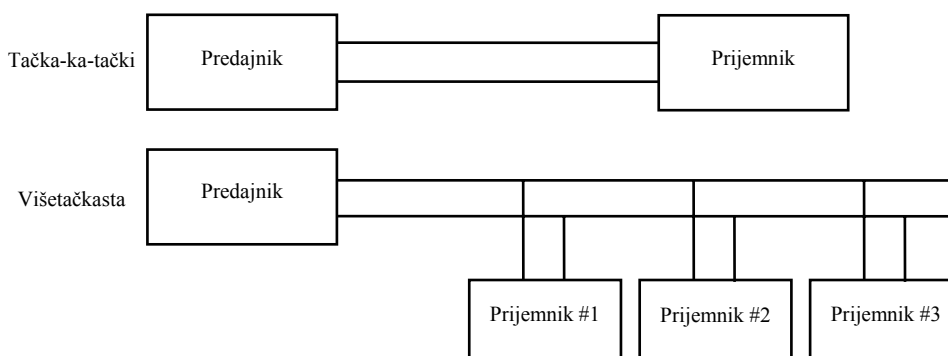
Jedna osnovna šema komunikacione veze prikazana je na slici 7.4.



Sl. 7.4. Sistem prenosa podataka.

Terminal (računar) na jednom kraju veze komunicira sa računalom (terminalom) na suprotnom kraju. Komunikacionu vezu čine DTE (*Data Terminal Equipment*) i njemu pridruženi modem na oba kraja.

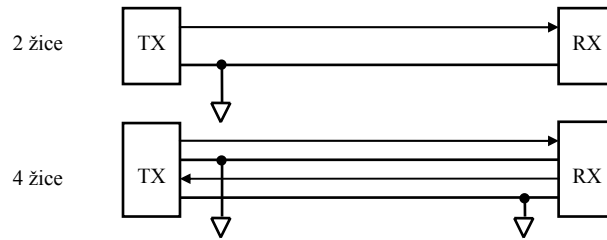
Postoje dve osnovne konfiguracije veza koje zovemo veza tipa tačka-ka-tački (*point-to-point*) i višetačkasta (*multidrop*) veza, kao što je prikazano na slici 7.5.



Sl. 7.5. Sistemi tačka-ka-tački i višetačkasti.

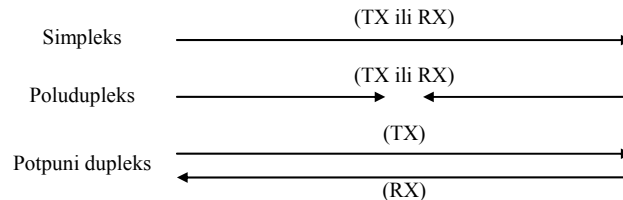
Kod prve, obe krajnje stanice komuniciraju na ravnopravnoj osnovi, dok kod druge jednom uređaju je dodeljena uloga gospodara (glavne ili primarne stanice), a drugom uloga potčinjenog (sekundarna stanica). Svaka stanica ima svoju sopstvenu jedinstvenu adresu, pri čemu je primarna stanica ta koja kontroliše (nadgleda) celokupni prenos podataka po ostvarenoj vezi (ovakav tip adresiranja nije neophodan kod veze tipa tačka-ka-tački).

Fizički, komunikacionu vezu mogu činiti, kao što je prikazano na slici 7.6, dva ili četiri voda. Kod dvožične veze postoji signalna linija i masa, dok kod četvorožične veze postoje dve linije po kojima se prenose signali i dve žice za masu.



Sl. 7.6. Fizička sredstva za prenos podataka.

Organizacija logičke komunikacione veze prikazana je na slici 7.7. Kod *simpleks* veze, linija je namenjena za predaju ili prijem ali ne i za jedno i za drugo. Kod *poludupleks* veze, prenos se može realizovati u oba smera, ali u jednom trenutku veza se može ostvariti samo u jednom smeru. Kod *potpune dupleks* veze, predaja i prijem se mogu ostvariti u oba smera istovremeno.

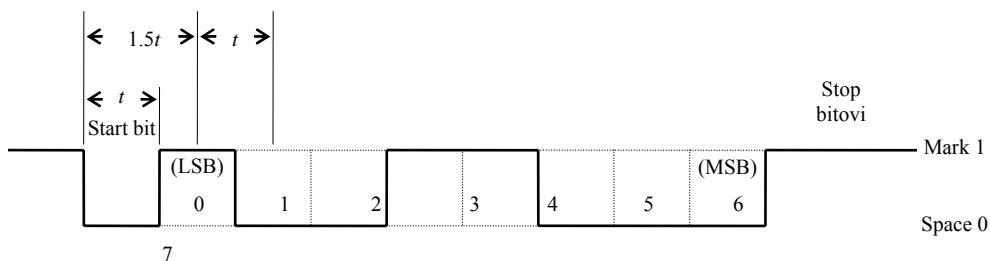


Sl. 7.7. Logička sredstva za prenos podataka.

Osnovna mera koja ukazuje na brzinu prenosa podataka je broj prenetih bitova u sekundi (bps - bits per second). Slična mera je Baudova brzina. Baudova brzina predstavlja merilo o broju signalizirajućih jedinica u sekundi. Za slučaj kada se koriste jednostavne modulacione tehnike merila bps i baud su jednaka jer za svaki bit na liniji postoji samo jedno moguće stanje promene. Ali kada se koriste kompleksne tehnike, kao što je fazna modulacija, i više od jednog bita može biti kodirano sa ciljem da ukaže na promenu stanja. Na ovaj način, svaka signalizatorska jedinica (promena stanja) se može koristiti za prenos većeg broja bitova, pa je u tom slučaju bitska brzina veća od baudove. Ovakav aspekt posmatranja interesantan je sa stanovišta projektovanja veoma brzih modema, ali sa tačke gledišta korisnika najvažnija specifikacija je bps. Nezavisno od toga moramo biti svesni da se ova dva termina često koriste ali i da njihovo značenje nije identično u svim situacijama.

7.1. Asinhroni prenos podataka

Na slici 7.8 prikazan je talasni oblik koji važi za asinhroni prenos jednog znaka.



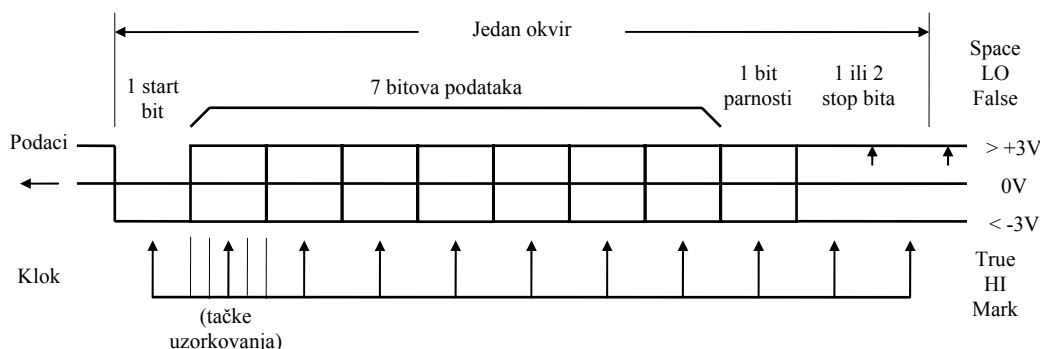
Sl. 7.8. Talasni oblik kod asinhronog prenosa jednog znaka.

Svaki bit se predaje u toku jednog bitskog intervala. Kada se po liniji ne prenose podaci za signal kažemo da je u stanju "marking", što odgovara logičkoj jedinici. Na početku svakog znaka, signal se postavlja na stanje logičke 0 u trajanju od jednog bitskog intervala. Ovaj bit se zove *start bit*, i on označava vremensku referencu prijemnika. Nakon start bita, u toku svakog narednog bitskog intervala, generiše se po jedan *bit podatka*, a obično prenos počinje sa LS bitom. Broj bitova podataka može biti 5-8 o čemu postoji dogovor između predajne i prijemne strane. Opciono, nakon zadnjeg bita podatka, može slediti *bit parnosti*. Na kraju sledi predaja jednog ili većeg broja *stop bitova*. Stop bit obavlja sledeće dve funkcije:

- obezbeđuje minimalno kašnjenje između znakova (ovo je bilo posebno važno obezbediti kod starih elektromehaničkih predajnika i prijemnika).
- stop bit u kombinaciji sa start bitom garantuje da će se javiti najmanje jedan prelaz od stanja "mark" na stanje "space" na početku svakog znaka.

Za predajnik je generisanje serijskog niza podataka jednostavan zadatak. On prosto generiše svaki bit uključujući start i stop bitove. Prijemnik ima u suštini teži zadatak. Kod asinhronog prenosa predajnik i prijemnik obično ne rade sa istim taktom. Zbog toga prijemnik mora tačno da odredi lokaciju granice svakog bita. Obično je takt prijemnika 16, 32 ili 64 puta viši od bitske brzine. I pored toga što je ovaj takt asinhron u odnosu na predajni takt, frekvencija rada prijemnika može se razlikovati samo za nekoliko procenata u odnosu na frekvenciju rada predajnika.

Da bi odredio prvu bitsku ćeliju prijemnik čeka na prelaz *mark*→*space*, koji se javlja na početku svakog start bita. Kod najvećeg broja serijskih prijemnika postoji *detekcija pogrešnog start bita*, a verifikacija da li je linija u "space" stanju vrši se na sredini start bita. Na ovaj način izbegavaju se uticaji kratkotrajnih smetnji koje mogu dovesti do pogrešnog okidanja prijemnika. Prijemnik (ako je start bit bio ispravan) na dalje uzorkuje liniju za podatke radi prijema prvog bita podatka $1,5 T$ posle važeće detektovanog stanja *mark*→*space*, tj. odlučuje o važnosti bita podatka na sredini bitskog intervala T . Na slici 7.9 prikazani su trenuci uzorkovanja bitova u poruci na prijemnom kraju.



Sl. 7.9. Naponski nivoi kod RS232c interfejsa.

Kako je prenos svakog podatka (znaka) nezavisan od prethodnog, postoji proizvoljan iznos pasivnog vremena između dva znaka, u kome se linija nalazi u stanju "mark".

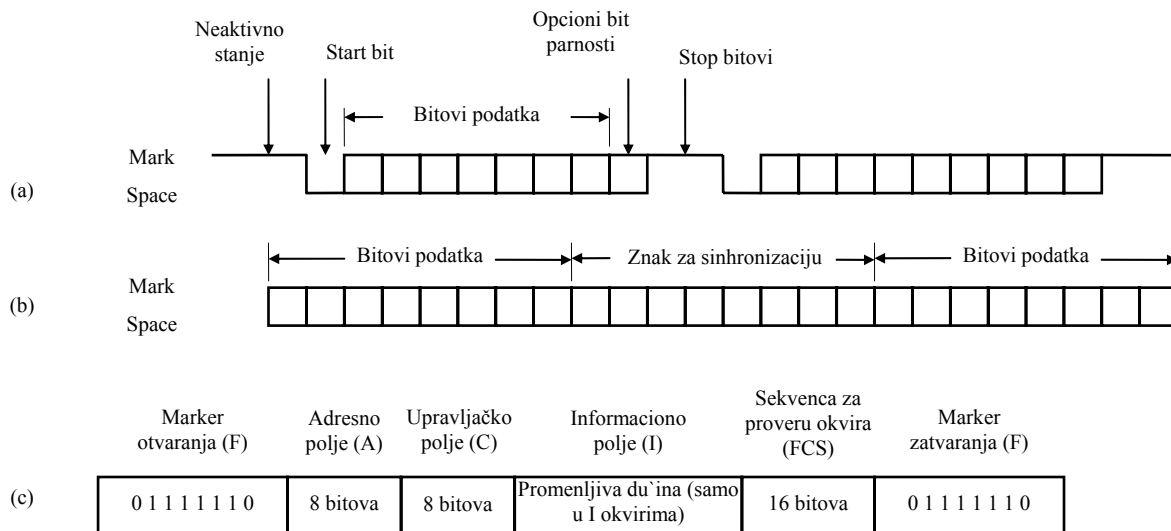
Sinhronizacija prijemnika se izvodi na osnovu ivice koja označava početak "start" bita. Sa te tačke gledišta, lokacija bitske ćelije zavisi od takta prijemnika koji treba da je približan taktu predajnika. Imajući u vidu da se podaci mogu u okviru bitskog intervala uzorkovati bilo gde, obično se dozvoljava neka greška od 3 do 5% u radu taktne frekvencije predajnika i prijemnika.

7.2. Sinhroni prenos podataka

Kod asinhronog prenosa podataka ne postoji dobra vremenska iskorišćenost sa stanovišta prenosa informacije. Naime, najmanje dva od svakih deset bitova (start i stop) ne nosi korisnu informaciju. Zbog toga se gubi 20% od ukupnog propusnog opsega komunikacione veze. Teoretski, efikasnost se može povećati prenošenjem većeg broja bitova između svakog para start i stop bitova. Ali, kako se ukupna sinhronizacija u radu zasniva na prvom prelasku sa 1 na 0, bilo koja greška u taktnoj frekvenciji akumulira se do pojave sledeće start-stop sekvence. Taktne frekvencije predajnika i prijemnika moraju zbog toga biti veoma dobro uparene. Drugi problem kod

asinchronog prenosa se javlja zbog toga što prijemnik obično radi sa taktom frekvencijom koja je 16 puta veća od one koja odgovara bitskoj brzini. Ovi problemi se mogu rešiti korišćenjem sinhronne komunikacije kod koje se zajedno sa informacijom predaje i taktna pobuda. Taktna frekvencija se može prenositi kao poseban signal, ili ako se koristi princip kodiranog samotaktovanja kojim se omogućava izdvajanje takta od primljenih podataka. Nezavisno od toga koja se tehnika koristi prijemu se dovodi taktna frekvencija koja je sinhrona sa predajnom taktom frekvencijom. Na ovaj način se eliminiše potreba za uvođenjem start i stop bitova, kao i to da prijemnik radi sa taktom frekvencijom koja je umnožak u odnosu na bitsku brzinu. Na ovaj način postiže se veća brzina kod prenosa podataka.

Na slici 7.10 prikazana je razlika između asinhronih i sinhronih signala. Kod asinhronih sistema postoji najmanje uvek po jedan start i stop bit između svakog para znakova. Kada se ne prenosi podatak, signal ostaje u "mark" stanju. Kod sinhronog sistema ne postoji pasivno vreme između znakova. Kada se ne prenosi podatak, prenosi se podatak o sinhronizaciji. Ovaj znak ne nosi informaciju, ali obezbeđuje da se ostvari sinhronizacija prijemnika. Zbog veće brzine prenosa, sinhroni prenos podataka se obično koristi za komuniciranje između računara. Nekoliko protokola je definisano za korišćenje kod sinhronih komunikacionih sistema. O ovoj problematici nećemo govoriti.



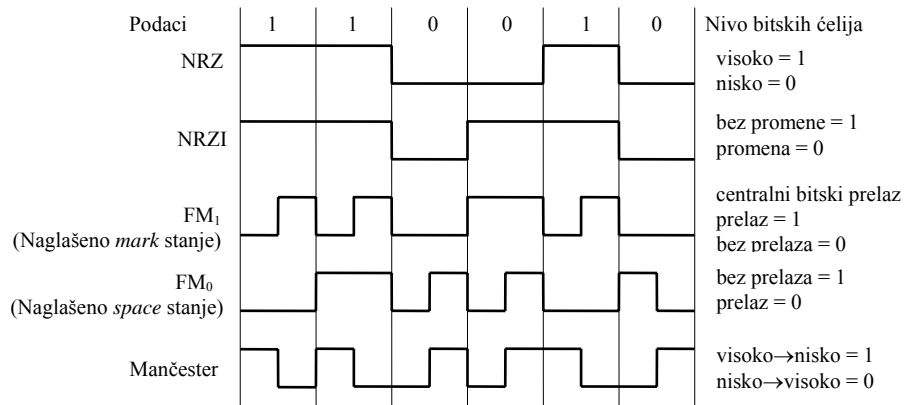
Sl. 7.10. (a) Asinhroni talasni oblik. (b) Sinhroni talasni oblik. (c) Format SDLC okvira.

7.3. Tehnike digitalnog kodiranja

Bit serijsko kodiranje, kod koga signal zadržava stanje kod svakog bita u toku bitskog intervala, zove se NRZ (*not-return-to-zero*), pošto se signal ne vraća na nulu posle svakog bita. Ova tehnika kodiranja se često koristi kod asinhronih komunikacija, ali ima nedostatak što nije samotaktovana, tj. iz NRZ signala nije moguće izdvojiti taktnu frekvenciju. Pored toga NRZ signal može ostati u istom stanju (0 ili 1) nedefinisani period vremena, tako da je potrebno obezbediti u prenosu i DC spregu.

Da bi metod kodiranja bio samotaktovan, mora se garantovati prelaz signala iz jednog stanja u drugo, nezavisno od toga kakav se oblik podataka prenosi. Da bi se ovaj cilj ostvario potrebno je da se koriste posebna kola za sinhronizaciju koja se zovu PLL (*Phase Locked Loop*).

Alternativni metod kodiranja je NRZI. Na slici 7.11 prikazan je način kodiranja jednog oblika podatka različitim kodovima.



Sl. 7.11. Različiti načini kodiranja podataka.

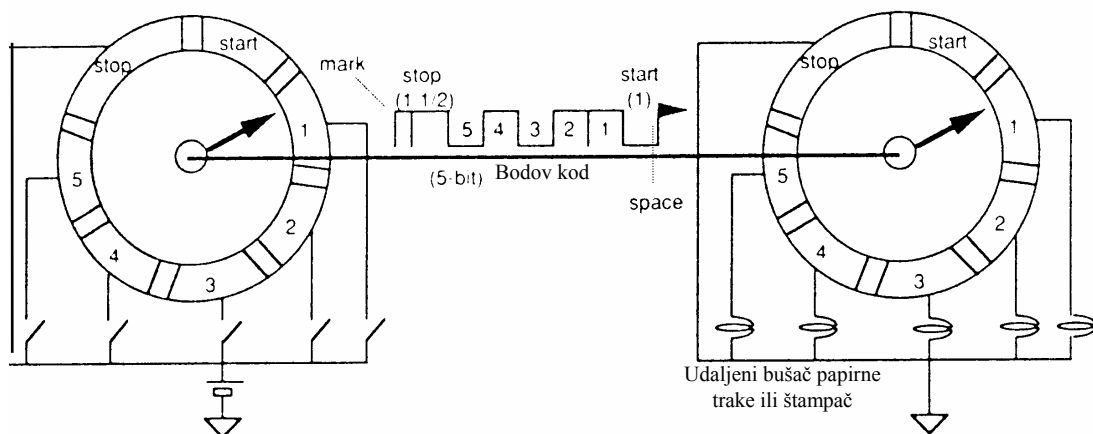
NRZI kodiranje koristi prelaz na početku ćelije sa ciljem da označi 0 a ne koristi prelaz da bi označio 1. Zbog toga NRZI nije u potpunosti samotaktovan kod, jer kontinualan niz jedinica ne kreira prelaze.

Mančester kodiranje je primer tehnike samotaktovanog kodiranja. Postoji prelaz u centru svake bitske ćelije; prelaz sa visoko→nisko ukazuje na 1, a sa nisko→visoko na 0. Prelazi se izvode u okviru granice bitske ćelije, tako da u okviru ćelije uvek postoji po jedan prelaz, a ponekad i dva. Na žalost kodiranje i dekodiranje Mančester signala je dosta teže u odnosu na NRZ signale.

Postoji veliki broj varijacija tehnike kodiranja. Bifazno kodiranje koristi prelaz na svakoj granici bitske ćelije. Prisustvo ili odsustvo prelaza u centru svake bitske ćelije određuje stanje bita. Prelaz u centru ćelije ukazuje na 1, a kada ne postoji prelaz u centru ukazuje se na 0. Može se koristiti i suprotan prilaz, kada prelaz u centru bitske ćelije ukazuje na 0.

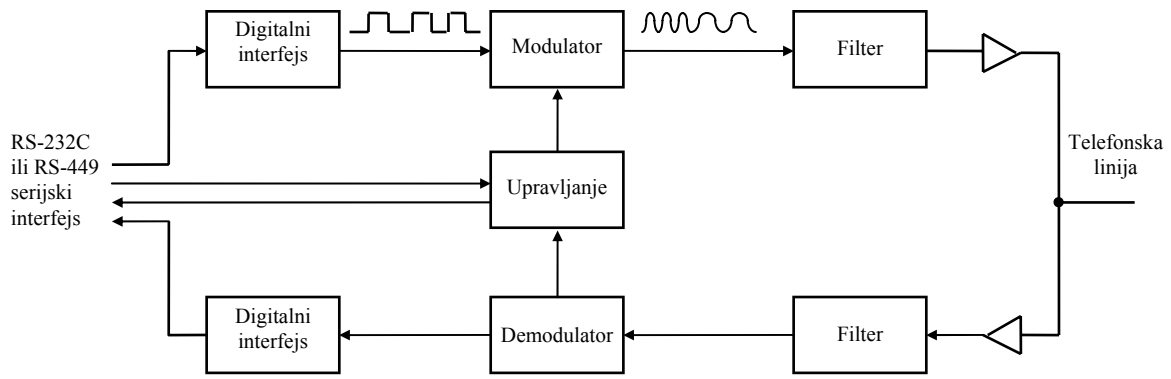
7.4. Modulacione tehnike i modemi

Sa ciljem da se prenese informacija između predajnika i prijemnika, osnovni logički signali moraju se prvo konvertovati u oblik koji je pogodan za predaju po komunikacionom kanalu. Postoji nekoliko tehnika da se ostvari ova funkcija. Kod najstarijeg pristupa - elektromehanički teleprinter - kodiranje informacije se vrši pomoću povorke unipolarnih DC impulsa (*mark* i *space*) kao što je prikazano na slici 7.12.



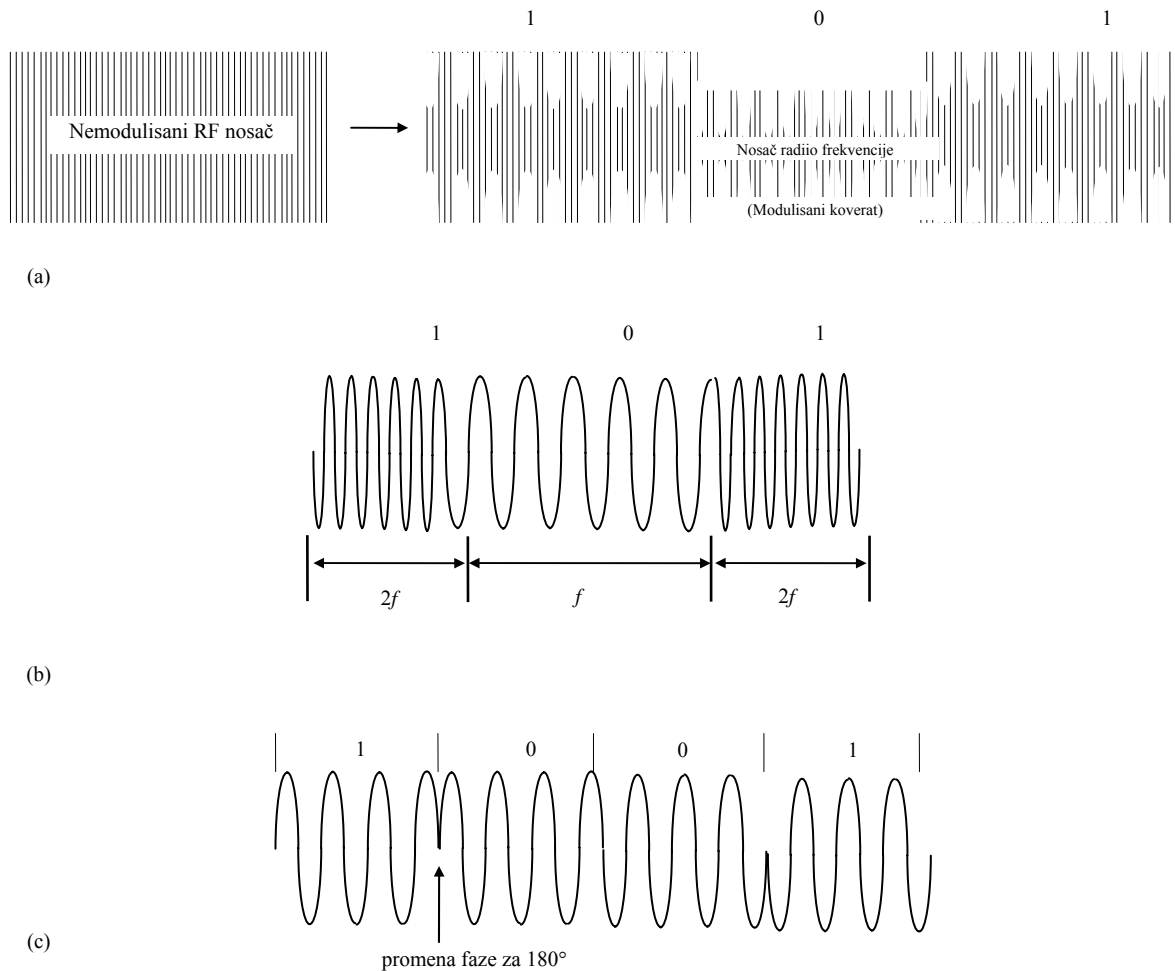
Sl. 7.12. Teleprinter (TTY).

U današnje vreme za prenos digitalnih podataka na duža rastojanja ili preko analognog medijuma, kao što su telefonske linije, koriste se modemi. Opšti blok dijagram modema prikazan je na slici 7.13.



Sl. 7.13. Blok dijagram modema.

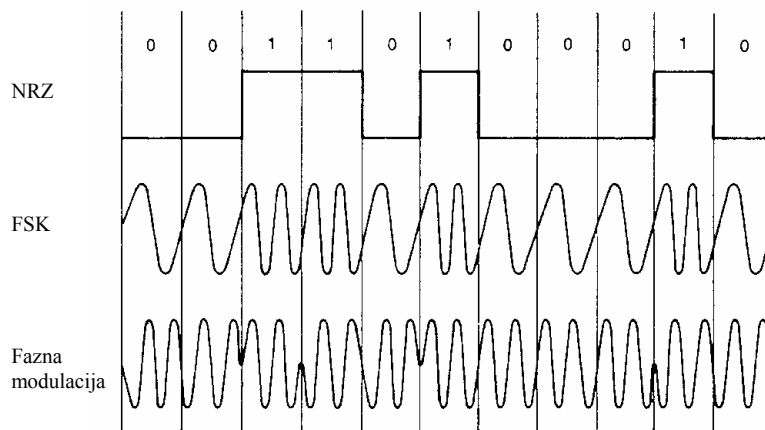
Za prenos informacije po liniji se koriste različite tehnike. Na slici 7.14 prikazana je tehnika RTTY (*Radio Teletype*) kod koje amplituda nosećeg signala varira da bi se ukazalo kada je signal na 1 ili 0.



Sl. 7.14. (a) Radio teleprinter (RTTY). (b) FSK. (c) Fazna modulacija.

Druga često korišćena tehnika modulacije je FSK (*Frequency Shift Key*). Kod ove tehnike (slika 7.15) jednom frekvencijom se predstavlja 0 a drugom 1. Na primer, Kansans City Standard koji se koristi kod zapisa na kaseti kodira 0 sa 1200Hz a 1 sa 2400Hz. Fazno kodiranje, često nazvano PSK (*Phase Shift Key*), koristi samo jednu

frekvenciju, ali promena faze ukazuje na podatak (slika 7.15). Fazno kodiranje zahteva manji analogni propusni opseg za datu bitsku brzinu, ali je kompleksnije za implementaciju. Na slici 7.15, 0 ima istu fazu kao i nosač, a 1 se kodira kao promena faze od 180° .



Sl. 7.15. Talasni oblici kod FSK i fazne modulacije.

Ograničeni opseg telefonske linije (300Hz do 3.4kHz) ograničava brzinu sa kojom se može vršiti prenos podataka. Kod poludupleks prenosa u jednom trenutku jedan modem može koristiti ceo raspoloživi opseg, a kod potpunog dupleksa ukupni propusni opseg mora biti deljiv.

Jedan od najstarijih standarda za modeme koji se još i dan danas koristi je Bell 103. Ovaj standard koristi FSK modulaciju za predaju do 300 bps u potpunom dupleksu. On koristi sledeće frekvencije.

Modem koji šalje:	0=1070Hz	Modem koji odgovara:	0=2025Hz
	1=1270Hz		1=2225Hz

Drugi poznatiji standard je Bell 212A kojim se ostvaruje brzina prenosa od 1200bps u režimu rada potpuni dupleks. Bell 212A koristi dvobitnu faznu modulaciju. Nosilac predajnog modema je 1200Hz, a modema koji odgovara je 2400Hz. Termin *dvobitni* ukazuje na činjenicu da se pomoću dva bita vrši kodiranje svakog faznog pomeraja. Na slici 7.16 prikazane su četiri fazne promene za modem tipa 212A kada je nosilac 2400Hz. Baudova brzina fazno kodiranog signala odgovara brzini faznih promena. Kako se sa dva bita kodira jedna fazna promena, niz podataka od 1200bps generiše analogni signal od 600 bauda. Modeme možemo podeliti u tri grupe:

- modemi za prenos podataka na kraćim rastojanjima (*short-haul* modemi). Kao što i samo ime ukazuje koriste se za prenos podataka u onim slučajevima kada su predajnik i prijemnik blizu jedan drugom i ne postoji potreba za korišćenjem javne telefonske mreže.
- "Voice-grade" modemi - koriste javnu telefonsku mrežu pa su zbog toga ograničeni na opseg od 300Hz do 3.4kHz. Maksimalna brzina prenosa kod ovih tipova modema je 9600bps.
- "Wideband" (širokopojasni) modemi za prenos koriste namenske ili radio kanale i mogu raditi sa brzinama od 19.2 do 230.4kbps.

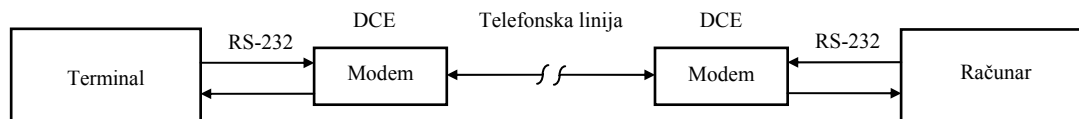
Savremeni modemi su "inteligentni" i zasnivaju svoj rad na mikroprocesorskom upravljanju. Pored mogućnosti da vrše prijem i predaju podataka, takvi modemi imaju mogućnost da se odazivaju na komande host računara, vrše automatsko povezivanje i prekidanje veze, i generišu pozivnu informaciju po telefonskoj liniji.

7.5. Standardi za prenos podataka

Postoji veći broj standarda koji se odnosi na prenos podataka. Razmatraćemo samo standarde koji se odnose na fizički nivo, a koji specificiraju naponske nivoe i definiciju signala, da bi se mogli preneti bitovi sa jednog mesta na drugo. U daljem tekstu opisaćemo standarde RS-232, RS422, RS-423, RS-449 i RS-485. Ovi standardi su definisani od strane EIA (*Electronic Industries Association*). Postoje i standardi definisani i od strane CCITT (*Comitee Consultatif International Telephonique et Telegraphique*). CCITT-ovi standardi počinju sa slovom "V", na primer V.24 je ekvivalentan sa RS-232.

7.5.1 RS-232C

RS-232C je najčešće korišćeni standard za rad na kraćim rastojanjima i srednjim brzinama. Slovo C označava da je to treća verzija početno predloženog standarda, a RS se odnosi na "*Recommended Standard*". Kao što je prikazano na slici 7.16, prvobitno je RS-232C bio namenjen za prenos podataka između uređaja tipa DTE (*Data Terminal Equipment* kao što je računar) i uređaja tipa DCE (*Data Communication Equipment* kao što je modem).



Sl. 7.16. Standardna RS-232 konfiguracija: terminal priključen na računar preko modema i telefonske linije.

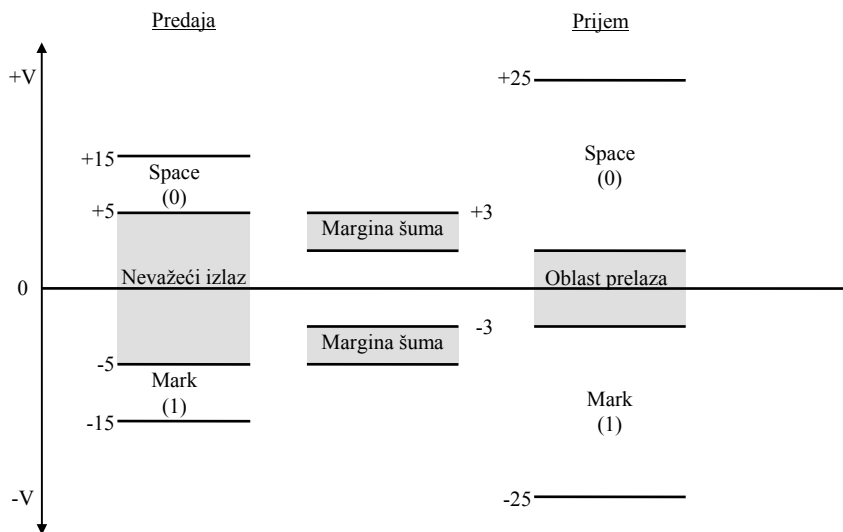
RS-232C je kako električki tako i funkcionalni standard; on specificira kako električne nivoe signala pomoću kojih se predstavlja 0 i 1, tako i funkciju svakog signala u interfejsu. U Tabeli 7.1 prikazane su osnovne električne karakteristike standarda RS-232C, RS-423A, RS-422A i RS-485.

Tab. 7.1. Električne karakteristike uobičajenih EIA standarda.

Specifikacija	RS-232C	RS-423A	RS-422A	RS-485
Režim rada	Balansirani	Balansirani	Nebalansirani	Nebalansirani
Br. drajvera i prijemnika dozvoljenih po jednoj liniji	1 drajver, 1 prijemnik	1 drajver, 10 prijemnika	1 drajver, 10 prijemnika	32 drajver, 32 prijemnika
Maksimalna dužina kabla	50 ft	4000 ft	4000ft	4000 ft
Maksimalna brsina prenosa	20 kbps	100kbps	10 Mbps	10 Mbps
Maksimalni napon pod proizvoljni uslovima	±25V	±6V	-0.25 do 6V	-7 do 12V
Izlazni signal drajvera:				
Minimum	±5V	±3.6V	±2V	±1.5V
Maksimum	±15V	±6V	±5V	±5V
Opterećenje drajvera	3 do 7kΩ	450Ω min	100Ω min	54Ω min
Maksimalna izlazna struja drajvera (stanje visoke impedanse):				
Napajanje uključeno:	NA	NA	NA	±100μA
Napajnje isključeno:	$V_{max}/300\Omega$	±100μA	±100μA	±100μA
Nagib uzlazne ivice izlaznog signala	30V/μs max	*	NA	NA
Opseg ulaznog napona prijemnika	±15V	±12V	±7V	-7 do 12V
Osetljivost ulaza prijemnika	±3V	±200mV	±200mV	±200mV
Ulazna otpornost prijemnika	3 do 7kΩ	4kΩ min	4kΩ min	12kΩ min

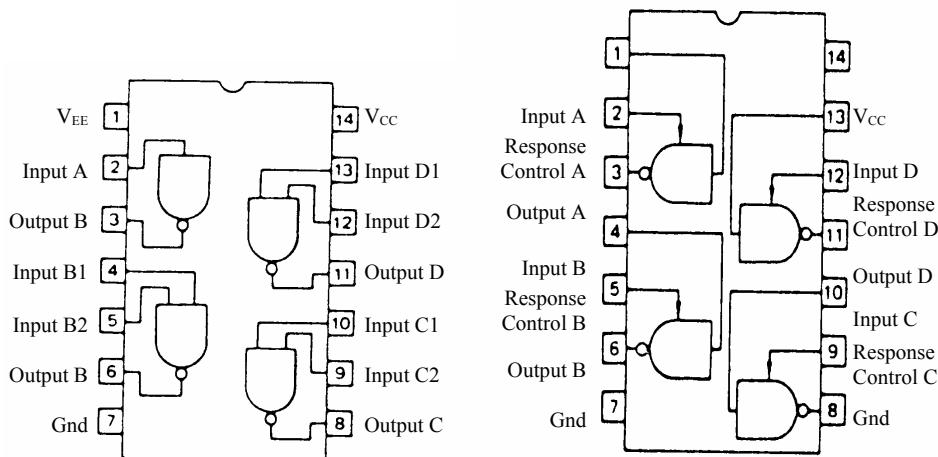
* minimum zavisi od brzine prenosa, maksimum nije specificiran

Signali su nebalansirani (takođe nazvani nesimetrični ili *single-ended*) nasuprot balansiranim (nazvani simetričnim ili diferencijalnim), što znači da je za prenos svakog signala potrebna samo po jedna veza a zajednička za sve je masa. Električni nivoe koji se koriste kod RS-232C, a odnose se na predajnik i prijemnik, prikazani su na slici 7.17.



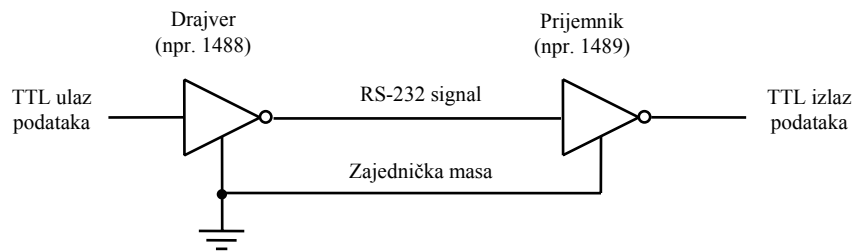
Sl. 7.17. Nivoi signala kod RS-232. Margina šuma obuhvata marginu za rezistivni pad napona u kablju.

Različiti drajveri i prijemnici kao integrisana kola se koriste za konverziju TTL nivoa u RS-232, i obrnuto. Najčešće korišćeni par je 1488 četverostruki drajver i 1489 četverostruki prijemnik. Na slici 7.18 prikazan je izgled integrisanih kola 1488 i 1489 (misli se na raspored i funkciju pinova).



Sl. 7.18. Levo je raspored pinova kod 1488 RS-232 četverostrukog drajvera IC, a desno je raspored pinova kod 1489 četverostrukog RS-232 prijemnika IC.

Direktna veza između predajnika i prijemnika RS-232C standarda, koristeći kola 1488 i 1489, ostvaruje se na način prikazan na slici 7.19.



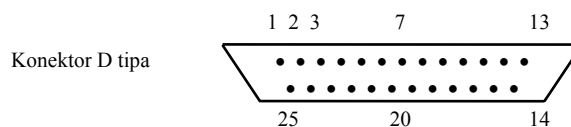
Sl. 7.19. Veza za prenos podataka kod RS-232 interfejsa.

1488 translira TTL nivoe u RS-232C nivoe, a 1489 ih ponovo konvertuje u TTL. Veza za masu je zajednička za veći broj signala.

Pored specifikacije električnih aspekata RS-232 standardom se specificiraju i funkcije i brojevi pinova grupe signala koji čine kompletni interfejs. U Tabeli 7.2 prikazani su ovi signali.

Tab. 7.2. Signali RS-232 interfejsa.

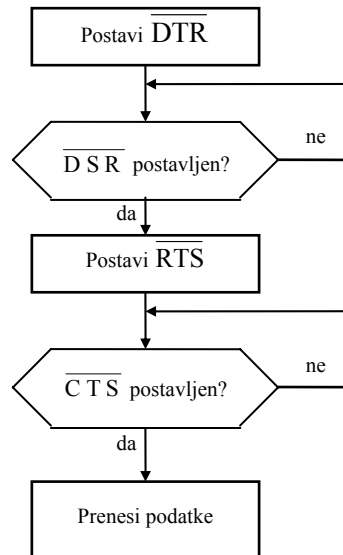
Broj pina	CCITT	EIA	Opis	Smer (DTE<->DCE)
1	AA	uzemljenje		
2	BA	TxD	TRANSMIT DATA (Prenos podataka)	
3	BB	RxD	RECEIVE DATA (Prijem podataka)	
4	CA	$\overline{\text{RTS}}$	REQUEST TO SEND (Zahtev za slanje)	
5	CB	$\overline{\text{CTS}}$	CLEAR TO SEND (Briši za slanje)	
6	CC	$\overline{\text{DSR}}$	DATA SET READY (Spremnost podataka)	
7	AB	signal gnd		
8	CF	$\overline{\text{DCD}}$	DATA CARRIER DETECT (Detekcija nosača podataka)	
9	-	(test)		
10	-	(test)		
11	-	(nedodeljeno)		
12	SCF	sec DCD	SECONDERY DCD (Sekundarni DCD)	
13	SCB	sec CTS		
14	SBA	sec TxD		
15	DB	Tx sig timing	TRANSMITTER SIGNAL ELEMENT TIMING (Tajming elementa prenosnog signala)	
16	SBB	sec RxD		
17	DD	Rx sig timing	RECEIVER SIGNAL ELEMENT TIMING (Tajming elementa signala prijemika)	
18	-	(nedodeljen)		
19	SCA	sec RTS		
20	CD	$\overline{\text{DTR}}$	DATA TERMINAL READY (Spremnost terminala podataka)	
21	CG	sig quality det	SIGNAL QUALITY DETECT (Detekcija kvaliteta signala)	
22	CE	Ring	RING INDIKATOR	
23	CH(CI)	Data sig rate	DATA SIGNAL RATE SELECTOR (Selektor brzine signala za prenos podataka)	
24	DA	Tx sig timing	TRANSMITTER SIGNAL ELEMENT TIMING (Tajming elementa prenosnog signala)	
25	-	(nedodeljen)		



Numerisanje signala odgovara 25-pinskom konektoru tipa D. Evidentno je da RS-232C podržava komunikacije tipa potpuni dupleks. Linije 2 i 3 se koriste za predaju (TxD) i prijem (RxD). Signali koji se u komunikacijama često koriste su DSR, DTR, RTS i CTS. Za ove signale kažemo da su tipa "handshake". RTS

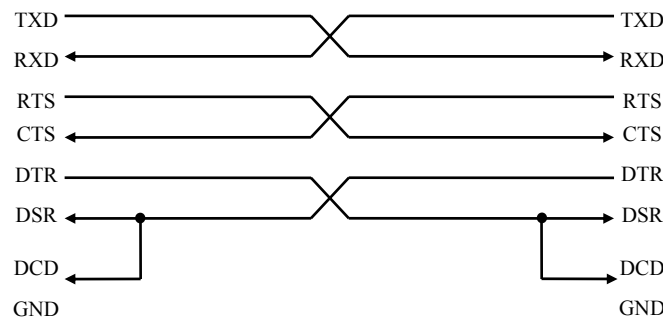
(Request To Send) šalje se od strane DTE-e (računar ili terminal) ka DCE-u (modem) sa ciljem da se DCE pripremi za prenos. DSR (Data Set Ready) se koristi da ukaže na status lokalnog DCE-a. Kada DTE želi da predaje on prvo aktivira RTS (Request To Send), a zatim čeka na potvrdu testiranjem stanja na liniji CTS (Clear To Send). Ovi signali se koriste kod poludupleks modema za upravljanje smerom predaje. DTE (računar ili terminal) aktivira signal RTS kada želi da predaje, a shodno izdatom zahtevu DCE (modem) obrće smer komunikacionog kanala. Kada je modem spreman za predaju, kao pozitivnu potvrdu na izdati zahtev, aktivira signal CTS pa DTE tada može da počne sa predajom. Kod potpunog dupleksa linije RTS i CTS se često međusobno povezuju u kablju na strani DCE-a, tako da se CTS automatski potvrđuje kada je RTS aktivirano.

Interakcija između DSR, DTR, RTS i CTS prikazana je na slici 7.20.



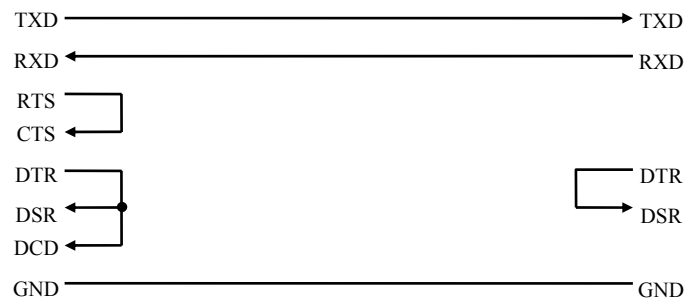
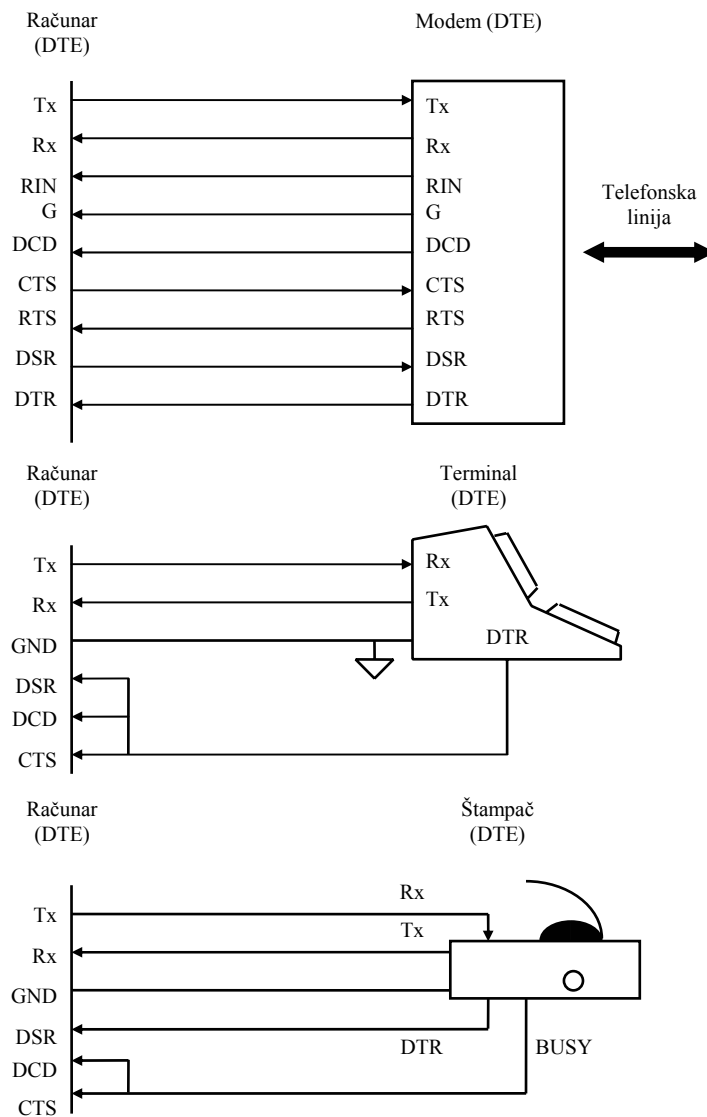
Sl. 7.20. Interakcija između signala DSR, DTR, RTS i CTS.

Standard RS-232C ne garantuje da se bilo koja dva uređaja koja koriste ovaj standard mogu direktno povezati. Kao prvo, za uspešan rad jedan od uređaja mora se konfigurisati kao DTE, a drugi kao DCE. Na primer pin TxD je izlaz iz DTE-a, a ulaz u DCE. Ako se izvrši povezivanje dva uređaja istog tipa DTE (ili DCE) oba će predavati na istoj liniji tako da interfejs neće raditi (ovo nije slučaj kada se obavlja povezivanje uređaja tipa DTE i DCE, na primer računar i modem). Rešenje za povezivanje dva uređaja, pri čemu su oba konfigurisana da budu istog tipa, može se naći ako se izvrši ukrštanje odgovarajućih parova signala u kablju za povezivanje. Na slici 7.21 prikazan je način povezivanja, često nazvan "null modem", kod koga oba uređaja smatraju da su povezani sa modemom.



Sl. 7.21. Kabl null modema.

Drugi problem koji se javlja kod korišćenja RS-232C interfejsa je odsustvo podrške rada "handshake" signalima (RTS, CTS, DTR i DSR) kao i signala DCD (DCD - Data Carrier Detect je izlazni signal iz modema koji ukazuje da je modem primio od strane drugog modema tonski nosilac). U ovim situacijama mogu nastati problemi, ako računar čeka na potvrdu signala na "handshake" liniji pre nego što počne sa slanjem. Problem se može rešiti povezivanjem signala u kablju kao što je prikazano na slici 7.22 na DTE i DCE strani. Na ovaj način oba uređaja primaju potrebne "handshake" signale i pored toga što ih drugi uređaj ne generiše.

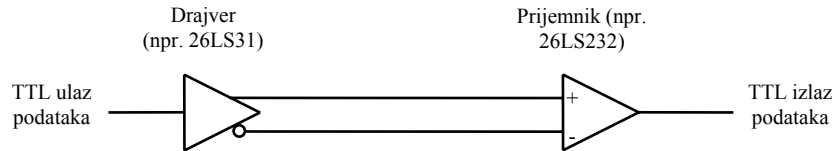
Sl. 7.22. Povezivanje RS-232 kabla za ignorisanje *handshake* signala.

Sl. 7.23. Tipične primene RS-232 interfejsa.

Na slici 7.23 prikazane su neke tipične aplikacije RS-232C. Prva veza računar↔modem je standardna, a ostale dve računar↔terminal i računar↔šampač nisu. Najveći broj interfejs problema može se rešiti izradom specijalnih kablova. Postoje takođe i specijalne kutije koje omogućavaju da se koriste kratkospojnici kojima se ostvaruje proizvoljno povezivanje. Postoje takođe i "pametni" kablovi, koji konfiguriraju svoje ulaze i izlaze u saglasnosti sa signalima koji se primaju na konektoru. Drugo korisno sredstvo za rešavanje problema kod RS-232C je "*gender changer*" koji konvertuje muški konektor u ženski i obrnuto.

7.5.2. RS-422

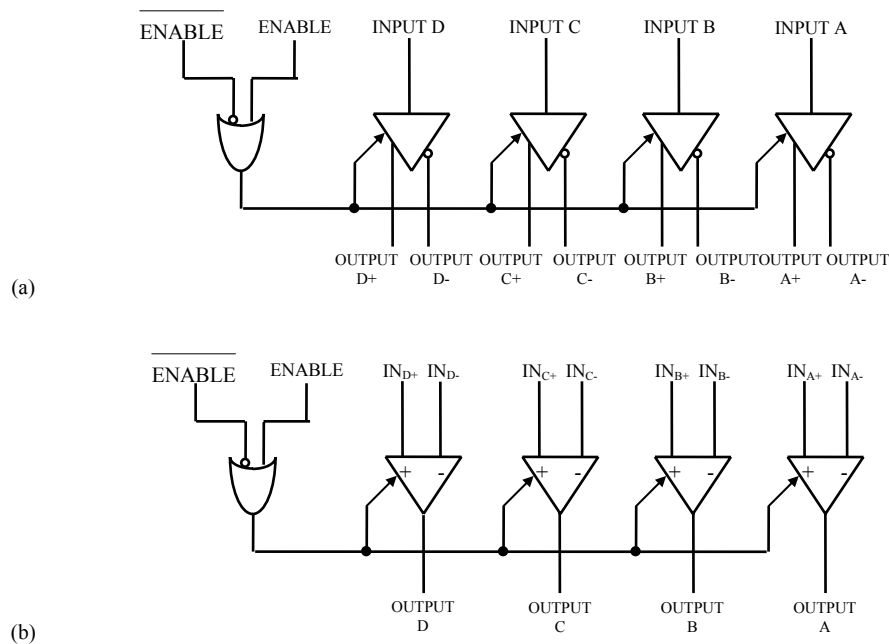
Kod RS-422 koriste se balansirani ili diferencijalni drajveri ili prijemnici za čiji je korektan rad potrebno po dve žice po signalu. Na slici 7.24 prikazan je par balansiranih predajnika/prijemnika. Ovakav pristup ima nekoliko prednosti. Šum (smetnje) indukovani u kablju od strane elektromagnetnih zračenja ima pođednak uticaj na oba voda, tj. šum nema uticaj na logičko stanje signala. Takođe i bilo kakav pad napona duž kablja (zbog podužne otpornosti, kapacitivnosti) ima pođednak uticaj na signale koji se prenose po oba voda. Drugim rečima, kod RS-422 informacija se prenosi signalom razlike između obe linije pa je zbog toga i imunost na smetnje veća.



Sl. 7.24. Balansirana (diferencijalna) veza podataka kod RS-422 interfejsa.

Treba takođe istaći da postoji i granica; prijemnik može tolerisati samo određeni nivo napona u odnosu na masu na bilo kom od njegovih ulaza. Apsolutni nivo napona smetnji i korisnog signala na ulazu u prijemnik ne sme da pređe vrednost napona napajanja.

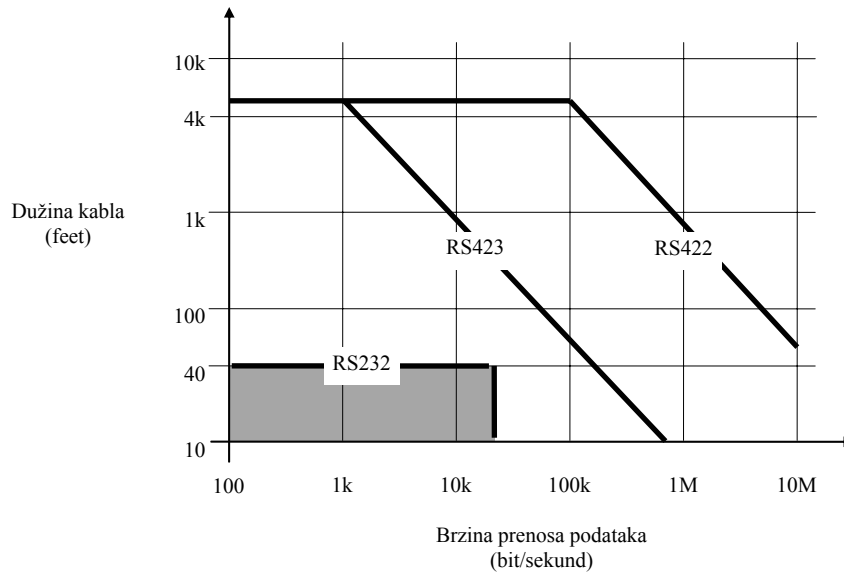
Ključne električne karakteristike interfejsa RS-422 date su u Tabeli 7.1. Drajver mora da generiše minimalni diferencijalni izlazni napon od 2V pod uslovom da postoji maksimalno opterećenje, a osetljivost prijemnika mora biti veća od 200mV. Na ovaj način do 1.8V diferencijalnog šuma (uključujući i bilo kakvu razliku zbog pada napona na oba voda) je moguće tolerisati.



Sl. 7.25. (a) 26LS31 četverostruki diferencijalni drajver za RS-422. (b) 26LS32 četverostruki diferencijalni prijemnik za RS-422 i RS-423.

Na slici 7.25 prikazane su logičke šeme tipičnih RS-422 drajvera. Drajveri imaju zajednički ulaz za dozvolu/zabranu rada većeg broja drajvera. Svaki izlazni drajver ima dva izlaza, a njegovi ulazi su TTL kompatibilni. Osetljivost ulaznog drajvera je 200mV, ako je opseg napona na zajedničkim krajevima $\pm 7V$, a njegov izlaz je takođe TTL kompatibilan.

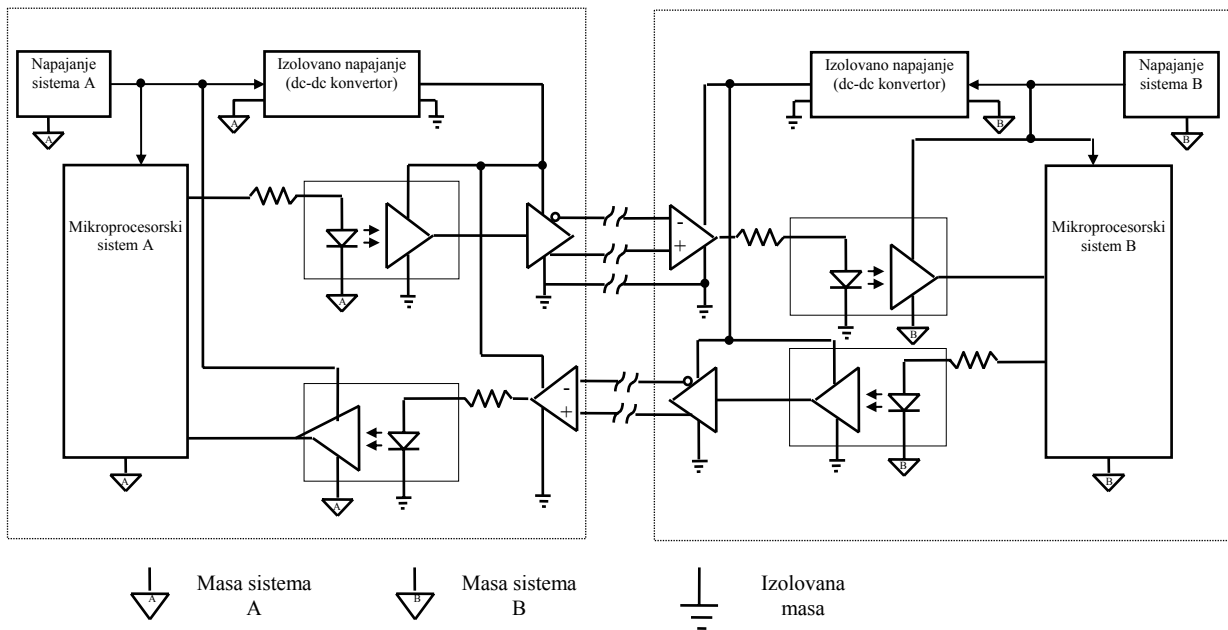
Karakteristike koje prikazuju uporedni odnos između maksimalnih brzina predaje u odnosu na dužinu kablja za RS-232C, RS-422 i RS-423, prikazane su na slici 7.26. Napomenimo da je 1feet \approx 33cm (3feet \approx 1m).



Sl. 7.26. Maksimalna rastojanja.

7.5.3. Izolacija mase

Često između potencijala masa uređaja koje treba povezati postoji potencijalna razlika koja premašuje dozvoljeni opseg napona na zajedničkim krajevima za prijemnike tipa RS-422. Ovaj problem se može rešiti izolacijom mase preko optoizolatora, kao što je prikazano na slici 7.27.

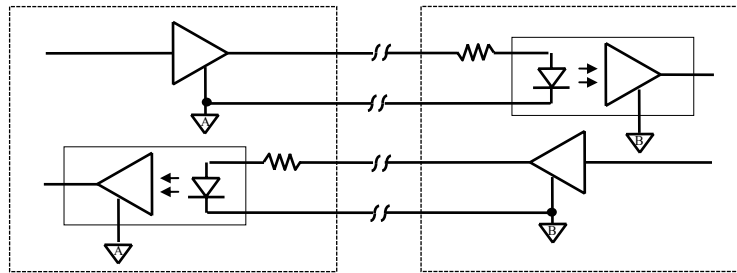


Sl. 7.27. Potpuno optoizolovana serijska veza.

U konkretnom slučaju optoizolatori su ugrađeni u pojačavačima. Da bi sistem korektno funkcionisao potrebno je da postoji i izolacija napona napajanja, tj. da blok za napajanje bude tipa DC→DC.

Jednostavniji sistem kod koga se vrši izolacija samo na prijemnom kraju prikazan je na slici 7.28. U ovom slučaju nije potrebno uvoditi i izolovano napajanje kao što je bio slučaj na slici 7.27. Ovo rešenje je pogodnije za aplikaciju interfejsa RS-232C i RS-423, a ne i za RS-422 zbog relativno malih pobudnih signala koje koristi

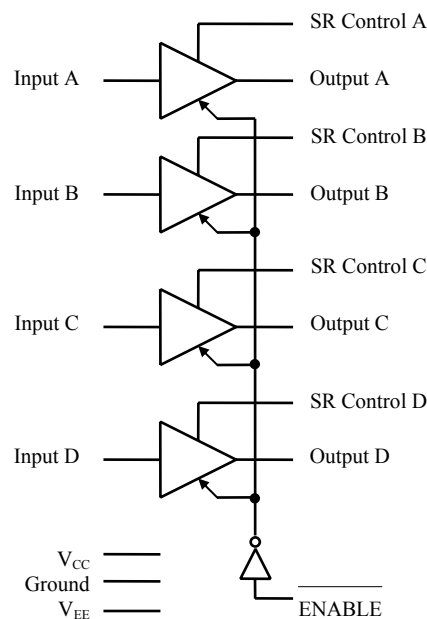
interfejs RS-422. Kod rešenja sa slike 7.28 za pobudu prijemne diode potrebna je relativno velika struja, pa to ograničava postavljanje većeg broja prijemnika na jednoj liniji kao kod RS-422.



Sl. 7.28. Izolacija samo na prijemnom kraju kod serijske veze.

7.5.4. RS-423

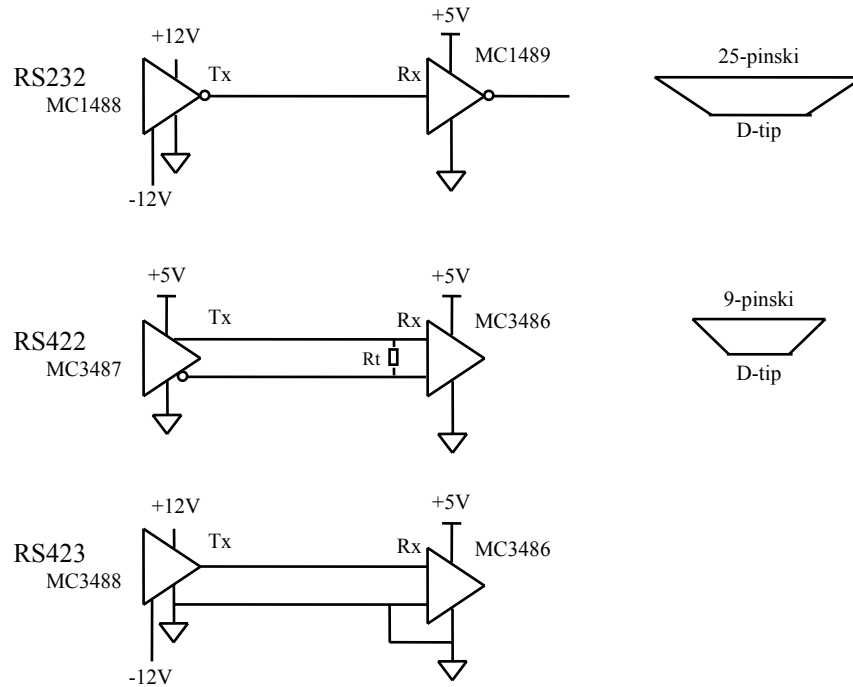
Evidentno je da RS-422 ima veći broj prednosti u odnosu na RS-232C, ali korišćenje diferencijalnog prenosa zahteva uvođenje dva puta većeg broja linija (veza) u odnosu na nebalansirani prenos. RS-423 omogućava prenos pri većim bitskim brzinama (do 100kbauda) i na duža rastojanja (do 1.2km), ali je podložan smetnjama. Kao i RS-232C, i RS-423 je nebalansirani sistem, koristi jedan signalni put (u odnosu na masu). U Tabeli 7.1 prikazane su električne karakteristike interfejsa RS-423. Najznačajnije promene su smanjenje amplitude izlaznog napona (na liniji) i povećanje osetljivosti. Minimalna promena izlaznog napona na liniji je $\pm 3.6V$ (kod RS-232C je $\pm 5V$) a maksimalni dozvoljeni izlazni napon je $\pm 6V$ (kod RS-232C je $\pm 15V$). Drajver treba da je u stanju da pobudi veći broj prijemnika (minimalna vrednost opterećenja treba da je 450Ω). Osetljivost prijemnika je $200mV$ (kod RS-232C je $\pm 3V$).



Sl. 7.29. 2SL29 četvorostruki RS-423 drajver.

Na slici 7.29 prikazan je logički dijagram drajvera za RS-423. Ovaj čip radi sa napajanjem od $\pm 5V$ nasuprot drajveru za RS-232C koji radi sa $\pm 9V$ ili više.

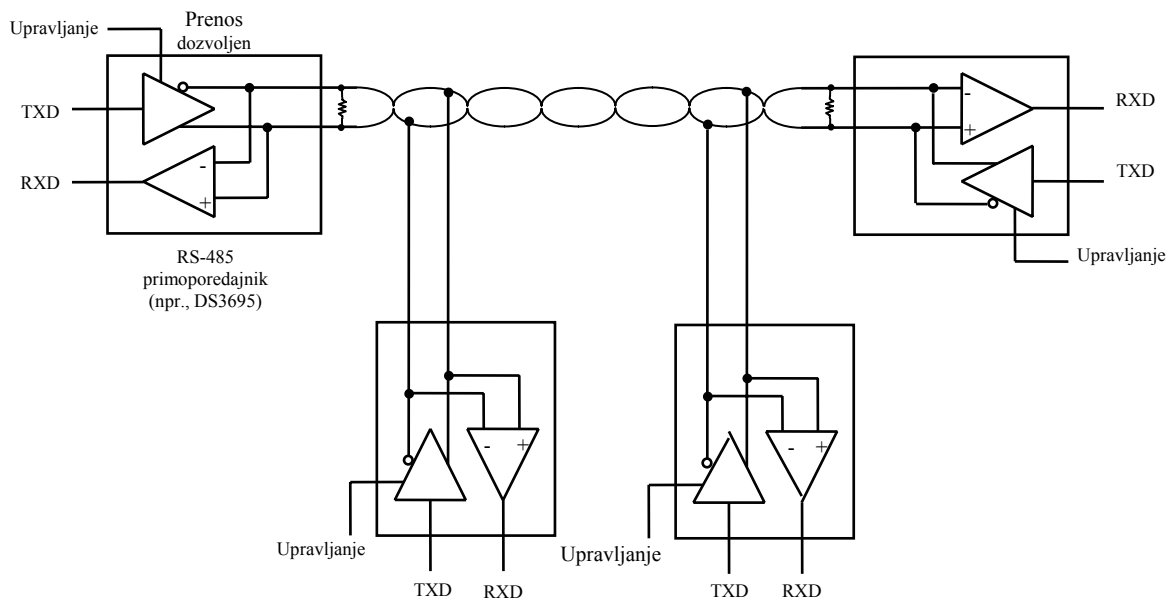
Na slici 7.30 prikazan je način povezivanja predajnika i prijemnika kod interfejsa RS-232C, RS-422 i RS-423.



Sl. 7.30. Poređenje strujne petlje, RS232 i RS422(3).

7.5.5. RS-485

RS-485 je poboljšana verzija od RS-422 a koristi se kod sistema kod kojih postoji više od jednog predajnika. Povećanjem sposobnosti izlaznog drajvera i ulazne impedanse prijemnika, moguće je zajednički povezati do 32 drajvera i 32 prijemnika.



Sl. 7.31. Poludupleks RS-485 višetačkasta mreža.

Jedan čip interfejsa RS-485 čini predajnik i prijemnik koji se zove primopredajnik (*transceiver*). Primopredajnik obezbeđuje jedan par pinova za RS-485 povezivanje i izdvojeni TTL ulaz i izlaz za predajnik i prijemnik. Rad predajnika se može dozvoliti/zabraniti stanjem signala na liniji "Control".

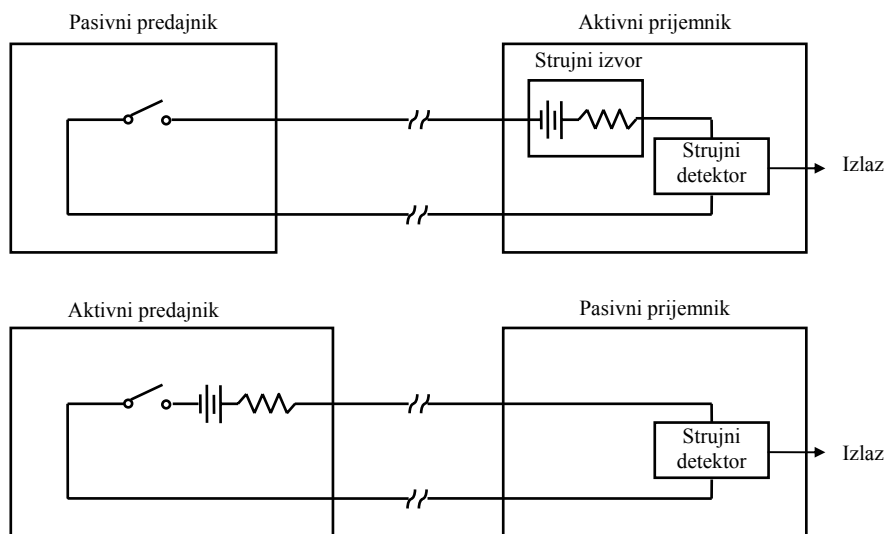
Na slici 7.31 prikazan je poludupleks RS-485 sistem koji koristi ovaj tip primopredajnika. Završni otpornici su potrebni na oba kraja.

Ako se za prenos podataka koristi širmovani upredeni (twisted) kabl, širm (oklop) se tada koristi kao zajednička masa za sve primopredajnike. Kada se želi izolacija masa između sistema koriste se optički izolatori koji se instaliraju pre svakog primopredajnika.

7.5.6. Strujna petlja

Svi prethodno opisani interfejsi su bili naponskog tipa. Drugi tip interfejsa je strujna petlja, kod koje se koristi protok struje, a ne specifični naponski nivo radi ukazivanja na stanje signala. Strujna petlja je početno korišćena u telegrafiji. Telegrafski interfejs koristi petlju od 60mA. Najveći broj računara i periferija koristi interfejs tipa strujna petlja od 20mA.

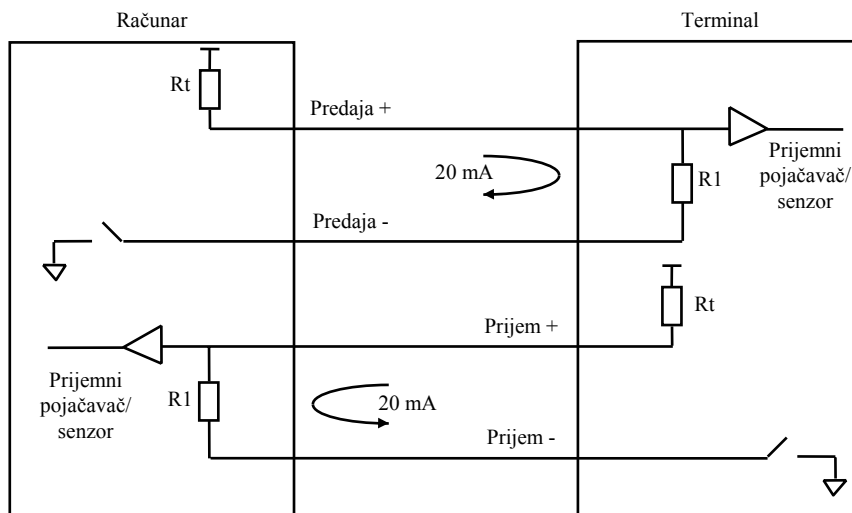
Princip rada interfejsa tipa strujna petlja prikazan je na slici 7.32.



Sl. 7.32. Interfejs tipa strujna petlja.

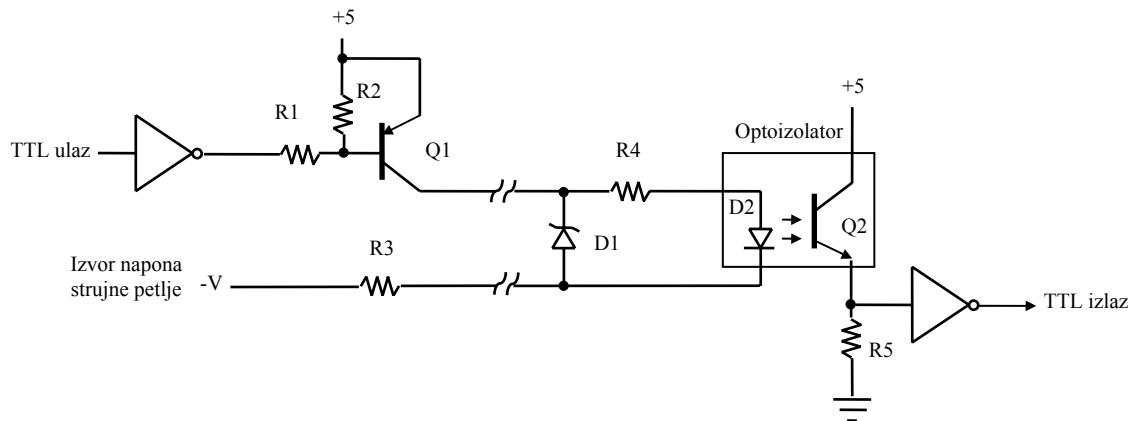
Kod ovog interfejsa strujni izvor može biti u predajniku ili u prijemniku. Kraj u kome se nalazi strujni izvor zove se aktivni a drugi kraj se zove pasivni. Ne postoji standard kada predajnik, a kada prijemnik, treba da bude aktivan, ali da bi sistem uspešno radio jedan deo mora biti aktivan a drugi pasivan.

Na slici 7.33 prikazan je način korišćenja strujne petlje kada se želi ostvariti prenos tipa puni dupleks.



Sl. 7.33. Strujna petlja od 20mA.

Praktična implementacija tipične strujne petlje prikazana je na slici 7.34. Kod ove petlje koristi se aktivni predajnik, a pasivni prijemnik. TTL ulaz uključuje (aktivira) Q1 i dozvoljava protok struje kroz petlju koristi strujnu petlju. Zener dioda D1, ograničava pad napona na LED elementu i otporniku R4, a R4 određuje struju LED diode. Kada struja kroz petlju teče LED elementat je aktivan pa optoizolatorski fototranzistor provodi. Optoizolatorom se ostvaruje izolacija masa između predajnika i prijemnika, što je posebno važno ako su mase sistema predajnik i prijemnik na različitim potencijalima. Optički izolator se može takođe koristiti na predajnom delu ako se želi ostvariti potpuna galvanska izolacija.



Sl. 7.34. Realizacija strujne petlje.