

comunicația dintre două aparate electronice interconectate. Apariția unor noi interfețe de tip paralel, este în continuare impusă de nevoia mereu crescândă de a transfera date cu viteze din ce în ce mai mari între diferite echipamente (10 Mocteți/s).

7.1 Interfața standardizată RS-232

7.1.1 Caracterizare generală

Interfața RS-232 și magistrala aferentă s-au dezvoltat și răspândit odată cu proliferarea calculatoarelor personale, porturile seriale ale unui calculator (COM1÷COM4) funcționând în conformitate cu acest standard. Deși puternic concurată în momentul de față de o altă magistrală serială – USB (Universal Serial Bus), care prezintă numeroase avantaje comparativ cu prima, interfața RS-232 este încă de actualitate datorită numeroaselor echipamente electronice care o utilizează.

Concepută pentru transmisii seriale de tipul “port la port”, cu rata de transfer redusă și la distanțe mici, interfața RS-232 a cunoscut perfecționări succesive, ultima variantă, EIA/TIA-232-E (EIA=Electronic Industries Alliance, TIA=Telecommunications Industry Association) din 1991, fiind caracterizată de următorii parametri electrici mai importanți:

- viteza maximă: 20 Kbps (actualmente se utilizează curent până la 116 Kbps);
- lungimea maximă a cablului: 15 m (sau o sarcină capacitivă de 2000 pF);
- niveluri logice pentru liniile de date și comandă (logică negativă):
 - +5 ÷ +25 V pentru 0 logic;
 - 5 ÷ -25 V pentru 1 logic;
- rate de transmisie: 300, 1200, 2400, 4800, 9600 și 19200 bps;

- transmisie asincronă (bit de start, biți de date, bit de paritate și bit/biți de stop).

În legătură cu precizările de mai sus se impun câteva observații.

Valorile ridicate și plaja largă de variație pentru nivelurile logice, stabilite pentru a asigura o bună imunitate la perturbații, impun utilizarea unor circuite specializate pentru conversia de la nivelele TTL/CMOS la nivelele RS-232. Un asemenea circuit de interfață este prezentat în exemplele analizate la pct. 7.1.5.

Termenul de “transmisie asincronă” trebuie înțeles în sensul că o transmisie poate fi inițiată în orice moment; cu toate acestea, pe durata transmisiei/recepției unui octet, transmițătorul și receptorul trebuie să funcționeze sincron, pentru ca datele să fie eșantionate corect la recepție. Dacă frecvențele de transmisie/recepție sunt suficient de apropiate (nu diferă cu mai mult de 1-2% între ele), această sincronizare pe termen scurt este implicit asigurată.

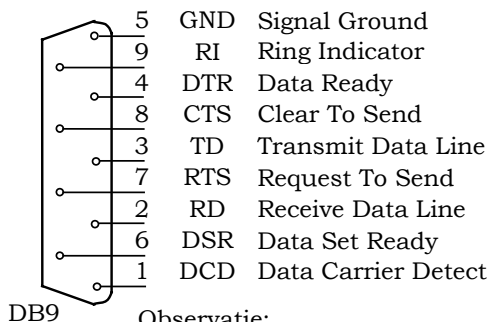
Distanța maximă până la care se poate realiza schimbul de date poate fi extinsă prin includerea în calea de comunicație a unui modem, care facilitează conectarea la o linie telefonică. Apar astfel două categorii de echipamente:

- calculatorul, considerat ca echipament terminal de date și care este cunoscut sub denumirea de DTE (de la Data Terminal Equipment), și
- modemul, denumit prescurtat DCE (de la Data Communication Equipment).

Interconectarea celor două echipamente se face prin conectori standardizați (de regulă conectori DB9 cu 9 pini), ale căror specificații rezultă din figura 7.2.

Se va observa că standardul precizează nu numai semnalele aferente diferitelor contacte dar și geometria carcabei conectorului (“male – tata” și “female – mama”) respectiv a

contactelor (“male – pin și female – bornă”). Aceste caracteristici diferă la cele două tipuri de echipamente DTE și DCE. Alte diferențe, funcționale, între terminalele corespondente de la echipamentele DTE și DCE vor fi scoase în evidență în paragraful următor.



Observație:

DCE: Carcasă „male” și pini „female”

DTE: Carcasă „female” și pini „male”

Figura 7.2.

Un ultim aspect ce se impune a fi evidențiat în legătură cu comportamentul interfeței RS-232 îl constituie structura informației vehiculate pe magistrală. Fiind vorba de o comunicație serială, datele vor fi transmise caracter după caracter. La rândul său, un caracter are structura reprezentată în figura 7.3. În figură au fost avute în vedere nivelurile logice așa cum apar ele pe magistrală, adică în logica negativă.

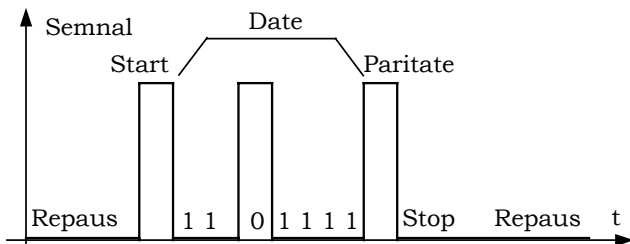


Figura 7.3.

Se constată că în repaus, adică înainte și după transmisia unui caracter, linia de transmisie are nivelul 1 logic. Informația vehiculată (biții de date) sunt încadrați de un bit de start și respectiv unul sau mai mulți biți de stop. Bitul de start, care apare asincron, realizează sincronizarea receptorului cu transmițătorul iar bitul/biții de stop asigură un interval de timp minim între două caractere succesive, necesar procesării caracterului recepționat înainte de sosirea caracterului următor.

Informația transmisă constă din biții de date și eventual un bit de paritate. Datele pot fi reprezentate pe 7, 8 și uneori 9 biți. În primul caz, cei 7 biți reprezintă un caracter alfanumeric codat conform standardului ASCII (vezi tabelul 7.1). Se precizează că tabelul reprezintă corespondența dintre cele 128 de caractere ASCII și valorile în hexazecimal corespunzătoare celor 7 biți pe care este reprezentat caracterul. Spre exemplu, caracterului "A" îi corespunde valoarea 41 în hexazecimal.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SD	SI
1	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2	SPC	!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[\]	^	_
6	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

Tabelul 7.1.

Trebuie subliniat că nu toate caracterele ce apar în tabelul 7.1 sunt vizibile, unele având numai rol de comandă. Este cunoscută, spre exemplu, utilitatea caracterelor BS (Back

Space), ESC (Escape), etc., cu rol de comandă dar fără o reprezentare grafică.

Dacă datele sunt organizate pe 8 biți, atunci acești biți pot reprezenta o informație binară (un octet); se spune în acest caz că informația transmisă corespunde unui fișier binar. Pe de altă parte, cei 8 biți pot reprezenta un caracter, codat conform codului ASCII extins (care include 256 de caractere). Transmisia de caractere ASCII, reprezentate pe 7 sau 8 biți este asociată în exprimarea curentă cu fișiere text.

Organizarea datelor pe 9 biți este utilizată în cazul comunicației multimicrocontroler și nu este specifică pentru interfața RS-232, care permite interconectarea a numai două echipamente între ele. Se prezintă, cu toate acestea, câteva aspecte funcționale în legătura cu această problemă.

Primii 8 biți reprezintă, de această dată, informația binară vehiculată iar bitul al 9-lea semnifică, prin valoarea sa, faptul că această informație constituie o adresă (bitul 9 pe 1 logic) sau date (bitul 9 pe 0 logic). Se transmite mai întâi adresa (cu bitul 9 pe 1), fapt ce permite ca din mulțimea de participanți la comunicație să fie selectat adresantul, după care se transmit datele (cu bitul 9 pe 0), care ajung astfel la adresant (acesta fiind acum singurul activ).

Este important de reținut faptul că indiferent de modul în care este organizată informația vehiculată, transmisia începe întotdeauna cu bitul cel mai puțin semnificativ și se încheie cu bitul cel mai semnificativ.

Câteva precizări în legătură cu bitul de paritate. Utilizarea acestuia este opțională și el servește la implementarea unor proceduri de detecție a erorilor în transferul de date. Un exemplu simplu de procedură constă în următoarele: la transmisie bitul de paritate se pune pe 1 sau 0 logic, după caz, astfel încât biții transmiși (biți de date plus bitul de paritate) să

conțină un număr par de 1 (paritate pară) respectiv un număr impar de 1 (paritate impară). Se verifică la recepție dacă numărul de biți de 1 (conținuți în biții de date plus bitul de paritate) corespunde parității setate; în caz contrar este semnalată eroare și se iau măsuri în consecință.

7.1.2 Conectarea între echipamentele DTE și DCE

Magistrala RS-232 a fost gândită, inițial, pentru a servi la interconectarea a două echipamente DTE aflate la distanță, printr-o linie telefonică și modemi (echipamente DCE). Un asemenea exemplu, în care au fost utilizate semnalele de comandă cunoscute, cu excepția semnalului DCD pentru detecția purtătoarei pe linia telefonică, este prezentat în figura 7.4.

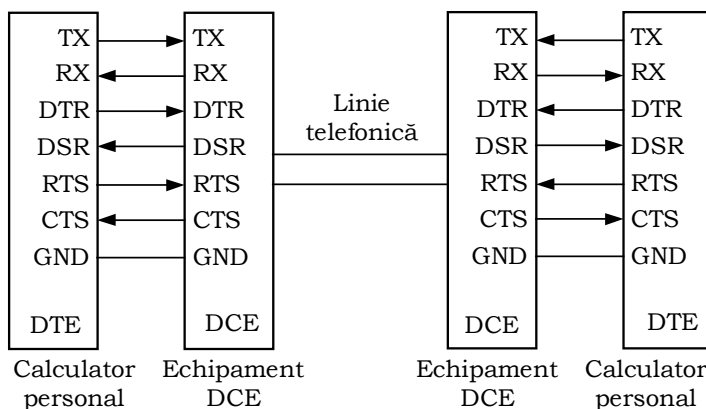


Figura 7.4.

Linile de comandă sunt utilizate pentru derularea unui protocol între echipamentele corespondente, în urma căruia să rezulte buna lor funcționalitate înainte de inițierea oricărui transfer de date. Acest transfer are loc pe liniile TX și RX.

Ulterior, aplicabilitatea acestei magistrale s-a extins, încât în momentul de față este extrem de utilizată pentru a interconecta

local un calculator (echipament DTE) cu un alt echipament electronic, considerat echipament DCE, chiar dacă acest echipament nu este un modem (spre exemplu, un modul GSM). Din acest motiv, va fi abordată în continuare problema de interes practic a legăturii dintre cele două echipamente: DTE și respectiv DCE. Varianta standard de interconectare este reprezentată în figura 7.5.

Schimbul de date se realizează, așa cum s-a menționat deja, pe liniile TX și RX. Înainte de inițierea unui transfer, cele două echipamente derulează un protocol, utilizând în acest scop liniile de comandă. Calculatorul (DTE) activează linia DTR (Data Terminal Ready), pentru a verifica dacă echipamentul corespondent DCE este pregătit și așteaptă confirmarea acestuia (activarea liniei DSR – Data Set Ready). Urmează apoi o a doua secvență a protocolului, similară cu prima, cu diferența că sunt utilizate de această dată liniile RTS (Request To Send) și CTS (Clear To Send).

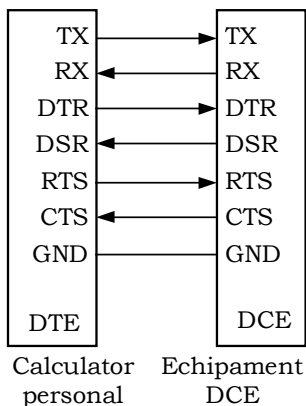


Figura 7.5.

Se va remarca că perechile de linii de comandă (DTR/DSR și RTS/CTS) realizează funcții similare și de aceea, uneori, se

utilizează pentru dialogul DTE/DCE numai una dintre cele două perechi (de regulă RTS/CTS).

Este util, de asemenea, să se observe modul diferit în care echipamentele DTE și DCE tratează liniile de date și cele de comandă. Linia TX, spre exemplu, este conectată la o ieșire în cazul echipamentului DTE și la o intrare a echipamentului DCE, chiar dacă contactul respectiv al conectorului DCE este notat cu TX și poartă același număr. O observație similară poate fi făcută în legătură cu linia RX respectiv cu liniile de comandă DTR/DSR și RTS/CTS.

7.1.3 Conectarea între două echipamentele DTE

O situație frecvent întâlnită în practică o constituie conectarea a două echipamente DTE (spre exemplu, două calculatoare sau un calculator și un echipament electronic cu comportament DTE). Schema utilizată, în care sunt folosite inclusiv liniile de comandă, este dată în figura 7.6.

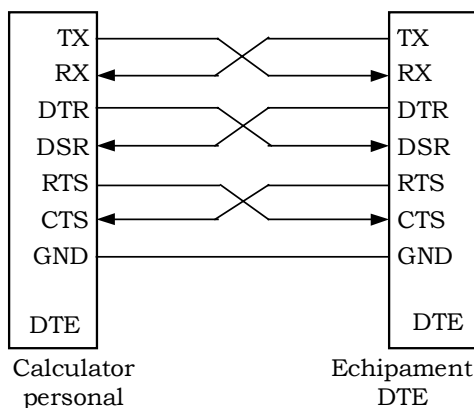


Figura 7.6.

Se constată imediat diferența față de schema prezentată în figura 7.5 (încrucișarea liniilor de date și de comandă), determinată de faptul că un echipament DTE are față de un

echipament DCE, la aceleași contacte, intrările schimbate în ieșiri și reciproc. Acest fapt impune utilizarea unui cablu special de interconectare.

În majoritatea situațiilor, în care se necesită conectarea a două echipamente DTE, utilizarea liniilor de comandă nu este necesară, utilizatorul putând constata direct faptul că echipamentele sunt pregătite pentru schimbul de informație. Deoarece interfețele RS-232 inițiază, de regulă, transferul de date numai după derularea protocolului între DTE și DCE – așa cum s-a prezentat mai sus, se impune folosirea unor scheme de conectare care să suplinească lipsa liniilor de comandă. O variantă posibilă, cu asigurarea locală a validărilor, este prezentată în figura 7.7.

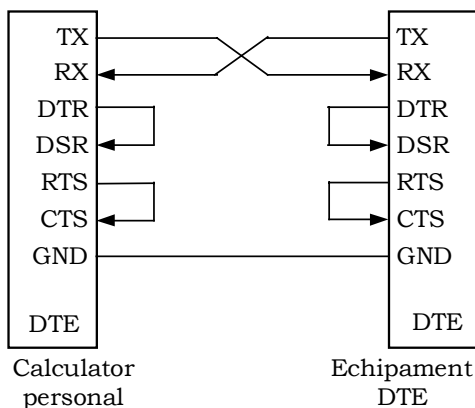


Figura 7.7.

Fiecare echipament DTE generează aici semnalele DTR respectiv RTS, care sunt utilizate pentru comanda propriilor intrări de validare, conform protocolului prezentat în paragraful precedent. Pentru conectarea fizică este necesar un cablu special realizat, cu 3 fire, la care liniile de date TX și RX trebuie încrucișate; același cablu trebuie să asigure în interiorul celor

doi conectori legăturile pentru validarea DTR/DSR și RTS/CTS la fiecare echipament DTE.

Dacă aplicațiile software rulate pe cele două calculatoare nu impun această validare, conectarea se poate realiza utilizând un cablu simplu, cu numai 3 fire, dintre care două, TX și RX, încrucișate. O asemenea variantă simplificată de cablu se numește cablu “Modem Nul”.

7.1.4 Controlul fluxului de date

Datele ce urmează a fi transmise respectiv recepționate sunt memorate temporar în registre tampon, unul pentru transmisie și celălalt pentru recepție. Monitorizarea conținutului acestor registre cade în sarcina unității centrale de procesare a echipamentului (DTE sau DCE).

La transmisie, se impune evitarea depășirii capacității registrului de transmisie, având în vedere faptul că schimbul de date este, de regulă, un proces mult mai lent decât operațiile de procesare a datelor. Aceeași cerință se impune și în cazul recepției, cu precizarea că problema nu poate fi soluționată intern, în interiorul echipamentului; de această dată este necesară semnalizarea către echipamentul corespondent, care transmite, a depășirii capacității registrului, pentru a stopa fluxul de date. Vom analiza succint aceasta problemă în cele ce urmează.

Una dintre soluții, așa numitul control “hard” a fluxului de date, se bazează pe utilizarea liniilor de comandă ale interfeței, dacă acestea sunt disponibile. Cel mai adesea sunt utilizate liniile RTS și CTS, conectate ca în figura 7.8.

Linia RTS semnalizează unității corespondente, prin nivelul său logic, starea registrului tampon de recepție: la atingerea limitei superioare a capacității acestui registru, RTS trece pe nivel coborât, pentru a semnala oprirea transmisiei; aceasta este reluată în momentul în care conținutul registrului tampon de

recepție atinge o valoare minimă, prestabilită, ca urmare a trecerii semnalului RTS pe nivel ridicat.

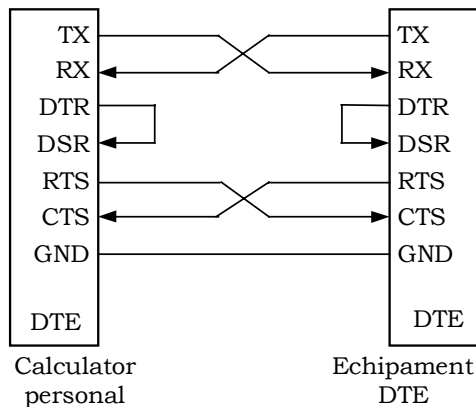


Figura 7.8.

O a doua metodă utilizată, de tip “software”, este așa-numitul protocol XON/XOFF. Pentru controlul fluxului de date se utilizează caracterele ASCII DC1 și DC3 din zona caracterelor de comandă (17 și respectiv 19 în zecimal – vezi tabelul 7.1). Echipamentul care transmite date își oprește transferul dacă pe linia sa de recepție primește, de la unitatea corespondentă, caracterul DC3, care semnifică XOFF. Transmisia va fi reluată după recepția unui caracter DC1, echivalent lui XON.

Procedeul prezintă avantajul că necesită pentru conectare un cablu cu numai 3 fire, de tipul “Modem Nul”. Trebuie evidențiat însă și dezavantajul metodei: în cazul unui transfer bidirecțional nu pot fi transmise împreună cu caracterele de comandă decât date reprezentând caractere ASCII, din care sunt excluse caracterele interpretabile DC1 și DC3 (adică fișiere text). Transmiterea de fișiere binare nu este posibilă, deoarece acestea vor include, în mod inevitabil și secvențe interpretabile ca XON/XOFF. Dacă transmisia se face unidirecțional (într-un

singur sens la un anumit moment), în celălalt sens vor fi transmise numai caracterele de comandă DC1 și DC3 și prin urmare problema menționată nu se mai pune.

7.1.5 Exemple de conectare serială la calculator a unui echipament electronic

În cazul proiectării unui echipament electronic, a cărui funcționare necesită legarea la portul serial al unui calculator, se pune problema modului în care acest echipament urmează a fi conectat: ca echipament DTE sau DCE.

Soluțiile propuse în continuare au în vedere considerente practice, legate de cablurile de interconectare disponibile. Acestea, cu rare excepții, nu asigură încrucișarea dorită a perechilor de fire și cu atât mai mult nu conțin în interior legături care să asigure validarea locală pentru semnalele de comandă. Prin urmare, toate aceste probleme trebuie soluționate printr-o proiectare adecvată a noului echipament.

Vom pleca de la ideea că se va utiliza un cablu de conectare uzual, prevăzut la capete cu conectori DTE spre calculator (conector “tată” și contacte bornă) respectiv DCE spre echipament (conector “mamă” și contacte pin) și care asigură strict legătura electrică între contactele omoloage din cei doi conectori. Pentru precizarea ideilor, vom include în schemele propuse și circuitul de interfață care asigură translatarea de la nivele CMOS/TTL la nivelele specifice RS-232 și invers. Un asemenea circuit (ST 232) are structura reprezentată în figura 7.9.

Circuitul include două canale, atât pentru liniile de transmisie (T1IN/T1OUT și T2IN/T2OUT) cât și pentru liniile de recepție (R1IN/R1OUT și R2IN/R2OUT). La intrările R1IN și R2IN vor fi conectate, evident, linii de recepție cu niveluri RS-232, în timp ce ieșirile corespunzătoare vor furniza nivele compatibile CMOS/TTL. În mod similar, T1IN și T2IN vor fi

comandate cu nivele CMOS/TTL, fiind legate deci spre echipament, iar la ieșirile corespunzătoare, cu nivele RS-232, vor fi conectate linii ale magistralei RS-232.

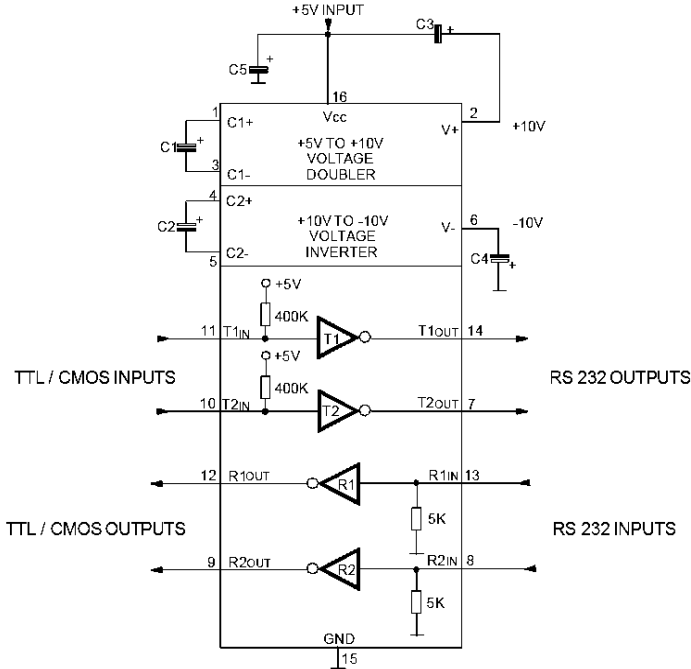


Figura 7.9.

Pentru asigurarea nivelelor relativ mari de tensiune, specifice standardului RS-232, inclusiv în domeniul tensiunilor negative, se utilizează două surse cu injecție de sarcină (capacitățile $C1, \dots, C4$ și circuitele aferente din interiorul chipului). Acestea realizează dublarea tensiunii de alimentare, respectiv dublare și inversare; se obțin astfel două tensiuni, de cca. $+10V$ și $-10V$, suficiente pentru alimentarea circuitelor de comandă a liniilor de ieșire cu nivele RS-232.

Circuitul prezintă toate caracteristicile specifice unui circuit de interfață și care îi conferă robustețe în utilizare: acceptă

scurtcircuite la ieșire respectiv supratensiuni la intrare, suportă tensiuni la intrare fără a fi alimentat, este bine protejat la tensiuni electrostatice, etc. În plus, datorită conectării la masă a intrărilor RS-232 (R1IN și R2IN – vezi figura 7.9), nivelele la ieșirile CMOS/TTL (R1OUT și R2OUT) vor corespunde lui 1 logic, chiar dacă intrările sunt necomandate, așa cum prevede standardul RS-232 pentru regimul de repaus.

Vor fi prezentate în continuare două scheme de conectare la calculator a unui echipament electronic, care au în vedere constrângerile impuse de cablul utilizat (ce nu realizează încrucișare de fire) și în care se va urmări utilizarea eficientă a circuitului de interfață.

Prima dintre condiții impune considerarea echipamentului ca echipament de tip DCE. Cu această precizare, o prima variantă de schemă de conectare la calculator a unui echipament DCE, cu utilizarea liniilor de comandă RTS/CTS se prezintă ca în figura 7.10.

Canalul 1 (recepție/transmisie) al circuitului de interfață a fost alocat pentru schimbul de date iar canalul 2 asigură conversia de nivele pentru semnalele RTS și CTS. Aceste semnale pot fi utilizate fie pentru protocolul ce inițiază transmisia/recepția, fie pentru controlul fluxului de date.

Pentru urmărirea funcționării se au în vedere semnalele RS-232 aplicate echipamentului și care sunt evidențiate la contactele conectorului DB9. Echipamentul fiind considerat ca DCE, liniile TD (Transmit Data) și RTS (Request To Send), contrar aparențelor sugerate de notații, trebuie conectate la intrări (la R1IN și R2IN în figura 7.10). Un raționament similar justifică conectarea liniilor RD (Receive Data Line) și CTS (Clear To Send) la ieșirile RS-232 ale circuitului de interfață (T1OUT și T2OUT). Este important de observat modul în care a fost soluționată problema validărilor locale pentru semnalele

DTR/DSR și DCD (Data Carrier Detect) aferente calculatorului. Deoarece conexiunile necesare nu pot fi făcute în partea spre calculator, acestea sunt realizate la conectorul echipamentului DCE, la care sunt disponibile, prin cablul de legătură, semnalele necesare în acest scop. Astfel, semnalul DTR va valida intrările liniilor DSR și respectiv DCD.

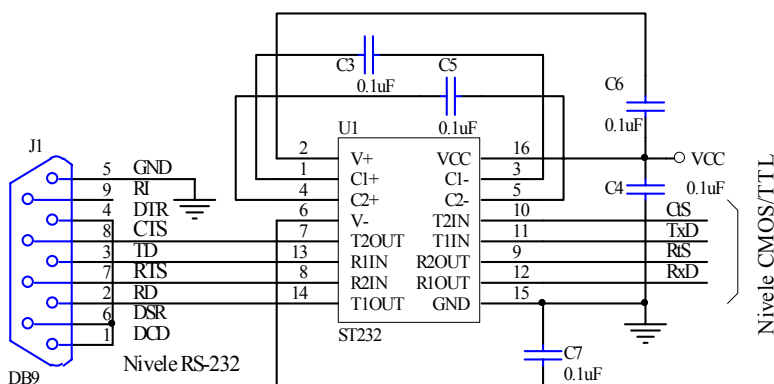


Figura 7.10.

Dacă aplicația nu necesită utilizarea liniilor RTS/CTS, canalul 2 din circuitul de interfață, rămas disponibil, poate fi folosit în alte scopuri. O sugestie posibilă, prezentată în schema din figura 7.11, o constituie utilizarea liniilor RTS și CTS pentru comanda operației de RESET a echipamentului respectiv pentru monitorizarea prezenței tensiunii de alimentare. Singurele diferențe față de schema din figura 7.10 privesc modul de folosire al semnalelor de la ieșirea R2OUT respectiv intrarea T2IN.

Soluția propusă în figura 7.11 este utilă mai cu seamă în situația practică în care echipamentul electronic nu se găsește în imediata vecinătate a calculatorului.

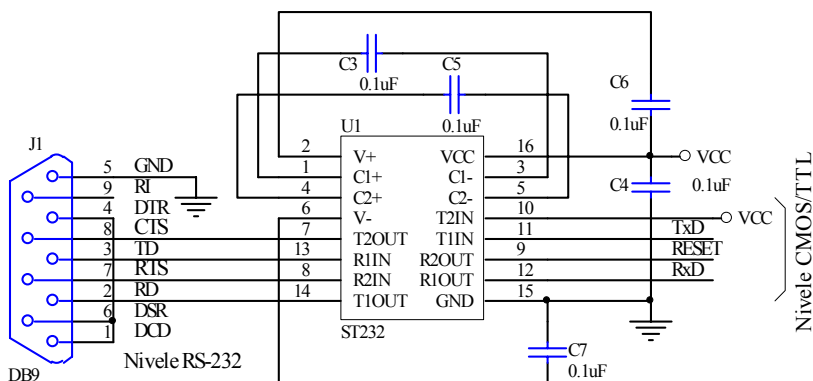


Figura 7.11.

7.2 Interfața standard I²C

7.2.1 Introducere

În cazul unui sistem ce funcționează cu semnale numerice (de exemplu, un microcontroler și circuite de achiziție a semnalelor analogice), pentru proiectarea comunicației dintre componentele sistemului trebuie să se țină seama de o serie de considerente:

- un sistem complet constă, de obicei, dintr-un microcontroler și alte componente periferice, cum ar fi: memorii, extensii pentru intrări/ieșiri și alte circuite integrate (CI);

- costul conectării diferitelor componente în cadrul sistemului trebuie redus la minim;

- de obicei, un asemenea sistem realizează doar funcția de comandă și nu necesită o mare viteză pentru transferul de date;

- evident, eficiența globală depinde de performanțele componentele alese și structura magistralelor de interconectare.

În general, aceste criterii pot fi satisfăcute cu ușurință utilizând o interfață standard serie, chiar dacă aceasta nu are performanțele unei interfețe paralele, în schimb necesită mai