

CAPITOLUL I

INTRODUCERE IN COMUNICATII

1.1. DEZVOLTAREA TEHNOLOGIEI COMUNICATIILOR SI A MICROELECTRONICII

Societatea moderna actuala se bazeaza pe crearea, procesarea, transmiterea si consumul informatiei, cerinte ce sunt indeplinite de sistemele de comunicatii si sistemele informatice.

Dezvoltarea tehnologiei comunicatiilor este strâns legata de evolutia tehnologiei calculatoarelor electronice, ele sunt componente ale sistemelor de comunicatii, fiind utilizate ca terminale inteligente ale sistemelor sau contribuie la asigurarea transportului informatiilor.

Dezvoltarea tehnologiei comunicatiilor se realizeaza pe urmatoarele directii de dezvoltare:

- tehnologiile software: arhitecturi stratificate, sisteme de operare si baze de date distribuite, instrumente SW specializate (limbaje de specificare, sisteme expert, medii de dezvoltare);

- tehnologii hardware: componente electronice complexe VLSI, impachetarea si interconectarea, tehnologiile optice, comunicatii prin satelit, comutatie de mare viteza (ATM – Asynchronous Transfer Mode);

- terminale multifunctionale de utilizator;

- arhitecturi noi de retele si metode de interconectare;

- dezvoltarea retelei integrate ca o dezvoltare a retelei clasice ISN;

- ISDN – retea digitala (numerica) cu integrarea serviciilor;

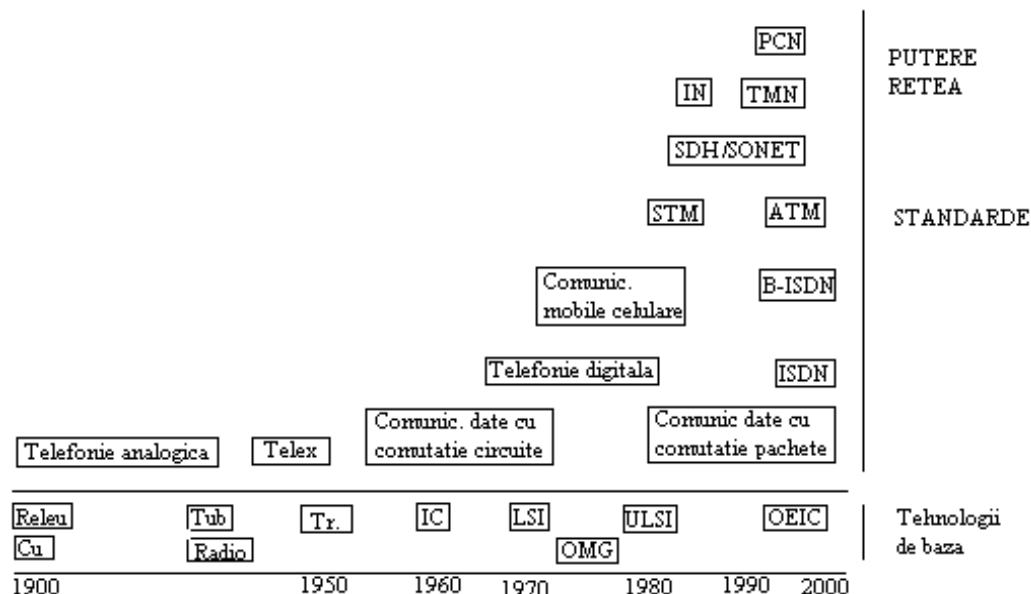
- B-ISDN(Broad-ISDN) ca suport universal pentru transmitere: voce, date, texte, imagini;

- LAN, MAN, WAN – retele locale, metropolitane si de arie larga interconectate intre ele sau prin B-ISDN;

- retele de radiocomunicatii telefonice celulare si mobile;

- IN - retea inteligenta.

Sintetic, dezvoltarea tehnologica in domeniul comunicatiilor poate fi prezentata in figura 1.1 :



Cu-cupru ; OWG-ghiduri de unda optice; IC-circuite integrate; LSI-integrare pe scara larga;VLSI-integrare pe scara foarte larga; OEIC-circuite integrate optoelectronice; TMN-retea management de telecomunicatii; PCN-retea de calculatoare personale; STM-mod de transfer sincron; ATM-mod de transfer asincron; SDH-ierarhie digitala sincrona; SONET-retea fibra optica sincrona; IN- retea inteligenta

Figura 1.1. Dezvoltarea tehnologica in domeniul comunicatiilor.

Cerintele actuale care impulsioneaza dezvoltarea B-ISDN sunt: necesitatea transportului de imagini dinamice (video), interconectarea retelelor locale de mare viteza ($\geq 10\text{Mb/s}$), aplicatii si servicii multimedia.

Reteaua IN extinde facilitatile de furnizare a serviciilor catre mai multe elemente din retea, pentru realizarea unui acces multiplu si flexibil la diferite servicii.

In prezent, retelele digitale permit realizarea comutatiei si transportul informatiei in mod de transfer sincron (STM) si mod de transfer asincron (ATM).

Microelectronica a cunoscut o evolutie deosebita concretizata prin:

- cresterea densitatii de integrare;
- realizarea de circuite de comunicatii speciale;
- integrarea pe scara foarte larga cu asigurarea unei viteze de prelucrare foarte mari;
- micșorarea costurilor circuitelor electronice.

In figura 1.2. se prezinta modul de evolutie a microelectronicii in domeniul comunicatiilor.

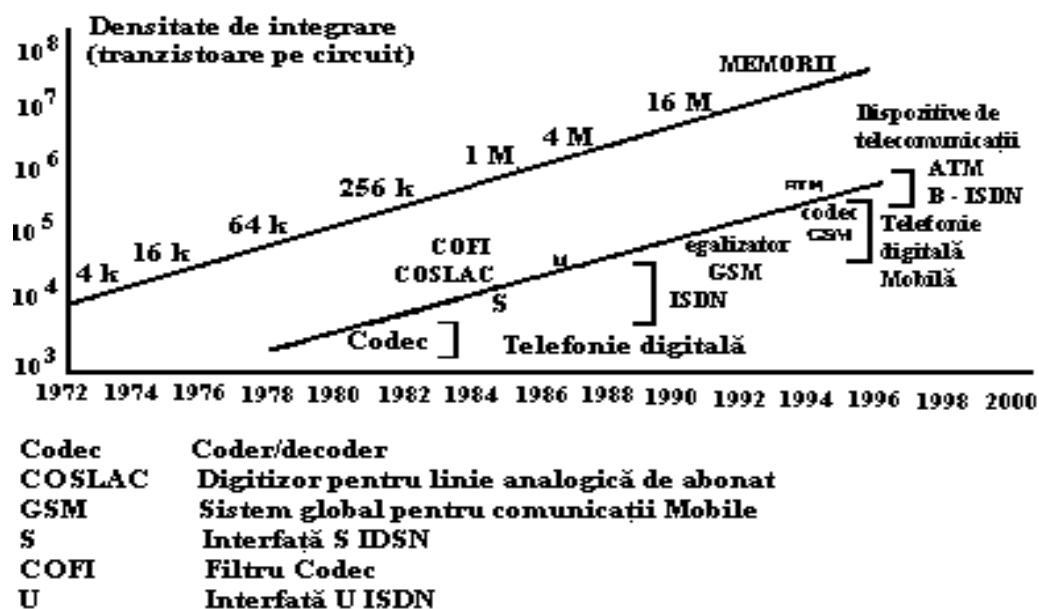


Fig. 1.2. Evolutia in microelectronica.

1.2. STANDARDIZAREA IN TELECOMUNICATII

Dezvoltarea rapida a tehnologiilor electronice si a mediului de telecomunicatii impune o organizare a activitatii de standardizare capabila sa urmareasca realizarea retelei globale care sa asigure orice tip de telecomunicatii.

Standardizarea este orientata pe doua planuri: spre aplicatiile noi care utilizeaza reseaua de telecomunicatii exista (PSTN–Public Switched Telecommunications Network)

si asupra retelei de telecomunicatii bazata pe B-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network) si ATM (Asynchronous Transfer Mode).

Noile aplicatii impun metode de codare a vocii, tehnici noi de modulare, divizarea informatiilor in pachete de date, controlul ecoului, comunicatii personale, etc.

Standardele internationale noi elaborate trebuie sa asigure interconectarea echipamentelor de diverse proveniente la reseaua internationala de telecomunicatii.

In 1820 a aparut serviciul telegrafic iar in 1825 s-a infiintat o organizatie internationala pentru a discuta modul de acces al publicului la serviciul telegrafic international.

In 1876 a aparut serviciul telefonic, iar ulterior in cadrul unei organizatii internationale s-au desfasurat conferinte care au avut drept scop discutarea accesului publicului si coordonarea planului de frecvente pentru comunicatii radio.

In 1920 s-au creat doua comitete de standardizare: CCIT (Comité Consultatif International Télégraphique) si CCIF (Comité Consultatif International Téléphonique) care in 1956 au alcatuit impreuna CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique). CCITT a realizat standardizarea pentru toate tipurile de comunicatii, cu exceptia comunicatiilor radio incluse in activitatea CCIR (Comité Consultatif International Radio). La 28 februarie 1993, CCITT si CCIR si-au incetat activitatea, competentele lor fiind preluate de ITU-T care devine sectorul de standardizare in telecomunicatii al ITU.

ITU (International Telecommunications Union) este o organizatie ce raspunde de standardizarea, coordonare si dezvoltarea telecomunicatiilor internationale, precum si de armonizarea politicilor nationale in domeniul telecomunicatiilor. ITU-T este organizat in 15 grupe de studii (SG – Study Group).

Obiectivele care si le-a propus:

- amplificarea cooperarii internationale pentru imbunatatirea si utilizarea rationala a telecomunicatiilor de orice gen;
- promovarea dezvoltarii tehnicilor care asigura exploatarea flexibila a retelei de telecomunicatii, diversificarea serviciilor de telecomunicatii;
- armonizarea activitatii diferitelor natiuni pentru atingerea obiectivelor propuse.

De apreciat ca in ultimele decenii tehnologiile de comunicatii au cunoscut o reala evolutie si deci implicatii deosebite asupra activitatii de standardizare.

Au fost standardizate in ultimul timp terminalele pentru toate categoriile de servicii, sisteme de transmisiuni si comunicatii digitale, cabluri pe fire optice, sisteme de semnalizare, retele de date cu comutatie de pachete sau retele digitale cu integrarea serviciilor, devenind operationale serviciile in reseaua de telecomunicatii.

Datorita complexitatii acestor tehnologii, standardele devin mai multiple, din aceasta cauza trebuiesc detaliate si explicate; s-a constatat o crestere liniara a numarului de standarde si o crestere exponentiala a volumului lor.

Din aceasta cauza activitatea de standardizare se orienteaza spre un proces orientat pe cerintele pietei si de aici se naste firesc intrebarea cine are prioritate in generarea standardelor.

In elaborarea standardelor trebuie obtinut un anume consens intre diversii participanti. Se exemplifica prin date recente activitatea de standardizare globala de mare importanta pentru dezvoltarea telecomunicatiilor ca: SDH (Synchronous Digital Hierarchy), ATM (Asynchronous Transfer Mode), posta si mesageria electronica (Rec. seria X 400), sistemul de semnalizare prin canal comun Nr.7 – SS7 (Rec. seria Q), ISDN (Integrated Services Digital Network – Rec. seria I), IN (Intelligent Network), TMN (Telecommunications Management Network), UPT (Universal Personal Telecommunications).

In 1993 s-a realizat reorganizarea ITU care cuprinde pe lângă Secretariatul General și trei sectoare:

- radiocomunicațiile (ITU - R),
- standardizarea în telecomunicații (ITU - T),
- dezvoltarea telecomunicațiilor (ITU - D).

ITU a dezvoltat un set de servicii de informații electronice bazat pe calculator cunoscut ca TIES (Telecommunication Information Exchange Services). Pentru eficientizarea proceselor de standardizare ITU a reorganizat procesul de standardizare și difuzare a documentației prin crearea unui serviciu de bază de date de documente electronice numit ITUDOC, schimbul de informații făcându-se prin schimbul de informații electronice. Membrii ITU au acces direct și imediat la ultimele versiuni ale recomandărilor ITU - T. ITU a modificat în ultimii ani strategia de elaborare a standardelor, în sensul că un standard finalizat este imediat publicat, spre deosebire de strategia veche care prevedea elaborarea standardelor în mod ciclic, la intervale de 4 ani, în felul acesta se mărește considerabil eficiența, se reduc costurile, se elimină procedurile birocratice. În paralel cu ITU-T își desfășoară activitatea și organizațiile regionale de standardizare a telecomunicațiilor dintre care menționăm: ETSI-European Telecommunications Standards Institute (în Europa), T1-Commite Telecommunications in U.S. (în America de Nord), TTC- Telecommunications Technology Commite in Japan (în Japonia), TTA (în Coreea). Acestea colaborează între ele, realizează o prestandardizare și contribuie în final la elaborarea unor standarde globale.

A fost creat în acest sens un grup de lucru numit GCS (Global Standards Colaboration) care coordonează toate activitățile de colaborare necesare elaborării standardelor globale.

Se apreciază că activitatea regională este utilă din următoarele considerațiuni:

- realizarea unor standarde necesare doar într-o anumită regiune, ele nefinalizându-se în standarde globale dar pot realiza o anumită colaborare internațională;
- pot exista activități paralele de standardizare la nivel regional și internațional, acolo unde există mulți colaboratori și unde este necesară și o consultare reală pentru găsirea unor noi recomandări pe plan regional;
- standardele regionale pot deveni reglementări cu aplicații strict locale.

În țările europene au fost folosite specificațiile naționale de telecomunicații elaborate de administrațiile naționale de telefonie și telegrafie (PTT) care erau elaborate pe baza standardelor CCH (Comitee for Harmonization) și CEPT (European Conference for Poste and Telecommunication), elaborate pe baza standardelor ITU.

ETSI are 316 membrii din 26 țări europene, provenind din următoarele domenii de activitate: organizații ale standardelor internaționale, exploatarea rețelilor de telecomunicații, industrie, cercetare, consultanță, servicii și utilizatori. La nivel mondial există două organizații care se ocupă de standardele pentru comunicații: ISO (International Standardization Organization) care acoperă o paletă largă de domenii și ITU care acoperă activitatea de telecomunicații. O structură asemănătoare există la nivel european: CEN (Comité Européen pour Normalisation) care reprezintă compartimentul ISO în Europa, și ETSI care acoperă sectorul de telecomunicații în Europa.

Forme de standardizare.

a) *Standarde* – elaborate de Organizația Internațională de Standarde ISO (International Standards Organization).

b) *Recomandări* – elaborate de Uniunea Internațională de Telecomunicații ITU (International Telecommunications Union), au în practică aceeași autoritate ca standardele. Unitățile din industrie iau parte la crearea acestora, dar nu participă la decizia finală. Spre deosebire de standarde, unde industria nu are nici un cuvânt de spus, recomandările sunt rezultatul unei negocieri între organizațiile similare din toată lumea.

c). *Standardele functionale* – Pentru ca standardele si recomandarile sunt rezultatul unor compromisuri, ramâne suficienta libertate in producerea unor produse si servicii. Au rezultat astfel standarde functionale care nu sunt standarde noi ci dau liniile directoare in alegerea unor optiuni pentru o aplicatie particulara, intr-o anumita zona din lume. In domeniul telecomunicatiilor europene, acestea poarta numele de Norme Europene de Telecomunicatii NET (Normes Européennes de Telecommunication). In 1988 primele propuneri pentru NET au fost pentru siguranta utilizatorului, siguranta personalului de intretinere, protectia impotriva defectarilor in retea si interconectarea echipamentelor.

d). *Standardele de facto* – in trecut multe standarde au fost rezultatul influentei unui producator puternic si in consecinta producatorii mai mici au fost nevoiti sa asigure compatibilitatea functionala cu produsele acestuia, aceste specificatii devenind standarde de facto. Problema este ca producatorul nu pune la dispozitie specificatiile de interfata ale echipamentelor, pentru a vinde cât mai multe din produsele sale. Problema s-a rezolvat practic prin faptul ca acesta a trebuit sa puna la dispozitie documentatii pentru intretinere, care nu puteau omite descrierea interfetelor.

e). *Verificari, teste de conformitate si certificate* – verificarea se face in centre de testare speciale pentru a asigura ca un echipament produs oriunde pe glob se poate conecta la o retea intr-o anumita tara. Testele de conformitate se fac tot in aceste centre pentru a asigura ca protocoalele standardizate sunt implementate corect. Institutul European pentru Standarde in Telecomunicatii ETSI (European Telecommunications Standards Institute) a autorizat un numar de institute similare pentru a acorda certificate, o recunoastere a faptului ca echipamentele respecta recomandarile (NET) ale organizatiei. Aceste produse sunt acceptate in toata Comunitatea Europeana.

Organizari in domeniul standardizarii:

- ITU–International Telecommunications Union,
- ISO–International Standards Organization,
- IEC–International Electrotechnical Commission,
- CCITT–Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique,
- CCIR–Comité Consultatif International de Radiocommunications,
- ETSI–European Telecommunication Standards Institute,
- CEN–Comité Européen de Coordination des Normes,
- CENELEC–Comité Européen de Normalisation Electrotechnique,
- ECTEL–European Conference of Associations of Telecommunications and Professional Electronic Industries,
- ECMA–European Computer Manufacturers Associations,
- CEPT–Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications.

1.3. TERMENI SI NOTIUNI PRIVIND SISTEMELE DE COMUNICATII

Studiul sistemelor de comunicatii are la baza un important suport stiintific care impune intelegerea clara a termenilor precum si folosirea lor fara ambiguitati.

Definitii prezentate in acest capitol vizeaza un numar relativ restrâns de termeni de larga utilitate in domeniul telefoniei si comunicatiilor de date pe canalele analogice, digitale si mixte ce beneficiaza de largimea de banda specifica de 3100 Hz (300 - 3400 Hz.).

Documentele elaborate prin recomandarile internationale ITU reprezinta singurele documente care pun la dispozitie un limbaj comun de intelegere intre specialitati, eliminându-se ambiguitatile si interpretarile "sui generis ".

Termenii si notiunile prezentate in acest capitol au la baza urmatoarele referinte: Recomandarile CCITT M 60, M 300, M 562, G 701 si Anexa A la suplimentul numarul 29 (COM.XII R-31-F).

Dorim sa lamurim termenul digital in contextul telefoniei digitale respectiv al retelelor digitale de comunicatii. Termenii de analogic/digital echivalenti cu continuu/discret (numeric) sunt utilizati in trei contexte: informatie, semnal si transmisiune. In telefonie digitala, informatiile pot fi analogice daca se realizeaza transmisia semnalului vocal, sau digitale daca se asigura servicii de transmitere a datelor, telex, etc. Semnalele utilizate pot fi digitale (daca transmisia este in banda de baza) sau analogice (daca se produce o modulare a semnalului). Se apreciaza ca termenul digital se refera la tipul transmisiei. Tipul unei transmisiuni este dat de modul in care sunt prelucrate semnalele intre transmitator si receptor. In cazul transmisiunilor analogice se transmit semnale analogice fara a interesa continutul informatiei. La transmisiunea digitala se transmit semnale digitale sau analogice ce contin informatii digitale. Pentru refacerea semnalelor in comunicatiile de date se folosesc regeneratoarele iar in transmisiile analogice se utilizeaza amplificatoarele.

1.3.1. TERMENI SI NOTIUNI UZUALE PRIVIND SISTEMELE DE COMUNICATII

1.3.1.1. Canalul (calea) de transmisie.

a.1). Definitie generala.

Canalul sau calea de transmisie este un ansamblu de mijloace necesare pentru a asigura transmitia semnalelor intr-un singur sens, intre doua puncte.

Doua sau mai multe canale (cai) pot fi multiplexate pe un mediu de comunicatie comun, folosind tehnica de diviziune in frecventa, (Frequency Division Multiplexing-FDM) sau in timp, (Time Division Multiplexing-TDM).

Deoarece tipurile de multiplexare au fost traduse si multiplexare cu repartitie in frecventa (FRM) sau multiplexare cu repartitie in timp (TRM), se observa folosirea uzuala a notiunii de multiplexare in frecventa, respectiv multiplexare in timp.

In limba engleza (E) termenul este channel (Transmission channel), in limba franceza (F) termenul este voie (voie de transmision).

a.2). Canal analogic.

Canalul analogic este un canal alocat pe perechi fizice, la frecvente vocale, sau pe sisteme de transmisie analogice, intr-o banda de 4 KHz (efectiv 3,1 KHz).

Un exemplu clasic il reprezinta canalele analogice pe sisteme de curenti purtatori utilizând multiplexarea in frecventa ; semnalele de frecventa vocala se regasesc la cele doua puncte extreme (terminale) ale sistemelor tehnice.

E : analogue channel

F : voie analogique

a.3). Canal digital.

Un canal digital este un canal pus la dispozitie la debitul binar de 64 Kb/s, pe o legatura digitala.

La cele doua extremitati accesibile in repartitoarele digitale, un canal digital apare fie ca o capacitate de 64 Kb/s, fie ca un interval de timp (time slot), la 64 Kb/s, când este multiplexat cu alte canale pe o legatura digitala, la un nivel specificat al ierarhiei digitale. In figura 1.3. se prezinta cele doua exemple ce definesc canalul digital.

E : digital channel

F : voie numerique

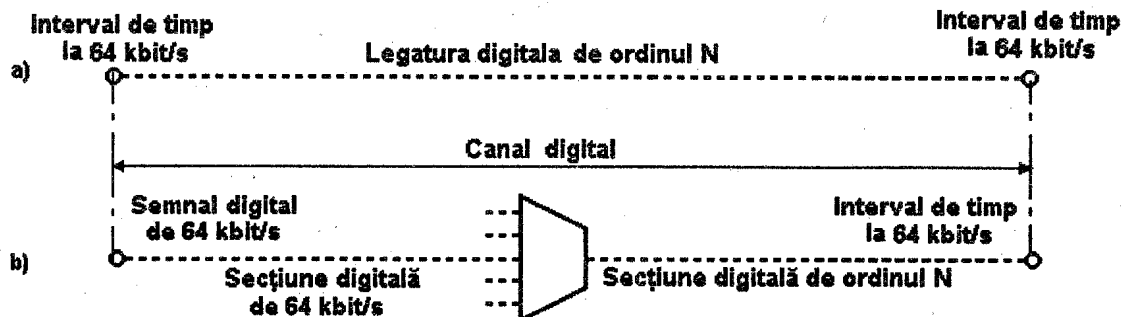


Fig. 1.3. Canal digital.

a.4). Canal mixt analog /digital.

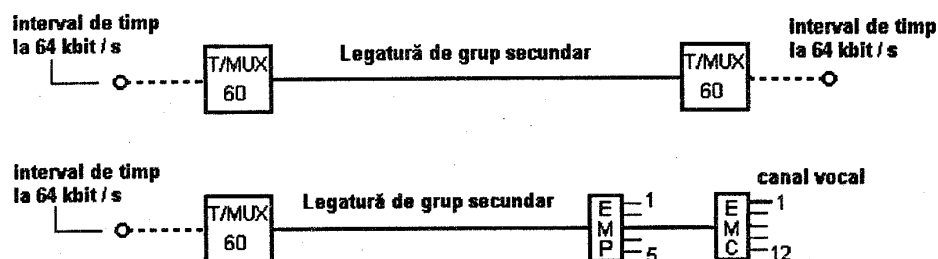
Este un canal ce contine minim o conversie analog/digital, respectiv conversie digital/analog, utilizând pentru conversie sisteme PCM sau transmultiplexoare.

In loc de transmultiplexoare se pot folosi sisteme PCM ca mijloc de interfatare a sistemelor analogice cu cele digitale.

F : voie mixte analogique/numerique

E : mixed analog/digital channel

Fig.1.4. Tipuri de canale mixte.



1.3.1.2. Sectiune de circuit

b.1). Sectiune de circuit analogic.

Sectiunea de circuit analogic cuprinde doua canale analogice, câte unul in fiecare sens de transmisie si este delimitata de doua puncte consecutive intre care se efectueaza o conversie de frecventa.

b.2). Sectiune de circuit digital.

Sectiunea de circuit digital cuprinde doua canale, câte unul in fiecare sens de transmisie si este delimitata de doua puncte consecutive intre care se efectueaza o conversie temporală.

E : digital circuit section

F : section de circuit numerique

b.3). Sectiune de circuit mixt.

Sectiunea de circuit mixt cuprinde doua canale mixte, câte unul in fiecare sens de transmisie.

E : mixed circuit section

F : section de circuit mixte

b.4). Sectiune terminala de circuit mixt.

Sectiunea cuprinde doua sensuri de transmitere pentru un semnal echivalent vocal care traverseaza un echipament de multiplexoare PCM astfel:

- pe sensul analog - digital sectiunea terminala mixta este cuprinsa intre intrarea analogica (de frecventa vocala) si aparitia intervalului de timp asociat canalului de 64 Kb/s din iesirea digitala a echipamentului;

- pe sensul digital - analog sectiunea terminala mixta este cuprinsa intre punctul de aparitie a intervalului de timp alocat unui canal de 64 Kb/s de la intrarea unui echipament de multiplexare PCM si iesirea la terminalul de frecventa vocala.

E : mixed analog / digital terminal circuit section

F : section terminale de circuit mixte analogique/ numerique

b.5). Sectiune terminala de circuit digital

E: Digital terminal circuit section

F: Section terminale de circuit numérique

Sectiunea terminala de circuit digital cuprinde cele doua sensuri de transmitere pentru un semnal echivalent de frecventa vocala care traverseaza un terminal digital. In fiecare

sens de transmisie sectiunea terminala digitala de circuit este delimitata de aparitia unui interval de timp asociat canalului de 64 kb/s din fluxul de intrare in terminalul digital si aparitia intervalului de timp corespunzator acestui canal de 64 kb/s din fluxul de iesire al terminalului digital.

1.3.1.3. Circuitul

c.1). Definitie generala

Circuitul constituie ansamblul a doua canale care asigura, intre doua puncte, o transmisie in ambele sensuri.

c.2). Circuit analog

Circuitul analog cuprinde una sau mai multe sectiuni analogice si se termina la capete cu echipamente de comutatie analogice (fara a le include).

E: Analogue circuit

F: Circuit analogique

c.3) Circuit digital

Un circuit digital se compune din una sau mai multe sectiuni digitale de circuit. Ele se termina la comutatoarele digitale fara sa le includa.

E: Digital circuit

F: Circuit numerique

c.4) Circuit mixt analog/digital

Circuitul cuprinde o combinatie de sectiuni de circuit care contine una sau mai multe dispozitive de conversie analog/digitala. Circuitele mixte analog/digitale se pot termina la o extremitate sau alta a echipamentelor de comutatie analogice si digitale, fara a le include.

1.3.1.4. Transmultiplexor

Un transmultiplexor este un echipament care transforma semnalele multiplexate cu diviziune in frecventa in semnale multiplexate cu diviziune in timp cu specificatia ca au aceeasi structura cu semnalele din sistemul PCM si invers.

E: Transmultiplexor

F: Transmultiplexeur

1.3.1.5. Legatura digitala (traseu digital)

Legatura digitala reprezinta un ansamblu de mijloace care permite transmiterea/receptionarea unui debit liniar specificat intre doua repartitoare digitale (subrepartitoare sau echivalentul lor) la care sunt conectate echipamentele terminale sau echipamentele de comutatie. Mai multe legaturi digitale interconectate prin echipamentele de comutatie ale centrelor (nodurilor) de comutatie formeaza o comunicatie digitala.

E: digital path (digital link)

F: conduit numérique (liaison numérique)

1.3.1.6. Sectiune digitala

Sectiunea digitala este ansamblul de mijloace care permite transmiterea/receptionarea unui semnal digital specificat intre doua repartitoare digitale (subrepartitoare sau echivalentul lor) consecutive.

O secțiune digitală poate fi o parte sau în întregime o legătură digitală.

E: Digital section

F: Section numérique

1.3.1.7. Secțiune digitală de linie

Secțiunea digitală de linie cuprinde două echipamente terminale de linie consecutive, suportul de transmisie dintre ele, cablajul intern al stațiilor între acestea și repartitoare digitale respective (subrepartitoare și echivalentul lor). Acestea alcătuiesc ansamblul mijloacelor de transmitere/recepție ale unui semnal digital cu un debit bine specificat, între două repartitoare digitale (subrepartitoare sau echivalentul lor) consecutive.

Secțiunea digitală de linie reprezintă o particularizare a secțiunii digitale. Echipamentele terminale de linie pot fi :

- regeneratoare;
- transcodere;
- dispozitive de telealimentare;
- dispozitive de supraveghere.

E: Digital line section

F: Section de ligne numérique

1.3.1.8. Legătură digitală de linie

Legătura digitală de linie este constituită din două sau mai multe secțiuni digitale de linie interconectate astfel ca debitul binar specificat al semnalului digital transmis/recepționat să fie de aceeași valoare pe tot traseul de linie între două repartitoare digitale terminale.

E: Digital line path (Digital line link)

F: Conduit de ligne numérique (Liaison de ligne numérique)

1.3.1.9. Bloc digital

Blocul digital este compus dintr-o legătură digitală și echipamentele de multiplexare digitale care îi sunt asociate.

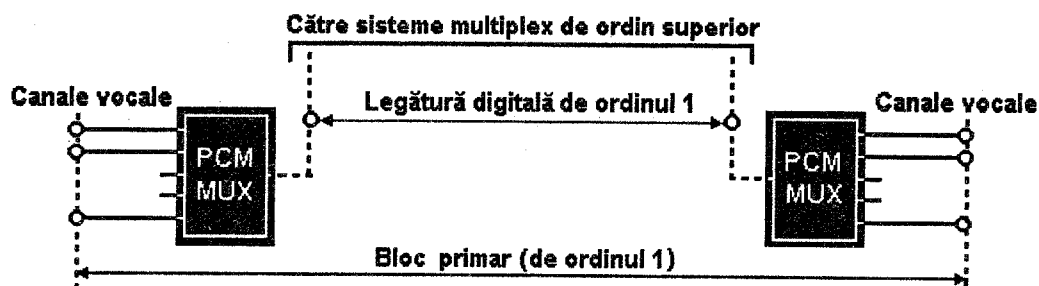
(fig.1.5.)

E: Digital block

F: Bloc numérique

i₁). Bloc primar

Fig.1.5. Bloc primar



Blocul primar este un grup de baza PCM, obținut prin multiplexarea în timp (fig.1.5.).

E: Primary block

F: Bloc primaire

i₂) Repartitor digital

Repartitorul digital reprezinta o rama la care sunt efectuate interconectari intre iesirile digitale ale unor echipamente si intrarile digitale ale altor echipamente.

E: Digital distribution frame

F: Repartiteur numérique

1.3.2. CIRCUITE MIXTE ANALOG/DIGITALE ACCEPTATE

Alături de sisteme analogice de comunicație au fost introduse noi sisteme digitale de comunicație, îndeosebi în domeniul comutației și transmisiei, aparând circuitele mixte analog/digitale. Caracterul mixt al sistemelor de comunicație apare ca urmare a interconectarilor dintre centralele digitale electronice și centralele analogice și a interconectarilor centralelor digitale prin mijloace de transmisie analogice.

Principiul care stă la baza elaborării de noi recomandări cu privire la circuitele mixte este conservarea tuturor recomandărilor ce se referă la circuitele analogice.

Circuitele mixte analog/digitale sunt realizate din combinațiile mai multor secțiuni de circuit, acceptate în practica curentă pentru a realiza transmiterea informațiilor prin rețeaua de comunicație.

Abrevierile și simbolurile utilizate în exemplele ce se prezintă în circuitele mixte analog/digitale sunt :

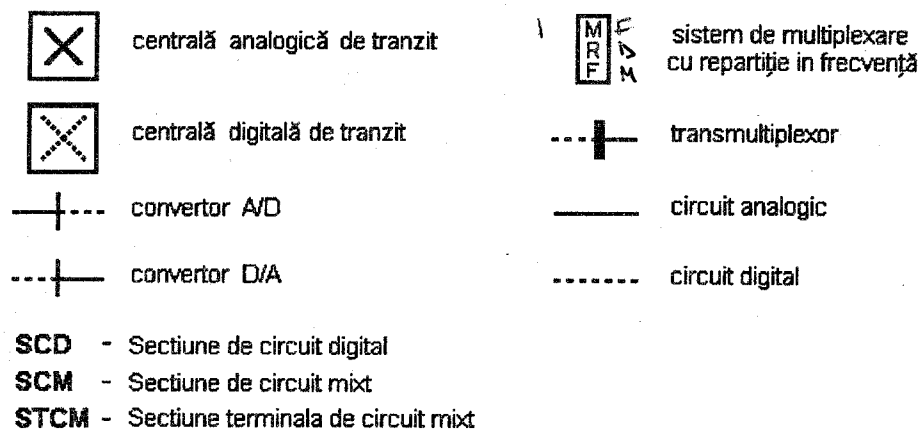


Fig. 1.6. Simboluri grafice și abrevieri

1. Exemplul 1 este caracterizat prin comutație analogică la ambele extremități, transmisie digitală și secțiuni terminale de circuit mixt.(fig.1.7).

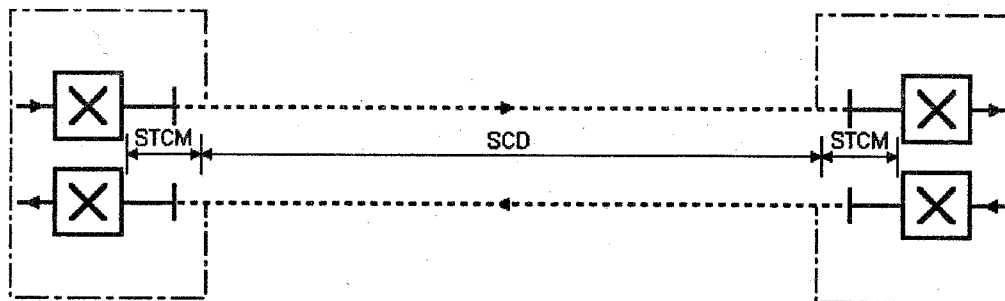


Fig.1.7. Combinație de circuite mixte.

1. Exemplul 2 se caracterizează prin comutație analogică la ambele extremități, transmisie analogică și digitală cu transmultiplexarea la interfața de transmisie, secțiune terminală mixtă(fig.1.8.).

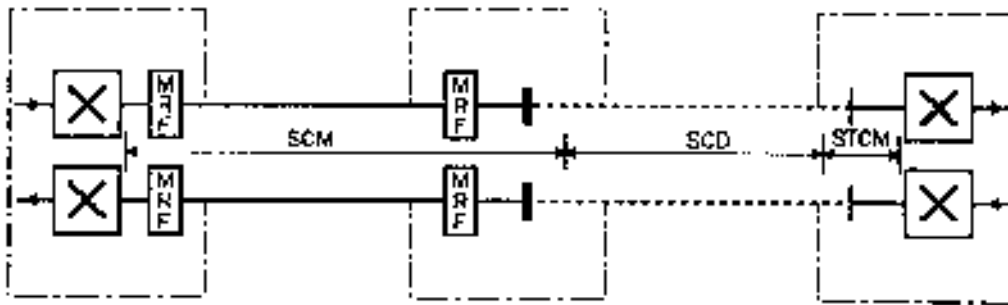


Fig.1.8. Varianta de comutatie analogica la ambele extremitati, sectiune terminala mixta

3. In exemplul 3 se prezinta circuite mixte caracterizate prin comutatie digitala la o extremitate si analogica la alta extremitate, transmisia analogica si transmultiplexor (fig.1.9.).

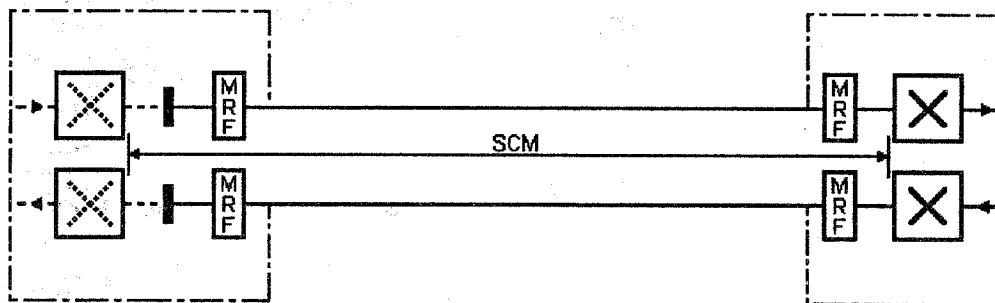
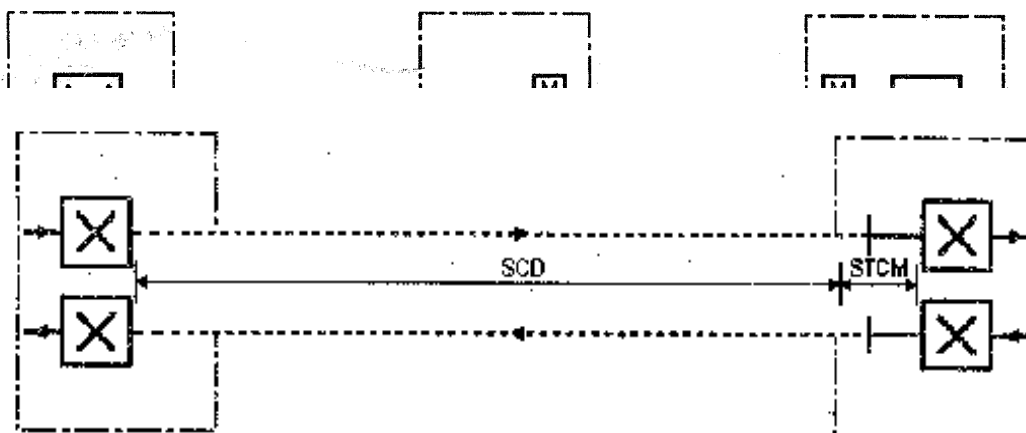


Fig.1.9. Varianta de combinatie de circuite mixte.

2. In exemplul urmator se prezinta circuit mixt caracterizat prin comutatie digitala la o extremitate si analogica la alta, transmisie analogica si digitala si transmultiplexor la interfata de transmisie (fig.1.10.).

Fig.1.10. Combinatie de circuite mixte

5. In exemplul 5 circuitul mixt este caracterizat prin comutatie digitala la o extremitate



si comutatie analogica la cealalta, transmisie digitala si sectiune terminala mixta (fig.1.11.).

Fig.1.11. Combinatie de circuite mixte.

6. In figura 1.12. se prezinta un circuit mixt caracterizat prin comutatie digitala la ambele extremitati, transmisie analogica si transmultiplexoare la ambele extremitati.

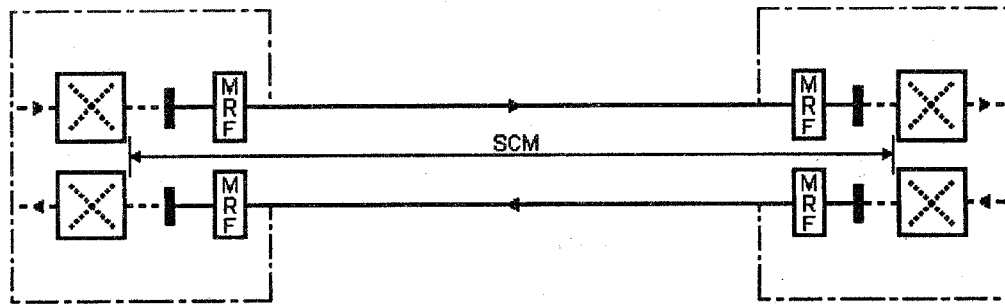


Fig.1.12. Varianta de circuite mixte.

7. In exemplul 7 circuitul mixt este caracterizat prin comutatie digitala la ambele extremitati , transmisie digitala si analogica si transmultiplexoare la interfetele de transmisie (fig.1.13.).

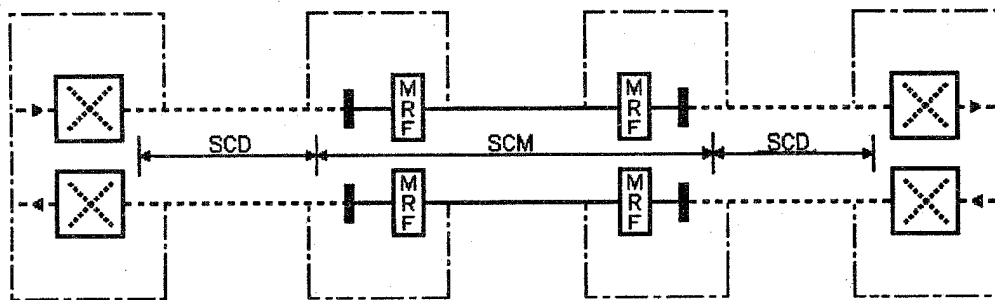


Fig.1.13. Combinatie de circuit mixt.

1.4. NIVELUL DE TRANSMISIE. PARAMETRII SI UNITATI DE MASURA CARE AU LA BAZA EXPRIMAREA IN dB

1.4.1. Nivelul de transmisie. Unitati de masura

In tehnica comunicatiilor caracterizarea marimii semnalului printr-o valoare numerica exprimata in volti (pentru tensiunea electrica) sau wati (pentru puterea electrica) este putin folosita, s-a dovedit utila exprimarea in dB (sub diverse forme) pentru a elabora marimea semnalului in raport cu o valoare de referinta.

In studiul variatiei intensitatii semnalului telefonic sau a unui semnal de masura pe o cale de transmisie se folosesc "unitati de transmisie" cu raport logarithmic, altfel spus se urmareste actiunea fiecarui element component al caii (atenuare, amplificare, etc.) asupra semnalului transmis.

Pentru aprecierea marimii semnalului in unitati de transmitere se foloseste notiunea de "nivel"; folosind unitatile de transmisie cu raport logarithmic si notiunea de nivel se pot evalua raporturile de tensiune, putere sau curenti existente in cuadripolii de orice fel. In functie de logarithmul utilizat se deosebesc doua sisteme de unitati de transmisie:

- a). sistemul natural cu unitatea fundamentala de transmisie Neperul (Np);
- b). sistemul zecimal cu unitatea fundamentala Belul (in practica se foloseste submultiplul decibelul).

$$1\text{Np} = \ln \frac{U_1}{U_2} = \ln \frac{I_1}{I_2} \quad ; \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_1}{I_2} = e \approx 2,718 \quad (1.1)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = e^2 = 7,389$$

Pentru obtinerea unei valori univoce a sistemului, 1 Np poate fi determinat ca o jumatate din logarithmul natural.

$$1\text{Np} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{2} \ln \frac{\frac{U_1^2}{Z}}{\frac{U_2^2}{Z}} = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2 = \ln \frac{U_1}{U_2}. \quad (1.2)$$

Un decibel reprezinta 20 logarithmi zecimali din raportul tensiunilor sau curentilor. In cazul valorilor absolute acest raport este egal cu $10^{0,05}$.

$$1\text{dB} = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} = 20 \lg \frac{I_1}{I_2} \quad (1.3)$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_1}{I_2} = 10^{\frac{1}{20}} = 10^{0,05} = 1,12 \quad (1.4)$$

Pentru raportul puterilor:

$$1\text{dB} = 10 \lg \frac{P_1}{P_2} \quad \text{daca} \quad \frac{P_1}{P_2} = 10^{0,1} = 1,259 \quad (1.5)$$

Relatia fundamentala dintre dB si Np este:

$$1\text{Np} = 8,686 \text{ dB}; \quad 1 \text{ dB} = 0,115 \text{ Np}. \quad (1.6)$$

S-a ales raportul logaritmîc în determinarea caracteristicilor cuadripolilor deoarece:

α) după legea psiho-fizică (Weber-Fehner), senzația pe care urechea o primește este proporțională cu logaritmul intensității sonore;

β) existînd foarte multe elemente de circuit, calculul logaritmîc este eficient și comod;

γ) pe o cale de transmisie omogenă curentul și tensiunea se propagă, atenuarea producîndu-se după o lege exponențială; în felul acesta logaritmul raportului dintre tensiunea sau curentul la capătul de transmitere și tensiunea sau curentul la capătul de primire este proporțional cu lungimea liniei.

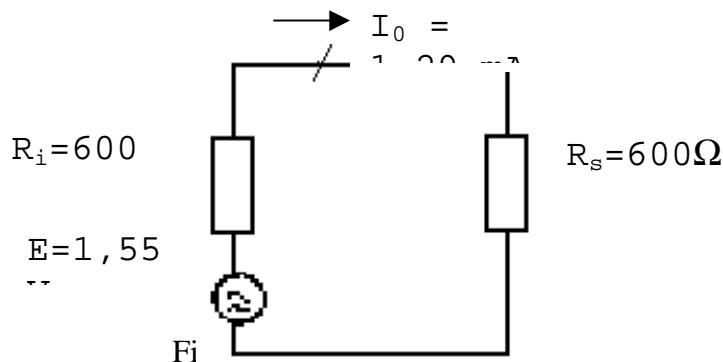
Unitățile de transmisie se folosesc pentru măsurarea atenuărilor, amplificărilor, proprietăților electroacustice, a gradului de adaptare între impedanțe, a ecarturilor de distorsiune, etc.

Nivelul indică prin unitățile de transmisie logaritmice starea electrică comparativă într-un punct al unui circuit de comunicații. După mărimea de referință aleasă nivelurile sunt: nivel absolut de putere, nivel absolut de tensiune, nivel relativ de tensiune și nivel relativ de putere.

1.4.2. Nivelul absolut și nivelul relativ

Starea electrică a unui punct de circuit se exprimă comparînd logaritmîc puterea sau tensiunea din acel punct cu puterea sau tensiunea debitată pe o rezistență de 600 ohmi de către generatorul normal (etalon) care este definit în continuare pentru circuitele telefonice.

Generatorul normal are următoarele caracteristici electrice: tensiunea electromotoare $E = 1,55 \text{ V}$ și rezistența internă $R_i = 600 \Omega$ (fig.1.14).



Marimile electrice se calculează astfel:

- puterea debitată de generatorul normal pe o rezistență de sarcină pur rezistivă $R_s = 600 \Omega$ este:

$$P_0 = U_0 I_0 = \frac{E^2}{4R_s} = \frac{1,55^2}{4 \cdot 600} = 1 \text{ mW}; \quad (1.7)$$

- tensiunea U_0 la bornele sarcinii:

$$U_0 = \frac{E}{2} = \frac{1,55}{2} = 0,775 \text{ V};$$

- curentul care circula prin rezistența la sarcină:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_s} = \frac{0,775}{600} = 1,29 \text{ mA}.$$

Marimile P_0 , U_0 , I_0 reprezinta valori de referinta pentru compararea puterii P_x , a tensiunii U_x , si a curentului I_x in punctul in care se ia in considerare si reprezinta nivelul zero (nivel de referinta conventional).

1.4.2.1. Nivele absolute

Se definesc nivele absolute de putere, de tensiune si de curent.

Nivelul absolut de putere, notat dB_m , are ca marime de referinta valoarea de 1mW, având in vedere ca puterea medie a semnalului transmis de aparatul telefonic este de aproximativ 1mW.

Relatia de calcul:

$$n_p = 10 \lg \frac{P_x}{P_0} = 10 \lg \frac{P_x}{1 \text{ mW}} [\text{dB}_m] \quad (1.8)$$

$$n_p = 10 \log \frac{U^2}{1 \text{ mVA}} [\text{dBm}] .$$

$F_0 = 1020 \text{ Hz}$ este frecventa de referinta.

Pe interfetele analogice ale centralelor digitale (la 2 fire) se utilizeaza impedante complexe, de aceea se utilizeaza notiunea de putere aparenta.

In tabelul 1.1 sunt prezentate câteva valori caracteristice.

Tabelul 1.1

P_x	1 W	10 mW	5 mW	2 mW	1 mW	0,5 mW	0,2 mW	0,1 mW	1 μW	1 pW
$n[\text{dBm}]$	+30	+10	+7	+3	0	-3	-7	-10	-30	-90

Pentru etalonarea nivelului de tensiune se foloseste ca marime de referinta valoarea 775 mV.

Relatia de definitie:

$$n_v = 20 \lg \frac{|U_x|}{775 \text{ mV}} [\text{dBu}]. \quad (1.9)$$

Nivelul absolut de curent se foloseste in practica extrem de rar, deci poate fi ignorat.

In mod particular daca valoarea marimii masurate in punctul x (punct oarecare de masura) coincide cu valoarea marimii de referinta rezulta ca nivelul absolut este zero.

Pentru calculele efectuate in retelele de comunicatii de arii mari se folosesc nivelurile absolute de putere, explicatia fiind ca raportul de transmisie este realizat pe principiul transferului mare de putere.

1.4.2.2. Nivele relative

Se definesc nivele relative de putere, de tensiune sau de curent.

Daca se face raportul de tensiune sau a unei puteri dintr-un punct, la o anumita valoare din alt punct, nivelul obtinut se va numi nivel relativ de tensiune sau putere.

Originea caii de transmisie este in conformitate cu definitia nivelului relativ, punct de nivel zero. Aceasta origine poate fi considerata in functie de scopurile propuse. Se poate deci aprecia ca nivelul absolut de putere este un caz particular al nivelului relativ, atunci când generatorul etalon (normal) se ia ca referinta.

Deci, prin definitie, nivelul relativ de putere (dB) intr-un punct dat este exprimat prin raportul in dB, calculat la frecventa de referinta $F_r = 1020$ Hz (conform Recomandarii O.6):

$$n_r = 10 \lg \frac{P_x}{P_0} [\text{dBr}], \quad (1.10)$$

unde P_x este puterea aparenta a semnalului in punctul considerat, iar P_0 este puterea aparenta a semnalului intr-un punct de referinta, numit punct de referinta al transmisiei. Punctul este denumit TRP (Transmission Reference Point). Se utilizeaza pentru echipamente, sisteme de comutatie, etc. termenul de "Punct de referinta al nivelului" LRP (Level Reference Point).

Punctul de referinta al comunicatiei poate fi luat la întâmplare sau poate exista fizic.

Nivelul relativ se calculeaza la frecventa de referinta de 1020 Hz si reprezinta câstigul sau atenuarea între punctul considerat si punctul de referinta a transmisiei. Semnalul de masura aplicat in punctul de referinta al transmisiei (0 dBr) are o valoare de -10 dBm astfel încât sa nu fie afectate subsistemele de comunicatii. Regula de masurare este ca intr-un punct cu nivel relativ oarecare x , nivelul admis al semnalului la masurare va fi cu 10 dB sub valoarea nivelului relativ.

In calculele cu niveluri relative se folosesc date si tabele practice din care rezulta:

- o dublare a tensiunii corespunde la +6,02 dB;
- o dublare a puterii corespunde valorii de 3,01 dB.

Nivelul relativ este un concept util. Prin acest parametru pot fi caracterizate mai multe proprietati:

- câstigul si atenuarea între interfete;
- capacitatea pe care o are un echipament de a trata semnalele aplicate la o interfata;
- nivelul probabil de putere al semnalului vocal la o interfata.

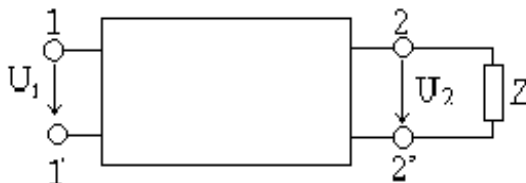
Tabelul 1.2. Corespondenta între raportul de tensiune, putere si nivele.

$-\left \frac{U_x}{U_1}\right $	1,122-1,1	1,259-1,3	1,412-1,4	1,995- 2	3,162-3,2	10
$\frac{P_x}{P_1}$	1,259-1,3	1,586-1,6	1,995 - 2	3,981- 4	10	100
DB	+1	+2	+3	+6	+10	+20

1.4.3. PARAMETRI SI UNITATI DE MASURA AI NIVELELOR DE TRANSMISIE

1.4.3.1. Atenuarea si câștigul.

Se considera cuadripolul din fig.1.15.



$$A = 20 \lg \frac{U_1}{U_2}$$

Fig.1.15. Exemplificarea atenuarii de tensiune intr-un cuadripol.

Câștigul respectiv atenuarea se exprima prin logaritmul raportului marimilor electrice, tensiune si putere reala sau aparenta.

$$A = 10 \lg \frac{P_1}{P_2} \text{ [dB]}, \quad (1.11)$$

unde P_1 – puterea de intrare,

P_2 – puterea la iesire exprimata in mW sau mVA.

Daca A este pozitiv, exista o atenuarea de putere ($P_2 < P_1$).

Daca A este negativ, exista un câștig de putere ($P_2 > P_1$).

$$A = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} \text{ [dB]} \quad (1.12)$$

Daca $A > 0$ exista o atenuare de tensiune, daca $A < 0$ exista un câștig. In locul tensiunilor pot interveni si alte marimi (curenti, presiune acustica, etc.).

Expresiile (1.11) si (1.12) sunt egale numeric daca impedantele la cele doua porturi (1-1', 2-2') sunt egale in modul.

1.4.3.2. Atenuarea de adaptare (Aad).

Atenuarea de adaptare reflecta gradul de dezadaptare dintre doua impedante Z_1 si Z_2 si este exprimata in dB. Relatia de calcul:

$$A_{ad} = 20 \lg \left| \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 - Z_2} \right|. \quad (1.13)$$

Ea reprezinta atenuarea exprimata ca raportul dintre semnalul incident si cel reflectat, intr-un punct de dezechilibru de impedanta.

1.4.3.3. Atenuarea la putere aparenta.

Atenuarea de putere aparenta se refera la cuadripolul din figura 1.16 in care impedanta Z_g a generatorului si impedanta Z_2 de sarcina sunt marimi complexe.

$$A = 20 \lg \frac{E}{U} \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}}$$

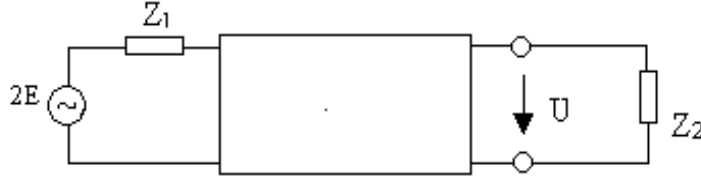


Fig.1.16. Calculul atenuarii de putere aparenta.

Puterea aparenta de intrare P_1 se defineste ca putere aparenta, debitata pe o sarcina egala cu impedanta Z_g a generatorului:

$$P_1 = \frac{E^2}{Z_g}$$

iar puterea P_2 este puterea aparenta de iesire pe sarcina Z_2 :

$$P_2 = \frac{U^2}{|Z_2|}$$

Logaritmand raportul celor doua puteri aparente se obtine atenuarea de putere aparenta:

$$A = 10 \lg \frac{P_1}{P_2} = 20 \lg \frac{E}{U} \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}} \text{ [dB]}. \quad (1.14)$$

Formula (1.14) este aplicabila in cazul circuitelor pasive, deci a cuadripolilor pasivi reciproci.

Evident ca in situatia când impedantele sunt rezistente, puterea aparenta este inlocuita cu puterea reala (in mW).

Pentru a prezenta conceptul de putere aparenta CCITT a propus doua forme specifice de exprimare a atenuarii.

O prima forma se refera la atenuarea de putere aparenta exprimata la frecventa de referinta $F_0=1020$ Hz. Aceasta constituie atenuarea nominala A_0 si este data prin particularizarea expresiei generale (1.14) la frecventa F_0 :

$$A_0 = 20 \lg \frac{E(F_0)}{U(F_0)} \sqrt{\frac{Z_2(F_0)}{Z_1(F_0)}} \text{ [dB]}. \quad (1.15)$$

A doua forma exprima atenuarea in functie de frecventa, având expresia:

$$A_f = 20 \lg \frac{E(f)}{U(f)} \sqrt{\frac{Z_2(F_0)}{Z_1(F_0)}} \text{ [dB]}. \quad (1.16)$$

Deoarece raportul $\frac{|Z_2(F_0)|}{|Z_1(F_0)|}$ este independent de frecventa, variatia cu frecventa a atenuarii depinde exclusiv de raportul de tensiune E/V si nu de puteri.

1.4.4. NIVELUL ABSOLUT DE PUTERE IN DBM PENTRU SEMNALE CU FRECVENTA UNICA

Reprezinta nivelul de putere aparenta al unui semnal sinusoidal, raportat la puterea aparenta de 1mVA, exprimat in dBm, prin logaritmare, dupa expresia:

$$N_p = 10 \lg \frac{P}{1\text{mVA}} = 10 \lg \frac{U^2(f)}{1\text{mVA} \cdot |Z_n(F_0)|} \quad [\text{dBm}] \quad (1.17)$$

1.4.5. Nivelul absolut al semnalelor complexe

$$N = 10 \lg \frac{P}{1\text{mW}} \quad [\text{dBm}], \quad (1.18)$$

unde $P = \int_{F_1}^{F_2} \frac{U^2(f)}{R} df \quad [\text{mW}]$

iar $\frac{U^2(f)}{R}$ reprezinta densitatea spectrala de putere,

R – rezistenta de sarcina; F_1, F_2 limitele benzii de frecventa a semnalului (Hz).
Nivelul se calculeaza diferit daca intervin impedante complexe:

$$N = 10 \lg \frac{P}{1\text{mVA}} \quad [\text{dBm}], \text{ unde:}$$

$$P = \int_{F_1}^{F_2} \frac{|U^2(f)|}{|Z(F_0)|} df \quad [\text{mVA}]. \quad (1.19)$$

1.4.6. Nivelul de putere psfometric

Caracteristicile fiziologice ale urechii fac ca perceptia sunetelor sa depinda de frecventa, potrivit unei functii de ponderare $W(t)$. Astfel efectul componentelor de zgomot de frecvente joase (50 Hz) sau inalte (3000 Hz) este mai putin sesizat decât acela datorat componentelor cuprinse in banda 800-2000 Hz.

Caracteristica de ponderare numita si caracteristica psfometrica este specificata in Recomandarea O.41.

Daca se tine seama de caracteristica de ponderare calculul nivelului se realizeaza dupa formula :

$$N_p = 10 \log \frac{P_p}{1\text{mVA}} \quad [\text{dBmp}] \quad (1.20)$$

unde:

$$P_p = \int_{F_1}^{F_2} \frac{V^2(f)}{|Z(F_0)|} \cdot 10^{w(f)/10} df \text{ [dmVA] respectiv}$$

$$n_p = 10 \lg \frac{P_p}{1 \text{ mVA}} \text{ [dBmp]} .$$

1.4.7. Nivelul relativ de putere

Nivelul relativ la frecventa de referinta $F_0 = 1020 \text{ Hz}$ (conform Recomandarii O.6) se calculeaza dupa formula :

$$N_r = 10 \lg \frac{P}{P_0} , \text{ [dBr]}: \quad (1.21)$$

unde P reprezinta puterea aparenta a semnalului in punctul considerat iar P_0 este puterea aparenta a semnalului intr-un punct de referinta al transmisiei (TRP - Transmission Reference Point).

Nivelul relativ este numeric egal cu atenuarea sau câstigul intre punctul considerat si punctul de referinta a transmisiei la frecventa de referinta la 1020 Hz . In punctul de referinta nivelul relativ este 0 dBr . Cu ajutorul acestui nivel se pot caracteriza :

- câstigul sau atenuarea intre interfete ;
- capacitatea pe care o are un echipament de a trata semnalele aplicate la o interfata ;
- nivelul probabil de putere al semnalului vocal la o interfata.

1.4.8. Nivelul exprimat in dBm0

Acesta reprezinta nivelul absolut de putere masurat la frecventa de referinta (1020 Hz), in punctul de referinta al transmisiei (0 dBr). Intr-un punct oarecare de nivel relativ $x \text{ dBr}$, un nivel $L \text{ dBm0}$ conduce la o valoare absoluta :

$$N_a = N + x \text{ [dBm]}$$

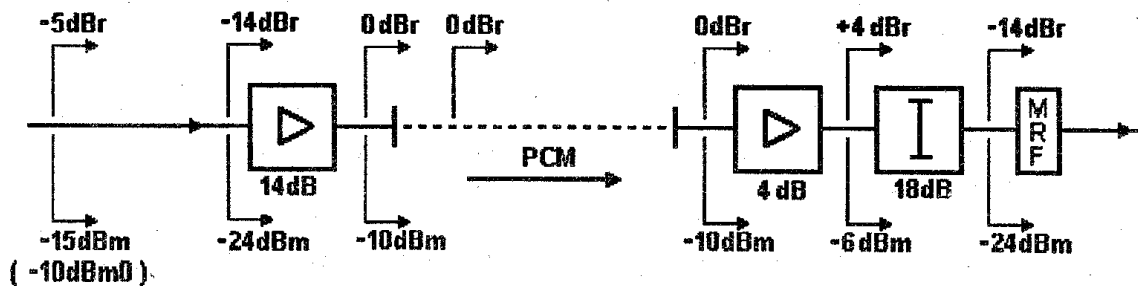


Fig. 1.17. Exemple de valori de nivele relative (dBr) si absolute (dBm) pentru un semnal de masura de 10 dBm0 trimis pe un canal mixt analog /digital.

Nivelul exprimat in dBm0 intr-un punct oarecare de masura reprezinta nivelul semnalului raportat la valoarea nivelului relativ (dBr).

Nivelul exprimat in dBm0 are in acelasi timp un caracter absolut dar si relativ :

- este nivel absolut in punctul de referinta (nivel relativ 0 dBr) ;
- este relativ fata de orice punct de nivel diferit de 0 dBr .

1.4.9. NIVELUL DE TENSIUNE

Prin definitie nivelul de tensiune exprimat in dBu este dat de relatia (9):

$$N_u = 20 \lg \frac{U_x}{775 \text{ mV}} \text{ [dBu]}$$

unde: – U_x este valoarea eficace a tensiunii masurate;
– 775 mV este tensiunea care produce o putere de 1 mW pe o rezistenta de 600 ohmi.

Nivelul de tensiune dat de formula (1.9) este diferit de nivelul de putere dat de formula (1.17).

Daca se masoara cu ajutorul unui decibelmetru nivelul de tensiune la bornele unei rezistente de 600 ohmi rezulta $N_p = N_u$, nivelul de tensiune coincide cu nivelul de putere.

1.4.10. Unitati de masura a nivelelor de putere ale zgomotului

1.4.10.1. dBm

Se refera la unitatea de masura a nivelului absolut, astfel definita incat :

$$0 \text{ dBm} = -90 \text{ dBu} \quad (1.22)$$

Un nivel 0 dBm reprezinta o putere extrem de mica (de 1 pW), aleasa ca referinta in locul valorii de 1 mW.

Conform relatiei (1.22), intre nivelele exprimate in dBm si dBu exista urmatoarea legatura :

$$N_{\text{dBm}} = N_{\text{dBu}} + 90 \text{ dB} .$$

1.4.10.2. dBmC

Se refera la unitatea de masura a zgomotului cu filtru de ponderare. Intre nivelele exprimate in dBm si dBmC exista relatia

$$N_{\text{dBmC}} = N_{\text{dBm}} + 90 \text{ dB} . \quad (1.23)$$

1.4.10.3. dBm0

Se refera la nivelul absolut masurat intr-un punct la nivel relativ 0 dB. Exprimarea ITU corespondenta este dBm0.

1.4.10.4. dBm0p

Se refera la nivelul absolut masurat cu filtru de pondere (psfometric) intr-un punct de nivel relativ 0 dB. Exprimarea corespondenta este dBm0p.

1.4.11. DIAGRAMA DE NIVEL

Diagrama de nivel este o reprezentare grafica a modificarilor nivelului unei cai de transmisie telefonica.

Nivelul reprezentat este un nivel relativ si deci se apreciaza ca diagrama de nivel este o reprezentare grafica a variatiei nivelului relativ respectiv a nivelului de masura.

Trebuie subliniat ca in general se reprezinta nivele de putere, dar tinând seama de faptul ca o cale de transmisie este formata din mai multi cuadripoli activi si/sau pasivi conectati in cascada se apreciaza ca nivelele relative se masoara in punctele de conexiune dintre aceste cuadripoli.

Presupunând o cale de transmisie pe care cuadripolii pasivi sunt terminati prin impedantele lor imagine notate a_i , iar cuadripolii activi terminati pe impedantele de lucru au câștigul S_k , nivelul relativ masurat pe canalul (calea) transmisie ce cuprinde n amplificatoare si m atenuatoare capata valoarea:

$$n_{rc} = \sum_{k=1}^n S_k - \sum_{i=1}^m a_i \quad [\text{dBr}]$$

Se exemplifica proiectarea unei diagrame de nivel pe o cale de transmisie telefonica de frecventa vocala (fig. 1.18).

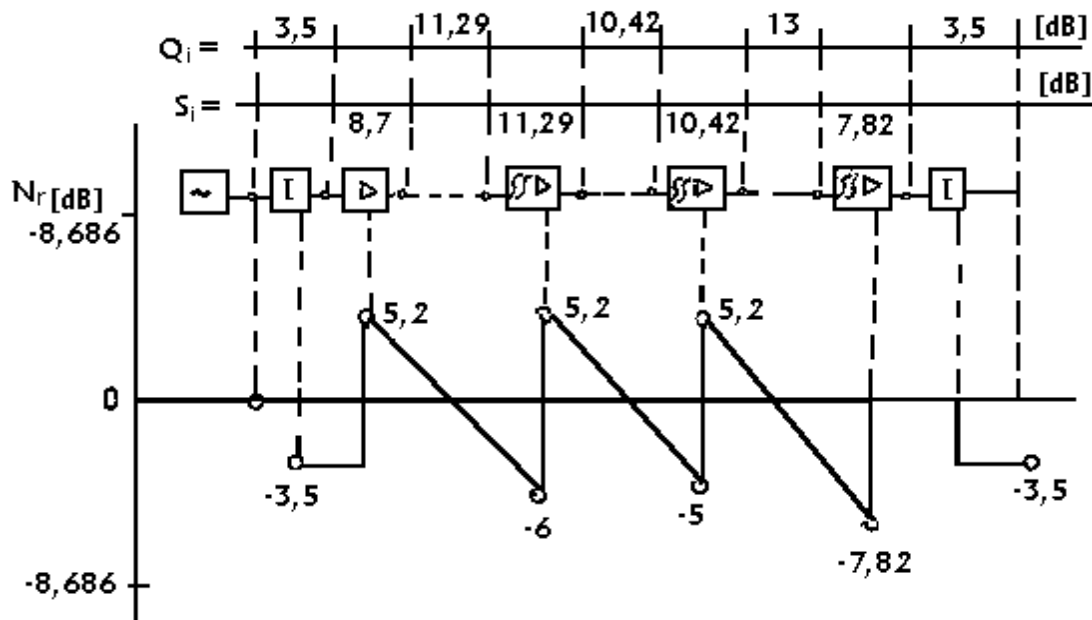


Fig.1.18. Diagrama de nivel relativ pe un circuit de frecventa vocala.

Se presupune nivelul de initiere 0 dB, Q_i reprezinta atenuarile cuadripolilor pasivi, iar S_i reprezinta câștigurile in dBr ale amplificatoarelor.

1.5. CARACTERISTICI DE TRANSMISIE ALE CAILOR DE COMUNICATII

1.5.1. Inteligibilitatea convorbirii

Tipul de informatie cel mai des transmis pe caile de comunicatii este vorbirea omeneasca. Vorbirea poate fi obiectiv descrisa prin presiunea acustica masurata in fata gurii, la pronuntarea diferitelor sunete. Marimea acestei presiuni variaza in timp si dupa frecventa sunetului respectiv.

Distributia probabila in timp a valorilor presiunii acustice produse de vorbire este data in figura 1.19.

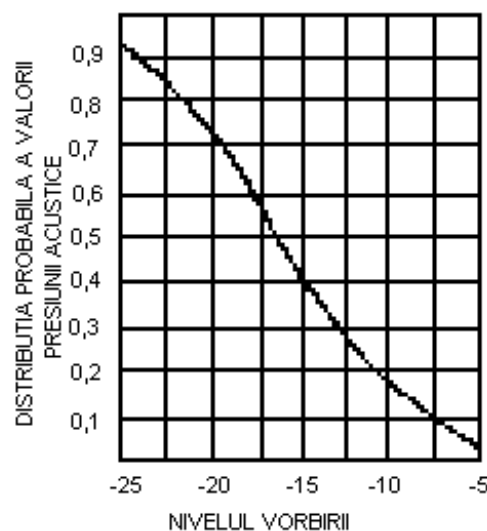


Fig.1.19. Variatia probabilistica a presiunii acustice in functie de semnalul de vorbire

Un parametru important al vorbirii este spectrul de frecventa, prezentat in figura 1.20. Curbele trasate cu linie plina evidentiaza probabilitatea pe care o are fiecare frecventa de a depasi un anumit nivel dat. Curba punctata prezinta spectrul mediu de frecvente al semnalului de vorbire.

Presiunea acustica este convertita in semnale electrice prin traductoare electroacustice (capsula microfonica si capsula receptoare). Cel mai important parametru al transmisiei este inteligibilitatea vorbirii la extremitatea de receptie. Inteligibilitatea se apreciaza printr-o valoare ce arata procentual câte litere, silabe, cuvinte sau fraze pot fi intelese perfect dintr-o suta de litere, silabe, cuvinte sau fraze.

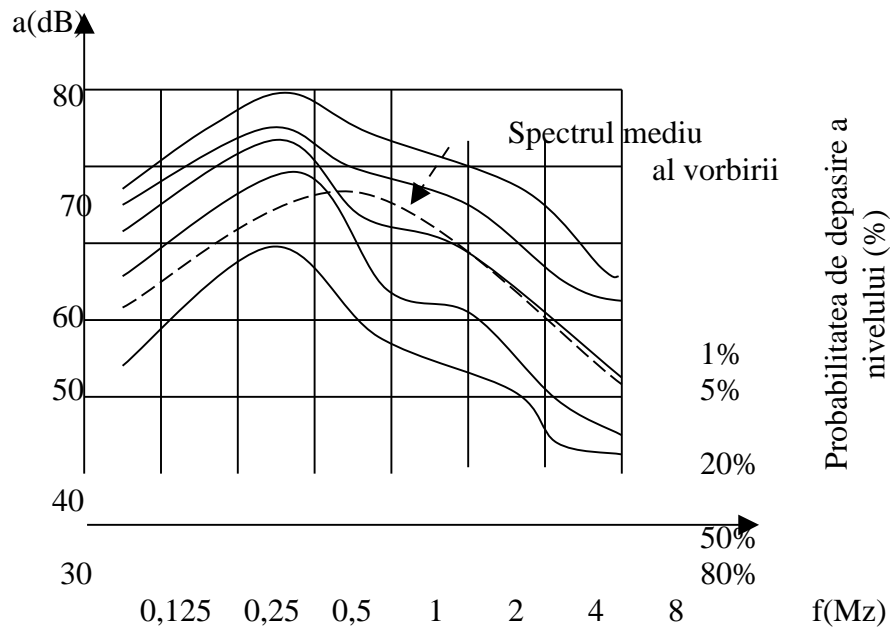


Fig. 1.20. Spectrul mediu de frecvente al vorbirii (linia punctata) si probabilitatea la o anumita frecventa de depasire la un nivel dat (linia plina).

Figura 1.21. arata inteligibilitatea acestora in functie de un factor comun A , numit factor de inteligibilitate. Prin experiente s-a determinat cum este influentat factorul de inteligibilitate de catre unii parametri ai circuitului respectiv, obiectivi si masurabili:

$$A = V \cdot F \cdot M. \quad (1.24)$$

Factorul V arata dependenta inteligibilitatii de nivelul semnalului receptionat. Valoarea $V=1$ corespunde nivelului sonor cel mai convenabil pentru ureche.

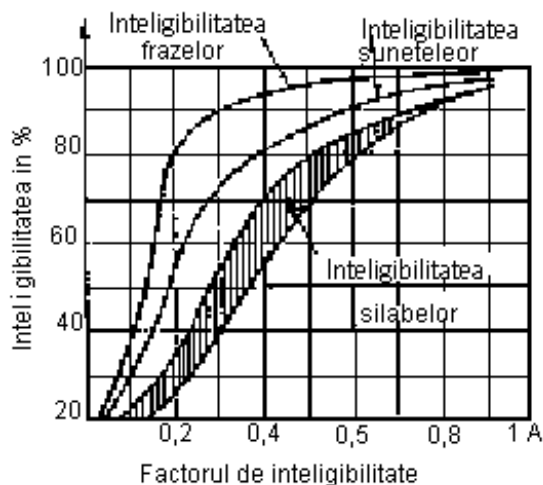


Fig.1.21. Dependenta inteligibilitatii frazelor, sunetelor si silabelor in functie de factorul de inteligibilitate A

La nivelele sonore ridicate urechea este suprasolicitata si V scade. Figura 1.22, ce corespunde unui circuit ce transmite liniar frecventele 300-3400 Hz si nu are zgomote parazite, arata ca maximum de inteligibilitate ($V=1$) corespunde unui nivel sonor cu 68 dB peste pragul de sensibilitate al urechii.

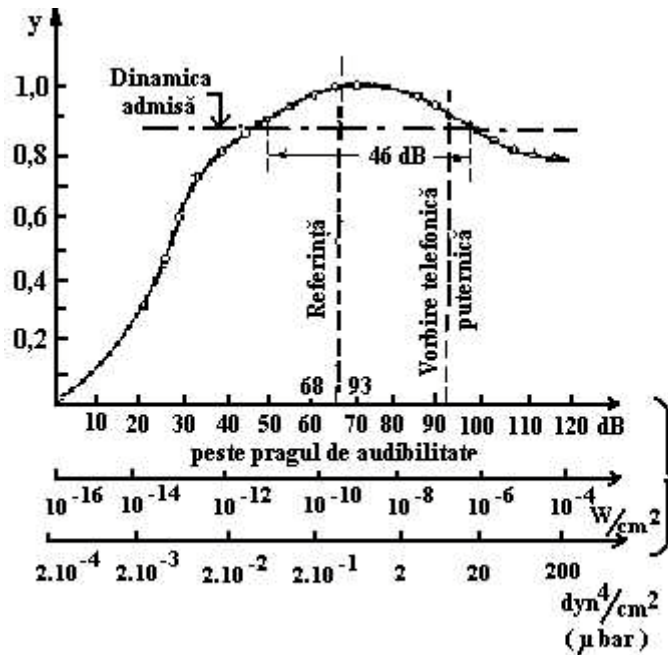


Fig.1.22. Dependenta factorului de inteligibilitate de nivelul mediu al convorbirii.

Mai rezulta ca valoarea factorului V nu scade cu peste 10% intr-un interval de 46 dB variatie a intensitatii sonore receptionate (dinamica convorbirii). Nivelul sonor de 93 dB corespunde unui sunet puternic in receptorul telefonic.

Factorul F arata cum scade inteligibilitatea (fig. 1.23.) la reducerea spectrului de frecvente transmis, printr-un filtru trece jos (curba A) sau printr-un filtru trece sus (curba B). In abscisa este trecuta frecventa de taiere a filtrului respectiv. La limitarea superioara a spectrului transmis la 3400 Hz, factorul F nu scade decât cu 4% iar limitarea inferioara la 300 Hz reduce pe F doar cu 2%. Deci reducerea concomitenta a convorbirii la 300-3400 Hz reduce inteligibilitatea doar cu 5%.

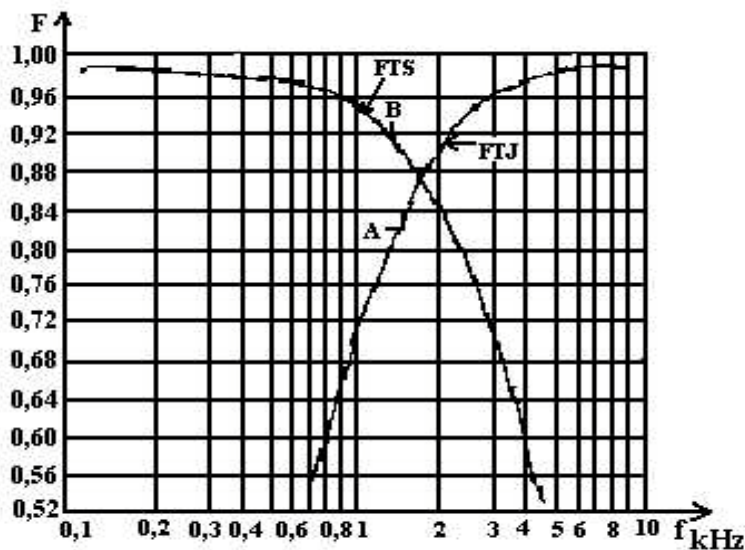


Fig.1.23. Efectul reducerii spectrului de frecvente transmise asupra inteligibilitatii

Factorul $H = H_{\Delta f} \cdot H_{\varphi} \cdot H_d \cdot H_n$ arata dependenta inteligibilitatii de distorsiunile transmisiei. Marimea $H_{\Delta f}$ arata cum scade inteligibilitatea (fig.1.24.) in functie de deplasarea Δf a spectrului de frecvente vocale (desincronizarea dintre frecventele purtatoare de la emisie la receptie). O deviatie de câtiva Hz nu produce inrautatiri apreciable.

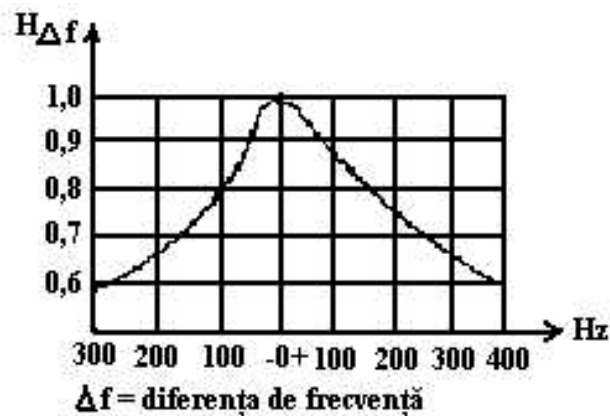


Fig.1.24. Influenta deplasarii spectrului de frecvente asupra inteligibilitatii.

Efectul distorsiunii de faza este mic, deci $H_{\varphi} \cong 1$. Marimea H_d arata efectul distorsiunii neliniare a circuitului. Coeficientul auxiliar Δa arata diferenta dintre atenuarea circuitului, masurata la nivelul cel mai scazut si cel mai ridicat ce trebuie transmis. Pentru dinamica normala a convorbirii (circa 46 dB), figura 1.25. arata relatia dintre H_d si Δa .

Distorsiunile neliniare reduc rapid inteligibilitatea din doua motive: schimbarea amplitudinilor instantanee ale convorbirii si aparitia de noi componente in convorbire (armonice si intermodulatie).

Efectul zgomotelor asupra inteligibilitatii este dat de H_n . Acest aspect este foarte important si joaca un rol esential in stabilirea conditiilor calitative pentru transmisiuni.

In cursul transmisiei se pot suprapune peste convorbire diverse tensiuni parazite, de diferite frecvente, numite global zgomote.

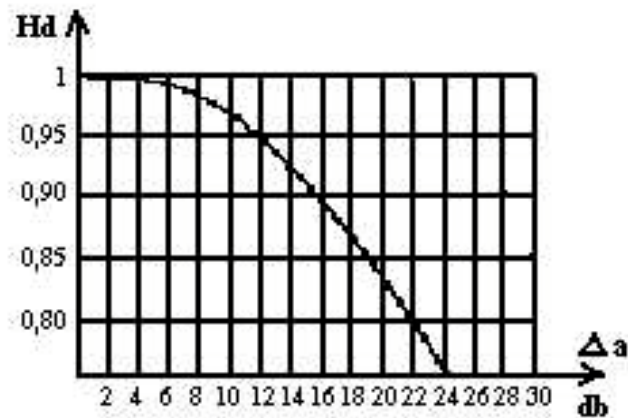


Fig.1.25. Influenta distorsiunii neliniare asupra inteligibilitatii.

Aceasta acopera frecventele de convorbire ce au nivel redus si astfel reduc inteligibilitatea. Cea mai generala forma este zgomotul alb, cu tensiuni egale la toate frecventele. Figura 1.26. arata valoarea lui H_n in functie de nivelul mediu al convorbirii (in abscisa) si de nivelul de zgomot alb ca parametru (liniile pline).

S-au reunit prin linii punctate punctele ce corespund unui acelasi raport semnal-zgomot. Se observa ca un raport *semnal/zgomot* de 40 dB este in general satisfactor ($H_n > 0,9$ pentru toate nivelele de convorbire). Eforturi pentru a mari peste 50 dB raportul *semnal/zgomot* sunt costisitoare, iar cresterea obtinuta a inteligibilitatii este sub 1%.

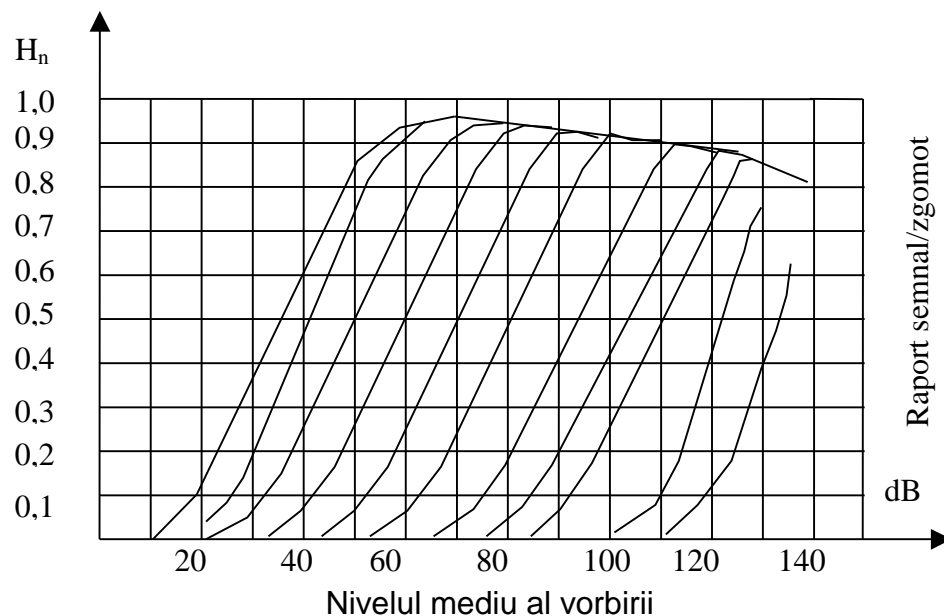


Fig. 1.26. Dependenta intre nivelul mediu al convorbirii, raportul semnal-zgomot si inteligibilitate.

1.5.2. ECHIVALENTUL CAII

Cu o presiune acustica normala de o barie, actiunea unei forte de 1 dyna aplicata pe o suprafata de 1 cm², s-a masurat inteligibilitatea prin metoda logatomilor, in functie de atenuarea circuitului.

Un operator pronunta in fata unui microfon un numar de silabe fara semnificatie proprie (logatomi) iar la capatul de receptie alt operator inregistreaza sunetele auzite in receptor.

Logatomii, neavând semnificatie proprie, elimina compensarea cerebrala prin asociatie a deficientelor aparute in transmisie. Coeficientul procentual de articulatie este:

$$S = \frac{l_r}{l_t} \cdot 100 [\%] \text{ unde } l_r \text{ este numarul logotomilor corect receptionati iar } l_t \text{ este}$$

numarul logotomilor transmissi.

Coeficientul de articulatie nu scade sub 55% daca atenuarea totala (fig. 1.27.) a circuitului nu depaseste 4,6 Np (40 dB), valoare admisa in prezent de CCITT ca limita pentru echivalentul de referinta (atenuarea reziduala a circuitului) intre doi abonati situati in acelasi continent, incluzând si aparatele lor telefonice.



Fig.1. 27. Dependenta coeficientului de articulatie de atenuarea circuitului telefonic.

Echivalentul de referinta al sistemului national de emisie nu trebuie sa depaseasca 2,5 Np (21,7 dB), iar cel al sistemului national la receptie nu va depasi 1,9 Np (16,5 dB). Circuitului international ii revine o atenuare de cel mult 0,2 Np (1,8 dB).

Valoarea de 4,6 Np trebuie considerata ca o limita superioara absoluta, incluzând toate variatiile posibile in timp si de tolerantele fata de valorile nominale ale echivalentilor liniilor si aparatelor telefonice.

Echivalentii de referinta la emisie respectiv receptie ai aparatului telefonic de abonat rezulta din compararea proprietatilor sale electroacustice cu unui aparat etalon stabilit de CCITT. Initial s-a folosit etalonul SFERT (Système fondamental européen de référence pour la transmission téléphonique), iar ulterior NOSFER (Nouveau système fondamental pour la détermination des équivalents de référence). Pentru determinari practice se utilizeaza sisteme de lucru SETAB (Systèmes étalons de travail avec appareils d'abonné).

1.5.3. CARACTERISTICA DE FRECVENTA

Echivalentul circuitului, masurat la diferite frecvente din banda transmisa, difera in oarecare masura de valoarea sa nominala, masurata la 800 Hz. CCITT considera ca frecvente efectiv transmise, acele frecvente la care echivalentul de referinta nu depaseste cu mai mult de 1 Np echivalentul masurat la 800 Hz.

Limitele admise de CCITT pentru caracteristica de frecventa a echivalentului sunt prezentate pentru:

- circuitul pe patru fire (fig.1.28).
- circuitul telefonic modern (fig.1.29);

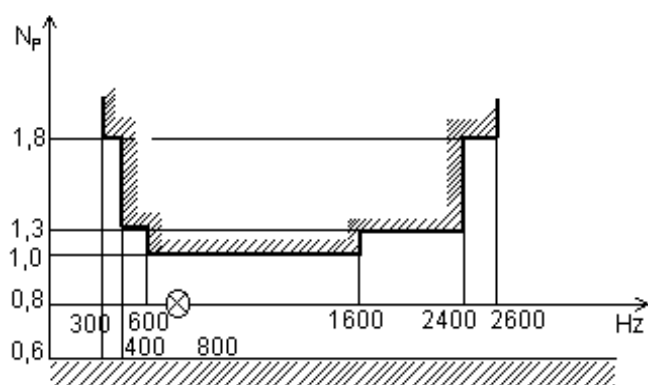


Fig. 1.28. Variatiile admisibile ale atenuarii in functie de frecventa la un circuit de tip vechi pe 4 fire

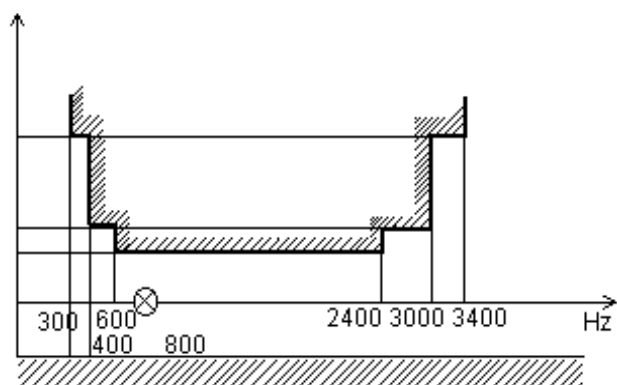


Fig. 1.29. Variatiile admisibile ale atenuarii in functie de frecventa la un circuit telefonic modern

1.5.4. Diafonia

Diafonia este trecerea nedorita a semnalului dintr-un circuit perturbator intr-un alt circuit numit perturbat (fig. 1.30).

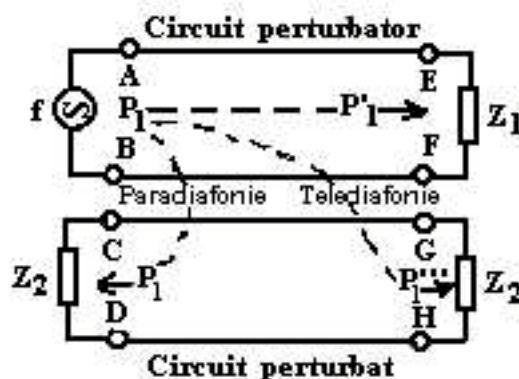


Fig. 1.30. Reprezentarea diafoniei.

Diafonia este provocata de cuplajele electromagnetice nesimetrice ce exista intre circuite. In figura se presupune ca circuitele sunt terminate pe impedantele lor caracteristice Z_1 , respectiv Z_2 . Se noteaza:

P_1 - puterea aplicata la intrarea circuitului perturbator;

P_1 - puterea utila masurata la capatul indepartat al circuitului perturbator;

P_1'' - puterea parazita masurata la capatul apropiat al circuitului perturbat;

P_1''' - puterea parazita masurata la capatul indepartat al circuitului perturbat.

Paradiafonia este trecerea nedorita a semnalului electric din circuitul perturbator catre capatul apropiat al circuitului perturbat. *Telediafonia* este trecerea nedorita a semnalului electric catre capatul indepartat al circuitului perturbat.

Atenuarea cuadripolului fictiv de cuplare, având intrarea in punctele AB si iesirea in punctele CD se numeste *atenuare de paradiafonie*. Atenuarea cuadripolului fictiv de cuplare având intrarea in punctele AB si iesirea in punctele GH se numeste *atenuare de telediafonie*:

$$a_{para} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_1''}, \quad a_{tele} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_1'''} \quad (1.25)$$

$$\begin{aligned} a_{para} &= \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_1''} = \frac{1}{2} \ln \frac{\frac{P_1}{1 \text{ mW}}}{\frac{P_1''}{1 \text{ mW}}} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{1 \text{ mW}} - \frac{1}{2} \ln \frac{P_1''}{1 \text{ mW}} = \\ a_{tele} &= \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_1'''} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1 / 1 \text{ mW}}{P_1''' / 1 \text{ mW}} = \\ \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{1 \text{ mW}} - \frac{1}{2} \ln \frac{P_1'''}{1 \text{ mW}} &= p_1 - p_1''' \end{aligned} \quad (1.26)$$

Se noteaza: p_1 nivelul de putere masurat in punctele AB, p_1' nivelul de putere in punctele CD si p_1'' nivelul de putere masurat in punctele GH. Transformând relatia (1.26) rezulta atenuarile de paradiafonie si telediafonie in functie de nivelele de putere masurate la capetele circuitelor.

Diafonia variaza cu frecventa, deoarece atât atenuarea circuitelor cât si cuplajele depind de frecventa. Atenuarile de paradiafonie si telediafonie nu apreciaza obiectiv gradul de perturbare produs de diafonie, care depinde si de nivelul semnalului util in punctele respective.

De exemplu cu un nivel de 0 dB aplicat la intrarea circuitului perturbator ($P_1 = 1 \text{ mW}$) si o atenuare de telediafonie $a_{tele} = 60,2 \text{ dB}$, nivelul in punctele GH este de $-60,2 \text{ dB}$. Daca nivelul util al convorbirii ce se desfasoara pe circuitul perturbat este de $-26,4 \text{ dB}$ in punctele GH, diferenta dintre semnalul util si perturbator este de numai $34,72 \text{ dB}$, ceea ce perturba puternic convorbirea.

Gradul de perturbare este mai bine evaluat prin ecartul diafonic A_d (abatere diafonica) care este diferenta dintre nivelul de putere p_{util} al semnalului util in punctul considerat si nivelul diafonic p_{diaf} masurat in acelasi punct.

$$A_d = p_{util} - p_{diaf}$$

Se presupune ca p_{util} si p_{diaf} rezulta prin aplicarea unei puteri egale $P_1 = 1 \text{ mW}$ la intrarea circuitului perturbator (producând pe p_{diaf}) respectiv la intrarea circuitului perturbat (producând pe p_{util}).

La circuitele pe patru fire sensul de transmisie pe cele doua circuite este acelasi (fig.1.31), deci nivelul util in punctele CD este p_1 (ca in AB), iar in punctele GH este $p_1 - a_2$, in care a_2 este atenuarea circuitului perturbat. Ecarturile para si telediafonice sunt:

$$\begin{aligned} A_{\text{para}} &= (p_{\text{util}} - p_{\text{diaf}}) = p_1 - p_1'' = a_{\text{para}}; \\ A_{\text{tele}} &= (p_{\text{util}} - p_{\text{diaf}})_{\text{GH}} = p_1 - a_2 - p_1''' = a_{\text{tele}} - a_2. \end{aligned} \quad (1.27)$$

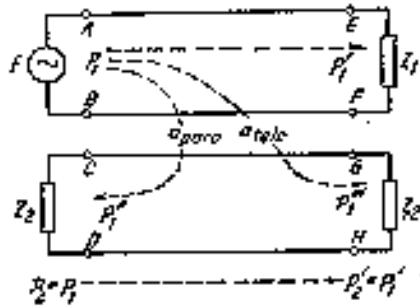


Fig. 1.31. Para si telediafonia intre doua circuite functionând pe 4 fire.

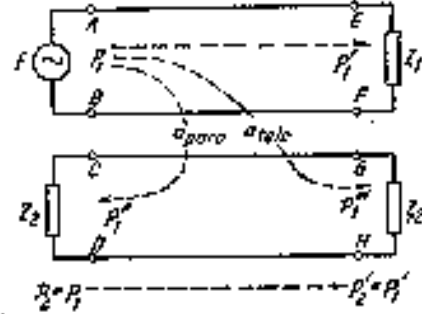


Fig. 1.32. Para si telediafonia intre doua circuite functionând pe doua fire.

Deci la circuitele pe patru fire ecartul de paradiafonie este egal cu atenuarea de paradiafonie, iar ecartul de telediafonie este egal cu diferenta dintre atenuarea de telediafonie si atenuarea circuitului perturbat.

La circuitele pe doua fire (de exemplu circuitele de utilizatori) este posibil ca sensurile de transmisie sa fie opuse (vorbesc abonatii conectati la capetele AB si GH). Nivelul util in CD este $p_1 - a_2$ (a_2 fiind atenuarea circuitului perturbat), iar in GH este chiar p_1 (fig. 1.32).

Abaterile de diafonie sunt:

$$\begin{aligned} A_{\text{para}} &= (p_{\text{util}} - p_{\text{diaf}})_{\text{CD}} = p_1 - a_2 - p_1'' = a_{\text{para}} - a_2; \\ A_{\text{tele}} &= (p_{\text{util}} - p_{\text{diaf}})_{\text{GH}} = p_1 - p_1''' = a_{\text{tele}}. \end{aligned} \quad (1.28)$$

La circuitele pe doua fire, la care sensurile de transmisie sunt opuse, ecartul de paradiafonie este egal cu diferenta dintre atenuarea de paradiafonie si atenuarea circuitului perturbat, iar ecartul de telediafonie este egal cu atenuarea de telediafonie.

La circuitele pe doua fire este deci mai pronuntat fenomenul de paradiafonie, iar la circuitele pe patru fire fenomenul de telediafonie.

Observatie. ITU-T precizeaza un ecart minim de paradiafonie intre sensul de emisie si cel de receptie a unei cai pe patru fire de 43.4 dB. Ecarturile minime de paradiafonie si telediafonie intre caile a doua terminale de sistem de curenti purtatori, conectate printr-un atenuator echivalent liniei sunt de 65 dB.

1.6. SERVICII DE COMUNICATII

Retelele de comunicatii asigura utilizatorilor anumite servicii.

Un serviciu include multimea mijloacelor si facilitatilor oferite utilizatorilor pentru comunicatii.

Serviciul are atribute tehnice, operationale si administrative.

Clasificarea serviciilor se poate face tinând seama de tipurile de comunicatii si semnalele utilizate.

a). dupa modul cum are loc schimbul de informatii:

- dialog interactiv intre doua terminale; exemple de servicii: telefonie, telegrafie, facsimil, videotelefonie;
- comunicatii distributive (difuziune) care se realizeaza prin existenta unui emitor si a mai multor receptoare;
- comunicatii de regasire (retrieve) la care informatiile sunt anterior stocate in centre de informatii.

Informatiile se livreaza doar la cererea utilizatorului. Exemple de servicii: videotext, teletext difuzat.

Tipurile de comunicatii determina si clasele de servicii asociate.

Largimea de banda pentru semnale analogice sau debitul binar (rata de bit) sunt diferite pentru diverse tipuri de comunicatii.

Telegrafie 10^2 b/s; Date $10^3 - 10^4$ b/s; Voce 10^5 b/s.
(telemetrie) (retea tf)

b) Dupa durata medie a sesiunii de comunicatie:

- serviciul vocal cu banda de 64 Kb/s;
- telemetria cu viteza de transmitere de 10^2 b/s;
- transmisii de date cu viteza mica de $10^2 - 10^5$ b/s;
- transmisii de date cu viteza mare $10^5 - 10^9$ b/s;
- video ce necesita banda larga si durata mare ($>1,5$ Mb/s);
- facsimil $10^3 - 10^5$ b/s.

Durata medie are implicatii asupra metodei folosite pentru transferul prin retea a informatiei in mod circuit/ pachet.

Modul circuit se foloseste pentru transferul prin retea a informatiei intre sursa si receptor, fiind utilizata in cazul unor sesiuni lungi si in timp real.

Modul pachet (memorare si retransmitere in nodurile retelei) este folosit in tranzactii scurte si dese.

1.6.1. Servicii si retele de comunicatii conversationale

Prin serviciul "conversational" intelegem serviciul oferit de retelele actuale.

In reteaua telefonica serviciul de baza este serviciul telefonic.

Reteaua analogica a fost dezvoltata pentru acest serviciu. Ea asigura functia de transport pentru alte servicii ca: facsimil, videotext, date, teleactionari;

Reteaua telex este dedicata pentru serviciul telegrafic (transmisia de texte cu viteza mica).

Reteaua de date permite schimburi de date folosind comutatie de circuite si/sau pachete.

Pentru faza de transmitere nu exista specificatii fixe privind codurile si protocoalele de comutatie. Sunt circuite dedicate pentru voce, date, texte cu proceduri si caractere speciale.

1.6.2. Servicii ISDN

Standardele privind rețelele ISDN și serviciile corespunzătoare au fost elaborate între anii 1980 –1990.

ISDN asigură o mare varietate de servicii de utilizator (voce/date/texte/grafice/imagini).

ISDN se bazează pe digitalizarea rețelei clasice care a trecut la IDN (rețea digitală integrată).

Integrarea serviciilor da posibilitatea accesului utilizatorilor la acestea printr-un număr redus de interfețe standard.

Prima fază este NAROWBAND, pentru serviciile de voce/date/texte/imagini fixe sau lent variabile din punct de vedere al complexității funcționale. Trecerea la rețeaua de bandă largă

B-ISDN bazată pe transmisii prin fibre optice cu comutatoare rapide va oferi prilejul unor servicii extrem de performante.

Din punct de vedere al complexității funcționale serviciile se împart în servicii de transport propriu-zis al informației și teleservicii .

1.6.3. Servicii de transport

Serviciile implică numai funcții de nivel inferior al arhitecturii funcționale. Serviciul realizează numai transmiterea informației prin rețea.

Funcțiile implicate în realizarea acestor servicii sunt:

- nivelul 1 (fizic)- transportul sirurilor de biți între sursă și receptor;
- nivelul 2 (legături de date)- realizarea la nivel logic a unei legături de date între utilizatori (pentru recunoașterea blocului de date, detectarea de erori, control flux, etc.)
- nivel 3 (rețea) - determinarea rutelor și comanda selectării pentru dirijarea informațiilor prin rețea de la sursă la destinație.

Teleserviciile implică funcțiile de transport dar și funcțiile de nivel înalt.

Exemple de teleservicii: telefonie, teletext, telefax, videotext.

Un alt criteriu de clasificare a serviciilor îl reprezintă formele de comunicare și resursele de rețea implicate (tabelul 1.3.).

Tabelul 1.3

Tip comunicatie	Servicii	1 – Transport 2 - Teleservicii
Interactiva	Conversationale	1 + 2
	Mesaje	2
	Regasire info.	2
Distributie	Distributie	1 + 2

Serviciile conversationale asigură mijloace pentru comunicarea bidimensională în timp real (fără funcții de memorare și retransmitere). Exemplu de servicii: telefonie, audioconferință, teletext, telefax, comunicații de date. Serviciile conversationale pot fi de transport și teleservicii.

Serviciile de mesaje asigură comutarea utilizator la utilizator, cu memorare și retransmitere (store and forward); au funcții de cutii postale și de manevrare a mesajelor (editare, conversie, procesare).

Serviciile de regasire a informației permit accesul la informațiile memorate în centrele speciale. Funcțiile de nivel înalt pentru mesaje/regasire de cutie postală, conversie de

protocoale si adaptare de biti se numesc servicii cu valoare adaugata. Exemplu: servicii pentru texte, date, grafice, imagini, informatii audio.

Servicii de difuzare (distributie) permit succesiunea de informatii de la o sursa centrala spre un numar teoretic nelimitat de terminale, canalele ISDN sunt de tip temporal, cu viteza mai mica de 64 Kb/s; prin concatenare a n canale se obtin viteze mai mari.

ISDN ofera doua tipuri de interfete de acces:

- acces de baza, $2B+D = 2 \times 64 + 16$ kb/s,
- acces primar, $30B + D = 30 \times 64 + 64$ kb/s.

Tabelul 1.4 Servicii ISDN pentru viteze < 64 Kb/s

Clasa de servicii	Servicii ISDN (canal B)	Servicii ISDN (canal D)	Servicii existente preluate de la retea telef.	Servicii pentru terminale ale retelelor dedicate
Conversa-tionale	Transport Transmisii de date ISDN	Transport Transmisii de date ISDN (pachet)	Telefonie Telefax (grup 2,3) Trs. date cu interfete V Alarmer Teleactionari	Teletext (2400 bps) Facsimil (grup 4– 9600 bps) Transmisii de date cu interfete X.21, X. 25
	Teleservicii Telefonie Teleconferinta Teletext ISDN Telefax ISDN (grup 4) Mod mixt ISDN Telescriere Transfer Imagini fixe Alarmer ISDN Teleactionari ISDN	Teleservicii Alarmer ISDN Teleactionari		
Mesaje	Posta pentru: - voce, - texte, - fax.			
Regasire a informatiei	Videotext ISDN		Videotext	Videotext
Distributie	Date Voce Imagini fixe			

CAPITOLUL II

APARATE TELEFONICE

2.1. APARATE TELEFONICE. ELEMENTE COMPONENTE, SCHEMA DE PRINCIPIU A TELEFONULUI BC AUTOMAT

Aparatele telefonice sunt terminale ale rețelei telefonice ce realizează următoarele funcții:

- ◆ asigurarea comunicății telefonice prin conversia semnalului vocal în semnal electric la transmisie și conversia semnalului electric în semnal vocal la recepție;
- ◆ asigurarea semnalizărilor cu centrala telefonică prin:
 - transmisia spre centrala telefonică;
 - semnalizările de apel sau sfârșit de convorbire;
 - semnalizări de selectare.

2.1.1. Elemente componente ale aparatelor telefonice

Aparatul telefonic se compune din:

- ◆ circuitul de transmisie a numărului apelat;
- ◆ circuitul de sonerie pentru recepția semnalului de apel de la centrala telefonică;
- ◆ dispozitiv de comutare a liniei la circuitul de sonerie sau la circuitul de transmitere a semnalului de convorbire și numerotare;
- ◆ circuitul de transmisie/recepție a semnalului de convorbire.

Circuitul de transmisie/recepție a semnalului de convorbire realizează următoarele funcții:

- ◆ transmisia semnalelor electrice de vorbire generate de microfon (traductorul realizează conversia semnalelor vocale în semnale electrice);
- ◆ recepția semnalelor de vorbire și conversia lor în semnale vocale cu ajutorul receptorului telefonic (traductor electroacustic);
- ◆ alimentarea în curent continuu a microfonului;
- ◆ separarea între circuitul telefonului și circuitul receptorului;
- ◆ eliminarea efectului local;
- ◆ limitarea semnalului electric la bornele receptorului în vederea asigurării protecției receptorului uman în cazul apariției unor perturbări în linia telefonică.

Circuitul electric de transmisie/recepție a semnalului conține:

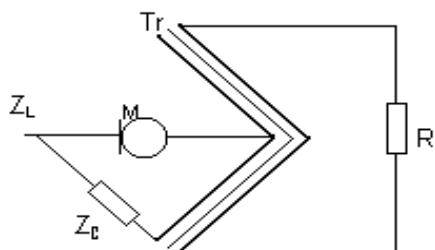
- a. transductoare electroacustice :
 - microfonul telefonic (cu carbune, electromagnetic, electrodinamic, piezoelectric, cu electret sau condensator);
 - receptorul telefonic (electromagnetic, electrodinamic sau piezoelectric).
- b. sistemul diferențial;
- c. varistor pentru limitarea semnalului electric la bornele receptorului telefonic (folosit în aparatele telefonice clasice);
- d. circuite integrate liniare pentru amplificarea semnalelor electrice la transmitere și recepție, folosite în aparatele telefonice electronice.

Sistemul diferențial asigură eliminarea efectului local și separarea galvanică între circuitul microfonului și al receptorului. Efectul local este fenomenul prin care abonatul aude vocea proprie în receptorul telefonului. Efectul local este dezavantajos deoarece se reduce calitatea transmisiei (utilizatorul crede că vorbește prea tare și are tendința de a vorbi mai încet, în acest fel se reduce semnalul de transmitere în linie).

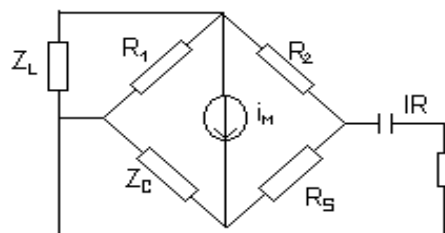
Sistemul diferential (adaptor de linie) are rolul de a elimina (de a reduce) efectul local prin conectarea microfonului si receptorului in diagonalele puntii de impedante. Este realizat ca un transformator diferential in aparatele telefonice clasice (fig.2.1.a) si este de tip RC in aparatele telefonice electronice (fig.2.1.b).

Fig.2.1 a. Sistemul diferential al aparatelor telefonice clasice

b. Sistemul diferential al aparatelor telefonice electronice.



a



b

CAPITOLUL II

APARATE TELEFONICE

2.1. APARATE TELEFONICE. ELEMENTE COMPONENTE, SCHEMA DE PRINCIPIU A TELEFONULUI BC AUTOMAT

Aparatele telefonice sunt terminale ale rețelei telefonice ce realizează următoarele funcții:

- ◆ asigurarea comunicății telefonice prin conversia semnalului vocal în semnal electric la transmisie și conversia semnalului electric în semnal vocal la recepție;
- ◆ asigurarea semnalizărilor cu centrala telefonică prin:
 - transmisia spre centrala telefonică;
 - semnalizările de apel sau sfârșit de convorbire;
 - semnalizări de selectare.

2.1.1. Elemente componente ale aparatelor telefonice

Aparatul telefonic se compune din:

- ◆ circuitul de transmisie a numărului apelat;
- ◆ circuitul de sonerie pentru recepția semnalului de apel de la centrala telefonică;
- ◆ dispozitiv de comutare a liniei la circuitul de sonerie sau la circuitul de transmitere a semnalului de convorbire și numerotare;
- ◆ circuitul de transmisie/recepție a semnalului de convorbire.

Circuitul de transmisie/recepție a semnalului de convorbire realizează următoarele funcții:

- ◆ transmisia semnalelor electrice de vorbire generate de microfon (traductorul realizează conversia semnalelor vocale în semnale electrice);
- ◆ recepția semnalelor electrice de vorbire și conversia lor în semnale vocale cu ajutorul receptorului telefonic (traductor electroacustic);
- ◆ alimentarea în curent continuu a microfonului;
- ◆ separarea între circuitul telefonului și circuitul receptorului;
- ◆ eliminarea efectului local;
- ◆ limitarea semnalului electric la bornele receptorului în vederea asigurării protecției receptorului uman în cazul apariției unor perturbări în linia telefonică.

Circuitul electric de transmisie/recepție a semnalului conține:

- a. transductoare electroacustice :
 - microfonul telefonic (cu carbune, electromagnetic, electrodinamic, piezoelectric, cu electret sau condensator);
 - receptorul telefonic (electromagnetic, electrodinamic sau piezoelectric).
- b. sistemul diferențial;
- c. varistor pentru limitarea semnalului electric la bornele receptorului telefonic (folosit în aparatele telefonice clasice);
- d. circuite integrate liniare pentru amplificarea semnalelor electrice la transmitere și recepție, folosite în aparatele telefonice electronice.

Sistemul diferențial asigură eliminarea efectului local și separarea galvanică între circuitul microfonului și al receptorului. Efectul local este fenomenul prin care abonatul aude vocea proprie în receptorul telefonului. Efectul local este dezavantajos deoarece se reduce calitatea transmisiei (utilizatorul crede că vorbește prea tare și are tendința de a vorbi mai încet, în acest fel se reduce semnalul de transmitere în linie).

Sistemul diferential (adaptor de linie) are rolul de a elimina (de a reduce) efectul local prin conectarea microfonului si receptorului in diagonalele puntii de impedante. Este realizat ca un transformator diferential in aparatele telefonice clasice (fig.2.1.a) si este de tip RC in aparatele telefonice electronice (fig.2.1.b).

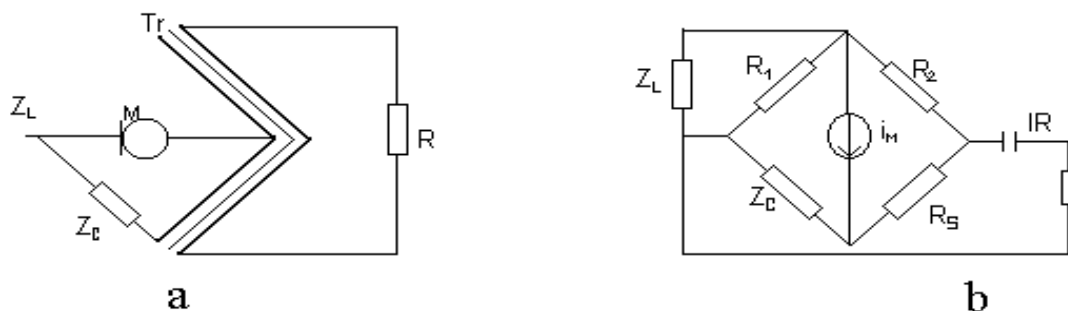


Fig.2.1 a. Sistemul diferential al aparatelor telefonice clasice
b. Sistemul diferential al aparatelor telefonice electronice

2.1.2. Schema electrica a aparatului telefonic BC automat

Schema electrica a aparatului telefonic BC automat din figura 2.2. utilizeaza un circuit de numerotare de tip DTMF (TEA-1075) si un circuit de transmisie de tip TEA-1080 sau TEA-1061. Adaptarea la impedanta liniei este realizata fie de circuitul de transmisie, fie de circuitul de numerotare, care au functiile complet separate.

Alimentarea circuitelor integrate se realizeaza prin curentul de linie. Circuitul de transmisie controleaza prin stabilizatorul intern alimentarea celor doua circuite integrate.

Circuitul de transmisie permite utilizarea unui microfon de sensibilitate redusa si impedanta mica, de tip electrodinamic sau magnetic, asigurând câștig de 52 dB si impedanta de intrare de $2 \times 4k\Omega$, sau microfon piezoelectric sau cu electret pentru care se asigura un câștig tipic de 38 dB si impedanta de intrare de $2 \times 20 k\Omega$.

Amplificarea tipica la receptie este de 25 dB.

Eliminarea efectului local se realizeaza cu puntea rezistoare R_2 , R_3 , R_8 si Z_{bal} .

Schema include si circuitul de protectie a aparatului telefonic la supratensiuni (puntea redresoare formata din diodele $2 \times BZW14$, $2 \times BAY10$ si dioda Zener BZX73C) si la supracurenti (rezistorul de 12 ohmi).

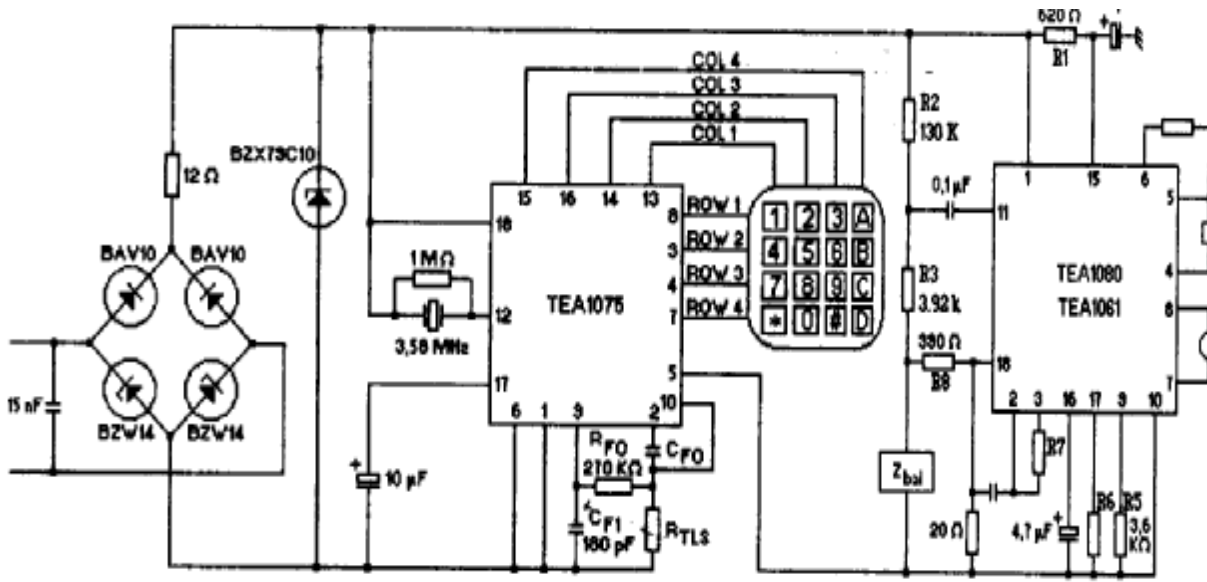


Fig.2.2. Schema electrica a unui telefon BC automat

2.1.3. Dispozitive pentru transmiterea numarului apelat spre centrala telefonica (sistemul de comutatie)

Aparatele telefonice pot transmite semnale de selectare (numerotare, apelare) spre sistemul de comutatie (centrala telefonica) in urmatoarele moduri:

- ◆ serie de impulsuri (lipsa de curent), egale ca numar cu cifra care trebuie transmisa;
- ◆ DTMF – Dual Tone MultiFrequency, ce reprezinta semnalizarea in multifrecventa (Tone) prin transmiterea simultana in linie a doua semnale de frecvente standardizate pentru fiecare cifra de transmis.

2.1.3.1. Discul de apel

Discul de apel asigura transmiterea spre centrala telefonica a cifrelor sub forma de impulsuri (lipsa de curent) prin intermediul a doua contacte:

- ◆ C.I. (contact de impulsuri);
- ◆ C.S. (contact de suntare).

Contactul de impulsuri asigura intreruperea buclei de curent continuu pe durata transmiterii cifrei, iar contactul de suntare intrerupe dispozitivul de convorbire pe durata transmiterii cifrei, atât pentru a evita distorsionarea impulsurilor datorita impedantei complexe a dispozitivului de convorbire, cât si pentru a elimina zgomotele in receptor, provocate de intreruperea buclei de curent continuu (fig.2.3.).

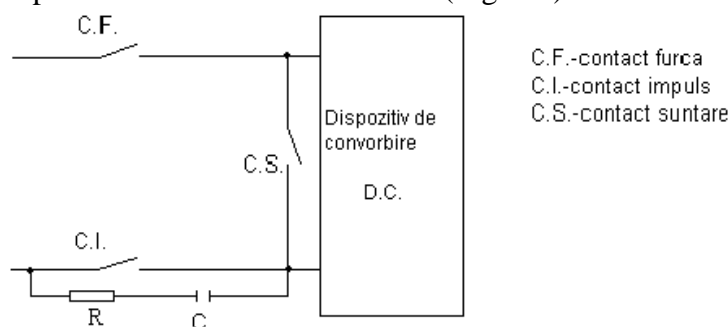


Fig.2.3. Dispozitiv pentru transmiterea numarului spre centrala telefonica.

Caracteristici de transmisie a impulsurilor de la discul de apel:

- ◆ frecvența de disc: 10 ± 2 Hz;
- ◆ raportul de umplere $P/I = 1,6 (\pm 20\%)$, P = durata pauzei, I = durata impulsului;
- ◆ intervalul de timp minim între două cifre succesive: 350 ms (fig.2.4.).

Pentru reducerea timpului de formare a cifrelor și pentru folosirea serviciilor centralelor telefonice digitale se folosește claviatura, prin transmiterea unei comenzi spre un generator de impulsuri sau spre un generator de două frecvențe mixate pentru fiecare cifră (DTMF).

Sistemele de transmitere în linie a impulsurilor zecimale de curent continuu au și dezavantaje. Lungimea liniei de conectare la C.T.A. (centrala telefonică automată) produce deformarea și atenuarea impulsurilor de curent continuu, deci rețeaua de recepție (de la C.T.A.) nu le poate înregistra corect.

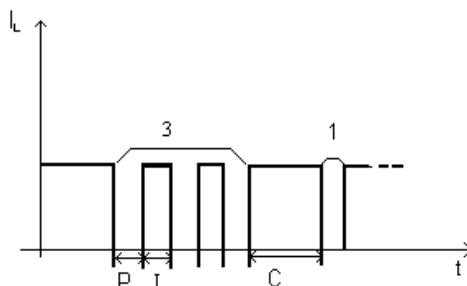


Fig.2.4. Semnalul de apel generat de discul de apel

2.1.3.2. Claviatura

Înlocuirea discului de apel cu un dispozitiv electronic ridică câteva aspecte tehnice care se cer îndeplinite:

- ◆ conectarea trebuie realizată numai pe 3 fire;
- ◆ realizarea funcției de multitasting (scoaterea din circuit a părții de convorbire pe timpul transmiterii impulsurilor de selecție);
- ◆ alimentarea claviaturii din linia telefonică;
- ◆ realizarea unui contact electronic deosebit;
- ◆ neinfluențarea parametrilor electroacustici.

În cele ce urmează se va prezenta modul de conectare a unei claviaturi (fig. 2.5):

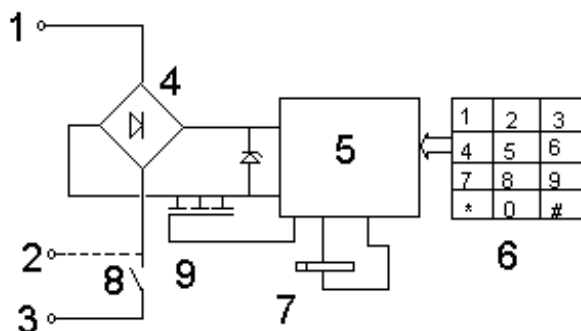


Fig.2.5. Modul de conectare a claviaturii

1, 2, 3-borne de intrare / iesire; 4- punte pentru protectia circuitului electronic al telefonului la schimbarea polaritatii bateriei din CTA; 5- dispozitiv de vorbire; 6- claviatura; 7- releu; 8- contact releu ce realizeaza suntarea dispozitivului de convorbire in timpul formarii numarului; 9- contact de impedanta simulat printr-un dispozitiv electronic(D.E).; 10- dioda Zener de limitare a curentului de linie.

2.2. COMUTATIA MANUALA. CENTRALE TELEFONICE

2.2.1. Principiul comutatiei manuale. Clasificarea centralelor telefonice

Comutatia este procesul de stabilire a legaturii (conexiunii) intre abonati (utilizatori) prin procedee manuale sau automate. Centralele telefonice au un sens mai larg, pe masura evolutiei tehnologiei comunicatiilor. Daca initial ele au fost destinate in exclusivitate pentru serviciul telefonic, in prezent sunt folosite pentru stabilirea conexiunilor dintre abonati (utilizatori) intre care se realizeaza o multitudine de servicii. Comutatia realizata de centralele telefonice poate fi manuala, semiautomata sau automata.

La centralele telefonice la care stabilirea legaturii (conexiunii) se realizeaza de catre un centralist (operator), apreciem ca se obtine comutatia manuala, sau semiautomata; când o serie de operatii se efectueaza automat, deci fara interventia omului, apreciem ca se obtine comutatia automata.

Ratiunile financiare si unele situatii (cele militare) impun folosirea centralelor telefonice manuale care, evident, sunt din punct de vedere tehnic inferioare centralelor telefonice automate.

Cele mai importante dezavantaje ale centralelor telefonice manuale sunt:

- necesitatea folosirii unor echipamente de comanda si de executie mecanice ;
- timpul de stabilire a legaturilor (conexiunilor) este foarte mare ;
- fiabilitatea factorului uman este mult micșorata;
- fiabilitatea echipamentelor componente este scazuta.

Funcția de comutatie manuala este indeplinita de centrala telefonica manuala.

Orice tip constructiv de CTM realizeaza urmatoarele semnalizari si operatii :

- sesizarea centralistului asupra receptionarii semnalului de apel ;
- identificarea abonatului care solicita legatura;
- selectarea si apelarea abonatului chemat;
- stabilirea legaturii intre abonatul chemator si abonatul chemat;
- anuntarea sfârșitului convorbirii dintre abonati;
- manevrarea dispozitivelor de legatura in pozitia initiala.

Operatiile si semnalizarile enumerate sunt realizate de urmatoarele echipamente principale :

- echipamente de semnalizare;
- echipamente de cordon;
- echipamente de operator;
- echipamente de apel.

In functie de destinatia, capacitatea centralei si performantele tehnice pot exista o serie de circuite auxiliare specifice anumitor tipuri de centrale telefonice manuale.

Dintre CTM militare, cele mai reprezentative sunt :

- CTM de 12 numere F-1612;
- CTM de 12 numere F-1613;
- CTM de 40 numere F-1640.

Clasificarea centralelor telefonice se poate face tinând seama de mai multe criterii.

a) Dupa modul de stabilire a conexiunii :

- CTM (manuale);
- CTA (automate);
- CTSA (semiautomate).

b) Dupa modul de alimentare a abonatilor conectati in rețeaua telefonica :

- CT cu BL (baterie locala);

- CT cu BC (baterie centrala).
- c) Dupa tipul retelei pe care o deservesc :
 - CT urbane;
 - CT interurbane;
 - CT internationale;
 - CT PABX (Private Automatic Branch Exchange).
- d) Dupa sistemul care sta la baza comutatiei:
 - CM cu BL;
 - CM. cu BC;
 - CTA pas cu pas;
 - CTA de tip rotativ;
 - CTA electronice.

2.3. PRINCIPIUL MULTIPLEX CU DIVIZIUNE IN FRECVENTA (DF) SI DIVIZIUNE IN TIMP (DT)

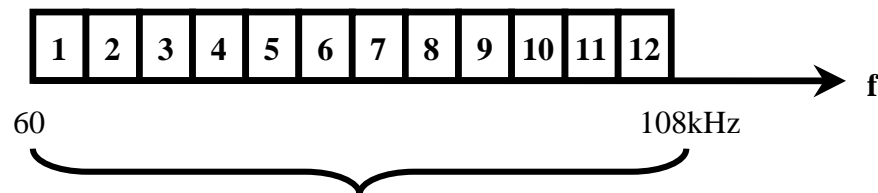
O retea telefonica eficienta se poate obtine prin transmisia unui numar cât mai mare de canale de comunicatie pe acelasi suport fizic (cablu metalic , cablu fibra optica, etc.).

Se pot folosi doua metode de multiplexare:

- multiplexarea cu divizare in frecventa (FDM – Frequency Division Multiplexing);
- multiplexarea cu diviziune in timp (TDM – Time Division Multiplexing).

La multiplexarea in frecventa se realizeaza o divizare a unei benzi de frecventa larga, in benzi de frecventa de 4 KHz fiecare. Semnalul de joasa frecventa al unei cai telefonice este translatat intr-o banda de frecventa de 4 KHz, deci fiecare cale telefonica are asociata o banda de 4 KHz distincta in banda de frecventa folosita pentru transmitere.

In figura 2.7 se prezinta un exemplu de multiplexare a 12 cai telefonice in banda de frecventa 60-108 kHz.



Banda de frecventa impartita in 12 sub-benzi de 4KHz fiecare.
Fig. 2.7. Multiplexarea cu diviziune in frecventa (FDM)

La receptie se produc fenomenele inverse, translatarea benzii de frecventa, asociata unei cai telefonice, in banda 0,3-4 kHz si filtrarea semnalului pentru reconstituirea semnalului vocal.

La multiplexarea cu diviziune in timp (TDM) fiecare semnal este transmis discontinuu, sub forma unor esantioane scurte si periodice si deci este permis semnalelor sa ocupe simultan un acelasi suport prin intrepatrunderea in timp a esantioanelor.

La receptie, fiecare semnal poate fi reconstituit fara distorsiuni in forma sa continua cu conditia ca intervalul dintre doua esantioane succesive sa nu depaseasca o anumita valoare.

Daca esantioanele de amplitudini diferite provenind de la unul sau mai multe semnale continue sunt supuse si unui proces de transformare in succesiuni codificate de semnale binare, se realizeaza transmiterea cu MIC (Pulse Code Modulation-PCM).

Transmisiunile moderne de telecomunicatii folosesc multiplexarea cu diviziune in timp de tip MIC.

Poate fi folosita o multiplexare combinata in timp si in frecventa.

2.4. SISTEME DIFERENTIALE. ECOUL LA TRANSMITERE SI RECEPTIE

2.4.1. Sisteme diferentiale. Transformatorul diferential

Funcțiile sistemului diferential sunt:

- separarea ramurii de transmitere de ramura de receptie;
 - atenuarea semnalului de pe ramura receptie pe ramura de transmitere, evitându-se întoarcerea nedorită a semnalului către terminalul care l-a transmis.
- Tehnicienii numesc sistemul diferential și separator.

E – echilibror; T_1, T_2 -terminal; H_1, H_2 - transformator diferential(hybrid)

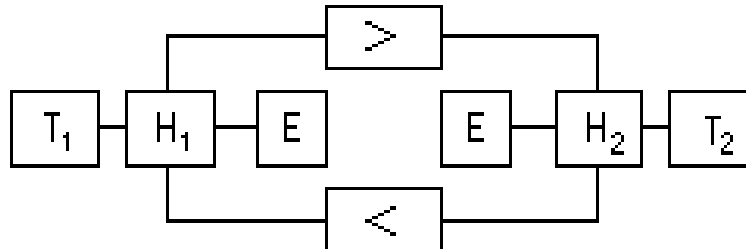


Fig.2.8. Schema sistemului diferential.

Elementul component principal al sistemului diferential este transformatorul diferential care realizează o echilibrare a braturilor punții prin respectarea condiției de echilibru între impedanța liniei de comunicație și impedanța echilibrorului, $Z_e = Z_L$.

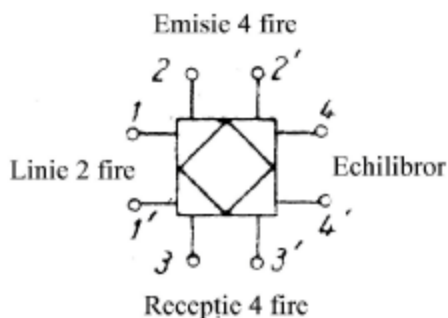
Transformatorul diferential realizează trecerea între linia de abonat (pe 2F) și echipamentele telefonice ce funcționează pe 4 F (sau senzori separați de emisie și receptie, cauzate de caracterul unidirecțional al dispozitivelor de amplificare actuale – tranzistoare, circuite integrate).

Este un octopol (fig.2.9.) care permite transferul puterii electrice de la bornele 11' (linie 2F) sau 44' (echilibror) spre bornele 22' (emisie 4F) și 33' (recepție 4F); împiedică transferul de la bornele 33' (recepție 4F) la bornele 22' (emisie 4F), reprezentând prima echilibrare a transformatorului diferential și de la bornele 11' la bornele 44' reprezentând a doua echilibrare a transformatorului diferential.

Transformatorul diferential simetric are două înfășurări egale și bobinate simetric între bornele 14 și 1'4'.

Bornele 2 și 2' corespund mijlocului înfășurărilor. A treia înfășurare este conectată la bornele 33'. În figura 2.10 se prezintă un transformator diferential simetric.

În schema echivalentă de tip Wheastone (fig.2.11.), curentul ce trece prin înfășurările L_1 și L_2 creează un flux magnetic variabil, se produce o t.e.m.. în înfășurările 12 și 24 ce formează două din braturile punții. Deoarece înfășurările 12 și 24 sunt egale prin construcție, dacă $Z_L = Z_E$, puntea este echilibrată și $a_{33'-22'} = \infty$.



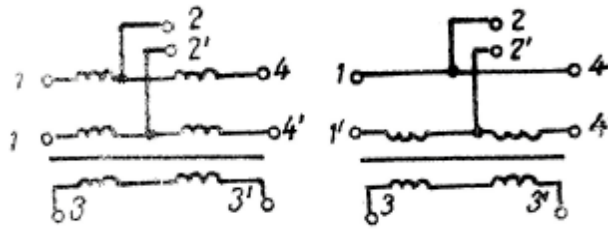
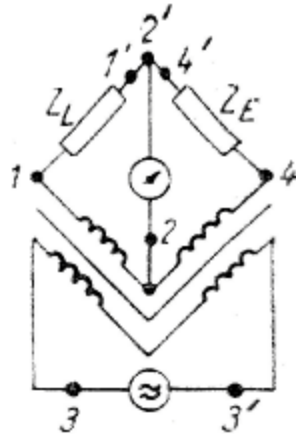


Fig.2.9. Transformator diferential metric (a) si asimetric (b).

Fig.2.11. Transformatorul diferential proiectat punte Wheatstone.



Daca puterea electrica aplicata la bornele 33' (receptie 4F) nu se va transfera spre bornele 22' (E 4 F), atunci ea se imparte egal intre impedantele 11' (Linie 2 F) si echilibror (44'). Reducerea puterii la jumatate reprezinta o atenuare de 3 dB.

$$a_{33'-11'} = a_{33'-44'} = 3\text{dB}.$$

Puterea aplicata la „linie 2 fire“ (11') se imparte intre impedantele $Z_{22'}$ si $Z_{33'}$ „emisie 4 fire” si „receptie 4 fire“, iar pe bornele echilibror nu se aplica teoretic nici o putere,

$$a_{11'-22'} = a_{11'-33'} = 3,035 \text{ dB}; \quad a_{11'-44'} = \infty,$$

$$\text{daca raportul de transformare } n = \frac{W_{12} + W_{24}}{W_{33'}} \text{ are valoarea:}$$

$$n = \sqrt{\frac{2 Z_L}{Z_{\text{rec}}}}, \quad (2.1)$$

in care Z_L este impedanta liniei si Z_{rec} impedanta conectata la bornele 33'.

Practic, coeficientul de neadaptare p apreciaza gradul in care impedanta Z_E a echilibrorului imita impedanta Z_L a liniei:

$$p = \left| \frac{Z_E - Z_L}{Z_E + Z_L} \right|. \quad (2.2)$$

Dacă $Z_E \cong \sim Z_L$, neadaptarea este foarte mică și $p < 1$, iar atenuarea reală între bornele 33 și 22 este:

$$a_{33-22} = 1n \frac{2}{|p|} = 1n \left| \frac{Z_E + Z_L}{Z_E - Z_L} \right| + 0,7 \text{ Np} = a_e + 0,7, \quad (2.3)$$

în care a_e este atenuarea de echilibrare. Dacă $Z_E = Z_L$, atenuarea de echilibrare este infinită.

Figura 2.12. arată toate atenuările deduse.

Se utilizează și sistemul diferențial prezentat în fig. 2.13 ce formează tot o punte Wheatstone: bratele AD și DB sunt rezistențe egale de valoare 600Ω , celelalte brate fiind Z_L , respectiv Z_E . „Recepție 4 fire” se conectează la diagonală AB, iar „emisie 4 fire” la diagonală opusă CD.

Condiția de echilibrare a punții este:

$$Z_E \cdot R_1 = Z_L \cdot R_2, \quad (2.4.)$$

Cum $R_1 = R_2 = 600 \Omega$, condiția (2.4) se reduce la $Z_L = Z_E$, ca și la transformatorul diferențial. Atenuările între „linie 2 fire” și „emisie 4 fire” ca și între „recepție 4 fire” și „linie 2 fire” sunt însă mari, și anume 6,02 dB.

În practică această importantă condiție nu poate fi îndeplinită cu exactitate în toată gama de frecvență și pe toate lungimile liniilor, în consecință dezechilibrele introduc dezadaptări.

Drept urmare, o fracțiune a semnalului recepționat pe buclă de 4 fire se transferă pe ramura de transmisie, propagându-se în sens invers, sub formă de ecou.

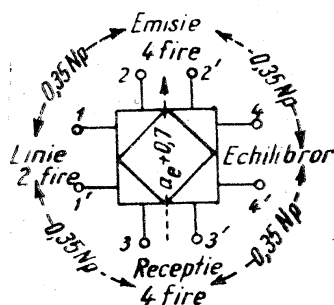


Fig. 2.12. Atenuările între bornele transformatorului diferential.

Din analiza procesului de generare a ecouului în rețele de comunicație se permit punerea în evidență a două variante posibile de ecou:

- ecoul de transmisie;
- ecoul de recepție.

Primul tip de ecou este perceput de persoana care vorbește și se datorează dezadaptării introduse de sistemul diferential din punctul îndepărtat, al doilea tip de ecou este perceput de persoana care ascultă și se datorează celor două sisteme diferenciale de la extremitățile circuitului la 4 fire.

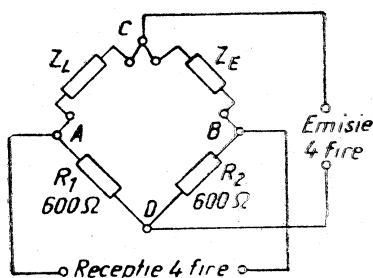


Fig. 2.13. Sistem diferential rezistiv.

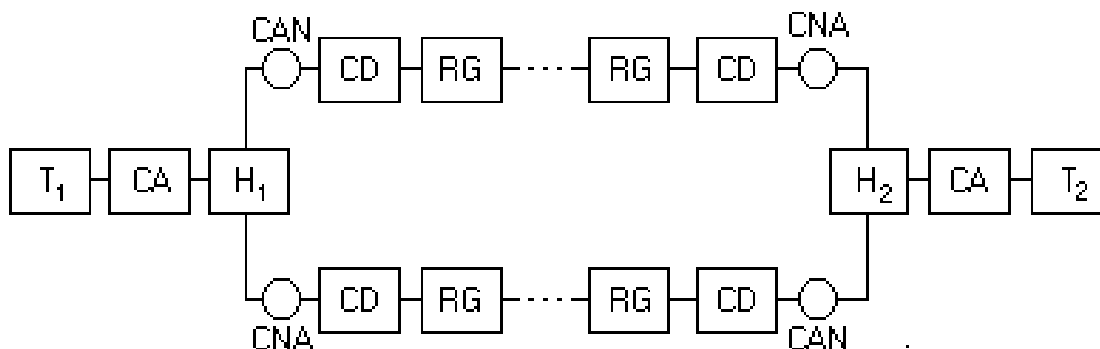
2.4.2. ECOUL SI STABILITATEA IN SISTEMELE DE COMUNICATII

2.4.2.1. Introducere

In sistemele de comunicatii militare de tip analogice, digitale sau mixte fenomenul de ecou precum si numeroasele probleme de stabilitate prezinta importanta fundamentala pentru calitatile conexiunii (legaturii) telefonice si mai ales pentru comunicatiile de date.

In retea de comunicatie cu comutatie accesul abonatilor (utilizatorilor) se face pe 2 fire in timp ce transmiterea (transmisia + receptia) se produce pe 4 fire.

Schema bloc a unei retele de comunicatie permite intelegerea fenomenului de ecou si contribuie la elucidarea stabilitatii sistemelor de comunicatie (fig. 2.14.).



T_1 – terminal; CA – centrala analogica; H_1 – transformator diferential;
RG - regenerator; CD – centrala digitala; CAN – convertor analog numeric; CNA -
convertor numeric analog; H_1, H_2 – sistem diferential (hybrid).

Fig.2.14. Schema unei retele de comunicatie cu comutatie mixta

Dupa cum se poate observa conexiunea se realizeaza in doua puncte de trecere de la 2 la 4 fire, portiunile respective din retea de comunicatie intereseaza in detalierea fenomenului de ecou.

2.4.2.2. Ecoul de transmisie (ecoul pentru persoana care vorbeste)

In limba engleza talker echo, in limba franceza echo à la transmission.

Fenomenul este sesizat de persoana care vorbeste, sub forma unei „replici” întârziate la propriul sau semnal, de aceea poarta denumirea de „ecou pentru persoana care vorbeste”.

In transmisiunile telefonice ecoul la transmisie depinde de nivelul ecoului si de întârzierea ecoului. Nivelul ecoului este functie de atenuarea intregului traseu de propagare al ecoului si indeosebi de atenuarea de echilibrare a sistemului diferential H_2 , din punctul indepartat unde are loc reflexia.

Întârzierea ecoului este dependenta de structura circuitului (lungime, numar de puncte de tranzit la nivel de canal vocal, numarul de centrale digitale, etc.).

La distante apreciabile se introduc dispozitive electronice pentru anulara semnalului de ecou. In cazul comunicatiilor de date ecoul la transmitere nu impune dispozitive electronice deosebite deoarece modemurile pentru transmisiuni duplex contin dispozitive pentru anulara ecoului (echo canceller). Din aceasta categorie fac parte modemurile V.32, V.32 bis, V.34 (28800b/s) de larga utilitate pe retea de comutata. Se

evidentiaza urmatoarele particularitati privitoare la existenta ecoului in diferite retele de comunicatie.

1. Ecoul la transmisie in retelele de comunicatii analogice

In aceste tipuri de retele atenuarile inerente tind sa scada nivelul ecoului. In figura 2.15 se prezinta o retea de comunicatii de tip analogic in care se introduce o atenuare de 3 dB in fiecare sens de transmitere, rezultând o atenuare suplimentara de 6 dB ceea ce contribuie la micsorarea ecoului.

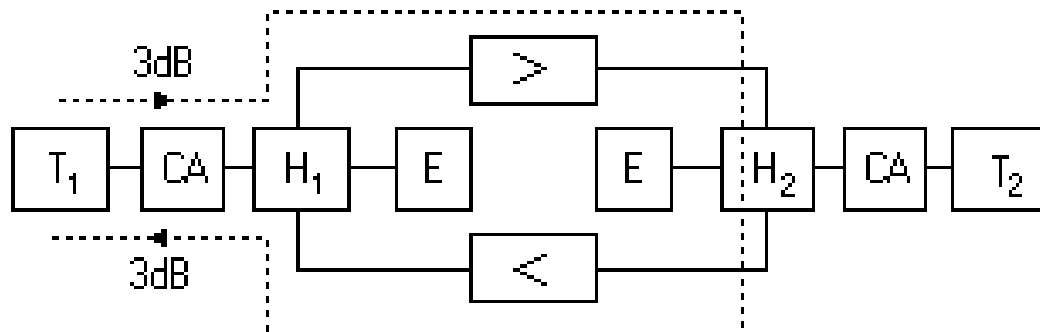


Fig. 2.15. Ecoul de transmisie in retelele analogice.

2. ECOUL LA TRANSMISIE IN RETELELE DIGITALE

In retelele digitalizate se produce o atenuare globala deci apare avantajul reducerii concomitente a atenuarii ecoului de transmisie.

Daca traseele digitalizate antreneaza o reducere a atenuarii cu 6 dB, efectul asupra atenuarii ecoului este o diminuare de 12 dB.

Timpul de propagare a ecoului in cazul unei comunicatii digitale nu este inferior celui intalnit pe un circuit analogic.

2.4.2.3. Toleranta ecoului la transmitere

Factorii principali care se iau in considerare pentru a stabili daca ecoul la transmitere poate fi tolerat sau sunt necesare masuri pentru introducerea de dispozitive de control ale ecoului (supresor la ecou sau anulor de ecou) sunt:

- numarul de bucle 2-4-2 fire care contribuie la generarea ecoului;
- timpul de parcurgere al acestor trasee;
- atenuarea totala a traseului ecoului, inclusiv atenuarea liniei de abonat;
- toleranta la ecou exprimata prin teste de laborator.

Valoarea globala a echivalentului traseului la transmitere in cazul unei conexiuni simetrice (fig. 2.16) este:

$$A_g = 2 A_t + A_e + (A_{tr} + A_r). \quad (2.5.)$$

A_t – echivalentul jonctiunii (T);

A_e – atenuarea de echilibrare (B) din capatul de conversie 4F – 2F asociat receptiei;

A_{tr} – echivalentul de transmitere al aparatului terminal;

A_r – echivalentul de receptie al aparatului terminal

Rezerva atenuarii introdusa de traseul ecoului la transmitere fata de atenuarea E corespunzatoare conditiei de „performanta nesatisfacatoare” este obtinuta din expresia:

$$M = 2 A_t + A_e + A_t + A_r - E, \quad (2.6.)$$

unde: $-A_t$ este atenuarea medie introdusa de jonctiunea cuprinsa intre punctele de acces la doua fire;

$-A_e$ este valoarea medie atenuarii de echilibrare a ecoului la sistemul diferential la capatul dintre abonatul chemat;

$-E$ este atenuarea medie globala introdusa de traseul ecoului corespunzatoare unei performante nesatisfacatoare;

$-A_{tr}$, A_r sunt atenuarile liniei de abonat, inclusiv echivalentul aparatului telefonic.

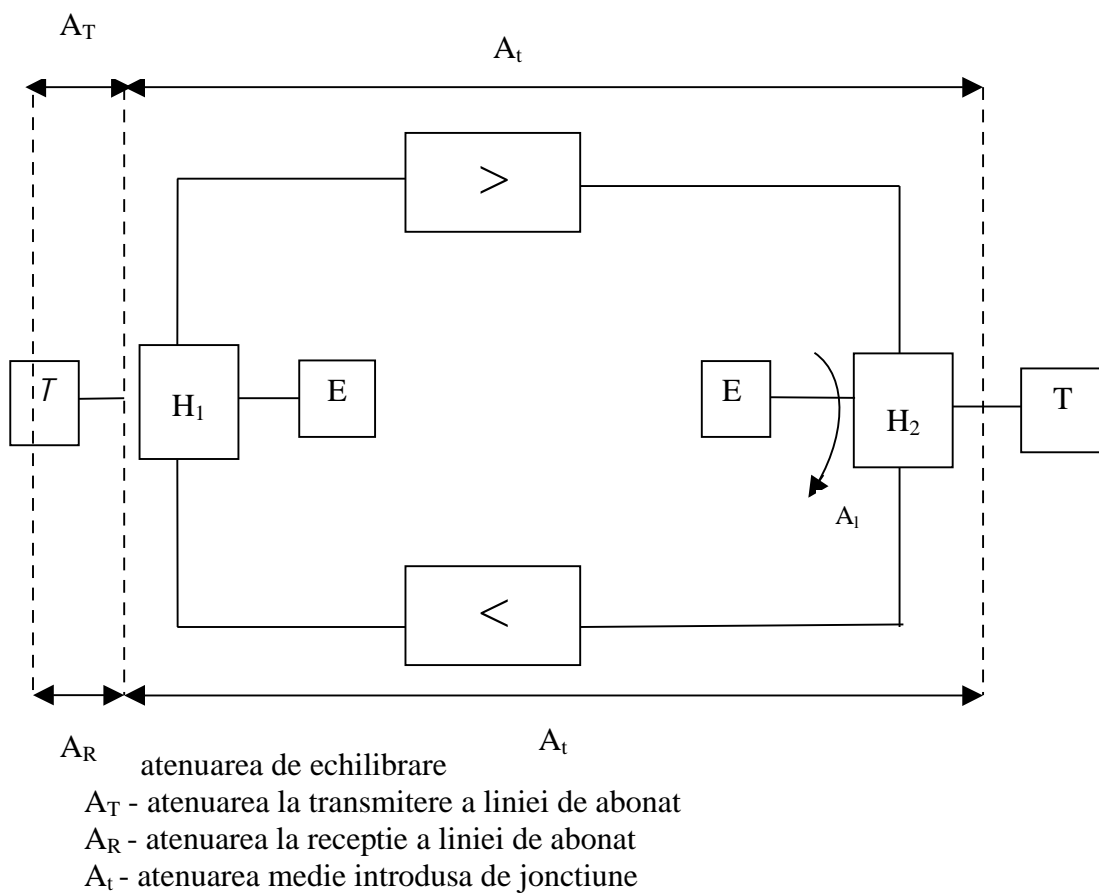


Fig. 2.16. Schema conexiunii intre doua terminale.

1. CALCULUL TOLERANTEI LA ECOU IN CAZUL CONEXIUNILOR ANALOGICE

Date initiale:

- atenuarea de echilibrare a ecoului realizata prin medierea in domeniul frecventa a atenuarii de echilibrare dupa legea de ponderare data in Recomandarea G. 122;
- valoarea medie ponderata: 11dB;
- deviatia standard: 3 dB;
- valoarea medie a atenuarii de transmisie se presupune uniforma in intreaga banda de frecventa iar deviatia standard pentru fiecare circuit la 4 fire este de 1 dB in fiecare directie;
- coeficientul de corelatie dintre variatiile atenuarii pe cele doua directii o consideram nula.

Tinând seama de relatia (2.6.) se obtine expresia generala a deviatiei standard a rezervei:

$$d^2 = n (d_1^2 + 2f_c \cdot d_1 \cdot d_2 + d_2^2) + d_e^2 + e^2 \quad (2.7.)$$

unde:

d – deviatia standard a rezervei;

d_1, d_2 – deviatiiile standard intre cele doua directii ale unui circuit la 4 fire;

f_c –factor de corelatie intre d_1 și d_2 ;

d_e – deviatia standard a atenuarii de echilibrare;

n – numarul de circuite la 4 fire;

e -deviatia standard a atenuarii introdusa de traseul ecoului.

Introducând in formula $d_1 = d_2 = 1\text{dB}$, $f_c = 1\text{dB}$, $d_e = 3\text{dB}$,

$e = 6\text{dB}$ rezulta: $d_2 = 4n + 45$. (2.8.)

In figura 2.17. este prezentata curba de toleranta la ecou pentru n circuite analogice.

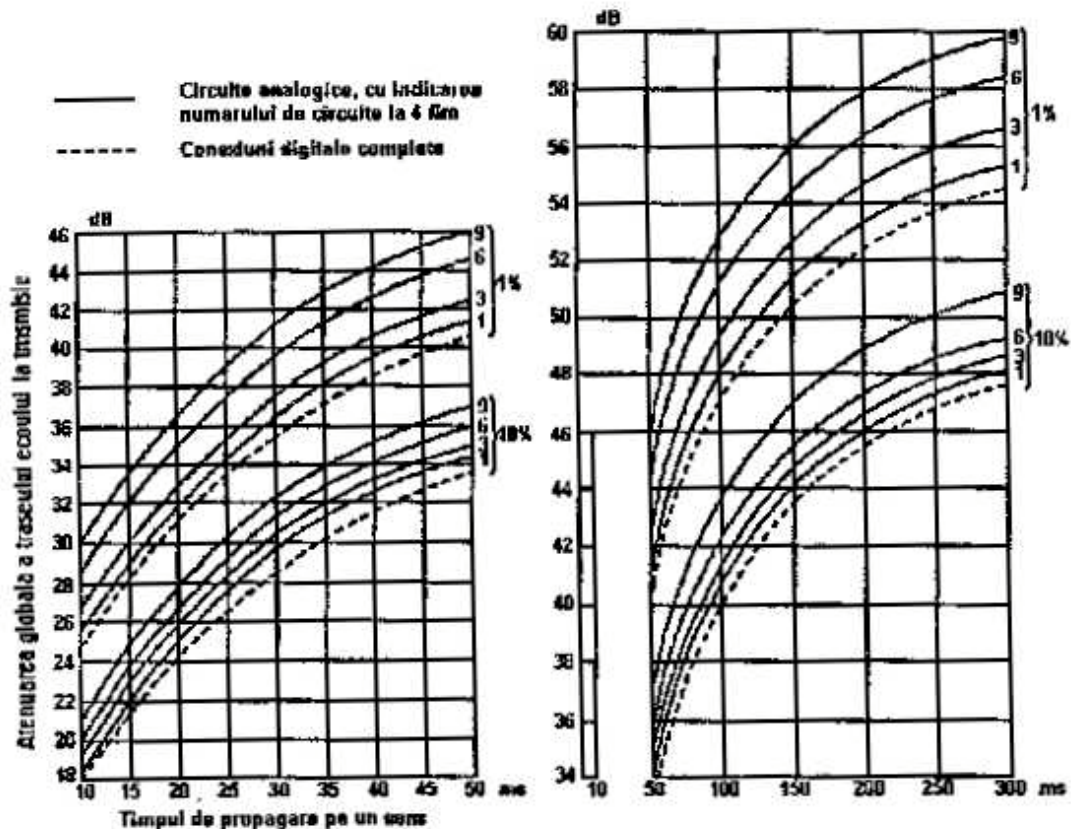


Fig. 2.17. Curba de toleranta la ecou

2. CALCULUL TOLERANTEI LA ECOU PENTRU CONEXIUNI DIGITALE

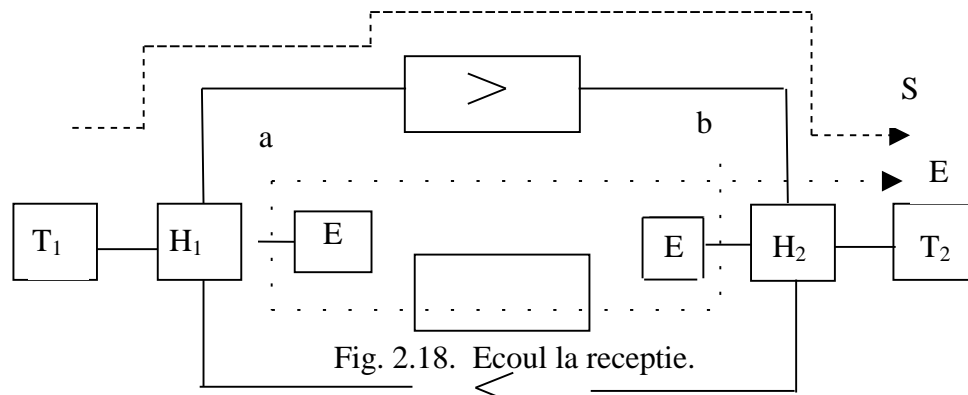
Pentru conexiunile digitale deviatia standard are expresia:

$$d^2 = 2nd_1^2 d_2^2 + d_e^2 + e^2 \quad (2.9.)$$

unde: n este numarul de perechi coder-decoder. Celelalte marimi au aceiași semnificatie ca in formula (2.9.).

2.4.2.4. ECOUL DE RECEPTIE - E.R. (ECOUL PENTRU PERSOANA CARE ASCULTA).

Termenul tehnic in limba engleza este listener echo.



Daca apare dez a'bru in sistemul diferential H_1 b'ci o fractiune a semnalului electric din portiunea b-b este reflectata in sensul semnalului util a - a, suprapunându-se peste acesta cu o anumita întârziere dependenta de timpul de propagare, dus-întors, pe cele doua sensuri de transmisie ale buclei la 4 fire; fenomenul este perceptut de persoana care asculta si a capatat denumirea sugestiva de „ecou pentru persoana care asculta” sau „ecou la receptie”. Se exprima prin ecartul dintre nivelul semnalului la receptie si nivelul ecoului (S-E).

In situatia unor dezadaptari importante ale sistemelor diferentiale, ecoul la receptie poate parcurge de mai multe ori bucla la 4 fire, producând ecouri multiple. La valori S-E mai mari de 8 dB ecourile pot fi neglijate.

1. Efectele ecoului la receptie in retelele telefonice

Ecoul la receptie este cu atât mai suparator cu cât diferenta S-E este mai mica si cu cât întârzierea ecoului este mai mare. La valori mici ale întârzierii (<3 ms), fenomenul de ecou este perceptut de persoana care asculta sub forma unui sunet de „pestera” (hollowness in limba engleza). Fenomenul apare asemanator cu situatia când o persoana vorbeste in pesteră; se atribuie acestui fenomen si denumirea de „sunet de butoi” (barrel sound), el apare in deosebi când dezadaptarile sunt mai pronuntate, situatie întâlnita la frecvente joase.

2. Efectele ecoului la receptie in comunicatiile de date

Ecoul la receptie modifica caracteristicile de atenuare si timp de propagare de grup (TPG) ale circuitului, prin aparitia unor variatii oscilante ale acestora. Variatiile se produc datorita faptului ca insumarea ecoului cu semnalul util are loc cu diferite faze, in functie de frecventa (fig.2.19.).

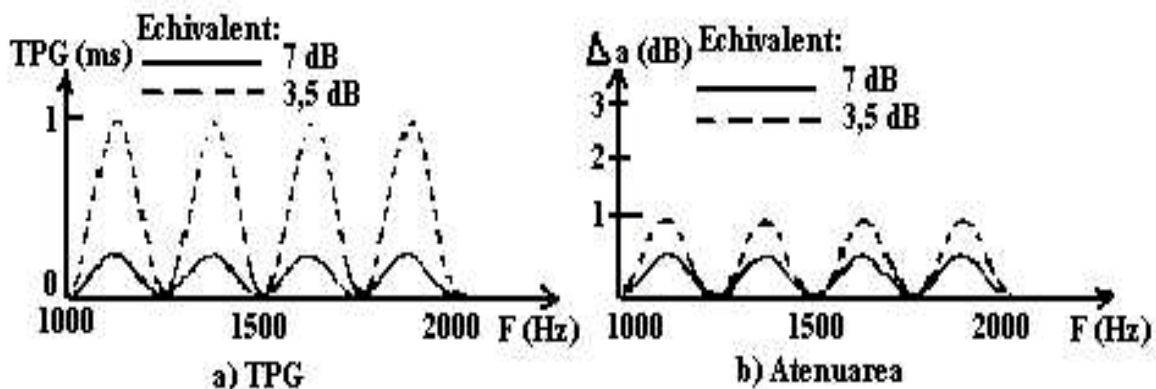


Fig 2.19. Efectele ecoului la receptie in comunicatiile de date.

Amplitudinea rezultanta prezinta maxime si minime functie de frecventa. Efectul ecoului asupra comunicatiilor de date creste prin scaderea ecartului $S - E$, dar nu depinde de intarzierea acestuia.

Constructiv sistemele diferentiale pot fi fixe sau adaptive, in banda telefonica sau banda larga. Un sistem diferential (hibrid) fix prezinta o impedanta de echilibrare fixa si in consecinta se echilibreaza linii având o anumita impedanta. Dar impedanta liniei depinde de multi factori, cei mai importanti fiind lungimea liniei si tipul mediului fizic, prezentând variatii in functie de timp si deci se apreciaza ca un hibrid fix favorizeaza aparitia unor ecouri insemnate, in consecinta este nevoie de o masura complementara de anulare a ecoului prin sisteme de anulare a ecoului.

Hibrizii adaptivi prezinta o retea de echilibrare variabila ce se adapteaza la valorile diferite ale liniei de comunicatie; ei au marea calitate ca elimina sau reduc in buna masura ecoul.

Daca se ia in considerare toata conexiunea se pot identifica doua surse de dezechilibru care genereaza fenomenul de ecou.

Un prim dezechilibru este dat de inegalitatea impedantelor de linie si echilibrorului iar cel de-al doilea dezechilibru este dat de inegalitatea impedantei liniei cu impedanta de intrare a terminalului, din care cauza rezulta urmatoarele tipuri de ecou:

- o fractiune din semnalul receptionat se intoarce prin H_1 (atenuat cu A_2) in calea de transmitere (fig.2.16.);
- la terminalul T_2 are loc o reflexie partiala prin H_2 . Unda reflectata se intoarce la hibrid suprapusa peste semnalul transmis.

In linie exista simultan o sumedenie de semnale de ecou.

Factorii care influenteaza ecoul la receptie sunt:

- atenuarea in bucla deschisa (open loop loss);
- intarziere dus si intors in buclele 2-4-2 fire (round – trip delay);
- numarul de bucle 2-4-2 fire.

Atenuarea in bucla deschisa reprezinta atenuarea care se masoara prin intreruperea buclei la 4 fire, aplicarea semnalului de masura si masurarea atenuarii. O metoda practica consta in masurarea, separat a atenuarilor in semibucla si insumarea valorilor.

Practic, valoarea ecoului la receptie se reduce la valoarea atenuarii in bucla deschisa daca presupunem ca ecoul provine numai din doua reflexii.

Acest fenomen se produce când atenuarea in bucla deschisa depaseste 8 dB.

3. Limitele ecoului la receptie pe conexiunile telefonice

Efectele ecoului la receptie asupra performantelor de transmisie a vocii scad atunci când atenuarea in bucla deschisa este mai mare de 10 dB si întârzierea in bucla mai mica de 10 ms. In cazul unor întârzieri mici (sub 3 ms) ecoul la receptie poate provoca in telefonie „efectul de pesteră“.

Deoarece atenuarea in bucla deschisa poate varia cu frecventa este necesar sa se determine valoarea minima a acesteia in banda 300 – 3400 Hz.

Calculul valorii medii ponderate a atenuarii in bucla deschisa la frecventa 200–3400 Hz:

$$A_{\text{ecou R}} = -20 \lg \frac{1}{3200} \int_{200}^{3400} 10^{-\frac{\text{ABD}(f)}{20}} df \quad (2.10.)$$

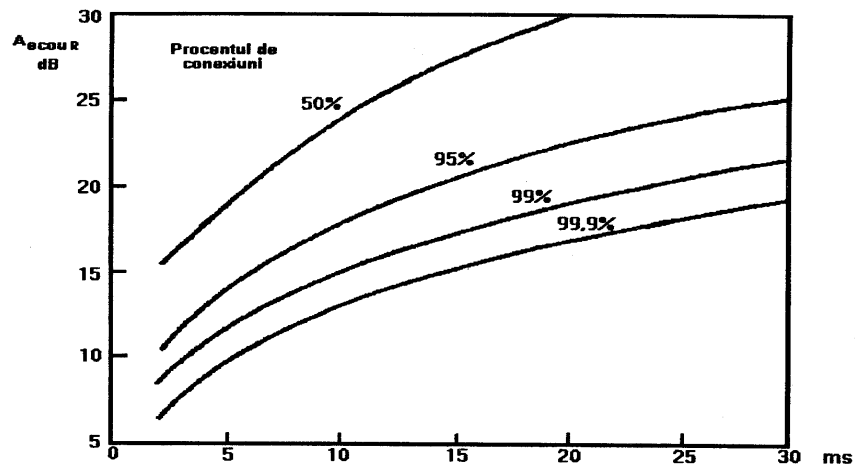
unde:

$A_{\text{ecou R}}$ – atenuarea ecoului la receptie ;

ABD – atenuarea in bucla deschisa in functie de frecventa.

In proiectarea retelelor telefonice este necesar sa fie respectate obiectivele cu privire la valorile medii ponderate ale ecoului la receptie, ele sunt prezentate in figura 2.20.

Fig. 2.20. Obiectivele pentru atenuarea ecoului la receptie.



4. LIMITELE ECOULUI LA RECEPTIE IN COMUNICATIILE DE DATE

Ecoul la receptie induce riscul aparitiei de erori in comunicatiile de date.

Pentru a obtine performante tehnice satisfacatoare in comunicatiile de date este necesar ca valoarea atenuarii ecoului sa fie mentinuta in limite stricte, dependente de debitul binar si de tipul de modulare.

In comunicatiile de date este necesar sa se tina seama de faptul ca intarzierea in bucla deschisa nu afecteaza calitatea transmisiei si ca se pun conditii restrictive asupra atenuarii in bucla deschisa, valabila in banda 500 – 2500 Hz.

La comunicatiile de date ce utilizeaza modem cu viteza 2400 b/s, sunt necesare urmatoarele conditii: numarul maxim de bucle este 5, valoarea atenuarii in bucla deschisa (ABD) in banda 500–2500 Hz se calculeaza cu relatia: $ABD = 18 + 10 \lg n$ iar buclele cu valori mari ale atenuarii in bucla deschisa (<45 dB) nu se iau in considerare in cazul unei conexiuni.

Când debitele binare sunt 4800 b/s, este necesara o atenuare in bucla deschisa de 25 dB daca conexiunea consta dintr-o singura bucla la 4 fire. Dintre metodele de suprimare si anulare ale ecoului mai importante sunt supresorul de ecou (metoda care se foloseste mai rar) si anulorul de ecou.

5. ANULORUL DE ECOU

Anulorul de ecou (echo canceller) elimina efectiv ecoul, fara a bloca sensurile de transmisie. Anulorul de ecou se introduce la ramura de transmitere la ambele capete ale circuitului la 4 fire (fig.2.21.).

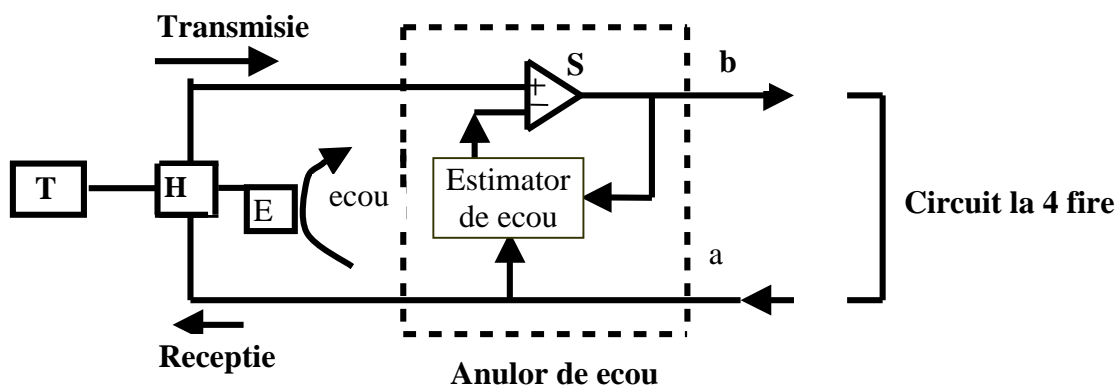


Fig.2.21. Anulorul de ecou.

Anularea efectului de ecou se petrece in felul urmatoar: semnalul telefonic care se propaga din punctul indepartat este aplicat estimatorului de ecou (echo estimator) pentru a se obtine o valoare identica cu cea creata pe calea ecoului. Valoarea astfel estimata se scade din semnalul transmis, afectat de ecou in etajul S. Se anuleaza in permanenta efectul, atata timp cat nu se vorbeste simultan.

2.4.2.5. INSTABILITATEA IN SISTEMELE DE COMUNICATII

Datorita dezechilibrelor introduse de sistemele diferentiale apar ecouri la fiecare punct de trecere, determinând nivelul global al ecoului la receptie.

Toate dezechilibrele introduse, cu adaptari defectuoase in punctele de trecere de la 2 la 4 fire si invers, constituie un defect nedorit in sistemele de comunicatii.

In anumite conditii care tin de câstigul de bucla si de intretinerea anumitor oscilatii sistemul devine instabil, instabilitate care se manifesta printr-un „fluierat”. In limba engleza este uzual termenul de singing pentru a desemna acest fenomen.

In practica curenta circuitele tind sa oscileze la frecvente in vecinatatea capetelor benzii vocale, fenomen explicabil prin aceea ca dezadaptarile in sistemele diferentiale sunt mai accentuate la capetele benzii de frecvente decât in banda.

Ca urmare instabilitatea face inutilizabil circuitul afectat, producând diafonie in circuitele adiacente.

Exista situatia in care sistemul nu oscileaza, insa se afla aproape de limita de oscilatie (de producere de fluieraturi).

Aceasta stare este caracterizata prin termenul in limba engleza de near-singing si se manifesta pe distante scurte prin sunetul de pestera.

2.4.2.6. PARAMETRII CARE AFECTEAZA ECOUL SI STABILITATEA

1. Atenuarea de adaptare

Termenul tehnic in limba engleza este return loss. Un semnal telefonic de pe un circuit telefonic este reflectat de fiecare data când întâlnește puncte de dezadaptari de impedanta. Dintre numeroasele surse de reflexie se enumara:

- discontinuitati de impedanta in punctele de jonctionare a cablurilor cu diametre diferite;

- existenta multiplexarilor pe cablurile de abonat;

- discontinuitati de impedanta intre cabluri si centrale telefonice, intre terminal si cablu, etc.

Prin definitie, atenuarea de adaptare este raportul dintre semnalul direct si cel reflectat:

$$A_{ad} = 10 \log \frac{P_{transmitere}}{P_{reflectata}}, [dB] . \quad (2.11.)$$

Atenuarea de reflexie este dependenta de frecventa prin natura complexa a impedantelor Z_1 si Z_2 . Ea poate fi specificata intr-o anumita gama de frecventa.

Adaptarea se poate exprima prin coeficientul de reflexie, definit

$$r = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \text{ si drept urmare intre atenuarea de adaptare si coeficientul de reflexie}$$

este valabila relatia:

$$A_{ad} = - 20 \log (r).$$

2. Atenuarea de echilibrare (Aech)

Termenul tehnic in limba engleza este balance return loss.

Atenuarea de echilibrare reprezinta acea fractiune a atenuarii in semibucla, respectiv gradul de dezadaptare intre impedanta Z_1 a liniei si impedanta de echilibrare Z_e .

Expresia generala:

$$A_{ech} = 20 \log \left| \frac{Z_0 + Z_{ec}}{2Z_0} \times \frac{Z_1 + Z_0}{Z_1 - Z_{ec}} \right| \quad [dB]. \quad (2.12.)$$

Z_{ec} este impedanta echilibrorului iar Z_0 este impedanta vazuta spre sistemul diferential la 2 fire.

Atenuarea de echilibrare este dependenta de impedanta liniei care la rândul ei variaza cu lungimea liniei, frecventa, parametrii liniei si impedanta echipamentului terminal.

2.4.2.7. STABILITATEA IN SISTEMLILE DE COMUNICATII

Stabilitatea se defineste ca fiind amplificarea (câștigul) suplimentar A_S , adaugat pe fiecare ramura de transmitere, pâna la limita de instabilitate (figura 2.22.). Aceasta limita se exprima analitic prin conditia :

$$A_1 + A_2 - (C_1 + A_S) - (C_2 + A_S) = 0$$

de unde rezulta:

$$A_S = \frac{1}{2} [(A_1 + A_2) - (C_1 + C_2)] \quad (2.13)$$

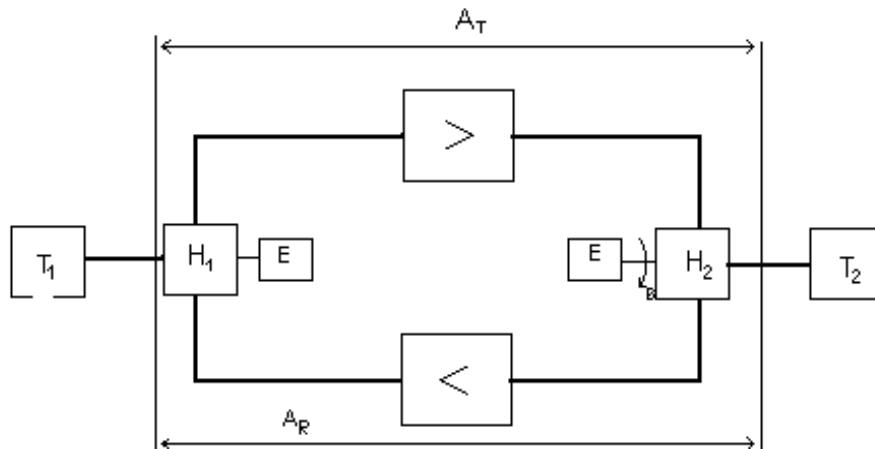


Fig. 2.22. Stabilitatea in bucla 2-4-2 fire

Se poate exprima stabilitatea si dupa urmatoarea formula:

$$A_S = \frac{1}{2} (A_{E1} + A_{E2} + A_R + A_T) \quad (2.14)$$

unde :

A_R, A_T – reprezinta atenuarile globale, in cele doua sensuri de transmisie, intre punctele de acces la 2 fire;

A_{E1}, A_{E2} – reprezinta atenuarile de echilibrare ale sistemelor diferentiale.

Suma $A_{E1} + A_{E2} + A_R + A_T$ reprezinta atenuarea in bucla deschisa (ABD).

De retinut:

- stabilitatea depinde de atenuarea de echilibrare a sistemelor diferentiale si de atenuare globala a circuitului intre punctele de acces la 2 fire;
- daca stabilitatea este negativa ($A_S < 0$), sistemul devine instabil (oscileaza);
- atenuarea globala si atenuarea de echilibrare depind de frecventa. Circuitul poate fi stabil la o frecventa si instabil la alta frecventa;
- conditia $S > 0$ nu este suficienta pentru a asigura o transmisie de foarte buna calitate, in cazul unei întârzieri apreciabile pe bucla la 4 fire apare fenomenul de ecou.

Aspectele legate de stabilitate vizeaza si alte conditii care au importanta majora in transmisiile telefonice si comunicatii de date.

2.5. LINII DE COMUNICATII

Transmiterea informatiilor se face prin intermediul diferitelor medii de propagare, pe cale naturala (cazul vorbirii), fie pe linii de comunicatii (situatia mesajelor telefonice, transmisii de date, imagini fixe, etc.). Se disting comunicatiile prin medii spatiale (radiocomunicatiile, transmisiile submarine, etc.), comunicatiile prin intermediul rețelilor metalice cum sunt telecomunicatiile prin linii aeriene, cabluri simetrice, cabluri coaxiale si comunicatii prin cabluri cu fibre optice.

Pe liniile de transmisiuni se realizeaza legaturi telefonice, telegrafice, transmisii de programe radio si TV, transmisii de date, etc.

2.5.1. Caracteristici electrice ale liniei de comunicatii

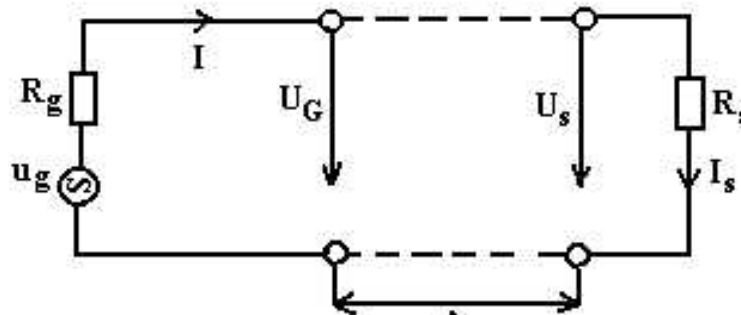


Fig. 2.23. Schema liniei de transmisiuni.

Sa presupunem ca un generator de rezistenta interna R_g aplica o tensiune U_0 la intrarea unei linii omogene, identica pe toata lungimea sa l , iar la capatul liniei se conecteaza impedanta de sarcina, Z_s (fig.2.23.).

Conductoarele liniei au o rezistenta electrica in functie de diametrul, lungimea si natura lor. Trecerea curentului prin linie creeaza in jurul acesteia un câmp magnetic, deci linia prezinta o inductanta proprie. Intre conductoarele liniei exista si o capacitate, iar izolamentul imperfect dintre conductoare produce intre acestea o perditanta. Linia fiind

omogena, fiecare km va avea o rezistenta specifica $R_0 = \frac{\Omega}{\text{Km}}$, o inductanta specifica

$L_0 = \frac{\text{H}}{\text{Km}}$, o capacitate specifica $C_0 = \frac{\text{F}}{\text{Km}}$ si o perditanta specifica $G_0 = \frac{\text{S}}{\text{Km}}$.

Deci linia de transmisie este un circuit cu parametri distribuiti. Aceste marimi specifice sunt parametrii primari ai liniei omogene (constantele primare).

In schema echivalenta fiecare sectiune elementara Δl a liniei are o rezistenta serie $R = R_0 \cdot \Delta l$, o inductanta serie $L = L_0 \cdot \Delta l$, o capacitate transversala $C = C_0 \cdot \Delta l$ si o perditanta transversala $G = G_0 \cdot \Delta l$, care determina impreuna comportarea electrica a liniei.

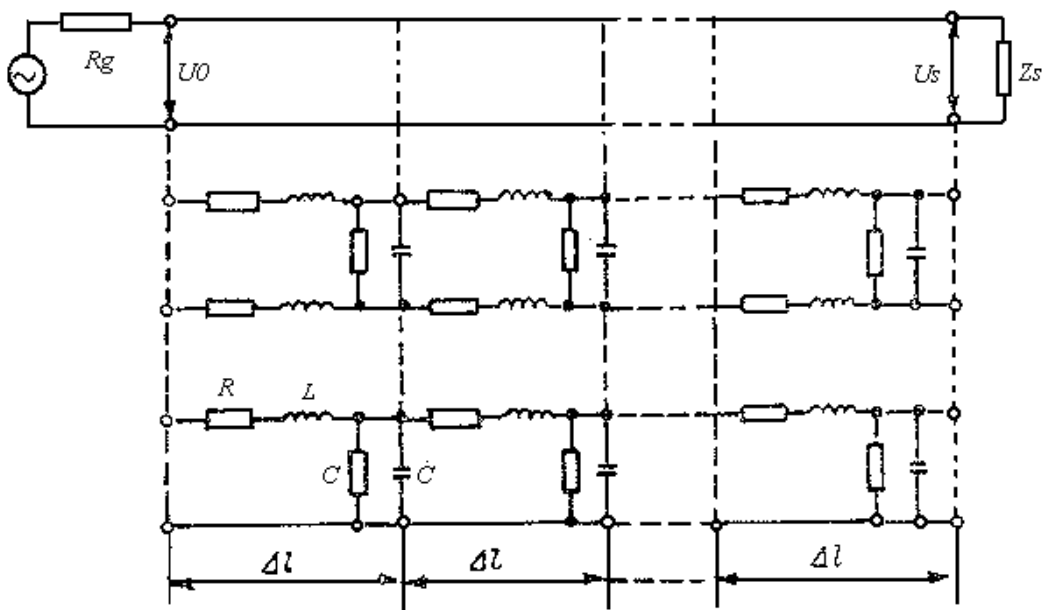


Fig.2.24. Schema echivalenta a liniei de transmisiuni.

Linia se comporta ca un filtru trece jos (FTJ): la frecvente joase semnalele vor fi influentate de rezistenta si perditanta, efectele inductantei si capacitatii fiind neglijabile. Atenuarea liniei este mica. Pentru valori mari ale frecventei semnalelor se maresc

reactantele inductive $X_L = \omega L$ si capacitive $X_C = \frac{1}{\omega C}$ si in consecinta atenuarea creste.

2.5.1.1. Impedanta caracteristica

Pentru transmiterea semnalelor electrice este important de cunoscut impedanta de intrare a liniei. Ea depinde de parametrii primari ai liniei (R_0 , L_0 , C_0 si G_0) si de impedanta Z_s a sarcinii. Impedanta de intrare este raportul dintre tensiunea la intrare si curentul la intrare, cu faza lor relativa. Curentul la intrare este suma curentilor transversali elementari si a curentului prin Z_s .

Cu cât linia este mai lunga, numarul curentilor elementari transversali creste, iar importanta curentului prin sarcina scade. Deci la o linie de comunicatie se poate neglija curentul prin sarcina sau altfel spus impedanta de intrare nu depinde de impedanta de sarcina.

Impedanta caracteristica Z_C este deci impedanta de intrare a liniei omogene infinit de lungi.

Pentru linii cu lungime finite conteaza si marimea impedantei de sarcina. Daca impedanta de sarcina este egala cu impedanta caracteristica Z_C a liniei, atunci impedanta de intrare a liniei va fi egala cu Z_C , ca si cum linia ar fi infinit lunga. Linia este deci adaptata la capatul sau si in orice punct al sau, raportul tensiune-curent este egal cu Z_C .

Impedanta caracteristica este un parametru secundar al liniei si depinde de parametrii primari.

$$Z_c = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}}$$

$$|Z_c| = \sqrt{\frac{R_0^2 + \omega^2 L_0^2}{G_0^2 + \omega^2 C_0^2}} \quad (2.15.)$$

$$\varphi_c = \frac{1}{2} \left(\operatorname{arctg} \frac{\omega L_0}{R_0} - \operatorname{arctg} \frac{\omega C_0}{G_0} \right).$$

La linii de comunicatii cu pierderi mici (R_0 si C_0 mici) si la frecvente ridicate $\omega^2 L_0^2 \gg R_0^2$ si $\omega^2 C_0^2 \gg G_0^2$ impedanta caracteristica devine:

$$|Z_c| = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}; \quad \varphi_c = 0^0. \quad (2.16.)$$

Spre exemplu, cablurile coaxial au $Z_c = 50 - 75 \Omega$, liniile aeriene din cupru de 3 mm au $Z_c = 600 \Omega$, iar cablurile intermediare simetrice au $Z_c = 140 \dots 180 \Omega$.

2.5.1.2. Atenuarea si defazajul

Tensiunea si curentul pe linie scad progresiv spre capatul liniei.

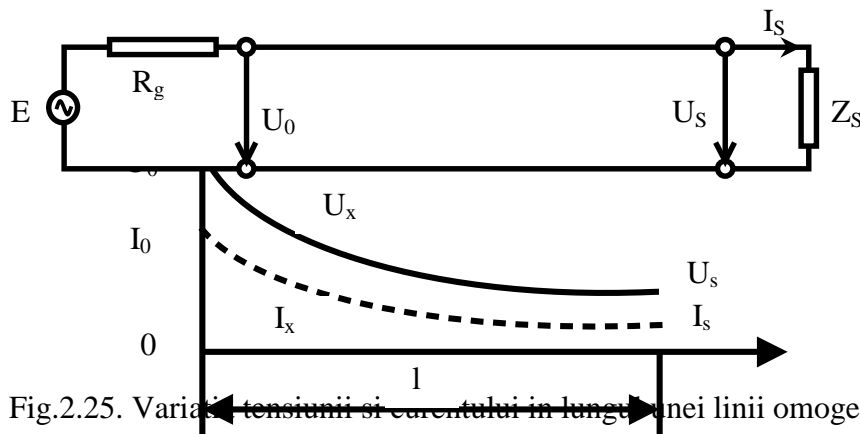


Fig.2.25. Variații tensiunii și curentului în lungul unei linii omogene.

Tensiunea scade datorita caderilor de tensiune provocate de R_0 si L_0 in fiecare sectiune elementara iar curentul prin suntarea transversala produsa de G_0 si C_0 .

Matematic, tensiunea U_x si curentul I_x dintr-un punct aflat la distanta x fata de inceputul liniei sunt:

$$U_x = U_0 \cdot e^{-\alpha x} \quad (2.17.)$$

$$I_x = I_0 \cdot e^{-\alpha x}, \text{ unde } I_0, U_0 \text{ sunt valorile curentului si tensiunii de la inceputul liniei}$$

($x = 0$) iar α este constanta de atenuare a liniei.

Puterea va scadea de-a lungul liniei dupa relatia:

$$P_x = U_0 I_0 e^{-2\alpha x} = P_0 e^{-2\alpha x}. \quad (2.18.)$$

Se foloseste logaritmul zecimal pentru exprimarea atenuarii in dB :

$$a = 20 \lg \frac{U_0}{U_x} \quad [\text{dB}] \quad (2.19)$$

Atenuarea se exprima prin rapoarte de puteri electrice:

$$a = 10 \lg \frac{P_0}{P_x} \quad [\text{dB}] \quad (2.20)$$

Prin utilizarea unitatilor logaritmice atenuarea totala a unui lant de transmisie este suma atenuarilor diferitelor sale portiuni. Atenuarea pâna in punctul x este :

$$a = \ln \frac{U_0}{U_x} = \ln e^{\alpha x} = \alpha x \quad \text{si atenuarea intregii linii (x = l) devine:}$$

$$a = \ln \frac{U_0}{U_s} = \alpha l. \quad (2.21)$$

Atenuarea liniei este produsul dintre constanta sa de atenuare $\alpha = \frac{Np}{Km}$ si lungimea liniei (km).

Concomitent cu micsorarea amplitudinii curentului si tensiunii linia produce si o defazare progresiva a acestora in comparatie cu inceputul liniei.

Datorita reactantei inductive serie si a reactantei capacitive transversale, apare o defazare proportionala cu lungimea liniei, exprimata prin constanta de faza β in radiani.

Defazarea pâna in punctul x va fi $b = \beta \cdot x$, iar pâna la capatul liniei $b = \beta \cdot l$ [radiani].

Constanta de atenuare α si constanta de faza β sunt parametrii secundari ai liniei si reprezinta partea reala respectiv imaginara a constantei de propagare γ a liniei: $\gamma = \alpha + j\beta$, care arata modificarea energiei electromagnetice la propagarea pe fiecare Km al liniei. Constanta de propagare depinde de parametrii primari al liniei:

$$\gamma = \sqrt{(R_0 + j\omega L_0)(G_0 + j\omega C_0)}. \quad (2.22.)$$

Expresia se simplifica pentru linii cu pierderi mici ($R_0 \ll \omega L_0$) si ($G_0 \ll \omega C_0$), la frecvente medii si inalte:

$$\alpha = \frac{R_0}{2} \sqrt{\frac{C_0}{L_0}} + \frac{G_0}{2} \sqrt{\frac{L_0}{C_0}};$$

$$\beta = \omega \sqrt{L_0 C_0}. \quad (2.23.)$$

Relatiile sunt valabile mai ales pentru circuite aeriene, la frecventa peste 10 KHz (fig.2.26.)

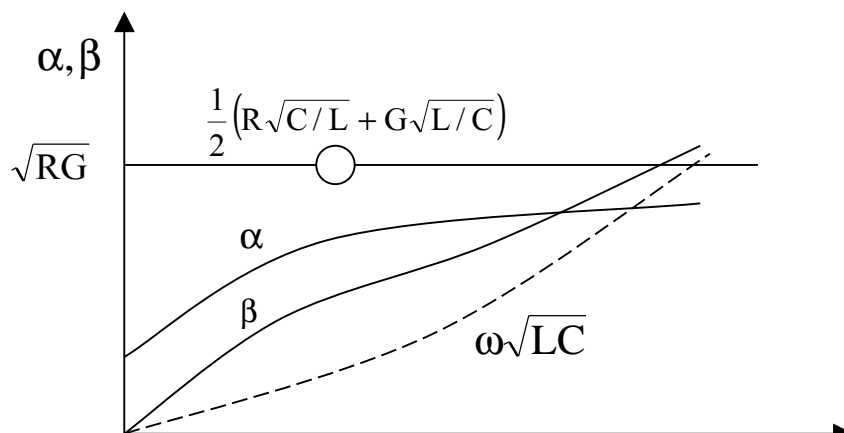


Fig. 2.26. Atenuarea si defazajul unei linii aeriene in functie de frecventa.

La cablurile de joasa frecventa $R_0 \gg \omega L_0$ si $G_0 \gg \omega C_0$ deci

$$\alpha = \beta = \sqrt{\frac{\omega C_0 R_0}{2}}.$$

2.5.1.3. LUNGIMEA DE UNDA SI VITEZA DE PROPAGARE.

Aplicând tensiunea $u=U_0 \sin \omega t$ la intrarea unei linii cu constanta de atenuare α si constanta de faza β si cunoscând

$i=I_0 \sin \omega t$, curentul si tensiunea in orice punct x al liniei vor fi:

$$u_x = U_0 e^{-\alpha x} \sin (\omega t - \beta x)$$

$$i_x = I_0 e^{-\alpha x} \sin (\omega t - \beta x).$$

(2.24)

Pentru reprezentarea grafica se considera valorile tensiunilor la momentul ales, de exemplu tensiunea u la inceputul liniei are valoarea sa maxima U_0 . Egalitatea ($u = U_0$) se întâmpla când:

$$\omega t = \frac{\pi}{2}, \text{ adica dupa un sfert din perioada } T \text{ a oscilației } \left(t = \frac{T}{4} \right).$$

In diagrama vectoriala din figura 2.27. se observa ca in lungul liniei vectorul tensiunii u_x isi reduce amplitudinea proporțional cu

$e^{-\alpha x}$ si isi roteste faza proporțional cu $-\beta x$, in care x este distanța de la inceputul liniei (curba elicoidala).

Reunind proiecțiile ABC...H ale curbei elicoidale pe planul vertical se obțin amplitudinile instantanee ale tensiunilor din diferite puncte ale liniei, in momentul $t = \frac{T}{4}$

(fig.2.27.). Distanța dintre doua maxime succesive se numeste lungime de unda λ si depinde de defazajul $b=\beta x$. Datorita periodicității tensiunii sinusoidale, maximele apar la

distanțele $\Delta x = K \frac{2\pi}{\beta}$, unde $K = 1,2,3...$ Lungimea de unda (distanța dintre doua maxime)

este deci $\lambda = \frac{2\pi}{\beta}$.

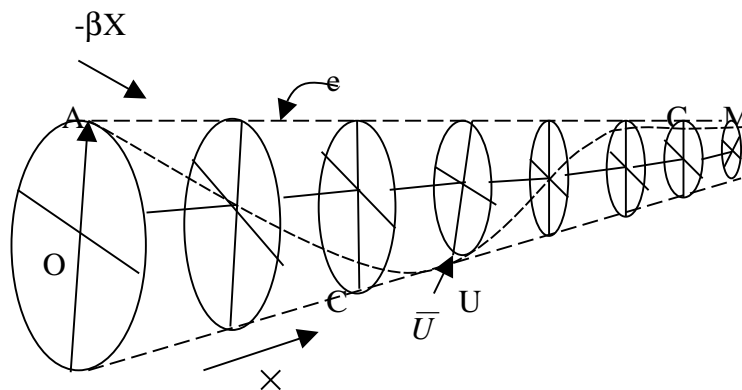


Fig.2.27. Diagrama vectoriala a tensiunilor pe o linie omogena

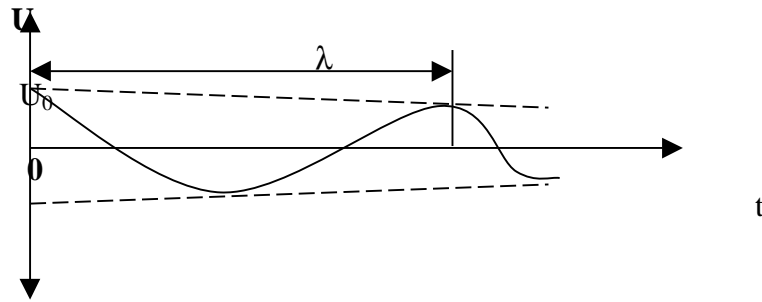


Fig.2.28. Amplitudinile instantanee ale tensiunilor pe linie

in momentul $t = \frac{T}{4}$.

In celelalte momente, curba elicoidala se roteste in jurul axei x in sensul acelor de ceasornic cu viteza unghiulara,

$$\omega = \frac{2\pi}{T}.$$

Viteza de propagare v pe linie rezulta din timpul necesar ca oscilația sa se deplaseze cu o lungime de unda λ :

$$v = \frac{\text{distanță}}{\text{timp}} = \frac{\lambda}{T} = f \cdot \lambda. \quad (2.25.)$$

Inlocuind valoarea $\lambda = \frac{2\pi}{\beta}$ rezulta:

$$v = \frac{2\pi f}{\beta} = \frac{\omega}{\beta}. \quad (2.26.)$$

Pentru linii cu pierderi mici $\beta = \omega \sqrt{L_0 C_0}$, deci $v = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}}$.

Semnalele complexe de comunicații au multe componente cu frecvențe diferite, deci intereseaza mai mult viteza de propagare de grup. Se considera simplificat un grup de doua frecvențe ω_1 si ω_2 cu aceeasi amplitudine, care se propaga pe o linie infinita ce are la acele frecvențe constantele de defazare β_1 respectiv β_2 . Se poate scrie (neglijând atenuarea) pentru un punct aflat la distanța x :

$$u_x = U_0 \cos(\omega_1 t - \beta_1 x) + U_0 \cos(\omega_2 t - \beta_2 x).$$

Se arata ca expresia de mai sus reprezinta o unda de frecvență înaltă $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$,
modulată cu frecvență joasă $\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}$.

Lungimile lor de undă respective sunt $\lambda_+ = \frac{4\pi}{\beta_1 + \beta_2}$ și $\lambda_- =$
 $= \frac{4\pi}{\beta_1 - \beta_2}$

iar vitezele de propagare $v_+ = \frac{\omega_1 + \omega_2}{\beta_1 + \beta_2}$ și $v_- = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\beta_1 - \beta_2}$.

Frecvențele ω_1 și ω_2 se aleg destul de apropiate deci viteza v_+ diferă foarte puțin de cele două viteze de propagare individuale.

Viteza $v_- = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\beta_1 - \beta_2}$ cu care se propaga unda – anvelopă de frecvență joasă se numește viteza de grup. Când $\omega_1 \sim \omega_2$, viteza de grup devine:

$$\tau = v_{\text{grup}} = v_- = \frac{d\omega}{d\beta}. \quad (2.27.)$$

Condiția $\alpha = \text{constant}$ și $v_{\text{grup}} = \text{constant}$ asigură transmiterea fidelă a semnalelor complexe. Dacă α variază cu frecvența apare o distorsiune de atenuare, dacă $\frac{d\omega}{d\beta}$ nu este constantă, se produce o distorsiune de fază (forma semnalului complex diferă la capătul liniei față de începutul acesteia). $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$, modulată cu frecvență joasă $\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}$ (fig 2.39.).

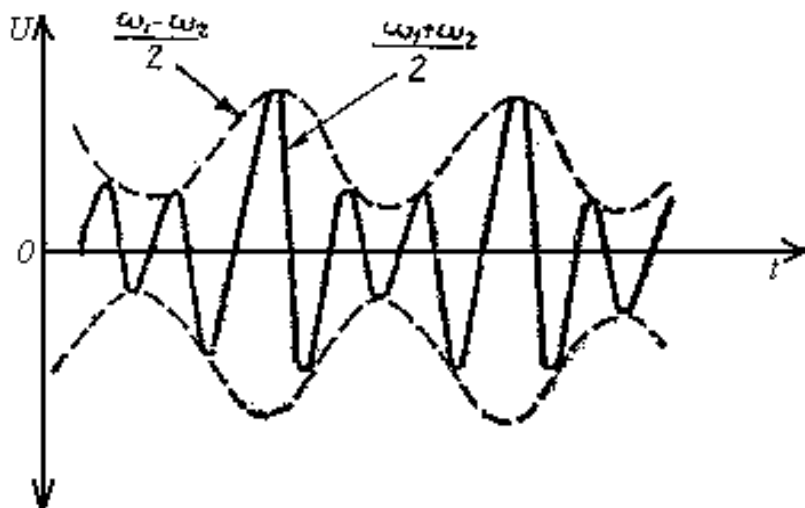


Fig. 2.29. Unda complexă pentru definirea vitezei de grup.

2.5.2. REFLEXII SI UNDE STATIONARE

S-a presupus pâna aici ca linia este terminata la capete pe impedanta caracteristica. In practica aceasta adaptare nu poate fi exact realizata si iau nastere reflexii: o parte din energia ajunsa la capatul liniei este reflectata si circula inapoi.

Raportul *tensiune/curent* la o linie adaptata este egal in orice punct cu impedanta caracteristica. La o linie terminata neadaptat, raportul tensiune-curent trebuie sa se modifice la capat, pentru a fi egal cu impedanta de sarcina Z_s . Acest fenomen se produce prin reflectarea unei parti din curent si tensiune. Datorita reflexiei impedanta de sarcina nu mai preia decât o parte din puterea disponibila.

Astfel, in orice punct al liniei neadaptate se vor gasi tensiunea si curentul direct (progresiv) u_{1x} si i_{1x} ce se propaga spre capatul liniei, precum si tensiunea si curentul reflectati u_{2x} si i_{2x} , ce se reintorc spre intrare. Tensiunile se vor aduna, deoarece atât u_{1x} cât si u_{2x} se masoara intre conductorul de dus si cel de intors. Curentii insa se scad, pentru ca curentul reflectat circula in sens opus celui direct (progresiv):

$$u_x = u_{1x} + u_{2x}; i_x = i_{1x} - i_{2x}. \quad (2.28.)$$

Factorul de reflexie p este raportul tensiunilor sau curentilor reflectati catre cei directi, masurat la capatul spre sarcina al liniei ($x = l$):

$$p = \frac{u_{2l}}{u_{1l}} = - \frac{i_{2l}}{i_{1l}}. \quad (2.29.)$$

La adaptare nu exista reflectii la capat, deci $p=0$.

Reflexia este maxima când capatul liniei este in gol ($p=1$) sau in scurt circuit ($p = -1$). In cazul general:

$$p = \left| \frac{Z_c - Z_s}{Z_c + Z_s} \right|, \quad (2.30.)$$

in care Z_c este impedanta caracteristica si Z_s este impedanta de sarcina.

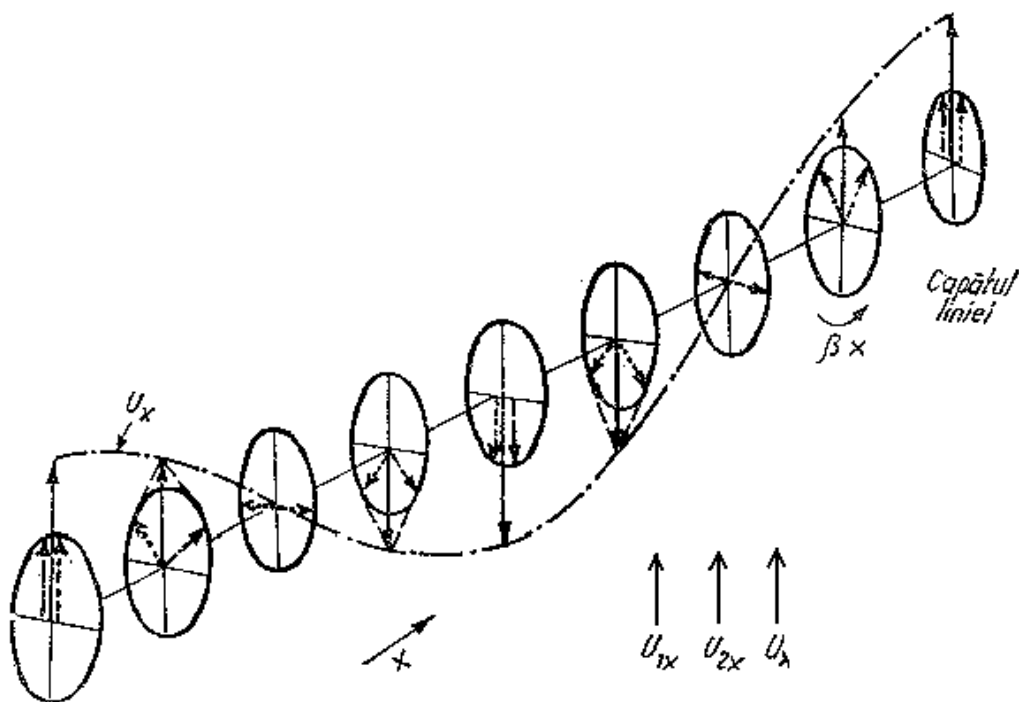


Fig. 2.30. Diagrama vectoriala a tensiunilor pe o linie in gol.

Existenta concomitenta a curenților direcți și reflectați pe linii cu atenuare mică produce unde staționare. De exemplu, o linie în gol, fără atenuare are $p=1$ și $\alpha=0$, așa ca valorile de vârf ale tensiunilor (curenților) sunt egale pe toată linia. Diagrama vectorială din figura 2.30. arată tensiunile pe o linie cu lungime $l = \lambda$, în momentul t_0 .

Vectorii tensiunilor direcți și reflectați au aceeași mărime dar se rotesc cu unghiul $b = \beta \Delta l$ în sensuri inverse. În fiecare punct u_{1x} și u_{2x} se adună vectorial, formând tensiunea rezultantă u_x . În figura 2.31. se arată că în anumite puncte ale liniei tensiunea rezultantă devine nulă, iar în altele are mărime dublă. Vectorii se rotesc în timp cu viteza unghiulară ω . Tensiunea u_x rămâne nulă în aceleași locuri ca în momentul t_0 și variază între $2U_0$ și $-2U_0$ în locurile unde a fost $2U_0$ (fig.2.31.). Punctele în care tensiunea rămâne nulă se numesc noduri de tensiune, iar cele în care amplitudinea este maximă, ventre. Acestea se

succed alternativ pe linie, la distanța $\frac{\lambda}{4}$.

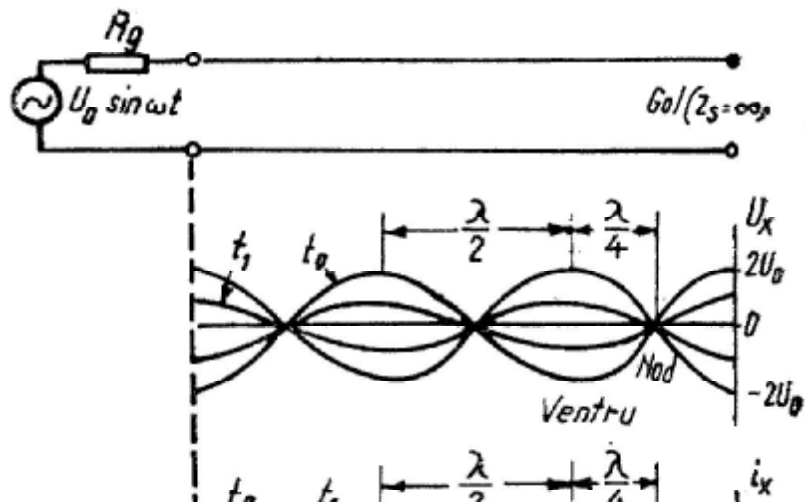


Fig. 2.31. Variația tensiunilor și curenților pe o linie în gol.

Curentul pe linie se comportă asemănător, dar nodurile de curent apar în dreptul ventrelor de tensiune și ventrelor de curent în dreptul nodurilor de tensiune.

Cu capătul liniei în scurtcircuit apare de asemenea o reflexie totală dar de semn contrar și distribuția tensiunilor și curenților se inversează (fig. 2.32.).

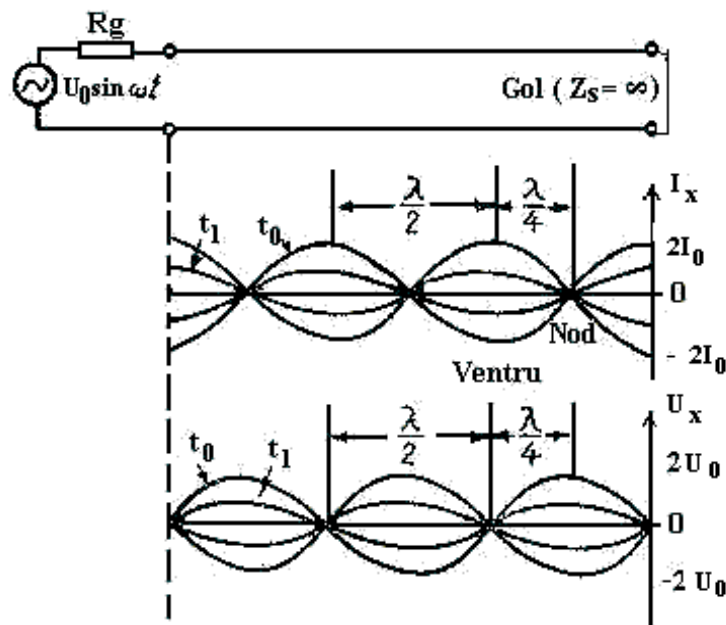


Fig. 2.32. Variația tensiunilor și curenților pe o linie scurtcircuit.

Dacă factorul de reflexie are o valoare intermediară între +1 și -1, reflexia la capăt nu mai este completă. Tensiunea și curentul nu mai ating amplitudini duble la ventre și nici valori nule la noduri. Raportul dintre valorile maxime u_{\max} sau i_{\max} de la ventre și valorile minime u_{\min} și i_{\min} de la noduri se numește raport de unde staționare:

$$S = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{i_{\max}}{i_{\min}}. \quad (2.31.)$$

La o linie cu pierderi, tensiunea si curentul la noduri nu pot fi nule, fiindca unda reflectata nu ajunge intr-un anumit punct cu aceeasi valoare ca si unda directa, din cauza atenuarii (fig. 2.33.).

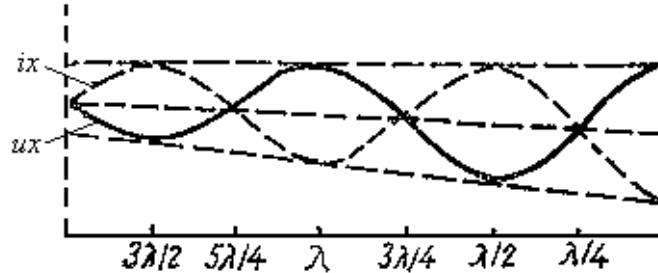


Fig.2.33. Unde stationare pe o linie cu pierderi.

Liniile de transmisiuni sunt circuite alcatuite din doua (sau mai multe conductoare), având o singura dimensiune, lungimea, comparabila sau mult mai mare decât lungimea de unda.

Dimensiunile transversale ale liniilor sunt considerate foarte mici in comparatie cu lungimea de unda; de aceea propagarea câmpului electromagnetic se va manifesta doar in lungul liniei.

Intr-o sectiune transversala prin linie, structura câmpului nu se deosebeste de structura unor câmpuri statice corespunzatoare configuratiei sectiunii. In teoria generala a propagarii undelor electromagnetice, acest gen de structura de câmp fara componente ale câmpului electric sau magnetic in directie longitudinala poarta numele de mod TEM (mod transversal electric si magnetic)

Tensiunea si curentul depind de sectiunea transversala considerata, altfel spus aceste marimi variaza de la un punct la altul $U=U(z)$, $I=I(z)$ unde z este coordonata in lungul liniei.

Ecuatiile diferentiale ale tensiunii si curentului pe o linie sunt:

$$L \frac{di}{dt} + Ri = - \frac{du}{dt} \quad ; \quad C \frac{du}{dt} + Gu = - \frac{di}{dt}.$$

Ecuatiile alcatuiesc un sistem de ecuatii cu derivate partiale, sistem care permite calculul functiilor $u(z,t)$ si $i(z,t)$, daca se cunosc conditiile la limita si conditiile initiale ale problemei. Ecuatiile sunt denumite ecuatiilor liniilor de transmisiuni dar sunt cunoscute si sub denumirea de ecuatiile telegrafistilor.

2.5.3. MEDII DE TRANSMITERE PENTRU SEMNALE

2.5.3.1. Transmitere prin cablu metalic

Prin caracterul sau digital (binar, tertiar), semnalul PCM este adecvat pentru medii de transmisiuni dintre cele mai diferite: cabluri metalice, cabluri optice, sisteme radioreleu, satelit, etc.

Pentru circuitele de intercomunicatie, mijlocul tehnic cel mai des utilizat il reprezinta deocamdata cablul telefonic cu perechi simetrice având conductoare cu diametrul de 0,5 pâna la 1,2 mm. Pentru sistemele PCM se folosesc perechi cu conductoare de Cu, cu diametrul de 0,8 – 0,9 mm.

Datorita efectului pelicular, atenuarea unei astfel de perechi creste proportional cu radicalul frecventei:

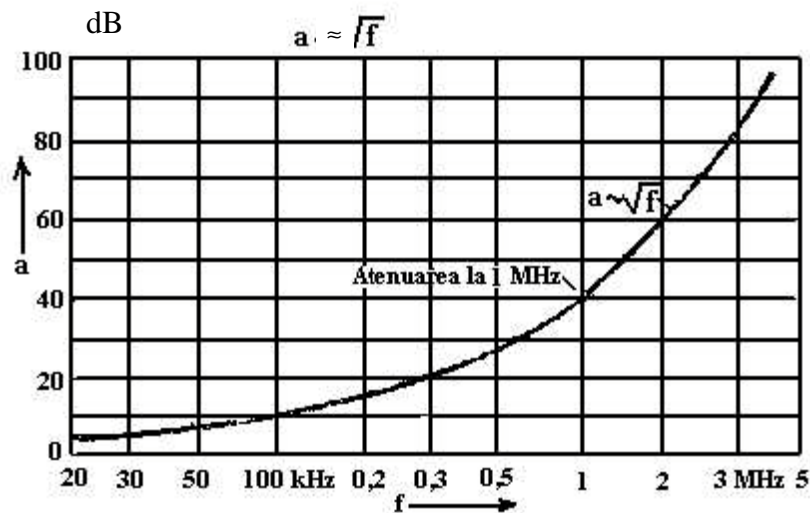


Fig. 2.34. Dependenta de frecventa a atenuarii unei perechi simetrice.

Pentru transmisia semnalului PCM de cea mai mare importanta este valoarea pe care atenuarea o are la frecventa egala cu jumatatea vitezei de transmisie, pentru semnalul de 2048 Kb/s frecventa de maxima (importanta) semnificatie este de aproximativ 1MHz.

La aceasta frecventa, spectrul relativ de putere al unui semnal de linie in cod AMI (sau HDB 3) are un maxim pronuntat (fig. 2.35)

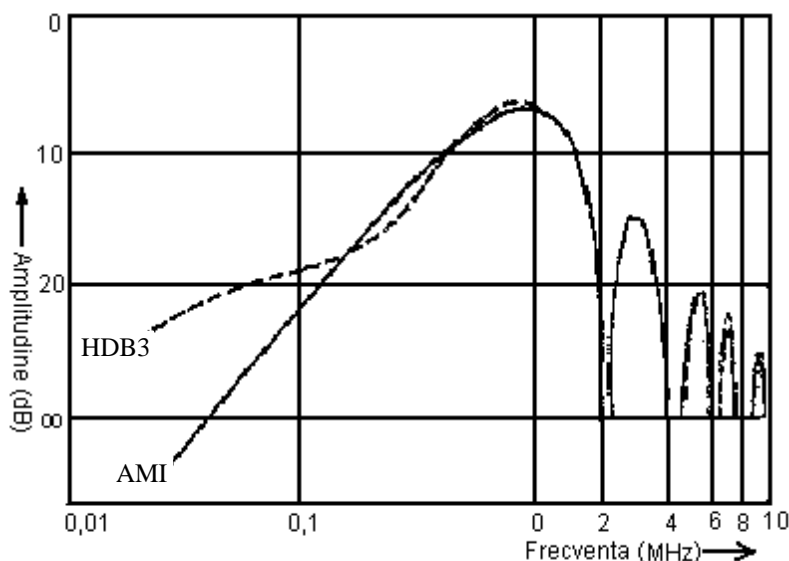


Fig. 2.35. Spectrele relative de putere ale unor semnale de linie ternale cu viteza de 2048 kbit/s.

2.5.3.2. Cablul cu perechi torsadate

Având în vedere relația directă dintre calculatoare și rețelele de comunicații precum și necesitatea proiectării și implementării unor rețele locale de calculatoare se analizează alegerea suportului de transmisie, care influențează într-o măsură însemnată performanțele tehnice urmărite, îndeosebi debitul de transmisie a datelor în rețea dar și facilitățile de racordare a echipamentelor, fiabilitatea suportului de comunicație, protecția față de perturbatii, costul, mentenanța etc.

Suportul utilizat este cablul metalic (coaxial sau torsadat) și într-o măsură tot mai însemnată cablul fibra optică; de subliniat că aceste tipuri de cablu prezintă caracteristici electrice și mecanice diferite în ceea ce privește lărgimea benzii de frecvență utilizată, atenuarea pe unitatea de lungime, impedanța caracteristică, atenuarea de paradiafonie etc.

Fiecarui mod de funcționare pe un anumit mediu de transmisiuni i se atribuie o notatie care este de tip DML, D reprezentând debitul în Mb/s, M reprezintă metoda de transmisiuni (BASE pentru transmisiune în banda de bază și BROAD pentru transmisiune în banda largă, prin modulație) iar L este un număr ce reprezintă lungimea maximă a unui segment de cablu, exprimată în sute de metri. În locul literei L poate apărea litera T (Twisted – răsucit) sau F (Fiber – fibra optică).

Există următoarele norme:

- 10 BASE 5, însemnând viteza de transmitere de 10 Mb/s, în banda de bază, cu segmente de cablu coaxial gros având fiecare o lungime de maximum 500 m;
 - 10 BASE 2, ce semnifică viteza de transmitere 10 Mb/s, în banda de bază, cu segmente de cablu coaxial subtire, având lungimea maximă de 200 m (riguros 185 m);
 - 10 BASE T ce reprezintă: 10 Mb/s viteza de transmitere, în banda de bază, pe cablu cu pierderi torsadate;
 - 10 BROAD 36 ce reprezintă: viteza de transmitere 10 Mb/s, în banda largă, cu segmente de cablu CATV de lungime maximă 1800 m și distanță maximă între sisteme de 3600 m;
 - 10 BASE F cu viteza de transmitere 10 Mb/s, în banda de bază, pe fibra optică.
- Principalele caracteristici ale cablului, norma 10 BASE T, sunt:
- cablu cu mai multe perechi, fără ecranare individuală;

- diametrul conductorilor: 0,4 – 0,6 mm;
- atenuarea unui segment de cablu: $\leq 11,5$ dB in banda 5-10 MHz;
- impedanta caracteristica: $100 \pm 15 \Omega$ in banda 1-16 MHz;
- viteza de propagare a semnalului: $\geq 0,585$ c, cu un timp de propagare pe segmentul de cablu de cel mult 1 μ s. Aceasta norma nu defineste precis cablul utilizat, permitând o gama larga de cabluri cu perechi rasucite existente.

Cablul cu perechi torsadate de un anumit tip era folosit de mult timp pentru transmisii ale semnalelor telefonice, in prezent se foloseste in comunicatiile de date cu viteza de transmitere de peste 100 Mb/s.

Pentru a se obtine o pereche torsadata (rasucita) se folosesc doua conductoare de cupru, fiecare izolat de o camasa colorata in conformitate cu un cod standardizat, care sunt rasucite (torsadate) pentru a forma o pereche torsadata.

Mai multe perechi torsadate sunt izolate printr-o camasa exterioara si formeaza cablul. Posibilitatile interferentelor intre perechile din acelasi cablu sunt reduse deoarece exista un pas de torsadare optim in perechile adiacente. Cablul de tip pereche torsadata ecranata (Shielded Twisted Pair – STP) si cablul de tip pereche torsadata neecranata (Unshielded Twisted Pair) reprezinta modalitati constructive concrete care se gasesc pe piata de comunicatii.

STP folosesc diferite tipuri de ecrane metalice (cu ecran tesut sau confectionat din folie) si din acest motiv de natura structurala pare a avea unele avantaje fata de cablul cu pereche torsadata neecranata. Unele cabluri STP folosesc un ecran gros, tesut si din aceasta cauza sunt grele si mai groase, deci mai dificil de instalat. Unele cabluri STP folosesc un ecran din folie metalica relativ subtire. Aceste cabluri sunt numite ScTP (Screened Twisted Pair) sau FTP (Foil Twisted Pair) sunt mai subtiri si mai ieftine decât cablurile cu camasa tesuta. Cablurile cu ecran tesut nu sunt usor de instalat deoarece au raza mica de curbura si forta de tragere nu tocmai mare.

Cablurile UTP au evoluat in ultimul timp, in prezent existând diferite tipuri, in functie de necesitati. Este inca disponibil cablul telefonic standard cunoscut sub numele de direct-inside wire (DIW).

Cablurile UTP nu realizeaza ecranarea pentru a reduce potentialul de interferenta electromagnetica (electromagnetic interference – EMI) ci pe tehnici de echilibrare si filtrare prin intermediul filtrelor si/sau dispozitivelor. Zgomotul este indus in mod egal in cele doua conductoare, ducând la anulara reciproca a efectelor lor.

Imbunatatirile aduse in ultimul timp cablurilor UTP care se refera la valoarea pasului de torsadare, in ecranarea individuala a perechilor sau in camasa exterioara a cablului, au condus la dezvoltarea urmatoarelor categorii pentru cablurile UTP. Tabelul 2.3 prezinta aceste categorii.

Tabelul 2.3.

Categoria	Aplicatia pentru care a fost proiectat
Categoria 1	Voce sau date la viteza mica, pâna la 56 kb/s; nu se utilizeaza in retelele LAN
Categoria 2	Se utilizeaza in comunicatii de date cu viteza de transmitere de pâna la 1Mb/s
Categoria 3	Permit trafic de voce/date pâna la 4 Mb/s in retelele LAN. Se folosesc pâna la 16 Mbs.
Categoria 4	Permit trafic la 16 Mb/s pentru LAN de topologie token ring sau in transmisii vocale. Asigura transmisii cu viteze de transmitere de pâna la 20 Mb/s.
Categoria 5	Permit trafic voce/date pâna la 100 Mb/s.

Caracteristicile cablurilor UTP sunt:

- 4 perechi de fire de cupru torsadate ce sunt identificate după culoare: portocaliu, albastru, verde, maro;
- impedanța caracteristică este 100 Ω .

Deoarece cablul UTP are calitățile de a fi un cablu ușor, flexibil, subtire, fiabil, versatil și ieftin este extrem de folosit, chiar pentru aplicații cu viteze mari de transmitere a informației.

Aparând necesitatea standardizării sistemelor de cablare îndeosebi în interiorul clădirilor pentru efectuarea serviciilor telefonic și de date Asociația Industriilor Electronice (EIA) și Asociația Industrială de Telecomunicații (TIA) au dezvoltat împreună un standard ce specifică diferiți parametri de cablare a clădirilor. Acest standard a fost denumit oficial EIA/TIA-568 și specifică o multitudine de parametri de cablare. Standardul EIA/TIA-568 specifică parametri de cablare de tip backbone (coloana verticală) și de tip orizontal.

Tipurile de mediu de cablare de bază sau de tip coloană verticală (backbone) sunt:

Mediul	Distanța de cablare (m)
Pereche torsadată neecranată de 100 Ω (UTP)	800
Pereche torsadată ecranată de 150 Ω (STP)	700
Cablu coaxial gros de 50 Ω	500
Fibra optică multimod de 62,5/125 μm	2000

Cablarea de tip coloană pe verticală este utilizată deosebi la conectarea hub-urilor pentru a realiza partea de coloană verticală a unei rețele locale.

2.5.4. TIPURI DE LINII FOLOSITE LA FRECVENTE INALTE

2.5.4.1. Cablul coaxial

Linia coaxiala este folosita intr-o gama foarte larga de frecvente, de la frecventa zero (curent continuu) pâna la frecvente de ordinul gigahertilor.

Propagarea câmpului electromagnetic in cablu coaxial are loc sub forma unei unde transversale electrice si magnetice (unde TEM), unda in care atât câmpul electric cât si câmpul magnetic sunt perpendiculare pe directia de propagare. Constanta universala $Z_0 = \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0}$ se numeste impedanta de unda a vidului care in sistemul international de masura, SI, are valoarea numerica:

$$Z_0 = 120 \pi \cong 377 [\Omega]. \quad (2.32.)$$

Folosind unitati SI, expresia caracteristica a unui cablu coaxial este:

$$Z_C = 60 \sqrt{\mu_r / \epsilon_r} \ln(a/b) \cong 138 \sqrt{\mu_r / \epsilon_r} \log(a/b), [\Omega]. \quad (2.33.)$$

$\mu_r'' = \mu / \mu_0$ si $\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0$ sunt permeabilitatea magnetica relativa, respectiv permeabilitatea electrica relativa din interiorul cablului; de obicei $\mu_r \cong 1$ iar pentru cablul cu aer $\mu_r \cong \epsilon_r \cong 1$; a/b este raportul razelor conductoare.

Capacitatea si inductanta liniei a cablului pot fi determinate cu formulele:

$$C_L = \frac{2\pi\epsilon}{\ln(a/b)}, \quad L_L = \frac{\mu}{2\pi} \ln(a/b). \quad (2.34.)$$

Din relatia de calcul a pierderilor in conductoarele liniei se constata ca pentru un raport $a/b \cong 3,6$ se obtine o atenuare minima (fig. 2.36); acest raport optim din punct de vedere al atenuarii corespunde unei impedante caracteristice de aproximativ 77Ω , daca dielectricul cablului este aerul.

Privitor la calculul puterii maxime transmisibile intr-un cablu coaxial se apreciaza ca este proportionala cu aria sectiunii transversale a cablului si nu depinde de frecventa; pierderile in dielectric cresc cu frecventa, deci la frecvente inalte, puterea transmisibila este limitata de acest parametru.

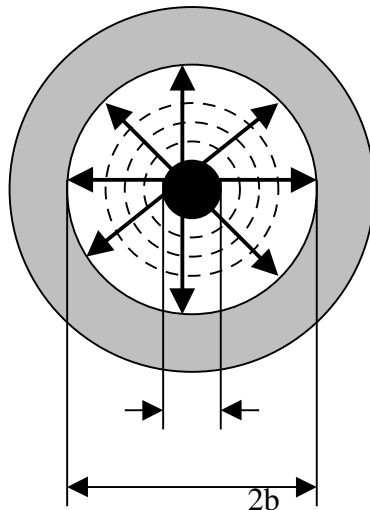


Fig. 2.36. Sectiune transversala printr-un cablu coaxial (unda T.E.M.).

Un raport optim $a/b = e^{0.5}$ conduce pentru cablurile cu aer la o impedanta caracteristica de 30Ω . Având in vedere mai multe criterii de optimizare se apreciaza ca o solutie de compromis este alegerea unei impedante caracteristice uzuale de 50Ω . In aplicatii se folosesc valori ale impedantei caracteristice de 75Ω , pentru situatiile in care semnalul este foarte mic.

Pentru a realiza practic cablurile coaxiale este necesara adoptarea unui sistem oarecare de fixare a conductorului central. Cea mai simpla metoda este folosirea unui dielectric solid care sa umple tot spatiul dintre conductoare ce are drept consecinta scaderea impedantei caracteristice a cablului si produce micsorarea lungimii de unda:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.35.)$$

O alta solutie este cablul cu aer in care conductorul central se sprijina pe suportii de dielectric având forma unor rondele distantate intre ele.

Prezenta rondelor in cablul coaxial provoaca aparitia unor reflexii nedorite; pentru o anumita valoare a benzii efectul se minimizeaza daca rondelile se aleg de grosime egala cu jumatatea lungimii de unda in ghidul cu dielectric. In cazul rondelor se pot folosi discuri subtiri, distantate intre ele cu un sfert de lungime de unda: $d = \lambda/4$, $g \ll d$; o solutie pentru evitarea reflexiilor este micsorarea diametrului conductorului interior (b). Linia functioneaza bine la orice frecventa dar existenta rondelor diminueaza puterea maxima transmisibila. In tabelul nr. 2.1 sunt prezentate câteva variante de linii coaxiale si expresiile impedantelor caracteristice corespunzatoare.

Cablurile coaxiale au reale performante electrice si mecanice, din aceasta cauza sunt des utilizate in practica.

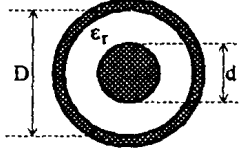
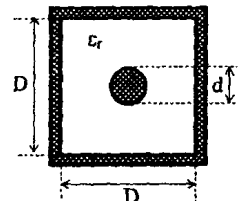
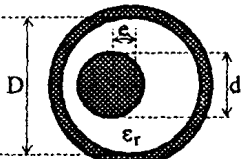
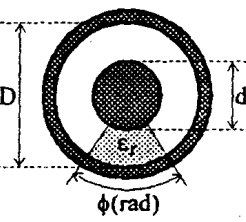
Un prim avantaj este structura lor inchisa, ecranata fata de efectele perturbatiilor externe. Aplicatiile curente ale cablurilor coaxiale acopera un domeniu mare de frecventa, de la frecventa 0 a curentului continuu, la frecvente foarte inalte, de ordinul gigahertilor.

Limita superioara a frecventelor este determinata de cresterea pierderilor, in special la cablurile cu dielectric.

Pierderile limiteaza folosirea cablurilor coaxiale la frecvente mai joase de 10 GHz, uzual chiar mai joase de 1 GHz.

Folosirea liniilor la frecvente foarte inalte este limitata si de posibilitatea aparitiei unor moduri superioare de propagare.

Tabelul nr. 2.1.

Tipul liniei	Impedanța caracteristică (ohmi)
<p>Cablu coaxial ("clasic")</p> 	$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \frac{D}{d}$
<p>Linie coaxială cu conductor exterior pătrat</p> 	$Z_c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \left\{ 60 \ln \frac{D}{d} + 6,48 - 2,34 \frac{1 + 0,405(d/D)^4}{1 - 0,405(d/D)^4} - \right. \\ \left. - 0,48 \frac{1 + 0,163(d/D)^8}{1 - 0,163(d/D)^8} - 0,12 \frac{1 + 0,067(d/D)^{12}}{1 - 0,067(d/D)^{12}} \right\}$
<p>Linie excentrică</p> 	$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \left\{ \frac{D}{d} \left[1 - \left(\frac{2e}{d} \right)^2 \right] \right\}$
<p>Linie coaxială cu aer și suport sectorial de dielectric</p> 	$Z_c = \frac{60 \ln(D/d)}{1 + (\epsilon_r - 1)(\phi / 2\pi)}$

2.5.4.2. LINIA BIFILARA

Linia bifilară este compusă din două conductoare cilindrice paralele. Câmpul electromagnetic în lungul liniei bifilare este un câmp fără componente longitudinale (mod TEM). Pentru o linie bifilară cilindrică se obține:

$$Z_C = (Z_d / \pi) \arg \operatorname{ch} (D/d) \cong (Z_d / \pi) \ln (2D/d) \quad (2.36.)$$

Pentru impedanța caracteristică a liniei bifilare în aer se obține expresia:

$$Z_C \cong 120 \ln (2D/d) \cong 276 \log (2D/d) \quad [\Omega]. \quad (2.37.)$$

La linia bifilară se obțin în general impedanțe caracteristice mai mari decât la cablul coaxial. Capacitatea și inductanța liniei bifilare pot fi calculate cu ajutorul impedanței caracteristice și a vitezei de propagare. Pentru linia bifilară în aer se obțin:

$$C_L = \frac{12,6}{\log (2D/d)} \quad [\text{pF/m}];$$

$$L_L = \frac{\mu_0}{\pi} \ln (2D/d) = 0,921 \log (2D/d) \quad [\text{mH/m}]. \quad (2.38)$$

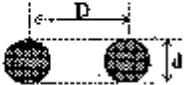
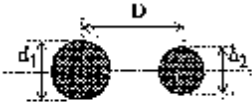
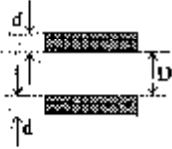

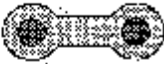
Puterea maximă transmisibilă pentru o linie bifilară terminată adaptat este:

$$(P_{\max \text{ tr}})_{\text{ad}} = \frac{1}{2} \frac{U_{\max \text{ adm}}^2}{Z_C} = \frac{E_{\text{str}}}{2 Z_d} \frac{\pi d^2}{(1 + d/D)^2} \ln (2D/d) \quad (2.39.)$$

Structura clasică de linie bifilară este compusă din conductoare cilindrice paralele în aer.

Sunt prezentate în tabelul nr. 2.2 câteva variante de linii bifilare, precum și expresiile impedanțelor caracteristice corespunzătoare.

Tabelul 2.2.

Tipul linii	Impedanța caracteristică (ohmi)
Linia bifilară ("clasică") 	$Z_c = 120 \operatorname{arctg} \operatorname{ch} \frac{D}{d} \approx 120 \ln \frac{2D}{d}$
Linia bifilară asimetrică 	$Z_c = 60 \operatorname{arctg} \operatorname{ch} \frac{4D^2 - d_1^2 - d_2^2}{2d_1 d_2}$
Linia bifilară cu conductoare dreptunghiulare 	$Z_c \approx 120 \pi \frac{1}{D + d}$
Linia bifilară simetrică, ecranată 	$Z_c = \frac{120}{\sqrt{\epsilon_r}} \operatorname{arctg} \operatorname{ch} \frac{d}{D} \frac{a^2 - (D^2 - d^2)}{a^2 + (D^2 + d^2)}$
Linie bifilară cu suport de dielectric 	$Z_c = 200 \dots 300 \, \Omega \text{ (în funcție de dimensiuni și de dielectric)}$

2.5.4.3. LINII PLATE

1. Tipuri de linii plate folosite la frecvențe înalte

Liniile plate reprezintă o categorie de linii ce se dezvoltă ca urmare a perfecționărilor din domeniul tehnicii microundelor, comparabile ca performanțe cu ghidurile de undă, dar cu avantaje deoarece au dimensiunea mai mică, banda de frecvență mai largă, tehnologie de fabricație puțin pretentioasă (fig. 2.37).

Denumirea de linie plată (planară) este dată de faptul că toate liniile au una din dimensiunile lor transversale foarte mici. Această caracteristică creează posibilitatea de miniaturizare a circuitelor de microunde, realizarea unor module funcționale complexe integrate pentru tehnica microundelor.

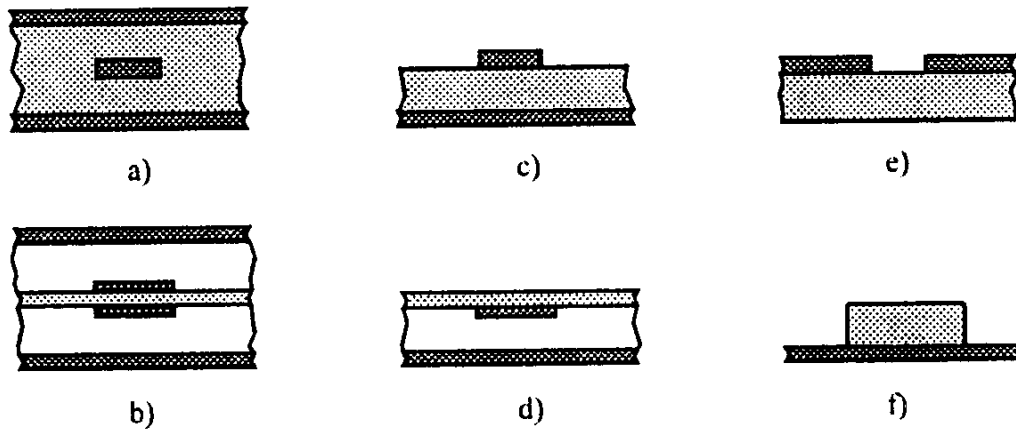


Fig. 2.37. Tipuri de linii plate: linia plata simetrica (strip-linie); b) linia simetrica suspendata; c) linia plata asimetrica (microstrip); d) linia asimetrica inversa; e) linia fanta; f) linia dielectrica imagine.

Linia plata din figura 2.37. a este cunoscuta sub denumirea de linii strip (strip-line), apreciindu-se ca reprezinta variante apatatizate ale cablului coaxial.

Linia plata din figura 2.37. b sunt denumite linii microstrip, considerând ca provin dintr-o linie bifilara in care s-a renuntat la unul din fire, acesta fiind inlocuit printr-o suprafata conductoare introdusa in planul de simetrie.

Prin liniile plate din figurile 2.37 a si 2.37 b se propaga o unda TEM, chiar daca sunt unele probleme datorita neomogenitatii dielectricului.

2. Linia plata inchisa, simetrica (strip-line)

Linia plata inchisa, simetrica se realizeaza in aer sau cu dielectric solid. Modul de propagare pe linie este TEM (fig. 2.38).

Impedanta caracteristica a liniei este:

$$Z_c = \sqrt{L_L / C_L} \quad (2.40.)$$

Capacitatea liniei C_L reprezinta capacitatea unui condensator plan, corespunzator unitatii de lungime.

$$C_L = \frac{4\epsilon D}{d [1 - (t/d)]}. \quad (2.41.)$$

Corespunzator, valoarea impedantei caracteristice este:

$$Z_C = Z_d \frac{d [1 - (t/d)]}{4D}, \quad (2.42.)$$

unde Z_d este impedanta de unda a dielectricului.

Pentru aer, $Z_d = Z_0 = 377 \Omega$.

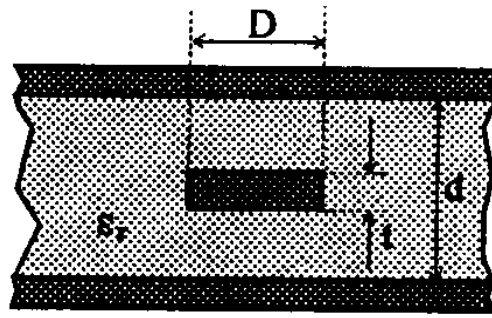


Fig.2.38. Linia plata inchisa, simetrica (strip-line).

Formula (2.42.) reprezinta o aproximare real acceptabila numai pentru $D \gg d$, adica in cazul liniilor de impedanta caracteristica foarte mica, $Z_C < 10 \Omega$.

Datorita formeii complicate a expresiei analitice exacte a impedantei caracteristice se foloseste in calculul practic o diagrama, ce exprima determinarea impedantei caracteristice a liniei in functie de raportul D/d , pentru diferite valori ale raportului t/d .

La liniile reale, propagarea undelor electromagnetice este insotita de atenuare care depinde de pierderile in dielectric si in conductoare.

Se subliniaza ca atenuarea datorata pierderilor in metal creste cu frecventa.

Puterea maxima transmisibila prin linie este limitata de fenomenul de strângere si/sau de incalzire a liniei. Fenomenul de strângere electrica apare in locurile de concentrare maxima a câmpului electric, adica la muchiile conductorului interior; asa se explica de ce liniile pe care sunt semnale de puteri mari au forma conductorului interior cu muchii rotunde.

Se remarca folosirea liniilor plate inchise, simetrice pentru puteri mici si mijlocii ale semnalului.

3. Linia plata deschisa, asimetrica (microstrip)

Linia plata deschisa asimetrica este denumita linie microstrip, fiind folosita in mod curent la realizarea unor module functionale integrate (fig. 2.39).

Tehnologia de realizare a liniei microstrip este relativ simpla, fiind realizata prin depunerea conductorului superior pe materialul dielectric placat.

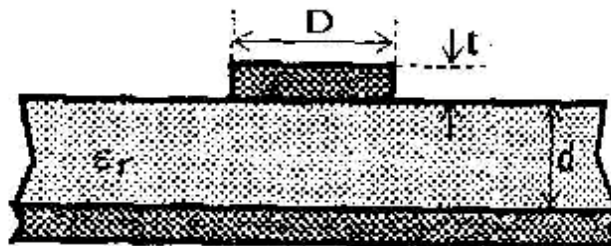
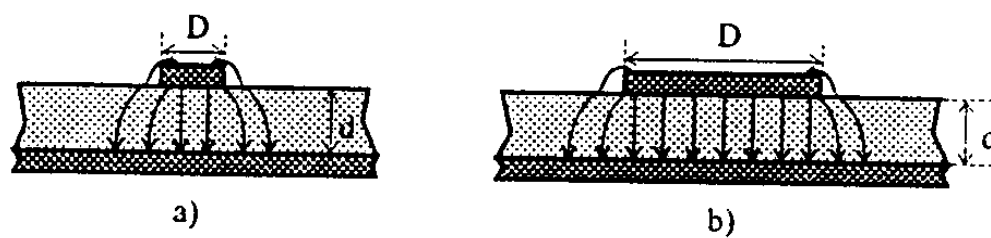


Fig.2.39. Linia plata deschisa, asimetrica (microstrip).

Modul de propagare nu este perfect TEM, câmpul are o structura complexa, ce contine si componente longitudinale.

La liniile microstrip de dimensiuni uzuale, modul de propagare poate fi considerat cuasi-TEM pâna la frecvente de ordinul 1-2 GHz (fig. 2.40).



a-linie ingusta

b-linie mai lata

Fig. 2.40. Câmpul electric in sectiune transversala a liniei microstrip, la frecvente relativ joase

CAPITOLUL III

TELEFONIA NUMERICA

3.1. MODULATIA IMPULSURILOR IN COD (MIC/PCM)

Semnalul analog este proportional cu marimea fizica pe care o reprezinta semnalul electric (semnalul de vorbire este permanent proportional cu presiunea acustica exercitata asupra membranei microfonului).

Un semnal electric digital este compus dintr-o succesiune de simboluri, fiecare simbol putând avea un numar finit de valori posibile (semnalul telegrafic, poate fi compus dintr-o succesiune de simboluri binare care pot avea una din doua valori posibile: prezenta sau absenta de semnal).

Fiecare simbol al unui semnal digital poarta intrinsec o cantitate de informatie q , care depinde de numarul m de valori posibile ale simbolului:

$$q = \log_2 m \quad [\text{biti}]. \quad (3.1.)$$

Cantitatea de informatie se masoara in biti (binary digit) iar un bit corespunde unui simbol binar. Semnalele digitale au fata de semnalele analogice avantajul de a fi stabile la perturbatii. Decizia la receptie se ia in cazul semnalului analogic pe o baza cantitativa, iar in cazul semnalului numeric pe o baza calitativa.

Avantajele sistemului numeric:

- semnalele numerice pot fi regenerate in puncte intermediare ale liniei de transmisie și in consecinta se obtine o calitate ridicata a transmisiei, care nu depinde de lungimea liniei și de numarul de statii intermediare;
- introducerea și extragerea de cai, comutarea canalelor in statiile intermediare se realizeaza in forma numerica, fara pierderi de informatie;
- parametrii canalelor numerice au o mare stabilitate, pe aceste canale nu se produc supraincari și deci se realizeaza calitate ridicata a transmisiei pe canalele comutabile;
- transmisia informatiei numerice se realizeaza pe canale numerice cu o eficienta mult mai mare fata de transmisia pe canale analogice.

Dezavantajele sistemului numeric, in comparatie cu cel analogic sunt: necesitatea conversiei semnalelor analogice in forma numerica ceea ce implica echipamente suplimentare și creșterea benzii de frecventa ocupata de semnal in canalul de transmisie.

In rețelele de comunicatii se utilizeaza transmiterea semnalelor digitale, chiar daca semnalul terminalului este de tip analog, in consecinta, este necesara conversia analog /numerica fie direct in terminale, fie in circuitul de interfata cu linia analogica a abonatului.

La receptor se va realiza conversia digital-analogica pentru reconstruirea semnalului sursei.

Dintre metodele de conversie A/D a semnalului cea mai folosita este modulatia impulsurilor in cod MIC sau PCM (Pulse Code Modulation) întâlnita in sistemele PSTN (Public Switch Telecommunication Network).

3.1.1. Conversia analog - digitala

3.1.1.1. Eșantionarea semnalelor telefonice, teorema eșantionarii

Eșantionarea este procesul prin care semnalul electric continuu in timp este inlocuit prin impulsuri echidistante in timp a caror amplitudine este egala sau proportionala cu amplitudinea semnalului continuu la momentele respective. Aceste impulsuri se numesc eșantioane, iar intervalul de timp dintre eșantioane va fi numit perioada de eșantionare.

Frecvența de eșantionare se notează cu f și este egală cu $1/T_A$.

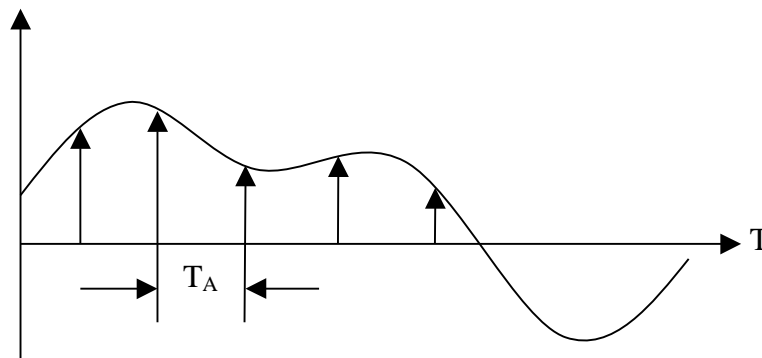


Fig. 3.1. Eșantionarea periodică a semnalului continuu.

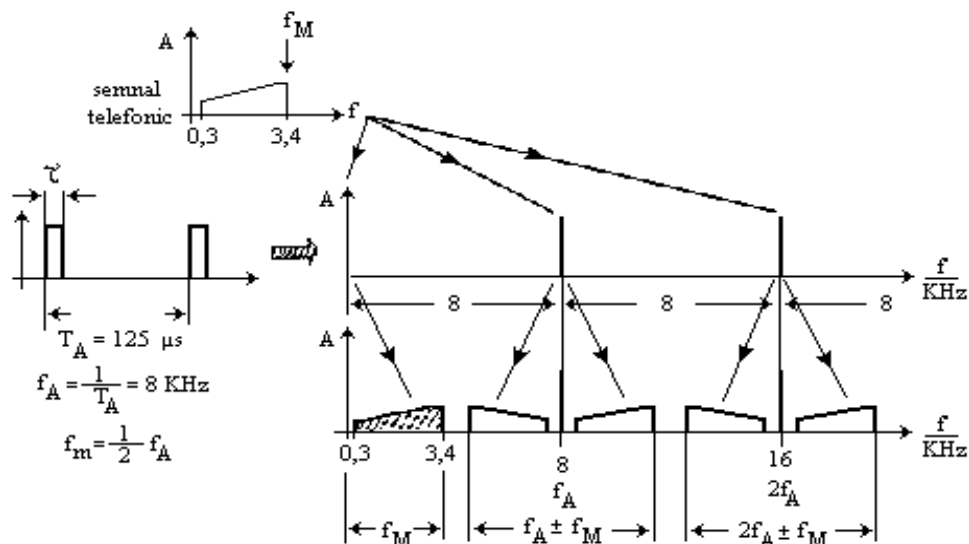
Teorema eșantionării arată că un semnal continuu, cu spectrul de frecvență limitat la o frecvență maximă f_M este complet definit de eșantioanele lui dacă frecvența de eșantionare este mai mare sau cel puțin egală cu dublul frecvenței maxime f_M sau

$$T \leq \frac{1}{2f_M}.$$

Pentru un semnal telefonic cu spectrul cuprins între 300-3400 Hz eșantionarea trebuie făcută de cel puțin 6800 ori pe secundă. Pentru a exista și unele rezerve, frecvența de eșantionare maximă, acceptată internațional, este de 8000 Hz. Perioada de eșantionare corespunzătoare este:

$$T_A = \frac{1}{f_A} = \frac{1}{8000 \text{ Hz}} = 125 \mu\text{s}. \quad (3.2.)$$

Fig. 3.2. Spectrul de frecvențe al unei succesiuni de impulsuri modulate în amplitudine.



O succesiune de impulsuri scurte ($\tau \ll T_A$) cu amplitudine constantă păstrează (în domeniul frecvență) un spectru de linii echidistante având între ele un ecart

$$f_A = \frac{1}{T_A} = 8 \text{ KHz}; \text{ dacă amplitudinea nu rămâne constantă ci este modulată de un}$$

semnal telefonic având $f_M = 3400$ Hz atunci, de o parte și de alta a liniilor spectrale situate la frecvența nf_A , apar benzi laterale care se întind până la frecvențele $nf_A \pm f_M$.

Sucesiunea de impulsuri modulate în amplitudine va fi denumită "semnal PAM" (Pulse Amplitude Modulation).

Spectrul semnalului eșantionat păstrează o componentă de joasă frecvență identică (dar atenuată) cu a semnalului original, care poate fi ușor separată printr-o filtrare cu filtrul trece-jos-FTJ.

Pentru separarea corectă a semnalului original este necesar ca $f_A \geq 2f_M$, astfel încât componenta spectrală de joasă frecvență și prima bandă laterală inferioară să nu se întrepătrundă.

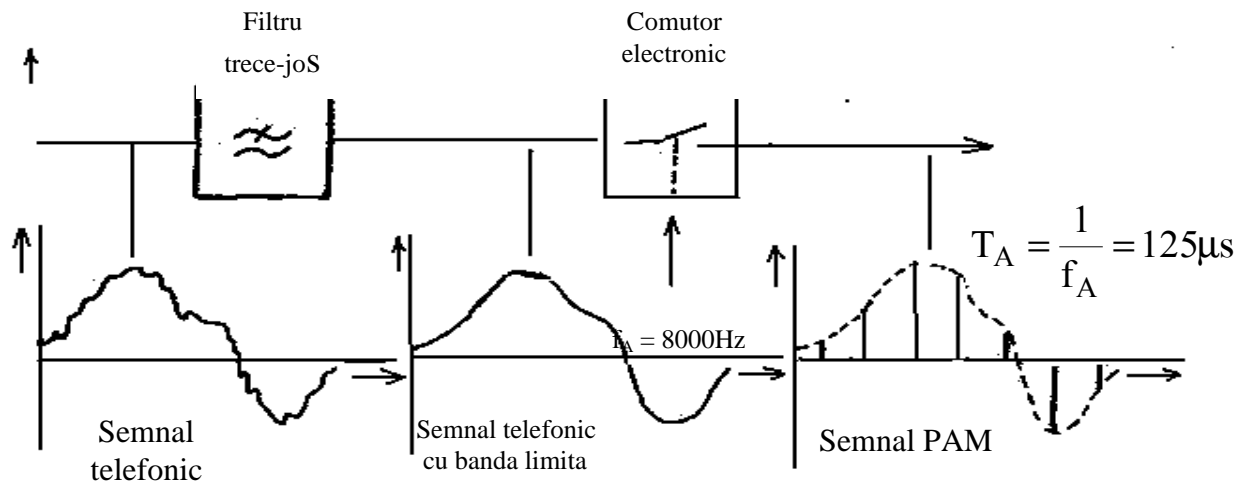


Fig. 3.3. Generarea semnalului PAM.

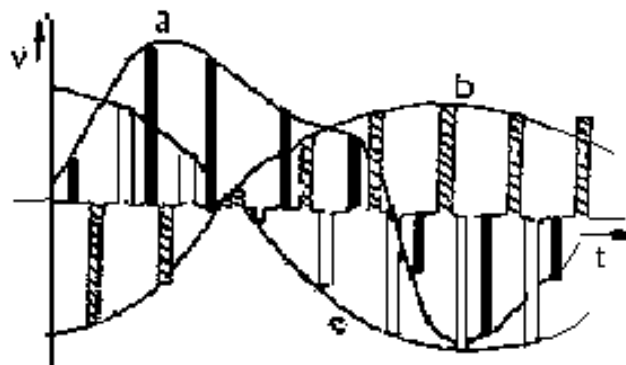


Fig. 3.4. Semnal multiplex PAM.

Deoarece durata eșantioanelor este mult mai mică decât perioada de eșantionare, rezulta că diferența de timp poate fi folosită pentru transmiterea de eșantioane ale altor canale telefonice, obținându-se în acest fel o multiplexare cu diviziune în timp a semnalelor cu modulația impulsurilor în amplitudine (MIA sau PAM / Pulse Amplitude Modulation).

În fig.3.4. semnalul multiplex PAM este format din eșantioanele întrepătrunse ciclic a trei semnale telefonice a, b, c.

3.1.1.2. CUANTIZAREA

Cuantizarea reprezinta procesul prin care se realizeaza asocierea amplitudinilor posibile ale esantioanelor la un numar finit de valori discrete.

Semnalul PAM este de tip analog ca si semnalul modulator original. Aceasta inseamna ca amplitudinea esantioanelor, care reprezinta purtatoarea informatiei, ramâne egala sau proportionala cu amplitudinea semnalului modulator si poate lua orice valoare dintr-un domeniu continuu de valori. Semnalul PAM ramâne sensibil ca si semnalul original la perturbatiile cauzate de salturile de amplitudine si de faza ce apar de-a lungul canalului de transmisiuni. Este necesar ca amplitudinea esantioanelor sa fie transformata in valori care sa fie transmise si prelucrate sub forma digitala.

Intregul domeniu de valori posibile pentru amplitudinea semnalelor este divizat intr-un numar finit de intervale de cuantizare. Toate amplitudinile cuprinse intre doua nivele de decizie primesc valoarea nivelului de reconstructie respectiv. Intre cele doua nivele de decizie se afla un nivel de reconstructie, situat la egala distanta de cele doua nivele de decizie asociate.

Prima etapa in transformarea semnalului PAM este impartirea domeniului continuu de valori pe care il acopera amplitudinile esantioanelor intr-un numar finit de intervale de cuantizare. Intregul domeniu a fost impartit in 16 intervale, 8 intervale in domeniul valorilor pozitive (+1 la +8) si alte 8 intervale in domeniul valorilor negative (-1 la -8). Intervalele sunt despartite unul de celalalt prin nivele de decizie.

Dupa ce s-au stabilit intervalele de cuantizare se poate determina carui interval de cuantizare ii apartine amplitudinea fiecarui esantion.

Pe canalul de comunicatie este transmis numarul de ordine (-8 la +8) al intervalului respectiv si nu esantionul propriu-zis.

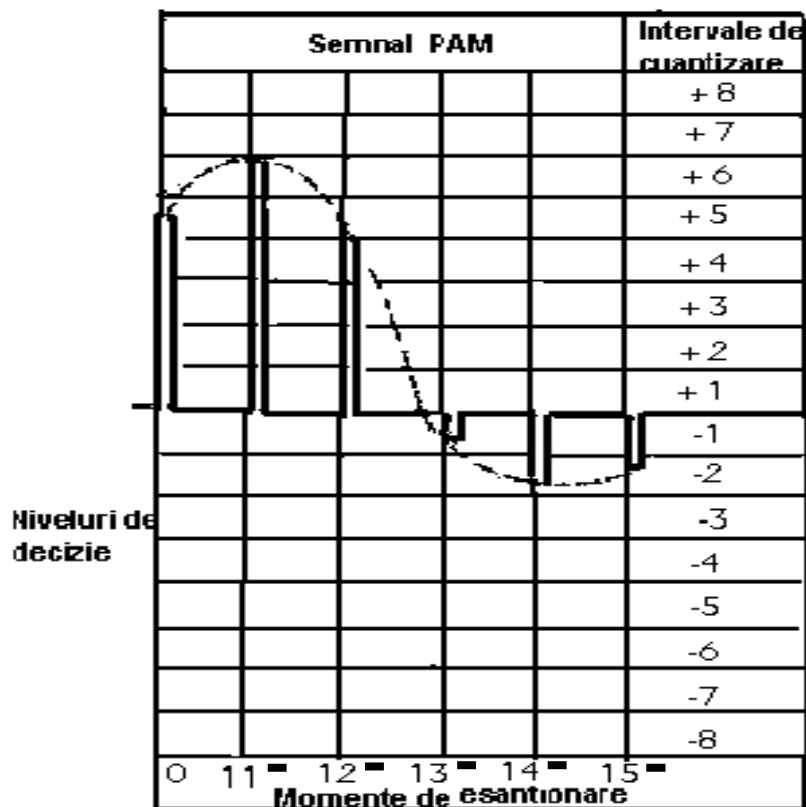


Fig. 3.5. Cuantizarea uniforma a amplitudinii esantioanelor unui semnal analog.

Se constata ca printr-un acelasi numar de ordine au fost etichetate esantioane de amplitudini diferite cum sunt cele ale momentelor t_0 si t_2 precum si ale momentelor t_4 si t_5 .

La receptie, dupa primirea numarului de ordine, esantionul este reconstituit la amplitudine fixa numita nivel de reconstructie si egala cu valoarea medie a intervalului de cuantizare.

Ca urmare a fenomenului de refacere apar mici abateri fata de valoarea efectiva din momentul esantionarii semnalului analogic de la emisie. Pentru fiecare esantion abaterea poate sa ajunga pâna la o jumatate de interval de cuantizare.

Apare o distorsiune de cuantizare care este perceputa la receptie ca un zgomot suprapus peste semnalul util, de aceea se numeste zgomot de cuantizare.

Rezulta ca prin acest proces se inregistreaza introducerea unei erori in procesul de reconstructie a semnalului transmis.

Zgomotul de cuantizare este inevitabil, dar el este mentinut la nivelele cât mai mici posibile, pentru a fi practic nesimizabil de abonati.

In cazul cuantizarii cu intervale egale (numita uniforma sau liniara), distorsiunea de cuantizare actioneaza foarte puternic asupra semnalelor de mica amplitudine. Raportul dintre un asemenea semnal si distorsiunea (maxima) de cuantizare poate fi foarte mic in timp ce pentru semnale mari acest raport poate avea valori mari.

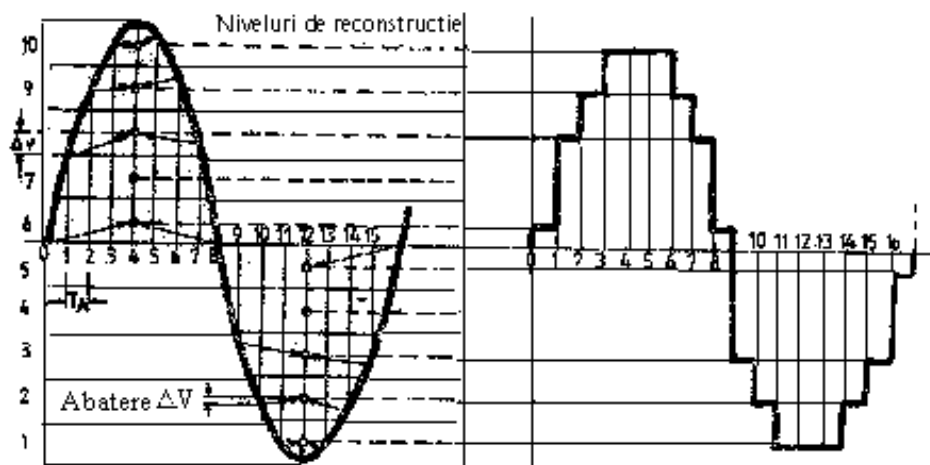


Fig. 3.6. Distorsiunea de cuantizare.

Analiza statistica a semnalului de vorbire arata ca amplitudinile mici sunt acelea care apar mult mai frecvent decât cele mari.

Se apreciaza ca raportul semnal /eroare de cuantizare este variabil, daca se foloseste o cuantizare uniforma, defavorizate fiind semnalele de amplitudine mici pentru care eroarea este foarte mare in comparatie cu valoarea semnalului util.

Pentru a asigura un raport semnal /eroare de cuantizare independent de valoarea semnalului, poate fi folosita cuantizarea neuniforma, care asigura:

- intervale de cuantizare mici pentru semnale de amplitudini mici;
- intervale de cuantizare mari pentru semnale de amplitudini mari.

Se foloseste cuantizarea neuniforma care este specificata in Rec. G 711 a CCITT.

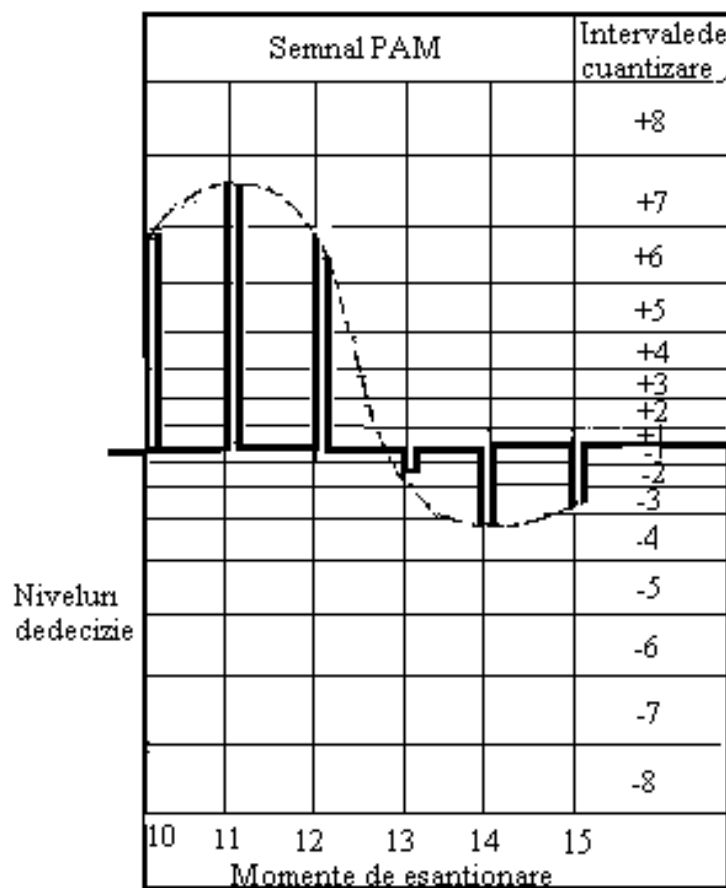


Fig. 3.7. Cuantizare neuniforma.

Pentru a obtine un raport semnal /zgomot de cuantizare satisfactor pentru amplitudinile mici si mari s-a procedat in felul urmator: semnalele mici sunt cuantizate cu intervale mici, in timp ce cuantizarea semnalelor mari se face cu intervale mari; cuantizarea este neuniforma iar raportul semnal /zgomot de cuantizare devine uniform in tot domeniul de amplitudini. Aceasta cuantizare se mai numeste si "compandare", sugerând ca la emisia semnalelor de amplitudini mari sufera o anumita "compresie" in raport cu cele de amplitudine mica, fiind refacute la receptie prin "expandare".

Cuantizarea cu compresie poate fi realizata prin:

- cuantizarea neliniara, adica aplicând direct semnalul analog unui cuantizor cu intervale crescânde;

- aplicarea semnalului analog unui cuadripol neliniar, compresor capabil sa comprime amplitudinile mari, urmat de un cuantizor liniar, cu intervale egale.

Cele doua moduri de realizare a compresiei sunt realizate grafic in figura 3.8. a si b. Se permite ca raportul semnal/distorsiune de cuantizare sa ramâna constant pe un domeniu de valori relativ extins.

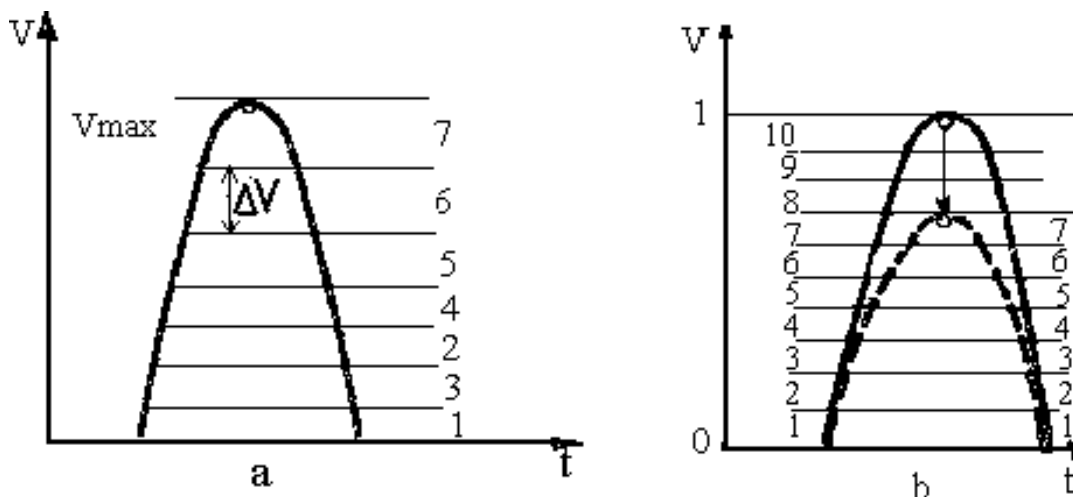


Fig. 3.8. Modalitati de realizare a compresiei:
a) cuantizarea neliniara; b) compresie urmata de cuantizare liniara

Prin cuantizarea neliniara se reduce considerabil numarul de intervale de cuantizare necesar. In timp ce cuantizarea liniara necesita aproximativ 1000 de intervale in domeniul pozitiv si 1000 intervale in domeniul negativ, la cuantizarea neuniforma numarul de intervale poate fi de 128 in fiecare din cele doua domenii.

Cuantizarea neuniforma este specificata in Rec G 711 CCITT sub forma de caracteristici, care pot fi:

- caracteristica cu 13 segmente (legea A de cuantizare) pentru sistemele PCM 30;
- caracteristica cu 15 segmente (legea μ de cuantizare) pentru sistemele PCM 24.

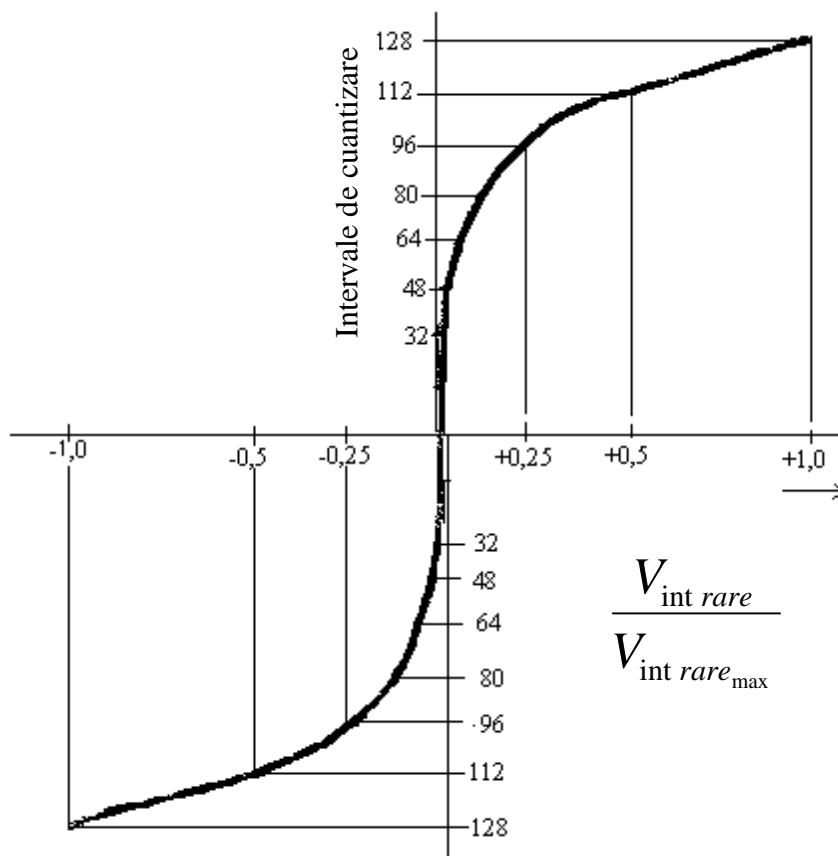


Fig. 3.9. Caracteristica din 13 segmente (legea A).

Caracteristica cu 13 segmente (utilizata in Europa) este constituita, atât in domeniul pozitiv cât si cel negativ, din 7 segmente. Numarul total de segmente este 13 (si nu 14) deoarece segmentele adiacente originii axelor de coordonate se gasesc unul in prelungirea celuilalt, constituind deci un singur segment (si nu doua). Dupa aceasta caracteristica se efectueaza cuantizarea neuniforma a semnalelor telefonice din sistemele de comunicatie moderne. Pe abscisa sunt indicate valorile normate (raportul dintre valoarea instantanee si valoarea maxima) ale semnalului analog ce urmeaza a fi cuantizat, pe ordonata sunt indicate numerele de ordine ale intervalelor de cuantizare.

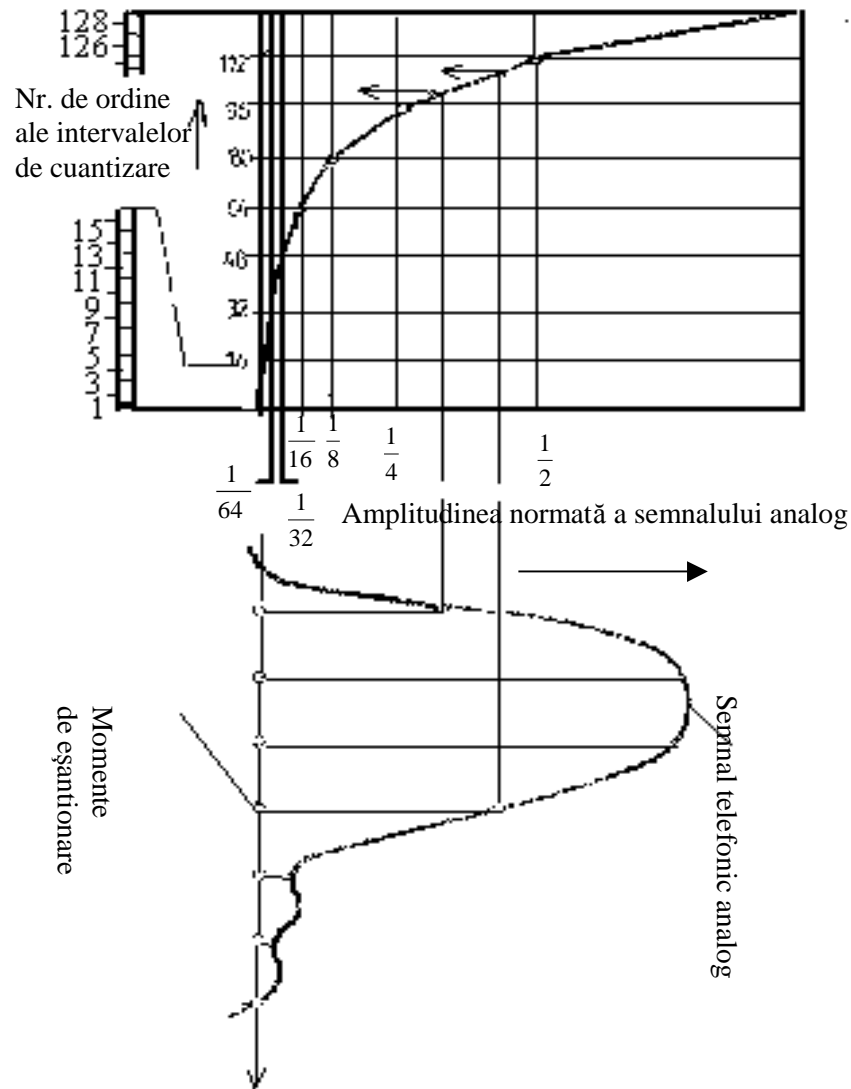


Fig. 3.10. Jumatatea pozitiva a caracteristicii de 13 segmente.

In fig. 3.10. se reprezinta amanuntit jumatatea pozitiva a caracteristicii de 13 segmente. Rezulta pentru primul segment de abscisa numai $\frac{1}{64}$ din totalul care contine 32 intervale de cuantizare, pentru celelalte segmente sunt alocate câte 16 intervale. Cele 16 intervale corespunzatoare ultimului segment al caracteristicii acopera nu mai puțin de jumatate din intregul domeniu de amplitudini a segmentului de intrare.

3.1.1.3. CODAREA

În urma procesului de cuantizare, amplitudinea fiecărui esanțion PAM este transformată într-un număr, care este numărul intervalului de cuantizare în care este esanționul respectiv.

Această transformare este realizată în convertorul A/N, rezultând cuvinte de cod alcătuite din simboluri binare.

La prelucrarea semnalului vocal sunt necesare 256 intervale de cuantizare.

Pentru a atribui fiecărui interval un cuvânt de cod, este necesar ca acesta să aibă 8 biți ($2^8 = 256$).

Intervalele de cuantizare se notează cu 0 la +127 pentru domeniul pozitiv și cu 0 până la -127 pentru domeniul negativ; se mai stabilește că în domeniul pozitiv primul bit să fie 1 iar pentru domeniul negativ primul bit să fie 0. S-a definit codul "binar simetric" ale cărui intervale de la origine vor fi:

Tabelul 3.1.

Intervalul de cuantizare	Cuvânt de cod
+1	10000001
+0	10000000
-1	00000001
-0	00000000

Deoarece în practică se constată că amplitudinile mici au frecvență relativ mare, apare evident că probabilitatea de apariție a cuvintelor de cod corespunzătoare intervalelor (0,+1), (-0,-1) să fie ridicată și deci apar succesiuni lungi de zerouri, ceea ce în transmisiile digitale este dezavantajos deoarece face dificilă regenerarea la recepție a semnalului de tact. De aceea, în practică se utilizează codul binar simetric cu inversarea alternativă a biturilor (Alternate Digit Inversion, ADI); valoarea fiecărui bit cu număr de ordine par (în cuvântul de cod) este înlocuită cu opusul ei.

Exemplu:

+0	11010101
+1	11010100.

Din fiecare cuvânt de cod se poate deduce în care segment al caracteristicii și în care interval din interiorul segmentului este identificat esanționul respectiv. Primul bit indică semnul (bit de paritate), biții 2, 3 și 4 indică segmentul, iar biții 5, 6, 7 și 8 indică numărul de ordine al intervalului în interiorul segmentului.

3.1.1.4. Multiplexarea în timp

Pentru transmiterea simultană a mai multor semnale trebuie folosită întrepatrunderea în timp a esanțioanelor acestora. Între două esanțioane succesive ale aceluiași semnal există un interval de 125 μ s în care se transmit esanțioanele altor semnale (distincte între ele), constituindu-se un semnal PAM, care are caracterul unui semnal analogic ce urmează să fie supus procesului de codare.

După codare, semnalul multiplexat PAM se transformă într-un semnal digital constituit din cuvinte de cod de 8 biți, întrepătrunse în ordinea în care erau întrepătrunse și esanțioanele.

O succesiune de biți care conține câte un cuvânt de cod (și numai unul) de la fiecare semnal de intrare este numit cadru.

In sistemele de transmisiuni PCM existente in sistemele de comunicatii curente, cadrul este constituit din 32 (PCM utilizat in Europa) sau 24 (PCM utilizat in SUA si Japonia) cuvinte de cod.

Semnalul multiplex PCM constituit din esantioanele intrepatrune provenind de la mai multe semnale analogice distincte poate fi transformat de un coder PCM unic (central) intr-un semnal multiplex PCM. In sistemele mai moderne este preferata codarea PCM individuala (descentralizata) a fiecarui semnal analogic urmata de intrepatrunderea cuvintelor de cod cu ajutorul circuitelor electronice de tip digital.

3.1.2. CONVERSIA DIGITAL/ANALOGICA

3.1.2.1. Demultiplexarea

Procesele se realizeaza electronic, la fiecare iesire din demultiplexor exista un semnal PCM constituit din 8000 cuvinte de cod/sec.

3.1.2.2. Decodarea

Pentru decodarea semnalului PCM se utilizeaza la receptie o caracteristica inversa celei utilizate la emisie pentru codare.

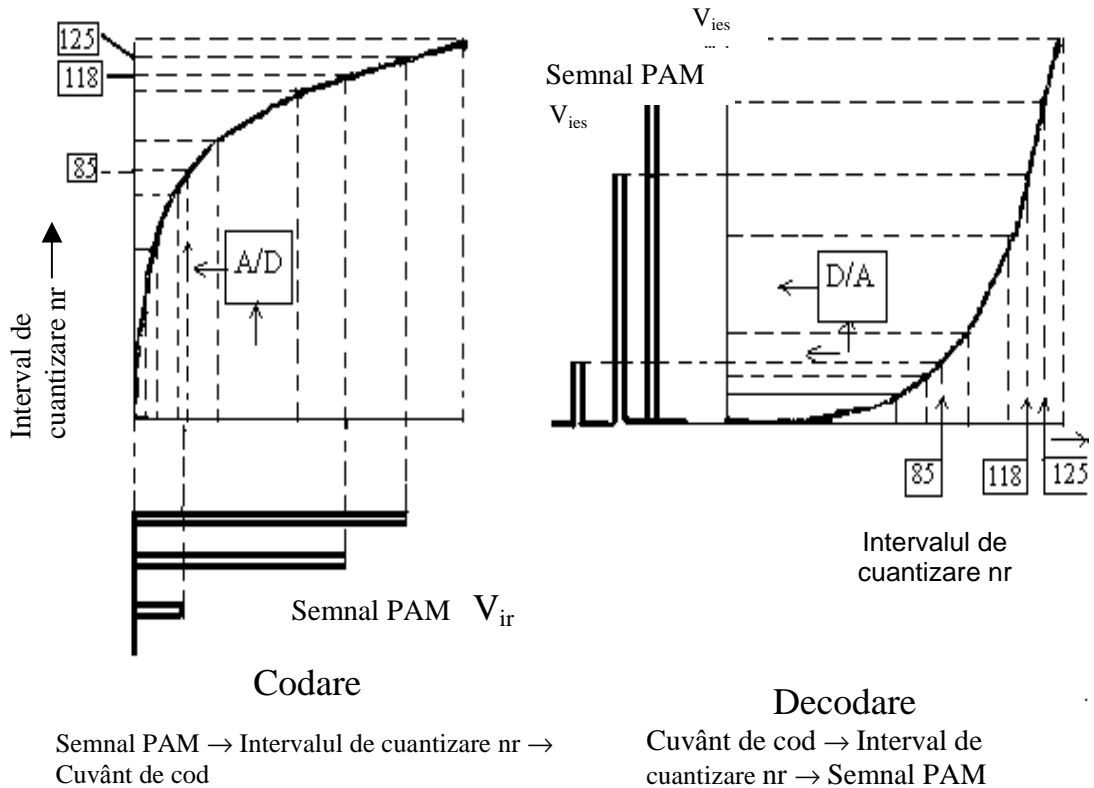


Fig. 3.11. Caracteristica de codare si decodare (jumatatea pozitiva)

Fiecare cuvânt de cod contine intr-o forma codata numarul intervalului de cuantizare in care se inscrie esantionul PAM de la emisie.

Acest esantion este reconstituit la receptie cu o amplitudine egala cu valoarea medie a intervalului la cuantizare. Prin aceasta, succesiunea de cuvinte PCM redevine o succesiune de esantioane, adica un semnal PAM.

3.1.2.3. Demodularea semnalului PAM

Obtinem dintr-un semnal PAM prin filtrare trece-jos semnalul modulator original. Daca la intrarea unui filtru trece jos cu frecventa de trecere f_t , se aplica un impuls de scurta durata (impuls Dirac), se obtine la iesirea filtrului un impuls de tip $\sin x / x$ (fig. 3.12).

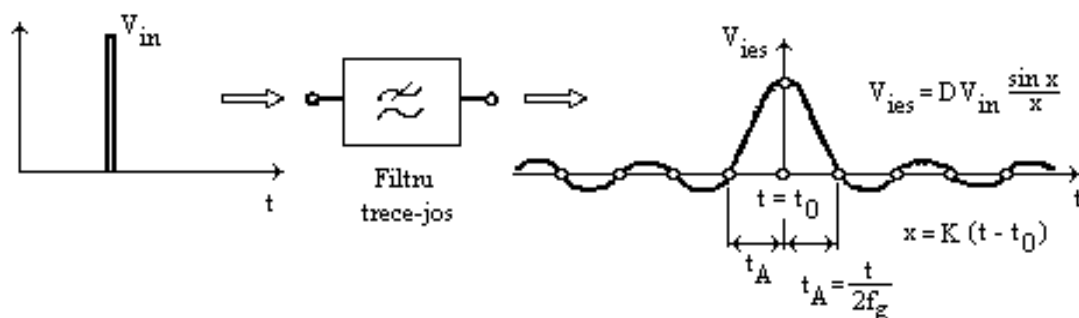


Fig. 3.12. Raspunsul unui filtru trece jos la un impuls Dirac.

Impulsul la iesire este caracterizat de:

- atenuare cu un factor D ce este propriu respectivului filtru;
- alungirea la o valoare $2t_A = 1/f_l$, invers proportionala cu frecventa limita de trecere a filtrului;
- intarzierea cu t_0 reprezinta timpul de propagare;
- existenta oscilatiilor crescatoare si descrescatoare de frecventa f_g .

In figura 3.13. se arata prin insumarea grafica a impulsurilor de iesire faptul ca, prin filtrare trece jos, obtinem dintr-un semnal PAM semnalul modulator original.

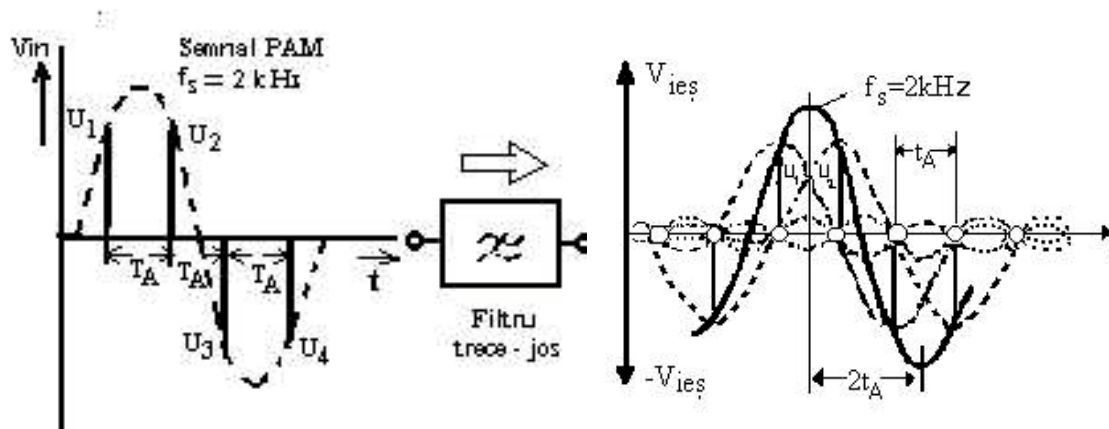


Fig. 3.13. Demodularea semnalului PAM.

3.1.3. SISTEME PCM

Sistemele PCM 30, recomandate de CCITT, realizeaza pentru fiecare dintre cele doua sensuri de transmisiune, cuplarea a 30 de semnale telefonice distincte intr-un singur semnal multiplex PCM. Sistemele PCM 30 sunt utilizate in tarile europene, ele sunt considerate ca sisteme primare sau de baza.

Sistemul PCM 30 permite transmisia simultana a 30 de semnale telefonice distincte sau a unui numar egal de semnale de date cu viteza de 64 kbit/s, prin intermediul a doua perechi simetrice dintr-un cablu de joasa frecventa (pot fi folosite si alte suporturi de transmisiune: linia radio-releu, fibra optica, etc.)

Sistemele multiplex primare europene (E1) si nord - americane (DS1)

Tabelul 3.2.

Caracteristici	Sistem primar european E1 (Aviz CCITT G.732)	Sistem primar nord – american- DS1 (Aviz CCITT G. 733)
Frecventa de esantionare	8 KHz	8 KHz
Tehnica de digitizare a vocii	MIC cu cuantizare neuniforma	MIC cu cuantizare neuniforma
Numarul de biti /esantion	8	8
Durata unui cadru	2 ms	2 ms
Debitul binar al unui canal telefonice	64Kb/s	64 Kb/s
Caracteristici de compandare	Legea A ($A = 87.6$)	Legea μ ($\mu = 225$)
Numar de segmente/caracteristica	13	15
Numar de intervale de timp/cadru	32	24
Numarul canalelor telefonice(cailor)	30	24
Numarul biti/cadru	$32 \cdot 8 = 256$	$24 \cdot 8 + 1 = 193$
Debitul binar total	$256 \cdot 8KHz = 2048Mbps$	$193 \cdot 8KHz = 1544Mbps$
Sincronizarea cadrelor	Cu secvente grupate (001101) transmise in interval 0 al canalelor impare	Cu secvente distribuite (101010...) formate din bitul 1 al cadrelor impare
Semnalizarea	In intervalul 16 4 biti pe cale sau in canalul comun (64 Kbps)	Cel mai putin semnificativ bit al fiecărei cai din 6 in 6 cadre, sau in canalul comun (bitul 1 al cadrului, cadre pare) (4 Kbps)

3.1.4. Cadrul PCM primar

Intretesarea in timp a semnalelor telefonice codate sau a semnalelor de date se realizeaza in conformitate cu structura recomandata in avizul G.704 al CCITT pentru cadrul PCM primar (fig. 3.14.). Corespunzator frecventei de esantionare de 8 kHz, durata acestui cadru este de 125 μ s.

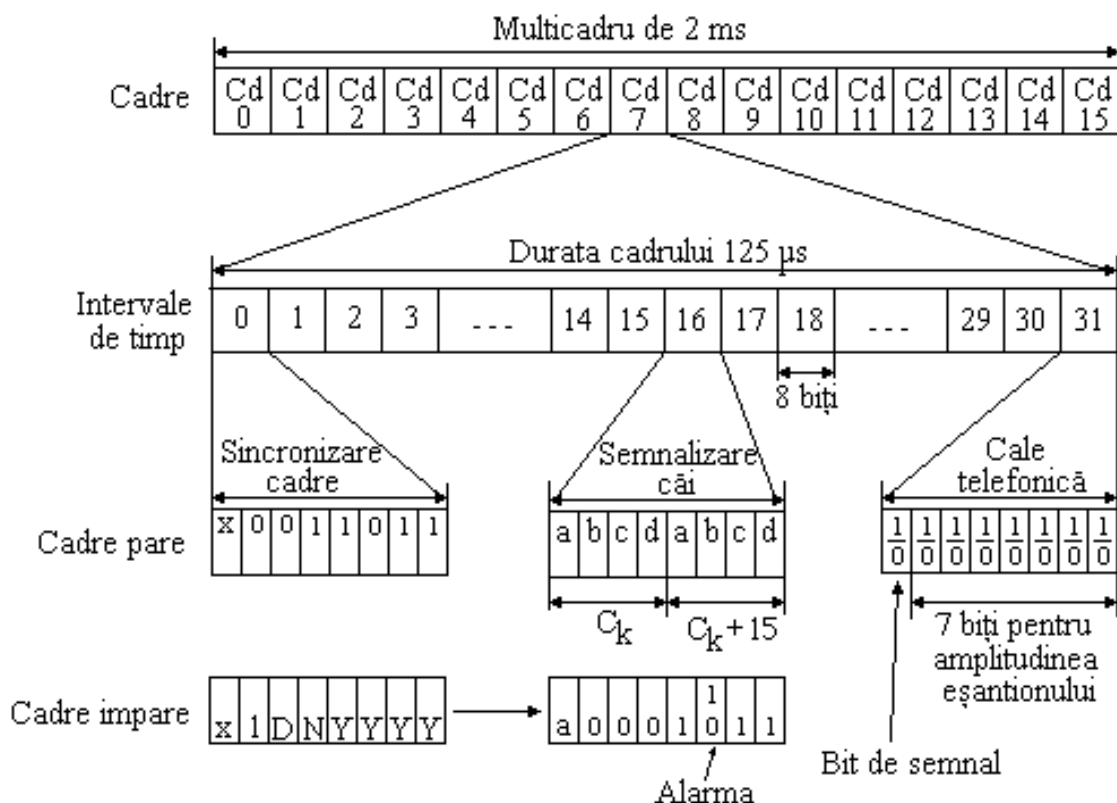


Fig. 3.14. Structura cadrului si multicadrului
M.I.C. / P.C.M. primar.

Cadrul PCM primar contine 32 de intervale de timp (I.T.), 30 din acestea (intervalele nr. 1 pâna la 15 si nr. 17 pâna la 31) sunt repartizate celor 30 de semnale telefonice (sau de date) distincte. Intervalul de timp nr. 16 se utilizeaza pentru transmitia informatiilor de semnalizare prin intermediul carora se asigura stabilirea, mentinerea si eliberarea legaturilor in retea telefonica automata. In intervalul 0 se transmite alternativ cuvântul de sincronizare de cadru (in cadrele pare nr. 0, 2, 4 ...) si un cuvânt de anuntare (in cadrele impare nr. 1, 3, 5, ...) ai carui biti au urmatoarele semnificatii:

- D - bit de serviciu pentru anuntarea starii de alarma urgenta (la alarma, D+1);
- N - bit de serviciu pentru anuntarea starii de alarma neurgenta (la alarma, N+0);
- X - bit rezervat pentru utilizarea in legaturi internationale;
- Y - biti rezervati pentru utilizarea in legaturi nationale.

In fiecare interval al cadrului se gaseste un cuvânt de cod de 8 biti, ceea ce face ca fiecare interval sa reprezinte o capacitate de transmisie binara de $8 \text{ biti} \times 8 \text{ kHz} = 64 \text{ kbit/s}$.

Fiecare cadru primar contine $32 \times 8 = 256$ biti, rezulta ca viteza de transmisie a semnalului multiplex PCM primar este de $256 \text{ biti} \times 8 \text{ kHz} = 2048 \text{ kbit/s}$.

3.1.5. Sincronizarea de cadru

Sincronizarea partii de receptie dupa cea de emisie se realizeaza cu ajutorul cuvântului de sincronizare de cadru care este emis in intervalul de timp 0 (IT_0), al fiecarui cadru par, alternat cu cuvântul de anuntare emis in cadrele impare. In principiu, receptorul identifica cuvântul de sincronizare in semnalul de 2048 kbit/s. Dupa ce acest fenomen s-a produs, se verifica faptul ca in pozitia a 2-a a cuvântului de anuntare care urmeaza (in intervalul 0 al cadrului urmator) se gaseste un bit cu valoarea 1 (fig. 3.15.). Daca, in plus, in cadrul par urmator cuvântul de sincronizare este din nou receptionat corect, atunci procesul de sincronizare este considerat incheiat. Din acest moment, partea de receptie este capabila sa distribuie cuvintele de cod de 8 biti catre canalele corespondente.

La sistemele moderne, care transmit simultan semnale telefonice si date, procesul de sincronizare este ceva mai complicat si se bazeaza pe verificarea ciclica prin rest (CRC-Ciclic Redundancy Check).

Cuvântul de sincronizare de cadru:

Bitul nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Valoarea binara	x	0	0	1	1	0	1	1

 (c)

Bitul nr. 1 = x rezervat pentru legaturi internationale sau bitul nr. 1 = c pentru transmiterea restului CRC.

Bitii nr. 2 pâna la 8 reprezinta cuvântul de sincronizare de cadru.

Utilizând cuvântul de sincronizare de cadru receptionat, partea de receptie a sistemului PCM stabileste cu precizie pozitia in timp a cadrelor si intervalelor, astfel încât cuvintele receptionate sa poata fi alocate corect semnalelor (canalelor) telefonice corespunzatoare.

Cuvântul de sincronizare de cadru este transmis in intervalul 0 al cadrelor pare (nr. 0,2,4...). El consta intotdeauna din succesiunea 0011011, fiind asadar un cuvânt de 7 biti. Bitul nr. 1 din intervalul amintit nu apartine cuvântului de sincronizare de cadru; acest bit este rezervat pentru utilizari internationale si are in mod normal valoarea 1. In cazul sistemelor cu sincronizare prin CRC, in locul acestui bit se transmite de la transmitator spre receptor restul obtinut prin impartirea de verificare.

Cuvântul de anuntare:

Bitul nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Valoarea binara	X	1	D	N	Y	Y	Y	Y

 (M)

Bitul nr. 1 = X este rezervat pentru utilizari internationale, iar bitul nr. 1=M pentru transmisia sincronizarii CRC.

Bitul nr. 2=1 previne confuzia cu un cuvânt de sincronizare.

Bitul nr. 3=D anunta starea de alarma urgenta.

Bitul nr. 4=N anunta starea de alarma neurgenta.

Bitii nr. 5-8 sunt folositi pentru utilizari nationale.

Bitul nr. 3 este utilizat pentru a anunta la receptie eventualele stari de alarma de la partea de emisie. Când valoarea acestui bit trece din 0 in 1, inseamna ca la emisie a survenit una din urmatoarele situatii de alarma urgenta:

- caderea alimentarii;
- defectarea coderului/decoderului;
- lipsa semnalului de 2048 kbit/s la receptie;
- desincronizare;

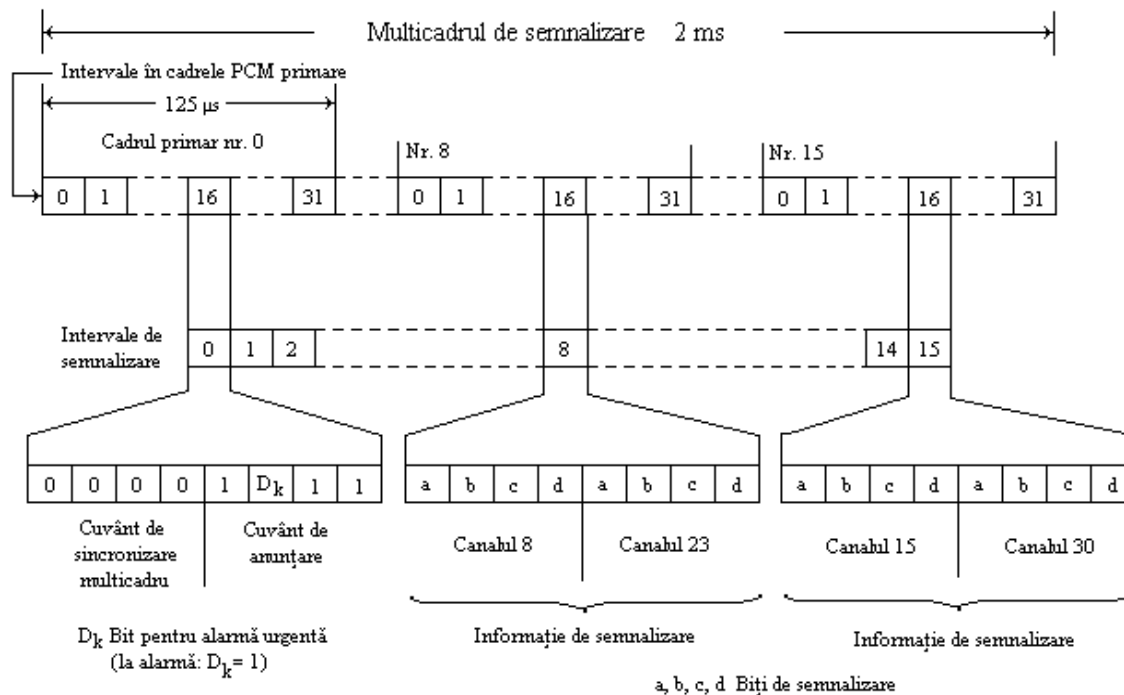
- erori frecvente la receptia cuvântului de sincronizare.

3.1.5.1. Multicadrul de semnalizare

În fiecare cadru PCM primar există un interval (nr.16) rezervat pentru transmisia informațiilor de semnalizare necesare în procesul de stabilire, menținere și eliberare a legăturilor în sistemele de comunicații.

Pentru a putea asocia fiecărui canal telefonic PCM un canal binar de transmisie a informațiilor de semnalizare aferente, recomandările C.C.I.T.T. prevăd pentru sistemul PCM 30 gruparea de 16 cadre primare într-un multicadru de semnalizare cu structura din fig. 3.15. și având o durată totală de $125 \mu s \times 16 = 2 \text{ ms}$.

Fig. 3.15. Multicadrul de semnalizare



Cadrele care compun multicadrul de semnalizare sunt numerotate de la 0 la 15. Intervalul 16 al cadrului 0 conține, în primii 4 biți, cuvântul de sincronizare de multicadru (0000), iar în următorii 4 biți un cuvânt de anunțare de multicadru XYXX. Primii 4 biți din intervalul 16 al cadrului 1 sunt folosiți pentru transmisia semnalizărilor asociate canalului telefonic PCM nr. 1, în timp ce următorii 4 biți din același interval sunt folosiți pentru transmisia semnalizărilor asociate canalului nr. 16. În continuare, biții din intervalele nr. 16 sunt asociați canalelor.

În sistemele telefonice moderne, la un număr de canale telefonice se asociază un singur canal comun de semnalizare, ceea ce face inutilă gruparea în multicadre de semnalizare. Pentru astfel de situații, intervalul 16 din cadrul PCM primar constituie un canal de semnalizare (comun celor 30 de canale telefonice) de 64 kb/s.

3.1.6. Aplicații ale sistemelor MIC

Principalele domenii în care au aplicație sistemele de prelucrare numerică cu modulația impulsurilor în cod sunt concentrate în tabelul 3.3. În fiecare caz se menționează

frecventa de esantionare, viteza de transmitere a informatiei, numarul de nivele de cuantizare etc.

Tabelul 3.3.

	Frecv.de esantionare f_e	Tip de cuantizare	Nr. de nivele M	Lungime cuvânt de cod	Viteza de trans. a inf.	Legea de compresie
	KHz			biti	Kb/s	
Transmitere semnale telefonice	8	Neuniforma	256	8	64	A, aprox.13 segmente
Transmitere semnale muzicale	32	Uniforma	16384	14	448	–
		Neuniforma	4096	12	384	Compresie numerica cu 5 segmente
Transmitere semnale video	13 300	Uniforma	256 sau 512	8 sau 9	106400 sau 119700	–
Inregistrare semnale muzicale	44,1	Uniforma	65536	16	800	–

Se remarca faptul ca semnalele MIC se folosesc nu numai pentru transmisiune ci si pentru alte prelucrari efectuate asupra semnalelor audio, video, etc.

3.2. PRINCIPIUL MODULATIEI DELTA (MD)

3.2.1. Modulatia numerica diferentiala

Modulatia impulsurilor in cod (PCM) nu reprezinta singura modalitate de transformare a unui semnal analog in semnal digital.

Exista mai multe metode diferentiale ale caror principii de baza constau in faptul ca se esantioneaza, cuantizeaza si codeaza modificarile produse asupra semnalului analog in timpul perioadei de esantionare si nu toate valorile sale la momentele de esantionare.

In majoritatea metodelor diferentiale, codarea diferentei marimii amplitudinii esantioanelor se face prin PCM cu un numar de biti mai mic decât cel necesar in timpul codarii PCM clasice. Functie de modul cum se codifica semnalul numeric si de analiza semnalului pe baza esantioanelor precedente, tinând seama de proprietatile statistice ale lui, se disting mai multe sisteme cu modulatie numerica diferentiala; cele mai folosite sisteme tehnice numerice sunt:

- sisteme cu modulatie delta ($M\Delta$);
- sisteme cu modulatia impulsurilor in cod-Diferentiala (MIC-D).

3.2.2. Modulatia delta ($M\Delta$)

Din studiul principiului MIC rezulta ca, indiferent de marimea amplitudinii esantionului semnalului, el se codeaza cu 8 biti.

Sunt doua variante de scheme structurale cu MIC- Δ . In figura 3.16. semnalul diferenta este obtinut in forma numerica, iar in figura 3.17. prin prelucrarea analogica. Dezavantajul schemelor consta in faptul ca produc distorsiuni neliniare.

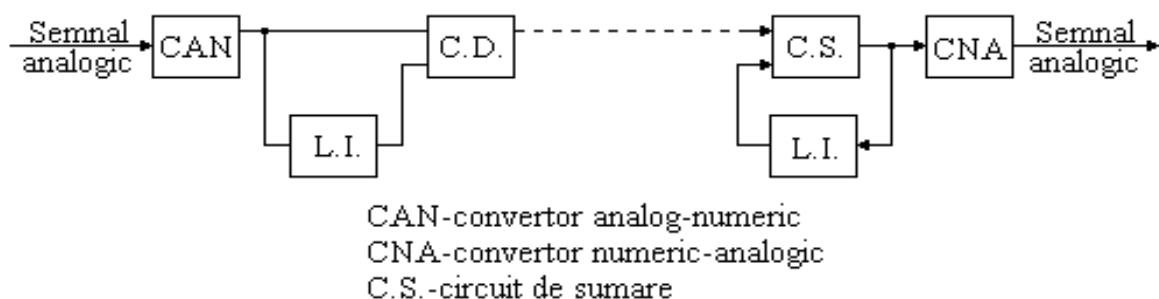


Fig. 3.16. Formarea numerica a semnalului diferenta

Daca la intrarea transmitatorului se aplica o tensiune linear crescatoare, la iesirea receptorului se obtine tot o tensiune linear crescatoare, iar panta sa nu poate lua decât valorile: $0, \delta/T_e, 2\delta/T_e, \dots, K\delta/T_e$ in care:

- δ – marimea pasului de cuantizare;
- T_e – perioada de esantionare.

La receptie pantele celor doua semnale nu coincid, aparând diferenta între semnalul receptionat si cel transmis.

In figura 3.17. eroarea de cuantizare este de doi pasi de cuantizare, ceea ce duce la marirea puterii zgomotului de 4 ori.

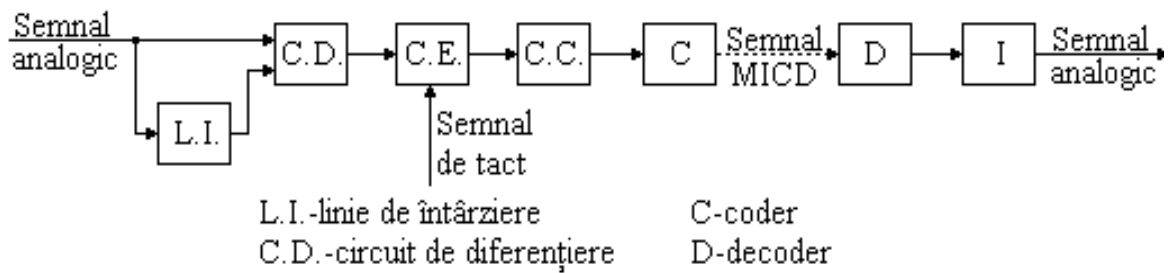


Fig. 3.17. Formarea analogica a semnalului diferenta

Pentru minimizarea acestor distorsiuni se compara permanent semnalul initial cu semnalul de la iesirea codecului, comparatia executându-se in codare delta ce au in circuitul de reactie un decoder pentru refacerea semnalului analogic.

Daca se tine seama de corelatia existenta intre esantioanele semnalului (fiecare tip de semnal are o anumita valoare) rezulta ca se poate reduce numarul de biti pe esantion, minimizând o parte din redundanta semnalului.

Semnalele electrice care intereseaza in comunicatiile digitale (telefonie, videotelefonie) au o densitate spectrala care scade pe masura cresterii frecventei. Esantioanele acestor semnale au legaturi de corelatie care sunt functie de tipul semnalului. Daca esantioanele se iau cu frecventa de esantionare de 8 kHz, coeficientul de corelatie intre esantioane este mai mare de 0,5. Pentru semnalul telefonic se poate alege o frecventa de esantionare astfel incât diferenta între marimile a doua esantioane sa fie de marimea pasului de cuantizare. Se poate transmite între sursa si receptor doar sensul de variatie a esantionului curent fata de cel anterior de ordinul 1, ordinul 2, s.a.m.d. Se realizeaza in acest fel cuantizarea cu un singur bit pentru semnalul diferenta care exprima rezultatul comparatiei.

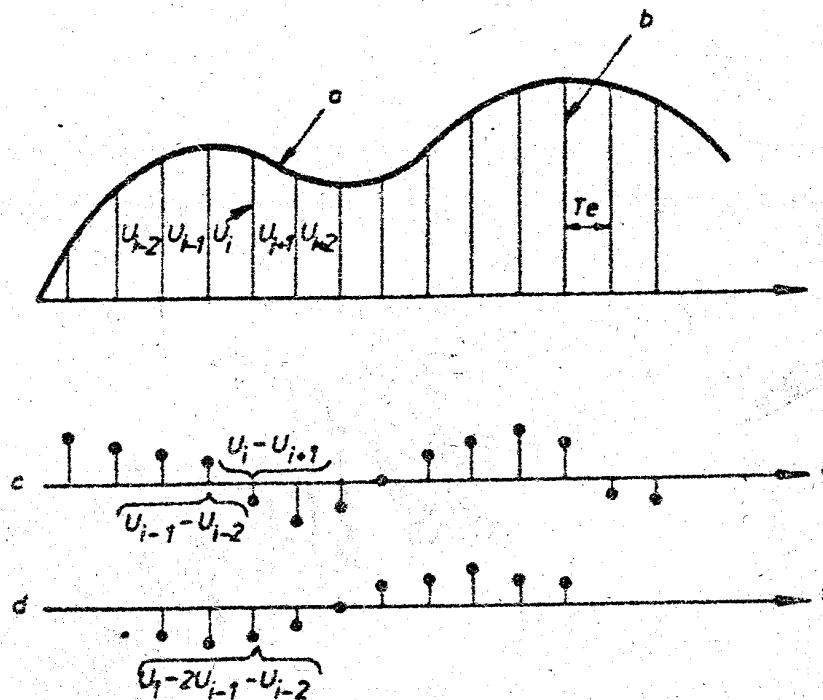


Fig. 3.18. Determinarea diferentelor de ordinul 1 si 2.

Daca se ia in calcul diferenta dintre esantionul curent si r esantioane anterioare atunci diferenta de ordinul r este:

$$\Delta U^{(r)} = \sum_{i=0}^r C_r^i (-1)^i \cdot U_i \quad (3.3.)$$

Un sistem de comunicatii clasic cu modulatie delta se compune din coder, canal de comunicatie si decoder. Semnalul $u(t)$ cu spectru $S(\omega)$ este transformat de coder intr-o

$$U_i - U_{i-1}$$

succesiune de simboluri binare care sunt transmise prin canalul de comunicatie la decoder care reface semnalul transmis ce contine informatia.

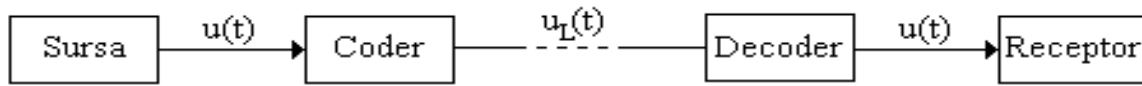


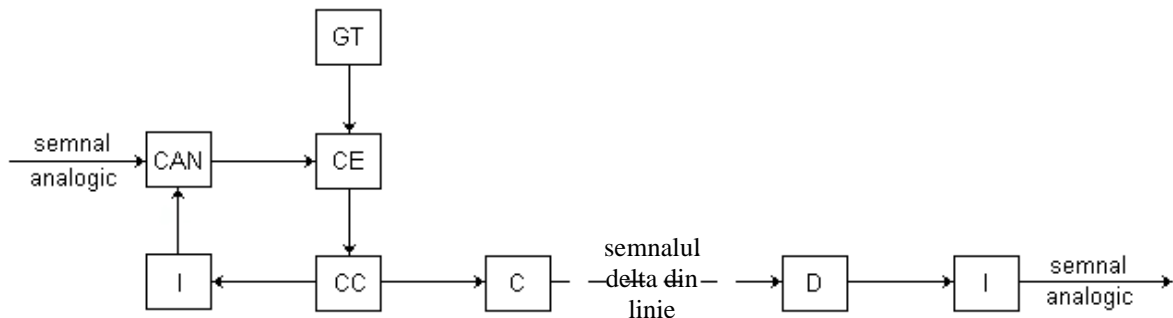
Fig. 3.19. Schema bloc a unui sistem cu modulator delta

Formarea semnalului numeric in modulatorul delta se realizeaza prin compararea semnalului de la un circuit de reactie (denumit si decoder local) cu semnalul initial analogic (fig. 3.20.).

Schema bloc a unui sistem cu modulator delta este o particularizare a schemei generale a unui modulator diferential. Ea este formata dintr-un comparator, coder, integrator si bucla care genereaza in permanenta la intrarea minus a comparatorului un semnal in trepte ce aproximeaza semnalul analog aplicat la intrarea plus. Fronturile anterior si posterior ale semnalului in trepte sunt comandate de un semnal periodic dat de generatorul de tact. La fiecare semnal de tact semnalul in trepte creste/decreste cu o treapta (doar una). In canalul de comunicatie se transmit impulsuri cu polaritate pozitiva sau negativa in functie de variatia cu o treapta.

La receptor, un integrator identic cu cel de la emisie reface semnalul in trepte din care se obtine, dupa operatiunea de filtrare intr-un filtru trece jos, semnalul analog ce a fost aplicat modulatorului. Exista la semnalul receptionat erori sub forma de zgomot de cuantizare la fel ca la semnalul PCM.

CAN-circuit analog digital; CE-circuit de esantionare; CC-circuit de cuantizare; I-



integrator; D-decoder; C-coder, GT-generator de tact.

Fig. 3.20. Formarea semnalului modulat delta

In cazul modulatiei delta raportul semnal/zgomot de cuantizare (R_s/zg_c) este obtinut din relatia:

$$\frac{R_s}{zg_c} \leq \frac{f_e^3}{2\pi^2 f_M^3} \quad (3.4)$$

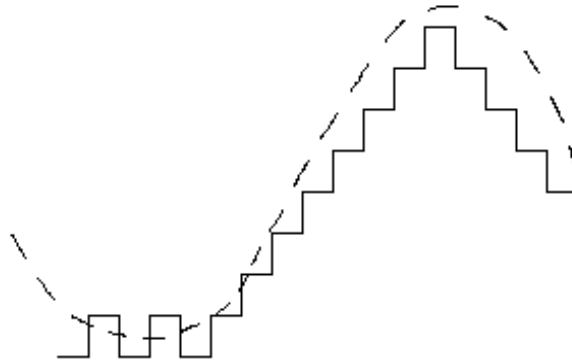
unde f_e este frecventa de esantionare iar f_M este frecventa maxima a spectrului de frecventa vocal.

Din relatia (3.4.) rezulta ca frecventa de esantionare trebuie sa fie de 125 ori mai mare decât frecventa maxima f_M a semnalului transmis in cazul când R_s/zg este de 50 dB si

de 27 ori mai mare pentru un raport semnal-zgomot de cuantizare de 30 dB. Valoarea frecvenței de esantionare a modulatorului delta este de șase ori mai mare decât la modulatia impulsurilor în cod. Rezulta că la transmiterea semnalelor cu densitate spectrală uniformă și cu treaptă de cuantizare uniformă nu se reduce viteza de transmitere. În situația când se utilizează variante perfecționate ale modulatorilor delta se poate obține micșorarea vitezei de transmitere.

Într-un modulator delta poate să apară o distorsiune specifică acestui tip de modulație și care poate fi denumită depășire de pantă caracteristică intervalului când panta semnalului de intrare este mai mare decât panta semnalului de la ieșirea integratorului. (fig. 3.21.)

Fig. 3.21. Distorsiune tip depășire de pantă.



Panta maximă a unui semnal sinusoidal depinde proporțional de amplitudinea și de frecvența semnalului deci modulatorul are o caracteristică de supraincarcare de tipul celei din figura 3.22.

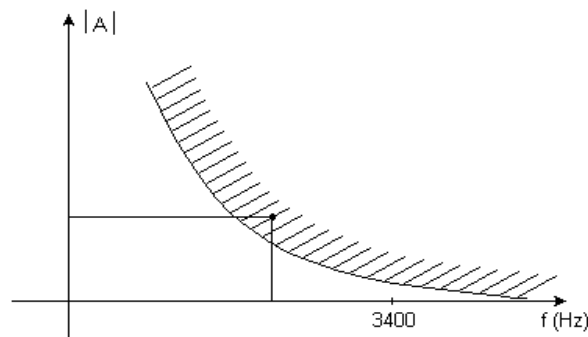


Fig. 3.22. Caracteristică de supraincarcare a modulatorului delta.

Modulatorul este supraincarcat de orice semnal sinusoidal a cărei frecvență și amplitudine determină un punct din zona hasurată.

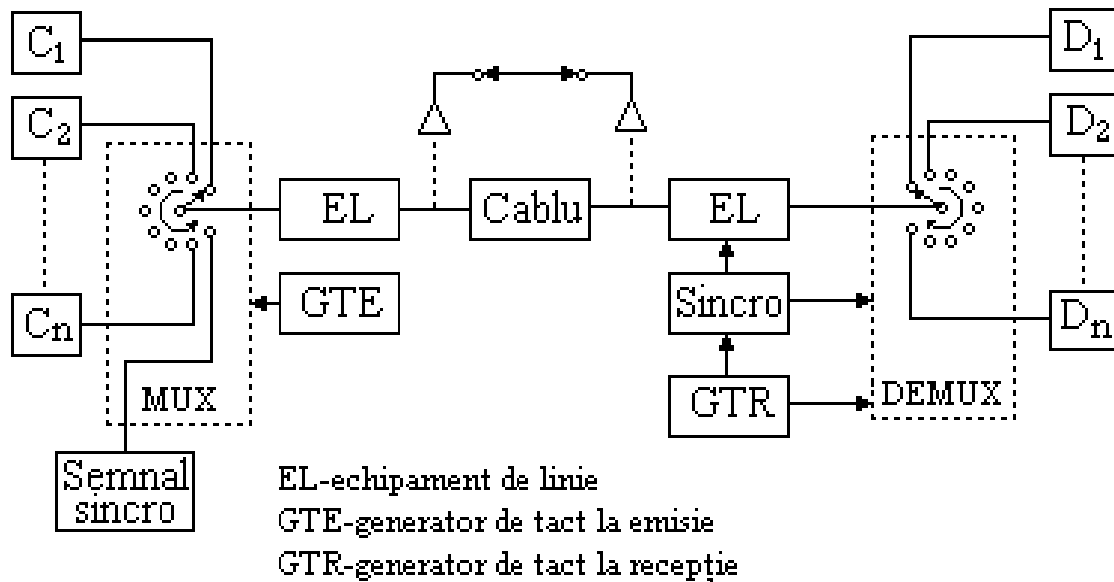
Modulația delta poate fi utilizată pentru transmisiuni telefonice multiplexate în timp, dar pentru fiecare cale telefonică în parte, urmând ca ulterior să se facă o multiplexare a semnalelor digitale.

3.2.3. Modulatia delta cu simpla integrare (liniara-MDL) și dubla integrare (neliniara- MDNL)

3.2.3.1. Sistemul de comunicație cu modulație delta (SCMΔ)

Un sistem de comunicare cu modulatie delta prezinta urmatoarea schema bloc (fig. 3.23.).

Fig. 3.23. Sistem de comunicare cu modulatie delta.



Fiecarui terminal ii corespunde un modulator (coder) delta individual, semnalul binar fiind multiplexat in timp de catre blocul multiplexor (MUX) a carui functionare este comandata de generatorul de tact pentru emisie (GTE).

Multiplexorul insumeaza si semnalele de sincronizare si semnalizare.

Semnalele binare de la iesirea multiplexorului sunt aplicate echipamentului de linie care prin interfata de linie asigura, conform unui cod de linie, un semnal bipolar.

Semnalele sunt transmise prin canalul de comunicare (cablu simetric sau fibra optica, radioreleu, radio etc.).

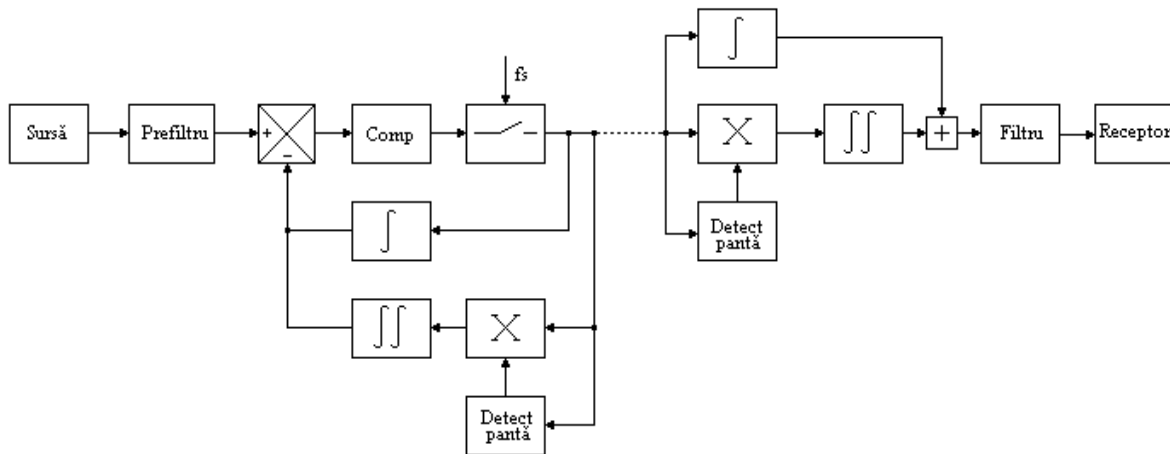
Prin codarea de linie semnalul digital a capatat anumite caracteristici care favorizeaza transmiterea sa pe un suport fizic. Transmiterea semnalelor digitale pe distante de ordinul zecilor sau sutelor de kilometri nu este posibila decât printr-un echipament de linie digital (fig. 3.23.) ce contine echipamentul de linie terminal si regeneratorul, componenta cea mai importanta care indeplineste functiile de refacere a impulsurilor, regenerarea semnalului de tact si regenerarea la iesire a impulsurilor.

La receptor semnalul de linie este transformat in semnal binar de echipamentul de linie digital (ELD). In demultiplexor (DEMUX) se separa caile multiplexate in timp in conformitate cu comenzile primite de la generatorul de tact pentru receptie (GTR). Semnalul analog se reface de catre demoduloarele de cale.

Specific pentru echipamentele numerice cu modulatie delta este individualizarea codecurilor (coder+decoder). Modulatorul delta este in cazul general un convertor analog-digital pe principiul unei scheme cu reactie (fig. 3.25.), in care semnalul de iesire $u_L(t)$ reprezinta aproximarea numerica a erorii $e(t)$ dintre semnalul analog $u(t)$, care se modifica si semnalul $u_r(t)$ care-l aproximeaza pe $u(t)$.

În figura 3.24. avem un sistem de modulație delta complexă care are principala performanță dinamică de 35 dB la un raport semnal/zgomot de 28 dB.

Fig. 3.24. Sistem de modulație delta complexă



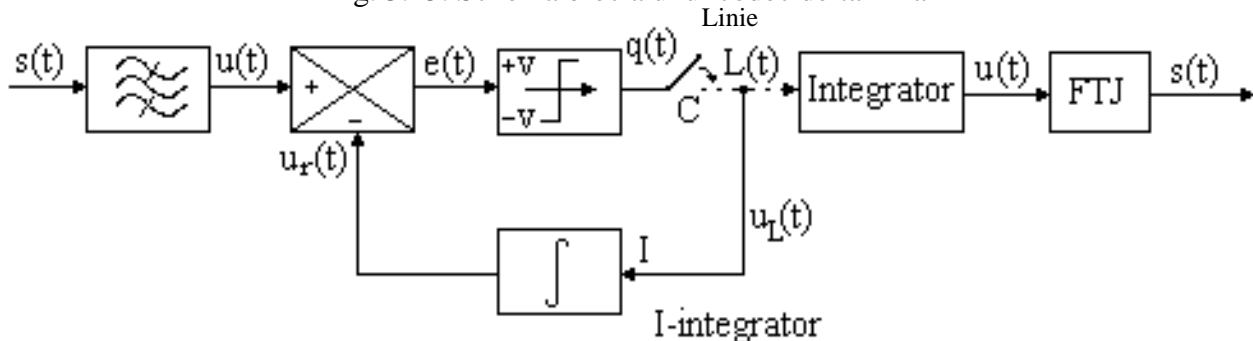
În funcție de metoda de aproximare se disting mai multe tipuri de modulație delta:

- dacă semnalul $u_r(t)$ se obține prin simpla integrare a semnalului $u_L(t)$, spunem că avem modulație delta (MΔ) cu simpla integrare sau liniară (MΔL);
- dacă aproximarea se face prin două integrări succesive a semnalului $u_L(t)$, spunem că există modulație delta cu dubla integrare (MDDI);
- dacă conține două bucle de reacție, o buclă liniară și una neliniară există modulație delta complexă.

3.2.3.2. Modulație delta cu simpla integrare (MDSI) – modulație delta liniară

Coderul delta poate fi un convertor analog-digital pe principiul unei scheme cu reacție.

Fig. 3.25. Schema bloc a unui codec delta liniar



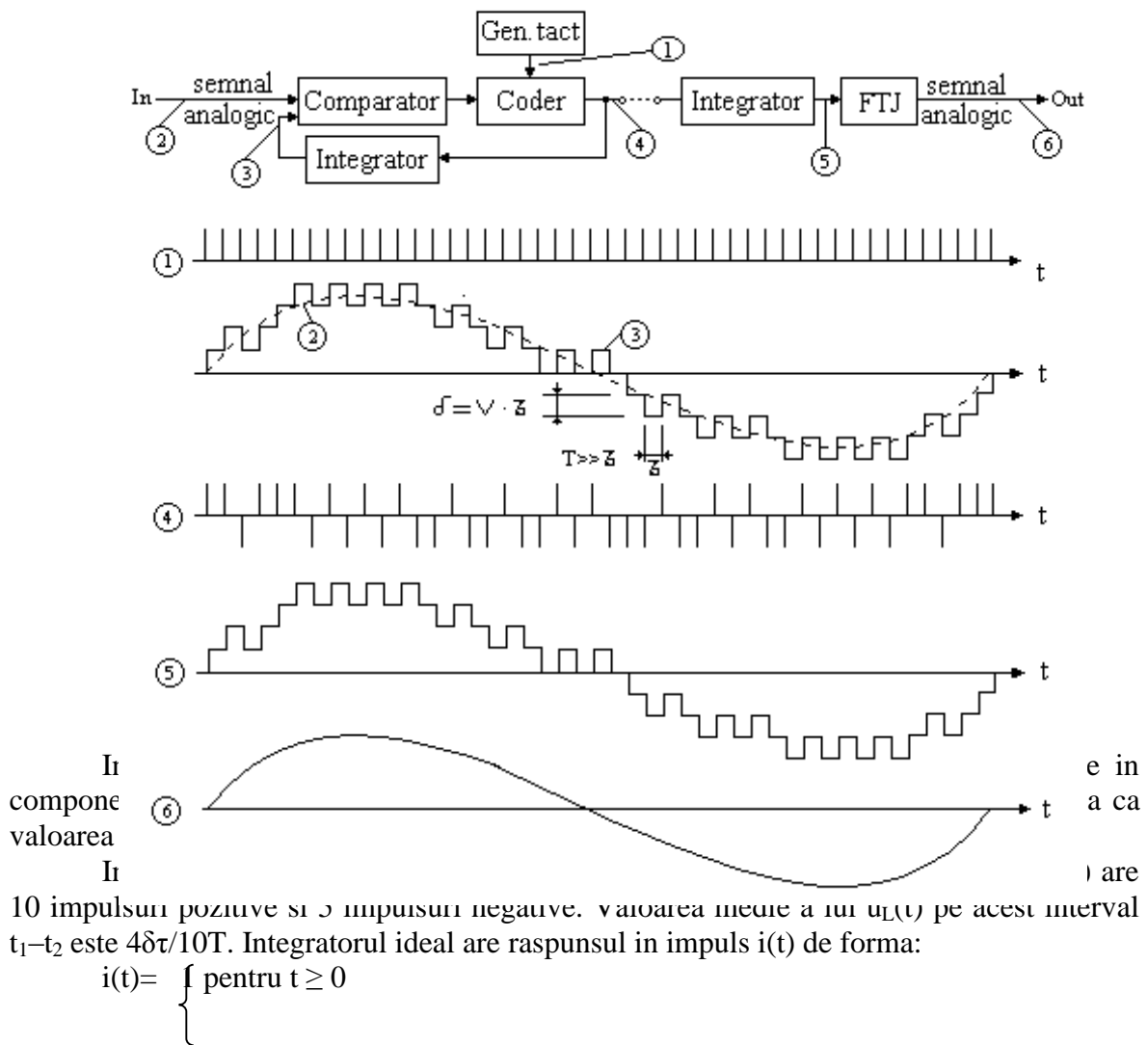
Semnalul telefonic continuu supus codării este limitat în bandă de către un filtru trece bandă care are frecvențele de tăiere f_1 și f_2 , rezultând semnalul electric $u(t)$ care este aplicat comparatorului împreună cu semnalul $u_r(t)$ de reacție, de la ieșirea integratorului. Semnalul de la ieșirea coderului $q(t)$ este un semnal numeric cu durata τ secunde, amplitudinea $\pm V$ volți și frecvența $f_c = 1/T$, cu îndeplinirea inegalităților $T \gg \tau$ și $f_c > 2f_2$.

Frecvența de apariție a impulsurilor binare este direct proporțională cu panta instantanee a lui $u(t)$. Dacă panta semnalului $u(t)$ este pozitivă, semnalul $u_L(t)$ are în componență un număr de impulsuri pozitive mai mare decât numărul de impulsuri

negative. Când $u(t)$ are panta negativa raportul dintre numărul impulsurilor pozitive și negative se schimbă față de situația anterioară.

Formele de undă ale semnalelor din coderul delta liniar sunt prezentate în figura 3.26.

Semnalul $u_L(t)$ este supus unei integrări simple pentru a se obține semnalul $u_r(t)$ în trepte, de mărime $\delta = V \tau$, de durată T secunde (fig. 3.26.) care se aplică intrării inversoare a comparatorului și care aproximează semnalul de la intrarea codecului $u(t)$. Semnalul diferență obținut în comparator este chiar semnal eroare de comparație, $e(t) = u(t) - u_r(t)$ ce este cuantizat în limitele $\pm V$, rezultând semnalul $q(t)$. Dacă $e(t) > 0$, la tactul următor va apărea la ieșirea cuantizorului un impuls pozitiv care aplicat circuitului de reacție va produce o mărire cu o treaptă a semnalului $u_r(t)$ ce va determina scăderea semnalului $u(t)$. Astfel se micșorează eroarea $e(t)$ care, dacă devine negativă, va determina ca $u_L(t)$ să fie un impuls negativ, iar $u_r(t)$ va scădea cu o treaptă. Ieșirea cuantizorului este esanționată la fiecare T secunde, rezultând semnalul $L(t)$. Fenomenele se repetă, procesul de urmărire continuă și astfel coderul delta minimizează eroarea dintre $u(t)$ și $u_r(t)$.



0 pentru $t < 0$.

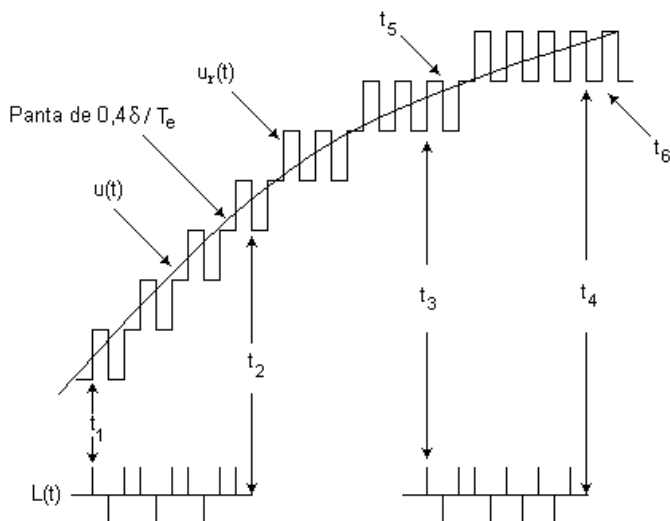


Fig. 3.27. Aproximarea pantei medii a lui $u(t)$ de catre valoarea medie a lui $u_L(t)$

Un impuls din semnalul de la iesire $u_L(t)$ genereaza o treapta $\delta = v \tau$ volti la iesirea integratorului.

La iesire din integrator $u_r(t) = \delta$. Valoarea medie a semnalului $u_L(t)$ se poate exprima: $u_L(t) = 4V\tau / 10T = 0,4\delta/T$.

Variatia semnalului $u(t)$ pe intervalul de timp t_1-t_2 este 3δ , ceea ce corespunde la o panta medie de:

$$\frac{du(t)}{dt} = 0,3\delta/T \quad (3.5.)$$

care reprezinta aproximarea valorii medii a semnalului de iesire $u_L(t)$.

Pentru imbunatatirea aproximarii este necesara o treapta δ mica si o frecventa f_e mare. In intervalul t_3-t_4 variatia lui $u(t)$ este δ ce corespunde la o panta medie $du(t)/dt = 0,1\delta/T$ si $u_L(t) = 0,2\delta/T$, iar pentru intervalul t_5-t_6 $du(t)/dt = 0,1\delta/T$ si valoarea medie a lui $u_L(t)$ este nula.

Pentru ca modulatia delta liniara sa fie in urmarire se impune minimizarea treptei δ pentru o frecventa de esantionare f_e data. Semnalul $L(t)$ consta din impulsuri cu durata τ ,

amplitudinea $\pm V$ si frecventa de repetitie $f_e = \frac{1}{T_e}$, unde $T_e \gg \tau$ si $f_e \gg 2f_M$. Decodorul

delta (fig. 3.25.) este compus dintr-un circuit integrator si un filtru trece jos (FTJ).

Circuitul integrator are rolul de a extrage semnalul in trepte din semnalul complex care a fost receptionat iar FTJ extrage semnalul de joasa frecventa $u(t)$ care a fost transmis si care contine informatia.

In situatia in care consideram transmitia fara erori, semnalul $u_L(t)$ din linie este refacut si integrat pentru a obtine semnalul in trepte $u_r(t)$ care este identic cu semnalul $u_r(t)$ din coder.

In realitate in canalul de comunicatie se introduc erori si, in consecinta, semnalul $u_r(t)$ de la receptie difera de $u(t)$ prin semnalul eroare (care este o marime cu atît mai mica cu cît apropiem mai mult pe $u_r(t)$ de $u(t)$); eroarea fiind minimizata se poate reproduce la iesire un semnal apropiat de semnalul transmis.

Treapta de cuantizare in cazul modulatiei delta este constanta si de regula este de 40 mV.

Modificarea a cel puțin una din caracteristicile modulatiei delta liniare conduce la alte tipuri de modulație delta, ca de exemplu modulatia delta adaptiva. Pentru imbunatatirea calitatii transmiterii semnalului de vorbire se utilizeaza modulatia delta adaptiva, bazata pe faptul ca marimea treptei de cuantizare nu este uniforma ci se modifica (adapteaza, compandeaza) in functie de puterea silabica a semnalului telefonic (amplitudini mici sau mari).

3.2.3.3. MODULATIA DELTA CU DUBLA INTEGRARE

Pentru a se produce o minimizare a erorii, s-au introdus doua circuite de integrare (integratoare) in codec (coder + decoder) (fig. 3.28.).

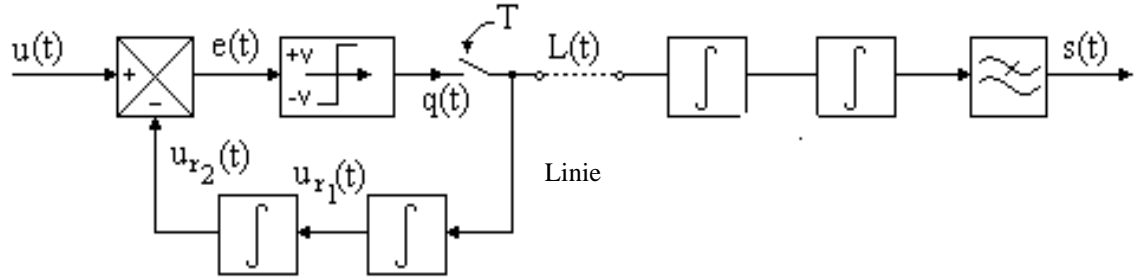


Fig. 3.28. Modulator delta cu dubla integrare

Fiecare front (treapta) al semnalului $u_{r1}(t)$ produce o rampa in $u_{r2}(t)$ care dupa T secunde are valoarea:

$$u_{r2}(t) = \int_0^T u_{r1}(t) dt = \int_0^T \delta dt = \delta T \quad (3.6)$$

si in consecinta panta unei rampe este:

$$\delta \cdot \frac{T}{T} = \delta. \quad (3.7)$$

Ambele circuite de integrare sunt presupuse ideale. Din fig. 3.28. se poate aprecia ca semnalele binare de la iesirea coderului provoaca modificari ale pantei semnalului $u_{r2}(t)$ de la iesirea celui de-al doilea integrator. Pentru semnalul analogic de la intrare $u(t)$, viteza de schimbare a pantei este $E_S \cdot \omega_s^2$. Conditia de nedepasire de panta devine pentru MDDI de forma:

$$E_{Sm} \cdot \omega_s^2 = \frac{\delta}{T}, \quad (3.8)$$

unde E_{Sm} este amplitudinea maxima a semnalului sinusoidal de la intrare ce nu depaseste coderul. Variatia semnalului in aceasta schema este prezentata in fig. 3.29:

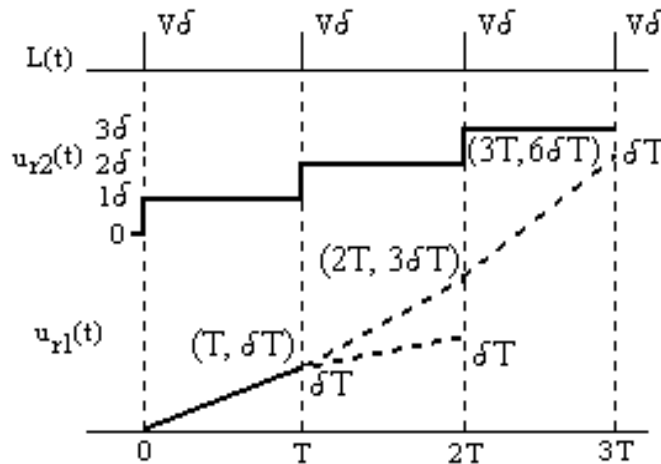


Fig. 3.29. Forme de unda in schema cu dubla integrare

Coderul prezinta o caracteristica variabil oscilatoare datorita pantei semnalului $u_{r2}(t)$ care prezinta valoarea maxima când modulul lui $u_{r2}(t)$ este zero. Pentru micsorarea caracterului oscilatoriu al semnalului din “decoderul local” $u_{r2}(t)$, in compunerea buclei de reactie se introduce un etaj numit predictor (fig. 3.30.), sistemul in care informatia transmisa pe canalul de transmitere reprezinta diferenta intre valoarea reala si valoarea predictiva.

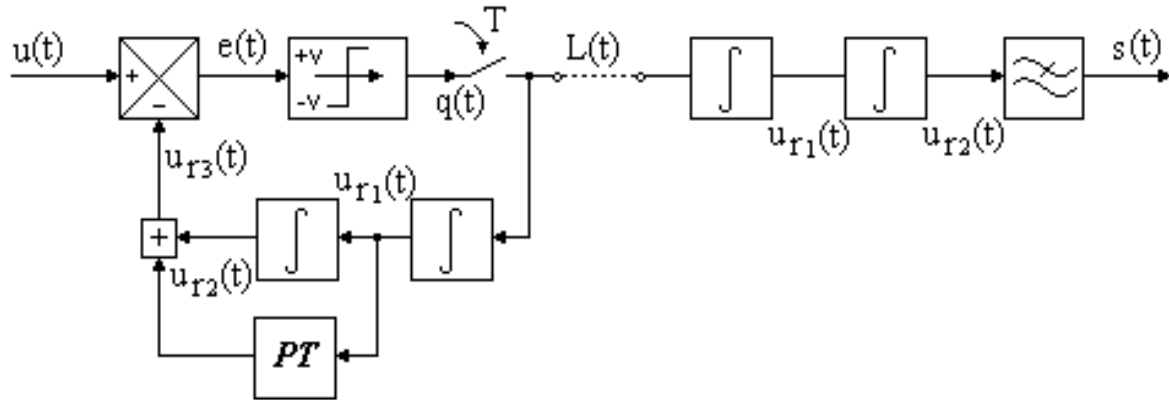


Fig. 3.30. Schema MDDI cu predictie

Aproximarea semnalului $u(t)$ se face de catre

$$u_{r3}(t) = \int u_{r1}(t) \cdot dt + P \cdot T \cdot u_{r1}(t) = u_{r2}(t) + P \cdot T \frac{du_{r2}(t)}{dt} \quad (3.9)$$

in care P este constanta de predictie. Valoarea de predictie se determina ca fiind media ponderata a valorii anterioare a mesajului. Ponderile se calculeaza astfel incat eroarea medie patrata sa fie minima.

3.2.4. MODULATIA DELTA CU COMPANDARE SILABICA

3.2.4.1. Modulatia delta cu compandare

1. Introducere

Pentru realizarea unui sistem de comunicatii bazat pe modulatia/ demodulatia delta sunt necesare indeplinirea unor conditii tehnice deosebite:

- parametrii de calitate ridicata in cazul unor canale de comunicatie cu probabilitate mare de eroare (10^{-3});
- viteza de transmitere mica pe canalul digital (16 kb/s sau 32 kb/s);
- valoare ridicata a raportului semnal-zgomot de cuantizare;
- gama dinamica larga;
- fidelitate sporita a semnalului analogic la iesirea din decodor;
- constanta de timp adecvata a compresiei, in cazul adaptiv;
- o valoare minimala a semnalului de pauza, in absenta semnalului de intrare;
- componente si dispozitive electronice integrate fiabile, in scopul realizarii unor blocuri functionale sigure si simple constructiv.

Privitor la ordinea realizarii procesarii semnalului se mentioneaza ca se realizeaza esantionarea semnalului analogic de intrare $u(t)$ cu semnalul de esantionare având

frecventa $f_e = \frac{1}{T_e}$, astfel încât la momentul curent de esantionare nT_e , coderul sa compare

fiecare esantion $u(nT_e)$ cu semnalul de aproximare de la iesirea din integrator $u_r(t)$ in scopul realizarii semnelui impulsului de transmis in linie.

La intrarea in decoder ajung impulsurile receptionate in mod ierarhic deoarece s-a introdus fenomenul de compandare.

Exista o multitudine de metode de codare delta cu compandare silabica, cele care sunt implementate in sistemul STAR (Sistemul de Transmisiuni al Armatei Române) vor fi tratate in continuare.

Clasificarea coderelor se poate face in functie de mai multe criterii: parametrul comandat, de semnalul de comanda (care este independent de semnalul analogic de intrare), de prezenta de variatie a semnalului de comanda si a parametrului comandat.

In functie de parametrul comandat se disting:

- modificarea tensiunii de aproximare;
- modificarea nivelului semnalului analogic de intrare;
- modificarea frecventei succesiunii binare informationale;
- variatia structurii succesiunii binare.

In calitate de semnal de comanda se pot utiliza:

- valoarea instantanee sau panta semnalului analogic;
- anvelopa semnalului analogic;
- anvelopa pantei semnalului;
- variatia semnalului analogic pe un numar predeterminat de perioade de esantionare.

La modulatoarele delta cu compandare silabica exista dependenta functionala intre semnalul de comanda, numarul treptelor de aproximare si parametrul comandat.

Viteza de variatie a tensiunii de aproximare depinde de diferite tipuri de semnale rezultând mai multe categorii de modulatii:

- modulatie delta cu compandare silabica (MΔCS), la care variatia tensiunii de aproximare se produce lent in comparatie cu frecventa de esantionare a semnalului de vorbire;

- modulație delta cu compandare instantanee (MΔCI), la care tensiunea de aproximare variază de la o perioadă de esanționare la alta;

- modulație delta cu compandare hibridă (MΔCH), în care se regăsesc atât compandarea silabică cât și compandarea instantanee.

De subliniat că în practică se regăsește modulația delta cu compandare silabică, în rețeaua de comunicații permanentă (RCP) a STAR folosindu-se acest tip de conversie analog-numerică a semnalului de vorbire.

2. Modulator delta cu compandare silabică cu panta continuă

Modulația delta cu compandare silabică permite menținerea raportului semnal/zgomot de cuantizare constant la transmiterea silabelor cu intensitate diferită ceea ce este extrem de avantajos în sistemele de comunicații dedicate transmiterii vocii.

Spre exemplificare, într-un sistem de comunicații numeric cu MΔCS pentru 60 de canale se obține modificarea treptei de cuantizare cu 34 dB pentru o gamă dinamică a semnalului de intrare de 40 dB.

Dacă se face studiul dependenței raportului semnal-zgomot de cuantizare de nivelul semnalului de vorbire la intrare pentru diferite frecvențe de esanționare la MΔCS se constată că se obține o calitate a transmisiei comparabilă cu a sistemelor de comunicații MIC/PCM pentru o viteză de transmitere pe canal de 1,2-2 ori mai mică.

Schema bloc a unui sistem de comunicații cu modulație delta cu compandare silabică

Se apreciază că există un număr destul de însemnat de codere MΔCS, ce asigură la viteze de transmitere mici pe canalul de comunicație parametri electrici de transmisie de valoare ridicată. Se nominalizează trei tipuri de modatoare delta cu compandare silabică: cu adaptare continuă la panta semnalului, cu adaptare discretă la panta semnalului și delta robust.

Se prezintă schema bloc a unui modulator delta cu compandare silabică cu adaptare continuă la panta semnalului. (CVSD – Continuously Variable Slope Delta Modulator)

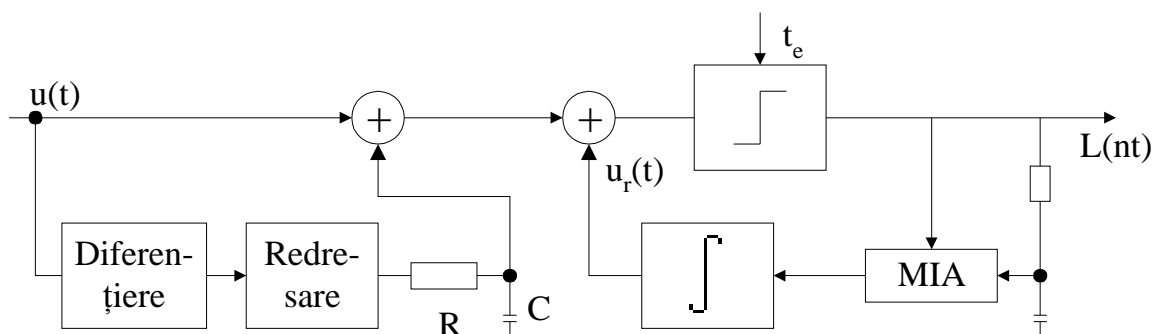


Fig. 3.31. Coder MΔCS tip CVSD

Dacă la intrarea comparatorului din structura coderului delta liniar se aplică pe o intrare suplimentară o tensiune continuă u_c , se obține o variație a numărului mediu de impulsuri transmise în linie. S-a conceput astfel un nou tip de modulație delta adaptivă la care se obține, prin variația treptei de cuantizare în funcție de panta medie a semnalului, o maximizare a dinamicii semnalului de intrare $u(t)$ pentru care raportul semnal/zgomot de cuantizare se menține constant. Funcționarea coderului este determinată de existența în

bucla de reactie a unui modulator de impulsuri in amplitudine, comandat de tensiunea continua obtinuta in urma fenomenului de filtrare a secventei de impulsuri binare $L(nT_e)$.

Caracteristica modulatorului se regleaza in asa fel incat pentru semnale mici de intrare raportul dintre numarul mediu de impulsuri de valori logice 1 si 0 sa fie $1/3$ iar pentru semnale de intrare de valori mari acest raport devine $1/2$. Daca frecventa de esantionare este 28 kHz, frecventa impulsurilor 1 logic variaza intre 9,333 kHz, in absenta semnalului informational si 14 kHz in prezenta semnalelor de intrare de valoare maxima. Schimbarea valorii raportului modifica amplitudinea impulsurilor obtinute la iesirea modulatorului de impulsuri printr-un factor 20. Treapta de cuantizare se modifica de 20 de ori iar variatia densitatii impulsurilor binare de 1,5 ori, tensiunea de aproximare $u_r(t)$ la iesirea integratorului variaza de 30 de ori.

Dupa cum se poate observa, modulatorul impulsurilor in amplitudine indeplineste rolul de expander a semnalelor numerice, amplitudinea semnalului de iesire a modulatorului se modifica prin schimbarea diferentei dintre anvelopa semnalului informational si componenta continua corespunzatoare semnalului la pauza.

Semnalul de vorbire cu banda de frecventa limitata la domeniul 300-3400 Hz nu pot fi codificate de coderul prezentat decat daca se refac componentele de joasa frecventa. In consecinta semnalele de intrare sunt differentiate, redresate si filtrate de o retea RC cu frecventa de taiere 100 Hz; maximul energetic al anvelopei semnalului de vorbire se gaseste in banda de frecventa 60-100 Hz.

Decoderul este compus din decoderul local si un filtru trece banda care are rolul de a elimina componentele din afara domeniului 300-3400 Hz.

O importanta caracteristica a coderelor delta cu compandare continua. Raportul semnal-zgomot de cuantizare ramane constant si mare pentru variatii ale semnalului de intrare daca factorul de compandare este mai mare.

Din studiul figurii 3.32 rezulta ca pentru valori ale frecventelor de esantionare 16, 24, 58 kHz, raportul semnal-zgomot de cuantizare (r.s.z.c.) este maxim la nivelul de intrare nominal si scade lent la micsorarea nivelului de intrare al semnalului de vorbire.

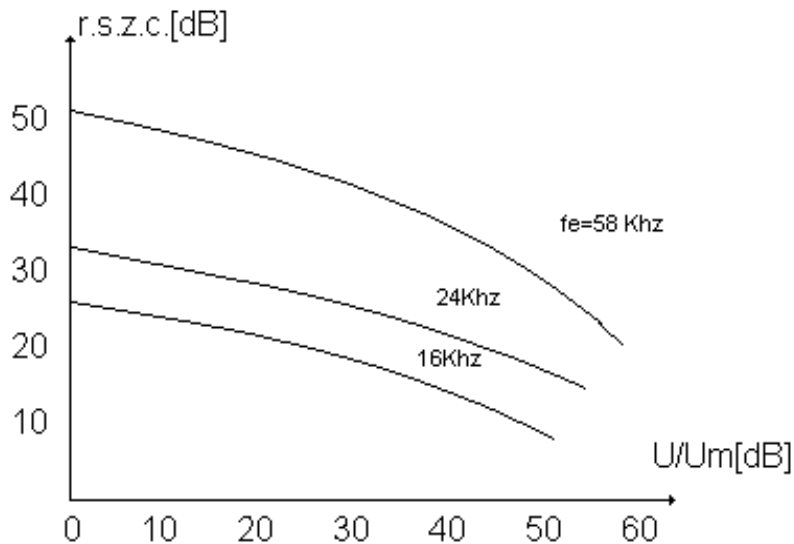


Fig. 3.32 Variatia r.s.z.c. in functie de nivelul relativ al semnalului de intrare

Avantajele modulatiei delta fata de modulatia PCM:

- micsorarea vitezei de transmitere pe canalul digital de la 64 la 32 kb/s;
- parametrii cailor telefonice obtinuti cu procedee delta de tip special (adaptive, predictive etc.) sunt superiori celor obtinuti cu PCM la aceeasi viteza de transmitere;

- tolerante mai mari în ceea ce privește precizia și stabilitatea elementelor circuitului;
- echipamentele comune de grup ale unui sistem multiplex cu modulație delta sunt mult mai simple decât cele ale unui sistem PCM, fiabilitatea primelor fiind mai mare;
- codecurile delta se pot dispune în terminalele utilizatorilor;
- reducerea influențelor tranzitorii dintre canale;
- la emisie și la recepție nu sunt necesare filtre trece jos complicate deoarece frecvența de tact are o valoare mult mai mare decât valoarea maximă a benzii vocale;
- o mai mare stabilitate la perturbări a sistemelor Δ față de sistemele MIC/PCM.

Dezavantajele sistemelor cu modulație delta față de sistemele MIC/PCM:

- prețul mai ridicat al echipamentelor de formare a canalelor numerice;
- dependența parametrilor canalului telefonic de repartitia spectrală a semnalelor transmise.

CAPITOLUL IV TRANSMISII DIGITALE

4.1. ZGOMOTUL IN COMUNICATII

4.1.1. Zgomotul si distorsiunea totala

Zgomotul constituie unul din cei mai importanti parametri din comunicatiile analog / digitale.

Efectul zgomotului asupra calitatii transmisiunilor este diferit, in functie de tipul serviciului (telefonice, transmisii de date, etc.) si de proprietatile diverselor forme de zgomot implicate.

In transmisiile telefonice zgomotul provoaca o “mascare” a pragului de audibilitate care creste pe masura ce nivelul zgomotului devine mai important. In transmisiunile de date, efectul se manifesta prin erori la partea de receptie a modemului sau prin cresterea susceptibilitatii acestuia la alte imperfectiuni ale canalului.

Conditiiile in telefonie impuse zgomotului de fond in impulsuri sunt mai restrictive decât la transmisiunile de date. In cazul transmisiunilor de date la debite binare egale si mai mari de 14.400 b/s pe circuitele vocale, conditiile privind zgomotul de fond nu sunt de neglijat. Zgomotul reprezinta orice perturbatie care afecteaza un semnal util, prin insumare cu acesta.

Charls I. Sippl defineste zgomotul in dictionarul “Mac Millan Dictionary of Data Communications”:

a) variatii aleatoare ale uneia sau mai multor caracteristici, asociate unei marimi, cum ar fi: curentul I, tensiunea U etc.;

b) un semnal aleator cu proprietati statistice cunoscute ale distributiei de amplitudine si densitatii spectrale.

4.1.2. Clasificarea zgomotului

Zgomotul de circuite analog/digital:

Ø zgomot independent de semnalul util:

- a) zgomot aleator (de fond):
 - termic;
 - de semiconductor (alice);
 - de intermodulatie;
 - de joasa frecventa;
 - diafonie liniara;
 - convertor A/D (deplasarea punctului de zero);
 - zgomote datorate erorilor digitale.
- b) semnale perturbatoare sinusoidale:
 - reziduri de purtatori;
 - fundamentala si armonicele retelei (prin cuplaje inductive si capacitive);
 - semnalizari (prin diafonie).
- c) zgomot in impulsuri:
 - zgomot datorat erorilor digitale;
 - zgomot pe circuite echipate cu compandoare (cu semnul de activare);
 - zgomot distorsiune de esantionare (aliasing distortion).

Ø zgomot dependent de semnalul util:

- a) zgomot (distorsiune) de cuantizare;
- b) zgomot datorat erorilor digitale;
- c) zgomot pe circuite ce contin compandoare;

d) zgomot de esantionare.

4.1.2.1. Zgomotul aleator (de fond)

Cauze :

- zgomot termic sau de rezistenta (specific sistemului analogic pe cablu metalic sau radiorelee);
- zgomot de semiconductor (zgomot de alicie);
- zgomot de intermodulatie (diafonie neinteligibila in sistemul FDM);
- zgomot de j.f (legea $1/f$);
- zgomot datorat diafoniei liniare;
- zgomot datorat erorilor digitale (in repaus);
- zgomot datorat convertorului A/D ("of set" al caracteristicii de codare);
- zgomot datorat unor contacte imperfecte (ex. potentiometre defecte).

4.1.2.2. Zgomot cu frecventa unica (tonuri perturbatoare)

Cauze :

- reziduuri de purtatori si combinatiile acestora in sistem (FDM);
 - semnal frecventa de semnalizare (prin diafonie);
- armonicile frecventei de retea (prin cuplaje inductive si capacitive).

4.1.2.3. Zgomot in impulsuri

Cauze:

- fenomene de limitare si suprasarcina in sistemele FDM (distorsiuni de neliniaritate);
- diafonia in circuite cu semnale digitale;
- perturbatii din echipamente de climatizare ale centralelor telefonice;
- fenomene tranzitorii datorate comutarilor din sistemele de electroalimentare;
- motoare electrice (la pornire);
- lampi fluorescente;
- centrale Rotary;
- erori pe traseele digitale;
- zgomotul datorat unor contacte imperfecte.

Din categoria zgomotului dependent de semnalul util (distorsionarea) fac parte: distorsiunea de cuantizare; zgomot datorat erorilor digitale; zgomot pe circuite echipate cu compandoare si zgomotul de esantionare (aliasing distortion).

Cauze: conversia A/D si D/A si alte prelucrari digitale.

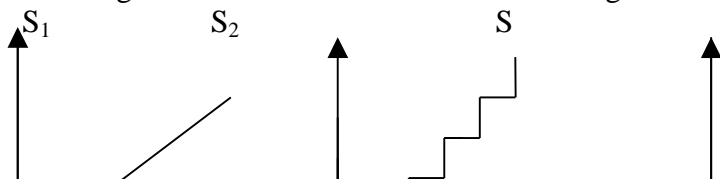
Diferenta dintre semnalul original si cel aproximat este denumita eroare (zgomot) de cuantizare.

Aceasta eroare este functia de semnalul de intrare si de parametrii sistemului, de exemplu de lungimea codului.

Efectuând raportul dintre semnalul de la intrarea codului si zgomotul de cuantizare de la iesirea acestuia se obtine distorsiunea de cuantizare.

Prin definitie, se alege ca unitate de distorsiune de cuantizare (d_{qu}) distorsiunea introdusa de un codec PCM de 8 biti (legea A sau μ) care este in conformitate cu recomandarile G. 711 si G. 712 . (q_{du} – Quantizing Distorsion Unit).

Ilustrarea zgomotului de cuantizare este data in fig. 4.1.



$$S = S_1 - S_2$$

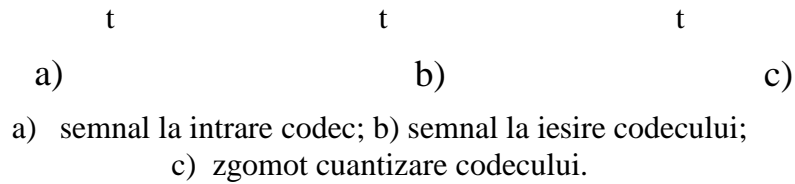


Fig. 4.1. Prezentarea semnalului de zgomot.

4.1.2.4. Marimi utilizate pentru evaluarea zgomotului

a) Raportul semnal – zgomot (S/Z). (Signal to Noise ratio).

S – puterea cu care semnalul util ajunge la receptie.

$$S/Z = 20 \log \frac{U_S}{U_Z} [\text{dB}]; \quad s/z = 10 \log \frac{P_S}{P_Z} [\text{dB}] . \quad (4.1.)$$

Legaturile telefonice de buna calitate au un raport semnal/zgomot de minim 40 dB. Pastrarea unui raport s/z se face cu eforturi tehnice si financiare considerabile.

In cazul transmițerilor digitale, in speta a celor PCM, se permite ca la receptie sa aiba loc o regenerare a semnalului util.

Regenerarea este posibila numai in anumite limite pe care le defineste simplu si intuitiv formula lui Shannon. Conform formulei, viteza de transmitere a semnalului digital este direct proportionala atât cu largimea de banda B a canalului cât si cu raportul semnal / zgomot (s/z).

$$C \text{ (bit/s)} = \frac{1}{3} B \text{ (Hz)} \times E \text{ (dB)} \quad (4.2.)$$

Pentru viteza de 2048 Kb/s, largimea de banda necesara la $s/z = 15$ dB este:

$$B = \frac{3 \cdot C}{s/z = 15} \approx 400 \text{ kHz}, \text{ in timp ce la } s/z = 30 \text{ dB largimea de banda este de}$$

numai = 200 kHz.

Transmisia PCM fara erori este posibila incepând de la raportul s/z de 15 pâna la 20 dB in timp ce pentru o transmisie analogica trebuie sa se realizeze insumat de la un capat la altul al conexiunii (legaturii) cel puțin 40 – 50 dB. Concluzia este ca tehnica PCM devine utilizabila in zonele cu nivele ridicate de perturbatii electrice cum sunt marile orase, cai ferate electrificate, incinte industrializate, etc.

4.1.3. CALITATEA TRANSMISIILOR SEMNALELOR DIGITALE

4.1.3.1. Introducere

Calitatea transmisiei semnalelor digitale prin sistemul de comunicatii digitale este apreciata prin doi parametri: rata erorilor si jitterul.

Rata de eroare pe bit (BER- Bit Error Rate) se defineste prin raportul dintre numarul de simboluri receptionate eronat si numarul total de simboluri emise intr-un interval de timp definit. Se apreciaza ca pentru comunicatiile telefonice o rata a erorilor de $10E-6$ este satisfacatoare.

Eliminarea completa a erorilor pe circuitul vocal sau circuitul de date este practic imposibila. De aceea, sistemele de comunicatii se bazeaza in general pe tehnica detectiei si corectiei erorilor.

Pentru evaluarea preciziei de transmitere a datelor se determina rata de eroare pe blocuri (Block Error Rate).

$$BLER = \frac{\text{numar de blocuri eronate}}{\text{numar de blocuri transmise}}$$

Prin bloc se intelege o succesiune pseudoaleatoare cu lungime si structura standard. In cazul sistemelor digitale, variatiile momentelor semnificative ale semnalului digital fata de pozitia lor ideala in timp pot aparea in doua forme diferite:

- jitter;
- wander.

Jitterul reprezinta variatii pe termen scurt ale momentelor semnificative ale semnalului digital. Mentiunea ca jitterul este "de faza" devine inutila in transmisiunile digitale spre deosebire de cele analogice unde poate fi intalnita si notiunea de jitter de amplitudine.

Variatiile de faza pe termen lung (wander) reprezinta variatii lente ale momentelor semnificative ale semnalului digital fata de pozitia lor ideala.

4.1.3.2. Explicarea notiunilor

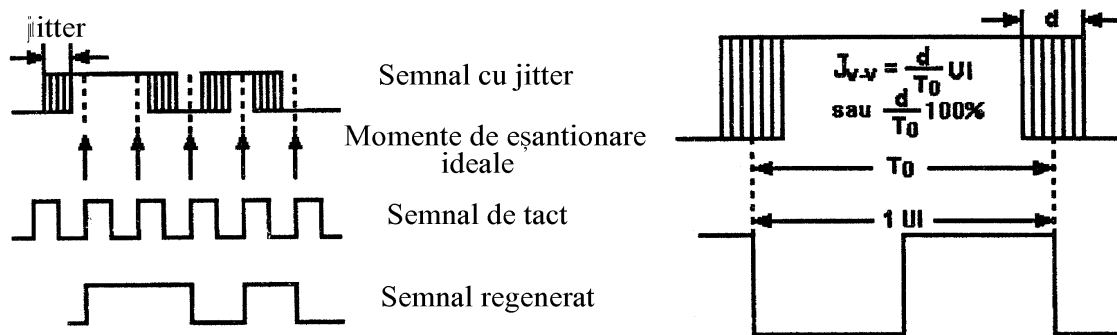
Fenomenul de jitter este observabil la capatul oricarei sectiuni digitale atunci când la capatul opus al acestuia se aplica un semnal digital.

Examinând semnalul digital receptionat, inainte de regenerare, se observa o deplasare a fronturilor acestuia deoparte si de alta fata de pozitia ideala, având ca referinta tranzitiile semnalului de tact.

Daca semnalul de tact ar fi complet lipsit de jitter, atunci procesul de regenerare prin esantioane la mijlocul elementelor de semnal ar putea conduce la recuperarea fara jitter a semnalului digital.

In acest caz, extensia maxima, a tranzitiilor semnalului inainte de regenerare este egala cu durata T a unui element de semnal, numit interval unitate si notat UI (unitate interval). Depasirea acestei valori conduce la o decizie eronata. In transmisiile digitale este uzual ca valoarea jitterului sa fie exprimata fie in intervale unitate (UI) fie in procente.

Ilustrarea jitterului si procesul de regenerare ideal sunt prezentate in figura 4.2.



a). Regenerarea semnalului digital b). Definirea jitterului

Fig. 4.2. Jitterul și procesul de regenerare ideal

4.1.3.3. Originea jitterului și wanderului.

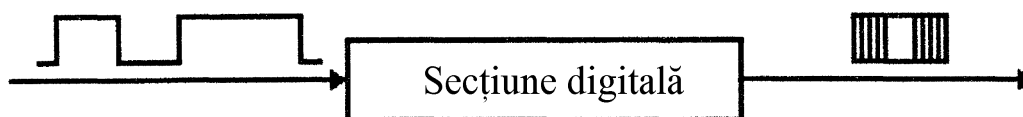


Fig. 4.3. Ilustrarea jitterului la extremitățile unei secțiuni digitale.

Sursele de jitter sunt numeroase, cele mai reprezentative sunt:

a). regeneratorul digital

Principial un regenerator refăce semnalul digital de la intrare cu ajutorul unui semnal de tact, extras din acesta prin filtrare. Datorită imperfecțiunilor de filtrare, semnalul de tact extras conține o modulație de fază inerentă care este transmisă integral semnalului digital regenerat sub forma de jitter (fig. 4.3).

b). interferența între simboluri.

Distorsiunile de atenuare de timp și propagare de grup introduse de suportul de transmisie digital și de alte componente insuficient egalizate modifică forma impulsurilor.

Originea wanderului este cauzată în :

- variația caracteristicilor mediului de transmisie;
- variația generatoarelor de tact din nodurile rețelelor digitale.

4.1.3.4. Nivelul absolut de putere și tensiune al zgomotului [dBm]

E: Noise level

F: Niveau de bruit

Nivelul absolut de putere al zgomotului se definește ca și în cazul semnalelor prin raportul:

$$N_{rz} = 10 \log \frac{P_z}{1 \text{ mW}} [\text{dB}] \quad (4.3.)$$

Nivelul absolut de tensiune, în ipoteza unei sarcini $R_s = 600 \text{ ohmi}$ este:

$$N_u = 20 \log \frac{V_z (\text{mV}_{ef})}{775 \text{ mV}_{ef}} [\text{dBu}]. \quad (4.4.)$$

Dacă $R_s = 600 \Omega$ între cele două mărimi este valabilă relația:

$$N [\text{dBm}] = N [\text{dBu}] + 10 \log \frac{600}{R_s}. \quad (4.5.)$$

4.1.3.5. Nivel si putere de zgomot psfometric

In situatia masurarii zgomotului psfometric este valabila urmatoarea corespondenta:

Tabelul 4.1.

Zgomot neponderat	Zgomot ponderat
DBm	DBmp
DBmo	DBmop
PWo	PWop

Cel mai frecvent mod de exprimare a zgomotului in comunicatii este in dBmop si pWop, adica nivelul de putere si puterea zgomotului intr-un punct de nivel relativ OdB_r.

4.2. MODURI DE TRANSFER PENTRU SEMNALE DIGITALE

4.2.1. Modul de transfer sincron (STM).

Semnalele digitale sunt tratate în sistemele de comutație și de transmisie în mod sincron (STM – Synchronous Transfer Mode) sau în mod asincron (ATM – Asynchronous Transfer Mode). Prin mod de transfer se înțelege ansamblul tehnicilor utilizate pentru transmisia, multiplexarea și comutarea informațiilor în rețelele de comunicații.

Sistemele cu mod de transfer sincron (STM) utilizează transmisii bazate pe ierarhii digitale plesiocrone (PDH – Plesiochronous Digital Hierarchy) sau ierarhii digitale sincrone (SDH – Synchronous Digital Hierarchy). Capacitatea de transmisie existentă pe linie este divizată în cadre în PDH sau în CV (containere virtuale) în SDH.

PDH utilizează semnale digitale care sunt organizate în cadre periodice cu $T = 125 \mu s$. În multiplexul de ordinul 1 (primar) fiecare cadru este divizat în 32 intervale de timp (IT), cu durată egală, numit și canal temporal, permițând transmiterea unui cuvânt de informație.

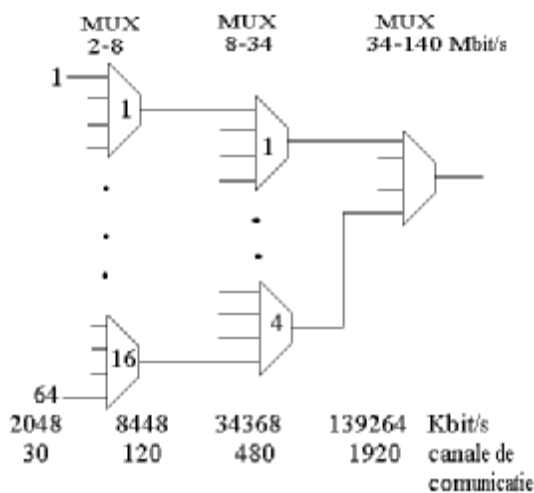
Transmiterea cadrelor este sincronă. Sincronizarea este asigurată prin IT_0 care marchează și începutul cadrului, identificarea unui IT este realizată prin poziția acestuia în raport cu IT_0 .

Pentru o conexiune se realizează o alocare fixă a unui IT (interval de timp) prin care se transmit periodic informațiile. Rutarea apare implicită ca fiind definită de IT alocat în interiorul cadrului pentru conexiune. Conexiunea între două terminale este definită de succesiunea de IT alocate în multiplexurile temporale între centrele de comutație (CC-nod de rețea) care participă la conexiune. Această tehnică este numită mod circuit și asigură utilizatorului o cale prin rețea cu debit fix de 64 Kb/s ($8b/125 \mu s$). Pentru structurarea interconectării rețelelor, CCITT a recomandat o ierarhizare a multiplexurilor digitale sincrone în mai multe niveluri.

Ierarhiile digitale plesiocrone standardizate prin norme internaționale se obțin prin multiplexarea canalelor temporale de 64 Kb/s (cuvinte de 8 biți transmise periodic cu perioada de $125 \mu s$).

Pentru Europa a fost adoptat multiplexul primar de 2048 Kb/s (Recomandarea G-732 CCITT). Ierarhia digitală plesiocronă definită pentru Europa conține 4 nivele.

Fig. 4.4. Ierarhiile digitale plesiocrone (PDH) recomandate pentru Europa



Multiplexul de ordin N se obține prin multiplexarea semnalelor din 4 multiplexuri de ordin inferior ($N-1$). Pentru Europa, ierarhia digitală plesiocronă include următoarele 4 nivele:

-T₁: 2048 Kb/s (32 x 64 Kb/s);
T₂: 8448 Kb/s (T₁ x 4) ;
T₃: 34.368 Kb/s (T₂ x 4);
T₄: 139.264 Kb/s (T₃ x 4).

Ierarhiile plesiocrone de ordin superior se obtin prin utilizarea unei cascade de multiplexuri (2 – 8, 8 – 34, 34 – 140) (fig. 4.4), fiecare schimbare de frecventa necesitând functii analogice de sincronizare. Pentru extragerea unui canal temporal sau al unui multiplex de ordin inferior din multiplexul de ordin superior este necesara demultiplexarea pâna la nivelul 1 pentru un canal temporal sau pâna la nivelul multiplexului solicitat.

Principalele caracteristici ale sistemului multiplex din PDH sunt prezentate in tabelul 4.2:

Sisteme de multiplex primare european (E1) si nord-american (DS1)

Tabelul 4.2.

Caracteristici	E1 (aviz CCITT G-732)	DS1 (aviz CCITT G-733)
Frecventa de esantionare	8 kHz	8 kHz
Tehnica de digitizare a vocii	MIC cu cuantizare neuniforma	MIC cu cuantizare neuniforma
Numar de biti pe esantion	8	8
Durata unui cadru	125 µs	125 µs
Debit binar al unui canal telefonic	64 kb/s	64 kb/s
Caracteristica de compandare	Legea A (A = 876)	Legea µ (µ = 255)
Nr. de segmente pe caracteristica	13	15
Nr. de intervale de timp pe cadru	32	24
Numar de canale telefonice	30	24
Numar de biti pe cadru	32 x 8 = 256	24 x 8 + 1 = 193
Debitul binar total	256 x 8 = 2,048 Mb/s	193 x 8 = 1,544 Mb/s
Sincronizarea cadrelor	Cu secvente grupate (0011011) transmise la interval 0 al cadrelor impare	Cu secvente distribuite (101010...) formate din bitul 1 al cadrelor impare
Semnalizarea	In intervalul 16, 4 b pe cale sau in canal comun (64 kb/s)	LSB al fiecărei cai din 6 in 6 cadre sau un canal comun (bitul 1 al cadrului par) (4 kb/s)

Retelele de banda larga vor utiliza ca unitati de transport a informatiei minipachete de lungime constanta numite celule. Tehnica de transport si comutatie este similara cu cea aplicata in comutatia conventionala de pachete prin modificarea etichetelor de identificare a pachetelor.

4.2.2. Modul de transfer asincron (ATM)

ATM este o tehnologie unificatoare deoarece a fost proiectata sa asigure transferul semnalelor vocale, de date si a imaginilor in cadrul retelelor locale si de arii mari.

ATM reprezinta o tehnologie inovatoare destinata sa asigure suportul pentru aplicatii cu banda de frecventa la cerere.

Comparatii intre diferitele caracteristici ale retelelor sunt prezentate in tabelul 4.3:

Tabelul 4.3.

Caracteristica	Comunicatii de date	Telecomunicatii	ATM
Tipul traficului	Date	Voce	Date, voce, imagini
Unitate de date transmisa	Pachet	Cadru	Celula
Lungimea transmisiei	Variabila	Fixa	Fixa
Tipul de comutare	Pachet	Circuit	Celula
Tipul de conectare	Orientat sau neorientat pe conexiune	Orientat pe conexiune	Orientat pe conexiune
Dependenta de timpul de transfer	Aceeasi	Totala	Adaptiva
Distributie	In cel mai scurt timp sau garantata	Garantata	Clase definite
Mediul de transmisie si viteza de transfer	Definite prin protocol	Definite prin clase	Scalabile
Accesul la mediul de transmisie	Partajat sau dedicat	Dedicat	Dedicat

Având în vedere că într-o rețea de comunicații apar diferențe între sistemele de transmisie a vorbirii, a datelor și a imaginilor video, tehnologia ATM este proiectată de așa manieră încât să asigure adaptarea întârzierilor funcție de tipul aplicațiilor.

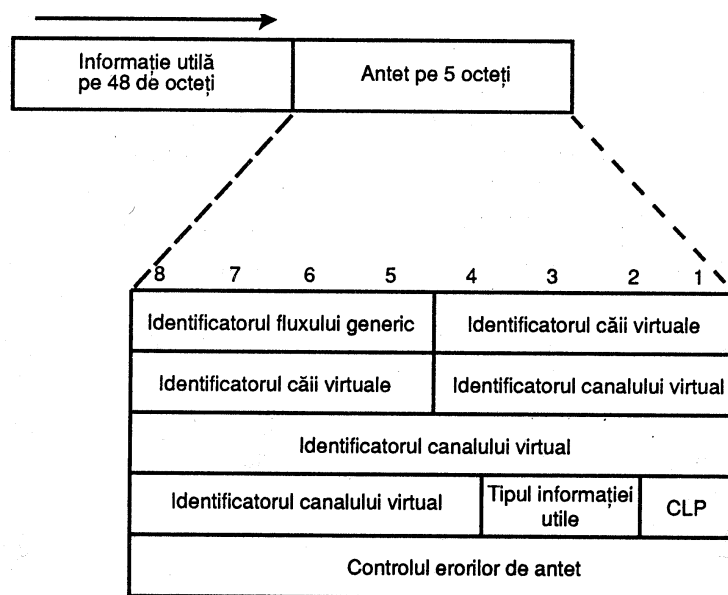
Tehnologia ATM asigură integrarea mesajelor vocale, a datelor și a imaginilor în rețelele LAN și WAN.

4.2.2.1. Structura celulei ATM

O celulă ATM este formată din 53 de octeți, dintre care 48 sunt utili, iar 5 formează antetul celulei (fig. 4.5).

Câmpul de 4 biți corespunzător Identificatorului fluxului generic (GFI) este folosit pentru reglarea fluxului de informații într-o rețea ATM.

Câmpul de 8 biți corespunzător Identificatorului căii virtuale (VPI–Virtual Path Identifier) reprezintă jumătate dintr-un identificator de conexiune care cuprinde două părți. Acest câmp identifică o cale virtuală care poate reprezenta un grup de căi virtuale existente pe același traseu.



CLP = Prioritatea celulelor pierdute

GFC = Generic Flow Control CLP = Cell Loss Priority
VPI = Virtual Path Identifier HEC = Header Error Control
VCI = Virtual Circuit Identifier NMI = Network Node Interface
PTI = Payload Type Identifier UNI = User Network Interface

Fig. 4.5. Structura celulei ATM

Câmpul Identificatorului canalului virtual (VCI) este a doua jumătate a identificatorului de conexiune (ce cuprinde două părți) transmis în antetul ATM. Câmpul VCI de 8 biți identifică o conexiune între două terminale (stații) ATM între care se realizează o aplicație.

Canalele virtuale multiple pot fi transportate în cadrul unei cai virtuale unice.

Câmpul Tipul Informației Utile (PTI) specifică tipul informației transportate în zona de 48 octeți informaționali ai celulei ATM.

Câmpul de 3 biți specifică tipul informațiilor utile adică sunt informații de gestiune sau date utilizator. Celelalte câmpuri suplimentare vor primi utilizări viitoare.

Câmpul Prioritatea Celulelor Pierdute de 1 bit indică importanța celulelor. Dacă bitul este 1 celula poate fi eliminată de un comutator în caz de congestiune a traficului. Dacă celula poate fi eliminată, bitul corespunzător câmpului primește valoarea zero.

Câmpul Controlului Erorilor de Antet (HEC) are 8 biți și reprezintă rezultatul unui cod redundant ciclic (CRC) calculat pentru antetul celulei ATM. Câmpul asigură capacitatea de detectare a erorilor de un bit și a unor anumite erori de biți multipli ce pot apărea în antetul celulei ATM de 40 de biți.

4.2.2.2. Avantajele tehnologiei ATM

Utilizarea tehnologiei de comutare a celulelor într-un mediu LAN asigură avantaje deosebite față de tehnologia de partajare a mediului utilizată de rețelele FDDI, înel, Ethernet. Un prim avantaj este obținerea unui acces complex de bandă de transfer la comutatoarele ATM pentru stațiile ATM; alt important avantaj este că dispozitivele accesate pot opera la viteze de transfer diferite.

În figura 4.6. se prezintă un comutator ATM ce este utilizat pentru trei viteze separate de operare. Stațiile de lucru (ST) se pot conecta la comutator la viteze de transfer

de 25 Mb/s pentru realizarea conexiunii într-o rețea de comunicații sau pentru a forma o rețea locală mai mare.

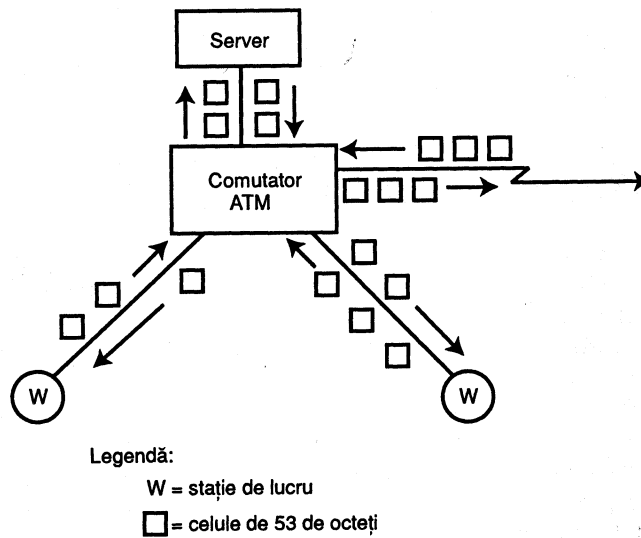


Fig. 4.6. Comutator ATM.

Tehnologia ATM este caracterizată prin mod de operare asincron și funcționare bazată pe conexiuni.

Celulele ATM sunt multiplexate și transmise prin linkuri la comutatoarele ATM printr-un flux unic de celule. Multiplexarea celulelor ATM se realizează prin transfer asincron, fiind transmise numai atunci când există date de transmis spre deosebire de cazul multiplexării tradiționale cu diviziune în timp când se transmit octeți de sincronizare sau supraviețuire când nu sunt date de transferat.

Privitor la tehnologia orientată pe conexiuni se poate spune că între stațiile (terminalele) ATM se realizează o conexiune. Se specifică o cale de transmisie între comutatoarele ATM și stațiile (terminalele) ATM, permițându-se folosirea antetului corespunzător celulelor ATM în procesul de rutare pe calea specificată în cadrul unei rețele ATM.

Modelul arhitectural de referință al protocolului ATM are trei niveluri: nivelul fizic, nivelul ATM și nivelul de adaptare ATM.

Rutarea celulelor ATM între comutatoarele ATM se bazează pe intrările tabelului de rutare pentru fiecare comutator, care cuprind Identificatorul Căii Virtuale (VPI) și numărul de port.

Rutarea curentă a celulelor ATM depinde de modul de stabilire a unei conexiuni configurată la cerere sau prestabilită. Tipul prestabilit de conexiune este cunoscut sub numele de conexiune virtuală permanentă (PVC – Permanent Virtual Connection), iar cel de-al doilea tip este cunoscut ca fiind conexiune comutată virtuală (SVC – Switched Virtual Connection).

Prin prezentarea structurii antetului celulei ATM rezultă că există două câmpuri VCI (Identificatorul canalului virtual) și VPI (Identificatorul căii virtuale) ce asigură 256 cai virtuale, fiecare cale permițând 2^{16} (65536) conexiuni virtuale.

4.3. IERARHII DIGITALE SINCRONE

4.3.1. Introducere

Transmisia plesiocrona este caracterizata prin faptul ca accesul la abonati, indiferent de nivel trebuie realizat prin demultiplexarea pâna la fluxul de 2Mb/s, iar capacitatea de gestiune si intretinere a retelei este foarte redusa. testarea si gestiunea retelei sunt concepute si realizate pe baze normale, deci calitatile retelei sunt mult diminuate.

Primul avantaj real al retelelor sincrone este ca se asigura accesul direct la fiecare abonat in structura semnalului multiplex. Retelele de transport sunt nesincrone deoarece prin multiplexarea sincrona asigura posibilitatea de accesare directa a oricarui multiplex indiferent de nivel.

In retelele SDH se rezerva un debit considerabil pentru gestiunea si intretinerea retelei (NM – Network Management), standardul ofera un sistem integrat de gestiune si intretinere a retelei.

O fractiune din functiile managementului de retea sunt indeplinite in sistemul de calcul dedicat, iar o parte sunt integrate in echipamentele de retea.

Standardul SDH ofera compatibilitate cu retelele PDH, un avantaj extrem de important in conditiile trecerii de la serviciile de banda ingusta la cele de banda larga.

SDH reprezinta suportul comun de transport atât pentru retelele de comunicatii de banda larga cât si pentru retelele de calculatoare LAN, WAN, MAN de mare viteza.

Pe SDH se pot transporta semnale ATM (standardul pentru B-ISDN), FDDI (Fiber Distribution Date Interface) – standardul de LAN (100 km) la mare viteza (100 Mb/s) pe fibra optica.

ATM – in principiu standard de nivel 2 OSI – poate folosi orice tip de mediu, el a fost dezvoltat pentru a opera pe retele optice definite de SDH. Nu peste mult timp tehnologia ATM pe SDH (transmisie SDH cu comutare/multiplexare ATM) este capabila sa realizeze apropierea dintre liniile „telecom si datacom“, reprezentând solutia realizarii transmisiilor de voce, date si imagine.

Un alt avantaj al SDH este gradul ridicat de interoperabilitate pe care il ofera.

Interfata nodurilor NNI (Network Node Interface) este standardizata astfel ca echipamentele tehnice pot sa provina de la diferite firme producatoare. Standardul SDH trateaza conceptul de transport intr-o viziune diferita de sistemul de transmisiune punct la punct si cuprinde oportunitatile transportului in retea: transmisie, rutare si control ceea ce permite ca tehnologia SDH sa poata fi utilizata in retele locale si de acces, precum si in retea de transport la mare distanta.

Standardul SDH poate fi usor adaptat la noile servicii ale retelelor B-ISDN.

4.3.2. Reteaua SDH

Reteaua SDH cuprinde in principal liniile de comunicatii (linkuri) si nodurile. Legaturile SDH sunt formate din sectiuni de fibra optica si regeneratoare. In retea locala pot exista si alte medii de transmisiuni.

Nodurile pot contine unul sau mai multe echipamente SDH. Echipamentele SDH se numesc elemente de retea – NE (Network Elements).

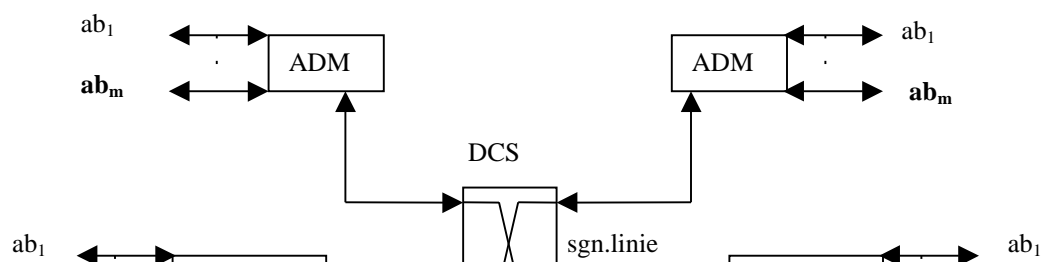


Fig. 4.7. Elementele componente ale rețelei SDH

În SDH sunt definite patru tipuri de elemente de rețea:

- echipamente de multiplexare MUX (SDH) care pot fi terminale sau de linie;
- echipamente de inserție-extracție-ADM (Add Drop Multiplexer);
- echipamente de interconectare DCS (Digital Cross-connect System);
- echipamente de gestiune a rețelei.

Standardizarea SDH vizează aspectele legate de debitele SDH, gestiunea SDH, structura și operarea echipamentelor de comutație (DCS), arhitectura și performanțele SDH, sincronizarea în SDH, interfețe optice și sisteme pe cabluri de fibre optice.

4.3.3. Concepte de bază în rețeaua SDH

Dintre conceptele de bază în rețeaua SDH enumerăm containerul, containerul virtual și unitatea de abonat, grup de unități de abonat, unitate administrativă, grup de unități administrative; modul de transport.

a) *Containerul* reprezintă o entitate ce are o asemenea capacitate încât să poată transporta debite rezultate din ierarhiile plesiocrone. Standardul SDH (recomandarea G-709) prevede containere pentru următoarele semnale PDH: E1, E3, E4, DS1, DS2, DS3.

Procesul prin care un semnal din ierarhia PDH este încorporat într-un container SDH se numește mapare sau asamblare.

Containerele sunt identificate printr-un indice care arată nivelul PDH al multiplexorului pe care îl conține. Containerele sunt asamblate/dezasamblate în nodul destinație.

b) *Containerul virtual* (Virtual Container) reprezintă un container caruia i se atașează un antet de transport numit redundanță de cale – POH (Path Overhead). POH se creează în nodul de origine al căii și nu se extrage decât în nodul destinație, transferul se realizează odată cu containerul între secțiunile de multiplexare. Containerele virtuale sunt clasificate în două categorii:

- VC de ordin inferior VC11, VC12, VC2, VC3(1);
- VC de ordin superior VC3(2), VC4.

Cu VC3(1) s-a notat VC cu conținutul E3.

În aproape toate aplicațiile SDH semnalul transportat de VC3 este E3, din acest motiv VC3(1) se notează cu VC3.

c) *Unitatea de abonat* (TU – Tributary Unit) se formează prin atașarea unui pointer la un VC de ordin inferior.

Pointerul indică poziția containerului virtual de ordin inferior în structura de transport în care este încorporat (VC de ordin superior).

În SDH sunt definite patru tipuri de unități de terminale: TU11, TU12, TU2, TU3 (fig. 4.8.).

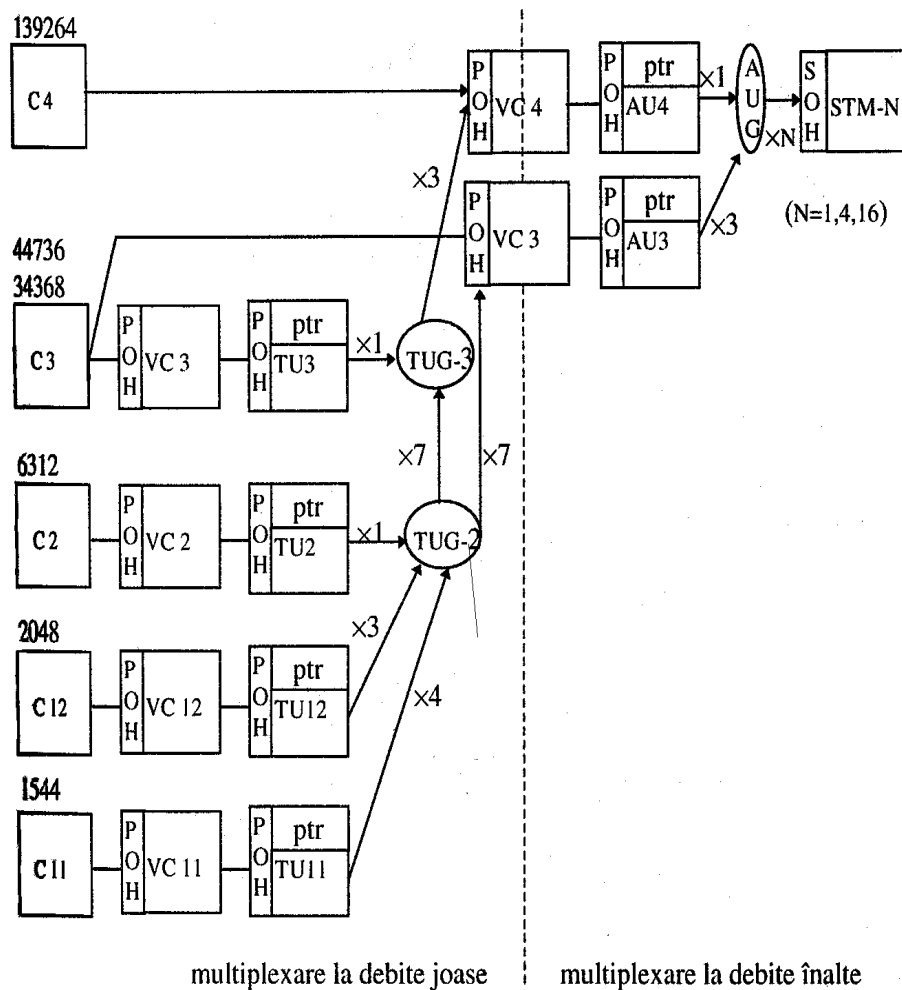


Fig. 4.8. Structura multiplexarii SDH.

d) *Grup de unitati de abonat*

Prin multiplexarea unor unitati de abonat (TU11, TU12, TU2 sau TU3) se formeaza un grup de unitati de abonat.

In SDH sunt prezente doua tipuri de TUG: TUG2 si TUG3 astfel:

- ü TUG2: – 4xTU1
– 3xTU12
– 1xTU2
- ü TUG3: – 7xTUG2
– 1xTU3

Debitul TUG2 este de aproximativ 7 Mb/s, iar al TUG3 de aproximativ 50 Mb/s.

e) *Unitatea administrativa (AU – Administrative Unit)*

Unitatea administrativa se formeaza prin atasarea unui pointer de unitate administrativa la un VC de ordin superior.

f) *Grup de unitati administrative*

Grupul de unitati administrative se formeaza prin multiplexarea unor unitati administrative. Practic in SDH este definit un singur AUG. Acesta poate fi construit prin multiplexarea a 3 AU3 sau este echivalent cu AU4:

- ü AUG: – 3xAU3
– 1xAU4

g) *Modul de transport STM (Synchronous Transport Module)*

Cadrul de transport sincron in retea SDH se numeste modul de transport.

Un modul (cadru) de transport de ordin N (STM-N) se formeaza prin:

- multiplexarea a Nx AUG;
- adaugarea unui antet de transport numit redundanta de sectiune SOH (Section Overhead).

$$\text{SOH} + \text{Nx AUG} = \text{STM-N}$$

Sunt definite urmatoarele module (cadre) de transport:

- STM-1 = 1x AUG + SOH
- STM-4 = 4x AUG + SOH
- STM-16 = 16x AUG + SOH

4.3.4. Ierarhia digitala sincrona SDH

In ierarhia semnalelor SDH sunt definite trei nivele (tabelul 4.4.)

Tabelul 4.4.

Modul de transport	Debit
STM-1	155520 Mb/s
STM-4	622080 Mb/s
STM-16	2488320 Mb/s

Pentru fiecare cadru de transport s-a definit o structura (virtuala) bidimensionala. Fiecare element al matricei STM-N reprezinta un octet din fluxul binar.

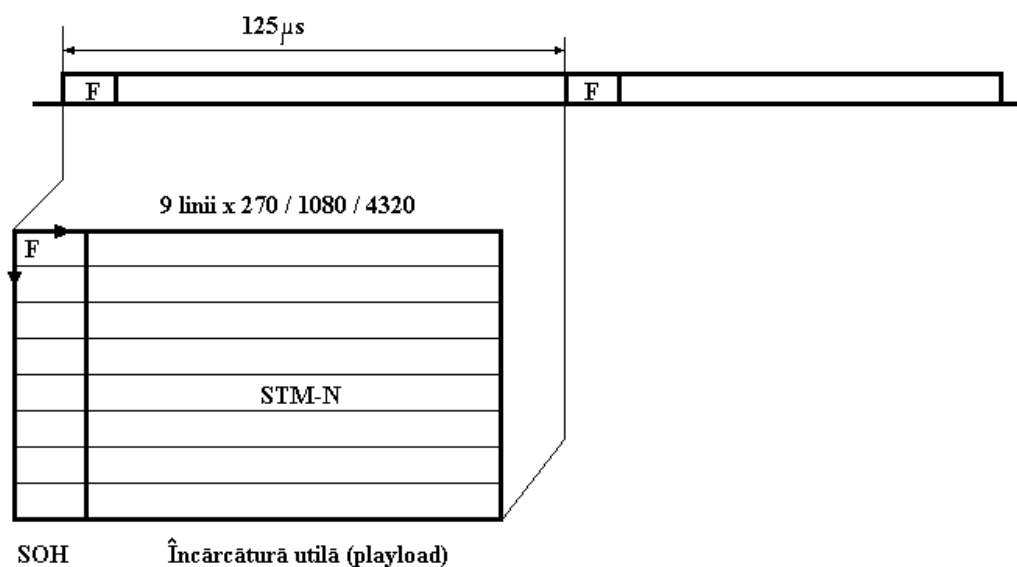


Fig. 4.9. Structura bidimensionala a cadrelor de transport.

In SDH fiecare cadru are aceeași durată de 125 μs ce corespunde unei frecvențe de 8000 cadre/s.

Principalele caracteristici ale semnalelor din ierarhia SDH:

- STM-1: dimensiune: 9 linii x 270 coloane;
- continut: 2430 octeti (19440 biti);
- debit: 155520 Mb/s;
- SOH: 81 octeti (5184 kb/s – primele 9 coloane);
- incarcatura utila: 261 coloane (2349 octeti) rezultând debitul 150336 Mb/s;
- STM-4: dimensiune: 9 linii x 1080 coloane;

- continut: 9720 octeti (77760 biti);
- SOH: 324 octeti (20736 kb/s – primele 36 coloane);
 - incarcatura utila: 1044 coloane = 2396 octeti (601344 Mb/s);
- STM-16: dimensiune: 9 linii x 4320 coloane;
- continut: 34560 octeti (276480 biti);
- debit: 248832 Mb/s;
- SOH: 324 octeti (82944 kb/s – primele 144 coloane);
- incarcatura utila: 4176 coloane = 33408 octeti (2405376 Mb/s).

Valoarea frecventei de 8000 cadre/s face ca fiecare octet dintr-un modul STM sa reprezinte un canal de 64 kb/s.

Formarea modulelor STM-N din NxVC4 sau Nx(3xVC3) se numeste multiplexare la debite inalte. Formarea VC4 sau VC3 prin multiplexare containerelor de ordin inferior se numeste multiplexare la debite joase.

Fiecare modul de transport se poate forma fie prin multiplexarea intreteresere de cuvinte (octeti) a N AUG si adaugarea SOH, fie prin multiplexare sincrona directa cu intreteresere de octeti a 4 module de ordin imediat inferior. Din considerente de ordin practic (de obicei pe inelele STM-4 intrarile sunt deja multiplexate la nivel STM-1), prima varianta de multiplexare se utilizeaza rar.

Este interesant de observat ca, daca se utilizeaza reprezentarea bidimensionala a modulelor, intretereserea cuvintelor la multiplexarea sincrona directa este echivalenta cu intretereserea coloanelor.

Conform standardelor actuale cea mai mare valoare admisibila pentru N (STM-N) este 255. Aceasta lasa destul loc pentru debitele multigigabit ale viitoarelor retele globale de comunicatii.

4.3.4.1. SONet (Synchronous Optical Network)

Standardizarea tehnicilor de multiplexare sincrone a aparut datorita necesitatii de normalizare a interfetelor. Organismul de standardizare din SVA, a propus folosirea cadrului DS 3 cu debit de 44.736 Kb/s (nivelul 3 al ierarhiei plesiocrone) pentru a elabora un cadru sincron de 51.840 Kb/s care se transmite in 125 μ s.

$$[90 \times 9] \text{ octeti} \times 8 \text{ biti/octet} \times 8 \text{ KHz} = 51.840 \text{ Kb/s} \quad (4.6.)$$

Bellcore propune in 1987 principiile multiplexarii pentru SONET, pentru care se realizeaza ierarhia sincrona cu nivelele

STS -1....STS -N.

Pentru retelele sincrone europene, ierarhiile sincrone propuse de ETSI si CCITT sunt STM-1...STM-M. Ierarhiile digitale sincrone utilizate si debitele binare asociate sunt prezentate in tabelul 4.5.

Structurile digitale sincrone au debit binar in linie cu aproximativ 10% mai mare fata de ierarhiile digitale plesiocrone.

In felul acesta nivelul STS-3 devine primul nivel recomandat de CCITT purtând numele de STM-1 si prezinta baza ierarhiilor digitale sincrone folosite in America de Nord si Europa.

Tabelul 4.5.

STS (SONet)	STM (SDH)	Debit binar (kb/s)
STS-1	-	51.840
STS-3	STM – 1	155.520
STS-9	-	466560
STS-12	STM – 4	622.080
STS-18	-	933.120
STS-24	-	1.244.160

STS-36	-	1.866.240
STS-48	STM –16	2.488.320
STS-192	STM – 64	9.953.280

4.4. PRINCIPALELE CANALE DE COMUNICATIE SI PERTURBATIILE SPECIFICE LOR

4.4.1. Notiuni principale cu care se opereaza

Canalul (calea) de transmisie este un ansamblu de mijloace necesare pentru a asigura transmitia semnalelor intr-un singur sens intre doua puncte (transmission channel).

Canal analogic (analogue channel) este un canal pus la dispozitie pe perechi fizice, la frecvente vocale sau pe sistemele transmisiunii analogice intr-o banda de 4 KHz (efectiv 3,1KHz).

Canalul digital este un canal pus la dispozitie la debitul binar de 64 KHz, pe o legatura digitala. Un canal digital apare fie cu o capacitate de 64 Kb/s, fie ca un interval de timp (time slot), la 64 Kb/s.

Legatura digitala (traseu digital–digital link) este un ansamblu de mijloace care permite sa se transmita si sa se receptioneze un semnal binar intre doua repartitoare digitale. Canalul mixt este un canal care contine una sau mai multe conversii A/D si D/A.

Canalele de transmisiuni reprezinta componenta de baza a oricarui sistem de transmitere (ST). Ele sunt constituite din mediul fizic (circuite pe fire sau unde electromagnetice) prin care se transmit semnalele electrice ce contin informatii impreuna cu (aparatura) echipamentele electronice aferente.

Canalul realizeaza o transformare a multimii simbolurilor utilizate la intrare intr-o multime de simboluri care se obtin la iesire.

Pe o linie de transmisiuni radio, radioreleu, troposferica sau cu fir echipata cu aparatura de formare a canalelor se pot realiza unul sau mai multe canale de legatura.

Dupa caracterul semnalului la intrarea si iesirea canalului se deosebesc: canale analogice (continue), canale digitale (numerice) si mixte analog/numeric si numeric/analog (A/N si N/A).

4.4.2. Canalul analogic

Canalul de transmisiuni analogic reprezinta acel canal la care semnalele la intrare $X_{(t)}$ si la iesire $I_{(t)}$ reprezinta functii continue in timp, ce cuprinde din punct de vedere tehnic linia de transmisiuni si echipamentele necesare formarii canalelor.

Descrierea modelului canalului analogic care sa permita evaluarea caracteristicilor de baza, presupune sa fie cunoscute toate limitarile impuse semnalelor de intrare $X_{(t)}$ ce pot sa fie transmise pe canalul respectiv precum si modificarile acestora pe timpul transmisiei sub actiunea factorilor perturbatori.

Un canal de transmisie ideal este stabil, omogen si fara memorie, invariant in timp si fara distorsiuni, semnalul transmis ajunge nedeformats la destinatie, având doar amplitudinea modificata in functie de distanta dintre E si R respectiv numarul de regeneratoare.

In canalele de transmisiuni analogice reale, care au proprietatile de a nu fi omogene si fara memorie, egalitatea intre semnalele de la iesire $I_{(t)}$ si semnalele de la intrare $X_{(t)}$ nu se realizeaza ca urmare a actiunii diferitilor factori ce au actiune determinata sau aleatoare.

Dintre factorii cu actiune determinata se exemplifica, modificarea formei semnalului, atenuarea semnalului, modificari speciale. Dintre factorii aleatori amintim perturbatiile de orice natura care, modifica forma, marimea si frecventele componente ale semnalului.

Calitatea canalului de comunicatie analogic este determinata de caracteristicile tehnice:

- banda de frecventa efectiv transmisa cu atenuarea admisa;
- caracteristicile amplitudine/frecventa si faza/ frecventa in banda de frecventa efectiv transmisa;
- puterea maxima si medie admisa a semnalelor transmise;
- felul perturbatiilor (ecoul, atenuarea de diafonie, distorsiunile armonice, intreruperile de scurta durata) si caracteristicile acestora;
- timpul de perturbare a semnalului;
- fiabilitatea canalului.

In functie de valorile acestor parametri electrici se determina capacitatea de transmitere a canalului analogic.

In sistemele de transmisiuni se folosesc urmatoarele tipuri de canale analogice:

- canale standard, cu banda de frecventa 300-3400 Hz, realizate prin mijloace de transmisie cu fir, radio, radiorelee, troposferice, cosmice etc.;
- canale utilizând frecvente mai mici de 300 Hz, realizate cu echipamente tonale de statii radio pe unde scurte si radiorelee;
- grupuri de canale telefonice realizate pe liniile de transmisiuni multicanal.

Unele caracteristici ale canalelor analogice cum ar fi variatia fazei si impulsurile parazite cu durata mai mica de 20 ms nu sunt percepute de receptorul acustic uman in timpul efectuării convorbirilor telefonice, dar au importanta in timpul transmișorilor de date.

4.4.3. Canalul digital

Modelul canalului discret evidentiaza ca la intrare se aplica o succesiune de simboluri discrete codificate $\{x_i=I\}$ care se aplica modemului in care se utilizeaza un tip de modulație (amplitudine, frecventa, faza), rezultând semnalele analogice (continue) ce se transmit prin canalul analog; la receptie semnalele sunt demodulate in modem, obținându-se semnalele $Y(t)$ reprezentate analogic sub forma: $y_i=x_i+\delta_i$ unde δ_i reprezinta deformarea semnalului discret, determinata de actiunea factorilor perturbatori din canalul analogic.

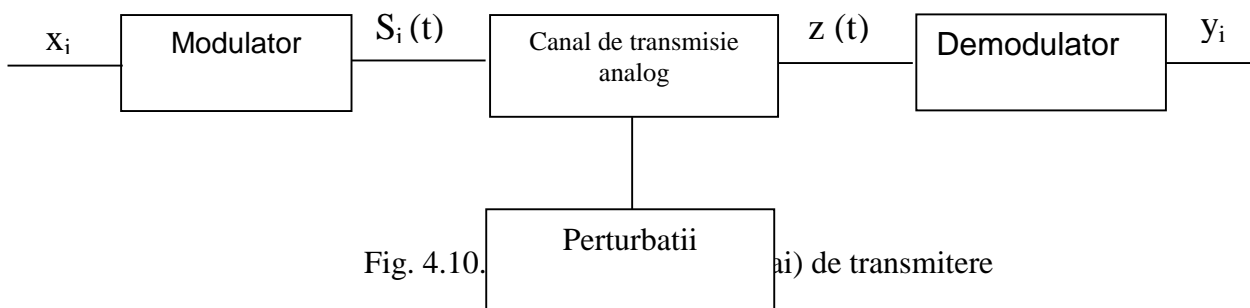


Fig. 4.10. (ai) de transmitere

În transmișterile de semnale digitale de o mare importanță este autenticitatea comunicațiilor. Canalele de comunicații analogice se pot utiliza pentru transmiterea de semnale continue (vorbitură, telegrafie tonală) cât și pentru transmiterea de semnale discrete (binare). În funcție de volumul traficului (telefonice și de date) se pot constitui rețele de comunicații separate sau unice.

Recomandările CCITT –ITU prevăd pentru comunicații de date (care utilizează canale de transmisie analogice) următoarea clasificare din punct de vedere al vitezei de transmitere:

- cu viteză mică de transmitere a datelor (50-200 b/s) realizate pe canale telegrafice;
- cu viteză medie de transmitere a datelor (600-1200 b/s) cu MF utilizând canale telefonice standard;
- cu viteză mare de transmitere (45-512 Kb/s) utilizând, prin multiplexare, banda de frecvență a unui grup de canale.

4.4.4. Parametrii și caracteristicile canalelor

Principalii parametri ai canalelor sunt:

- capacitatea maximă de transmitere a informațiilor;
- viteză maximă de transmitere a informațiilor;
- volumul informațiilor transmise;
- viteză reală de transmitere a informațiilor.

Calculul capacității canalului în unitatea de timp se face după formula lui Shannon:

$$C = B_c \lg_2 \left(1 + \frac{P_s}{P_{zg}} \right) [\text{bit/s}]. \quad (4.7.)$$

Formula permite determinarea capacității maxime a canalului continuu cu perturbatii sub forma zgomotului ales, pentru transmiterea diferitelor tipuri de comunicații. Relația a fost obținută prin condiții defavorabile de transmitere.

Pentru organizarea sistemelor de comunicații se utilizează viteze mari de transmitere care să ocupe cât mai complet capacitatea canalelor perturbate cu zgomot alb-gaussian și evaluarea limitelor preciziei cu care sunt recepționate informațiile cuprinse în comunicări.

Determinarea vitezei și preciziei se face pe baza teoremei centrale a transmisiilor informației preluate de CE Shannon, denumită și teorema codificării canalului cu perturbatii. Conform teoremei, dacă sursa și utilizatorul informațiilor pot fi adaptate nemijlocit cu canalul continuu de legătură, atunci o comunicare trimisă pe canal poate fi recepționată cu o probabilitate a erorii oricât de mică, dacă viteză V cu care se trimite informația, este egală sau mai mică decât capacitatea canalului, $V \leq C$. Deci viteză de transmitere a informației poate fi oricât de apropiată de capacitatea canalului, cu condiția ca viteză sursei de informații să nu depășească valoarea lui C , iar probabilitatea de eroare la recepție să fie oricât de mică. Din punct de vedere tehnic aceasta impune codificarea

comunicarilor prin blocuri suficient de lungi, ceea ce determina complicarea echipamentelor de codificare/decodificare si o întârziere insemnata a transmiterii informatiei.

Capacitatea de transmitere si viteza de transmitere se masoara in b/s, in formula logaritmul are baza 2. Daca se foloseste logaritmul in baza e (logaritm natural) atunci unitatea de masura se numeste nit/s, iar daca se foloseste logaritm zecimal unitatea de masura se numeste dit/s.

$$1 \text{ nit/s} = \lg_2 e = 1,44 \text{ b/s};$$

$$1 \text{ dit/s} = \lg_2 10 = 3,32 \text{ b/s}.$$

Pentru canalele telefonice, $\frac{P_s}{P_{zg}} = 1000$, aproximativ 30 dB, iar capacitatea

maxima de transmitere devine in conformitate cu formula 4.7:

$$C = B \lg_2 1001 = 3100 \cdot 10 = 31.000 \text{ b/s}. \quad (4.8.)$$

Pentru canalele telegrafice,

$$C = 25 \lg_2 4 = 50. [\text{Baud}] \quad (4.9.)$$

Se demonstreaza ca pe canalele ideale, dar in conditii reale, capacitatea maxima de transmitere este mai mica sau egala cu dublul latimii de banda (B), deci 2 biti/s pentru 1Hz.

In cazul canalelor reale si in conditii reale, capacitatea canalului scade pâna la 1 bit/s pentru 1 Hz, deoarece caracteristicile de atenuare si de faza in functie de frecventa nu se pot compensa complet iar distributia zgomotului real nu permite o adaptare maxima a semnalului la zgomotul existent in canal.

Un pas important in utilizarea eficienta a canalului si a liniilor de transmitere a informatiilor il reprezinta comunicatiile de date, in acest caz viteza de transmitere a datelor realizata (debitul de informatie) pe un canal telefonic in functie de modulatia realizata este de 9.600, 14.400, 19.200, 28.800 b/s fata de 14,8 simboluri/s cât se transmit pe majoritatea canalelor telefonice actuale.

4.4.5. Tipuri de canale si structuri de interfete

4.4.5.1. Tipuri de canale

Un canal reprezinta o parte specifica a informatiei transmisa printr-o interfata. Canalele sunt clasificate in tipuri de canale care au caracteristici comune. Canalele sunt combinate in structuri de interfete. O structura de interfata defineste capacitatea maxima de transfer a informatiei digitale printr-o interfata fizica.

a) Canalul B

Canalul B este un canal de 64 Kb/s care contine informatii de utilizator. Acest canal nu contine informatii de semnalizare pentru comutatiea circuitelor, necesare ISDN.

Informatiile de utilizator pot fi:

- voce codificata in concordanta cu Rec. G 711 cu debit 64 Kb/s;
- informatii de date corespunzatoare utilizatorilor cu comutatie de circuite sau comutatie de pachete;
- voce cu banda larga codificate in concordanta cu Rec. G 722, cu debit de 64 Kb/s;
- voce codificata cu un debit binar mai mic de 64 Kb/s, informatie care poate fi combinata cu alte informatii digitale.

Canalul B poate fi folosit pentru transportul de informatii care nu sunt conforme cu recomandarile CCITT.

Canalele B pot fi folosite pentru a obtine acces la o varietate de moduri de conexiune, ca de exemplu:

- comutatie de circuite (conexiuni transparente de 64 Kb/s);
- comutatie de pachete;

- conexiuni semi-permanente care pot folosi modurile de comutatie circuit sau pachet.

b) Canalul D

Canalul D este folosit in principal pentru transmiterea informatiilor de semnalizare necesare pentru comutatia circuitelor prin ISDN. Protocolul de semnalizare de link trebuie sa respecte recomandarile CCITT I. 440, I.441, I.450, si I.451.

Canalul D poate fi folosit si pentru transportul informatiilor de teleactionare sau transmisie de date cu comutatie de pachete.

Rata binara a canalului D depinde de tipul interfetei utilizate si ea este de 16 Kb/s pentru acces de baza si 64 Kb/s pentru accesul primar.

c) Canalele H sunt canale asociate fluxurilor de informatii cu debit binar mai mare de 64 Kb/s.

Aceste canale pot fi clasificate in canale compatibile cu ISDN de banda ingusta (H0, H11, H12) si canale compatibile cu ISDN de banda larga (H2, H4). Aceste canale sunt folosite pentru realizarea serviciilor de banda larga.

In tabelul 4.6. sunt prezentate canalele H standardizate de CCITT.

Tabelul 4.6.

Tip canal	Debit binar	Rec. CCITT	Observatii
H0	384 Kb/s	I.412	multiplu de 64 Kb/s multiplu de 64 Kb/s
H11	1.536 Kb/s	I.412	
H12	1.920 Kb/s	I.412	
H21	32.768 Kb/s	I.121	
H22	43 ÷ 45 Kb/s	I.121	
H4	132 ÷ 138,24 Kb/s	I.121	

CAPITOLUL VI SISTEME DE TRANSMISIUNI DIGITALE

6.1. CODURI DE LINIE UTILIZATE IN RETELELE DE COMUNICATII: AMI, HDB3

Pentru ca semnalul de la iesirea sistemului MIC sa poata fi transmis pe suportul de transmitere trebuie sa indeplineasca mai multe cerinte.

O prima cerinta este sa aiba o frecventa cât mai ridicata a transmisiilor între cele doua valori binare 0 si 1, cu alte cuvinte, sa nu contina succesiuni lungi de simboluri cu aceeași valoare binară (0 sau 1).

Prin aceasta devine posibil ca, la receptie si in punctele de regenerare semnalul de tact sa poata fi reconstituit cu relativa usurinta din semnalul multiplex PCM.

O alta conditie ce se impune este sa nu contina in spectrul sau componente de curent continuu sau de foarte joasa frecventa deoarece in acest caz, nu va putea traversa transformatoarele de izolare galvanica si simetrizare cu care trebuie terminate in mod obligatoriu perechile simetrice din cablu metalic.

Este obligatoriu sa permita detectarea in timpul traficului real a eventualelor erori de transmisie prin observarea unor abateri de la regulile de codare prestabilite.

Cerintele de mai sus pot fi indeplinite prin alegerea unor coduri de linie adecvate astfel încât semnalul in linie este transformat conform unuia din aceste coduri. Pentru intelegerea necesitatii codarii de linie se prezinta codul binar.

6.1.1 Codul binar

Bitii dintr-un semnal binar pot avea numai doua valori discrete notate simbolic cu „0” si „1”.

Codul binar poate aparea in doua forme si anume:

- cod NRZ (Non Return – to – Zero code)
- cod RZ (Return – to – Zero code) (fig. 6.1)

In cazul codului NRZ bitii individuali se succed fara nici o pauza, cu alte cuvinte, elementul binar isi mentine valoarea pe toata durata T a unei perioade de tact (fig. 6.1.)

In cadrul codului RZ, elementul binar isi mentine valoarea (0 sau 1) numai pe o semiperioada a semnalului de tact, luând in mod obligatoriu valoarea 0 pe durata celeilalte semiperioade (fig. 6.2.)

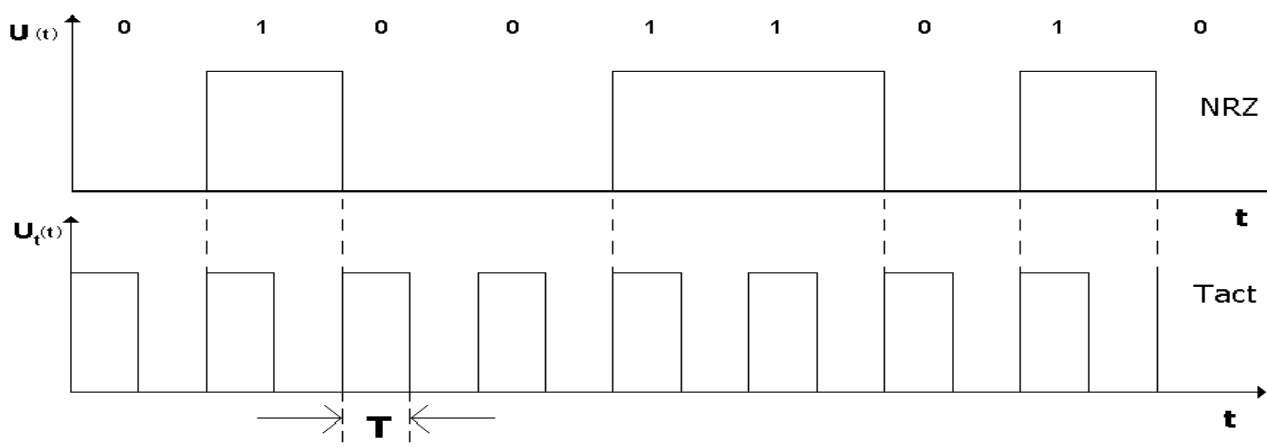


Fig. 6.1. Semnal binar in cod NRZ

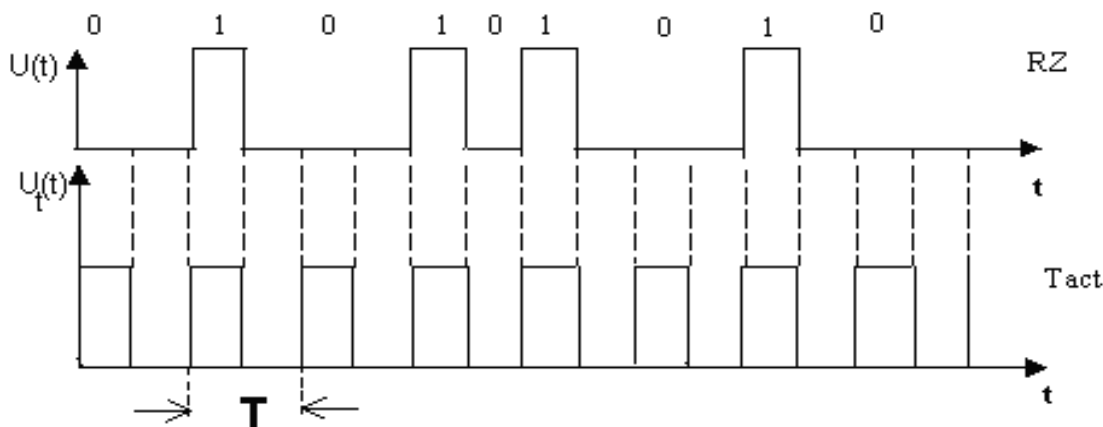


Fig. 6.2. Semnal binar in cod RZ

Un semnal in cod binar (NRZ sau RZ) este inadecvat pentru a fi transmis pe o linie, pe o pereche simetrica deoarece:

- contine o componenta continua care nu poate traversa transformatoarele de linie; in plus, aceasta componenta ar complica considerabil etajele de egalizare existente in regeneratoarele intermediare;

- reconstituirea semnalului de tact este ingreunata de succesiunile lungi de „zerouri“ care pot aparea atât la NRZ cât si la RZ; in plus, la forma NRZ, aceeași problema se poate pune si in cazul succesiunilor lungi de biti cu valoarea binara 1.

Neajunsurile aratate mai sus pot fi evitate prin folosirea codurilor „ternare“ (fiecare bit poate lua nu doua ci trei valori distincte notate simbolic cu +1, -1 si 0).

6.1.2 Codul AMI (Alternate Mark Inversion).

Conversia unui semnal AMI se realizeaza astfel (fig. 6.3):

- bitii de valoare 1 din semnal sunt redati in AMI prin impulsuri de tensiune care au alternativ polaritate pozitiva si negativa;

- bitii de valoare 0 din semnal sunt redati in AMI prin tensiune nula.

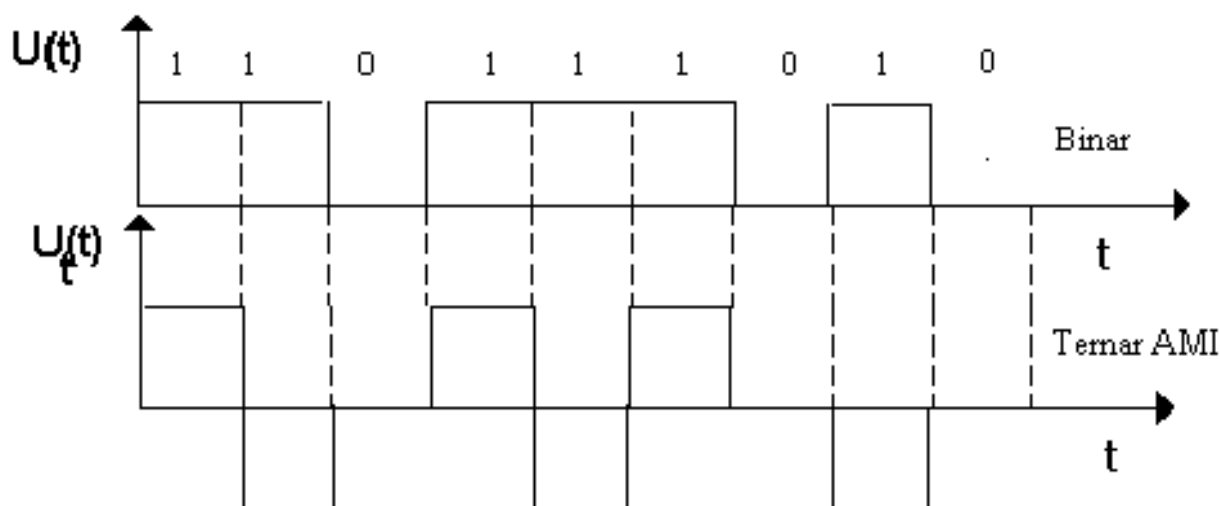


Fig. 6.3. Codul AMI

Astfel componenta continua se anuleaza iar succesiunea de simboluri cu valoarea 1 nu se realizeaza; in consecinta se poate reface semnalul de tact. Inconvenientul este nerezolvarea succesiunii lungi de simboluri cu valoarea binara 0, ceea ce face ca in sistemele moderne sa fie preferat codul AMI modificat.

6.1.3 Codul HDB3

Denumirea acestui cod (High Density Bipolar) indica faptul ca el asigura o densitate (frecventa) ridicata a impulsurilor cu polaritate alternativa. Cifra 3 indica faptul ca intr-un semnal prelucrat dupa acest cod nu apar niciodata mai mult de trei zerouri consecutive.

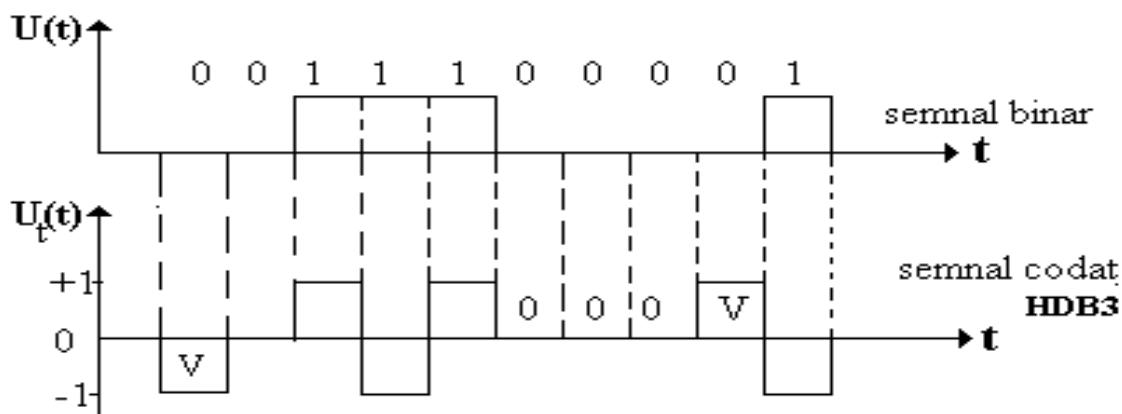
Codarea unui semnal binar se realizeaza dupa urmatoarele reguli (fig. 6.4):

a) se asociaza elementelor binare 1 impulsuri in linie de polaritati alternând ca semn cu o durata egala cu a elementului binar; elementului binar 0 ii corespunde absenta semnalului;

b) daca exista o secventa de 4 zerouri succesive atunci cel de-al patrulea zero se inlocuieste cu un element redundant V care poate fi recunoscut si poate fi eliminat la receptie deoarece are aceeasi polaritate cu elementul de semnal 1 anterior.

Elementele redundante V trebuie sa alterneze ca semn.

Fig. 6.4. Codul HDB 3 cu o succesiune de patru zerouri

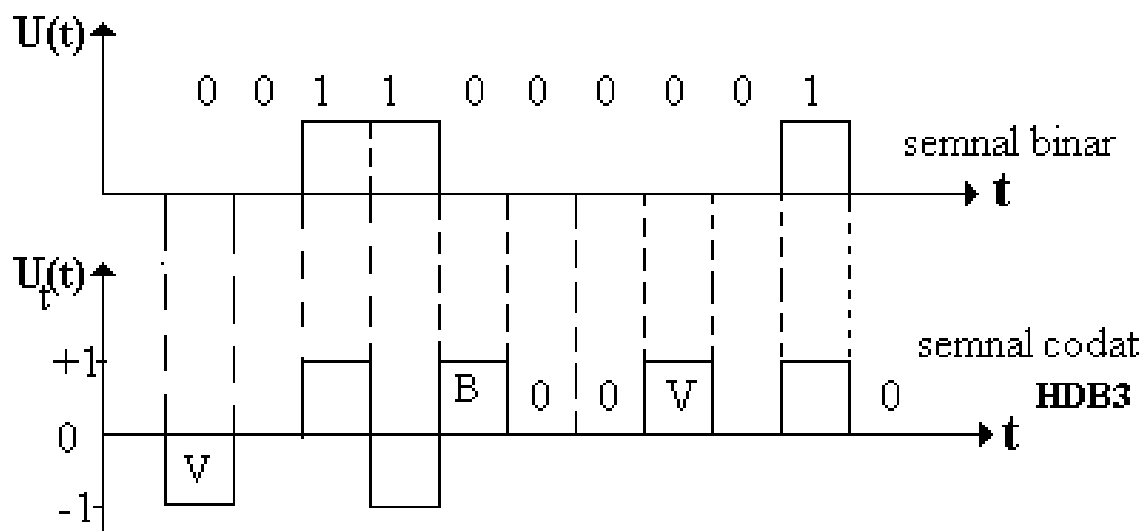


Atunci când regula nu poate fi aplicata direct se va introduce pe pozitia primului element din secventa de 4 zerouri succesive un element redundant de tip B care are polaritatea opusa cu elementul de semnal anterior. (fig. 6.5.)

Pe pozitia celui de-al patrulea zero se introduce elementul redundant de tip V care are aceeasi polaritate cu elementul B; deci se produce inlocuirea a 4 zerouri cu „B00V“.

Cele doua elemente redundante vor fi recunoscute de receptor pentru ca au aceeași polaritate și intervalul de timp dintre ele este egal cu durata a doua elemente binare.

Fig. 6.5. Codul HDB 3 cu o succesiune mai lungă de patru zerouri



6.2. ECHIPAMENTUL DE LINIE DIGITAL

Echipamentul de linie asigura transmitia de date la distante mari a semnalelor digitale cu ajutorul unitatilor terminale de linie si a repetoarelor regeneratoare.

6.2.1. Unitatea terminala de linie

Unitatea terminala de linie realizeaza interfata intre multiplexorul digital si liniile de transmitere având urmatoarele functii (fig. 6.6):

Ø la transmitere:

- generarea semnalului de linie in conformitate cu semnalul digital liniar;

Ø la receptie:

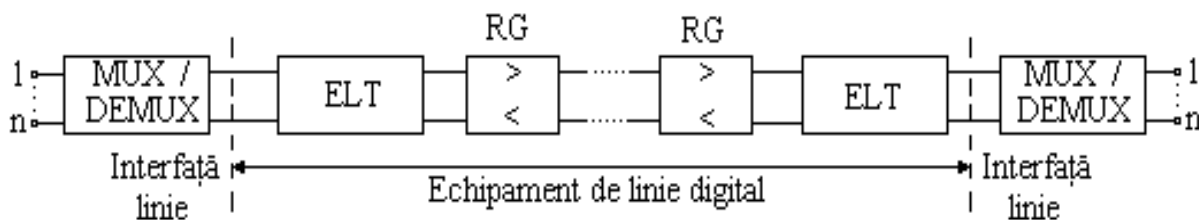
- amplificarea semnalului receptionat;
- extragerea semnalului de tact din semnalul receptionat;
- regenerarea semnalului de linie receptionat;
- codificarea semnalului de linie receptionat pentru a se obtine semnalul binar digital generat la transmitator;

Ø separarea galvanica a echipamentului de linia de transmisiuni;

Ø protectia echipamentelor terminale de supratensiuni (descarcari electrice atmosferice, influenta liniilor de mica si medie tensiune, etc.);

Ø telealimentarea regeneratoarelor.

Fig. 6.6. Echipament de linie digital



1,..., n – utilizatori

MUX / DEMUX realizeaza functia de multiplexare /demultiplexare

6.2.1.1. Regeneratoare

Semnalul ternar (semnalul de linie) care ajunge, dupa o anumita distanta, atenuat, deformat si perturbat la intrarea regeneratoarelor intermediare este amplificat si apoi refacut intr-un circuit numit egalizor (egalizator).

Caracteristica de atenuare in functie de frecventa a egalizorului este complementara celei din sectiunea din mediul fizic pe care semnalul tocmai a traversat-o, ceea ce face ca la iesirea din egalizor semnalul sa capete o forma in care distinctia intre valorile -1, 0, +1 sa redevina posibila.

Distanta dintre regeneratoare este in functie de mediul de transmitere. La transmitia prin cablu metalic aceasta distanta e de 2 – 4 km. In retelele de comunicatii nationale, distanta intre regeneratoare poate ajunge la 40 km. Este necesar in mod obiectiv realizarea unui raport semnal/zgomot cu punct de regenerare suficient de mare astfel incat sa se permita reconstituirea fara erori a semnalului digital.

6.2.2. Echipamentul PCM

Echipamentul PCM de ordinul 1 este un echipament de transmisie digitala care functioneaza cu un debit binar de 2048 kb/s, respecta recomandarea G-732 a CCITT si utilizeaza semnalizarea pe canal individual prin canalul temporar 16.

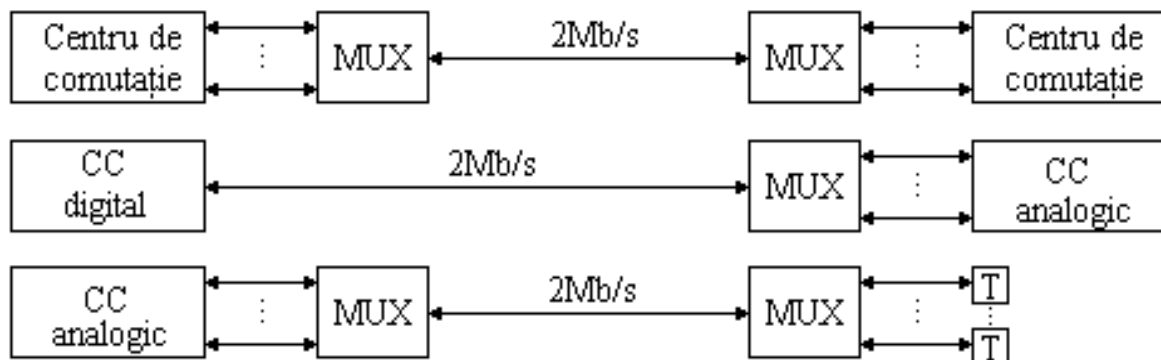
Echipamentul PCM este utilizat in retelele telefonice in urmatoarele situatii:

- Ø realizeaza interconectarea intre doua centrale analogice printr-o linie digitala pe 4 fire cu un debit de 2 Mb/s pentru 30 de canale de comunicatie;
- Ø asigura interconectarea intre o centrala analogica si una digitala;
- Ø permite conectarea a 30 de terminale la o centrala telefonica prin intermediul unei linii digitale.

Echipamentele PCM asigura trecerea progresiva de la retelele de comunicatie analogica la cea digitala. Echipamentele de linie de comunicatie pot realiza multiplexarea cailor vocale si a cailor de date sincrone de 64 kb/s sau pot combina cai vocale provenind de la echipamente analogice care utilizeaza semnalizari de diferite tipuri.

6.2.2.1. Aplicatii ale echipamentelor PCM de ordin 1

Fig. 6.7. Aplicatii ale echipamentului PCM



Echipamentul PCM dispune de unitati de cale care sunt interconectate printr-un bus intern la unitatea de comanda a multiplexarii. Aceasta structura permite realizarea insertiei sau a extragerii de canale telefonice sau de date intr-o unitate de tranzit precum si repartitia cailor PCM intre doua sau mai multe linii de 2 Mb/s (fig. 6.7).

La partea terminala a retelei de comunicatii exista un sistem multiplex de abonat care trebuie sa asigure urmatoarele functii standard:

- Ø transmiterea curentului de apel (de sonerie) spre postul telefonic apelat;
- Ø alimentarea terminalului telefonic in curent continuu;
- Ø detectia si semnalizarea spre centrala a semnalizarilor aparatului telefonic (starea inchis/deschis);
- Ø detectia si transmiterea spre centrala a semnalizarilor de la discul de apel.

Mai pot fi suplimentate urmatoarele functii:

- 3 transmiterea impulsurilor de teletaxare de 12, 16 kHz spre contorul terminalului telefonic;
- 3 verificarea echipamentului din centrala telefonica si a celui de abonat;
- 3 permiterea accesului la alte servicii: telex, fax si/sau transmisii de date.

Sistemul de 2 Mb/s contine doua parti principale:

- F unitatea de cai a multiplexului;

F unitatea de comanda a multiplexului. Aceste unitati sunt interconectate printr-un bus intern.

Unitatea de cai contine circuite de cale care asigura interfata pentru caile de convorbire si interfata de semnalizare. Semnalele de convorbire sunt esantionate si codate iar informatiile de semnalizare sunt convertite in semnale binare si transferate unitatii de logica de semnalizare. Unitatea de comanda a multiplexului realizeaza controlul multiplexului primar, respectiv formarea multiplexului de 2 Mb/s la emisia in linie sau separarea canalelor din fluxul digital receptionat din linie.

Cele mai importante unitati ale unei retele numerice sunt multiplexoarele temporale.

CAPITOLUL V RETELE DE COMUNICATII

5.1. STRUCTURA SI TOPOLOGIA RETELEI DE COMUNICATII

Termenul de topologie de retea se refera la dispunerea fizica in teren a elementelor care compun rețeaua de comunicare sau rețeaua de calculatoare. Topologia este termenul standard folosit când se fac referiri la configuratia spatiaa a rețelei. Termeni sinonimi: dispunere fizica, proiect, diagrama, harta.

Topologia unei rețele afecteaza direct performantele acesteia. Alegerea unei topologii in detrimentul alteia influenteaza tipul de echipament necesar, caracteristicile echipamentului, extinderea rețelei, modul in care este administrata rețeaua. Topologiile diferite necesita metode de comunicare diferite iar aceste metode au o mare influenta in rețea.

Structura topologica a unei rețele de comunicatii este prezentata in figura 5.1.

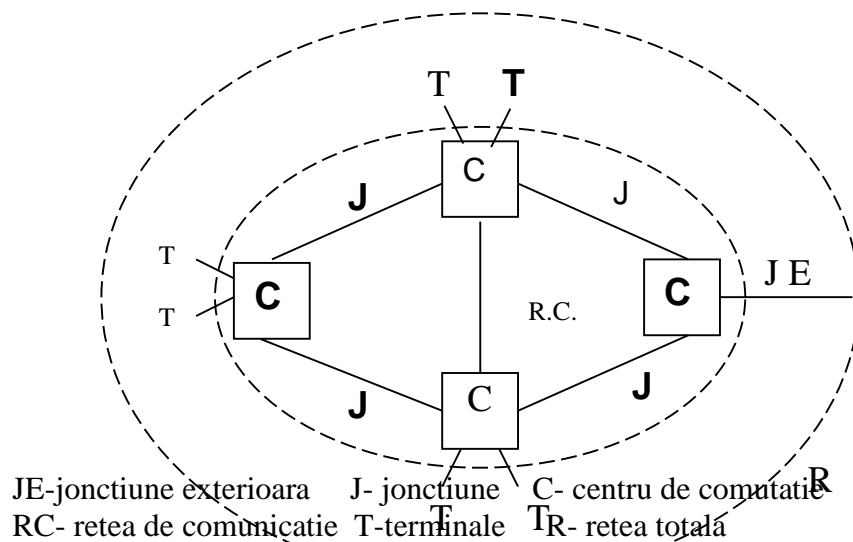


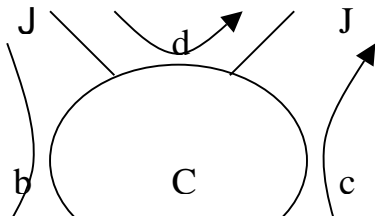
Fig. 5.1. Structura topologica a unei rețele de comunicatii

Funcțiile elementelor componente :

- a) terminalele executa procesele de aplicatie pentru utilizatori;
- b) centrul de comutație executa comutatia (stabilirea de conexiuni permanente, semipermanente sau temporale);
- c) jonctiunea realizeaza legaturile intre centrele de comutație;
- d) jonctiunea exterioară realizeaza legaturile cu alte rețele.

Din punct de vedere al administrarii rețelei trebuie subliniat ca terminalele nu intra in responsabilitatea operatorului de rețea (nu asigura numai transportul informatiei). Linia punctata delimiteaza rețeaua propriu-zisa (subrețeaua de transport sau comunicare) care nu include terminalele.

Topologiile sunt influentate de caracterul legaturilor realizate (punct la punct intre doua terminale sau cu difuziune intre un terminal si altele) cât si de tipurile de comutație (telefonica, de date, etc.). In cadrul subrețelei de comunicare un centru de comutație (C) poate executa mai multe tipuri de legaturi (criteriul de clasificare este raportul legaturii cu terminalele conectate in acel centru: locale, de tranzit, de intrare, de iesire).



- a) locala;
- b) de intrare;
- c) de iesire;
- d) de tranzit (intre doua jonctiuni).

Fig. 5.2. Tipuri de legaturi obtinute intr-un comutator

Principalele topologii utilizate pentru reseaua de comunicatii sunt:

- a) plasa (interconectare totala);
- b) retea poligonala (inel);
- c) retea in arbore cu 1, 2, 3 nivele.

In retelele mari exista structuri topologice mixte.

5.2. STRUCTURI DE RETELE

5.2.1. Reteaua in arbore (retea radiala)

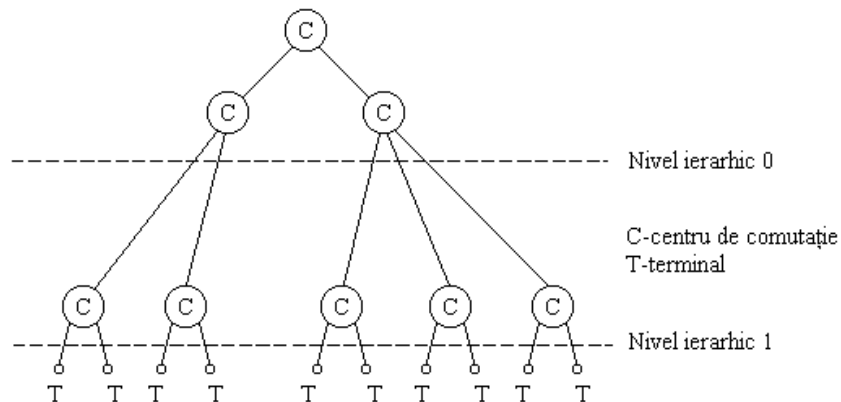
Centrele de comutatie C sunt interconectate intr-un sistem arbore cu mai multe nivele (fig. 5.3.).

Se observa la conexiunile intre doua terminale patrunderea in retea numai cât este necesar.

Avantajele rețelei in arbore sunt:

- economicitate;
- posibilitatea de ierarhizare a rețelei;
- lungime minima posibila a drumurilor prin retea.

Fig. 5.3. Structura in arbore.

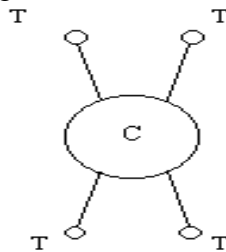


Dezavantajul major este inexistenta rețelei de rezerva.

Structura derivată din rețeaua in arbore cu un singur nivel este structura in stea:

1. Structura in stea (fig. 5.4.)

Fig. 5.4. Structura in stea.



Din aceasta structura rezulta alte tipuri de structuri:

a) BUS comun (fig. 5.5.)

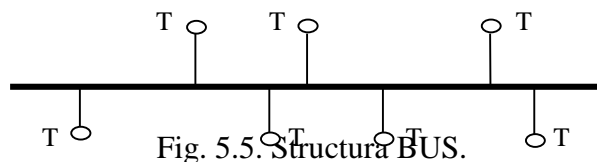


Fig. 5.5. Structura BUS.

Informația transmisă prin BUS are eticheta de adresă.

Funcția de comutare a fost transferată terminalelor care posedă inteligența necesară pentru a elabora și analiza mesajele cu adresă. Pe baza adresei conținută în fiecare mesaj – pachet de informație, acesta este recepționat și identificat de către unul sau mai mulți

destinatari. In retelele cu difuziune, centrul de comutatie se poate inlocui cu un mediu de transmisie, el neavând decât functia suport de transmisie a mesajelor care sunt receptionate de catre orice terminal.

b) Structura PBX (Private Branch Exchange)

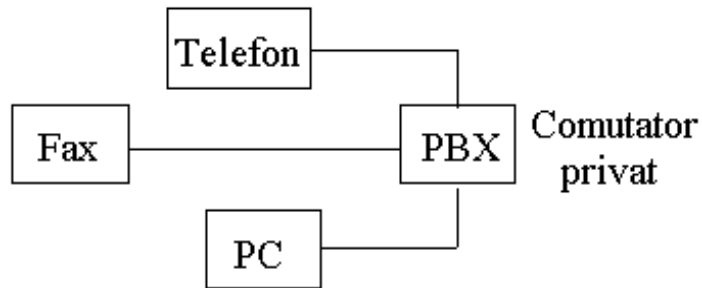


Fig. 5.6. Structura PBX.

c) Structuri prin satelit (fig. 5.7.).

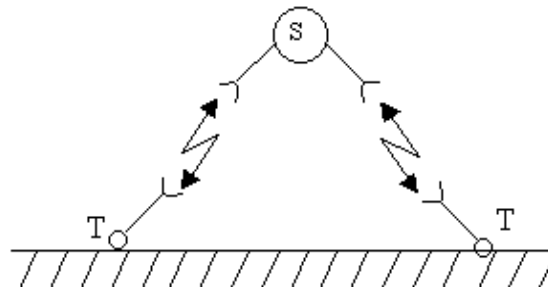


Fig. 5.7. Structura prin satelit

d) Inel cu jeton (Token – ring) (fig. 5.8.).

Exemplu: Fiber Distribution Data Interface (F.D.D.I.)

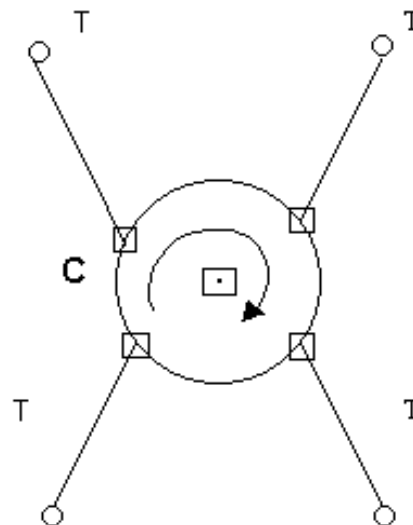


Fig. 5.8. Structura inel cu jeton.

Inelul unidirectional din figura 5.8. rezulta tot dintr-o configuratie stea cu un nivel, el este un suport comun pentru transmisia unidirectionala a mesajelor, fiind echivalat topologic cu centrul stelei.

Structurile prezentate anterior (bus comun, inel cu jeton sau retea satelit) presupun rezolvarea accesului la suport de catre terminalele T. Aceasta problema se rezolva de obicei prin diviziunea in timp cu alocare statica/dinamica a intervalelor de timp (canale temporale). In practica se foloseste structura cu doua inele bidirectionale care elimina dezavantajul fiabilitatii reduse a inelului monodirectional (fig. 5.9.), prin oportunitatea de reconfigurare in inel unidirectional.

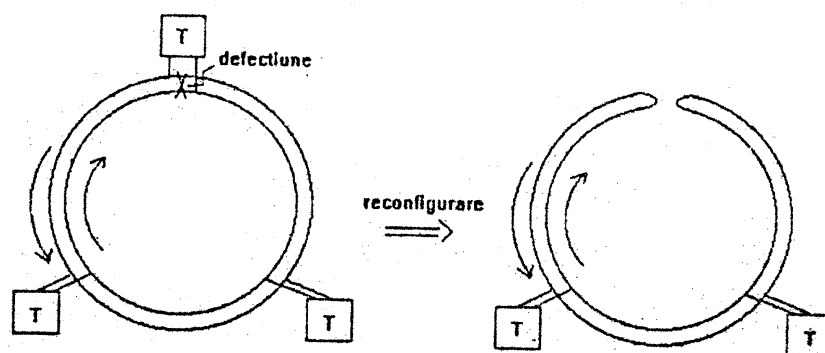


Fig. 5.9. Topologie dublu inel cu varianta de reconfigurare in inel unidirectional.

5.2.2. RETELE CU INTERCONECTARE TOTALA (TIP PLASA)

Se prezinta in figura 5.10. un asemenea tip de retea.

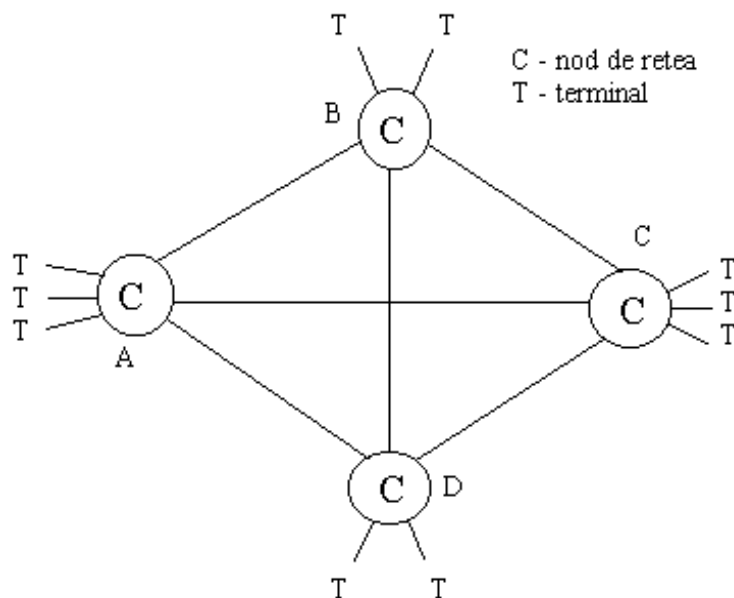


Fig. 5.10. Retea cu interconectare totala.

Centrele de comutatie se leaga intre ele pe principiul fiecare cu fiecare.

Avantaje:

- numar mare de jonctiunim
- rute de rezerva multiple.

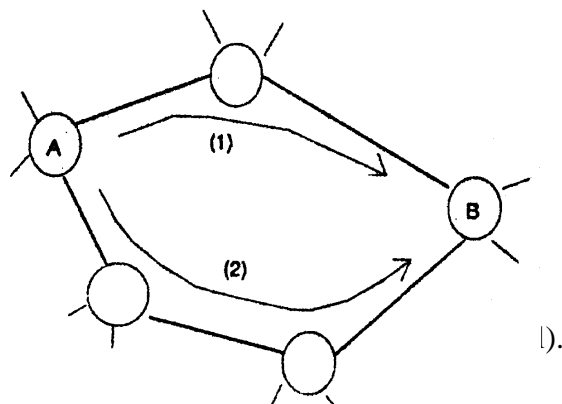
Dezavantaje: cost ridicat.

5.2.3. RETELE POLIGONALE (INEL)

Caracteristici:

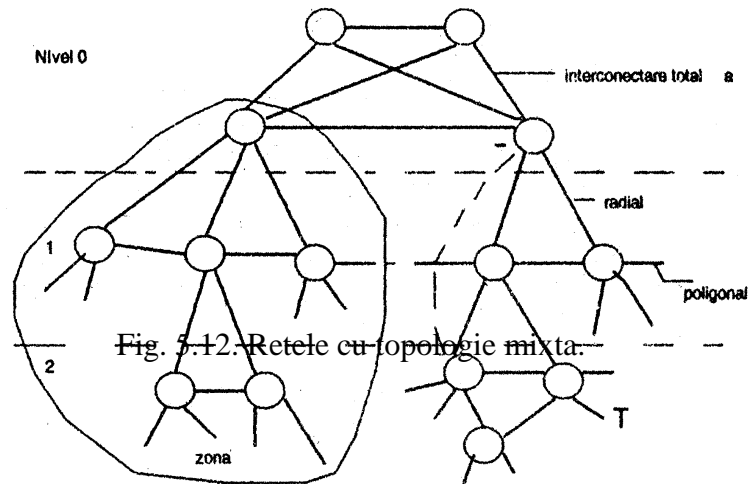
- au o fiabilitate ridicata si un cost mediu;
- ofera caracteristici medii: numar mic de jonctiuni (N jonctiuni pentru N centre);
- exista o ruta de rezerva pentru fiecare comunicatie;
- orice comutator trebuie sa asigure functii de comutatie locala si de tranzit. (fig.

5.11.)



5.2.4. RETELE CU TOPOLOGIE MIXTA.

Sunt distribuite pe arii geografice mari. Structurile au rezultat din considerente, altele decât cele strict tehnice (economice, de trafic, politice, militare etc.). Se prezinta un exemplu in fig. 5.12.



5.3. ARHITECTURI STRATIFICATE SI FUNCTIILE PENTRU NIVELELE FUNCTIONALE ALE SISTEMELOR DESCHISE

5.3.1. Arhitectura standard a sistemelor deschise

Modelul arhitectural al rețelei tehnice definește o mulțime de funcții și relațiile dintre ele, făcându-se abstracție de implementarea particulară a subsistemelor.

În modelul arhitectural, fiecare element de rețea (terminal, nod de rețea) implicat într-o comutație este dimensionat ca un sumator de nivele ierarhice, unele din nivele având sarcini de transport prin rețea a informației, iar alte nivele de prelucrări ale acesteia.

Stratificarea continuă și în interiorul celor două nivele, rezultând o arhitectură cu mai multe nivele; pentru rețelele de comunicații este acceptată arhitectura standard OSI (Open System Interconnection) de către ISO (International Standardization Organization).

Acest model de referință permite definirea standardelor informaționale privind schimbul de informații între terminale, rețele, procese care devin “deschise” una alteia și pot fi conectate la același sistem.

Prin respectarea standardelor admise pentru OSI se asigură posibilitatea interconectării, a cooperării sistemelor și transferul informațiilor utilizatorilor.

Există următoarele trei elemente importante introduse de OSI :

- *puncte de acces la servicii* (SAP- Service Acces Point), care definesc interfetele între nivele adiacente ;

- *primitive* ca bază a dialogului între nivele adiacente ;

- *protocoale* care reprezintă reguli pentru executarea dialogului între nivele de același ordin ale echipamentelor care se află în relație directă unul cu celălalt .

Criteriile potrivit cărora ISO a repartizat funcțiile pe nivele au fost:

- omogenizarea în interiorul fiecărui strat ;

- reducerea la minimum a interacțiunilor dintre nivele ;

- limitarea numărului de nivele la o valoare acceptabilă.

În modelul OSI, nivelele 1-3 conțin funcțiile necesare pentru transferul informațiilor prin rețea .

Nivelele ierarhice și organizarea ierarhică în sistemul de transmisiuni automatizat sunt prezentate în continuare într-un mod coerent și unitar.

Rolul unui nivel este de a realiza următoarele funcții:

- comunica cu entitatea de același nivel dintr-un alt subsistem la care este realizată conexiunea prin rețeaua tehnică, folosind un protocol de comunicație standardizat, specific nivelului;

- oferă servicii nivelelor superioare;

- solicită anumite servicii nivelelor inferioare.

Termenii de nivel sau strat folosiți în cadrul lucrării sunt sinonimi, în contextul OSI de multe ori la aceeași referință funcțională se utilizează atât exprimarea cu nivel cât și cea de strat.

Organizarea funcțiilor necesare pentru transmiterea și recepționarea informațiilor între sistemele de comutație numerice se face pe 7 nivele (straturi) ierarhice după cum urmează:

- nivelul 7 - stratul APLICATIE (cel mai înalt) – APPLICATION layer
- nivelul 6 - stratul PREZENTARE – PRESENTATION layer
- nivelul 5 - stratul SESIUNE – SESSION layer
- nivelul 4 - stratul TRANSPORT – TRANSPORT layer
- nivelul 3 - stratul RETEA – NETWORK layer
- nivelul 2 - stratul LEGATURI DE DATE – DATA LINK layer

- nivelul 1- stratul FIZIC (cel mai scazut) – PHYSICAL layer

In modelul OSI nivelele de baza (1-3) contin functiile necesare pentru transferul informatiilor prin retea.

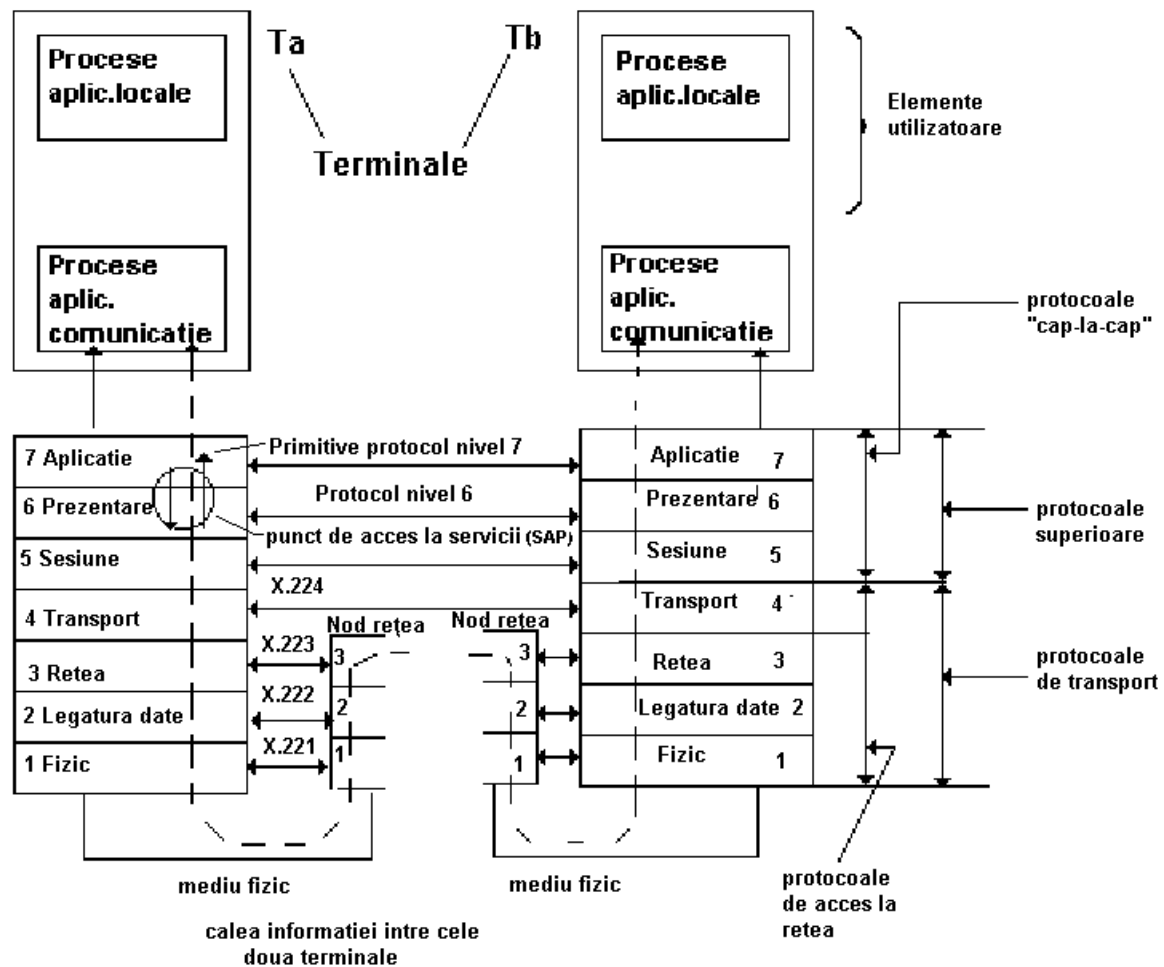


Fig. 5.13. Modelul de referinta al sistemelor deschise

5.3.2. DETALIEREA FUNCTIILOR NIVELELOR FUNCTIONALE DIN SISTEMUL TEHNIC STAR

NIVELUL 1 (FIZIC)

Nivelul FIZIC este singurul care mentine o legatura electrica cu elementele corespondente.

Celelalte nivele comunica cu nivelele omoloage prin conexiuni logice sau virtuale (programe sau proceduri software) din punct de vedere informational, evident prin acelasi si unicul nivel fizic.

Trateaza aspectele fizice (electrice, mecanice, procedurale) ale comutatiei.

Funcțiile tipice sunt:

- electrice;
- codificarea datelor binare;
- sincronizarea de bit;
- alimentare electrica;
- definirea modului de transmisie (full duplex, semiduplex, simplex);
- procedurale;
- stabilirea, mentinerea si eliberarea conexiunilor fizice;
- mecanice;
- definirea interfetelor fizice.

Sunt asociate cu nivelul fizic si urmatoarele functii:

- modularea si demodularea;
- semnalizarea vitezei de transmitere;
- transmiterea de date si semnale de conectare /deconectare;
- caracteristicile electrice ale mediului de comunicatie in retea tehnica: cabluri electrice, circuitele radio si radioreleu cu standarde EUROCOM.

In subsistemele STAR functiile nivelului fizic sunt incorporate in circuite integrate specializate.

Nivelul 1 comunica cu nivelul 2 prin primitive pentru activare/transfer de date/dezactivare.

Exista un bloc functional definit MANAGEMENT-STAR ce include functii pentru toate nivelele ce interactioneaza in particular cu nivelul 1 prin primitive speciale.

Pentru nivelul fizic nu are importanta felul in care sirurile de biti sunt grupate logic in unitati mai mari, nici semnificatia acestora, el pastreaza ordinea bitilor transmisi, dar nu poate asigura tratarea eventualelor erori de transmisie.

Caracteristicile mecanice.

Sunt definite la punctul de separatie dintre doua entitati de legaturi de date. Acest punct se materializeaza fizic intr-un conector de tip priza fiind specificate: felul conductorului, atribuirea la pini a circuitelor de transfer, arhitectura conectorului, aranjamente de montare a conectorului in rac, etc.

Caracteristicile electrice sunt stabilite fie prin specificatii la punctul de legatura intre nivelele 1 si 2, fie prin evidentierea caracteristicilor electrice ale generatoarelor si receptoarelor.

Privitor la interfete se apreciaza ca ele sunt echilibrate daca utilizeaza doi conductori, amândoi echilibrati fata de masa.

Lungimea conductorilor intre interfata terminalului si utilizator poate ajunge 200 m, dar in realitate se prefera de ordinul unitatilor sau zecilor de m.

Se prefera circuitele echilibrate care suporta lungimi intre interfete cu ordin de marime mai mare, cu viteze de trasmitere peste 20000 biti/s si cu slaba tendinta de interferenta.

NIVELUL 2 (LEGATURI DE DATE)

Obiectivul fundamental al nivelului este de a oferi nivelului 3 o legatura de date la nivel logic, fara erori. Interfata transmisa nivelului 3 se dirijeaza in blocuri sau cadre (pachete) de ordinul a sute de octeti in mod uzual.

Nivelul contine urmatoarele functii:

- stabilirea/eliberarea conexiunilor legaturii de date;
- schimbul de clase de servicii cu calitati/preturi diferite;
- mentinerea cadrelor in secventa normala, la emisie formeaza structura de cadru, iar la receptie se recunoaste aceasta structura, nivelul tine evidenta succesiunii cadrelor in scopul evitarii duplicarii/pierderii;
- semnalizarea catre nivelul 3 a detectarii erorilor;
- controlul de flux care reprezinta posibilitatea unui receptor de a controla rata de transmisie a unui transmitator pentru a evita depasirea capacitatii de memorie la receptie, protocoalele de nivel 2 sunt prevazute cu un asemenea control;
- selectarea optionala a unor parametri de calitate pentru serviciile efectuate;
- confirmarea exploatarii de date in cadre de la emisie pe sensul invers.

NIVELUL 3 RETEA

Nivelul comanda subretea de comunicatie.

Functiile realizate sunt :

- asigura stabilirea, deconectarea conexiunilor (conversii de viteze, protocoale);
- rutarea informatiilor prin retea: functia este puternic influentata de tipul comunicatiei;
- operatiile de taxare ale comunicatiei;
- controlul de flux informational de nivel 3.

Nivelul 3 are o sarcina speciala deoarece face separarea intre retea de comunicatii si terminale, prin aceea ca serviciile oferite de nivelul retea sunt de fapt cele oferite de subretea de comunicatie.

Nivelul 3 are posibilitatea de a asigura independenta in raport cu subretea de comunicatie si furnizarea spre nivelul transport a unei caracteristici pentru retelele esaloanelor tactice.

Serviciile de nivel 3 sunt de doua tipuri:

- orientarea pe conexiuni (cu fazele stabilite, transfer, eliberare);
- fara conexiuni (pachete independente).

Solutiile oferite de nivelul 3 sunt avantajoase deoarece ofera functii de nivel 3 complexe, (de exemplu controlul fluxului informational, controlul de erori) ca o consecinta este faptul ca SW de nivel 4 se simplifica considerabil.

Accesul la serviciile de nivel 3 se face prin primire corespunzatoare insotite de parametri.

Exemple de primitive de nivel 3:

- servicii cu conexiune de conectare (deconectare) transfer de date;
- servicii fara conexiune in care fiecare unitate poarta adresa destinatiei, iar la receptie se reorganizeaza mesajul.

Functiile de nivel 3 definite pentru retea telefonica sunt:

- prelucrarea primitivelor pentru comunicatie cu nivelul 2;
- generarea si interpretarea mesajelor la nivelul 3 pentru comunicatiile pereche;
- administrarea de entitati logice de nivelul 3;
- administrarea resurselor de acces (canalele B, D si canale logice pentru comutatie de pachete);

- verificarea compatibilitatii serviciului cu cel cerut de corespondent.

Pot exista si functii suplimentare, unele dintre ele sunt situate numai la nivelul 3 al nodurilor la retea:

- rutarea si retransmiterea;
- controlul conexiunilor la nivel retea;
- transportul informatiei spre/de la nivel 4;
- multiplexarea, demultiplexarea conexiunilor;
- segmentarea, reasamblarea;
- detectia si corectia erorilor la nivel 3;
- secventarea unitatilor de date;
- controlul congestiei si controlul de flux;
- functii de restart.

Nivelele 1-3 sunt numite nivele de baza sau nivele inferioare si cuprind functiile ce permit transferul informational intre sisteme.

Nivelele 4-7 sunt numite nivele superioare si corespund functiilor de tratare a informatiilor transmise si receptionate intre unitati dependente de tipul aplicatiei.

NIVELUL 4 TRANSPORT

Organizeaza datele in formatul protocolului unitatii de transport.

Stratul asigura ca toate datele emise sunt receptionate complet si in secventa corecta la echipamentul terminal.

Functiile de baza sunt:

- transmiterea mesajelor, acceptând date de la nivelul adiacent superior, respectiv stratul sesiune, divizându-le daca este cazul, in unitatile mai mici;
- multiplexarea/demultiplexarea conexiunilor retelei intre doua sau mai multe conexiuni de transport; multiplexarea este transparenta pentru nivelul sesiune;
- determina tipul de serviciu furnizat lui L5 ;
- controlul de flux;
- detecteaza erorile (pachete pierdute, denaturate, duplicate, fals emise, gresit numerotate);
- stabilirea conexiunilor, transferul datelor;
- eliberarea/deconectarea conexiunilor de transport.

Transferul fluxului in stratul de transport depinde de protocol, circuit virtual sau datagrama, utilizate in stratul retea.

NIVELUL 5 SESIUNE

Organizeaza datele in unitati de protocol de sesiune de date.

Functiile realizate de strat sunt:

- conducerea dialogului intre participantii la comunicatii prin utilizarea unui mesaj special numit jeton (token);
- sincronizarea/resincronizarea fluxului de date in sensul ca se permite reluarea unei sesiuni intrerupte anterior din punctul in care a fost intrerupta;
- deconectarea lenta sau brusca;

NIVELUL 6 PREZENTARE

Se ocupa cu sintaxa si semantica informatiei si nu cu functia de transfer.

Functiile realizate:

- transfera, cu sintaxa setului de caractere, siruri de text, formatele ecranului, grafice, organizarea fisierului de prezentare si a tipurilor de date;
- codarea/ decodarea si compactarea datelor;

- conversia de coduri;
- interpretarea setului de caractere;
- executa operatii de compresie, criptare respectiv decompresie si decriptare a datelor.

NIVELUL 7 APLICATIE

Este o fereastra intre mediul de comunicatie OSI si procesele de aplicatie, fiind singurul care nu este interferat cu altul mai inalt.

Stratul aplicatie prevede urmatoarele functii:

- intrarea LOGIN - identificarea partenerilor de comunicatie;
- cuvinte de trecere (parole) si nivele de autoritate;
- determinarea resurselor disponibile si necesare;
- sincronizarea cu diferite programe aplicative;
- selectarea procedurilor de dialog;
- determinarea responsabilitatilor in eliminarea erorilor;
- procedurile pentru controlul integritatii datelor;
- identificarea unor restrictii de sintaxa.

5.4. TEHNICI DE MULTIPLEXARE UTILIZATE IN RETELELE DE COMUNICATII. MULTIPLEXAREA TEMPORALA DIGITALA (MTD)

5.4.1. Principiul de baza al MTD

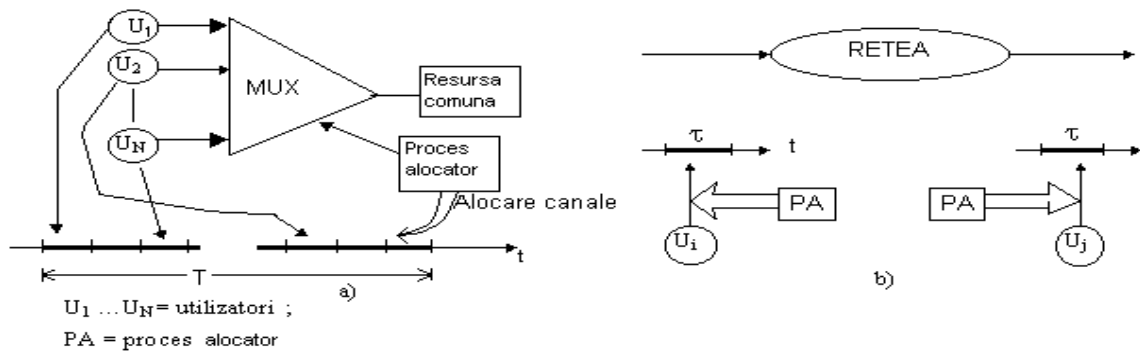
Multiplexarea temporală constă în partajarea în timp a unui suport fizic comun de către mai mulți utilizatori care au acces la suport. Acestora li se alocă suportul în anumite intervale de timp, numite și canale temporale.

Un cadru temporal reprezintă un interval de timp conținând informația dintr-un număr $n \geq 1$ canale temporale. Alocarea intervalelor de timp (canalelor) pentru diverși utilizatori se face de către un proces alocator. Alocarea poate să fie fixă sau dinamică, iar duratele canalelor pot fi egale sau inegale.

a – utilizarea unei resurse comune

b – utilizarea unui suport de comunicație comun.

Fig. 5.14. Principiul multiplexării temporale



Un proces alocator, alocă intervalele de timp (canalele) ale cadrului T , pentru utilizatorii U_1, \dots, U_N .

Alocarea poate fi variabilă în timp, și de asemenea numărul de canale temporale. În sistemele de comutație apare în plus problema identificării și delimitării în timp a cadrelor și canalelor, deoarece informațiile introduse pe suport de un utilizator U_i (într-un interval de timp alocat lui), trebuie transportate până la un alt utilizator U_j în alt interval de timp.

5.4.2. Metode de partajare temporară a suportului

Se disting două clase de partajare:

- cu cadre ciclice;
- cu cadre aciclice.

Cadrele ciclice reprezintă intervale de timp constante și adiacente. Fiecare cadru poate fi divizat la rândul său în $n \geq 1$ canale temporale de dimensiuni egale sau diferite.

Cadrele aciclice sunt intervale de timp de lungime variabilă care conțin informația, separate între ele prin „pauze variabile”.

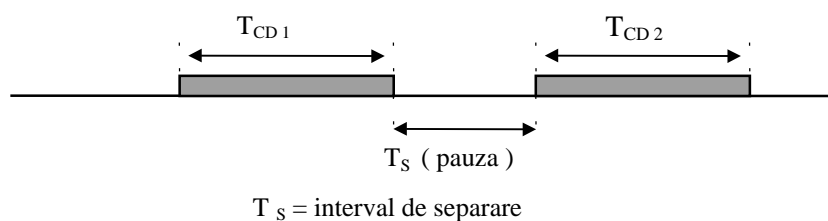


Fig. 5.15. Reprezentarea cadrelor aciclice.

Alocarea canalelor temporale poate fi:

- alocare fixa in care procesul alocator alocă câte un canal temporal fiecarui utilizator U_i , indiferent dacă terminalul respectiv este activ sau nu. Aceasta alocare se mai numește „cu canale individuale“ (ex: sistemul PCM);

- alocare dinamica ce consta in faptul ca utilizatorii multiplexului pot ocupa diverse canale din cadrul temporal, in functie de necesitatea comunicatiei cu un anumit debit. Suportul devine astfel resursa comuna tuturor utilizatorilor multiplexului. Aceasta alocare se mai numește „cu canale comune“.

Pentru alocarea fixa, debitul binar pe canal temporal este constant si este dat de relatia:

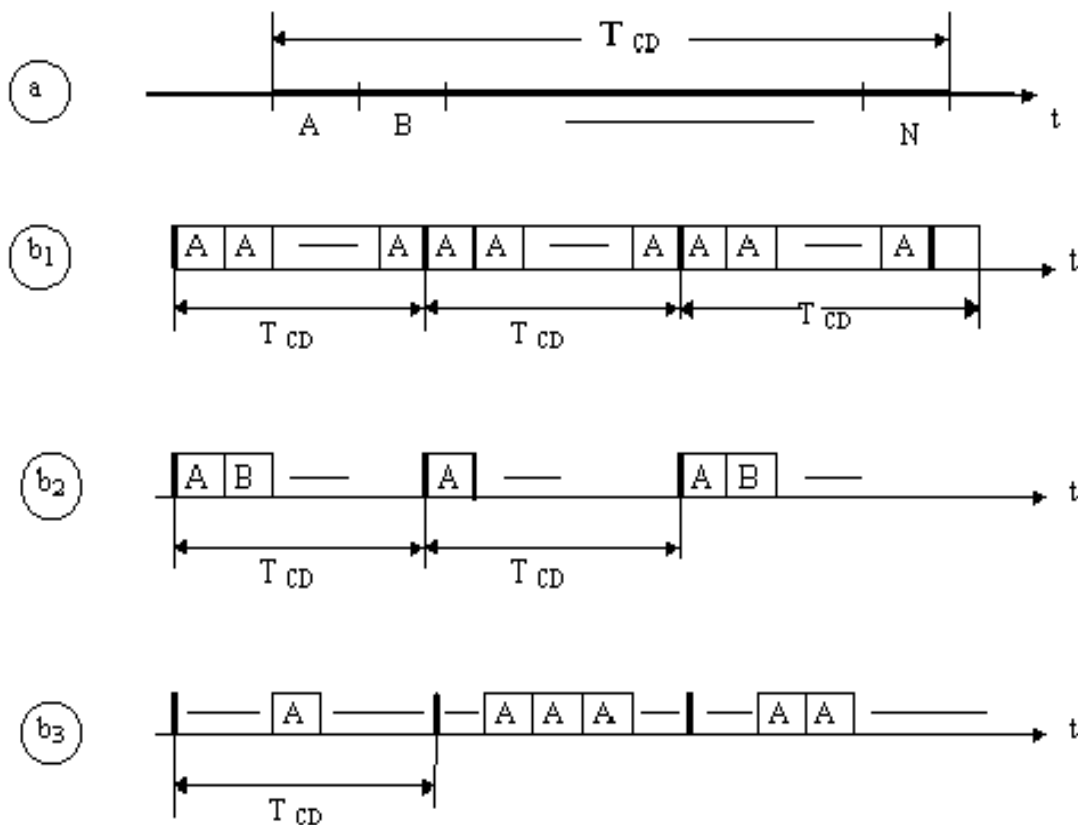
$$D_C = \frac{n}{T}; \text{ unde } n = \text{numarul de biti/canal},$$

T = durata cadrului.

(De exemplu, in cazul PCM, $T = 125\mu s$, $n = 8$, $D_C = 64 \text{ Kb/s}$).

Pentru alocarea dinamica (cazul ATM), debitul binar global disponibil al sistemului este oferit in comun mai multor utilizatori, care nu il folosesc inasa decât in anumite intervale de timp.

In figura 5.16. se prezinta principiul multiplexarii cu cadre ciclice si alocare fixa si dinamica.



a – cu alocare fixa a canalelor (canale individuale);

b – cu alocare dinamica a canalelor.

Fig. 5.16. Multiplexarea cu cadre ciclice

In cazul a, utilizatorii A, B, ..., N primesc câte un canal temporal de durata T/N , aceasta alocare rămânând constanta. Fiecare utilizator are la dispozitie un debit binar $D_C = \frac{D_{CD}}{N}$, unde D_{CD} reprezinta debitul binar total al cadrului.

In cazul b_1 , utilizatorul A are alocate toate canalele din cadru. Rezulta pentru utilizatorul A un debit constant $D_A = D_{CD}$. In cazul b_2 se arata posibilitatea lucrului cu debite constante, dar diferite intre ele. Debitul alocat lui A este dublu fata de cel al lui B.

In cazul b_3 se aloca dinamic canalele pentru utilizatorul A (se obtine astfel o functie de multiplexor dinamic sincron).

Cadredele aciclice sunt intervale de timp de lungime variabila, separate prin pauze variabile. Caracterul asincron este mai mult sau mai putin pronuntat:

- asincronism total, in care cadrele au lungimi variabile si nu exista ritm comun la nivelul elementului de semnal (bit) iar intervalele dintre cadre sunt de asemenea variabile;
- asincronism partial, in care cadrele au lungimi variabile, dar cu ritm comun de tact la nivel de bit, separate intre ele prin intervale variabile.

Sistemele aciclice au unele caracteristici asemanatoare celor cu cadre ciclice si canale comune (alocare dinamica):

- ocuparea suportului numai de catre utilizatorii activi;
- capacitatea de transport (debitul) oferita de suport este comuna tuturor utilizatorilor;
- caracterul dinamic al multiplexarii.

Comparând între ele cele doua metode de alocare fixa/dinamica a intervalelor de timp, se constata ca:

- alocarea fixa este adecvata comutatiei de circuite (prin circuit intelegând un mediu de comunicatie existent simultan între doua puncte din retea);
- alocarea dinamica este adecvata comutatiei cu memorare si retransmitere a fractiunilor de mesaj (pachete), care sosesc la intervale de timp de regula aleatoare; între sursa si destinatie se stabileste numai o asociere logica (circuit virtual), sau nu exista nici o asociere (cazul datagramelor).

Dintre cele trei metode cea mai cuprinzatoare ca functionalitate este multiplexarea cu cadre ciclice si alocare dinamica, care ofera si caracteristici de mod „circuit“ si mod „pachet“.

5.4.3. Identificarea cadrelor si canalelor

Mesajele multiplexate trebuie sa ajunga la destinatie pentru utilizatorii corespondenti. Demultiplexorul trebuie sa cunoasca si sa refaca din semnalul receptionat informatia de partaj temporal si sa execute demultiplexarea propriu-zisa, adica distribuirea informatiilor pe canalele paralele de la iesire.

5.4.3.1. Identificarea cadrelor

In sistemele cu alocare fixa si cadre ciclice se utilizeaza cuvinte de sincronizare de cadru (coduri binare plasate la inceputul cadrului sau distribuite in interiorul cadrului). In aceste sisteme, suportul nu este utilizat in permanenta. Codurile de sincronizare se introduc astfel in mod aleator in canalele libere ramase. Dupa intrarea in sincronism a sistemului se pot numara elementele binare si se recunosc cuvintele de sincronizare (fig. 5.17.).

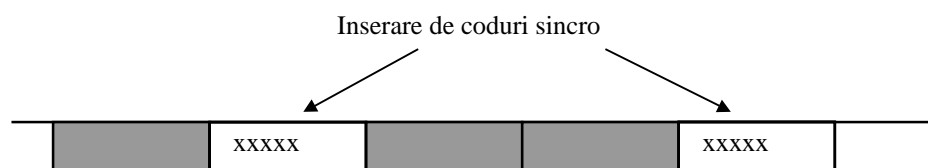


Fig. 5.17. Delimitarea cadrelor ciclice cu canale comune

În sistemele cu cadre aciclice este necesară identificarea fiecărui cadru în parte. Se pot utiliza mai multe metode:

- inserarea sistematică de cuvinte sincro (flag-uri) între cadrele de informație (fig. 5.18.)

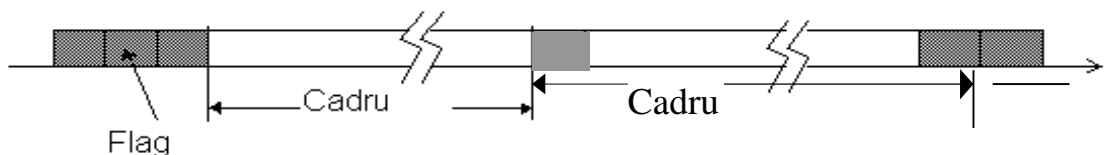


Fig. 5.18. Inserarea de cuvinte de sincronizare (flag-uri)

- încadrarea între două flag-uri a fiecărui cadru, după flag-ul de închidere a cadrului se transmite pe suport un semnal pauză (siruri de 1 logic) (fig. 5.19.):

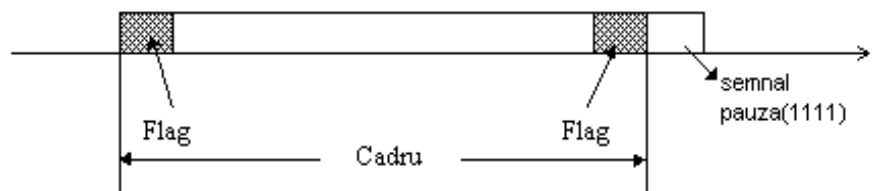


Fig. 5.19. Inserarea între flag-uri a cadrelor.

- utilizarea unui singur flag de început și a unui indicator de lungime a cadrului (fig. 5.20.).

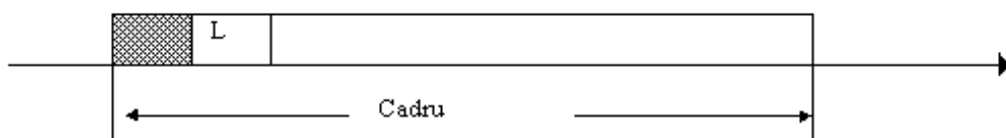


Fig. 5.20. Utilizarea unui flag și a unui indicator de lungime a cadrului

5.4.3.2. Identificarea canalelor

În sistemele cu cadre ciclice și alocare fixă a intervalelor de timp, identificarea unui canal temporal se face implicit prin poziția sa în cadru.

În sistemele cu cadre ciclice/aciclice și alocare dinamică, identificarea unui canal se face explicit prin inserarea de informații de identitate, chiar în blocul de date transmis prin canal.

5.5. FUNCTIA DE COMUTATIE IN RETELELE DE COMUNICATII

5.5.1. Introducere

Centrul de comutatie (nodul de retea) are rolul de a dirija informatiile unui utilizator sosite pe un port de intrare, pe baza informatiilor continute in mesaj sau livrate la inceputul stabilirii comunicatiei, catre un port de iesire la care este legat utilizatorul destinatie.

Metode de comutatie folosite:

- comutatie de circuite – in care intre punctele de comutatie exista pe durata comunicatiei un canal (circuit) transparent;
- comutatie de pachete/mesaje in care datele componente ale unui mesaj se memoreaza si retransmit (store and forward) in fiecare nod al retelei.

5.5.2. Principiile de realizare a comutatiei

5.5.2.1. Comutatie spatiala si temporala

a) Comutatie spatiala

Se defineste functia $f : I \rightarrow E$

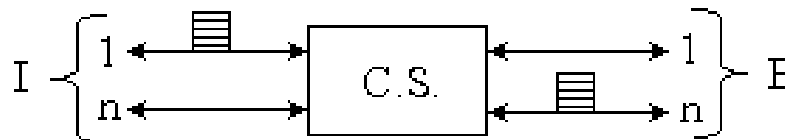


Fig. 5.21. Functia de comutatie spatiala.

Consideram un centru de comutatie (nod de retea) ce are doua multimi de acces:

- multimea intrarilor I ,
- multimea iesirilor E .

Comutatie spatiala este o functie care asociaza unei intrari $i \in I$ o iesire $j \in E$.

Distingem urmatoarele cazuri:

- $I \cap E = \emptyset \rightarrow$ comutator de tranzit
- $I = E \rightarrow$ comutator local
- $I \cap E \neq \emptyset \rightarrow$ comutator mixt

Aceasta comutatie spatiala reprezinta corespondenta $i \rightarrow j$, unde $i \in I$ si $j \in E$.

Relatia este valabila intr-un interval de timp care este inclus in intervalul τ al comutatiei $i \rightarrow j$, dar nu este obligatoriu ca cele doua intervale sa fie identice (daca informatiile de la intrare sosesc cu o anumita periodicitate, atunci conexiunea $i \rightarrow j$ se executa numai in perioadele respective).

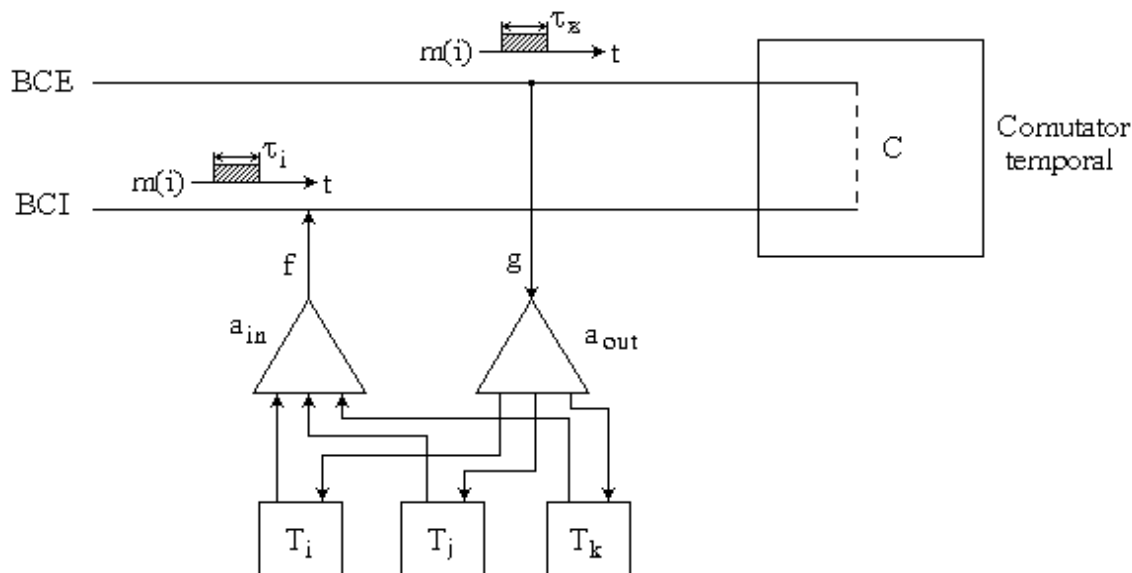
b) Comutatie temporala

Consideram o resursa comuna, suport de transmisie partajata in timp intre mai multi utilizatori. Fiecare utilizator poate alocata resursa un anumit interval de timp (canal temporal). Prin suport se transmit mesajele utilizatorilor dupa o metoda de alocare a intervalelor.

Comutatie temporală reprezinta posibilitatea de acces a unui utilizator U_j in intervalul de timp in care s-a transmis informatia lui U_i pentru a fi receptionata.

În cazul comutatiei temporale, suportul comun partajat este bus-ul, care poate fi bus comun de intrare (BCI) și bus comun de ieșire (BCE).

Fig. 5.22. Comutatie temporală.



Suportul este partajat în timp între utilizatori $U_1 \div U_n$ cu ajutorul a două funcții:

- funcția de alocare prin diviziune în timp pentru utilizatorii $U_1 \div U_n$ (ca surse) a bus-ului comun de intrare BCI – f ;
- funcția de alocare a bus-ului comun de ieșire BCE spre utilizatorii $U_1 \div U_n$ (ca destinație) – g .

Modurile de realizare a funcțiilor de alocare pentru acces la suportul multiplexat f , g și c determină un tip particular de comutație.

Comutatorul poate fi centralizat sau distribuit.

5.5.2.2. Comutatie centralizata

În cazul comutatiei centralizate, funcția de comutație este încorporată în comutatorul spațial-temporal.

Comutatorul poate fi considerat ca o rețea cu un singur nod.

Structura unui comutator spațial-temporal este prezentată în figura 5.23.

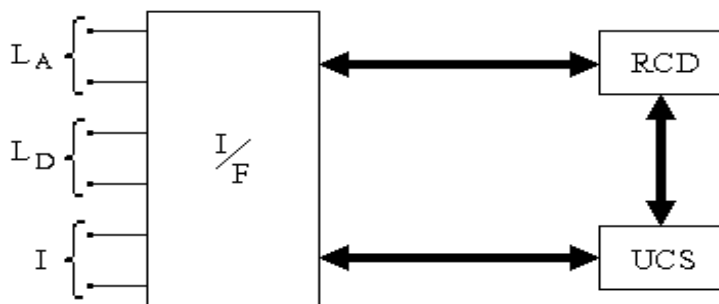


Fig. 5.23. Schema bloc a unui comutator digital

I/F – interfata de linii de terminal si jonctiune unde se conecteaza abonatii analogici pe liniile L_A , abonatii digitali pe L_D si trunchiurile CTA si alte comutatii prin jonctiuni.

UCS – Unitatea de comanda si semnalizari

RCD – Retea de conexiune digitala

RCD (comutatorul propriu-zis) are urmatoarele functii:

- de a stabili legaturi transparente in cazul comutatiei de circuite;
- buffer de memorie (MT) in cazul comutatiei prin memorare si retransmitere (STORE AND FORWARD).

Caracteristici:

- efectueaza comutatii temporale si spatiale;
- realizeaza multiplexari cu diviziune in timp;
- formatul este de semnal digital.

I/F – interfata cu linii de abonat analogice, digitale, jonctiuni pentru legaturi cu alte centre de comutatie, trunchiuri CTA.

UCS – având functiile:

a) pentru comutatia de circuite comanda stabilirea, mentinerea, supravegherea si eliberarea conexiunilor temporale prin RCD, precum si tratarea, semnalizarea, exploatarea si intretinerea sistemului;

b) pentru comutatia de pachete, comanda receptionarii si memorarii pachetelor de pe liniile de intrare, determinarea directiilor de rutare si organizarea de cozi pe liniile de asteptare.

5.5.2.3. Comutatia distribuita în retelele LAN

Comutatia distribuita în retelele LAN sau cu trafic integrat (voce+date) este caracterizata prin existenta unor suporturi comune: bus, ring, arbore la care sunt conectate statiile.

Diferenta dintre comutatia centralizata si cea distribuita:

- comutatia centralizata distribuie mesajele la destinatie potrivit informatiei de adresa a destinatiei;
- în comutatia distribuita fiecare statie extrage mesajele destinate ei de pe suportul comun recunoscându-le dupa informatia de adresa de destinatie.

5.5.3. COMUTATIA SPATIALA

Se realizeaza cu ajutorul retelelor de conexiune (de interconectare).

Fiecare ruta fizica prin retea constituie o resursa unica alocata (permanent/temporar) pentru comunicarea mesajelor intre doi utilizatori.

O data cu dezvoltarea tehnologiei digitale, retelele spatiale s-au multiplicat virtual prin folosirea liniilor fizice cu multiplexare in timp rezultând comutatoare combinate spatial/temporale.

Rețelele de conexiune spatiale mai sunt utilizate frecvent in sistemul multiprocesor si calculatoare paralele pentru a permite accesul multiplu al procesoarelor la memorii sau comunicatie intre procesoare.

Rețelele de conexiune pot fi statice (nu implica comutatii spatiale) sau dinamice (implica comutatii spatiale).

Topologiile de comutatii statice includ:

- bus;
- inel;
- arbore;
- stea;
- plasa;
- interconectare totala.

Rețelele de conexiune dinamice sunt configurate variabil in timp datorita comutatiei incluse care modifica legaturile (conexiunile).

5.5.3.1. Comutatorul cu treapta si doua trepte

Cel mai simplu comutator spatial este cel cu o singura treapta sau etaj de tip crossbar.

Este un principiu in care exista o matrice $N \times M$ având N intrari si M iesiri.

La fiecare intersectie se afla un punct de conexiune care poate fi blocat sau in conductie.

Se pune in legatura o linie orizontala (la intrare) cu una de iesire verticala, in mod neconditionat, independent de starea altor puncte de conexiune.

La comutator intereseaza economicitatea (numarul de puncte de conexiune), probabilitatea de blocaj intern, simplitatea comenzii, usurinta de implementare, existenta subsistemelor redondante pentru cresterea fiabilitatii.

Blocajul intern reprezinta situatia când exista o iesire libera dar nu exista drum pâna la ea prin interiorul comutatorului.

Blocajul extern reprezinta situatia in care toate iesirile din comutator sunt ocupate.

Limitarile comutatorului spatial:

– numarul de puncte de conexiune creste proportional cu n^2 ceea ce duce la cost mare pentru capacitati mari;

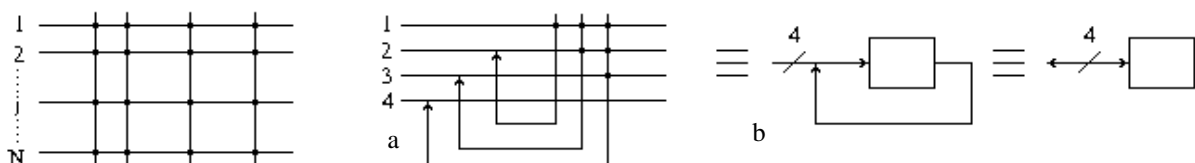
– defectarea unui punct de conexiune interzice accesul intrarii la iesire;

– utilizare ineficienta (sunt utilizate cel mult n puncte din totalul $N \times M$).

In practica, structura matriceala se întâlnește sub forma $N \times N$ (comutator patrat), $N \times M$ ($N > M$) concentrator (numar mai mare de intrari) sau $N \times M$ ($N < M$) distribuitor.

Dimensiunile N si M se aleg astfel încât comutatorul sa intre intr-un circuit integrat. }n figura 5.24 a se prezinta un comutator de tip $N \times M$, iar in figura 5.24 b un comutator local.

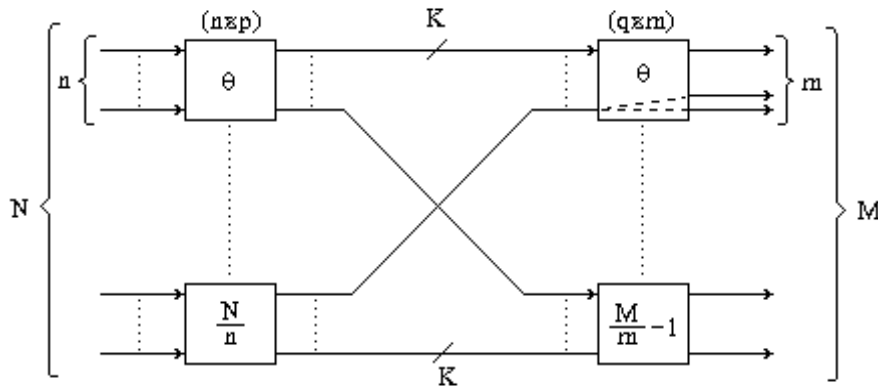
Fig. 5.24. Rețele de conexiune in treapta.



Din structura comutatorului cu o treapta se obtine comutatorul cu 2 trepte la care conectarea treptelor 1 si 2 se face conform principiului accesibilitatii totale, adica orice punct de acces de intrare sa aiba acces la orice iesire.

Se poate observa din figura ca la o matrice din treapta întâi pleaca un fascicol sau un link la orice matrice din treapta a doua.

Fig. 5.25. Retele de conexiune cu 2 trepte.



In cazul comutatiei electronice, de regula, traseele sunt electric unidirectionate astfel încât o comunicare ($i \leftrightarrow j$) între două puncte de acces necesita două drumuri prin RC (retea de comutatie) si anume: $i \rightarrow j$ si $i \leftarrow j$.

Este folosit pentru capacitati mici sau ca elemente pentru comutatorul cu trei trepte.

In figura 5.25. se prezinta structura unui comutator spatial dreptunghiular cu doua trepte de matrice. Numarul de matrice din treapta întâi este N/n , unde n este numarul de intrari intr-o matrice, iar numarul de matrice din treapta a doua este M/m .

Interconectarea treptelor 1 si 2 se face conform principiului interconectarii totale (orice punct de acces de intrare sa aiba acces la orice iesire).

Legaturile dintre matricele din cele doua trepte se face prin k linkuri.

Reteaua de comutatie cu doua trepte se poate utiliza ca element constructiv pentru retelele cu patru trepte.

Numarul de puncte de conexiune este sensibil mai mic decât la reseaua cu o treapta dar apare blocajul intern mai frecvent.

De exemplu, la comutatorul patrat $N \times N$ si pentru $k=1$, numarul de puncte de conexiune este:

$$N_{pc} = \frac{2N^2}{n}. \quad (5.1)$$

Este cu un ordin de marime mai mic decât la structura cu o treapta.

In retelele cu mai mult de doua trepte exista avantajul drumurilor multiple între două puncte de acces.

5.5.4. REALIZAREA COMUTATIEI TEMPORALE

5.5.4.1. Introducere

Multiplexorul primar MIC standard CEPT cu viteza de 2048 Kb/s este un sistem cu cadre ciclice si alocare fixa a canalelor.

In standardul CEPT, primul nivel ierarhic il constituie multiplexul primar obtinut prin fenomenele:

- esantionare cu 8 KHz a semnalelor analogice cu banda limitata la 3400 Hz;
- intercalarea in timp a seriilor de esantionare si obtinerea canalelor temporale;

- codificarea numerică a fiecărui esanțion;
- adăugarea unor coduri speciale pentru formarea cadrului MIC și anume în canalul 0 se introduce cuvântul de sincronizare de cadru, și respectiv în canalul 15 se introduc coduri speciale pentru semnalizare;
- formarea unor structuri multicadru de semnalizare care sunt alcătuite din mai multe cadre succesive.

Caracteristicile principale ale multiplexului primar MIC 30/32 sunt:

- numărul total de canale 32
- numărul de canale pentru utilizatori 30
- durata cadrului 125 μ s, fixă
- numărul de biți/canal 8
- alocarea canalelor fixă
- canale speciale C0 folosit pentru transmiterea unui cod de sincronizare de cadru; C15 folosit pentru schimb de informații de semnalizare
- debite binare 64 Kb/s – canal;
2048 Kb/s – cadru
- structura de multicadru 16 cadre succesive reprezentând o perioadă de 2 ms în care se transmit semnalizările pentru toate cele 30 de canale de utilizator.

Recepționarea semnalului MIC implică trei nivele de sincronizare: bit, cadru și multicadru.

5.5.4.2. Principiile comutatiei temporale digitale

Pentru a le explica ținem seama de metodele de multiplexare digitală temporală și metodele de acces la multiplex.

Se prezintă două scheme de principiu cu comutație centralizată (comutator central) (fig. 5.26) și distribuită (fără comutator central) în care se pun în evidență relațiile dintre funcțiile de comutație și procesele alocatoare care realizează protocoalele de acces la suport (fig. 5.27).

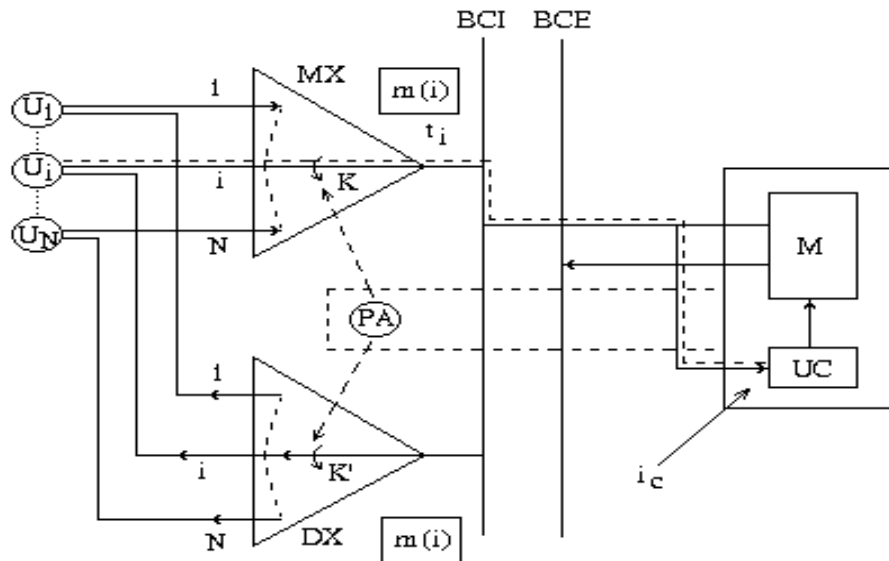


Fig. 5.26. Principiile CT centralizata

În cazul comutatorului centralizat, comutatorul k realizează partajarea suportului comun prin explorarea celor N utilizatori (explorare ciclică).

Intervalele de timp alocate pentru U_i sunt constante și egale cu T/N unde T reprezintă durata unui cadru.

Considerăm ca acest comutator de multiplexor K' se rotește sincron și în fază cu K ceea ce reprezintă de fapt ideea că procesul alocator este unic.

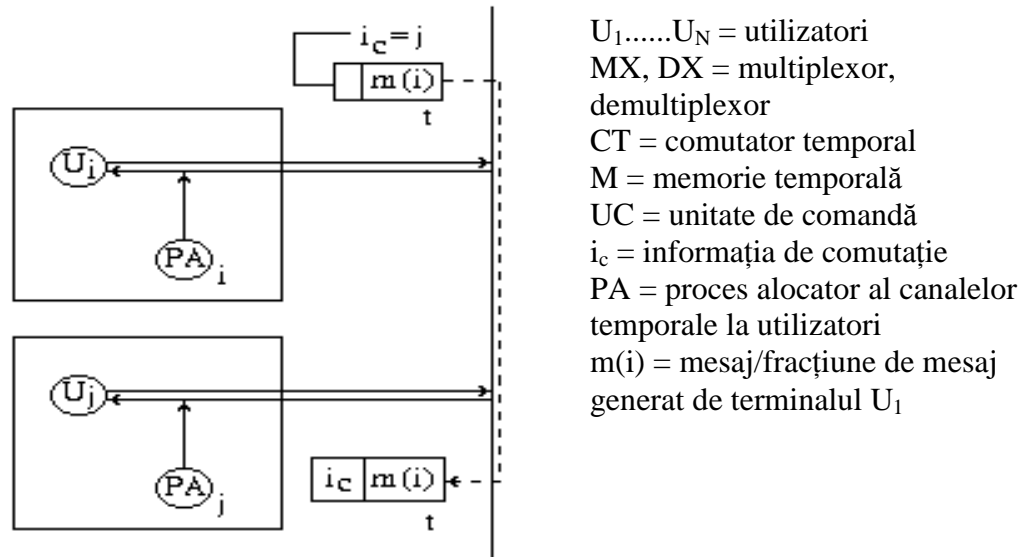


Fig. 5.27. Principiile comutației temporale distribuite

Funcția de comutație temporală nu o poate realiza decât comutatorul temporal central (CT). Acesta:

- cunoaște procesul de alocare de către PA ;
- primește în UC informațiile de comutație prin care un utilizator U_i solicită transmiterea mesajelor sale $m(i)$ către utilizatorul U_j ; presupunem că U_j face același lucru, adică cere comutația cu utilizatorul U_i ;
- pe baza unei funcții de memorare executată prin memoria M , comandată de UC , plasează periodic în intervalul $\tau_i = T/N$ alocat lui U_i mesajul sau fracțiunea de mesaj $m(j)$ sosit de la U_j .

Se observă că dacă τ este constant și comanda de către UC a memoriei M rămâne neschimbată, între U_i și U_j se realizează un circuit prin aceea că U_j recepționează b/T biti/s unde b reprezintă numărul de biti/canal temporal. Din această cauză acest tip de comutație este folosit în mod standard pentru comutația de circuite.

Funcția de comutație distribuită este înglobată în procesele alocatoare PA care sunt incluse în fiecare stație S_i neexistând ca în cazul precedent un PA central, de aceea informația de comutație i_c trebuie generată mereu la fiecare nou bloc de date.

Privitor la funcționarea sincronă/asincronă a celor două scheme se poate observa că acest comutator central CT poate lucra și asincron dacă PA alocă suportul pentru intervale inegale de timp și eventual dinamic variabil în timp.

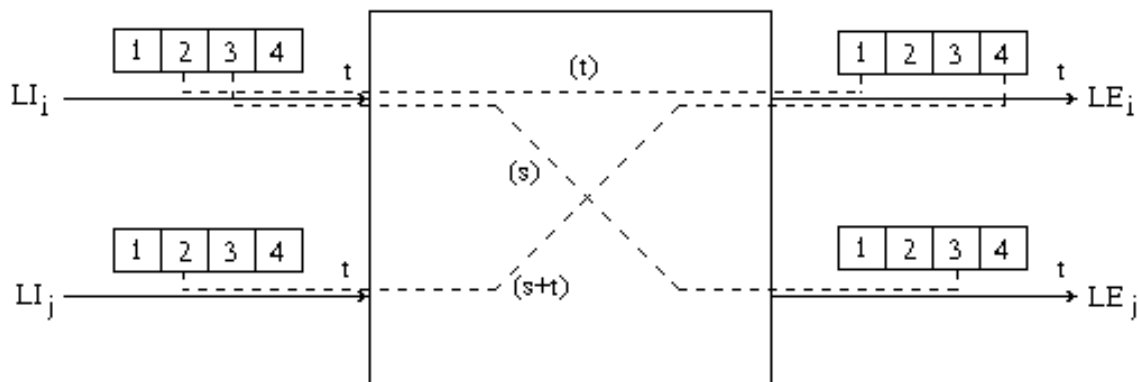
CT trebuie să primească informația asupra PA prin includerea de informații de adresă în fiecare bloc de date pentru identificarea sursei și destinației blocului.

Centrul de comutație se reduce astfel la PA . Dacă PA este distribuit la fiecare utilizator, atunci U_i devine S_i .

5.5.5. COMUTATIA BIDIMENSIONALA

Se exemplifica in fig. 5.28. prin prezentarea cazurilor posibile de comutatie dintr-o retea de comutatie digitala (RCD)

canal 2 $LI_i \rightarrow$ canal 1 LE_j (t)



canal 3 $LI_i \rightarrow$ canal 3 LE_j (s)

canal 2 $LI_j \rightarrow$ canal 4 LE_i (t+s)

Fig. 5.28. Comutatia bidimesionala.

Comutatia bidimensionala este spatiala si temporală.

Comutatoarele reale au linii de intrare LI si linii de iesire LE pe care circula multiplexuri temporale sincrone sau asincrone.

La anumite momente, fluxul de date de pe anumite LI este dirijat spre anumite LE.

Se executa o comutatie bidimensionala adica lui $LI_i \rightarrow LE_j$ (spatiala) si unui canal i ($LI_i \rightarrow$ canal m (LE_k)) (temporală).

In retelele de telefonie, de date si digitale integrate se foloseste comutatia bidimensionala ST.

Comutatorul poate contine subsisteme pentru efectuarea de comutatie temporală TSI (Time Slot Interchange) si SD (Space Division), rezulta ca se pot realiza in acelasi modul ambele tipuri de comutatie (modul de comutatie).

Structurile comutatorului ST depind de structurile multiplexurilor de pe liniile de intrare-iesire cu cadre ciclice si alocare fixa/dinamica a canalelor sau, cu cadre aciclice si alocare dinamica.

Modul de alocare a canalelor fix sau dinamic determina structura comutatorului.

5.5.5.1. Comutatia multiplexurilor sincrone cu canale individuale

In cazul alocarii fixe a canalelor pentru utilizatorii multiplexului, comutatorul trebuie sa asigure pe toata durata comunicatiei conectarea unui canal i apartinând liniei interioare i la un canal m ce apartine liniei exterioare j.

Comutatorul devine transparent si nu contine o functie de memorare a mesajelor de date de pe LI. Acestea sunt transferate pe LE conform informatiei de comutatie achizitionate in prealabil de catre UC a comutatorului.

Functionarea comutatorului este sincrona.

Daca debitul total de intrare este mai mare decât debitul total de iesire, comutatorul lucreaza cu blocaj.

Toate solicitarile ce depasesc capacitatea de iesire vor fi refuzate.

În figura 5.28. se prezintă un comutator de tip ST numit și rețea de conexiune digitală pentru multiplex cu cadre ciclice și alocare individuală a canalelor.

Intrările și ieșirile din RCD sunt linii digitale MIC cu multiplexuri temporale sincrone (cadre ciclice) având în fiecare cadru $n = 4$ canale temporale.

Presupunem ca toate multiplexurile de intrare și ieșire sunt sincrone la nivel de bit și cadru.

Rețeaua de comutație digitală stabilește drumuri temporale între canalele de pe liniile de intrare și canalele de pe liniile de ieșire.

În comutația spațială are loc modificarea rutei fizice.

Plasarea în timp a canalelor rămâne neschimbată.

În comutația temporală informația din LI_i este comutată în alt interval de timp.

Modificarea timpului necesită evident o funcție de memorare care nu este necesară la comutația spațială sincronă.

Se observă că numărul canalului de ieșire 1 fiind mai mic decât cel al canalului de intrare 2, rezultă că informația de intrare va fi livrată la ieșire în cadrul următor astfel că rezultă o întârziere inerentă. Valoarea acestei întârzieri depinde de numărul canalelor implicate în comutație.

Din analiza funcțiilor principale ale rețelei de comutație digitală (RCD) rezultă:

- asigură într-o manieră ciclică a corespondențelor $LI_i \rightarrow LE_j$ pentru comutația spațială și canalul 1 \rightarrow canalul m pentru comutația temporală;

- absorbirea decalajului temporal între intrare și ieșire pentru comutația temporală.

Întârzierea produsă de comutația temporală este constantă pentru o conexiune și este $\leq T$ (intervalul de cadru temporal).

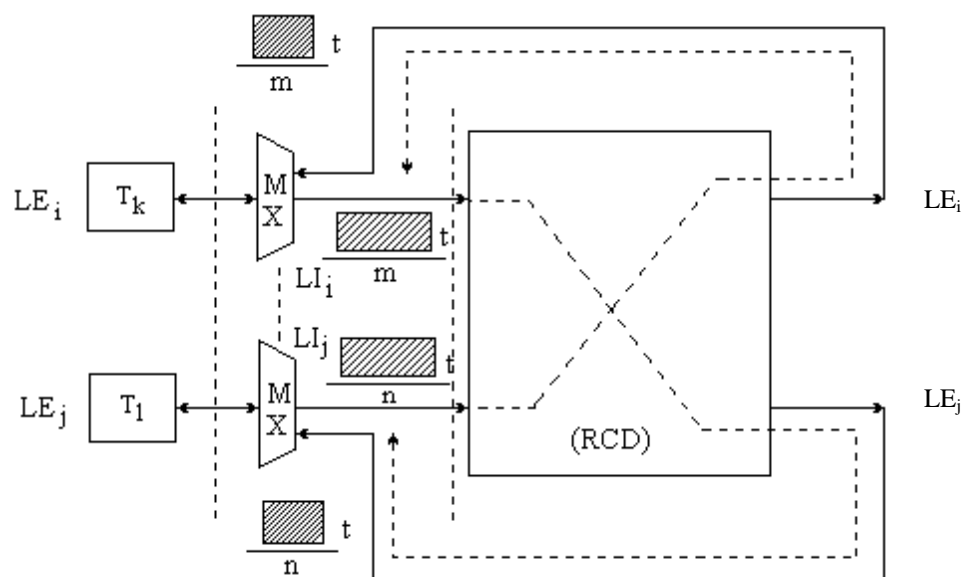
Funcția de memorie necesară comutatorului sincron nu folosește decât pentru modificarea intervalului de timp (canal) și nu pentru memorarea mesajului sau a unei fracțiuni de mesaj. Dacă se consideră nula întârzierea introdusă de comutatorul ST se poate considera conceptual această structură ca fiind transparentă (fără memorare a mesajului), drept urmare ea devine utilizabilă pentru comutația în mod circuit.

Din cauza unidirecționalității RCD, realizarea unei comunicații bidirecționale necesită stabilirea a două drumuri simetrice pentru a asigura cele două sensuri.

În figura 5.29. este prezentată comunicatia între terminalele T_k și T_i prin comutatorul (s+t) pe două trasee:

$T_k \rightarrow (\text{canal } m) LI_j \rightarrow (\text{canal } n) LE_j \rightarrow T_i$

$T_i \rightarrow (\text{canal } n) LI_j \rightarrow (\text{canal } m) LE_i \rightarrow T_k$



MX – multiplexoare (MIC)

T – terminale de utilizator

Fig. 5.29. Comutatie bidirectionala printr-un comutator RCD sincron.

5.5.5.2. Comutatie multiplexurilor asincrone cu alocare dinamica a canalelor

Este caracteristica in retelele de date cu comutatie de pachete/mesaje si retelele de comunicatii cu servicii integrate. Multiplexurile pe liniile de iesire sunt resurse comune, alocarile se fac in mod asincron pentru blocuri de date (cadre) de pe multiplexurile de intrare. Intrucât pot exista simultan mai multe solicitari pentru aceeasi linie de iesire, este necesara organizarea de cozi de asteptare la liniile de iesire si de aici rezulta implicit realizarea unei functii de memorare a pachetelor de date de pe liniile de intrare. Pe liniile de intrare si iesire debitele binare pot fi diferite, ceea ce constituie un avantaj.

Functiile principale ale comutatorului sunt:

- comutatie spatiala a pachetelor din multiplexul de intrare in tamponul de memorie asociat liniei de iesire, pe durata transferului pachetului;
- stabilitatea liniei de iesire pentru fiecare pachet de intrare pe baza informatiilor continute in el.

5.5.6. TEHNICI DE COMUTATIE UTILIZATE IN RETELELE DE COMUNICATII

5.5.6.1. Introducere

In cadrul comutatiei electronice sunt specifice doua metode:

- comutatia de circuite;
- comutatia de pachete/mesaje.

Comutatia de circuite se caracterizeaza prin existenta unui canal sau concatenari de canale intre noduri de retea, disponibil intre doua terminale, canal care este transparent si dedicat conexiunii.

Caracteristici:

- transmisia in timp real a informatiei (intre cei doi utilizatori nu exista întârzieri);
- transparenta circuitului;
- terminalele aflate in comunicatie sunt simultan disponibile;
- absenta prelucrarilor in noduri.

Comutatia de pachete/mesaje este caracterizata prin faptul ca mesajele sau portiuni din ele sunt memorate si retransmise („store and forward“) in fiecare nod de retea. Nu exista intre cele doua terminale decât un canal logic sau circuit virtual, iar in unele cazuri nu exista nici macar o asociere.

Comutatia de pachete se foloseste pentru transfer de date cu caracter intermitent si in tranzactii scurte si dese.

Comutatia de circuite se utilizeaza in transferuri de date de volum mare si in transmisii in timp real.

5.5.6.2. Comutatia de circuite

Este tehnologia dominanta pentru semnalele de vorbire si pentru comunicatii de date. Presupune trei faze:

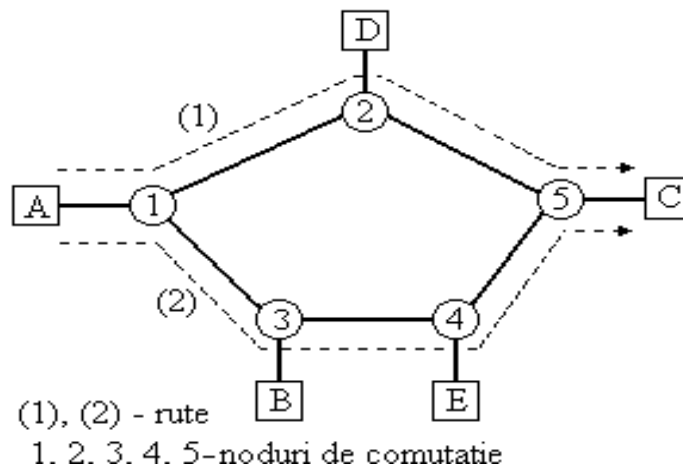
- a) stabilirea circuitului;
- b) transferul mesajului;
- c) deconectarea circuitului.

a) Stabilirea circuitului

Cerinte:

- circuitul este stabilit inainte de inceperea comunicatiei si se deconecteaza dupa terminarea comunicatiei;
- comutatorul implicat trebuie sa fie capabil sa comute canale având debitul cerut de circuit si sa ofere conexiuni transparente;
- comutatorul trebuie sa posede inteligenta necesara pentru alegerea rutelor.

Fig. 5.30. Stabilirea conexiunii între terminalele A – C.



Comutatie de circuite.

Presupunem ca statia A doreste o comunicare cu statia C (fig. 5.30.). Deosebim urmatoarele etape:

- de obicei, linia dintre statia A si nodul de retea 1 exista; daca nu , ea trebuie stabilita;

- statia A face demersuri pentru obtinerea unui canal spre nodul de retea 1;

- nodul de retea 1 prelungeste circuitul catre statia C pe ruta (1) sau (2), aceasta rutare facându-se pe baza urmatorilor factori:

- adresa destinatiei;

- starea rutelor spre statia C;

- strategia de rutare predefinita;

- costul diverselor rute posibile;

- nodurile de retea 2 si 3 intreprind actiuni pentru stabilirea canalului spre nodurile 5 si 4; canalele obtinute pe jonctiunile ce trebuie concatenate sunt legate intern prin comutatoarele nodurilor;

- nodul 5 completeaza actiunea spre statia C, testeaza starea de ocupat/disponibil/liber si informeaza chematorul asupra starii lui C.

Terminalele A si C trebuie sa fie compatibile.

b) Transferul mesajului

Prin circuitul stabilit semnalul circula, de obicei, duplex.

c) Deconectarea circuitului

Se face la initiativa statiilor A sau C. Nodurile de retea primesc informatia de deconectare. Cerinte:

- calea de conexiune se stabileste inaintea transferului propriu-zis si se deconecteaza dupa acesta;

- comutatoarele implicate trebuie sa execute comutari ale canalelor având debitul cerut de circuit si sa ofere conexiuni transparente;

- comutatoarele sa aiba inteligenta necesara pentru stabilirea rutelor.

Observatii:

1) dupa stabilirea circuitului, acesta este transparent intre cele doua terminale, comutatoarele nu mai intervin decât pentru pastrarea conexiunii, neefectuând prelucrari ale informatiilor utilizatorilor;

2) utilizarea canalului este ineficienta pentru ca este alocat pe toata durata comunicatiei;

3) întârzierea semnalului prin circuit rezulta doar ca urmare a timpului de propagare;

4) tratarea erorilor revine ca sarcina pentru terminale.

Terminalele trebuie sa fie compatibile la viteza de transmisie, la cod si la diferite proceduri (datorita transparentei circuitului).

Se poate aprecia despre comutatie de circuite ca are aplicatii pentru serviciul telefonic, in retelele telefonice publice sau in sistemul STAR.

Se caracterizeaza prin faptul ca prelucreaza trafic foarte mare, având aplicatii si in transmisiile de date, pentru interconectarea de terminale sau a calculatoarelor in arii locale (LAN).

Cerinte impuse acestei metode:

- stabilirea, mentinerea si eliberarea circuitelor;

- transmisie duplex transparenta;

- întârziere mica si constanta;

- calitate adecvata pentru transmisia reala;

- o probabilitate de blocaj acceptabila ($<10^{-2}$).

Tehnologiile folosite pentru aceasta metoda sunt:

- comutatie spatial temporala;
- algoritmi de rutare in retea;
- semnale de comanda;
- multiplexare cu diviziune in timp si frecventa (MUX TDM/FDM).

Se folosesc multiplexuri de cadre ciclice, fiecare cadru având n canale temporale. Accesul terminalelor de utilizator se face cu alocare fixa, individuala, a unui canal temporal pentru fiecare utilizator.

Jonctiunile de transmisie intre nodurile de retea sunt construite pe linii radio, radio-releu, cablu coaxial, cablu fibra optica.

Principiul de comutatie este comutatie spatial-temporala sincrona.

5.5.6.3. Comutatie de mesaje/pachete

Este utilizata in retelele de comunicatie cu viteza de transmisie mare. Se caracterizeaza, in principal, prin memorarea si retransmiterea mesajelor (pachetelor) in fiecare nod de retea catre destinatie:

- pe aceeasi ruta fizica (circuite virtuale);
- pe rute independente (datagrame) pentru fiecare pachet in parte.

1. Comutatie de mesaje

Comutatie de mesaje presupune includerea in mesaj, la terminalul de emisie, a informatiilor de utilizator (info-U) si a informatiilor de dirijare la destinatie (info-A).

Comutatie consta in dirijarea mesajului pe baza adresei de destinatie prin retea. In comutatorul final, info-A este extrasa si se livreaza la destinatar numai info-U.

Dezavantaje principale:

- întârzierea posibil mare in cazul unor mesaje lungi;
- volumul memoriei tampon intr-un nod este relativ mare.

Comutatie de mesaje intre doi sau mai multi abonati se face printr-un schimb de mesaje efectuat in trei faze asincrone:

- a) achizitia (inregistrarea in memorie);
- b) rutarea (plasarea mesajului receptionat pe linia i intr-o coada de asteptare pe linia de iesire j);
- c) retransmisia mesajului pe linia de iesire.

Mesajele continând info-U si info-A, trebuie sa aiba un anumit format, care defineste:

- antetul mesajului (adrese, tipul mesajului, etc.);
- textul propriu-zis al mesajului, de lungime teoretic nelimitata;
- partea finala.

2. Comutatie de pachete

Comutatie de pachete divizeaza mesajul in pachete de lungimi fixe (10^3 biti/pachet). Fiecare pachet se completeaza cu info-A si comenzi si se transmit succesiv, cu memorare si retransmitere in fiecare nod de retea, pâna la destinatie.

Avantaje:

- timpul de transfer este mai mic;
- memoriile necesare in nodurile de retea sunt mai mici.

Pentru explicarea comutatiei de pachete de foloseste figura 5.31.

Terminalul A transmite pachete la terminalul D (in ordinea A1D, A2D), la terminalul B (A1B) si datagrame la terminalul B (a1b, a2b).

Circuitele virtuale (C.V.) pastreaza aceeași ruta între stații. Termenul de virtual vizează tocmai această proprietate, referindu-se la tehnica de memorare-retransmitere, neexistând deci un circuit fizic transparent, C.V. se stabilesc, se mențin și se eliberează.

= pachet transmis pe circuit virtual
 \Rightarrow = datagrama

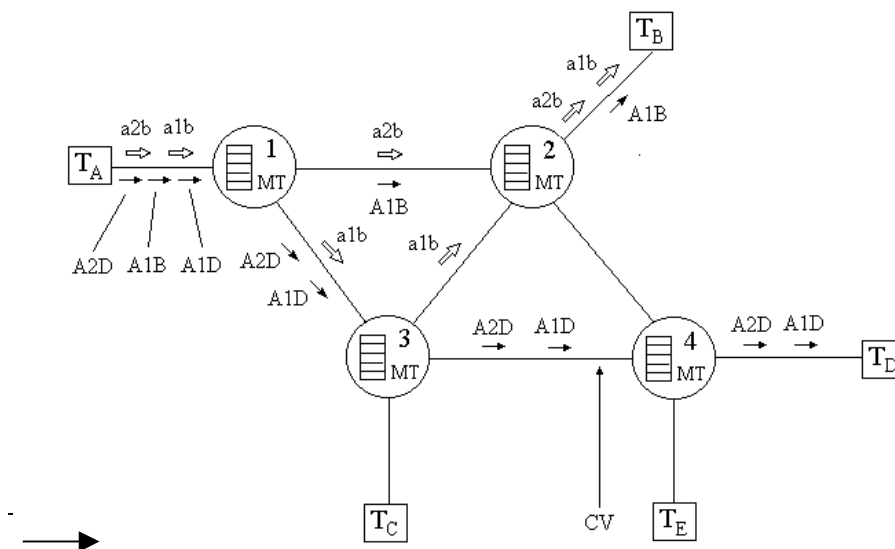


Fig. 5.31. Rețea cu comutație de pachete

Stabilirea CV între terminalele T_A – T_D :

- terminalul A transmite un pachet special „CALL REQUEST” spre nodul de rețea (1), cerându-i o conexiune logică spre terminalul D;
- nodul de rețea 1 decide să ruteze pachetele spre terminalul D pe direcția (3); astfel se transmite pachetul „CALL REQUEST” pe direcția (1-3);
- nodul de rețea 3 transmite pachetul „CALL REQUEST” la nodul de rețea 4;
- nodul de rețea 4 transmite pachetul „CALL REQUEST” la terminalul T_D ;
- dacă terminalul D este disponibil întoarce spre nodul de rețea 4 un pachet „CALL ACCEPT”;

– pachetul de acceptare este returnat pe calea inversă spre terminalul A.

Transferul se realizează după cum urmează:

- fiecare pachet (A1D, A2D) poartă un identificator de CV, astfel încât orice nod de rețea de pe ruta stabilită dirijează în mod corespunzător pachetul;
- nu se mai eliberează nici o decizie de rutare.

Eliberarea C.V. se face cu ajutorul pachetului „CLEAR REQUEST”.

La un moment dat între două stații pot exista mai multe circuite virtuale. De asemenea, o stație poate avea mai multe circuite virtuale cu diverse alte stații.

Circuitele virtuale pot fi stabilite la cerere sau pot fi semitransparente.

Facilități suplimentare ale C.V. față de datagrame:

- secvențierea pachetelor se păstrează, toate urmează aceeași rută, în ordinea în care au fost emise;

– controlul erorilor se face pe fiecare legătură de date între noduri.

În mod similar se transmite pachetul A1B de la terminalul A la terminalul B.

Datagramele sunt pachete tratate independent, fără nici o referire la pachetele anterioare ce aparțin aceluiași mesaj. Se exemplifică astfel:

- terminalul A transmite datagramele a1b, a2b destinate terminalului B;
- nodul de rețea 1 recepționează pachetele în ordinea a1b, a2b;

- nodul de retea 1 alege mai multe rute catre terminalul B ((1)–(2); (1)–(3-2)).

Daca in momentul primirii pachetului a1b, coada de asteptare la directia (1)–(3) este mult mai scurta decât la directia (1)–(2), atunci nodul de retea 1 dirijeaza pachetul pe directia (1)–(3-2).

Rezulta faptul ca aceasta metoda a datagramelor nu asigura secventialitatea mesajelor. Sarcina reordonarii lor este indeplinita de catre circuitul final.

Pierderea unui pachet din cauza defectarii unui nod de retea nu poate fi detectata in nodurile retelei de comunicatie.

3. Clase de dirijare a pachetelor

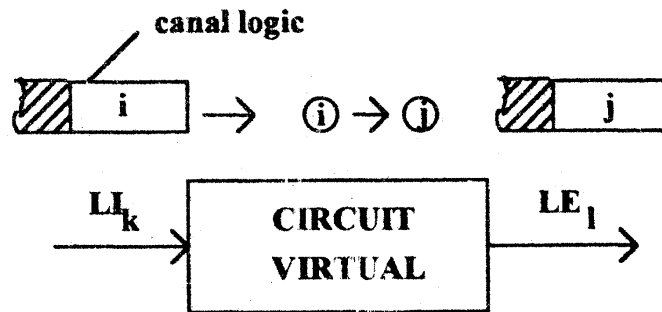


Fig. 5.32.a. Circuite virtuale.

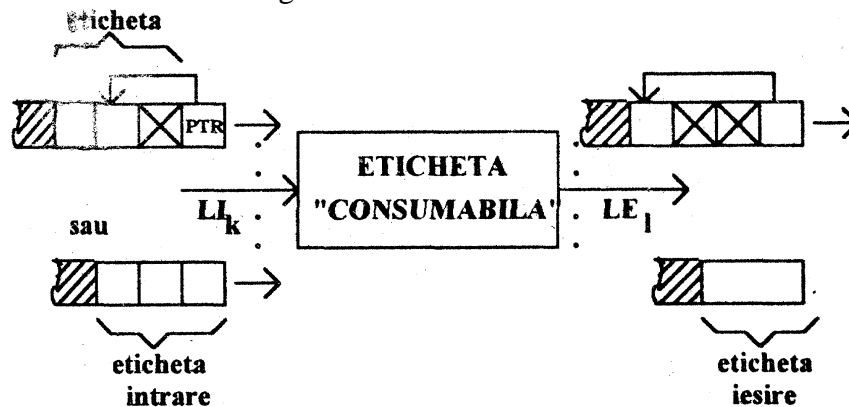


Fig. 5.32.b. Autodirijarea

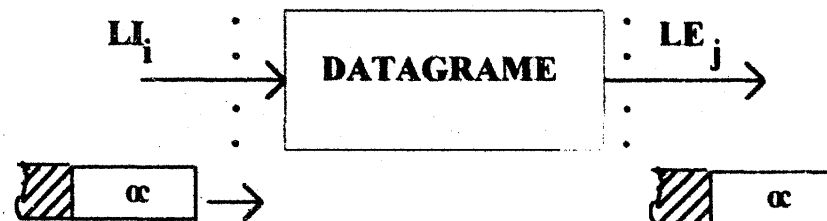


Fig. 5.32.c. Circulatia datagramelor

Pentru circuitele virtuale (CV) exista o eticheta in pachet indicând carui canal logic ii apartine blocul respectiv. Eticheta determina mereu aceeasi comutatie spatiala (fig. 5.32.a.).

Ca urmare, pachetele aparținând unui circuit virtual urmeaza aceeasi ruta fizica între doua puncte terminale ce comunica între ele.

In cazul autodirijarii, etichetele descriu explicit drumurile prin retea. Este nevoie de un pointer care permite scurtarea etichetei transferate la iesirea comutatorului, dupa consumarea acelei parti a etichetei ce a determinat ultima actiune de comutatie. Este posibil ca partea folosita sa nu fie transmisa mai departe (fig. 5.32.b).

In cazul datagramelor fiecare pachet este independent de celelalte si contine adresa completa a destinatiei. Pe baza acestei adrese, el poate fi dirijat pe diverse rute (nu intotdeauna aceleasi) pâna la destinatie. Alegerea rutei se face in fiecare nod, in functie de adresa si starea retelei (fig. 5.32.c).

5.6. SEMNALIZAREA SI SINCRONIZAREA IN RETELELE DE COMUNICATIE

5.6.1. Semnalizarea in retelele de comunicatie

5.6.1.1. Introducere in semnalizarile telefonice

Semnalizarea telefonica este ansamblul operatiilor si procedurilor ce se petrec intre centrala telefonica si mediul telefonic, in scopul stabilirii conexiunilor intre abonatul chemator si abonatul chemat. Stabilirea, mentinerea si deconectarea circuitelor precum si gestiunea retelei necesita un schimb de informatii. Toate schimburile sunt inglobate in semnalizari.

Informatia de semnalizare va exista pe liniile de abonat (semnalizarea de abonat), pe jonctiuni (linkuri), precum si sub forma de semnale de semnalizare intre centre de comutatie (centrale telefonice).

5.6.1.2 Semnalizarea analogica de abonat

Datorita alimentarii in curent continuu a terminalului telefonic, semnalizarea se poate realiza economic si rapid, pe linia utilizatorului (abonat) telefonic si cuprinde transmiterea unor categorii de informatii.

α - Informatii referitoare la starea liniei abonatului chemator:

- semnalul de angajare ce recomanda trecerea centralei in starea de receptie a comenzii de selectie;
- semnalul de eliberare care cere deconectarea tuturor conexiunilor si stergerea informatiilor ce au fost folosite la efectuarea lor.

β - Informatii de numerotare:

- cererea de transmitere a numerotarii (semnalul de ton transmis de centrala);
- numerotarea program (numarul de apel transmis de abonatul chemator).

γ - Informatii de sfârșit de selectie: acestea trebuie sa fie transmise rapid, dupa sfârșitul selectiei, pentru a nu bloca interfetele participante la apel. Ele indica:

- starea liniei chemate, in functie de care se transmite pe linia utilizatorului (abonatului) ton „de ocupat“ sau ton „revers apel“ iar inspre abonatul chemat se aplica tensiune electrica de sonerie (daca linia este in stare „linie libera“ apare curent care alimenteaza soneria);
- cauza de neimplinire a conexiunii, sub forma unui mesaj inregistrat in centrala telefonica.

δ - Informatii referitoare la bucla liniei chemate:

- raspunsul abonatului chemat (inchiderea buclei abonatului chemat) – comanda trecerea circuitelor centralei in stare de convorbire si inceperea functiei de contorizare la abonatul chemat (când sistemul de comunicatii este prevazut cu aceasta functie);
- inchiderea terminalului (aparaturii) la chemator (deschiderea buclei la abonatul chemat) – comanda eliberarea conexiunii (legaturii) si oprirea taxarii la sistemele de comunicatii care contin aceasta functie.

Semnalizarea de abonat este de tipul „cale pe cale“, toate semnalele fiind trimise pe cele doua conductoare (fire) ale liniei de abonat, in mod individual la fiecare apel.

5.6.1.3. Clasificarea semnalizarilor

Clasificarea se face tinând seama de mai multe criterii.

a) După locul în lanțul de conexiune deosebim semnalizări la interfața între terminal-comutator numită de specialiști semnalizare de abonat și semnalizare în interiorul rețelei (între centrele de comutație).

b) Funcție de bandă de frecvență utilizată se folosesc semnale în banda vocală (BV) și semnale în afara benzii vocale (ABV).

Semnalele în afara benzii vocale sunt de următoarele tipuri:

- alimentarea în curent continuu a terminalului; pe linia abonatului se aplică tensiunea de 48/60 V_{cc}, curentul consumat în timpul convorbirii este de 20–80 mA iar în repaus de 2,5 mA, pentru eventualele componente electronice ale terminalului;
- întreruperi ale alimentării (tehnicienii numesc ruperea buclei): semnale de deschidere/închidere a terminalului și semnale de numerotare în cod cadran;
- inversarea polarității alimentării în c.c. pe firele chematoare la începerea convorbirii;
- curent de apel pentru terminalele telefonice clasice (50 Hz sau 25 Hz/80 V_{ef});
- impulsuri de teletaxă de 12 KHz, 16 KHz necesare contoarelor suplimentare.

Pare curios că alimentarea în curent continuu și alte acțiuni similare sunt tratate semnalizări; explicația constă în simplitatea interfetelor clasice, în care se conferea importanța semnalelor electrice.

Pentru sistemele de comunicații numerice notiunea în afara benzii se generalizează, însemnând transportul informației de semnalizare pe canale separate față de toate celelalte canale de comunicație (linie nechipată și mesaje înregistrate care explicitează spre chemator motivul nerealizării apelului);

- semnale de numerotare în frecvențe vocale și codificate cu codul de tip DTMF (Dual Tone Multifrequency).

c) În funcție de formatul semnalului utilizat: analogic sau digital.

d) După tipul comunicației pentru care se fac semnalizările: voce, date, imagini fixe sau mobile, etc.

Semnalizările în interiorul rețelei de comunicație (între centrele de comunicație) se realizează prin trunchiuri (joncțiuni, linkuri) între centrale. Clasificarea se poate face ținând seama de mai multe criterii.

α - După modurile de asociere cu canalul de comunicație de utilizator: canal individual sau canal comun.

Semnalizările pe canal individual pot fi:

- de linie ce au loc la începutul și sfârșitul conexiunii și sunt de tipul angajare/eliberare a joncțiunii, răspunsul chematului, sfârșit de convorbire, cerere de identificare a chematului etc.;
- de selecție pentru transferul informațiilor de selecție a terminalului chemat: adresă, cerere de noi cifre, categorie a chematului, starea liniei chemate liber/ocupat/blocat, etc. Semnalizările de selecție sunt legate de anumite faze ale conexiunii, cele de linie pot să apară oricând.

β - În funcție de bandă de frecvență.

În banda vocală (BV): coduri multifrecvență (MF), exemplu sistemele CCITT R2, CCITT R4.

În afara benzii vocale (ABV): variații de impedanță (pentru SC cuplate în curent continuu și rezistența buclei de abonat $< 2\text{K}\Omega$), semnale sinusoidale cu frecvență de 50 Hz, modulate în durată cu impulsuri dreptunghiulare.

Semnalizările pe canal comun pot înlocui atât pe cele de linie cât și pe cele de selecție.

γ - După locul în rețeaua de comunicație al centralelor implicate în semnalizare.

Centru de comutatie (nod de retea, sistem de comutatie, retea de comutatie digitala)–centru de comutatie, centru de comutatie – centru de gestiune in retea; sistem de comutatie–sistem de comutatie multiplex.

5.6.1.4. Tipuri de informatii in semnalizarile telefonice

Informatiile transmise prin sistemul de semnalizare sunt:

- a) starea sau cererea de modificare a unui subsistem (angajare, eliberare etc.);
- b) adresa unui subsistem, atribute ale acesteia sau cereri de actiuni pentru transferul acestor informatii:
 - cerere de transmitere de cifre (ton sau disc);
 - adresa terminalului chemat;
 - cerere de transmitere a categoriei liniei;
 - informatii de categorie, etc.;
- c) sfârșitul unei activitati si informatiile auxiliare (se poate exemplifica prin sfârșitul selectiei cu indicarea starii liniei chemate si a cauzei nerealizarii daca este cazul).

5.6.1.5. Schimbul de informatii pe linia de abonat (LA)

Pentru serviciul telefonic, starile terminalului de abonat (TA) sunt inchis/deschis.

In starea deschis, TA primeste alimentare in curent continuu de la centrul de comutatie si semnalul de ton („tonul pentru disc“) pentru transmiterea semnalului de apel (numarul terminalului). Adresa terminalului este codificata in formele:

- impulsuri de curent continuu (intreruperi ale curentului de linie), de un numar de ori egal cu cifra formata plus perioada de repetitie de aproximativ 10 Hz si factorul de umplere aproximativ 2/3 (durata intreruperii/perioada);
- combinatii standardizate de câte doua frecvente vocale (cod DTMF), cu valorile prezentate in tabelul 5.1.

Tabelul 5.1. Codul DTMF pentru terminale de abonat.

	$F_1 = 1209$	$F_2 = 1336$	$F_3 = 1477$	$F_4 = 1633$
$F_1 = 697$	1	2	3	A
$F_2 = 770$	4	5	6	B
$F_3 = 852$	7	8	9	C
$F_4 = 941$	*	0	#	D

Fiecare informatie este codificata cu o pereche (F_i, F_j), rezultând in total 16 coduri.

Dupa receptarea adresei si incercarea de conectare, sistemul de comutatie transmite spre terminalul de abonat (TA) chemator unul din semnalele:

- revers–apel primit de la ultimul centru de comutatie din sistemul de comunicatie, la care este conectat terminalul chemat si care este tranzitat de toate centrele de comutatie, catre centrul de comutatie a terminalului chematorului;
- semnal de blocaj (TA ocupat sau neaccesibil);
- mesaje neinregistrate, in caz de blocaj/nerealizare a conexiunii.

In situatia când terminalul chemat ridica microreceptorul, atunci centrul de comutatie la care este conectat va intrerupe revers-apelul, iar la unele sisteme de comunicatie se inverseaza polaritatea alimentarii terminalului de abonat.

Semnalizarea spre terminalul de abonat chemat consta in transmiterea semnalului de apel si detectarea raspunsului. Dupa terminarea convorbirii, inchiderea terminalului de abonat chemator/chemat se realizeaza prin intreruperea buclei de curent continuu. Semnalizarile prezentate sunt specifice sistemelor de comunicatie analogice. Pentru sistemele de comunicatie digitale exista o mare varietate de semnalizari.

5.6.1.6. Schimburi de informatii intre centrele de comutatie si codificarea electrica a informatiilor de semnalizare

Pentru semnalizarile pe canal individual, interfetele de jonctiune sunt dotate cu circuite de semnalizare, din aceasta cauza interfetele sunt voluminoase. In cazul semnalizarii pe canal comun, unitatea de comanda a semnalizarii (UCS) are acces numai la anumite jonctiuni dedicate.

Semnalizarile codifica informatiile procesului secvential al stabilirii/eliberarii unei conexiuni. Elementele specificate sunt: stari, evenimente, informatii asociate.

Codificarile uzuale sunt:

- pentru stari: schimbarea de stare a suportului, cu durata de viata egala cu cea a starii semnificative, observabile de catre receptor.

Este necesara virtualizarea semnalizarilor prin translatarea lor in semnale logice, independente de prezentarea fizica. Functiile tratate sunt similare cu cele ale nivelului fizic OSI.

Se realizeaza astfel decuplarea SW de tratare a semnalizarilor, in raport cu interfetele HW;

- pentru evenimente si informatii asociate: schimbari de stare a suportului (semnalizari fara confirmare) sau de receptor, prin transmiterea in sens invers (inapoi) a unei confirmari (forma aservita). Ca exemple: semnale MF, impulsuri de curent continuu sau curent alternativ, cu durate prestabile, recunoscute si detectabile de catre receptor.

5.6.2. SISTEME DE SEMNALIZARE

5.6.2.1. Sisteme de semnalizari analogice

Semnalizarile sunt cele clasice pentru aparate telefonice cu cod de impulsuri sau DTMF. Protocoalele sunt neomogene, se foloseste un ansamblu de codificari ale informatiilor, in continuare se prezinta câteva categorii importante:

- variatii de impedanta (bucula deschisa/inchisa) in c.c., prin aceasta se semnalizeaza starea liniei;
- impulsuri in curent continuu (100Hz) sau coduri DTMF pentru informatii de selectie. Codurile DTMF se pot folosi pentru a apela la servicii suplimentare dupa stabilirea comunicatiei. Acest fapt este raspândit mai ales la sistemele telefonice clasice ce au fost modernizate si este posibil deoarece semnalizarea DTMF este in banda;
- tonuri in banda vocala (400Hz), modulate sau nemodulate, pentru informatii: semnal de ton, blocaj, terminal cu numar inexistent, etc.;
- mesaje vorbite preinregistrate;
- semnal alternativ pentru sonerie.

Centrele de comutatie cu puncte de conexiune de tip electromagnetic permit trecerea fara prelucrari deosebite a informatiei de semnalizare.

Interfata abonatului ce are o structura de tip „semnalizare prin stare“, fie de tip „semnalizarea prin schimbarea starii“ trebuie sa permita determinarea permanenta a starii abonatului. O linie de abonat poate fi intr-una din urmatoarele stari fundamentale:

- linie libera (terminal inchis);
- linie in apel (terminal deschis si linie neconectata la un circuit de cordon);
- linie ocupata (terminal deschis si linie conectata la un circuit de cordon de-a lungul retelei de comutatie);
- linie de apel fals (terminal deschis si linie decuplata de la retea);
- linie in sfârșit de apel fals (terminal inchis dupa apel fals).

Urmatoarea categorie care se trateaza este a semnalizarilor analogice intre centrele de comutatie.

α - Semnalizari in curent continuu intre centre de comutatie cuplate in curent continuu, daca rezistenta buclei este mai mica de 2 Kohmi.

β - Semnalizari intre centrele electromagnetice.

Se genereaza impulsuri/pauze (pentru cifre durata 50 ms, pauza 50 ms, pentru celelalte caractere cu durata intre 150–1500 ms.

Impulsurile moduleaza un semnal sinusoidal cu frecventa de 50 Hz sau un semnal de frecventa vocala (apel in banda– 2280 Hz, apel in afara benzii 3825 Hz). Semnalele sunt transmise la un adaptor care le transforma in curent continuu.

δ - Sistemul CCITT nr.4 pentru semnalizari internationale.

Se folosesc coduri cu doua frecvente vocale (2040 ± 6 Hz; 2400 ± 6 Hz).

Pentru semnalizarile de numerotare se foloseste codul binar 1,2,4,8, in care $x = 0$, $y = 0$, rezultând 16 combinatii. Semnalizarile de linie se efectueaza conform unui protocol simplu cu sensurile „inainte“ (F) si „inapoi“ (B), de la abonatul chemator la abonatul chemat.

5.6.2.2. Semnalizari digitale pe canal individual intre centrele de comutatie.

Semnalizarile intre cadre de comutatie se pot executa in doua modalitati:

- a) tipul „cale la cale“ (individuala) in care informatiile de semnalizare intre centrele de comutatie au ca suport fizic circuitele telefonice pe care se efectueaza convorbirea. Sistemele de semnalizare de acest tip sunt extrem de diverse,

elementul comun al acestora fiind faptul ca pe circuitele telefonice sunt conectate, pe timpul semnalizarii, echipamente specializate ce sunt dirijate de unitatea de comanda a sistemului de comutatie de la care pleaca semnalul de apel.

- b) tipul „canal comun“ (canal semafor) in care suportul fizic pentru transmiterea semnalizarilor este separat de cel pentru transmiterea semnalelor de convorbire (fig. 5.33).

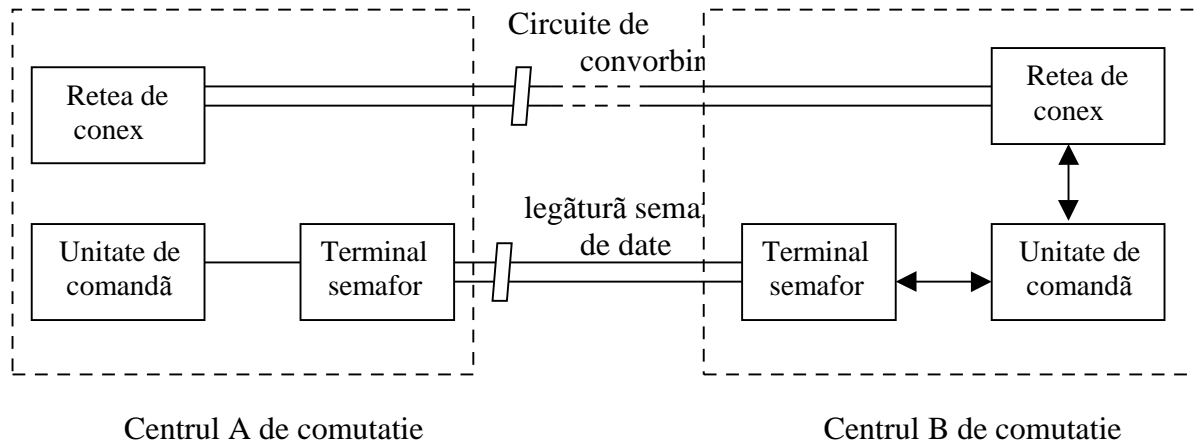


Fig. 5.33. Principiul semnalizarii pe canal comun (canal semafor)

Suportul fizic prin care se transmit semnalizarile se alocă între toate circuitele telefonice care unesc cele două centre de comutatie. Canalul comun va deservi ansamblul necesitatilor de schimb de informații între centrele de comutatie situate la extremitățile sale. Indiferent de tehnica folosită, semnalele între centrele de comutatie au următorul conținut:

- pentru semnalizarea de linie, informații referitoare la:
 - angajarea unei jonctiuni;
 - supervizarea punerii în legătură a celor doi utilizatori;
 - eliberarea circuitului telefonic.

Aceste informații care sunt denumite „semnale de linie“ sunt în număr restrâns. În sistemele de semnalizare semnalele de linie sunt definite prin impulsuri electrice, impulsuri de frecvențe calibrate (în banda vocală 2600 Hz sau în afara ei, 3825 Hz). Transmiterea și identificarea lor la recepție este realizată de echipamente situate la echipamentele terminale de linie.

În cazul modulației impulsurilor în cod-MIC, organizarea multiplexului primar în varianta CEPT este pe 30/32 canale temporale. Utilizarea lor este următoarea:

- canalul 0 pentru sincronizarea de cadru și informații de serviciu;
- 1-15 și 17-31 pentru 30 utilizatori;
- canalul 16 pentru transmiterea bitilor de semnalizare de linie la cele 30 de cai telefonice. Deoarece cei 8 biti ai intervalului de timp 16 nu pot realiza furnizarea tuturor informațiilor de linie corespunzătoare celor 30 de apeluri diferite se vor grupa 16 cadre succesive într-un multicadru.

Pentru transmiterea semnalizarilor la 30 canale temporale este nevoie de $30/2 = 15$ cadre succesive, la care se adaugă unul pentru sincronizare de multicadru. Durata unui multicadru de semnalizare conținând 16 cadre MIC este $16 \cdot 125 \mu s = 2 \text{ ms}$.

Debitul unui canal de semnalizare este raportul dintre numărul de biti și durata multicadrului ($4 \text{ biti}/2 \text{ ms} = 2 \text{ Kb/s}$).

Se utilizeaza in retea de comutatie digitala-RCD cu comutatie spatiala intre care sunt instalate sisteme MIC.

Pentru semnalizarea de registru se folosesc semnalele necesare pentru transmiterea numarului de apel al abonatului chemat. Aceste semnale sunt mult mai numeroase si mai diversificate in continut. Ele au urmatorul continut: cerere de numerotare, numerotarea efectiva, indrumarea apelului. Semnalele de registru sunt transmise in banda vocala sau in afara benzii vocale. Transmisia se efectueaza de obicei in banda vocala, deoarece semnalele se transmit inaintea semnalelor de vorbire iar pentru micșorarea timpilor de transmitere se utilizeaza un numar mare de frecvente de semnalizare ale caror combinatii pot diferentia un numar insemnat de semnale.

5.6.3. SINCRONIZAREA IN RETELELE DE COMUNICATIE DIGITALE

Pentru a se realiza corect transportul informatiilor intre transmitator si receptor trebuie realizata functionarea corecta a receptorului, dupa o baza de timp, identica cu cea a transmitatorului.

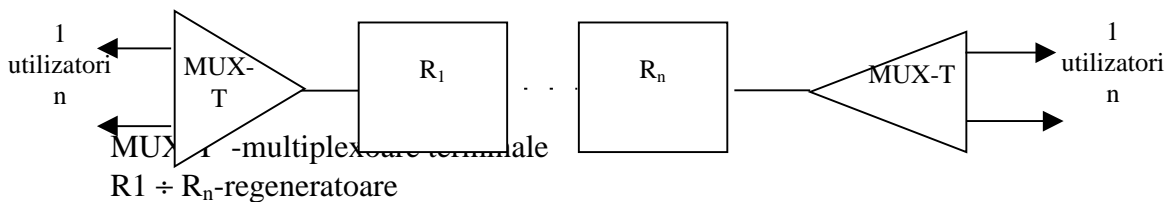


Fig. 5.34. Retea de comunicare cu multiplexoare terminale

Aceasta cerinta se realizeaza cu echipamentele de sincronizare la nivel de bit, in functie de tipul echipamentelor tehnice ce participa la obtinerea legaturii digitale.

In figura 5.34 se considera ambele multiplexoare terminale, la ele se conecteaza n utilizatori, fiecare multiplexor va transmite dupa un semnal de tact generat de un generator de impulsuri propriu iar receptia se va realiza dupa semnalul de tact continut in fluxul de date receptionat. Deci pe legatura digitala informatia circula pe semnale de tact diferite in cele doua sensuri de transmitere.

Presupunem realizarea unei legaturi digitale intre un multiplexor conectat la un comutator si un multiplexor terminal la care se conecteaza utilizatorii (fig. 5.35).

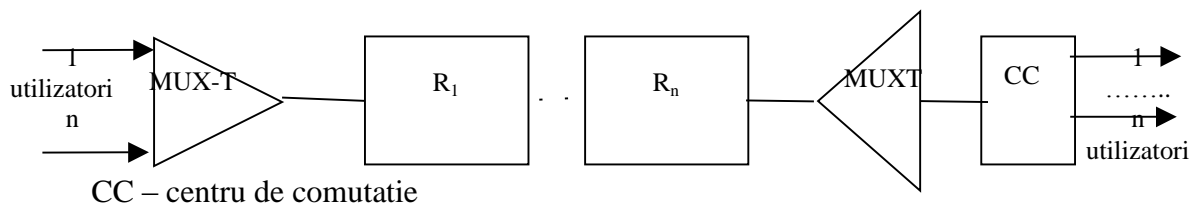


Fig. 5.35. Retea de comunicare cu utilizatori conectati la multiplexor terminal si centru de comutatie

Un multiplexor este conectat la un centru de comutatie iar celalalt la liniile de utilizator. Comutatorul va transmite functie de un semnal de tact unic generat de un generator intern, pe toate circuitele digitale la care este conectat. Daca T-MUX transmite functie de un semnal de tact propriu, diferit de cel al comutatorului pot sa apara pierderi ale cadrelor (daca semnalul de tact propriu este mai rapid decât cel al comutatorului) sau a repetarii de cadre (daca semnalul de tact propriu este mai lent). Aceste pierderi se numesc alunecari, ele sunt minimizate in situatia când exista sincronism intre echipamentele terminale. In felul acesta, MUX-T va receptiona fluxul de date functie de semnalul de tact regenerat din el si va transmite acelasi semnal de tact. Legatura digitala va functiona in regim de sincronizare in bucla de timp.

Se prezinta realizarea legaturii digitale intre doua centre de comutatie (comutatoare). Fiecare comutator isi extrage din fluxul de date semnalul de tact de receptie, deci sincronizarea se obtine printr-o bucla de timp la fiecare extremitate (fig. 5.36).

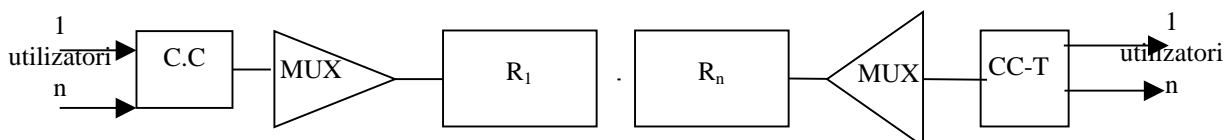


Fig. 5.36. Retea de comunicare cu utilizatori conectati la centru de comutatie si centru de comutatie terminal

Legatura digitala se realizeaza intre comutatorul din retea si un comutator terminal.

Intr-o retea de comunicare digitala comutatoarele trebuie sincronizate printr-o tehnica de sincronizare. Daca se realizeaza aceasta functie, pe legatura digitala se poate extrage semnalul de tact de la un singur comutator digital, fiind in mod automat realizata sincronizarea si cu celalalt. Sincronizarea sistemului de comutatie din componenta unei retele de comunicare se realizeaza dupa o strategie de sincronizare si reprezinta sincronizarea la nivel de retea.

Sincronizarea retelelor de comunicare digitale reprezinta sincronizarea generatoarelor de tact situate in retea de comutatie digitala.

Exista mai multe tehnici de sincronizare, se vor face referiri la cele mai importante.

Plesiocronismul

In situatia in care in retea de comutatie digitala (RCD) fiecare comutator transmite pe baza unui semnal de tact, generat de propriul oscilator, retea se numeste plesiocrona. Se poate aprecia ca intr-o astfel de retea de comutatie nu se produce o sincronizare deosebita. Alunecarile sunt la niste limite admisibile, prin utilizarea unor generatoare de semnal de tact extrem de performante. Se utilizeaza oscilatoare ce prezinta o foarte buna stabilitate, semnalele din liniile digitale ale retelei de comunicare au faze si frecvente diferite.

Sincronizarea cu ceas unic de referinta (master)

Aceasta tehnica presupune existenta unui tact unic in intreaga retea de comunicare (ceas master). Semnalul de tact este generat de un oscilator unic cu o precizie si o stabilitate foarte buna. Semnalele de tact sunt distribuite prin retea de comunicare ce prezinta canale dedicate, diferite de legaturile digitale existente.

Aceste canale formeaza retea de sincronizare a RC (rete de comunicare), care devine o retea digitala sincrona. Având in vedere obligativitatea conectarii comutatoarelor prin retea de sincronizare la generatorul master, tehnica este mai putin folosita.

Sincronizarea master-slave

Este o tehnica derivata din cea anterioara doar ca semnalul de tact generat de oscilatorul master se transmite pe canale dedicate doar unor comutatoare ale RCD , considerate prioritare in activitatea de sincronizare.

Sincronizarea se poate realiza deci, fie prin transmiterea semnalului de tact de la emisie pe un canal dedicat sau prin incorporarea informatiei de timp in semnalul de date, urmând ca in receptor sa se regenereze semnalul de tact.

Trebuie facuta distinctie intre notiunile prezentate. Fenomenele prezentate anterior caracterizeaza o retea de comunicare care opereaza in regim sincron sau asincron, functie de cum se genereaza si transmite semnalul de tact. Tipul transmisiei este oricum sincron si se refera la felul in care semnalele digitale sunt tratate in sistemele de comutatie si transmitere.

CAPITOLUL VII COMUNICATII DE DATE

7.1. INTRODUCERE IN COMUNICATII DE DATE: SCHEMA BLOC A SISTEMULUI DE COMUNICATII DE DATE, DESCRIERE, FUNCTIILE ELEMENTELOR, EXPLICAREA FUNCTIONARII PE SCHEMA BLOC

Un sistem de comunicatii este un ansamblu coerent de mijloace tehnice interdependente ce asigura transferul informatiilor intre doua puncte oarecare, aflate la o anumita distanta, cu o fiabilitate si fidelitate cât mai mare, eficient din punct de vedere economic, utilizând undele electromagnetice ca mijloc de transport.

Un sistem de comunicatii de date contine trei componente de baza: sursa de date, canalul de comunicatie si receptorul de date. In comunicatiile de date bidirectionale, sursa de date si receptorul de date isi schimba functiile, deci putem afirma ca se transmit / receptioneaza date in acelasi timp. Sistemul de comunicatii de date are ca obiectiv doar transmiterea corecta a informatiei, el nu actioneaza asupra continutului informatiei.

In figura 7.1. este prezentata schema bloc a unui sistem de comunicatii de date(CD).

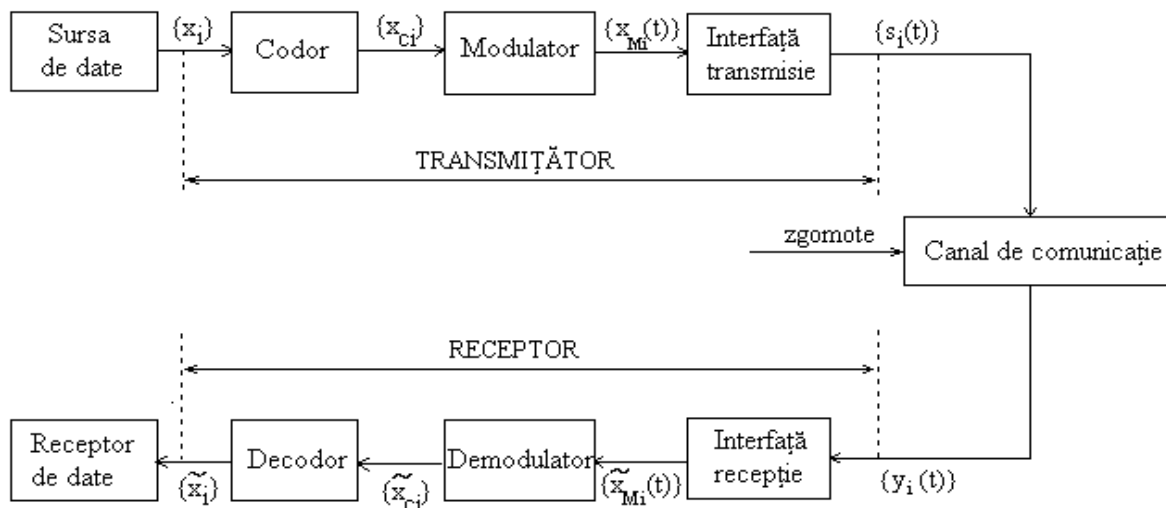


Fig. 7.1. Schema bloc a unui sistem de comunicatii de date

Sursa de date debiteaza in sistem impulsurile electrice care reprezinta datele. Informatia continuta in fluxul de date poate sa provina de la un calculator electronic, telefon specializat, teleimprimator, camera de luat vederi, dispozitiv de telecomanda, instalatie de telemasura etc. Transformarea mesajului ce contine informatia in forma numerica se face dupa legi cunoscute in teoria transmiterii informatiei si in teoria semnalelor. Esential pentru comunicatiile de date este faptul ca informatia aplicata sistemului este reprezentata numeric (de obicei binar) – prin date – fiecarui mesaj posibil fiindu-i asociat un numar intreg, reprezentat prin impulsuri electrice.

Transmitatorul opereaza asupra fiecărei secvențe de biti ce corespunde unui mesaj elementar (de exemplu: o litera sau un numar), transformând-o într-un anumit semnal electric. Tipul de semnal electric este ales adecvat mediului de transmisie astfel încât sa se asigure protecție față de deformări și perturbatii.

Canalul de comunicatie poate fi o cale telefonica directa sau stabilita prin rețeaua de comunicatie urbana sau interurbana. Linia de transmisiuni poate sa fie cablu metalic sau

cablu fibra optica, linie de microunde, linie radioreleu sau prin satelit. Transmiterea semnalului prin oricare din mediile de propagare enumerate se face cu deformari inevitabile. Unele deformari cu caracter determinist sunt datorate caracteristicile de transfer ale canalului de comunicatii care nu sunt ideale. Altele sunt provocate de instabilitatea in timp a canalului de comunicatii sau de zgomote si au un caracter intâmplator.

Receptorul sistemului realizeaza transformarea inversa a semnalului receptionat in flux de date. Refacerea datelor si interceptarea mesajului transmis de sursa trebuie sa fie corecta, desi semnalul receptionat nu este identic cu cel transmis. In acest scop, structura semnalului transmis se alege astfel încât probabilitatea receptionarii eronate sa fie cât mai mica.

Transmitatorul realizeaza transformarea datelor in semnal transmis in linie (semnal de linie) prin codare si modulatie.

Codarea este operatia prin care secventa de date $\{x_i\}$ obtinuta de la sursa este transformata intr-o secventa codificata, astfel încât fiecarui mesaj al sursei i se asociaza o secventa de impulsuri conform unui principiu de codificare; diferenta intre secventele codificate ce reprezinta mesaje diferite trebuie sa fie cât mai mare pentru ca la receptie mesajele sa poata fi recunoscute cât mai exact. Daca presupunem ca sursa transmite mesajele binare (0 si 1) si ca fiecare mesaj este exprimat prin k simboluri rezulta ca se transmit 2^k mesaje. Daca mesajele se transmit prin secvente cu lungimea de k simboluri, nu se poate admite nici un simbol eronat la receptie. Exemplul mesajelor cu $k=2$ (00, 01, 10, 11) dovedeste ca modificarea unui singur simbol receptionat gresit schimba complet sensul mesajului. Admitând o marire a lungimii mesajelor la n simboluri ($n > k$), cele 2^k mesaje vor fi mai lungi, dar se vor deosebi mult intre ele ceea ce va reduce substantial probabilitatea unei receptii eronate. Marirea excesiva a lungimii mesajului conduce insa la codoare/decodoare complicate si scumpe si se ocupa nerational canalul de telecomunicatii, iar viteza de transmitere a datelor se micsoreaza. Intre aceste tendinte contradictorii de a reduce erorile, de a mari viteza de transmisie a datelor si de a obtine o solutie economica s-a realizat un compromis tehnic.

Deci, din cele prezentate rezulta ca functia codorului este de a realiza o corespondenta intre fiecare mesaj de k biti transmis de sursa si secvente de n biti, de transmis in linie.

Decodarea este operatia inversa codarii, decodorul având prin urmare rolul de a asocia fiecarui bloc de n biti, care ajunge la receptie, un mesaj de k biti. Intre codor si decodor apare astfel o legatura de comunicatii in care informatia transmisa este codificata. Codarea/decodarea asigura stabilitatea semnalului de date la perturbatii, putând insa sa reduca si volumul fluxului de date transmis de sursa.

Modulatia este procesul prin care informatia numerica continuta in biti codificati $\{x_{ci}\}$ este transferata asupra unui semnal purtator cu caracteristici convenabile (putere, frecventa, etc.) propagarii prin mediul de transmisie utilizat. Purtatorul este in general un semnal sinusoidal sau rectangular descris printr-o functie continua in timp si de un numar finit de parametri. Prin modulatie unul sau mai multi parametri ai purtatorului sunt modificati de semnalul numeric $\{x_a\}_c$ obtinându-se semnalul modulat $X_{Mi}(t)$. Caracterul particular al modulatiei in sistemele de comunicatii de date consta in aceea ca semnalul modulator $\{x_{ci}\}$ este numeric si in majoritatea cazurilor binar.

Parametrii purtatorului se modifica dupa functia salt (treapta unitate), iar procesul de modulatie (trecerea de la valoarea corespunzând valorii binare 1 la cea corespunzând valorii binare 0 sau invers) poate fi modelat prin inchiderea sau deschiderea unui comutator. Modulatia este de tipul cu „manipulatie telegrafica“ (shifting-keying SK). Semnalul modulat nu mai este un semnal numeric ci un tren de oscilatii purtatoare la care

parametrul modulat ia valori precis determinate in intervale scurte de timp, egale cu durata bitilor.

La iesirea din canalul de comunicatii semnalul se aplica receptorului, la iesirea demodulatorului se obtine o secventa de biti $\{x_{ci}\}$ corespunzatoare secventei transmise $\{x_{ci}\}$; cele doua secvente nu se identifica la detectie iar decizia asupra simbolului de informatie se ia intre valori atât de diferite (ex.: intre fazele $+\pi$ sau $-\pi$) si totusi se asigura o reconstituire suficient de fidela a bitilor care au modulat semnalul purtator.

Demodulatia este procesul prin care semnalul modulat, receptionat la iesirea din canalul de comunicatii este transformat intr-o secventa de biti corespunzatoare mesajului codificat. Procesul de demodulatie este invers procesului de modulatie.

In schema SCD mai apar interfetele de adaptare a echipamentelor de transmisie si receptie la canalul de comunicatii ce sunt specifice mediului de propagare.

7.2. NOTIUNI FUNDAMENTALE

7.2.1. Scurt istoric al dezvoltarii C.D. Termenii de baza pentru sistemul de comunicatii de date

Comunicatiile de date reprezinta un domeniu al comunicatiilor care se ocupa de transmiterea semnalelor de date, de la sursa la receptor prin intermediul unui canal de comunicatii.

Inceputul transmiterii de date poate fi plasat in deceniul al VII-lea din sec. XX. Capacitatea sistemelor electronice de a prelua un volum extraordinar de mare de date impune utilizarea completa a lor si accesul unui numar cât mai mare de utilizatori la resursele de calcul.

Sistemul tehnic utilizat permite schimbul de informatii între utilizatori, având ca mediu de transmitere liniile radioreleu, cablurile coaxiale, fibrele optice etc.

Dezvoltarea comunicatiilor de date, proiectarea si realizarea retelelor de comunicatii între calculatoare s-au bazat pe conceptele fundamentale ale teoriei informatiei, care prin teoria statistica a comunicatiilor, teoria codurilor si teoria deciziilor au contribuit la rezolvarea problemelor tehnice legate de prelucrarea semnalelor de transmitere si receptie optima a datelor. Dirijarea traficului precum si rezolvarea problemelor de stocare si transferul blocurilor de date s-au bazat pe statistica matematica si pe teoria asteptarii.

Câteva lucrari fundamentale in domeniul comunicatiilor de date au marcat constituirea într-o disciplina a acestui domeniu al comunicatiilor.

Comunicatiile de date se deosebesc de comunicatiile telefonice numerice prin mai multi indicatori: viteza de transmitere, frecventa de stabilire a legaturii de date, volumul datelor, durata de ocupare a canalelor si structura retelei.

Exista trei clase de volume tipice de informatii:

- | | |
|------------------------|---------------|
| - volume mici de date | maxim 1 kb, |
| - volume medii de date | 1 – 100 Kb, |
| - volume mari de date | peste 100 Kb. |

Durata de ocupare a canalului este determinata de volumul datelor si de viteza de transmitere a semnalelor binare. De regula durata de ocupare a canalului de catre semnalele de date este mai mica decât ocuparea canalului in reseaua telefonica.

Privind structura retelei se poate aprecia ca in reseaua de date densitatea abonatilor este mult mai mica decât in reseaua telefonica.

7.2.2. Structura unui sistem de comunicatii de date (S.C.D.)

In teoria sistemelor prin notiunea de sistem se intelege o multime (un complex) de elemente, determinate in timp si in spatiu, cu proprietatii cunoscute si cu legaturi ordonate (interactiuni) între elemente si proprietati, orientate spre indeplinirea functiei scop (misiunii) a multimii date.

Elementele de baza ale oricarui sistem sunt intrarile, iesirile, procesul si conducerea. Intrarile sistemului caracterizeaza actiunea mediului extern asupra acestuia iar iesirile definesc actiunea sistemului asupra mediului extern. Conexiunile (legaturile) reprezinta ceea ce uneste elementele, subsistemele si sistemul in ansamblu, precum si proprietatile sale in procesul sistemic.

Un sistem reprezinta o entitate fizica la care in interior exista o multime de echipamente aranjate convenabil si interconectate functional, singurele legaturi cu exteriorul sunt marimile de cauza si efect.

Un sistem tehnic mare reprezinta un ansamblu de mijloace tehnice, algoritmi si programe, forte umane, masuri organizatorice si tehnice, metode si procedee de lucru care asigura realizarea scopului propus.

Un sistem de comunicatii de date se compune din urmatoarele componente esentiale: transmitatorul (sursa, emitator), mediu de transmisie (canal, linie, cale) si receptorul. Din denumire rezulta functiile de baza ale componentelor, functii care in cazul comunicatiilor bidimensionale se pot schimba. Un dispozitiv transmite si receptioneaza date in acelasi timp.

Sistemul de comunicatii de date poate fi descris in termenii circuitului universal de date cu sapte componente (Universal Seven – Past Data Circuit), ce este format (fig.7.2) din:

- echipamentul terminal de date (DTE) in cele doua parti ale conexiunii;
- interfata dintre echipamentul terminal de date si echipamentul de circuit (de comunicatie) de date (DCE) ce se afla la fiecare extremitate a conexiunii;
- mediu de transmisie (cale, linie, canal), intre cele doua extremitati ale conexiunii;
- echipamentul de circuit de date (DCE) de la cele doua extremitati ale conexiunii;
- interfata intre echipamentul de circuit de date si echipamentul de terminal de date

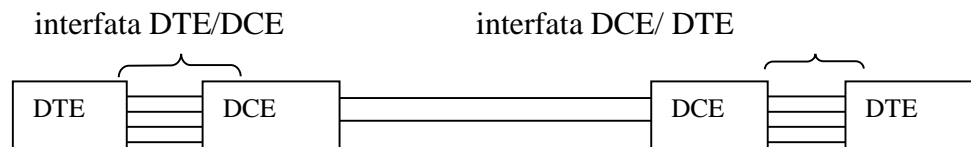


Fig. 7.2. Schema bloc a sistemului de comunicatii de date

În modul acesta funcțiile componentelor hardware și software ale sistemului de comunicație pot fi deschise cu ușurință. Echipamentul de terminal de date poate fi transmitatorul respectiv receptorul. El transmite și recepționează datele prin intermediul echipamentului de comunicație de date și al mediului de transmitere. Echipamentul terminal de date poate fi calculatorul personal sau periferice, teleimprimatoare(console), procesoare front-enduri ale calculatoarelor de mare capacitate sau un dispozitiv electronic de transmitere / recepție a datelor.

Se releva faptul că funcția fundamentală a sistemului de comunicații de date este de a asigura transportul informației între cele două puncte ale conexiunii (între utilizatori). La utilizatori informația poate fi folosită de la DTE sau poate fi prelucrată și afișată de către echipament pentru a fi utilizată de către operator.

Interfața dintre echipamentul terminal de date (DTE) și echipamentul de circuit de date (DCE) se conformează standardului RS-232 care specifică procedeele software de transfer a datelor prin interfața respectiv între utilizatori.

Interfața DTE – DCE este formată din circuitele de intrare / ieșire din interfața precum și din cablurile și conectorii care leagă echipamentele DTE și DCE. Este cea mai folosită dintre interfețele standard.

Interfața între DCE și mediul de comunicații este relativ simplă, asigurând transportul informației spre / de la mediu de comunicație, cea mai importantă activitate fiind aceea de esanționare.

Pentru conectarea calculatoarelor, modemurilor și rețelelor se utilizează standarde și recomandări.

Standardul de bază este RS-232E, denumit Interfața între Echipamentul Terminal de Date și Echipamentul de Comunicație de Date, Utilizate în Schimbul de Date Binare Seriale.

Standardul RS-232 acoperă domeniile:

- caracteristici mecanice ale interfeței;
- semnale electrice prin interfața;
- funcția fiecărui semnal;
- subseturi de semnale pentru anumite aplicații.

Echipamentul de Comunicație de Date poate fi un modem în cazul utilizării unui canal analogic sau o unitate de servicii de date (Data Service Unit –DSU) în cazul utilizării unui canal digital.

7.2.3. Model matematic general pentru S.C.D.

Operațiile de prelucrare a semnalelor de date pot fi descrise operațional cu un mare grad de generalitate adoptând notațiile:

O_M, O_D – pentru operațiile de modulare, demodulare;

O_c, O_d – pentru operațiile de codare / decodare;

O_P – pentru transformările semnalului în timpul transmisiei prin canal de comunicații.

Conform schemei bloc a S.C.D. se obțin relațiile:

$$\{x_{ci}\} = O_C \{x_i\}$$

$$\bar{X}_{Mi}(t) = O_M \{x_{Ci}\} = O_M \bullet O_C \{x_i\}$$

Din relatie rezulta ca produsul operational $O_M \cdot O_C$ defineste prelucrarile semnalului la transmitator:

$$O_T = O_M \cdot O_C$$

La intrarea in canalul de transmisie se obtine semnalul:

$S_i(t) = O_P \{x_{Mi}(t)\} = O_P O_T \{x_i\}$ peste care se suprapun zgomotele de la sursele exterioare canalului de comunicatie precum si zgomotele de fluctuatii din receptor.

Daca $n_j(t)$ este functia de variabila aleatoare care descrie zgomotul provenit de la sursa j de zgomot si N este numarul de surse independente de zgomot, semnalul care ajunge in receptor devine:

$$y(t) = S_i(t) + \sum_{j=1}^N n_j(t).$$

Operatiile de demodulare si decodare sunt inverse operatiilor de modulare si codare, $O_D = O_M^{-1}$, $O_d = O_C^{-1}$; nu se poate obtine la receptie un semnal exact ca cel transmis, $\{\tilde{X}_i\} \neq \{x_i\}$, deoarece:

$$\{\tilde{X}_{ci}\} = O_D \{y(t)\}.$$

$$\{\tilde{X}_i\} = O_D \{\tilde{X}_{ci}\} = O_C \bullet O_D \{y(t)\}$$

Produsul operational O_R defineste prelucrarile semnalului la receptor.

$$O_R = O_D O_d$$

Rezulta pentru semnalul receptionat expresia:

$$\{\tilde{X}_i\} = O_d O_D [O_P \cdot O_M O_C \{x_i\} + \sum_{j=1}^N n_j].$$

Expresia este caracterizata prin:

- grad de generalizare mare;
- posibilitatea examinarii influentei factorilor ce intervin in prelucrarile de date dintr-un sistem in vederea optimizarii acestuia.

7.2.4. Indici calitativi in comunicatii de date

La transmisiile de date se impune ca multimea datelor receptionate $\{\tilde{X}_i\}$ sa fie cât mai apropiate de multimea datelor transmise $\{x_i\}$. Calitatea SCD depinde de modul in care se obtine aproximarea datelor trimise $\{x_i\}$ prin datele receptionate $\{\tilde{X}_i\}$.

Apresiasi calitatii sistemului se realizeaza prin:

- rata erorilor;
- viteza de transmitere;
- pierderile de energie;
- banda relativa de frecvente.

a). Calitatea SCD este definita in ansamblul sau, de rata erorilor care reprezinta numarul de biti eronati obtinuti la receptie, ceilalti indicatori depind in mare masura de parametrii canalului de comunicatii.

Un canal de comunicatii ideal este stabil, omogen, invariant in timp si fara distorsiuni prin care semnalul ajunge la receptor nedeformat, având doar amplitudinea modificata in functie de distanta intre transmitator si receptor.

In ipoteza distantei fixe intre emitator si receptor, operantul O_p este o constanta. Intr-un astfel de canal probabilitatea de a obtine un mesaj eronat la receptie este nula.

b). Viteza de transmitere a informatiei intr-un canal de comunicatii ideal este limitata. In ipoteza unui canal gaussian, cu zgomot alb si putere medie a semnalului limitata, in situatia unei codari infinite se calculeaza viteza de transmitere cu formula:

$$\max V_C = C = B \log_2 \left(1 + \frac{P_s}{P_{zg}} \right) \quad (7.5)$$

unde, B este banda de frecventa transmisa in Hz, C reprezinta capacitatea canalului, P_s este puterea medie a semnalului, P_{zg} reprezinta puterea medie a zgomotului.

Daca notam cu P_{zgo} – densitatea spectrala a zgomotului alb, $P_{zg} = BP_{zgo}$, relatia capacitatii de transmitere a canalului de comunicatii (7.5) devine:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{P_s}{BP_{zgo}} \right). \quad (7.6)$$

Relatiile reprezinta limita maxima a vitezei de transmitere prin canalul de comunicatie. Limita nu poate fi atinsa in cazul real de functionare a canalului. In sistemele reale $V_c < C$ si apropierea vitezei de transmitere, V_C , de capacitatea canalului, C , indica imbunatatirea performantelor canalului.

Indicatorii relativi-la pierderile de energie si utilizarea benzii de trecere a canalului de comunicatii, se raporteaza in comunicatiile de date la unitatea de informatie binara. Pierderea de energie se defineste prin coeficientul:

$$\beta_E = \frac{E_o}{P_{zgo}} = \frac{P_s \cdot T_o}{P_{zgo}} \text{ in care } E_o \text{ reprezinta energia semnalului receptionat la}$$

intrarea in receptor, atunci când emitatorul transmite o informatie elementara de durata T_o . Modul in care este utilizata banda de trecere a canalului de comunicatie se apreciaza prin coeficientul:

$$\beta_B = \frac{B}{V_C} \quad (7.7)$$

care masoara “necesarul” de banda de frecventa pentru transmisia unei informatii elementare.

Coeficientii β_E si β_B care exprima “consumul” de energie si de banda la transmiterea unui bit de informatie printr-un canal ideal rezulta din:

$$\frac{B}{C} \log_2 \left(1 + \frac{P_s}{P_{zgo} \cdot B} \right) = 1.$$

In cazul ideal: $V_C = V_C \max = C$ si $\beta_B = \frac{B}{C}$ cu $CT_o = 1$, $P_s = E_o C$, relatia devine:

$$\beta_B \log_2 \left[1 + \frac{E_o}{P_{zgo}} \frac{C}{B} \right] = 1 \text{ de unde rezulta } \beta_B \log_2 \left[1 + \frac{\beta_E}{\beta_B} \right] = 1 \text{ obținându-se o}$$

relatie între coeficientii de pierderi:

$$\beta_E = \beta_B \left[2^{\frac{1}{\beta_B}} - 1 \right] \text{ care este reprezentata grafic in figura 7.3.}$$

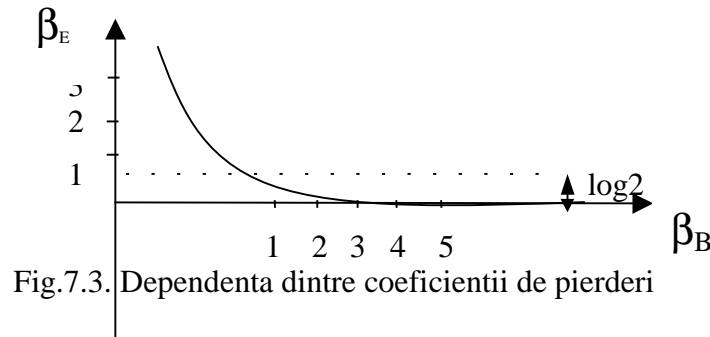


Fig.7.3. Dependenta dintre coeficientii de pierderi

Pentru transmiterea unui bit de informatie intr-un canal ideal este necesara o banda cu atât mai mare cu cât energia semnalului la receptie este mai mica. Exista o limita sub care nu se poate reduce energia semnalului:

$$\min \beta_E = \lim_{\beta_B \rightarrow 0} \beta_E = 1 / \log_2 e \approx 0,7$$

Graficul din figura 7.2 reprezinta limita lui Shannon pentru un canal ideal gaussian.

Exista o infinitate de sisteme ideale. Calitatea unui SCD depinde de tipul semnalului utilizat. Alegerea tipului semnalului transmis influenteaza indicii de calitate.

Rezulta:

- debitul maxim de informatie ($\max H_z$) in cazul unei surse discrete, care emite mesaje de m simboluri, dintr-un alfabet cu n simboluri se determina prin relatia:

$$\max H_i = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{\log_2 n^m}{m \tau_0} = \frac{\log_2 n}{\tau_0} \quad \text{unde } \tau_0 \text{ reprezinta durata unui simbol}$$

elementar in cazul unui canal ideal:

$$\max H_i = C = \frac{1}{T_0}$$

$$\text{Rezulta: } T_0 = \frac{\tau_0}{\log_2 n} \text{ care da legatura intre durata unui simbol } \tau_0 \text{ si durata unei}$$

informatii binare T_0 . Indicatorul β_B definit prin relatia:

$$\beta_B = \frac{B}{\max V_C} \text{ devine in cazul canalului ideal } \beta_B = \frac{B}{\max V_C}$$

$$\text{si tinând seama de } T_0 \text{ rezulta: } \beta_B = \frac{B \tau_0}{\log_2 n}$$

Produsul $B \cdot \tau_0 = B_s$ definește baza sistemului. Valoarea minimă a acestui produs este egală cu unitatea. În transmisiuni prin canale cu bandă limitată este necesar să se lucreze cu β_B mic deci cu β_s cât mai apropiat de unitate.

$$\text{Rezultă } n = 2^{\frac{1}{\beta_B}} \geq 2.$$

În concluzie pentru o utilizare bună a benzii de frecvență a canalului este necesar să se aleagă semnale cu β_s mic și cu un alfabet având mai puțin decât două simboluri.

Când datele se transmit prin canale cu zgomot puternic, utilizarea semnalelor cu β_s mic nu este rațională deoarece nu asigură raportul semnal/zgomot necesar detecției.

$$\beta_E = \frac{P_s}{P_{Zg}} \frac{B}{\log_2 n}$$

$$\frac{P_s}{P_{Zg}} = \frac{\beta_E}{\beta_B} = \frac{\beta_E}{B_s} \log_2 n = 2^{\frac{1}{\beta_B} - 1}.$$

Relația arată că mărirea bazei B a semnalului asigură protecția semnalului față de zgomot chiar cu β_E mic.

Deși realizarea sistemului de CD cu semnale cu bază mare este complicată din punct de vedere tehnic, această posibilitate este utilizată în telecomandă și teledetecție precum și în radiocomunicațiile spațiale.

7.3. RETELE PENTRU COMUNICATII DE DATE

7.3.1. Introducere

O retea de T.D. (RCD) este un ansamblu de mijloace de calcul (terminale si/sau calculatoare centrale) interconectate prin linii de legatura pentru ca datele sa fie transferate intre terminale si/sau calculatoare.

Reteaua se numeste informationala daca transferul de date se face in vederea transmiterii unor informatii (meteorologice, documentare, stiintifice) de la baza de date la utilizatori.

Datele pot fi transmise prin retea si in vederea prelucrarilor la distanta cu ajutorul calculatoarelor si in acest caz se numeste retea de comunicatii intre calculatoare.

Celelalte doua tipuri de transferuri de date se fac separat sau impreuna.

Asupra conceptului de terminal trebuie facute urmatoarele precizari. In retea de date, in general, prin terminal se intelege un punct de acces al unui utilizator la un centru de prelucrare distant/local/gazda, acces executat prin intermediul unei retele de transport a informatiei.

Terminalul este dotat cu o capacitate de prelucrare mai mica in general decât cea a gazdei, executând distinctia gazda – terminal. Din punct de vedere al transportului prin retea, toate punctele in care retea nu mai are continuitate sunt denumite terminale ale retelei, chiar daca exista capacitatea de prelucrare la nivel inalt a informatiei inclusa in terminalul respectiv.

Terminalele de date sunt elemente componente ale sistemului de comunicatii constituind (sursa) receptorul de date. Utilizatorul are acces in retelele de date prin intermediul terminalului de date.

Exista o varietate insemnata de terminale de date, de aceea este greu de impus o clasificare. In functie de anumite caracteristici tehnice se folosesc urmatoarele denumiri acceptate:

- terminal de tip conversational cu operare in dialog fata de terminalul cu prelucrare in laturi (batch processing) care opereaza asupra laturilor de date;
- terminale programabile si neprogramabile de utilizator;
- terminale cu memorii tampon si fara memorii tampon (MT);
- terminale cu claviatura si imprimanta;
- terminale cu vizualizare pe ecran (display);
- terminale specializate.

R.C.D. se clasifica dupa mai multe criterii. Daca ne referim la subretea de comunicatii sunt:

- retea plasa sau cu interconectare totala;
- retea poligonala sau inel;
- retea in arbore cu mai multe nivele;
- retele neregulate;
- retele mixte care interconecteaza mai multe retele din tipurile precedente. In practica retelele mari au structuri topologice mixte.

Reteaua C.D. are configuratiile:

- retea cu topologie radiala;
- retea cu topologie inelara;
- retea cu topologie mixta.

Elemente componente:

- terminale – utilizator (gazda (T);
- centre de comutatie (noduri de retea) C;

- jonctiunile intre centre (J);
- jonctiunile externe pentru legarea cu alte retele (JE); include intre ele si sistemele de transmisiune la distanta.

Functiile elementelor componente:

T – executa procesele de aplicatii pentru utilizatori.

C – executa comutatia (stabilirea de conexiuni permanente, semipermanente, temporale intre terminale) si asigura dirijarea informatiei in retea;

J – asigura transmisia eficienta (eventual prin multiplexare) a informatiilor prin retea, pe diverse medii de transmisie;

JE – conecteaza retea cu alte retele asigurând interfetele electrice si functionale pentru adaptare.

Din punct de vedere al managementului de retea, de obicei terminalele nu intra in raspunderea operatorului de retea (care asigura numai transportul) ci in cea a utilizatorului. In retelele complexe centrele (C) pot executa si prelucrari de nivel superior in afara functiei de transport propriu-zis.

7.3.2. Utilizarea retelei de comunicatii pentru transmisii de date

Transmiterea datelor prin retea de comunicatii se realizeaza cu viteze adecvate conform caracteristicilor cailor de transmisii prezentate in tabelul nr.7.1.

Tabelul 7.1.

Viteza bit/s	50 2048K	200 300 600	1,2K	2,4K	4,8K	9,6K	19,2K	48K	64K	72K
Tipul cailor	telegra- fice	telefonice vocale	telefonice vocale de calitate superioara	specializat e pentru CD in banda de baza	grup primar de cai telefonice	digitale cu MIC				
Tipul retelei	telegra- fice sau telex	telefonica comutata sau cir – cuite inchiriate	telefonica comutata sau cir – cuite inchiriate	telefonica necomutata pe distante scurte	telefonica pe distante lungi	telefonica digitala				
Avize CCITT	V24	V21, V23, V26, V26bis	V27, V27bis, V27 tert, V29	-	-	-				

V – seria pentru CD folosind retelele telefonice

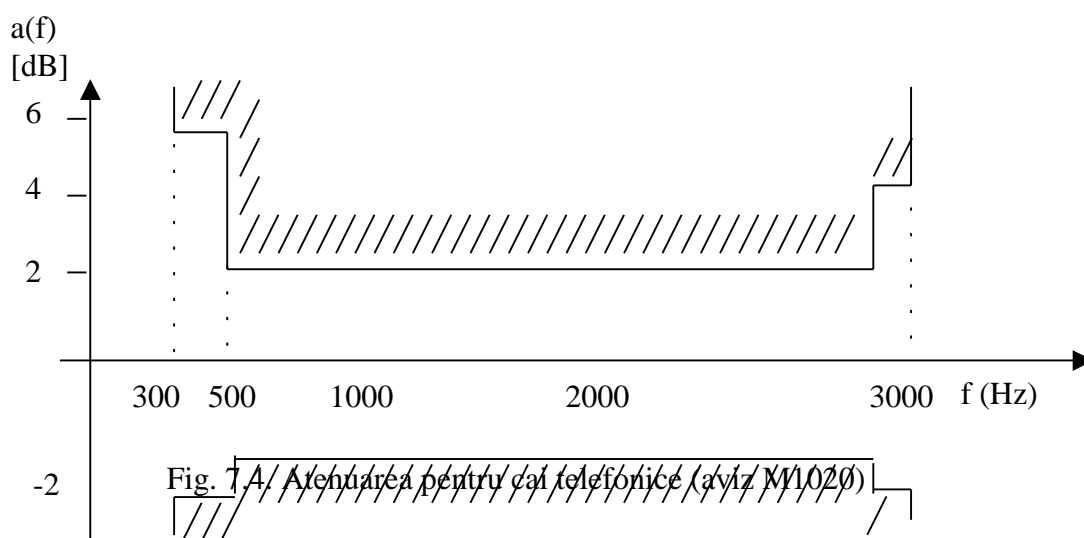
X – recomandările privind RCD.

7.3.2.1. Introducerea datelor in canalul de comunicatii

Reteaua telegrafica comutata sau reseaua telex permit stabilirea unor legaturi care sunt permise oricaror semnale digitale cu viteze de 50 – 200 b/s.

Reteaua telefonica cu comutatie automata se foloseste pentru CD cu viteze mai mari de 9600 b/s. Stabilirea legaturilor telefonice se face cu terminale telefonice care se comuta la modemurile de transmitere a datelor prin calea telefonica. Până la viteza de 1200 b/s datele pot fi trimise simplex sau semiduplex fara dificultati, peste viteza de transmitere de 1200 b/s sunt necesare masuri speciale pentru corectia distorsiunilor de timp de propagare de grup si pentru protectia la perturbatii (fig. 7.4).

Transmisiunile duplex cu viteze mai mari de 300 b/s necesita modemuri si circuite de calitate. O varianta care permite imbunatatirea calitatii circuitelor o reprezinta circuitele inchiriate la care se insereaza unele caractere ale distorsiunilor de timp, de propagare, de grup (fig. 7.5).



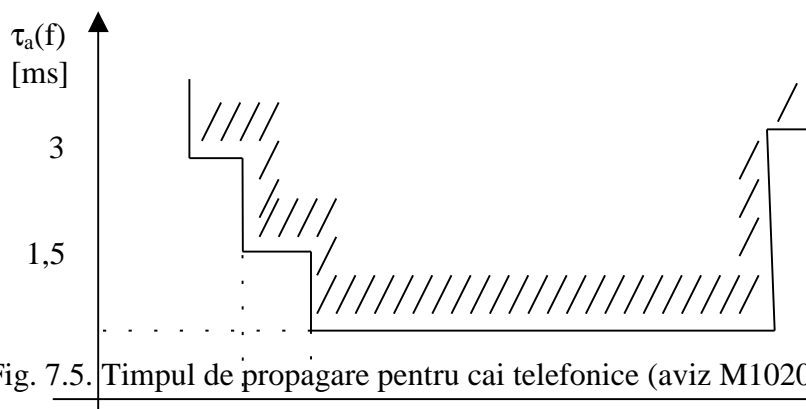
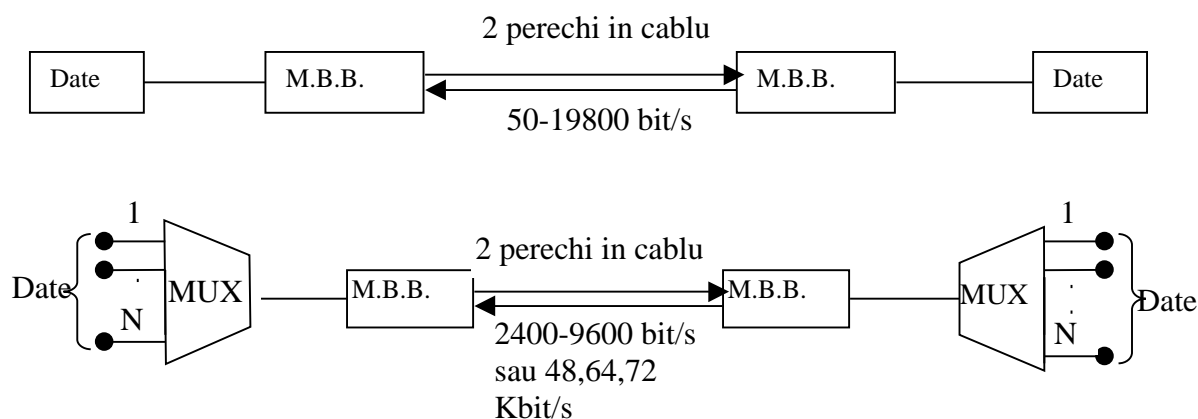


Fig. 7.5. Timpul de propagare pentru cai telefonice (aviz M1020)

Reteaua telefoni 600 1000 f (Hz) 2000 3000 re f (Hz) atenuare
crescatoare cu \sqrt{f} . Perechile cablurilor urbane sunt utilizate pentru debite binare cuprinse
intre 600 b/s si 72 Kb/s ce sunt introduse in circuit prin modemuri in banda de baza (BB)
direct sau prin multiplexare (fig. 7.6).



MUX - multiplexor ; MBB - modem in banda de baza

Fig. 7.6. Conectarea surselor de date la circuit prin modemuri in banda de baza: a) direct;
b) prin multiplexor

Circuitele de date sunt organizate folosind grupele de cai ale sistemului telefonic multiplex. In cazul utilizarii grupului primar printr-un sistem cu CD se transmit date cu viteze de 48, 56, 64, 72 Kb/s. Introducerea datelor in canalul de comunicatii de banda larga (60-108 KHz) se face prin intermediul unui circuit telefonic in banda de baza si printr-un modem corespunzator avizului V 36. Circuitul telefonic de banda larga necesita adaptari legate de corectarea distorsiunilor si de deplasarea frecventei pilot in afara benzii ocupate de semnalul de date.

In cazul utilizarii canalelor numerice din sistemul MIC, introducerea datelor la un multiplexor primar cu debitul 2048 Kb/s necesita multiplexarea in trepte a debitului de la utilizator pâna la valoarea de 64 Kb/s. Aceasta reprezinta si debitul pe un canal telefonic, dar neutilizând modemuri complicate.

7.3.2.2. REPREZENTAREA ELECTRICA A DATELOR

In CD informatia transmisa este discreta, fiind exprimata prin simboluri. Pentru a transmite informatia in forma discreta, sunt necesare cel putin doua simboluri distincte. Intr-un limbaj pot fi întâlnite 50 – 100 caractere tiparite (litere, cifre, semne de punctuatie). In transmiterea si prelucrarea informatiei discrete este de dorit limitarea numarului

simbolurilor distincte folosite, pentru a reduce probabilitatea de eroare și simplifica echipamentul.

Un număr mic de simboluri distincte se grupează în coduri pentru a reprezenta toate caracterele tiparite ale unui limbaj.

Folosind un sistem binar de reprezentare și grupând simbolurile în grupuri de câte 6, se obțin $2^6 = 64$ combinații distincte pentru reprezentarea tuturor caracterelor uzuale. În transmiterea și prelucrarea informațiilor aceste simboluri sunt reprezentate prin semnale electrice.

Criteriile care stau la baza alegerii unei anumite reprezentări sunt diverse. De regulă fiecărui simbol îi corespunde o diferență de potențial continuu. Aceste semnale se numesc primare sau semnale în banda de bază (baseband signals).

Transmiterea succesivă, unul după altul, a simbolurilor ce reprezintă datele se numește transmisiune serie. În situația unei transmisiuni paralele, mai multe simboluri, care reprezintă adesea un caracter sunt transmise simultan.

Pentru identificarea simbolurilor la recepție este necesară separarea lor individuală, din această cauză se disting două tipuri de transmisiuni, transmisiune sincronă și transmisiune asincronă.

În cazul transmisiunilor sincrone, simbolurile serie transmise fără pauză au aceeași durată. Receptorul trebuie să recunoască această durată și să fie în sincronism cu simbolurile primite, adică să se sondeze semnalul recepționat la intervale egale cu durata unui simbol și să ia decizia la fiecare sondare asupra tipului de simbol primit. Este necesară existența și transmiterea unei informații suplimentare, numită „informație de timp” care permite determinarea momentului apariției fiecărui simbol.

Receptorul are o bază de timp proprie care este sincronizată cu ajutorul informației de timp ce însoțește mesajul recepționat.

Transmisia asincronă nu necesită simboluri de aceeași durată; se utilizează un simbol particular pentru a facilita separarea simbolurilor mesajului, sau prin codul folosit se asigură ca două simboluri succesive să nu fie identice. Transmisia asincronă necesită trei simboluri diferite.

O combinație a acestor două metode de transmitere este transmisiunea start–stop (aritmică). Simbolurile ce reprezintă un caracter sunt transmise sincron, iar grupul acestor simboluri este precedat de un simbol, numit start, care indică începutul unui caracter și are aceeași durată ca și simbolurile din codul caracterului și este urmat de un simbol numit stop, care indică sfârșitul caracterului.

Intervalul dintre caractere poate fi variabil fără a afecta recepția.

7.4. TRANSMISIA DE DATE IN BANDA DE BAZA (B.B.)

7.4.1. Introducere

Transmisia se considera in banda de baza daca semnalul furnizat de sursa de informatie este transmis in banda de frecventa originala. Aceasta transmisie se realizeaza ori de câte ori este posibil, fiind simpla dar neeconomica, solicitând un suport fizic separat pentru fiecare comunicare.

Exemple de comunicatii in B.B.:

- telefonie din rețeaua locală și la distanță medie pentru care semnalul furnizat de microfon este transmis prin cablu metalic;
- televiziune în cazul în care semnalul video furnizat de camera de luat vederi este transmis prin cablu metalic la distanță redusă;
- date care sunt transmise sub forma semnalelor codate, direct prin canalul de comunicare.

Semnalele în B.B. au un spectru de frecvențe care include frecvențele foarte joase și ocupă o bandă de frecvențe mult mai mare decât banda telefonică vocală.

Transmiterea semnalelor se face în funcție de caracteristica semnalului de comunicații în banda de bază sau prin modularea unui purtător de frecvență.

Transmisiunile de date se realizează în cea mai mare parte pe canalele telefonice vocale în care caz este necesară translatarea spectrului semnalelor din B.B. în banda standard a canalului telefonic.

Dar sunt situații în care este mai avantajoasă transmisia în B.B. Circuitele telefonice bifilare nepupinizate, cablurile coaxiale, fibrele optice permit transmiterea unor semnale cu frecvență mult mai mare decât frecvența limită a unui canal telefonic vocal; în acest caz pot fi echipate pentru transmisiile în B.B.

Principalele dezavantaje în transmișori în B.B sunt:

- diafonia prin cuplaj între perechile aceluiași cablu;
- distanță de transmisie limitată la 10–20 Km, mărirea distanței se poate realiza prin utilizarea regeneratoarelor.

7.4.2. Efectul limitării spectrului de frecvențe al semnalelor în B.B.

Semnalele din B.B, formate din impulsuri dreptunghiulare, au un spectru de frecvențe ce ocupă o bandă infinit de mare. În mod practic în SCD, banda de frecvențe utilizabile este limitată, fie din considerente ale mediului de transmitere, fie ca urmare a criteriului economic.

Trebuie avut în vedere și limitarea efectelor diafoniei și zgomotelor ce conțin frecvențe în afara benzii de frecvențe. Ca urmare este necesar să se determine cât de mult poate fi limitat spectrul semnalului, care sunt efectele nedorite ale acestei limitări și cum pot fi reduse aceste efecte.

Pentru a evidenția modul cum este afectat spectrul semnalelor în timpul transmisiei este prezentată schema bloc simplificată a unui SCD, fig.7.7.

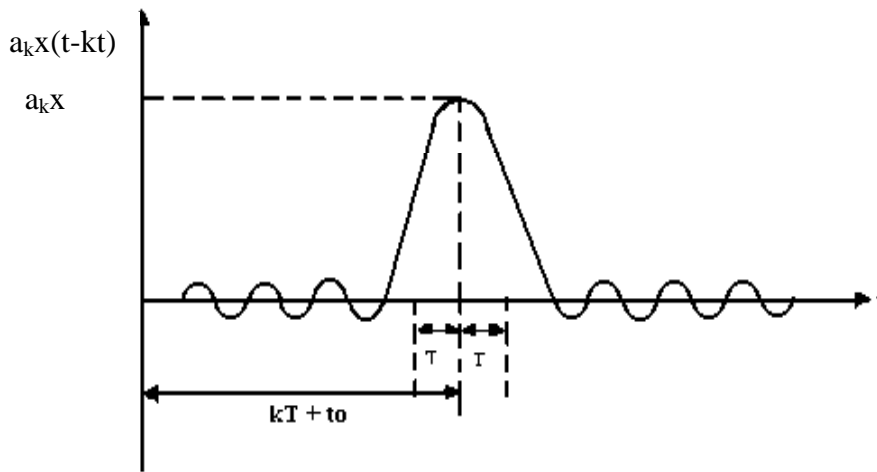
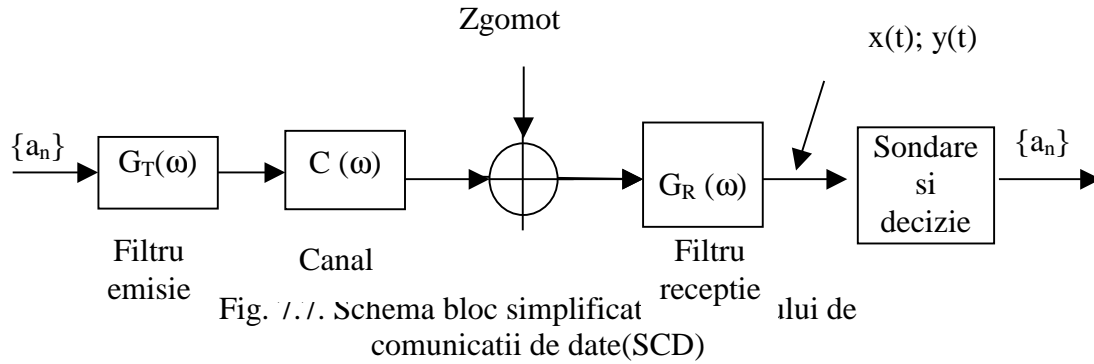
Informația ce trebuie transmisă este continuă în succesiunea de impulsuri $\{a_n\}$ aplicate la intrarea filtrului de emisie ($\{a_n\}$ reprezintă simbolul și amplitudinea impulsului corespunzător la momentul $t = nT$).

De obicei numărul nivelelor de amplitudine este o putere a lui 2 iar cuantizarea lor este uniformă. Amplitudinile posibile sunt: $\pm d, \pm 3d, \dots, \pm (M-1)d$, unde $2d$ este diferența între două nivele adiacente în cazul semnalelor binare $M = 2$.

Notând cu $x(t)$ raspunsul SC (forma de unda la intrarea circuitului de sondare) la un impuls de amplitudine unitara, semnalul $y(t)$ la iesirea din filtrul de receptie corespunzator aplicarii unei secvente de simboluri au la intrarea sistemului, urmatoarea relatie:

$$y(t) = \sum_n a_n x(t - nt) + z(t), \quad z(t) \text{ fiind componenta data de zgomotul aditiv.}$$

Originea timpului este momentul aplicarii impulsului a_0 .



t_0 – timpul de propagare prin sistemul de comunicatii.

Fig.7.8. Raspunsul sistemului corespunzator simbolului a_k

La momentul $t = kT + t_0$ acest raspuns are marimea $a_k x_0$. Factorul x_0 este determinat de amplificarea sau atenuarea semnalului la trecerea prin sistem si de acesta se poate tine cont la fixarea pragurilor dispozitivelor de decizie. Evidentiind termenul $a_k x_0$ in expresia lui y_k se obtine:

$$y_k = a_k x_0 + \sum_{\substack{n \\ n \neq k}} a_n x_{k-n} + z_k.$$

Daca se considera valorile sondate normate y_k/x_0 , pragurile circuitului de sondare si decizie vor trebui sa fie: $0, \pm 2d; \dots \pm (M-2)d$.

O eroare de decizie va aparea când:

$$\left| \sum_{n \neq k} a_n x_{k-n} + z_k \right| > x_0 d.$$

Termenul suma reprezinta interferenta simbolurilor (IS) si este datorat dilatarii in timp a raspunsului sistemului la fiecare impuls particular a_k , ca urmare a limitarii spectrului de frecvente al semnalului. Cel de-al doilea termen z_k este efectul zgomotului.

In S.C.D. informatia este continuta intr-o secventa de impulsuri modulate si extragerea ei la receptie se face prin examinarea semnalului receptionat numai la anumite momente (exemplu: la transmisia sincrona la intervale de T secunde, unde $1/T$ reprezinta viteza cu care sunt trimise simbolurile).

Erorile de decizie sunt cauzate de interferenta simbolurilor, zgomotul in canal si abaterile momentelor de sondare fata de pozitiile lor optime.

Deoarece la receptie sondarea se face la anumite momente, interferenta simbolurilor poate fi eliminata asigurând o anumita forma a semnalului $x(t)$ la intrarea circuitului de sondare.

7.4.3 Eliminari ale sistemului interferentei simbolurilor prin alegerea formei caracteristice spectrale. Primul criteriu Nyquist

Deoarece raspunsul $x(t)$ al sistemului la un impuls este mai usor de determinat in domeniul frecventa decât in domeniul timp, este util sa fie exprimate in domeniul frecventa si conditiile pentru lipsa distorsiunilor.

Se impune determinarea formei caracteristicilor de amplitudine si de faza ale sistemelor astfel încât interferenta simbolurilor (forma de manifestare a distorsiunilor in comunicatiile de date) sa fie inlaturata sau redusa la nivel acceptabil.

Din expresia interferentei simbolurilor rezulta ca aceasta poate fi eliminata numai daca $x_n = 0$ pentru orice $n \neq 0$, adica daca raspunsul $x(t)$ trece prin zero la toate momentele de sondare, cu exceptia momentului $t=t_0$ pentru care valoarea sondata este x_0 . Pentru transpunerea acestor conditii in domeniul frecventa este necesar sa se exprime transformata Fourier $X(\omega)$ corespunzatoare lui $x(t)$ in functie de valorile lui $x(t)$ sondate la intervale egale de timp.

Pentru aceasta se aplica teorema esantionarii. Conform acesteia daca functia $X(\omega)$ este nenula numai in banda frecventelor $\omega \leq \omega_N$, $x(t)$ si $X(\omega)$ pot fi deduse din valorile lui $x(t)$

sondate la intervale de $\frac{1}{2f_N}$, unde $f_N = \frac{\omega_N}{2\pi}$

Intervalul de sondare $T = \frac{1}{2f_N}$ se numeste interval Nyquist iar frecventa limita f_N se

numeste frecventa Nyquist. Daca $X(\omega)$ este limitata la frecventa Nyquist $\frac{1}{2T}$, valorile sondate $x(nT)$ vor determina in mod unic pe $x(t)$.

In realitate transformata Fourier $X(\omega)$ este limitata la o frecventa f_0 mai mare decât frecventa Nyquist iar prin sondarea lui $x(t)$ la intervale egale cu T vor rezulta mai putine valori sondate (impuse) decât cele necesare pentru a determina in mod unic pe $x(t)$ si deci $X(\omega)$.

Relatiile corespunzatoare sunt:

$$X_{(\omega)} = \begin{cases} \frac{1}{2f_N} \sum_n x\left(\frac{n}{2f_N}\right) e^{-jn\omega/2f_N} & \text{pentru } \omega \leq \omega_N \\ 0 & \text{pentru } \omega \geq \omega_N \end{cases} \quad (7.8)$$

$$x(t) = \sum_n x\left(\frac{n}{2f_N}\right) \frac{\sin \pi(2f_N t - n)}{\pi(2f_N t - n)}. \quad (7.9)$$

Va exista o infinitate de transformate Fourier $X(\omega)$ care corespund aceleiasi succesiuni de valori sondate $\{x_n\}$. Din aceasta clasa de caracteristici (transformate Fourier), aceea definita prin relatia (7.8.) este de banda minima (limita la frecventa Nyquist) si este denumita caracteristica Nyquist echivalenta.

Din relatia (7.9.) reprezinta ca $x_e(\omega)$ este univoc determinat de valorile sondate $x(nT)$. Pentru a nu avea interferenta simbolurilor este necesar ca $x(nT)$ sa fie zero pentru orice n cu exceptia lui $n = 0$. Considerând $t_0 = 0$, $x_0 = 1$ rezulta caracteristica de banda minima corespunzatoare lipsei interferentei:

$$X_e(\omega) = \begin{cases} T & \text{pentru } |\omega| \leq \omega_N = \frac{\pi}{T} \\ 0 & \text{pentru } |\omega| > \omega_N \end{cases}$$

In cele mai multe cazuri latimea benzii utilizabile nu depaseste de doua ori latimea de banda minima necesara pentru o anumita viteza de transmitere a simbolurilor. Criteriul de decizie se bazeaza pe sondarea in momentele de trecere prin zero a raspunsului si poarta denumirea de primul criteriu Nyquist.

7.5. MODULATII UTILIZATE IN COMUNICATII DE DATE

7.5.1. Generalitati despre modulatie

Modulatia este operatia de transmitere a semnalului modulator, generat de informatie, intr-un alt semnal, numit semnal modulat. Semnalul modulat contine intreaga informatie cuprinsa in semnalul modulator. Cu notatiile $g(t)$ - semnal modulator si $S_M(t)$ - semnal modulat se poate scrie: $S_M(t) = M[g(t)]$ unde $M[\bullet]$ este operatorul asociat modularii.

Prin modulare se realizeaza:

- adaptarea la conditiile particulare ale canalului de comunicatie. Exemplu: la o transmitere radio se urmareste translatarea spectrului de j.f. al semnalului modulator in jurul unei frecvente radio, astfel incat puterea radiata de antena sa fie suficienta;

- multiplexarea care permite utilizarea aceluiasi mediu de transmisie pentru mai multe comunicatii, fara a se amesteca si perturba reciproc;

Modulatia se mai clasifica:

- modulatie analogica, care realizeaza modificarea parametrilor unui semnal numit purtatoare in ritmul valorilor instantanee ale semnalului modulator.

Semnalul modulator poate fi de natura analogica sau digitala iar purtatoarea poate fi o sinusoida sau un tren periodic de impulsuri;

- modulatia numerica (digitala) opereaza o conversie a semnalului analogic intr-un semnal digital utilizand esantionarea si cuantizarea semnalului primar. Ca rezultat semnalul digital este reprezentabil printr-un cod si caracterizat prin debitul binar (bit/s).

7.5.2. Modulatia de amplitudine (ASK): definitie, clasificare

In functie de banda transmisa din spectrul semnalului modulat sunt mai multe variante ale ST cu M A:

- cu doua benzi laterale sau cu o banda laterala dubla (BLD);
- cu banda laterala unica (BLU);
- cu banda laterala reziduala (BLR);
- cu modulatie de amplitudine in cuadratura (MAQ).

Din punct de vedere al utilizarii eficiente a benzii de frecvente sistemele BLD sunt aproximativ echivalente cu sistemele MF. Daca se transmite si purtatorul, ponderea semnalului util (BL) din puterea totala transmisa se reduce si este posibila detectarea necoerenta. Echipamentul de receptie, in consecinta, este mai simplu, insa acest avantaj reduce protectia la zgomot.

Sistemele BLU asigura cea mai eficienta utilizare a benzii canalului dar, deoarece semnalul modulator are componente de frecventa joasa, este dificil de eliminat prin filtrare una din benzile laterale care rezulta dupa modulatie, fara a o afecta pe cealalta.

Sistemele BLR permit realizarea unui compromis intre eficienta utilizarii benzii de frecventa si posibilitatea eliminarii pariale a unei benzi laterale.

In sistemele MAQ, semnalul transmis este obtinut prin insumarea a doi purtatori in cuadratura ce au aceeasi frecventa insa sunt modulatii de doua mesaje diferite.

Convertorul D/A transforma datele intr-un semnal binar sau multinivel in banda de baza. Semnalul este aplicat unui FTJ cu functia de transfer $T(\omega)$ care are rolul de a limita spectrul de frecvente al mesajului la o frecventa mai mica decat cea a purtatorului precum si de formare in vederea reducerii interferentei simbolurilor.

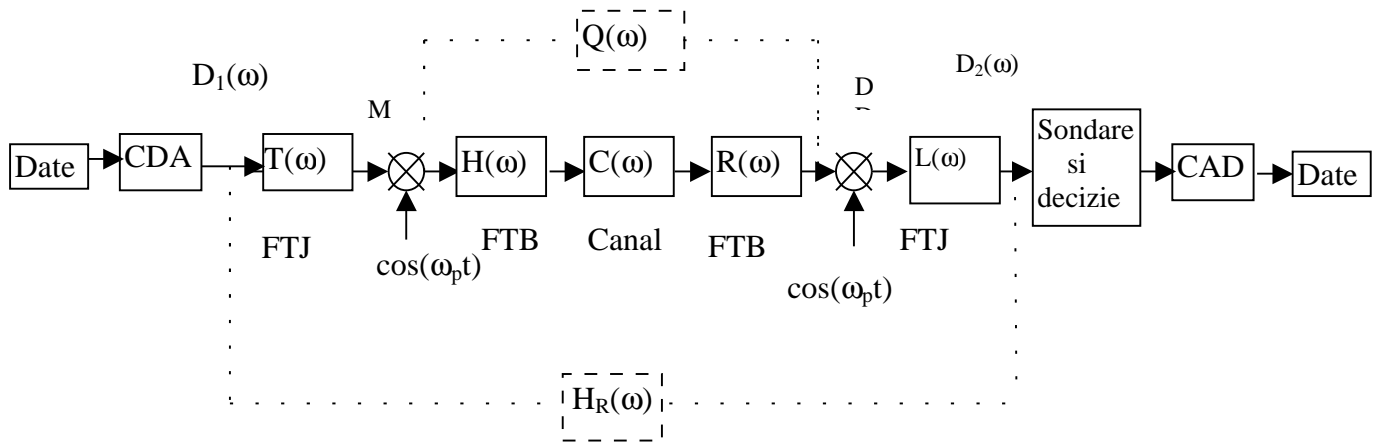


Fig.7.8. Schema bloc generala a unui sistem MA

Modulatorul realizeaza o inmultire a componentelor spectrale a semnalului format de FTJ cu un purtator sinusoidal, fiind un modulator de produs. FTB cu functia de transfer $H(\omega)$ limiteaza spectrul de frecventa al semnalului modulat, eliminând fie partial, fie complet, una din benzile laterale.

Canalul de comunicatie intervine prin caracteristica sa de transfer $C(\omega)$. La receptie un filtru cu functia de transfer $R(\omega)$ elimina componentele zgomotului aflate in afara benzii semnalului util. Dupa detector, un FTJ cu functia $L(\omega)$ elimina componentele rezultate in procesul de detectie, situate in jurul armonicii a doua a purtatorului.

Deoarece MA translateaza spectrul de frecventa din BB in BLS și BLI iar detectia coerenta translateaza fiecare BL in pozitia din BB, criteriile Nyquist pentru eliminarea interferentei simbolurilor pot fi aplicate fiecarei BL.

Deoarece componentele ce rezulta dupa detectie de la cele doua BL se aduna, se pot efectua modificari complementare arbitrare in caracteristica de transmisie trece banda. Caracteristica de transfer a sistemului echivalent in BB este $H_R(\omega)$ definita de relatia:

$$H_R(\omega) = \frac{D_2(\omega)}{D_1(\omega)},$$

$D_1(\omega)$ si $D_2(\omega)$ fiind transformatele Fourier ale semnalelor in BB de la emisie, inainte de formare și de la receptie dupa FTJ.

Reprezentarea grafica a modulatiei ASK este realizata in fig. 7.10

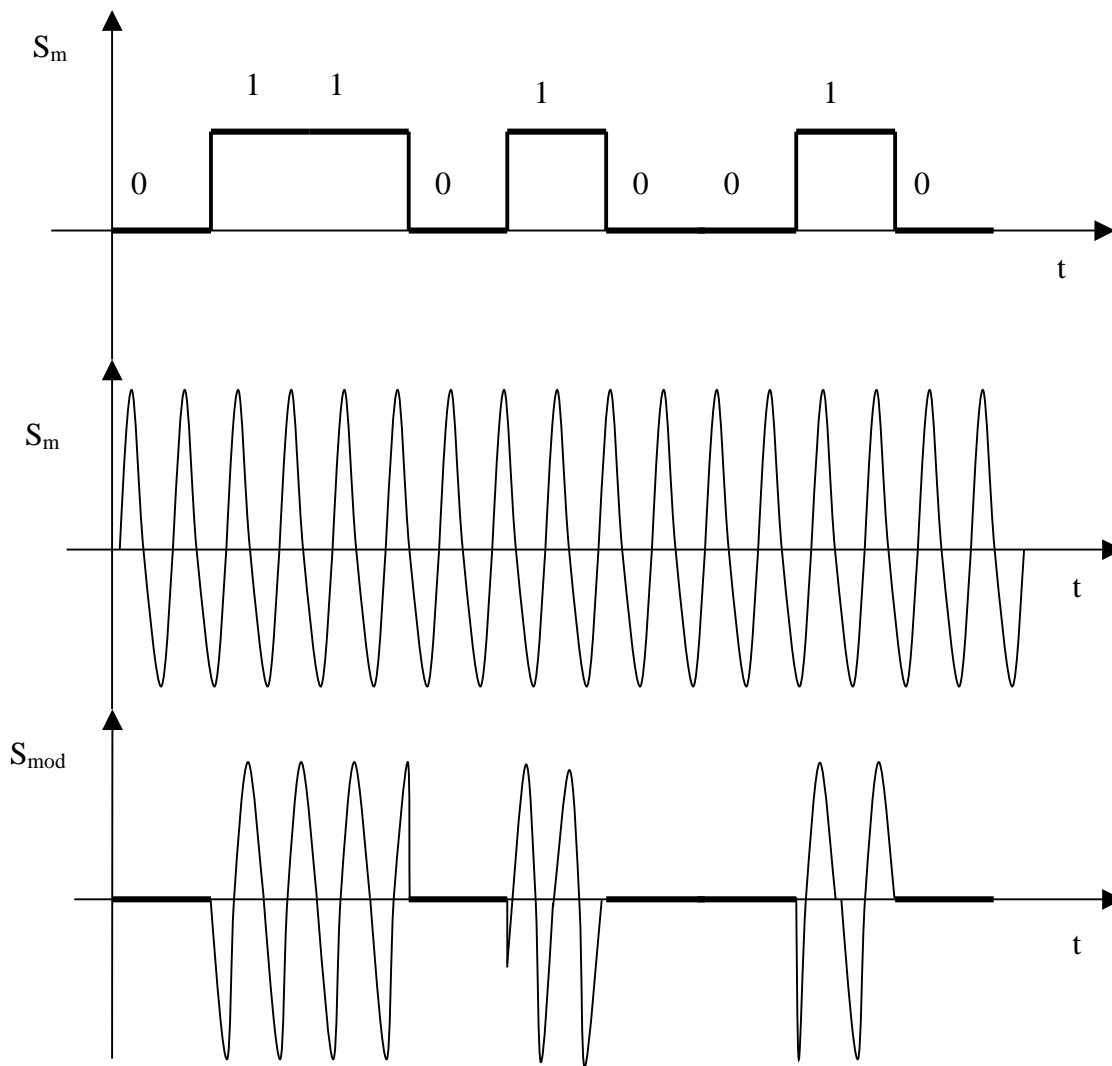


Fig. 7.10 Reprezentarea grafica a semnalelor MA

Semnalul MA poate fi obtinut prin inmultirea mesajului $g(t)$ cu purtatorul sinusoidal și trecând rezultatul printr-un filtru cu functia de pondere $h(t)$ (fig. 7.11).

FTB poate fi folosit și pentru formarea semnalului inșă se va considera ca semnalul modulator (in BB) este format, rolul filtrului fiind acela de a obtine timpul de modulație dorit (BLD, BLU, BLR).

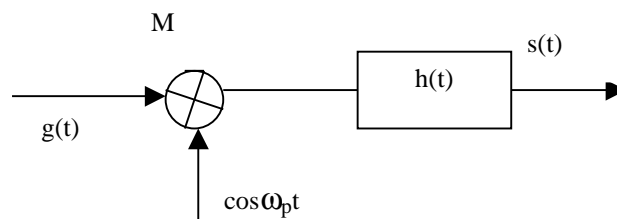


Fig.7.11 Schema bloc a unui modulator

Expresia semnalului generat este:

$$s(t) = [g(t) * h_1(t)] \cos \omega_p t + [g(t) * h_2(t)] \sin \omega_p t.$$

Daca functia de pondere $h(t)$ a FTB o socotim echivalenta cu functiile de pondere $h_1(t)$ și $h_2(t)$ ale unui FTJ iar $g(t) * h_2(t)$ pot fi interpretate drept componenta in faza a semnalului

modulat respectiv componenta în cuadratură, se poate sugera schema de generare a semnalului modulat în care sunt folosite două filtre trece jos și două modulatoare de produs (fig. 7.12).

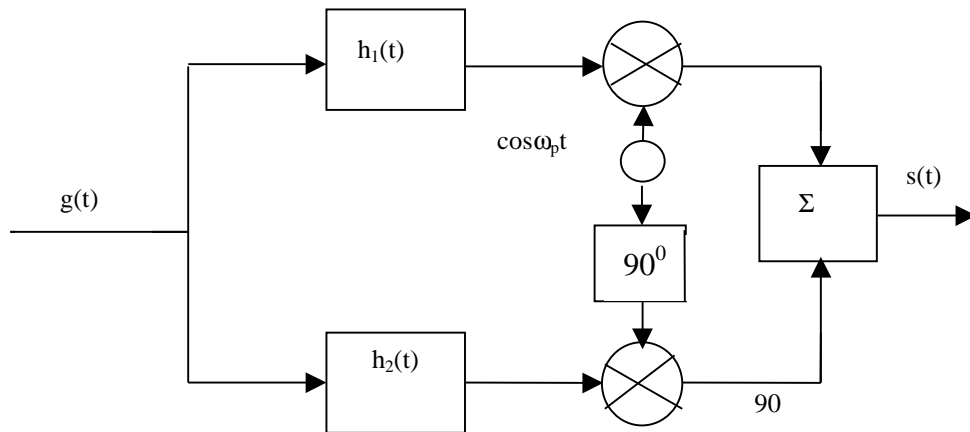


Fig.7.12 Schema bloc reprezentând un alt mod de generare a semnalului MA.

A Modulația cu două benzi laterale (BLD)

Pentru acest tip de modulație filtrul $h(t)$ poate fi un FTB având ca funcție pondere funcția $\delta(t)$.

Semnalul modulat are expresia:

$$s(t) = [g(t) \cos \omega_p t] * \delta(t) = g(t) \cos \omega_p t.$$

Dacă semnalul modulator $g(t)$ are o componentă de curent continuu:

$$g_0 = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T g(t) dt \text{ în spectrul semnalului modulat } s(t) \text{ va apărea o limită}$$

spectrală de frecvență purtătorului. Dacă $g_0=0$, în semnalul modulat purtătorul este suprimat.

Pentru transmiterea mesajului conținut în semnalul modulat este suficient să se transmită o singură BL, deci sistemul BLD este un sistem redundant, ce ocupă o bandă de frecvență mult mai mare decât cea necesară.

B. Modulație BLU

Un semnal MA cu BLU ocupă o bandă de frecvență egală cu a semnalului modulator.

Schema de generare a semnalelor BLU.

Expresiile analitice ale celor două benzi laterale sunt:

$$s_s(t) = \frac{1}{2} g(t) \cos \omega_p t - \frac{1}{2} \hat{g}(t) \sin \omega_p t \text{ și}$$

$$s_i(t) = \frac{1}{2} g(t) \cos \omega_p t + \frac{1}{2} \hat{g}(t) \sin \omega_p t.$$

Cele două expresii corespunzătoare benzii laterale inferioare și benzii laterale superioare conduc la schema din figura 7.13.

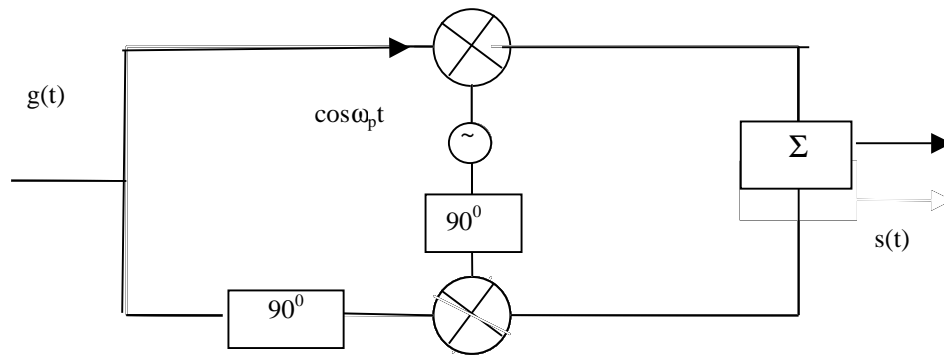


Fig. 7.13. Schema de generare a semnalelor BLU

C. Modulația de amplitudine în cuadratură.
Schema bloc este reprezentată în figura 7.14.

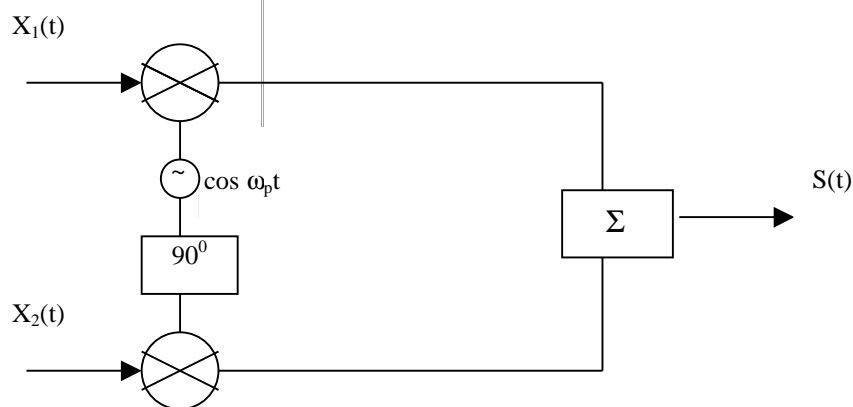


Fig. 7.14. Schema bloc a modulatorului MA în cuadratură

Semnalul MAQ poate fi exprimat:

$q(t) = x_1(t) \cos \omega_p t + x_2(t) \sin \omega_p t$, unde $x_1(t)$ și $x_2(t)$ sunt semnalele în BB emise de două surse de date independente și care modulează fiecare câte un purtător, cei doi purtători având aceeași frecvență dar defazați între ei cu 90° .

D. Demodularea semnalelor M.A. (fig. 7.15).

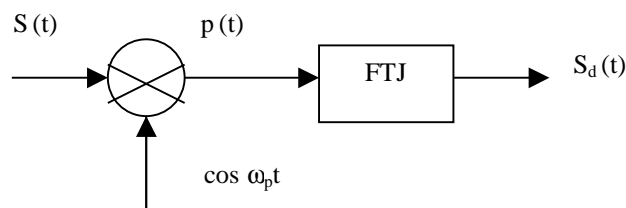


Fig. 7.15. Demodularea semnalelor modulate în amplitudine

Există două metode: detecția coerentă și detecția necoerentă.

Detecția coerentă presupune existența unui purtător local sincron și în fază cu purtătorul recepționat.

Detecția necoerentă (de înfășurătoare) este aplicată numai semnalelor BLD cu purtător, adică acelor semnale modulate a căror înfășurătoare reprezintă semnalul modulator și detecția coerentă.

Dacă purtătorul local are o eroare θ față de purtătorul recepționat se va obține:

$$s_d(t) = \frac{1}{2} [x(t) \cos \theta + y(t) \sin \theta] .$$

Pe lângă componenta ce conține mesajul și care depinde de eroarea θ , apare o componentă care poate fi interpretată ca distorsiune introdusă prin detecție și care se manifestă ca interferență a simbolurilor. Eroarea θ trebuie minimizată.

7.5.3. MODEMURILE MA (ASK)

Modemul generează un semnal analogic care este modulat în frecvență, fază și/sau amplitudine pentru a reprezenta datele binare (0 și 1). Un modem realizează la recepție conversia semnalului analogic în semnalul digital.

MODEM operează în mod duplex, cu comunicație simultană în ambele sensuri (emisie și recepție), sau în mod semi-duplex dacă comunicația în cele două sensuri de emisie și recepție este separată în timp.

Transmisia datelor poate fi realizată asincron sau sincron. Transmisia asincronă de date seriale este cunoscută și sub numele de transmisie de date start-stop.

Se folosește pentru viteze de transmitere sub 200 b/s. Controlul transmisiei corecte a datelor se poate realiza prin bitul de paritate.

Transmisia sincronă de date seriale nu are biti de start și de stop, ceea ce permite viteza de transmitere a datelor. Din punct de vedere al sincronizării se disting transmisiuni sincrone cu sincronizare pe bit, cadru și multicadru.

Recomandarile ITU-T în vigoare prevăd aplicarea modulației de amplitudine în CD pe circuite utilizând lățimea de bandă a unui grup primar (60-108KHz) din sistemele telefonice de curenți purtători, vitezele de transmitere recomandate sunt de 48, 56, 64 și 72 Kb/s (aviz V.36) sau 96, 112, 128, 144, 169 Kb/s (aviz V.37).

Se utilizează MA–BLU, frecvența pilotului fiind de 100 KHz. Pentru reconstituirea purtătorului la recepție se recomandă transmiterea unui pilot de frecvență egală cu cea a purtătorului.

MA – BLU permite o utilizare mai eficientă a benzii de frecvențe cu MA – BLR. Obținerea semnalului MA–BLU în C.D. este dificilă din cauza că semnalul modulator are componente importante de frecvențe foarte joase și eliminarea completă a unei BL este însoțită de distorsiunea celorlalte benzi în apropierea frecvenței purtătorului.

Formarea semnalului modulator corespunzător unei caracteristici spectrale cu răspuns paralel de tip trece bandă, așa cum recomandă avizele V.36 și V.37, simplifică problema eliminării unei benzi laterale, însă duce la scăderea protecției față de zgomot.

7.5.4. COMUNICATII DE DATE CU MODULATIE DE FRECVENȚA (FSK).

Introducere

Modulația de frecvență are aplicație în sistemele CD în care problema folosirii eficiente a benzii de frecvențe nu este obligatorie. Procesarea de semnal necesită o bandă de frecvențe mai mare decât modulația de fază sau modulația de amplitudine, dar echipamentul utilizat este mai simplu deoarece în receptor se poate folosi detectia necoerentă.

Modulația de frecvență este recomandată în CD cu viteze mici până la 1200b/s, pe canalele telefonice vocale. Deoarece puterea semnalului modulat este constantă, MF este recomandată în sistemele în care puterea de vârf a semnalului modulat trebuie să fie limitată și independentă de semnalul modulator.

Semnalul MF de date poate fi exprimat analitic:

$S(t) = A \cos \phi(t)$ unde A este amplitudinea constantă iar $\phi(t)$ reprezintă faza instantanee care conține mesajul. În cazul când semnalul modulator este format din impulsuri,

frecvența unghiulară instantanee (viteza de variație a fazei $\frac{d\phi}{dt}$) a semnalului MF are

valoarea (ω_1) sau (ω_2) în funcție de starea semnificativă a semnalului modulator. Trecerea de la o valoare a frecvenței la alta se face brusc, în momentele de tranziție ale semnalului modulator. Acest tip de modulație se numește modulație prin deplasare sau deviație de frecvență (MΔF).

Se disting doua tipuri de modulatii prin deplasare de frecventa, dupa cum se mentine sau nu continuitatea fazei semnalului modulat in momentele de tranzitie de la o frecventa la alta: MF cu faza continua și MF cu faza discontinua.

Reprezentarea grafica a modulatiei FSK este realizata in fig. 7.16.

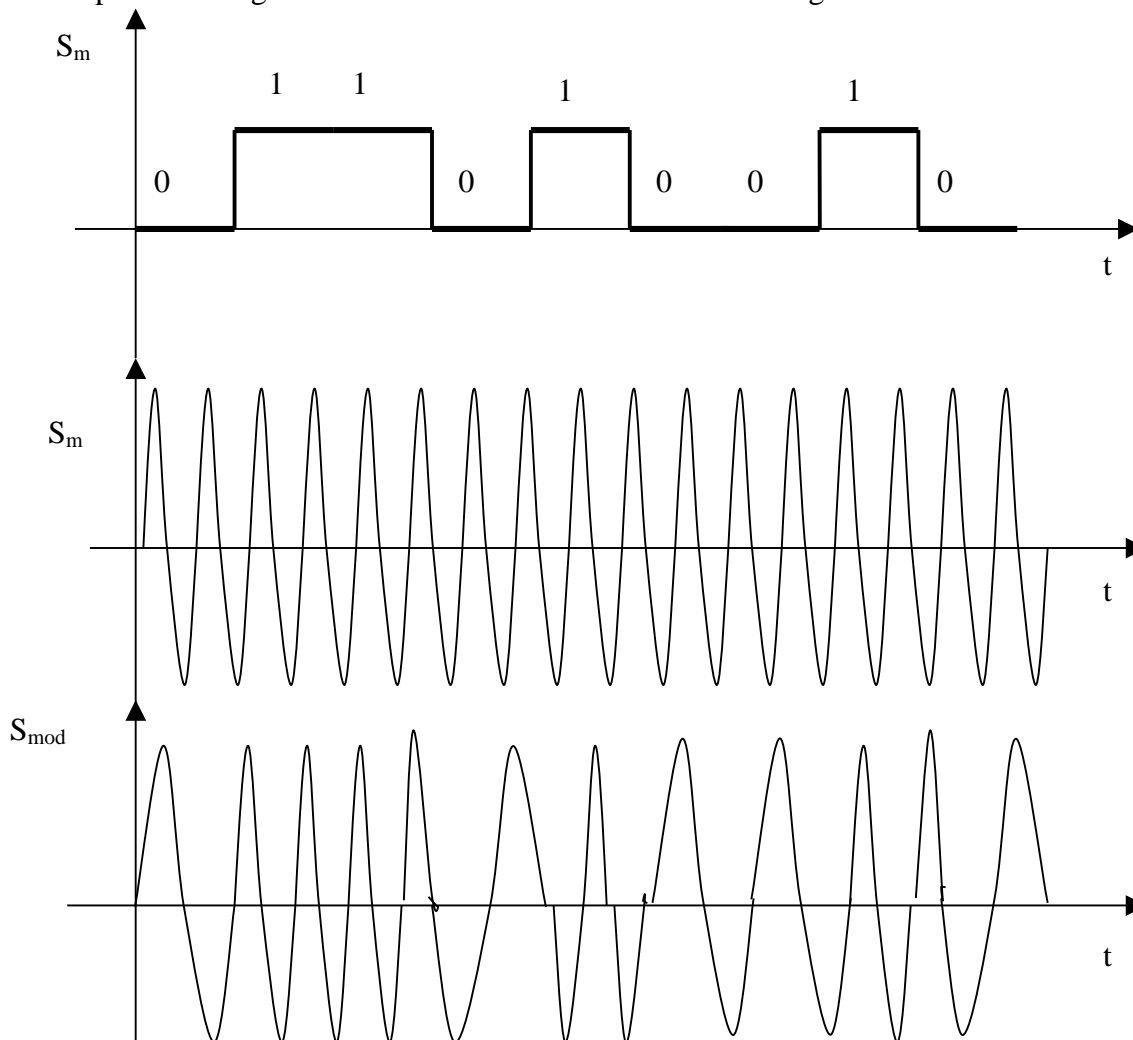


Fig.7.16. Reprezentarea grafica a modulatiei de frecventa

Modemuri MF.

Modulatia de frecventa este recomandabila in cazurile in care nu este necesara o utilizare eficienta a benzii de frecvente disponibile. In C.D. in banda telefonica vocala, se recomanda a se folosi MF pentru viteze de pâna la 1200 b/s. Avizul CCITT V 21 contine recomandarile privind modemul pentru CD sincrone sau asincrone pe sisteme de comunicatii cu comutatie, cu viteza pâna la 300 de baudzi.

Pentru un circuit fizic pe doua fire sau pe un canal telefonic duplex (pe 4F) modemul permite transmisiuni duplex, separarea sensurilor de transmisie facându-se in domeniul frecventa.

Se folosește MF binara, frecventa medie pentru un sens fiind 1080 Hz (canalul 1) iar pentru celalalt sens 1750 Hz (canal 2). Deviatia de frecventa este de ± 100 Hz pentru ambele canale.

Avizul V 23 se refera la modemul de 600/1200 b/s pentru transmisiuni sincrone sau asincrone pe ST cu comutatie. Modemul permite transmisiunii semi-duplex pe 2F sau duplex pe 4F și are doua moduri de lucru.

Modul 1 permite transmisiuni cu viteza pâna la 600 baudzi, frecventele caracteristice fiind 1300 Hz și 1700 Hz. In modul 2 rapiditatea de modulatii (viteza telegrafica, signaling speed) este pâna la 1200 baudzi iar frecventele caracteristice sunt 1300 și 2100 Hz.

Alegerea modului de lucru se face in functie de calitatea circuitului pe care s-a stabilit legatura. Pentru protectia impotriva erorilor este inclus și un canal invers, cu rapiditatea de modulatie de pâna la 75 baudzi și frecvente caracteristice 390 Hz si 450 Hz

Modem de 300 b/s V21

Recomandarea V21 CCITT da urmatoarele caracteristici de MODEM:

- viteze de transmisie sincrone 300 b/s;
- formatul datelor sincron;
- modulatie FSK – Frequency Shift Keying;

	bit 0	bit 1
Canalul sursa → receptor	1180 Hz	980 Hz
Canalul receptor → sursa	1850 Hz	1650 Hz.

- Mod de operare: duplex pe 2 fire (separarea sensurilor de comunicatie se face in frecventa).

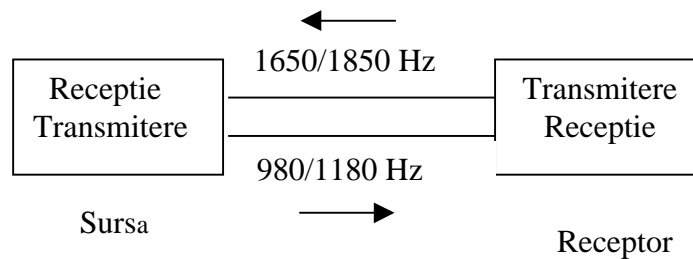


Fig. 7.17 Caracteristici principale ale modemurilor standardizate

BIBLIOGRAFIE

Carti, monografii, cursuri

1. Bellamy, John, *Digital Telephony*, Second Edition, John Willey & Sons, Inc., USA, 1991
2. Borcoci, Eugen, *Sisteme de comutatie digitale*, vol. I., Editura Vega, Bucuresti, 1994
3. Bulaceanu Claudiu, *Rețele locale de calculatoare*, Editura Tehnica, Bucuresti, 1995
4. Burlacu Stefan, *Tehnologia echipamentelor de comunicatii*, Editura Academiei Trupelor de Uscat, Sibiu, 1998
5. Burlacu Stefan, Bechet Paul, *Comunicatii militare*, vol. II, Editura Academiei Trupelor de Uscat, Sibiu, 2000
6. Constantin, Ioan; Marghescu, Ion, *Transmisiuni analogice si digitale*, Editura Tehnica, Bucuresti, 1995
7. Dobrota Virgil, *Rețele digitale de telecomunicatii*, vol. I, Editia II, Editura Mediamira, Cluj-Napoca, 1998
8. Dobrota Virgil, *Rețele digitale de telecomunicatii*, vol. II, Editura Mediamira, Cluj-Napoca, 1999
9. Diaconu V., Pârvulescu M., *Transmisiuni prin fibre optice*, Editura Militara, Bucuresti, 1994
10. Feher Kamilo (coordonator), *Comunicatii digitale avansate. Sisteme si tehnici de prelucrare a semnalelor*, vol. II, Traducere din limba engleza, Editura Tehnica, Bucuresti, 1993
11. Held Gilbert, *Comunicatii de date*, Editura Teora Bucuresti, 1998
12. Lojewski G., *Linii de transmisii pentru frecvente inalte*, Editura Tehnica, Bucuresti, 1996
13. Mincu C (coordonator), Dumitru Cristea, Saftescu G., *Comunicatii numerice*, Editura Militara, Bucuresti, 1996
14. Mateescu A. (coordonator), *Manualul inginerului electronist*, vol. II, *Transmisii de date*, Editura Tehnica, Bucuresti, 1999
15. Niculescu Graziela, *Traficul in rețelele de telecomunicatii*, Editura Tehnica, Bucuresti, 1995
16. Niculescu G., Barbalau St., *Analiza si modelarea sistemelor de comunicatii*, Editura Matrix Rom, Bucuresti, 1997
17. Niculescu C.R., Iosif I.M., *Initiere in comunicatiile prin fibre optice*, Editura Tehnica, Bucuresti, 1982
18. Radu Mihai (coordonator), *Telefonie numerica*, Editura Militara, Bucuresti, 1989
19. Radulescu Tatiana, *Telecomunicatii*, Editura Teora, Bucuresti, 1996
20. Schartz Mischa, *Broadband Integrated Networks*, Prentice-Hall, Ptr, 1996
21. Sterian C., *Compensarea ecoului in telecomunicatii*, Editura Tehnica, Bucuresti, 1989
22. Tanenbaum Andrew S., *Computer Networks*, Third Edition, Prentice Hall International, Inc., USA, 1996
23. Vasilescu A., *Initiere in telefonie digitala*, Editura Tehnica, Bucuresti, 1981
24. Zahan Sorina, *Telefonia digitala in rețelele de comunicatii. Acces, transport, gestiune*. Editura Albatros, Cluj-Napoca, 1997

Studii si articole stiintifice

1. Ahmadi Hamid, Denzel Wolfgang E., *A Survey of Modern High-Performance Switching Technologies*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 7, nr. 7, Septembrie 1989, nr. 1091-1103
2. Burlacu St., *Evaluarea fiabilitatii sistemelor de transmisiuni automatizate*, Teza de doctorat, Universitatea „Politehnica“, Bucuresti, 1997

3. Burlacu St., *Detalierea functiilor nivelelor functionale OSI al sistemului tehnic din sistemul de transmisiuni al Armatei Române (STAR)*, a XXVI-a Sesiune de comunicari stiintifice cu participare internationala, noiembrie 1995, Academia Tehnica Militara, Bucuresti, vol. IV, pp. 15-23
4. Burlacu St., *Program de calcul pentru evaluarea fiabilitatii sistemelor de transmisiuni automatizate utilizând simularea Monte Carlo*, a XXVIII-a Sesiune de comunicari stiintifice cu participare internationala, 21-22 octombrie 1999, Academia Tehnica Militara, Bucuresti, pp. 70-77
5. Burlacu St., Ionescu St., *Toleranta la ecou in telefonie si transmisii de date*, Simpozion cu participare internationala, Academia de Inalte Studii Militare, vol. sect. 6, 23-24 aprilie 1998, pp. 227-235
6. Burlacu St., *Zgomotul in impulsuri in comunicatiile de date*, a XXVIII-a Sesiune de comunicari stiintifice cu participare internationala, 21-22 octombrie 1999, Academia Tehnica Militara, Bucuresti, pp. 236-243
7. Burlacu St., *Multiplexarea in sistemele de comunicatie digitale (STAR)*, Revista Academiei Trupelor de Uscat, nr. 1 (5)/1997, pp. 117-123
8. Burlacu St., *Ecoul si stabilitatea in retelele de comunicatii militare*, Buletin Stiintific, nr. 2/1999, Academia Trupelor de Uscat, pp. 69-76
9. Burlacu St., *Traficul in retelele de comunicatii militare*, Revista Academiei Trupelor de Uscat, nr. 1 (7)/2000, pp. 43-49
10. Kizik Mircea, Croitoru Victor, *Premise si perspective de implementare a retelei numerice cu integrare de servicii (ISDN)*, Partea I, Telecomunicatii, nr. 2, 1991, pp. 56-63
11. Kizik Mircea, Croitoru Victor, *Premise si perspective de implementare a retelei numerice cu integrare de servicii (ISDN)*, Partea a II-a, Telecomunicatii, nr. 3, 1991, pp. 73-79
12. Kizik Mircea, Croitoru Victor, *Premise si perspective de implementare a retelei numerice cu integrare de servicii (ISDN)*, Partea a III-a, Telecomunicatii, nr. 4, 1991, pp. 107-112
13. Lagerstedt, B., *ATM in Public Telecommunications Networks*, Ericsson Review, No. 3, 1993
14. Modena Giulio, *Terminals and Signal Processing in ATM Networks European Transactions on Telecommunications and Related Technologies*, vol. 2, No. 2, March-April, 1991
15. Vasilescu A., *Sistemul de semnalizare pe canal comun*, CCITT nr. 7, INSCC, Bucuresti, 1997
16. Walters S., *A New Direction for Broadband ISDN*, IEE Communications Magazine, sept. 1991