



Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija
Sveučilište u Zagrebu

RS-232 komunikacija



- Δ Tekst je namijenjen svim osobama (prvenstveno studentima, asistentima, profesorima) uključenim ili zainteresiranim u projektiranje komponenata *inteligente* kuće.
- Δ Tekst je prilagođen svim čitateljima koji se po prvi puta susreću s dotičnom tematikom i stoga ne zahtjeva nikakva dodatna predznanja.
- Δ Tekst pruža informacije o načinu i potrebama integriranja RS-232 serijske veze u komunikacijski sustav Inteligente kuće.

Sažetak

RS-232 standard je standard koji definira digitalnu serijsku komunikaciju između datotečne spojne opreme DTE (eng. *Data Terminal Equipment*, računalo ili terminal) i datotečne komunikacijske opreme DCE (eng. *Data Communication Equipment*, modem). Zajedno s modemom, RS-232 se može koristiti kao međumodularna komunikacijska poveznica unutar kuće, ali i za potrebe povezivanja kuće s nekom udaljenom lokacijom.

U komunikacijskom lancu koriste se Arduino Duemilanove pločica, MAX 232 pločica za prilagodbu napona i Telebit 2500 modemi.

Prilikom povezivanja modema (preko DB9 kabela) sa MAX 232 pločicom valja voditi računa o *handshaking*-u među modemima te u skladu s time odabrati način povezivanja utora.

RS-232 osjetljiv je na smetnje i s porastom duljine opada mu brzina prijenosa. Kako će se unutar kuće koristiti na malim udaljenostim (između DTE i DCE) te karakteristike neće doći do izražaja.

Sadržaj

1. UVOD	3
2. RS-232 STANDARD	4
2.1. Konektor	4
2.2. Električne karakteristike.....	5
2.3. Signali	6
2.4. Protokol	7
2.5. Asinkroni prijenos podataka.....	8
3. UPRAVLJANJE NA UDALJENOJ LOKACIJI PUTEM MODEMA I RS-232 SERIJSKE VEZE	10
4. JEDNOSTAVNA SERIJSKA VEZA	17
5. ZAKLJUČAK.....	19
6. LITERATURA.....	20

Ovaj seminarski rad izrađen je u okviru predmeta „Sustavi za praćenje i vođenje procesa“ na Zavodu za elektroničke sustave i obradbu informacija, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu.

Sadržaj ovog rada može se slobodno koristiti, umnožavati i distribuirati djelomično ili u cijelosti, uz uvjet da je uvijek naveden izvor dokumenta i autor, te da se time ne ostvaruje materijalna korist, a rezultirajuće djelo daje na korištenje pod istim ili sličnim ovakvim uvjetima.

1. Uvod

Konstantnim naporima na tehnološkom i znanstvenom području, čovjek je od pamtivijeka nastojao poboljšati kvalitetu vlastitog života, olakšati si obavljanje određenih poslova i zaštititi se od svega što ga ugrožava. Stoga potreba za uspostavljanjem životnog prostora koji bi se na *inteligentan* način prilagođavao potrebama čovjeka, samo je vid te iskonske čovjekove potrebe za kvalitetnijim življenjem. Inteligentna kuća predstavlja novi koncept u rješavanju i osmišljavanju čovjekovog životnog prostora. Ona označava takvu primjenu tehničkih i tehnoloških – rješenja - *inteligentnih* u smislu složenijih i sustavnijih, koja bi znatno olakšala čovjekov život. Na *inteligentan način* kuća bi obavljala i brinula se za sve moguće poslove i potrebe (npr. zaštita ukućana od požara, kupnja namirnica, briga za kućne ljubimce, itd) u kojima bi mogla zamijeniti i rasteretiti čovjeka.

Inteligentna kuća predstavlja kompleksan sustav upravljanja, učenja i odlučivanja zasnovan na raznim modulima koje je potrebno međusobno povezati. Za komunikacijske potrebe moguće je koristiti razne tehnologije i komunikacijske protokole poput Ethernet ili Zig Bee protokola, IR ili Bluetooth komunikaciju, USB komunikaciju, itd.

RS-232 standard je standard koji definira digitalnu serijsku komunikaciju između datotečne spojne opreme DTE (eng. *Data Terminal Equipment*, računalo ili terminal) i datotečne komunikacijske opreme DCE (eng. *Data Communication Equipment*, modem. Danas predstavlja de facto standard za tu vrstu prijenosa podataka. Zajedno sa modemom, RS-232 se, stoga, može koristiti kao komunikacijska poveznica modula unutar kuće, ali i za povezivanje kuće sa nekom udaljenom lokacijom.

Ovaj tekst u nastavku opisuje osnove serijskog RS-232 standarda i jedno moguće implementacijsko rješenje za potrebe upravljanja procesom na udaljenoj lokaciji, ali i za slanje podataka (vezanih uz upravljani proces) sa udaljenje lokacije prema kući. Kuća koristi, dakle, modemski modul za komunikaciju s udaljenom lokacijom. Na udaljenoj lokaciji koristi se modemski modul za odazivanje na poziv ili za iniciranje poziva prema kući.

2. RS-232 standard

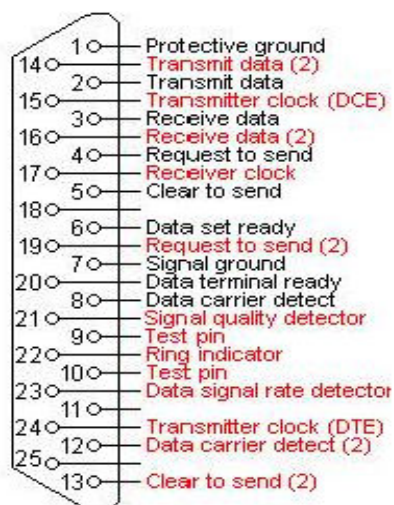
RS-232 je standard koji definira digitalnu, serijsku komunikaciju između DTE (Data Terminal Equipment) i DCE (Data Communication Equipment) uređaja. Izvorno je zamišljen za povezivanje računala i terminala (DTE) s modemima (DCE) za potrebe udaljenog rada na (tada skupim i rijetkim) središnjim računalima.

RS-232-C je oznaka standarda kojeg je postavila EIA (eng. *Electronic Industries Association*). U nazivu standarda, "C" označava da je riječ o trećoj doradi specifikacije. U daljnjem tekstu će se pod nazivom „RS-232“ podrazumijevati njegova C inačica.

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

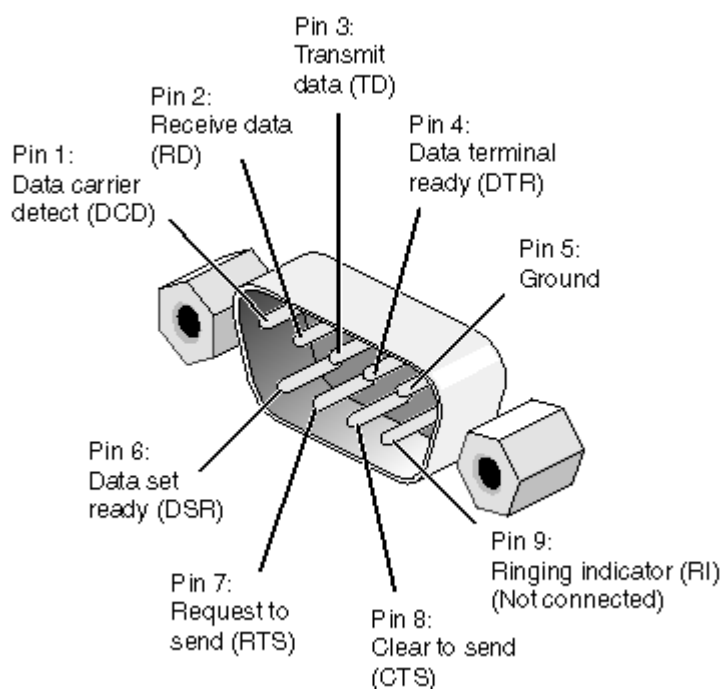
2.1. Konektor

Standard propisuje DB25 konektor (slika 1). Riječ je o dvorednom konektoru s 25 kontakata. Razlikujemo „muške“ (eng. *pin*- nožice) i „ženske“ (eng. *socket*- rupice) konektore. „Muški“ konektori nalaze se uvijek na DTE uređajima (računala i terminali), dok se „ženski“ uvijek nalaze na DCE strani (modem).



Slika 1. DB25 pinski konektor sa signalima

Sam DB-25 konektor je opisan ISO standardom. Danas se, doduše, sve češće koristi svega 9 signala, dok je komunikacija moguća i sa svega tri signala. To neminovno vodi k tome da se u praksi nastoje koristiti i drugačiji, manji i jeftiniji konektori. Uvriježeni su, iako ne i RS-232 standardom definirani, slijedeći konektori: DB9, RJ45 i RJ11. Slika 2 prikazuje DB9 muški konektor sa označenim nožicama (za objašnjenje nožica pogledati dio **2.3 Signali**).



Slika 2. DB9 muški konektor

2.2. Električne karakteristike

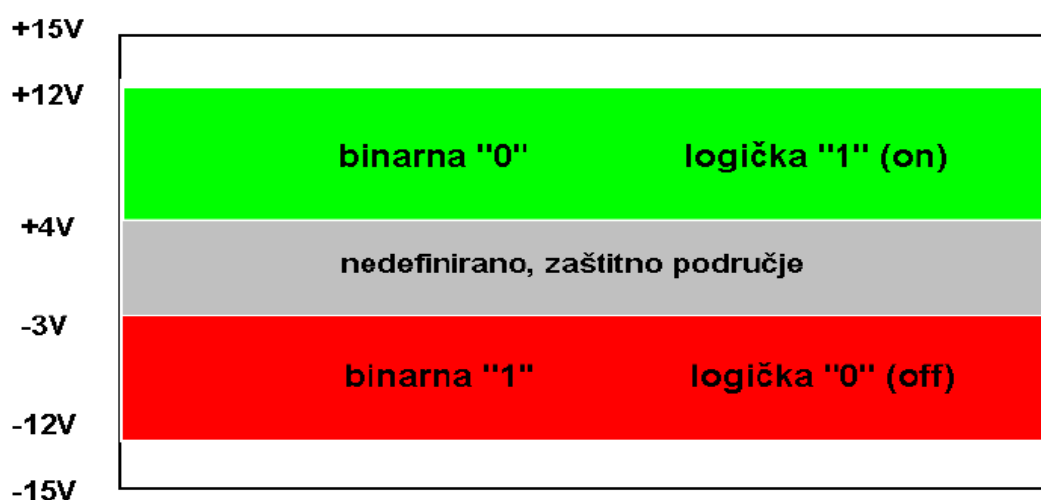
Postoje podatkovni signali (Tx i Rx) i kontrolni signali (tablica 1). Podatkovni koriste binarna stanja, a kontrolni logička stanja.

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".

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 (eng. ground), pin 7. To smanjuje broj potrebnih žica u kabelima i pojednostavljuje 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.



Slika 3. Naponske razine za logičke i podatkovne signale pri RS-232

2.3. Signali

RS-232 definira signale na svih 25 kontakata (pinova) (slika 1). Svi imaju samo jedan, zajednički povratni vod GND (pin 7). Postoji i zaštitna linija uzemljenja (eng. protective ground)" (pin 1) koja se samo na jednoj strani kabela treba povezati s oklopom 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. Danas se u praksi koristi samo devet signala i zaštitno uzemljenje (pin 1).

Komunikaciju je moguće ostvariti sa samo tri signala Tx, Rx i GND. U tom slučaju nema kontrole protoka podataka. Moguće ju je ostvariti tek na programskoj razini.

2.4. Protokol

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 modemom. Spremnost da primi podatke, modem signalizira s CTS (Clear to Send). Računalo podatke šalje modemom 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.

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 slijedeće: 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-Xoff1" protokol.

¹ 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.

2.5. Asinkroni 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. Podaci se prenose u ASCII kodu.

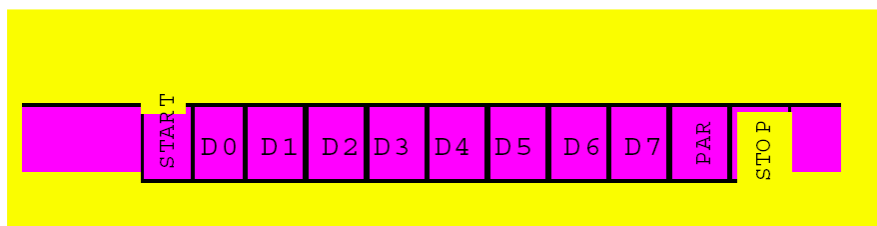
U oba slučaja se podaci prenose brzinama od 50, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 ili 19200 bita u sekundi. Danas se u praksi koriste i nestandardne brzine od 14400, 28800 te 33600 bita u sekundi, posebno za modemske komunikacije.

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 omogućuje 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 najgorjem slučaju to je čak ukupno 8 bitova za 5 bitova informacije što daje efikasnost od svega 62%, tj. 60% overhead-a.



Slika 4. Asinkroni prijenos podataka putem RS232

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.

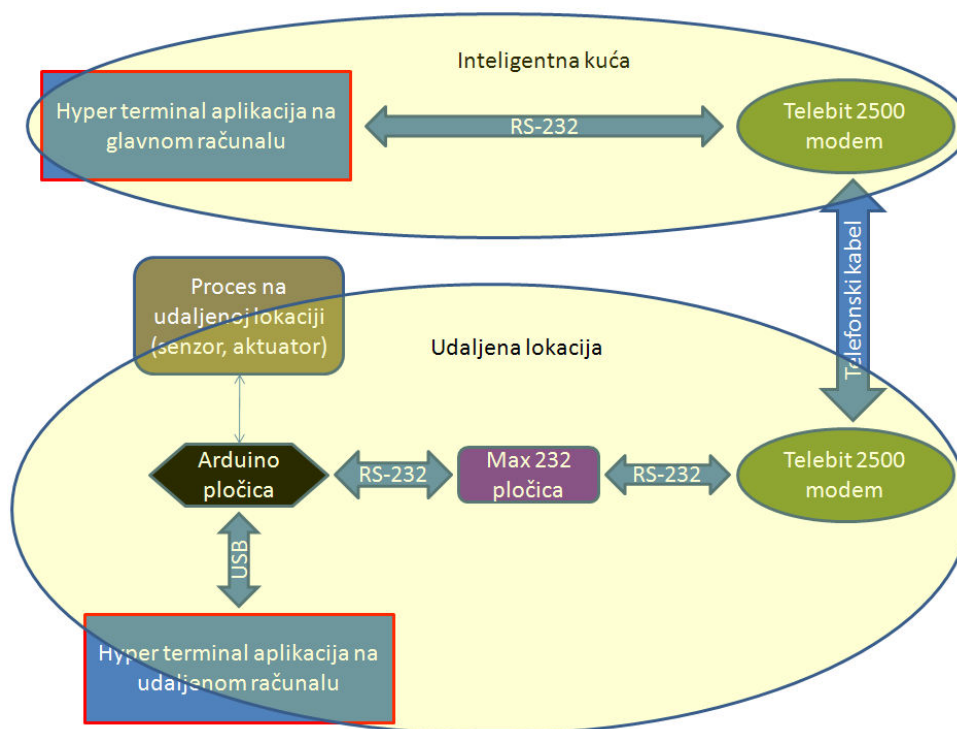
Prednosti asinkronog prijenosa su u tome što su i sklopovlje i programska podrška jednostavni i lako se primjenjuju. Svakako je njegova najveća prednost velika raširenost i standardiziranost. U praksi se najčešće susreće prijenos 8 bita, 1 stop bit, bez pariteta (8,1,N) ili pak 7 bita, 1 stop bit i parni paritet (7,1,E).

3. Upravljanje na udaljenoj lokaciji putem modema i RS-232 serijske veze

Za potrebe inteligentne kuće, potrebno je uspostaviti modemsku komunikaciju sa nekom udaljenom lokacijom (udaljenim procesom) posredstvom serijske RS-232 veze. Na tu udaljenu lokaciju potrebno je moći slati naredbe te primati podatke i obavijesti. Dakle, udaljena lokacija mora moći inicirati poziv i poslati podatke prema kući.

Za tu svrhu osmišljena je shema na slici 5 sa slijedećim komponentama:

- Dva Telebit 2500 modema,
- Arduino Duemilanove pločica,
- Max232 pločica za prilagođenje napona,
- Serijski DB9 pinski konektori.



Slika 5. Shema komunikacijskih komponentata za potrebe upravljanja na udaljenoj lokaciji

U nastavku teksta kratko su opisane i prikazane nabrojane komponente kao i način na koji se međusobno spajaju.

Telebit 2500 modem

Telebit modem 2500 (slika 6.) omogućuje rad modema u iznajmljenom modu rada (naredba AT&L1) kao i onom u kojem se modemska veza uspostavlja preko telefonske centrale. U ovom primjeru dva modema povezana su direktno telefonskim kabelom i rade u iznajmljenom modu (AT&L1 naredba u HyperTerminalu).



Slika 6. Telebit 2500 modem

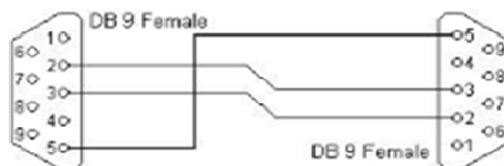
Na prednjoj strani modema nalaze se indikacijske lampice koje označavaju stanja modema (tablica 1).

Modem prima naredbe od računala preko Hyper Terminal aplikacije koja dolazi kao sastavni dio *Communication* paketa u sklopu Windows operativnog sustava. Osim ove aplikacije moguće je koristiti i *Serial Input Output Window*.

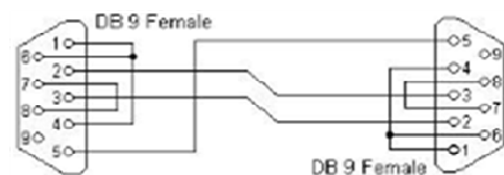
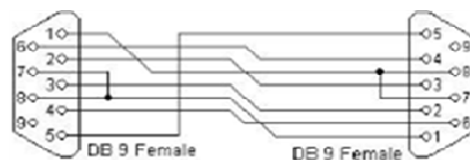
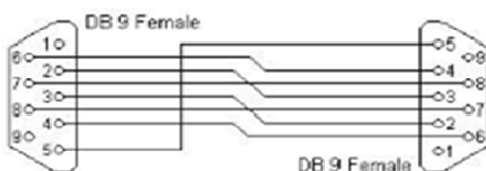
Tablica 1. Opis indikatorskih lampica na Telebit 2500 modemu

S tatus	Opis
P EP	PEP Mode - Upaljen pokazuje da modem radi u brzom modu transmisije (eng. <i>Fast Transmission mode</i>) koristeći PEP komunikacijski protokol.
C D	Carrier Detect - Upaljen pokazuje da je modem uspostavio vezu s drugim modemom.
O H	Off Hook - Pokazuje da modem koristi telefonsku liniju.
R D	Receive Data - Upaljen pokazuje da terminal ili računalo priključeno na modem prima podatke od modema.
S D	Send Data - Upaljen pokazuje da terminal ili računalo priključeno na modem šalje podatke modemu.
C TS	Clear to Send - Upaljen pokazuje da je modem spreman primiti podatke od terminala ili računala kada je upaljen. Ovaj signal modem uzima sa RS-232 priključka.
D TR	Data Terminal Ready - Upaljen pokazuje da je terminal ili računalo spremno primiti podatke ili slati podatke prema modemu. Ovaj signal modem uzima sa RS-232 priključka.
M R	Modem Ready- Upaljen pokazuje da je modem spreman za rad.

Jedan modem priključen je na računalo ili terminal unutar inteligentne kuće putem DB9pin muško-ženskog kabela. Drugi modem priključen je na MAX 232 pločicu. Kako MAX 232 pločica za ulaz ima ženski DB9pin konektor, jednak onome koji se sa modema pokušava u njega priključiti, potrebno je ženske konektore povezati muško-muškim kros kabelom. Takav kabel još se zove null-modem kabel i osigurava ispravan tijek podataka - ono što na jednom konektorskom izlazu predstavlja pin za slanje podataka, na slijedećem ide u pin za primanje podataka i obrnuto. No važno je napomenuti kako je ovdje moguće provesti spajanje ženskih konektora na više načina zavisno o tome koju razinu kontrole podataka zahtijevaju modemi (slika 7). Kontroliranje toka podataka u modemskoj komunikaciji zove se *handshaking*, a određuje se prema CTS, RTS, DTR, DSR i DCD signalima.

Null modem bez *handshaking*-a

Null modem sa povratnom petljom

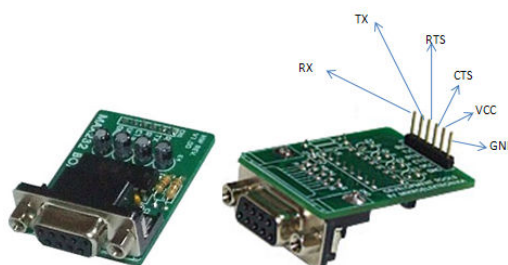
Null modem sa parcijalnim *handshaking*-omNull modem sa potpunim *handshaking*-om

Slika 7. Načini spajanja ženskih DB9 pin konektora zavisno o *handshaking*-u

Kako Telebit 2500 modemi podržavaju rad bez kontrole podataka, spajamo ih prema shemi *null modem bez handshaking*-a.

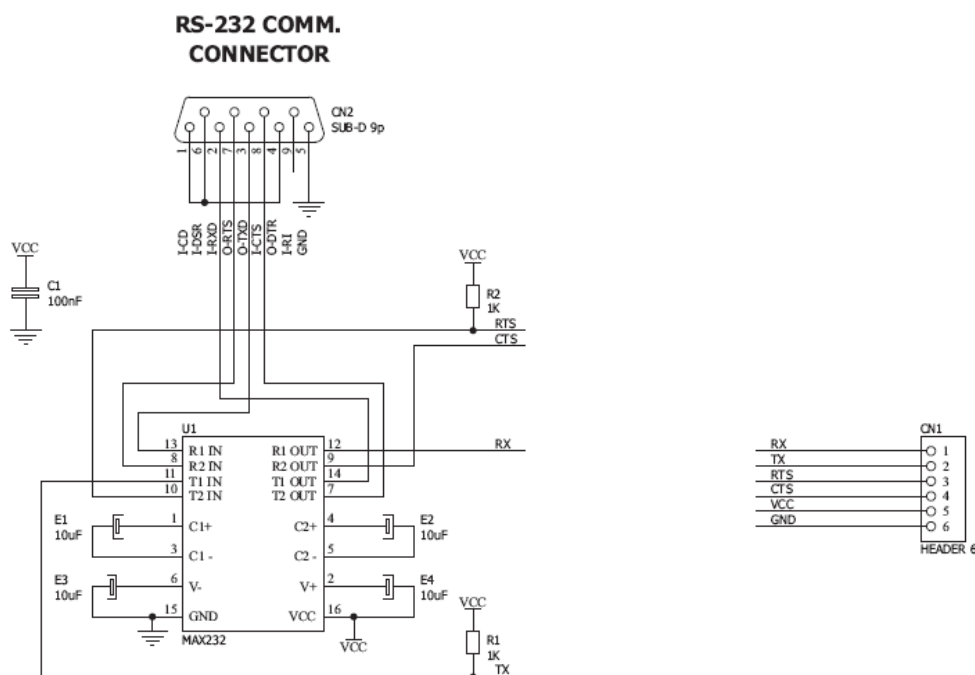
MAX232 pločica (Mikroelektornika)

MAX 232 pločica² služi za potrebe prilagođenja napona u serijskoj komunikaciji. Ona s jedne strane prima 12 voltne signale sa DB9 serijskog kabela i spušta ih na razinu od maksimalno 5V potrebnu za slanje prema Arduino pločici. U suprotnom smjeru podiže naposku razinu. Kao što slika 8 pokazuje, pločica posjeduje šest nožica koje spajamo na Arduino pločicu. Pinove za napajanje (VCC), uzemljenje (GND), primanje (RX) i slanje podataka (TX) spajamo u odgovarajuće utore na Arduino pločici (slika 10).



Slika 8. Max 232 pločica od mikroElektronike

Slika 9 prikazuje shematski prikaz MAX232 pločice.



Slika 9. MAX232 pločica

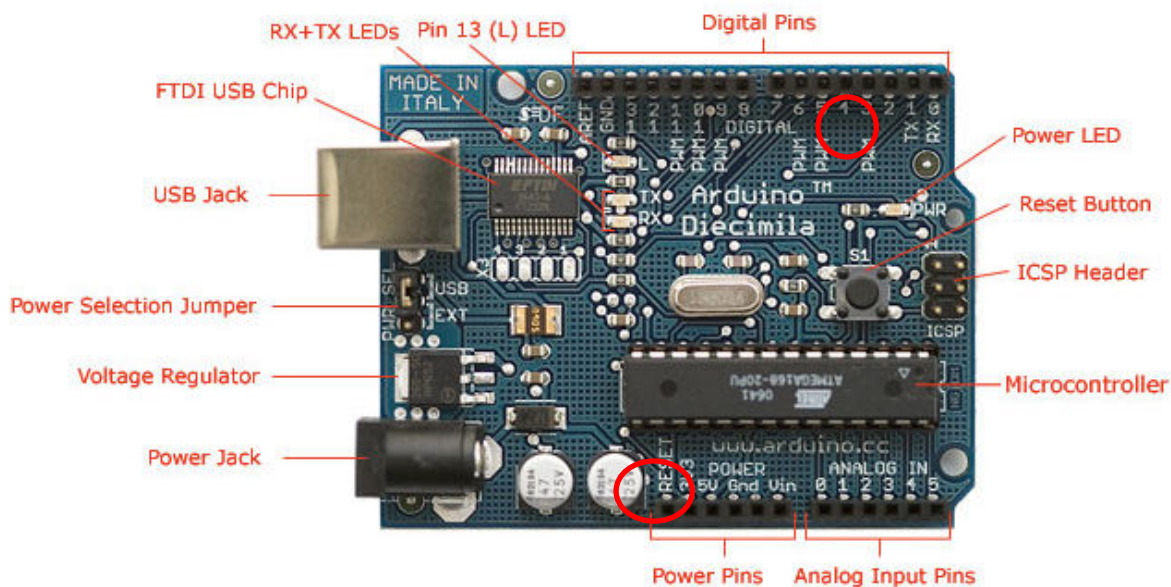
² Više o pločici pročitati na <http://www.mikroe.com/sr/tools/max232conn/>

Kako povezati modem sa MAX 232 pločicom?

Dakle, i MAX 232 pločica i serijski kabel na modemu imaju ženski DB9 pinski konektor te ih je kao takve direktno nemoguće povezati (utor u utorom). Kako se mora voditi računa o handshakingu i o pravilnom spajanju kontrolnih i podatkovnih linija, ova dva priključka trebalo bi povezati muškim *križnim* kabelom (kojeg nema na tržištu). Križnim zato jer ono što je RX signal na jednoj liniji, mora se spojiti u TX signal na drugoj liniji i obrnuto. U ovom radu to je riješeno tako da su se dva muško-muška DB9 konektora svaki spojili na ženske krajeve modemskog i MAX priključka, a njihovi nasuprotni muški krajevi su povezani null-modem kabelom. Naime muško-muški DB9 pinski kablovi prospajaju signale *jedan-na-jedan* (signal na jednom kraju priključka samo produže do suprotnog kraja, nema križanja) i zato se koristi još null-modem kabel kako bi ih ukrižao.

Arduino Duemilanove pločica

Arduino Duemilanove³ ("2009") je mikrokontrolerska pločica temeljena na Atmega ili ATmega328. Ima četrnaest digitalnih ulazno/izlaznih pinova (od kojih se šest mogu koristiti kao PWM izlazi), šest analognih ulaza, 16 MHz kristalni oscilator, USB konektor, utičnicu za vlastito napajanje, ICSP zaglavlje i reset dugme. Arduino se preko USB kabela povezuje sa računalom za potrebe napajanja i programiranja.



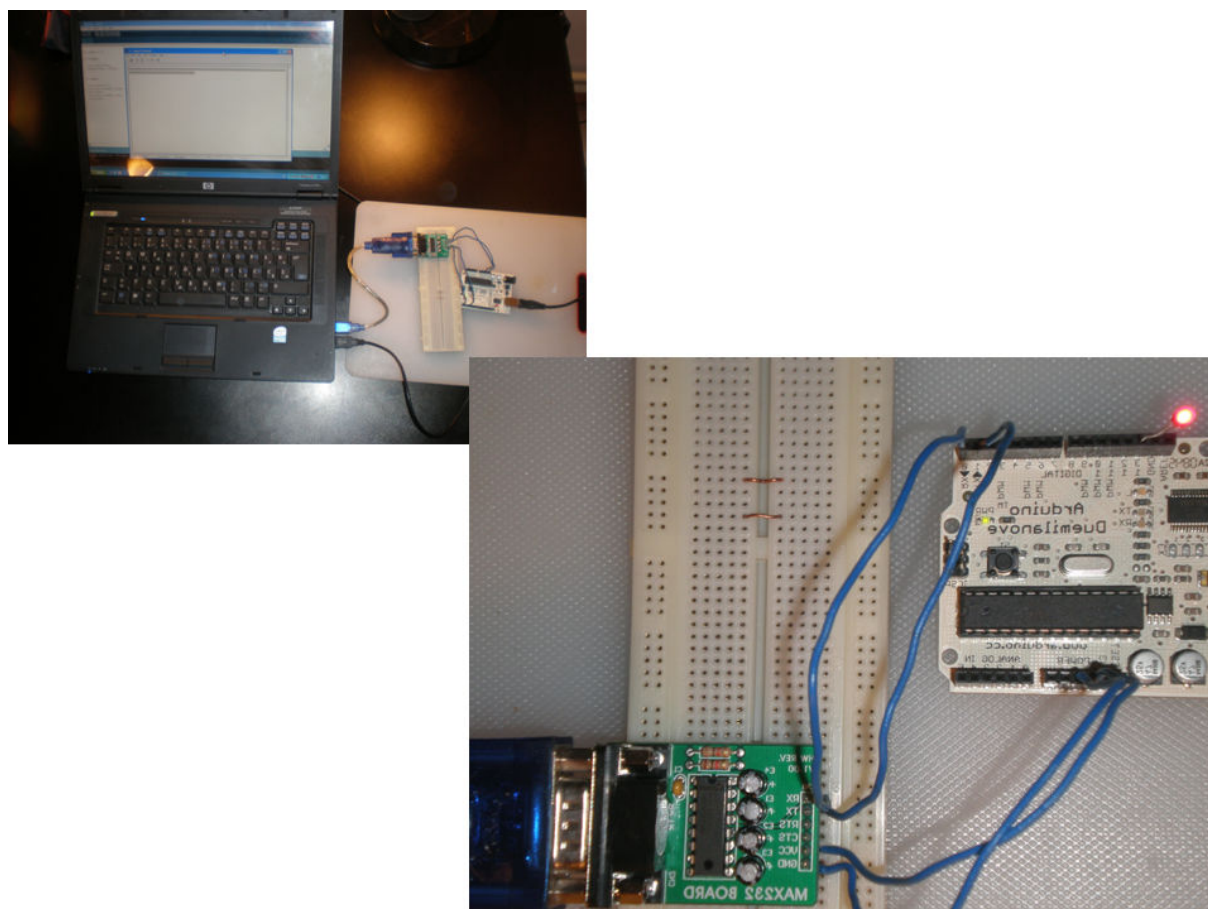
Slika 10. Arduino Duemilanove

Na slici treba uočiti zaokružene elemente (TX, RX, GND i VCC) u koje se priključuju signali sa MAX232 pločice kao što je objašnjeno.

³ Više o pločici pročitati na <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDuemilanove>

4. Jednostavna serijska veza

Slijedeći primjer pokazuje uspostavu jednostavne serijske veze ostvarenu na računalu posredstvom USB-to-DB9 konektora, MAX232 pločice, Arduino pločice i USB kabela (slika 11).



Slika 11. Primjer serijske veze

KORAK 1:

Arduino pločica se preko USB kabela poveže sa računalom, a preko običnih žičica sa MAX232 pločicom pazeći na signale GND, VSS, RX i TX.

KORAK 2:

MAX232 pločica se poveže sa računalom preko USB-to-DB9 konektora.

KORAK 3:

Na računalu se pokrene Arudino Duemilanove editor u kojeg se upiše slijedeći kod.

```
int ledPin = 13;

void setup()
{
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  Serial.print('A');
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  delay(1000);
}
```

Slika 12. Kod u Arudino editoru

Ovim kodom se znak A šalje na serijska vrata koja čita Hyper Terminal, uz paljenje-gašenje LED diode svake sekunde na digitalnom ulazu 13. Prije nego se kod pošalje na Arduino pločicu valja odspojiti žičice sa TX i RX pina koje nakon *uploada* treba opet vratiti.

KORAK 4:

Na računalu se se u programu Hyper Terminal podese paramteri veze i promatraju se pristigli znakaovi A

```
BITS PER
DATA BITS: 8
STOP BITS: 1
PARITY: NONE
FLOW CONTROL: NONE
```

Slika 13. Parametri veze u HyperTerminal-u

5. Zaključak

Iako danas USB tehnologija polagano istiskuje RS-232 serijsku vezu, za potrebe prijenosa podataka na udaljenu lokaciju preko modemske veze, RS-232 još uvijek pruža jednostavno i učinkovito rješenje.

S obzirom da su svi su signali unipolarni, tj. referenciraju se na jedan, zajednički, povratni vod GND, smanjuje se broj potrebnih žica u kabelima i pojednostavnjuje sklopove, ali se povećava osjetljivost na smetnje i parazitne pojave. Stoga je 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.

6. Literatura

- [1] RS-232, 14.03.2000, <http://spvp.zesoi.fer.hr/predavanja/skripta/rs232.pdf>, 14.06. 2009.
- [2] Slika 1: <http://www.internet-remotecontrol.net/pccompri/rs232-cable-technology.html>, 14.06. 2009.
- [3] Slika 2: <http://www.internet-remotecontrol.net/pccompri/rs232-cable-technology.html>, 14.06. 2009.
- [4] Slika 3: <http://spvp.zesoi.fer.hr/predavanja/skripta/rs232.pdf>, 14.06. 2009.
- [5] Slika 4: <http://spvp.zesoi.fer.hr/predavanja/skripta/rs232.pdf>, 14.06. 2009.
- [6] Slika 6: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Modem_Telebit_T2000,_2500_und_T3000_deutsche_Version.jpg, 14.06. 2009.
- [7] Slika 7: <http://www.internet-remotecontrol.net/pccompri/rs232-cable-technology.html>, 14.06. 2009.
- [8] Slika 8: <http://www.mikroe.com/sr/tools/max232conn/>, 14.06. 2009.
- [9] Slika 9: <http://www.mikroe.com/sr/tools/max232conn/>, 14.06. 2009.
- [10] Slika 10: http://netzwelten.files.wordpress.com/2009/03/arduino_board.jpg, 14.06. 2009.

21

[illegible]
