

RS-232

RS-232 je, u žargonu, naziv za najrašireniji digitalni, serijski međusklop. Zapravo je riječ o EIA standardu RS-232-C od kojeg postoje brojne inačice (V.24) i izvedenice (pojednostavnjenja i odstupanja).

Propisuje konektor, napone, signale i protokol za povezivanje DTE (terminal, računalo)...

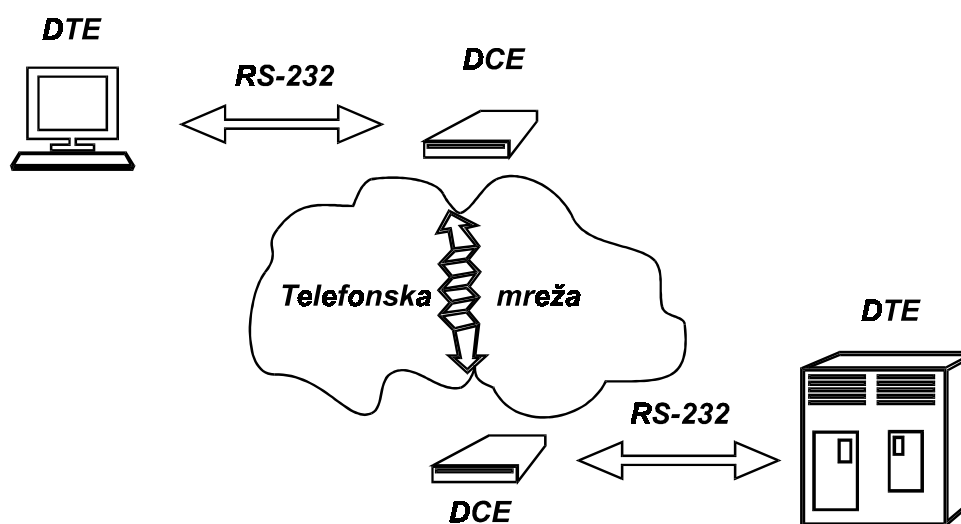
Standard propisuje DB 25 konektor s 25 signala od kojih se danas koriste najviše 9. Dozvoljene su naponske razine od -12V do +12V. Očekuje se brzina komunikacije do 19200 bps (bita u sekundi) na udaljenost od barem 15 m.

Zbog velike raširenosti, u praksi se koristi i mimo standarda, za povezivanje DTE s DTE, na veće udaljenosti i brzine od propisanih te se koriste različiti konektori i nestandardni naponi.

Nekoliko je pokušaja definiranja novih standarda (RS-449) ili dodataka (modemi za svjetlovod) kako bi se postigle vrlo velike brzine i udaljenosti te neosjetljivost na smetnje.

Što je RS232

RS-232 je standard koji definira digitalnu, serijsku komunikaciju između DTE (Data Terminal Equipment) i DCE (Data Communication Equipment).



Slika 1

Izvorno je zamišljen za povezivanje računala i terminala (DTE) s modemima (DCE) za potrebe udaljenog rada na (tada skupim i rijetkim) središnjim računalima (Slika 1).

Danas sve veći broj instrumenata, i uređaja općenito, ima ugrađen RS-232. Toliko se često koristi da se obično u govoru spominje kao "serijska veza", iako je to samo jedan od standarda za serijsku komunikaciju.

Standard

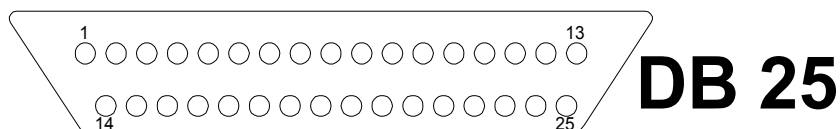
RS-232-C je oznaka standarda kojeg je postavila EIA (Electronic Industries Association). "C" označava da je riječ o trećoj doradi specifikacije, a u pripremi je i "D". U nastavku teksta ćemo kroistiti samo naziv "RS-232" bez oznake "C" i pri tome ćemo podrazumijevati posljedju reviziju standarda.

Zbog velike raširenosti, propisao ga je i CCITT (International Telegraph and Telephone Consultative Committee, danas ITU-T /International Telecommunication Union/) pod oznakom V.24. Doduše, V.24 ne propisuje konektor (nego ISO standard) i električke karakteristike (to definiraju standardi V.10 i V.11).

RS-232 propisuje konektor, električne karakteristike, signale i signalizaciju. Standard ne propisuje način prijenosa podataka iako se najčešće koriste asinkroni i sinkroni prijenos.

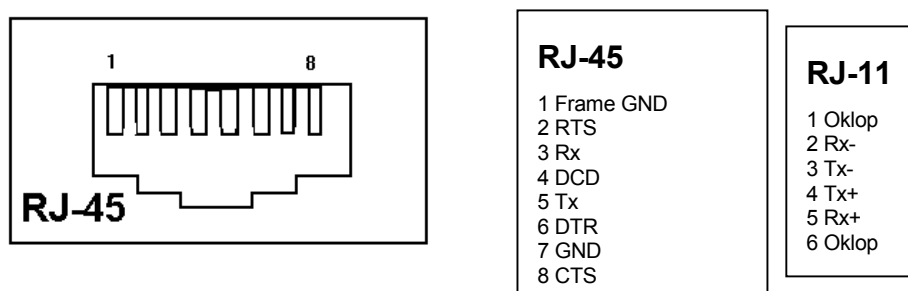
Konektor

Standard propisuje DB25 konektor (*Slika 2*). Radi se o dvorednom konektoru s 25 kontakata. Postoje "muški" (*eng. pin, nožice*) i "ženski" (*eng. socket, rupice*) konektor. "Muški" je uvijek na DTE uređajima: računala i terminali. "Ženski" je uvijek na DCE opremi: uglavnom modemi.



Slika 2

Sam DB-25 konektor je opisan ISO standardom. Kako ćemo vidjeti kasnije, danas se sve češće koristi svega 9 signala, a komunikacija je moguća i sa svega tri signala. To neminovno vodi i k tome da se u praksi nastoje koristiti i drugačiji, manji i jeftiniji konektori. Uvriježeni su, iako ne i definirani RS-232 standardom: DB9, RJ45 i RJ11.

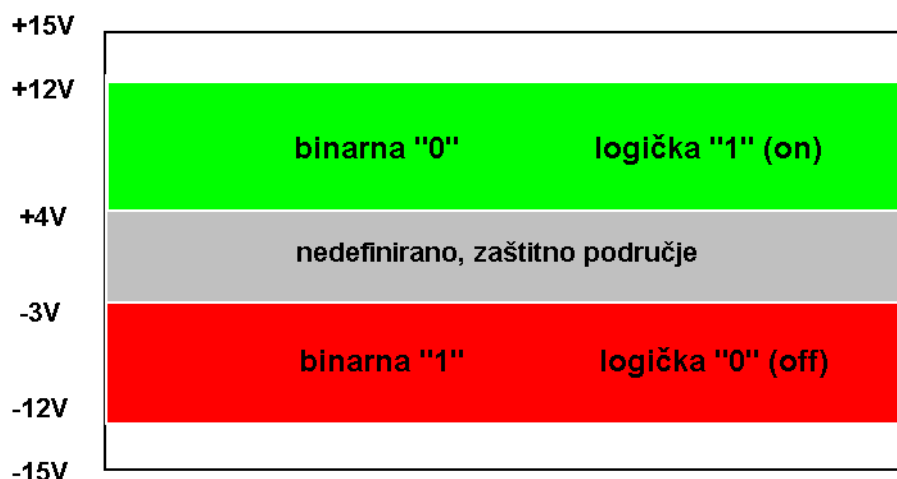


Slika 3

Električne karakteristike

Postoje podatkovni signali (Tx i Rx) i kontrolni signali (Tablica 2). Podatkovni koriste binarna stanja, a kontrolni logička stanja.

Električka specifikacija propisuje napone od -12V do +12V, iako se toleriraju i naponi od -15V do +15V. Naponske razine iznad +3V (u nekoj literaturi se navodi +4V) smatraju se binarnom "0", a logičkom "1". Naponska razina ispod -3V se smatra binarnom "1", a logičkom "0".



Slika 4

Ovakvim izborom napona, dobiveno je široko zaštitno područje (-3V do +3V) u kome su nedefinirana stanja.

Dozvoljene su brzine prijenosa do 20 kbps (bita u sekundi) i duljine kabela do 15 m.

Svi su signali unipolarni, tj. referenciraju se na jedan, zajednički, povratni vod: GND (pin 7). To smanjuje broj potrebnih žica u kabelima i pojednostavnjuje sklopove, ali povećava osjetljivost na smetnje i parazitne pojave. Stoga je u praksi moguće koristiti i dulje kabele, ali će tada obično trebati smanjiti brzinu prijenosa, da bi se smanjile greške u prijenosu. I obratno, moguće je ostvariti prijenos i većim brzinama, ali će trebati smanjiti duljinu kabela. U sljedećoj su tablici dani odnosi brzine prijenosa i duljine oklopljenog i neoklopljenog kabela:

Baud Rate u bps	Oklopljeni u metrima (feet)	Neoklopljeni u metrima (feet)
110	1500 (5000)	900 (3000)
300	1500 (5000)	900 (3000)
1200	900 (300)	900 (3000)
2400	300 (1000)	150 (500)
4800	300 (1000)	75 (250)
9600	75 (250)	75 (250)
19200	15 (50)	15 (50)

Tablica 1

Ovo su korisne polazne informacije, ali u praksi će trebati prilagoditi vrijednosti stvarnim uvjetima u pojedinoj primjeni: kvaliteti kabela, smetnjama i dr.

U praksi se susreću i uređaji koji koriste TTL naponske razine. Oni ne bi smjeli nositi oznaku RS-232 i smiju se spajati samo s istovrsnim uređajima.

Signali

RS-232 definira signale na svih 25 kontakata (pinova) (*Tablica 2*).

Svi imaju samo jedan, zajednički povratni vod: GND (pin 7). Postoji i "Protective ground" linija (pin 1) koja se **samo na jednoj strani kabela** treba povezati s okloptom uređaja (uzemljenjem). Ako je kabel oklopljen, tada oklop treba spojiti na pin 1.

Potrebno je još jednom posebno naglasiti da je **binarna 1** (podatkovne linije) signalizirana **negativnim**, dok je **logička 1** (kontrolne linije) signalizirana **pozitivnim naponom**.

U tablici su navedeni svi signali definirani RS-232 standardom, i ujedno odgovarajući signali V.24 standarda.

Danas se u praksi koristi samo devet signala i zaštitno uzemljenje (pin 1). Ti su signali navedeni u tablici u prve tri skupine signala. Komunikaciju je moguće ostvariti sa samo tri signala navedena u prve dvije skupine: Tx, Rx i GND. U tom slučaju nema kontrole protoka podataka. Moguće ju je ostvariti tek na programskoj razini.

Pin	Oznaka	RS-232		V.24		Objašnjenje
		Kod	Signal	Kod	Signal	
1		AA	Protective ground	101	Protective ground	zaštita od smetnji povratni vod
7	GND	AB	Signal Ground	102	Signal Ground	
2	Tx	BA	Transmitted data	102	Transmitted data	podatkovne linije
3	Rx	BB	Received data	104	Received data	
4	RTS	CA	Request to send	105	Request to send	kontrolne linije
5	CTS	CB	Clear to send	106	Ready for sending	
6	DSR	CC	Data set ready	107	Data set ready	
20	DTR	CD	Data terminal ready	108	Data terminal ready	
22	RI	CE	Ring indicator	125	Calling indicator	
8	DCD	CF	Line detector	109	Line detector	
21		CG	Signal quality	110	Signal quality	
23		CH	DTE rate	111	DTE rate	danas se rijetko koriste

18 11	CI	DCE rate	112 126	DCE rate Select frequency	
24 15 17	DA DB DD	DTE timing DCE timing Receiver timing	113 114 115	DTE timing DCE timing Receiver timing	podešavanje brzine prijenosa
14 16 19 3 12	SBA SBB SCA SCB SCF	Transmitted data Received data Request to send Clear to send Line detector	118 119 120 121 122	Transmitted data Received data Line signal Channel ready Line detector	sekundarni kanal

Tablica 2**Signalizacija - protokol**

Kontrolne linije u trećoj grupi signala prethodne tablice, služe za regulaciju razmjene podataka.

Kada je računalo ili terminal uključen i spreman za rad s modemom, postavlja DTR (Data Terminal Ready) liniju u logičku 1 (pozitivan napon). Modem, pak, postavlja DSR (Data Set Ready), kad je spreman za rad. Sada modem pokušava uspostaviti vezu s modemom na drugoj strani telefonske linije.

Kad modem na (telefonskoj) liniji otkrije signal nosioc, postavlja DCD (Data Carrier Detect) signal. Sada može započeti prijenos podataka.

RTS (Request to Send) signal znači da računalo ili terminal imaju spremne podatke za prijenos i žele ih poslati modemu. Spremnost da primi podatke, modem signalizira s CTS (Clear to Send). Računalo podatke šalje modemu preko Tx (Transmit), a prima preko Rx (Receive) linije.

Kada modem ne može više primiti podatke, spusti CTS signal na što računalo mora prestati slati podatke. Ponovnim aktiviranjem CTS signala računalo smije slati podatke.

Cijeli se protokol može vrlo lijepo opisati običnim riječima, na slijedeći način:

Uređaj	Signal	Značenje
Computer	DTR +	Hađem o nekoga nazvati. Spreman ?
Modem	DSR +	Ja sam uključèn. Koji brojda nazovem ?
Modem	DCD +	Pozvanim odem se odazvao im o•em o nastaviti razgovor s njim .
Computer	RTS +	Imam podatke. Mogu li ih poslati?
Modem	CTS +	Bez problema ! Šaljim i podatke .
Computer	TxD ...	Podaciteku, znak po znak.
Modem	...RxD	Modem in prima išađe u telefonsku liniju .
Modem	CTS -	Molim stanim ab ! Trenutno ne mogu dađe skati podatke na liniju .
Modem	CTS +	Sad je sve u redu, šaljadaje podatke .
	...	Čiđi postupak u prethodne četiri točke se ponavlja neograničen brojputa, sve dok računab •e liazgovaratis pozvanom stanom .
Computer	DTR -	Zavišb sam s posbm (razgovorom). Prekinite telefonsku liniju .
Modem	DCD -	U redu. Linija prekinuta .

Tablica 3

U slučaju kada spajamo dva uređaja od kojih jedan očekuje upotrebu signala za kontrolu protoka podataka, a drugi ne podržava taj način rada, potrebno je na uređaju koji očekuje protokol poduzeti sljedeće: kratkospojiti CTS i RTS signale (5 i 4) te DTR s DSR i DCD (20 na 6 i 8).

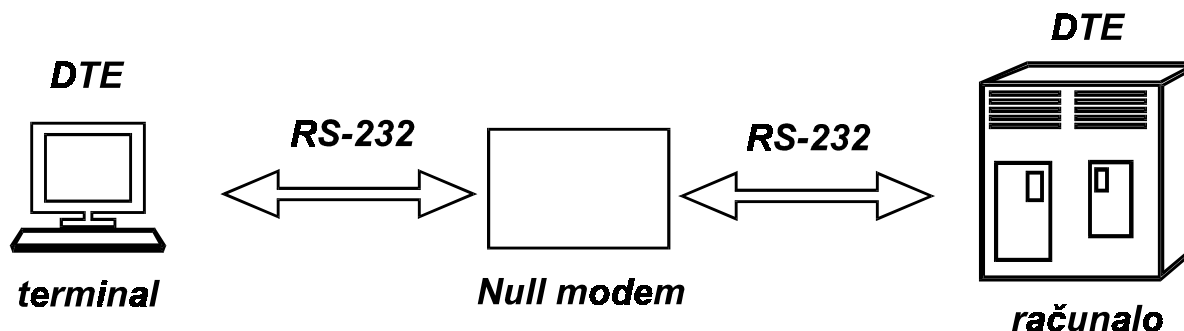
Ako oba uređaja podržavaju rad bez kontrolnih linija, protokol razmjene podataka moguće je ostvariti i upotrebom posebnih znakova. Najpoznatiji je tzv. "Xon-Xoff" protokol. Uređaj koji želi zaustaviti slanje podataka iz smjera sugovornika, pošalje sugovorniku znak Xoff (ctrl-S na tastaturi). Kada je sprema za prijem, pošalje Xon (ctrl-Q na tastaturi). Neke implementacije ovog protokola prihvaćaju bilo koji znak kao Xon simbol.

Spajanje uređaja

DTE oprema (računala, terminali, printeri itd.) uvijek moraju imati "muški" DB25 konektor, dok DCE oprema (modemi) moraju imati "ženski" DB25 konektor.

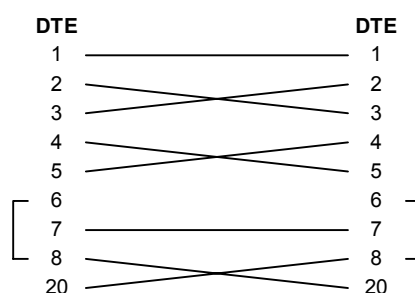
To znači da kabeli imaju na jednoj strani "muški", a na drugoj "ženski" konektor, da imaju 25 žica koje su spojene "jedan na jedan", tj. pin 2 jednog konektora je spojen na isti pin drugog konektora. Preporučljivo je da kabel ima oklop, koji se spaja na pin 1 ženskog konektora.

Međutim, danas je u praksi RS-232 uvriježen za spajanje i DTE s DTE, bez posredstva DCE opreme i komunikacijske mreže. Na primjer, spajamo računalo s terminalom ili printerom. U tom je slučaju potreban "null-modem", uređaj koji će zamijeniti modeme i komunikacijsku mrežu.



Slika 5

Null modem je pasivna naprava u kojoj se samo vrši prespoj signala na sljedeći način:



Slika 6

Kako, očigledno, null modem samo prespaja signale, njegova se funkcija može ostvariti i u samom kabelu. Takav se kabel naziva "null modem kabel", ima oba "muška" konektora, čiji su kontakti spojeni "u križ" prema prethodnom crtežu.

Prijenos podataka

Podaci se mogu prenositi na dva načina: asinkrono i sinkrono. Daleko najrašireniji (po broju primjena) je asinkroni način, koji prenosi znak po znak. Sinkroni način prenosi blok znakova odjednom i bio je u širokoj upotrebi na velikim računalima 60-tih godina.

U oba slučaja se podaci prenose brzinama od 50, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 ili 19200 bita u sekundi. Danas se u praksi koriste i nestandardne brzine od 14400, 28800 te 33600 bita u sekundi, posebno za modemske komunikacije.

Asinkroni prijenos

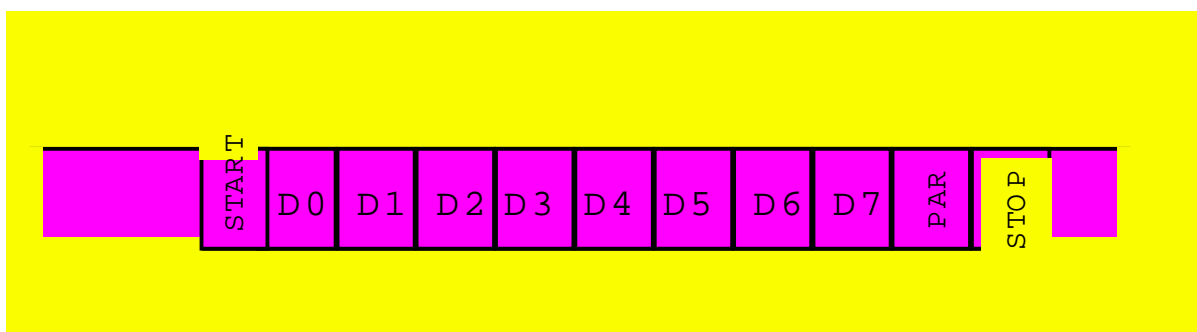
Asinkronim načinom prijenosa prenosi se svaki znak zasebno. Znak može imati 5 do 8 bitova i utvrđuje se za svaku komunikaciju (razgovor) unaprijed, dogovorom sugovornika (ne može se utvrditi automatski).

Na početku svakog znaka nalazi se bit koji označava početak znaka: *start bit* (binarna 0). Na sličan način znak završava *stop bitom* (binarna 1). Iz povijesnih

razloga (stari elektromehanički uređaji) predviđena je mogućnost da stop bit ima trajanje u duljini 1, 1.5 ili 2 bita.

Pored bitova koji prenose informaciju, znak može na kraju sadržavati i *paritetni bit* koji omogućava otkrivanje jednostruke greške u prijenosu. On se postavlja za svaki znak posebno u takvo stanje da ukupan broj bitova u znaku koji su u stanju binarne 1 bude paran ili neparan, u ovisnosti da li je dogovorena zaštita parnim ili neparnim paritetom. Vrsta zaštite mora se dogovoriti unaprijed za svaku razmjenu podataka (razgovor).

Očigledno je da asinkroni prijenos ima relativno nisku efikasnost, jer u najboljem slučaju (8 bita, bez pariteta) prenosi se ukupno 10 bitova za 8 bita informacije što je 80% iskoristivosti, odnosno 25% overhead-a). U najgorijem slučaju to je čak ukupno 8 bitova za 5 bitova informacije što daje efikasnost od svega 62%, tj. 60% overhead-a.



Slika 7

Daljnji problem je u situacijama visokog opterećenja, tj. kada se šalju znak za znakom bez međusobnog razmaka. U toj situaciji, ako dođe do kratkotrajnog prekida ili greške u komunikaciji (smetnja, modem i sl.) prijemna se strana teško sinkronizira na početak znaka.

Prednosti asinkronog prijenosa su u tome što su i sklopovlje i programska podrška jednostavni i lako se primjenjuju. Svakako je njegova najveća prednost velika raširenost i standardiziranost.

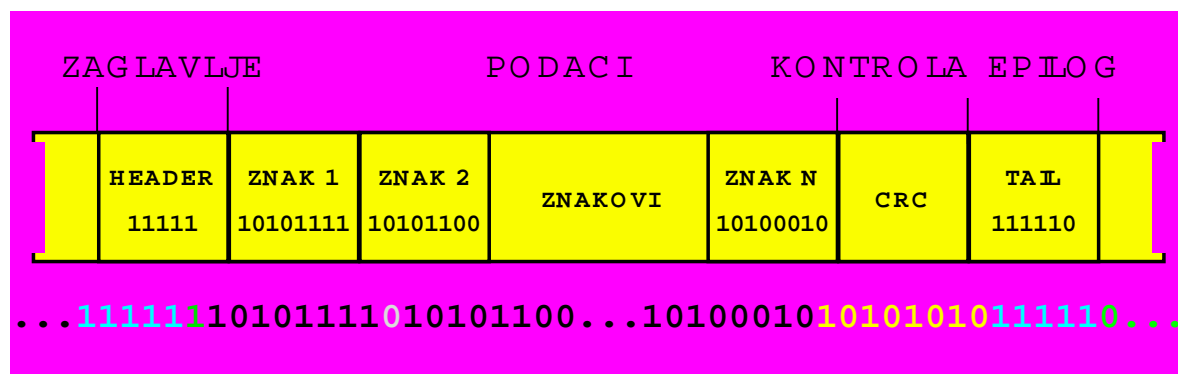
U praksi se najčešće susreće prijenos 8 bita, 1 stop bit, bez pariteta ($8, 1, N$) ili, pak, 7 bita, 1 stop bit i parni paritet ($7, 1, E$).

Sinkroni prijenos

Povijesno, sinkroni je način prijenosa nastao u doba kada su računala još bila spora, pa bi im reakcija na svaki znak koji bi poslao terminal bitno smanjivala efikasnost. Stoga je zamišljeno da operater terminala unese sve podatke ili naredbe za neku operaciju i pritiskom na tipku "send" pošalje blok podataka. Na sličan je način računalo vraćalo ispis na ekran.

Danas se takav prijenos bloka podataka koristi uglavnom još samo u komunikaciji među računalima (računalne mreže).

Osnovno je svojstvo da se niz bitova koji predstavljaju skupinu znakova šalju slijedno, bez bitova zaštite ili sinkronizacije među njima. Sinkronizacija i zaštita ugrađuju se na početku i kraju cijelog bloka znakova.



Slika 8

Na početku bloka nalazi se zaglavlje, koje ima takav raspored bitova, koji se nikada ne može dogoditi unutar bloka podataka koji se prenose. Očigledno je da je to nemoguće postići, s obzirom da svaki znak zasebno može imati sva stanja koje dopušta binarna logika, a i da se znakovi mogu proizvoljno kombinirati. Stoga je bilo potrebno izvesti intervenciju na podacima sadržaja.

Sinkroni prijenos zahtijeva da se u korisnim podacima koje šaljemo ne smije pojaviti više od 4 jedinice uzastopno. Ako se pojave, logika (sklop ili program) prijenosnog uređaja će automatski ubaciti 0 kao peti znak. Na taj je način moguće koristiti 5 jedinica kao posebni simbol, u ovom slučaju za sinkronizaciju bloka podataka, na početku kao zaglavlje (11111) i na kraju kao epilog (11110). Očigledno je da prijemni uređaj mora automatski odbaciti sve umetnute 0 u sadržaju.

Epilogu prethodi i zaštita ispravnosti prijenosa koju najčešće čine dva znaka koji se dobivaju tzv. CRC (Cyclic Redundancy Check) algoritmom. Svi bitovi sadržaja propuste se kroz odabrani algoritam čiji se rezultat dodaje u prijenosu na kraju podataka, a prije epiloga. Na prijemnoj se strani primljeni sadržaj "provuče" kroz isti algoritam i uspoređi s primljenim CRC znakovima. Ako nisu isti, prijenos cijelog bloka se mora ponoviti. CRC otkriva višestruke greške u prijenosu, ali ne omogućava njihovu ispravku. Postoji više vrsta CRC algoritama (najčešće se koristi CRC-16), a mogu se koristiti i drugi algoritmi. Točan algoritam mora biti poznat objema stranama u komunikaciji prije njenog početka.

Prednosti sinkronog prijenosa su u visokoj efikasnosti kod velikih opterećenja i boljoj zaštiti. Nedostaci su u znatno složenijoj realizaciji sklopova i programa te u nižoj efikasnosti kod smetnji zbog potrebe ponovnog prijenosa cijelog bloka podataka.

Kodovi za prijenos podataka

Iako svaki korisnik može smisliti vlastito kodiranje podataka, jer ono nije propisano RS-232 standardom, u praksi se danas uglavnom koristi ASCII, dok je ranije, posebice u sinkronom prijenosu, bio prilično raširen EBCDIC kod tvrtke IBM.

Nedostaci i rješenja

Osnovni nedostaci RS-232 proizlaze iz njegove velike raširenosti što uključuje i primjene za koje nije izvorno zamišljen. Sve one danas zahtijevaju što veće brzine komuniciranja na što veće udaljenosti. Drugi je glavni problem u osjetljivosti na smetnje.

Iako je bilo pokušaja dogradnje standarda u smislu povećanja brzine, oni uglavnom nisu doživjeli uspjeh RS-232.

RS-449 su zapravo nakupina od tri standarda. Sam RS-449 opisuje mehaničke, funkcionalne i proceduralne karakteristike, dok električke karakteristike definiraju dva standarda: RS-423-A koji definira zajednički povratni vod i RS-422A koji definira zasebni povratni vod za svaki signal. RS-422-A zbog toga omogućava prijenos brzinama i do 2 Mbps na udaljenostima do 60m. Međutim, zahtijeva velik broj vodova pa koristi čak dva konektora od kojih jedan ima 37 nožica (DB-37), a drugi 9 (DB-9) koji je potreban ako se koristi i drugi kanal (reverse channel). Nažalost, za današnje potrebe udaljenost je još uvijek premala. U stručnim krugovima su ga često zvali "istočni" RS-232 zato, jer su ga prihvatili uglavnom proizvođači računalne opreme u bivšoj istočnoj Europi.

Danas se rješenja za ove probleme traže u novim modemima za iznajmljene linije te u optičkim vlaknima i modemima za njih koji omogućavaju prijenosne brzine u megabitnom području na kilometarskim udaljenostima.

Načini realizacije

S obzirom na veliku raširenost RS-232 i primjenu u različitim uređajima, prirodno je da je industrija pripremila brojne komponente koje pomažu u njegovoj realizaciji.

Gotovo da nema porodice mikroračunala ili mikrokontrolera koji nemaju komponentu koja realizira serijski međusklop. Primjeri su: Z-80 SIO te UART 8250, USART 8251, 16450 i 16550 koji se koriste u PC računalima. Međutim, te komponente vrlo često ne ostvaruju puni standard RS-232, već se brinu za serijsku komunikaciju i osiguravaju potrebne kontrolne linije za ostvarenje funkcije protokola. Sama funkcija protokola se, međutim, ostvaruje u programskoj podršci.

Što se električkih svojstva tiče, pretvorbu s TTL (+5V) razina na RS-232 naponske razine ($\pm 12V$) ostvaruju zasebne komponente poput: SN 75188 i SN 75189 (nekad), Motorola 1488 i 1489 (pretežito danas). Sve se češće susreću komponente poput Maxim MAX 232 (A, E, 233 itd), jer interno stvaraju potrebna napajanja ($\pm 12V$) iz standardnih +5V, što bitno pojednostavnjuje dizajn uređaja.

Literatura

1. EIA standardi (RS-232-C, RS-449, RS-423-A, RS-422-A)
2. ITU-T standardi (V.24, V.10, V.11)

Pitanja

1. Što je to RS-232 ?
2. Za spajanje kakvih uređaja je zamišljen ?
3. Za kakve se uređaje danas koristi ?
4. Koje brzine prijenosa podataka i na koju udaljenost jamči ?
5. Kakav je konektor propisan ?
6. Kakvi se sve danas konektori koriste ?
7. Koji broj signala standard propisuje ?
8. Koliko se danas signala koristi ?
9. Koliki je minimalni broj signala (žica) ?
10. Koje su električne karakteristike signala ?
11. Koji naponi odgovaraju podatkovnoj "0", a koji "1" ?
12. Koji naponi odgovaraju logičkoj "0" i "1" kod signala za uspostavu protokola ?
13. U kakvom su odnosu brzina prijenosa i duljina kabela ?
14. Kako se spajaju uređaji ?
15. Kako se spajaju dva DTE uređaja ?
16. Što je to "null-modem" ?
17. Kako se ostvaruje protokol, ako ga jedan uređaj ne podržava ?
18. Kako se ostvaruje protokol, ako oba uređaja ne podržavaju kontrolne linije ?
19. Kako se prenose podaci ?
20. Koja je razlika između asinkronog i sinkronog prijenosa ?
21. Koja su osnovna svojstva asinkronog prijenosa ?
22. Koje su prednosti, a koji nedostaci asinkronog prijenosa ?
23. Koja su osnovna svojstva sinkronog prijenosa ?
24. Koje su prednosti, a koji nedostaci sinkronog prijenosa ?
25. Koji su najvažniji nedostaci RS-232 i koja su moguća rješenja ?
26. Kako se realizira RS-232 međusklop ?

Pitanja za detaljnije proučavanje

1. Koje je današnje stanje standarda ? Kako točno izgleda standard ? Gdje se može nabaviti ?
2. Koji je odnos brzine i udaljenosti pri brzinama većim od 19200 bps ?
3. Kako točno izgleda CRC algoritam ? Koje inačice postoje ?
4. Kako izgleda ASCII tablica ? Koje tablice (inačice) još postoje ?
5. Kako izgleda EBCDIC tablica ? Koristi li se to još danas ? Gdje ? Koja joj je budućnost ?
6. Tko sve proizvodi optičke modeme ? Koja su im svojstva ?
7. Koje se poluvodičke komponente za RS-232 danas koriste u PC računalima ? Koja su im svojstva ?
8. Proučite RS-449 i RS-422-A.