Capitolul 3. NIVELUL FIZIC

Functia nivelului fizic este de transmitere a sirurilor de biti pe un canal de comunicatie, principalele probleme de proiectare referindu-se la codificarea zerourilor si a unitatilor, stabilirea si desfiintarea conexiunilor fizice, modul de transmisie (semiduplex sau duplex) precum si la alte aspecte care pot fi grupate in patru categorii importante: mecanice, electrice, functionale si procedurale. Urmarim aceste aspecte pentru citeva medii de comunicare larg utilizate.

Data fiind puternica dezvoltare a retelei telefonice in toate regiunile globului, utilizarea ei pentru comunicarea intre terminale si calculator s-a impus ca o solutie fireasca.

Modularea si demodularea semnalelor digitale pentru realizarea transmisiei lor prin liniile telefonice limiteaza insa rata de transmisie a datelor la cel mult 14.4 Kbps (kilo biti pe secunda). Limita reala este chiar mai scazuta de 9600 bps si aceasta doar daca se folosesc linii de transmisie intretinute special pentru comunicarea datelor. Vitezele de transmisie mai des intilnite in retelele telefonice publice (comutate) sint cele de 1200 si 1400 bps.

De aceea, retelele de transmisie digitale, realizate, ca o alternativa la retelele telefonice analogice, se raspindesc astazi tot mai mult. Prima retea telefonica digitala a fost introdusa in anii '60 de AT&T (American Telefon & Telegraph) in Statele Unite. Exemplul a fost urmat la scurt timp de alte state, ajungindu-se la dezvoltarea a doua sisteme digitale de transmisie:
-unul de 1,544 Mbps (Mega biti pe secunda) cu cite 24 de canale vocale a cite 64 Kbps fiecare (folosit in SUA, Canada, Japonia);
-un altul de 2,048 Mbps, avind 30 de canale vocale (standardizat international printr-o recomandare CCITT _ Comitetul Consultativ International pentru Telefonie si Telegrafie).

In prezent, retelele telefonice sint partial analogice si partial digitale, astfel incit nu este posibila o transmisie integral digitala intre un abonat si altul, decit in anumite portiuni de retea.

Semnalele transmise pot reprezenta in egala masura date comunicate intre calculatoare si terminale, sunet sau imagini digitizate.

3.1. Transmisia analogica

Reteaua telefonica are o organizare ierarhica cuprinzind posturi telefonice, comutatoare locale si oficii de comutare in tandem conectate prin bucle locale si linii de mare si foarte mare viteza.

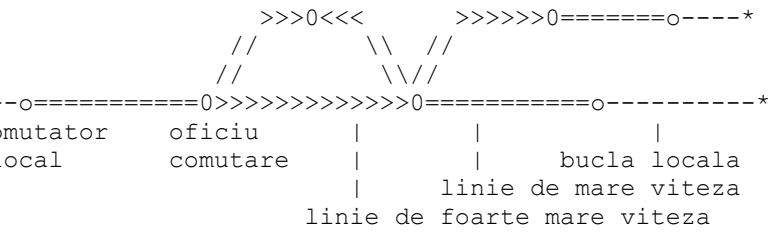

Figura 3.1.

Transmisia prin bucla locala se face in curent continuu, semnalele avind frecvente in gama 300 Hz - 3 kHz. Aplicarea directa pe aceste linii a unui semnal digital nu se poate face decit pentru viteze mici si pe distante reduse, datorita distorsiunilor mari provocate de linie.

Pentru a ocoli acest neajuns se recurge la transmisia in curent alternativ, utilizindu-se un semnal sinusoidal cu frecventa intre 1000 si 2000 Hz (purtatoare), a carui amplitudine, frecventa sau faza este modulata pentru a transmite informatia. Dispozitivul care realizeaza conversia de la forma digitala a semnalului la cea analogica si invers este modem-ul.

3.1.1. Interfata dintre calculator si modem

Deoarece transferul paralel al datelor este caracteristic sistemului de calcul , legatura cu modemul este asigurata de un cuplor de comunicatii, avind ca principale functii serializarea si deserializarea datelor precum si controlul functionarii modemului.

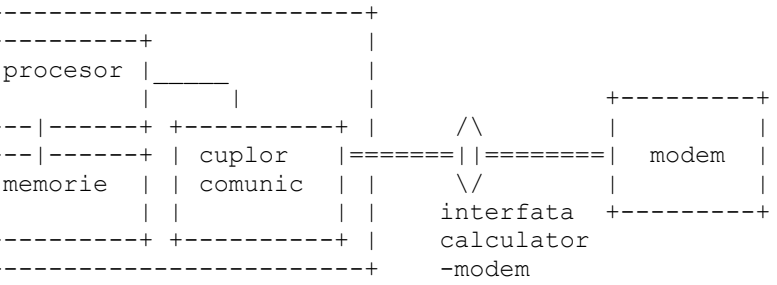

Figura 3.2.

Legatura dintre calculator (sau terminal) si modem se conformeaza unui protocol al nivelului fizic. Cel mai raspindit standard relativ la aceasta interfata este EIA RS 232C.

3.1.2. Caracteristici mecanice si electrice

Interfata prevede legarea DTE la DCE printr-un conector cu 25 de pini (tata pentru DTE si mama pentru DCE), pentru care sint precizate dimensiunile si numerotarea pinilor. In cadrul specificatiilor electrice se precizeaza valorile tensiunilor, ale vitezei de transmisie, ale lungimii cablurilor.

Viteza de transmisie este limitata la 20000 biti pe secunda(bps). Lungimea cablului este limitata la 50 de picioare, putind fi depasita doar de cabluri care au capacitatea totala de linie sub 2500 pF.

Nivelele logice 0 si 1 sint reprezentate prin tensiuni diferite ale semnalelor electrice, cuprinse intre -15V si +15V. Conventiile sint diferite dupa cum liniile sint de intrare sau de iesire, de date sau de control. Figura 3.3 prezinta rezumativ aceste conventii.

		control	date
iesiri	+15V	1 - ON	0 - space
	+5V		
	-5V		
	-15V	0 - OFF	1 - mark
intrari	+15V	1 - ON	0 - space
	+3V		
	-3V		
	-15V	0 - OFF	1 - mark

Figura 3.3

Adaptarea nivelelor semnalelor la cele utilizate in dispozitivele sistemelor de calcul, se face prin circuite speciale, numite emitatori si receptori de

linie. Din ratiuni constructive, aceste circuite fac si inversarea logica a valorilor semnalelor, aspect de care trebuie sa tina seama proiectantii cuploarelor de comunicatie.

3.1.3. Caracteristici functionale

Caracteristicile functionale se refera la rolul diferitelor linii de legatura intre DTE (calculator sau terminal) si DCE (modem). O lista a acestor linii este prezentata in figura 3.4, iar cele mai importante dintre ele, folosite si in cuplarea seriala a microcalculatoarelor la mediile de comunicatie seriale sint mentionate in figura 3.5.

pin	spre	simbol	denumire	semnificatie
2	DCE	TD	Transmitted Data	emisie de date
3	DTE	RD	Received Data	receptie de date
4	DCE	RTS	Request To Send	cerere de emisie
5	DTE	CTS	Clear To Send	gata de emisie
6	DTE	DSR	Data Set Ready	modem pregatit
20	DCE	DTR	Data Terminal Ready	terminal pregatit
8	DTE	DCD	Data Carrier Detected	detectie purtatoare
23		RS	Data rate Selector	selectie viteza
15	DTE	TC	Transmitter Clock	tact emisie la DCE
17	DTE	RC	Receiver Clock	ceas receptie
24	DCE	TC1	Transmitter Clock 1	ceas emisie la DTE
22	DTE	RI	Ring Indicator	indicator de apel
1		GROUND	protective ground	masa de protectie
7		GND	common return	masa electrica
12	DTE		secondary DCD	
13	DTE		secondary CTS	
14	DCE		secondary TD	
16	DTE		secondary RD	
19	DCE		secondary RTS	
21			Signal Quality Detector	
9, 10, 11, 18, 25			neutilizati	

Figura 3.4.

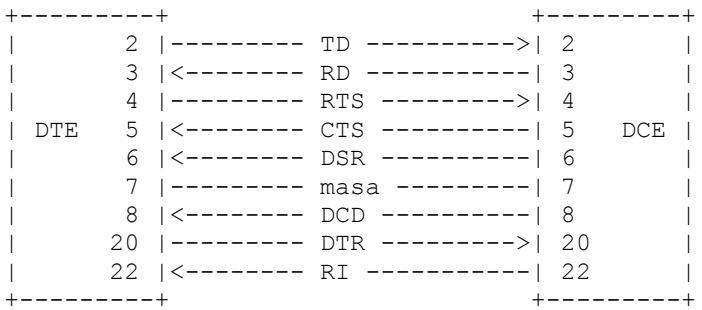

Figura 3.5

Asocierea dintre functii si circuitele interfetei RS 232-C are in vedere trei moduri de transmisie pe o linie de comunicatie : simplex, semi-duplex si duplex. Intr-o conexiune simplex, transmisia se face intr-un singur sens. Intr-una duplex, ea are loc in ambele sensuri simultan. Conexiunea semi-

duplex permite transmiterea in ambele sensuri, altenativ. Cele trei situatii sint schematizate in figura 3.6.

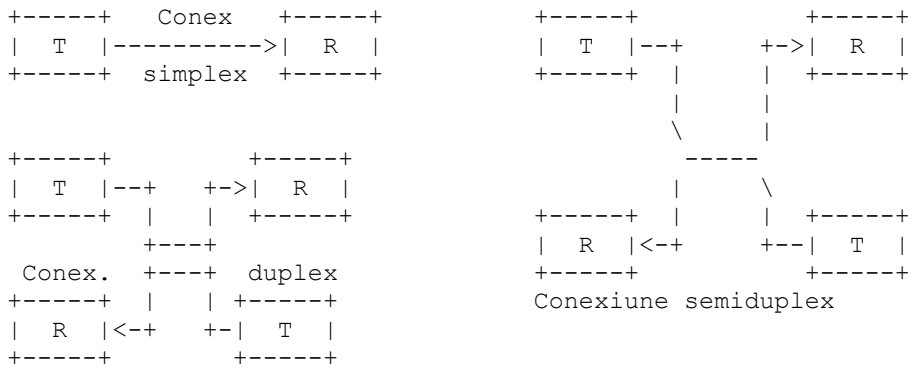

Figura 3.6.

Transmisia seriala a datelor, la sau de la DTE, se realizeaza pe liniile RD si TD. Daca transmisia datelor se face cu sincronizare (datele sint insotite de un semnal de tact la nivel de bit), tactul este generat de emitator. Generatorul de tact poate fi localizat in DTE (si transmis DCE-ului prin TC1) sau in DCE (si transmis DCE-ului prin TC). Tactul semnalului receptionat este transmis prin linia RC. Cind nu se transmit date, liniile RD si TD trebuie mentinute pe 1.

DCE si DTE isi transmit reciproc informatii de stare prin DSR si DTR. O transmisie poate fi initiata de DTE sau de DCE. Astfel, DTE poate cere transmisia datelor prin activarea liniei RTS. DCE va raspunde prin activarea liniei CTS, care ramine activa cit timp se realizeaza transmisia. DTE poate transmite date.

De fapt, circuitele RTS si CTS comuta modemurile semi-duplex intre transmisie si receptie. Astfel, DTE mentine RTS pe OFF in timpul receptiei si il trece pe ON cind doreste sa transmita. Transmisia poate incepe de indata ce CTS este pus pe ON, anuntind ca modemul este pregatit pentru transmisie (a facut operatiile pregatitoare, de comutare a sensului de transmisie). Comutarea de la transmisie la receptie se face similar. In cazul canalelor duplex, nu este necesara comutarea sensului de transmisie, circuitele CTR si RTS pierzindu-si semnificatia. In aceste cazuri RTS si CTS sint permanent ON.

Atunci cind DCE detecteaza o frecventa de apel, el activeaza linia RI. Daca DTE nu este pregatit (linia DTR = 0) DCE-ul sau va fi "ocupat". Cind DCE primeste un caracter prin canalul de comunicatie el activeaza linia DCD, anuntind DTE ca trebuie sa preia datele. In fine, pentru modemurile (DCE) care pot lucra cu mai multe viteze de transmisie linia DS permite selectarea regimului de viteza.

Orice semnal de apel (sonerie) se traduce prin inchiderea circuitului RI, util in procedurile de raspuns autoamt. Conectarea modemului apelat sau apelant se face prin DTR, care exista in doua versiuni. Starea inchis a circuitului obliga modemul sa se conecteze la linie (prima versiune) sau autorizeaza aceasta conexiune (a doua versiune) la receptia acestui apel telefonic. Starea deschis comanda deconectarea, imediat ce datele prezente pe TD au fost transmise. Circuitul DSR arata ca modemul este cuplat la linie; daca DSR este deschis, linia este cuplata pe telefon.

Descrierea anterioara s-a referit la actiunile DTE privind dialogul cu DCE pentru realizarea transmisiei. DTE executa o serie de alte operatii de serializare/deserializare a datelor si, eventual, alte actiuni privind interpretarea datelor transmise. Aceste operatii sint executate de dispozitivul de control al terminalului (pentru terminale si alte

echipamente periferice) sau de unitatea de control a comunicatiei (pentru calculator).

3.1.4. Caracteristici procedurale

Pentru a intelege mai bine rolul diferitelor circuite ale interfetei, prezentam succesiunea de actiuni executate de un terminal si de modemul la care este atasat, pentru a raspunde unui apel telefonic.
1. La producerea unui apel pe linia telefonica, DCE activeaza circuitul RI, pe durata semnalului de activare a soneriei.
2. DTE numara comutarile semnalului RI si, la atingerea unui numar prestabilit de comutari, activeaza DTR.
3. DCE executa actiunile de cuplare la linie (similare celor declansate de ridicarea receptorului din furca) si, dupa doua secunde transmite purtatoarele pe linia telefonica si activeaza DSR.
4. DTE supravegheaza DCD, pentru a determina stabilirea legaturii de date.
5. Cind DCE detecteaza pe linie purtatoarea transmisa de postul apelant, activeaza DCD.
6. Se face comunicarea in ambele sensuri TD si RD. Totodata, DTE supravegheaza DCD, care confirma mentinerea legaturii.
7. La terminare, DTE dezactiveaza DTR. DCE inceteaza transmiterea purtatoarei si dezactiveaza DCR si DCD, revenind astfel in starea initiala.

3.2. Conectarea printr-un modem inteligent

Standardul RS 232-C prevede linii separate pentru date si pentru fiecare comanda (functie) pe care DTE o poate da sau receptiona. Acest mod "clasic" de interactiune contrasteaza cu alte conventii (cum sint cele ale standardului X.21, discutat intr-un paragraf ulterior), care permit comunicarea comenzilor si informatiilor de stare prin caractere (de control) reprezentate in codul ASCII. Astfel de conventii au fost adoptate in unele modemuri, considerate inteligente datorita functiilor extinse si modului evoluat de comunicare, dintre care Hayes Smartmodem este un standard "de facto" pentru microcalculatoarele personale. Cablul de conectare la un astfel de modem se reduce la trei linii: TD, RD si masa (electrica).

Schema de conectare este prezentata in figura 3.10.

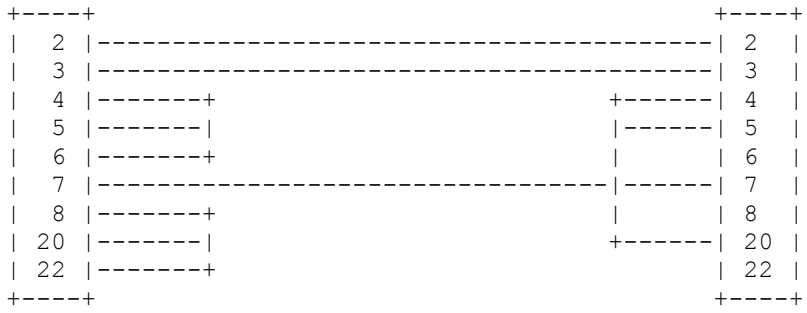

Figura 3.7.

In afara conectorului de legatura cu terminalul, modemul are:
- un conector pentru reteaua telefonica;
- conectorul cablului de alimentare;
- comutatorul de pornire si oprire;
- indicatori luminosi pentru semnalizarea starii circuitelor RS-232 C.

3.3. Cuplorul de comunicatie

Realizarea cuplorului de comunicatie se bazeaza pe circuite standard, numite UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) pentru

transmisie asincrona, respectiv USART (Universal Synchronous Receiver Transmitter) pentru transmisia sincrona sau asincrona, la alegere.

In primul caz, fiecare caracter (precedat de un bit de start si urmat de biti de stop) este transmis pe linie independent de celelalte (intervalele intre cele doua caractere au dimensiuni oarecare), in timp ce, in cel de-al doilea caz, caracterele sint grupate si transmise unul dupa altul, fara pauze intre ele.

Circuitele mentionate usureaza mult controlul comunicatiei prin program, reducindu-l la citirea sau scrierea unor porturi de intrare/iesire sau a unor locatii de memorie. Schema generala a acestor circuite este prezentata in figura 3.8.

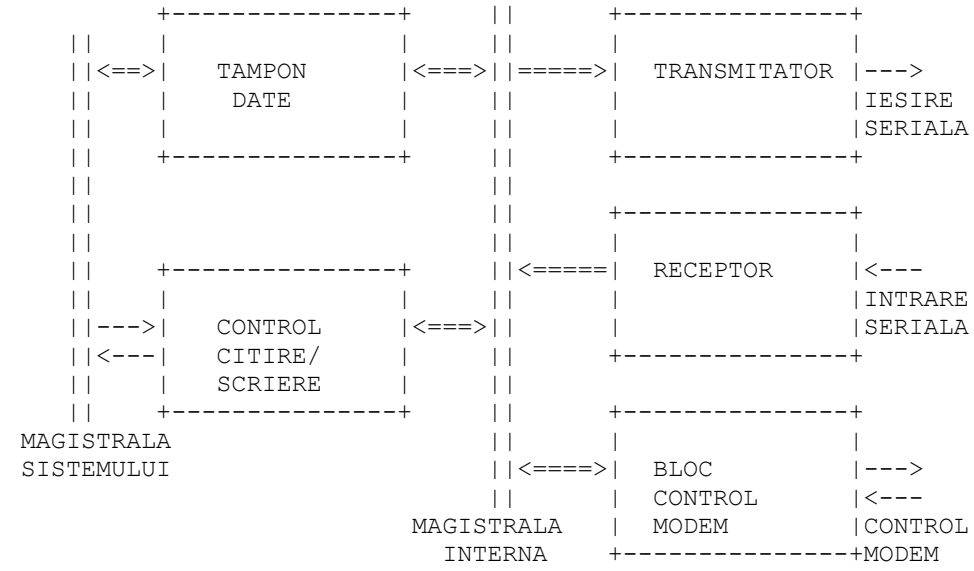

Figura 3.8.

Pentru a simplifica prezentarea, ne referim in continuare doar la transmisia asincrona si la circuitele UART caracteristice acestui mod de transmisie.

Un UART poate realiza, transmiterea si receptia simultana a datelor (full duplex) realizind urmatoarele operatii :
- serializarea si deserializarea ;
- adaugarea unei informatii de control (paritate) si de incadrare a caracterelor (biti de start si de stop) ;
- detectia unor erori de transmisie ;
- controlul modemului.

Circuitul poate fi programat, fiind selectabile prin program urmatoarele marimi ce caracterizeaza transferul de date:
- lungimea caracterelor (5 la 8 biti) ;
- rata de comunicare a datelor (numita rata baud) ;
- rata ceasului (1x, 16x sau 64x rata baud) ;
- generarea si detectia intreruperilor de linie ;
- numarul bitilor de stop (1, 1 1/2, 2).

Rata de comunicare a datelor este distincta de rata ceasului care sincronizeaza functionarea circuitului, uzual acesta din urma fiind de 16 ori mai mare ca prima. Semnalul de ceas poate fi generat intern, sau poate fi furnizat din exterior. Transmisia si receptia se pot face cu rate diferite.

Circuitul UART are un numar de registre interne de date, de control si de stare, adresabile separat de microprocesorul sistemului de calcul. Dialogul cu aceste registre are loc prin tamponul de date si este controlat

de un bloc ce realizeaza decodificarea adreselor si selectia functiei de citire sau scriere a unui registru.

Celelalte parti ale UART au ca functii controlul modemului, transmisiei si al receptiei.

Blocul de control al modemului gestioneaza semnalele unei interfete RS 232-C, folosind in acest scop doua registre accesibile programului: unul de iesire, prin care se transmit comenzile (se modifica starea circuitelor cu sensul DTE -> DCE) si altul de intrare, care reflecta starea circuitelor DCE -> DTE si modificarile survenite in aceste circuite.

Transmitatorul are un registru de serializare a datelor care pastreaza caracterul aflat in transfer si un registru tampon de emisie, care poate memora temporar urmatorul caracter (in timp ce precedentul este transmis). Informatia de incadrare (bitii de start, 0 logic si cei de stop, 1 logic) precum si informatia de control (bitul de paritate) sint adaugate automat la transmisia caracterului pe linie.

Receptorul, la rindul sau, are un registru de deserializare a datelor, care primeste caracterul aflat in transfer si un registru tampon de receptie care pastreaza caracterul precedent, disponibil procesorului central. Informatia de incadrare este folosita pentru localizarea bitilor caracterului, iar cea de paritate pentru controlul transmisiei.

Erorile depistate la emisie sau receptie sint inregistrate si furnizate la cerere procesorului central. Ele pot genera un semnal de intrerupere; intreruperea mai poate fi determinata de disponibilitatea unui caracter in registrul tampon de receptie, de golirea registrului tampon de emisie, sau de schimbarea starii liniilor corespunzatoare modemului.

3.5. Transmisia digitala

Favorizata de dezvoltarea electronicii digitale, ea prezinta mai multe avantaje: rata de erori mai scazuta; utilizarea mai eficienta a echipamentelor prin multiplexarea vocii, a datelor si a imaginilor; viteza mai mare.

Pentru transmiterea datelor se utilizeaza modulatia impulsurilor in cod. Semnalul analogic transmis pe bucla locala este digitizat la comutatorul local de un codec (codificator-decodificator) producindu-se un numar de 7 sau 8 biti pentru fiecare esantion. Transmisia are loc in forma numerica pina la comutatorul local al destinatarului, unde se face decodificarea sa.

Codec-ul face 8000 de esantioane pe secunda (125 microsecunde per esantion) ceeace este suficient pentru refacerea informatiei dintr-o banda de 4 KHz. Uzual, esantioanele mai multor canale vocale sint grupate formind un cadru. Fiecare canal ocupa in timp o pozitie fixa a cadrului. In sistemele Bell sint multiplexate 24 de canale, ceeace conduce la o rata de transfer totala de 1.544 Mbps.

Pentru reducerea numarului de biti per canal se utilizeaza variante ale modulatiei impulsurilor in cod (PCM - Pulse Code Modulation). Astfel, in PCM diferential se codifica diferenta intre valoarea curenta si precedenta, iar in modulatia delta se presupune ca semnalul are o variatie lenta si se utilizeaza un singur bit pentru a codifica diferenta +1 sau -1 dintre valori consecutive.

Pentru a utiliza avantajele oferite de transmisia digitala, evitindu-se conversia analogica pe buclele locale, a fost definita interfata digitala X.21 intre terminal (DTE - Data Terminal Equipment) si retea (DCE - Data Circuit Terminating Equipment). Din cele 15 semnale disponibile la conector, sint utilizate cele din figura 3.9.

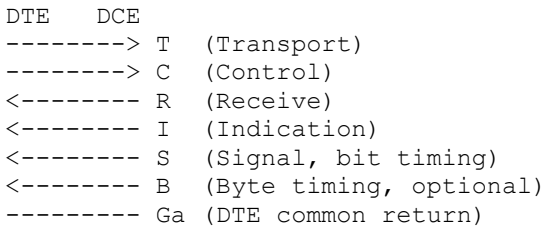

Figura 3.9.

T si R sint utilizate pentru a transfera date sau informatii de control, in functie de starea circuitului de control C si de indicare I. S furnizeaza in mod continuu semnalul de sincronizare la nivel de bit, iar B (optional) cel la nivel de octet.

In privinta caracteristicilor procedurale, X.21 recomanda functionarea in patru faze:
- faza pasiva (quiescent), comuna circuitelor comutate si inchiriate, pe durata careia DTE si DCE isi indica reciproc starea;
- faza de stabilire a conexiunii (call establishment), necesara in cazul circuitelor comutate; pe durata ei, terminalul si reteaua comunica (prin circuitele T si R) utilizind alfabetul IA5 (CCITT International Alphabet Number 5), similar cu ASCII; pe durata acestei faze pentru a realiza si mentine sincronizarea la nivel de caracter intre DTE si DCE se utilizeaza caracterul SYN;
- faza de transfer al datelor, indicata printr-o singura stare in X.21; in aceasta faza se mentine o cale de transfer transparenta, full-duplex intre terminalele utilizatorilor (pentru servicii cu circuite inchiriate sau comutate);
- faza de terminare (clearing) sau de eliberare a conexiunii in circuitele comutate, executata la cererea terminalului (DTE) sau a retelei (DCE); la sfirsitul acestei faze, interfata revine in starea pasiva.

Desi descrierea protocolului X.21 este complicata si lunga, prezentarea unui exemplu simplu ilustreaza principalele caracteristici. In acest exemplu, DTE face un apel al unui DTE indepartat, schimba date si apoi desfiinteaza conexiunea. Prezentarea este facuta prin analogie cu o convorbire telefonica (figura 3.10).

Pas	C	I	T	R	Telefon
0	1	1	1	1	repaus
1	0	1	0	1	DTE ridica receptorul
2	0	1	0	+++++++	DCE transmite tonul
3	0	1	adresa		DTE formeaza numarul
4	0	1		call progress	suna telefonul distant
5	0	0		1	ridica receptorul distant
6	0	0	date	date	conversatie
7	1	0	0		DTE spune la revedere
8	1	1	0	0	DCE spune la revedere
9	1	1	0	1	DCE inchide telefonul
10	1	1	1	1	DTE inchide telefonul

Figura 3.10.